



Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 5 Absatz 1 des Änderungsgesetzes zum Patentgesetz

ISSN 0433-6461

(11)

2009 566

Int.Cl.³

3(51) H 01 L 21/68

H 01 L 41/02

G 12 B 1/00

AMT FUER ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) WP H 01 L/ 2319 706

(22) 22.07.81

(44) 22.06.83

(71) siehe (72)

(72) WOSCHNI, HANS-GUENTER, DR.-SC. TECHN.; REUTER, THOMAS, DIPL.-ING.; CHRISTOPH, RALF, DD

(73) siehe (72)

(74) FR.-SCHILLER-UNIVERSIT. BFNS 6900 JENA AUGUST-BEBEL-STR. 4

(54) ZWEIKOORDINATENANTRIEB

(57) Die Erfindung bezieht sich auf einen Zweikoordinatenantrieb, insbesondere zur Grob- und Feinpositionierung von Werkzeugen, Werkstücken oder Bauteilen und Baugruppen wissenschaftlicher Geräte. Sie kann ferner angewendet werden als Stellglied in numerisch gesteuerten Werkzeugmaschinen, als Antriebselement in Industrierobotern sowie als Verstellantrieb zur Justierung zweier oder mehrerer Teile zueinander. Durch die Erfindung wird ein Antriebsmechanismus geschaffen, der auf einer hinreichend planen Fläche in zwei Koordinaten Bewegungen mit theoretisch unbegrenztem Bewegungsbereich ausführen kann und sich gegenüber den bekannten Ausführungsformen durch eine geringere Masse und damit eine höhere Dynamik auszeichnet. Der Bewegungsablauf, die Schrittgröße und die Verstellgeschwindigkeit sollen durch Frequenz, Amplitude und Impulsform der Ansteuerspannung veränderbar sein. Erfindungsgemäß wird die Bewegung des Körpers durch Schrittbewegungen von drei oder mehr Paar Füßen hervorgerufen. Die Bewegung des jeweiligen Fußes wird durch mindestens drei piezoelektrische bzw. magnetostruktive Dehnelemente erzeugt, die vorzugsweise orthogonal zueinander angeordnet sind.

Titel der Erfindung

Zweikoordinatenantrieb

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung bezieht sich auf einen Zweikoordinatenantrieb, insbesondere zur Grob- und Feinpositionierung von Werkzeugen, Werkstücken oder Bauteilen und Baugruppen wissenschaftlicher Geräte. Sie kann ferner angewendet werden als Stellglied in numerisch gesteuerten Werkzeugmaschinen, als Antriebselement in Industrierobotern sowie als Verstellantrieb zur Justierung zweier oder mehrerer Teile zueinander, z. B. bei der fotolithografischen Übertragung von Strukturen einer Maske auf ein Halbleitersubstrat, zur Herstellung dieser Masken in einem Repeat-Prozeß o. ä.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Für Grob- und Feinpositionierungen werden im wissenschaftlichen Gerätebau in vielen Anwendungsfällen elektrische, gesteuerte und geregelte Rotationsmotoren eingesetzt, wobei die Rotationsbewegung durch einen Wälzschraubtrieb in eine Translationsbewegung umgewandelt wird. Weiterhin sind pneumatisch oder hydraulisch betätigte Kolben-Zylinder-Anordnungen zur Erzeugung einer Translationsbewegung bekannt. Als Führungen werden im allgemeinen Rollen-, Kugel- oder Gleitlager oder auch Parallelogramme eingesetzt.

Zur Erzielung von Verstellungen in zwei Koordinaten (Flächenantrieb) werden meist zwei Einkoordinatenantriebe orthogonal aufeinander montiert, so daß ein Antrieb den zweiten mitbewegt

(Sandwich-Antrieb). Diese Konstruktion führt infolge der Erhöhung der zu bewegenden Massen zu einer Verschlechterung der Dynamik des Systems.

Weiterhin sind Antriebssysteme bekannt, bei denen die Kontraktion bzw. Dilatation piezoelektrischer Keramiken unter dem Einfluß veränderlicher elektrischer Felder für Positionierzwecke ausgenutzt wird. Diese einfachen piezoelektrischen Elemente, bzw. in Stapeln zusammengeklebte Elemente (Dickenschwinger) oder auch Biegeelemente (Bimorph) sind aufgrund des unter vertretbaren Randbedingungen erreichbaren geringen Verstellweges im Mikrometerbereich nur für Feinpositionierungen verwendbar (z. B. WP 143128 DD). Größere Verstellwege sind mit translatorischen Schrittmotoren erreichbar. Ein solcher, sich auf einer geschliffenen Gleitbahn peristaltisch bewogender Antrieb, wird im WP 92968 DD beschrieben. Die Schrittbewegung wird durch alternierendes Klemmen der Enden eines aktiven Dehnelementes (z. B. Stapel piezoelektrischer Elemente) erreicht. Für Positionierungen in zwei Koordinaten ist hier ebenfalls ein Sandwich-Aufbau erforderlich. Neben der Notwendigkeit der Schaffung einer hochgenauen Gleitbahn treten noch Probleme hinsichtlich der Optimierung der Klemmeinrichtung auf.

Ein weiterer translatorischer Schrittmotor ist in WP 125309 DD dargestellt. Dieser besteht aus einem zu verschiebenden Grundkörper, der senkrecht zu einer Führungsbahn eine beliebige Anzahl von Federbeinen aufweist, die an ihrem oberen Ende eingespannt sind und deren unteres Ende in genügend Spiel bietenden Hohlräumen um ihre Längsachse abbiegbar sind, wobei der untere Fußpunkt eines jeden Federbeins auf der Führungsbahn aufsitzt und mit einem Gleithaftbelag versehen ist. Die Federbeine sind über mit beliebiger Hilfsenergie betriebenen Ansteuerelemente zeitlich hintereinander bzw. in Gruppen auch parallel ansteuerbar. Das Abbiegen der Federbeine erfolgt immer bis zu einem Anschlag, der die Unterkante des jeweiligen Hohlraumes bildet, in dem sich das Federbein befindet. Als Ansteuerelemente kommen pneumatisch oder hydraulisch betätigte Kolben, Elektromagnete oder auch piezoelektrische sowie magnetostruktive Elemente in Betracht.

Um die Bewegung in zwei Koordinaten zu ermöglichen, sind solche Ansteuer-elemente jeweils zueinander senkrecht stehend anzuordnen.

Nachteilig bei dieser Anordnung ist die Tatsache, daß die Schrittgröße von der Anzahl der vorhandenen bzw. angesteuerten Federbeine abhängt. Außerdem muß die Ebenheit der Führungsbahn hohen Anforderungen genügen, damit es nicht zu unterschiedlichen Auflagekräften auf die einzelnen Füße kommt und die weniger belasteten Füße evtl. rutschen.

Aus diesem Grund ist der Schrittmotor nicht als Stellantrieb verwendbar, so daß für hochgenaue Positionsaufgaben eine Regelung notwendig wird.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist, einen Antriebsmechanismus zu schaffen, der zum Zwecke der Grob- und Feinpositionierung auf einer hinreichend ebenen Fläche in zwei Koordinaten (Flächenantrieb) Bewegungen mit theoretisch unbegrenztem Bewegungsbereich ausführen kann und sich gegenüber den bekannten Ausführungsformen durch eine geringere Masse und damit eine höhere Dynamik auszeichnet.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Ausgehend vom Schrittmotor nach WP 125309 DD liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, Bewegungen von Körpern auf einer hinreichend ebenen Fläche in zwei Koordinaten mit theoretisch unbegrenztem Bewegungsbereich zum Zwecke der Verstellung, Justierung oder Positionierung zu erreichen. Der Bewegungsablauf, die Schrittgröße und die Verstellgeschwindigkeit sollen durch Frequenz, Amplitude und Impulsform der Ansteuerspannung verändert werden können. Der neue Antrieb ist so auszubilden, daß die Steifigkeit des Systems höher als beim Antrieb nach WP 125309 DD ist. Erfindungsgemäß wird eine translatorische Bewegung in zwei Koordinaten durch Schrittbewegungen von vorzugsweise drei oder mehr Paaren von Füßen auf einer hinreichend ebenen Fläche hervorgerufen, wobei die Füße der jeweiligen Paare dicht nebenein-

ander angeordnet sind. Die Bewegung des jeweiligen Fußes wird durch mindestens drei Dehnelemente erzeugt, die vorzugsweise orthogonal zueinander angeordnet sind. Die Dehnelemente können vorzugsweise durch piezoelektrische bzw. magnetostruktive Elemente realisiert werden, die durch Variation der jeweiligen Ansteuerenergieform eine Längenänderung hervorrufen .

Jeweils eines der drei Dehnelemente ist senkrecht zur planen Fläche angeordnet, wobei das untere Ende fest mit dem jeweiligen Fuß und das obere Ende fest mit dem zu bewegenden Körper (z. B. einer Platte) verbunden ist. Für diese Dehnelemente kommen piezoelektrische oder magnetostruktive Elemente mit rechteckigem Querschnitt zum Einsatz, wobei die Querschnittsfläche im Winkel von 45° zu den Auslenkungsrichtungen liegt. Die beiden anderen Dehnelemente sind parallel zur Fläche angeordnet, wobei das eine Ende fest mit dem jeweiligen Fuß und das andere Ende über einen Auslegearm fest mit dem zu bewegenden Körper verbunden ist.

Die Erzeugung von Schrittbewegungen des erfindungsgemäßen Zweikoordinatenantriebes erfolgt in der Art, daß gleichzeitig bei allen Paaren von Füßen jeweils durch entsprechende Anregung einer der beiden Füße eines jeden Paares von der planen Fläche abhebt und der andere in Haftreibungskontakt mit der Fläche verbleibt. Die horizontal angeordneten Dehnelemente werden derart angeregt, daß es zu einer Verschiebung des zu bewegenden Körpers in die gewünschte Richtung kommt. Der zweite Teil des Schrittes erfolgt durch entsprechende Ansteuerung der anderen Füße der Paare. Es entsteht eine Art Schrittbewegung mit wechselseitigem Anheben und Vorwärtsbewegen der Füße.

Die mit dem Zweikoordinatenantrieb möglichen Verstellwege sind theoretisch unbegrenzt und werden praktisch nur von den Abmessungen der planen Fläche bestimmt.

Gegenüber der herkömmlichen Sandwich-Bauweise besitzt dieser Antrieb wegen Fortfalls von Zwischenelementen und Führungen bei Verwendung von piezoelektrischen Elementen eine geringere Masse.

Der Bewegungsablauf, die Schrittgröße und die Positioniergeschwindigkeit können durch Variation der Frequenz, Amplitude und Form der Ansteuerung verändert werden. Durch entsprechende

Ansteuerung kann außerdem eine Drehbewegung erzeugt bzw. vermieden werden und beliebige Bewegungsrichtungen, d. h. nicht nur orthogonale Bewegungen, realisiert werden.

Zwischen den Füßen und der planen Fläche besteht nur ein Haft- oder Gleitreibungskontakt. Die Reibung kann durch zusätzliche Kräfte (z. B. Federspannung, elektrostatische oder elektromagnetische Kräfte) und durch spezielle Reibbeläge unterstützt werden.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung soll an Hand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert werden.

Das Ausführungsbeispiel eines piezoelektrischen Zweikoordinatenantriebes besteht aus drei Antriebselementen mit je einem Fußpaar. Ein Antriebselement ist in der Zeichnung dargestellt. Die Dehnelemente 1 bis 6 werden durch piezoelektrische Elemente ("Längsschwinger") realisiert. Die vertikal angeordneten Dehnelemente sind fest mit den Füßen 7; 8 und dem zu bewegenden Körper 10 verbunden. Die horizontal angeordneten Dehnelemente 1; 2; 4; 5 sind fest mit den Füßen 7; 8 und über Auslegerarme 9.1 bis 9.4 mit dem zu bewegenden Körper 10 verbunden. Zur Erzeugung einer Translationsbewegung in z. B. y-Richtung wird zunächst Element 3 mit einer positiven Spannung beaufschlagt, was bei negativem d_{31} -Modul eine Kontraktion des piezoelektrischen Elements und damit ein Anheben des Fußes 8 von der planen Fläche 11 bewirkt. Danach werden die Elemente 1 und 4 angeregt, was zu einer Verschiebung des Fußes 8 in y-Richtung führt. Der Fuß 7 verbleibt in Haftreibungskontakt mit der Fläche 11. Das Abschalten der Spannung an Element 3 und gleichzeitige Zuschalten einer Spannung an Element 6 bewirkt ein Absenken des Fußes 8 auf die Fläche 11 und ein Anheben des Fußes 7. Infolge des Haftreibungskontaktes zwischen dem Fuß 7 und der Fläche 11 kommt es nach Abschalten der Elemente 1 und 4 zu einer weiteren Verschiebung der Platte 10 in y-Richtung. Nach Abschalten von Element 6 wird der Grundzustand wieder erreicht bei einer Versetzung der Platte 10 in y-Richtung um die Summe der Kontraktionswege der Elemente 1 und 4.

Bewegungen in x-Richtung können analog zur y-Richtung unter Einbeziehung der Elemente 2 und 5 statt der Elemente 1 und 4 erzeugt werden. Ebenfalls sind Bewegungen in beliebige Richtungen auf der Fläche 11 bei entsprechender Ansteuerung aller Elemente 1 - 6 möglich. Die Biegesteifigkeit der Elemente 1; 2; 4; 5 erhöhen die Federsteifigkeit in der x-y-Ebene, verringern jedoch gleichzeitig etwas die maximale Schrittgröße.

Erfindungsanspruch

1. Zweikoordinatenantrieb zur Erzeugung von Bewegungen eines Körpers auf einer hinreichend planen Fläche, mit mehreren senkrecht zur Fläche angeordneten Dehnelementen, welche am oberen Ende an dem zu bewegenden Körper befestigt sind und an ihrem unteren Ende je einen Fuß besitzen, und mit jeweils zwei horizontal angeordneten, senkrecht zueinanderstehenden, die Auslenkung der senkrecht angeordneten Dehnelemente in den Koordinatenrichtungen bewirkenden Dehnelementen, dadurch gekennzeichnet, daß die Füße paarweise angeordnet sind, die zu einem Paar gehörenden Füße 7; 8 dicht nebeneinander stehend, die die Auslenkung der Füße bewirkenden Dehnelemente 1; 2 und 4; 5 an einem Ende fest mit dem jeweiligen Fuß 7 bzw. 8 und am anderen Ende über je einen Auslegearm 9.1; 9.2 und 9.3; 9.4 fest mit dem zu bewegenden Körper 10 verbunden sind.
2. Zweikoordinatenantrieb nach Punkt 1, dadurch gekennzeichnet, daß als senkrecht angeordnete Dehnelemente 3; 6 piezoelektrische oder magnetostriktive Elemente mit rechteckigem Querschnitt zum Einsatz kommen, wobei die Querschnittsfläche im Winkel von 45° zu den Auslenkrichtungen liegt.
3. Zweikoordinatenantrieb nach Punkt 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß der zu verschiebende Körper 10 mit drei Paar Füßen verbunden ist, die die Eckpunkte eines gleichseitigen Dreiecks bilden.
4. Zweikoordinatenantrieb nach Punkt 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Füße mit Reibbelägen versehen sind.
5. Zweikoordinatenantrieb nach Punkt 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Reibungskontakt zwischen den Füßen und der planen Fläche durch elektrostatische oder magnetische Kräfte unterstützt wird.
6. Zweikoordinatenantrieb nach Punkt 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß auf dem Körper 10 eine den Reibungskontakt verstärkende Kraft wirkt.

