(19) **Bundesrepublik Deutschland**
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 696 35 357 T2** 2006.06.01

(12) # Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 1 225 493 B1**
(21) Deutsches Aktenzeichen: **696 35 357.1**
(96) Europäisches Aktenzeichen: **02 076 319.9**
(96) Europäischer Anmeldetag: **10.04.1996**
(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **24.07.2002**
(97) Veröffentlichungstag der Patenterteilung beim EPA: **26.10.2005**
(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **01.06.2006**

(51) Int Cl.[8]: ***G05B 19/19*** (2006.01)
G05D 3/14 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
10918395 11.04.1995 JP

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE, GB, NL

(73) Patentinhaber:
Canon K.K., Tokio/Tokyo, JP

(74) Vertreter:
TBK-Patent, 80336 München

(72) Erfinder:
Sekiguchi, Hiroyuki, Ohta-ku, Tokyo, JP

(54) Bezeichnung: **Methode und Vorrichtung zur räumlichen Ausrichtung**

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).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf eine Ausrichtvorrichtung und ein -verfahren für ein bewegliches Bauteil und genauer auf eine Ausrichtvorrichtung und ein -verfahren für ein bewegliches Bauteil, das eine Ausrichtung mit hoher Präzision erfordert.

[0002] Fig. 4 zeigt ein Beispiel eines X-Y-Gestells einer Ausrichtvorrichtung. Bezugnehmend auf Fig. 4 bezeichnet Bezugszeichen **71** ein X-Gestell; und **72** ein Y-Gestell, die von einer Basis B gestützt werden; **73** bezeichnet eine Seitenführung, **74** ein Luftpolster; **75** einen Linearmotor zum Antreiben des X-Gestells; **76** einen Linearmotor zum Antreiben des Y-Gestells; **77** einen Messspiegel; **78** eine Positionsmessungs-Spiegeloberfläche des Y-Gestells; **79** eine Positionsmessungs-Spiegeloberfläche des X-Gestells; **80** ein von einem Laserinterferometer emittierter Positionsmess-Laserstrahl des X-Gestells; und **81** ein von einem Laserinterferometer emittierter Positionsmessungs-Laserstrahl des Y-Gestells. Das X-Gestell **71** und das Y-Gestell **72** sind jeweils Direktantriebsgestelle, die von einem Linearmotor unter Verwendung eines statischen Luftdruckpolsters angetrieben werden. Der von dem Laserinterferometer emittierte Positionsmess-Laserstrahl **80** des X-Gestells wird auf die Positionsmessungs-Spiegeloberfläche **79** des X-Gestells gestrahlt, um die Position des X-Gestells **71** zu messen, und das X-Gestell **71** wird auf eine Zielposition ausgerichtet. Der von dem Laserinterferometer emittierte Positionsmess-Laserstrahl **81** des Y-Gestells wird auf die Positionsmess-Spiegeloberfläche **78** des Y-Gestells gestrahlt, um die Position des Y-Gestells **72** zu messen, und das Y-Gestell **72** wird auf eine Zielposition ausgerichtet.

[0003] Fig. 5 ist ein Blockschaltbild einer Ausrichtvorrichtung zur Steuerung des X-Y-Gestells mit dem in Fig. 4 gezeigten X-Gestell **71** und dem Y-Gestell **72**. Bezugnehmend auf Fig. 5 bezeichnet das Bezugszeichen **1** ein X-Y-Gestell mit dem X-Gestell **71** und dem Y-Gestell **72**; **2** einen Motor zum Antreiben des X-Y-Gestells **1**; **3** eine Antriebseinrichtung zum Zuführen eines Stroms zu dem Motor **2**; **4** einen Kompensator, der zur stabilen Steuerung mit hoher Präzision des X-Y-Gestells **1** Verwendung findet; **5** eine Subtraktionseinrichtung zur Berechnung der Differenz zwischen der gegenwärtigen Position und der Zielposition; **6** ein Laserinterferometer zur Messung der Position des X-Y-Gestells **1**; und **7** ein Register zum Halten der Zielposition. Es ist zu beachten, dass die Transferfunktion des Kompensators **4** nachfolgend durch die Gleichung (1) in Falle von beispielsweise einer PID-Steuerung ausgedrückt werden kann:

$$G(s) = k_p + \frac{k_i}{s} + k_d s \qquad (1)$$

wobei s ein Laplace-Operator ist.

[0004] Herkömmlicherweise sind bei einer derartigen Ausrichtvorrichtung die Verstärkungen beispielsweise k_p, k_i und k_d des Kompensators **4** unabhängig von der gegenwärtigen Position des X-Y-Gestells **1** festgelegt.

[0005] Die mechanischen Eigenschaften des X-Y-Gestells **1** ändern sich jedoch unvermeidbar abhängig von der gegenwärtigen Position des X-Y-Gestells.

[0006] Aus diesem Grund kann bei dem zuvor erwähnten Beispiel die Ausrichtpräzision an einer gewissen Position gut sein, jedoch kann das System bei einer anderen Position instabil werden und schwingen, da die Verstärkungen des Kompensators **4** unabhängig von der gegenwärtigen Position des X-Y-Gestells **1** festgelegt sind. Werden die Verstärkungen vermindert, um das System an jeder Position zu stabilisieren, verschlechtert sich die Ausrichtpräzision.

[0007] Die Erfindung wurde in Anbetracht des herkömmlichen Problems vorgenommen und hat als ihre Aufgabe, eine Ausrichtvorrichtung zur Verfügung zu stellen, die stabil ist und hohe Präzision bei jeder Position des X-Y-Gestells sicherstellt.

[0008] Die US-A-4710865 offenbart ein Bewegungssteuersystem, bei dem auf der Grundlage der Differenz zwischen einer Zielposition und einer gegenwärtigen Position eines Gestells ein Geschwindigkeitssteuermodus oder ein Positionssteuermodus ausgewählt wird.

[0009] Die JP-A-06297058 beschreibt ein Maschinenwerkzeug mit orthogonalen Schlitten, wobei eine X-Achsen-Servoeinrichtung auf der Grundlage einer X-Achsen-Position gesteuert wird.

[0010] Um das zuvor erwähnten Probleme zu lösen, ist eine Ausrichtvorrichtung der Erfindung wie gemäß Anspruch 1 dargelegt bereitgestellt. Zusätzliche Merkmale sind in den abhängigen Ansprüchen dargelegt.

[0011] Nun werden Ausführungsbeispiele der Erfindung unter Bezugnahme auf die beiliegende Zeichnung beschrieben. Es zeigen:

[0012] Fig. 1 ein Blockschaltbild, das eine Anordnung einer Ausrichtvorrichtung gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung zeigt;

[0013] Fig. 2 ein Graph, der ein Beispiel einer Proportional-Verstärkung $k_p(x, y)$ als ein Element der Transferfunktion zeigt, das durch eine Verstärkungsfestlegungseinrichtung auf der Grundlage der Position eines X-Y-Gestells **1** festgelegt wird;

[0014] Fig. 3 eine Ansicht zur Erläuterung eines Verfahrens zum Festlegen der Transferfunktion gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der Erfindung, d.h. ein Verfahren zum Festlegen der jeweiligen Elemente der Transferfunktion durch nachschlagen in einer Tabelle;

[0015] Fig. 4 eine perspektivische Ansicht, die die Anordnung eines X-Y-Gestells zeigt, auf die die Erfindung angewendet werden kann; und

[0016] Fig. 5 ein Blockschaltbild, das die Anordnung einer herkömmlichen Ausrichtvorrichtung zeigt.

[0017] Fig. 1 ist ein Blockschaltbild, das eine Ausrichtvorrichtung zum Ausrichten eines in Fig. 4 gezeigten X-Y-Gestells gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung zeigt. Bezugnehmend auf Fig. 1 bezeichnet das Bezugszeichen **1** ein X-Y-Gestell mit dem X-Gestell **71** und dem Y-Gestell **72**; **2** einen Motor zum Antreiben des X-Y-Gestells **1**; **3** eine Antriebseinrichtung zum Zuführen eines Stroms zu dem Motor **2**; **4** einen Kompensator, der zur stabilen Steuerung des X-Y-Gestells **1** mit hoher Präzision Verwendung findet; **5** eine Subtraktionseinrichtung zur Berechnung der Differenz zwischen der gegenwärtigen Position und der Zielposition; **6** ein Laserinterferometer zur Messung der Position des X-Y-Gestells **1**; **7** ein Register zum Halten der Zielposition; und **8** eine Verstärkungsfestlegungseinrichtung zum dynamischen Festlegen der Transferfunktion $G_{xy}(s)$ des Kompensators **4** entsprechend der gegenwärtigen Position des X-Y-Gestells **1**.

[0018] Die Position P(x, y) des X-Y-Gestells **1** wird von dem Laserinterferometer **6** gemessen und die Abweichung S(x, y) von einer Zielposition D(x, y) wird von der Subtraktionseinrichtung **5** berechnet. Die Abweichung S(x, y) wird in eine Anweisung V(x, y) umgewandelt, um durch den Kompensator **4** an die Antriebseinrichtung **3** zugeführt zu werden, und die Antriebseinrichtung **3** führt dem Motor **2** gemäß der Anweisung V(x, y) einen Strom I zu, wodurch das X-Y-Gestell auf die Zielposition ausgerichtet wird.

[0019] Die Verstärkungsfestlegungseinrichtung **8** legt die Transferfunktion $G_{xy}(s)$ des Kompensators **4**, die nachfolgend durch die Gleichung (2) gegeben ist, gemäß der Position P(x, y) des X-Y-Gestells **1** fest:

$$Gxy(s) = k_p(x, y) + \frac{k_i(x, y)}{s} + k_d(x, y)s \qquad (2)$$

wobei $k_p(x, y)$, $k_i(x, y)$ und $k_d(x, y)$ jeweils die Proportional-, Integral- und Differential-Verstärkungen sind und zweidimensionale Funktionen der Position P(x, y) des X-Y-Gestells **1** darstellen. Es ist zu beachten, dass verschiedene Transferfunktionen $G_{xy}(s)$ für die X- und Y-Gestelle **71** und **72** festgelegt werden können. Bei der folgenden Beschreibung sei jedoch angenommen, dass die X- und Y-Gestelle **71** und **72** durch eine identische Transferfunktion $G_{xy}(s)$ gesteuert werden.

[0020] Fig. 2 zeigt ein Beispiel der Proportional-Verstärkung $k_p(x, y)$, die nachfolgend durch die Gleichung (3) ausgedrückt wird. Bei einem in Fig. 2 veranschaulichten Beispiel fällt der Bewegungsbereich der beiden X- und Y-Gestelle **71** und **72** in die Reichweite von –100 bis 100.

$$k_p(x, y) = k_{p0} - \frac{x^2}{k_{p1}} - \frac{y^2}{k_{p2}} \qquad (3)$$

[0021] Bei dieser Gleichung wird die Verstärkung umso niedriger, je näher sich das X-Y-Gestell **1** den vier Ecken der Bewegungsreichweite nähert. Die Integral-Verstärkung $k_i(x, y)$ und die Differential-Verstärkung $k_d(x, y)$ werden in ähnlicher Weise nachfolgend durch die Gleichungen (4) und (5) ausgedrückt:

$$k_i(x, y) = k_{i0} - \frac{x^2}{k_{i1}} - \frac{y^2}{k_{i2}} \quad (4)$$

$$k_d(x, y) = k_{d0} - \frac{x^2}{k_{d1}} - \frac{y^2}{k_{d2}} \quad (5)$$

[0022] Gemäß der Verstärkung $k_p(x, y)$, $k_i(x, y)$ und $k_d(x, y)$ dieses Kompensators **4** ändern sich die Verstärkungen entsprechend der mechanischen Eigenschaften gemäß der Position des X-Y-Gestells **1**, auch auf dem X-Y-Gestell **1**, dessen mechanische Eigenschaften (z.B. Dämpfungsfaktor) sich verschlechtern, sowie sich die Position des X-Y-Gestells **1** den vier Ecken der Bewegungsreichweite nähert. Aus diesem Grund kann ein stabiles Verhalten mit hoher Präzision unabhängig von der gegenwärtigen Position des X-Y-Gestells **1** erlangt werden. Es ist zu beachten, dass andere Gleichungen als die Gleichungen (2) bis (5) entsprechend der Eigenschaften eines Steuersystems angewendet werden können.

[0023] Die Transferfunktion $G_{xy}(s)$ des Kompensators **4** kann durch Nachschlagen in einer Tabelle festgelegt werden. Nachfolgend wird ein Ausführungsbeispiel beschrieben, bei dem jedes Element (z.B. die Proportional-Verstärkung) der Transferfunktion $G_{xy}(s)$ des Kompensators **4** durch Nachschlagen in einer Tabelle festgelegt wird. Bei diesem Ausführungsbeispiel sei angenommen, dass eine Vielzahl von Bereichen durch Unterteilen der Bewegungsreichweite des X-Y-Gestells **1** erlangt wird und die Transferfunktion durch Nachschlagen in einer Tabelle festgelegt wird, die bevorzugte Verstärkungswerte k_{ij} speichert, die verwendet werden, wenn sich das X-Y-Gestell **1** in den jeweiligen Bereichen befindet. Fig. 3 zeigt die bei der Verstärkungsfestlegungseinrichtung **8** zugewiesene Tabelle. Eine Tabelle **30** enthält den jeweils unterteilten Bereichen entsprechende Verstärkungen k_{11} bis k_{33}. Unter Verwendung dieser Tabelle **30** legt die Verstärkungsfestlegungseinrichtung **8** die Verstärkung k entsprechend der mechanischen-Eigenschaften in einem Bereich fest, in dem sich das X-Y-Gestell **1** gegenwärtig befindet, womit ein stabiles Ausrichtverhalten mit hoher Präzision unabhängig von der gegenwärtigen Position des X-Y-Gestells **1** erlangt wird. Gemäß diesem Ausführungsbeispiel kann die Verstärkungsfestlegungseinrichtung durch einen Mikroprozessor mit einer geringen Verarbeitungsleistungsfähigkeit oder eine einfache Hardwareanordnung gebildet werden, da die Verstärkung k_{ij} einfach durch Nachschlagen in der Tabelle **30** entsprechend der Position des X-Y-Gestells **1** erlangt wird. Wenn die Proportional-, Integral- und Differential-Verstärkungen durch Nachschlagen in einer Tabelle festgelegt werden, können die Tabellen **30** entsprechend dieser Verstärkungen festgelegt werden. In Fig. 3 ist jedoch zur Vereinfachung nur eine Tabelle dargestellt.

[0024] Bei der vorangehenden Beschreibung wird die Erfindung auf eine X-Y-Gestell-Ausrichtvorrichtung auf der Grundlage eines Rückkopplungssteuersystems angewendet. Außerdem kann die Erfindung auf einen Fall angewendet werden, bei dem die zuvor erwähnte Verstärkungsfestlegungseinrichtung zu einem Vorwärtskopplungssteuersystem hinzugefügt wird. Die Erfindung kann auch auf verschiedene andere Steuervorrichtungen angewendet werden.

[0025] Wie zuvor beschrieben kann erfindungsgemäß bei einer Ausrichtvorrichtung, bei der sich mechanische Eigenschaften abhängig von der Position eines beweglichen Bauteils ändern, da sich die Verstärkung eines als eine Steuereinrichtung dienenden Kompensators entsprechend der Position des beweglichen Bauteils ändert, stabile Steuereigenschaften mit hoher Präzision bei jeder Position des beweglichen Bauteils durch Einstellen der Verstärkung entsprechend der gegenwärtigen Position des beweglichen Bauteils erlangt werden.

[0026] Die Erfindung ist nicht auf die vorangehenden Ausführungsbeispiele beschränkt und es können verschiedene Änderungen und Abwandlungen vorgenommen werden.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Bewegung eines von einer Basis (B) gestützten Gestells (**1**, **71**, **72**) in X- und Y-Richtungen an eine Zielposition (D(x, y)), mit:
einer Motoreinrichtung (**2**, **75**, **76**) zum Antreiben des Gestells innerhalb einer Bewegungsreichweite in den X- und Y-Richtungen;
einer Messeinrichtung (**6**, **80**, **81**) zur Messung einer gegenwärtigen Position des Gestells in den X- und Y-Richtungen; und
einer Steuereinrichtung (**3**, **4**, **8**) zur Erzeugung eines Steuersignals (I) zur Steuerung der Motoreinrichtung (**2**), um das Gestell in den X- und Y-Richtungen an die Zielposition ((D(x, y)) zu bewegen, wobei die Steuereinrich-

tung eine Einrichtung (**8**) zum dynamischen Festlegen einer Transferfunktion (G) aufweist, die mit der Erzeugung des Steuersignals entsprechend der gegenwärtigen gemessenen Position (P(x, y)) in den beiden X- und Y-Richtungen im Zusammenhang steht;
wobei die Steuereinrichtung (**3**, **4**, **8**) betreibbar ist, um die Transferfunktion (G) so festzulegen, dass sich eine Verstärkung (K) in Abhängigkeit von der gegenwärtigen gemessenen Position (P(x, y)) in den beiden X- und Y-Richtungen ändert.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Steuereinrichtung (**3**, **4**, **8**) betreibbar ist, das Steuersignal (I) mittels Rückkopplung der von der Messeinrichtung (**6**) gemessenen gegenwärtigen Position (P(x, y)) an die Steuereinrichtung (**8**) zu erzeugen.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Steuereinrichtung betreibbar ist, das Steuersignal (I) durch Verstärken einer Differenz (S) zwischen der Zielposition (D) und der gemessenen Position (P) gemäß der Transferfunktion (G) zu erzeugen.

4. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Steuereinrichtung (**2**, **3**, **8**) eine Steuereigenschaftsfestlegungseinrichtung (**8**) zur Festlegung der Transferfunktion (G) auf der Grundlage einer vorbestimmten Funktion aufweist, die die Transferfunktion (G) entsprechend der gegenwärtigen gemessenen Position (P) definiert.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, wobei die Transferfunktion (G) Proportional- (Kp), Integral- (Ki) und Differential- (Kd) Elemente aufweist und die Steuereigenschaftsfestlegungseinrichtung (**8**) betreibbar ist, die Proportional-, Integral- und Differential-Elemente der Transferfunktion (G) auf der Grundlage einer vorbestimmten Funktion zur Definition der Transferfunktion (G) entsprechend der gegenwärtigen gemessenen Position (P) festzulegen.

6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 5, wobei die Steuereinrichtung eine Steuereigenschaftsfestlegungseinrichtung (**8**) aufweist, die betreibbar ist, die Transferfunktion (G) auf der Grundlage einer Tabelle (**30**) festzulegen, die die Transferfunktion (G) entsprechend einem die gemessene Position (P) enthaltenden Bereich definiert.

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, wobei die Transferfunktion (G) Proportional- (Kp), Integral- (Ki) und Differential- (Kd) Elemente aufweist und die Steuereigenschaftsfestlegungseinrichtung (**8**) betreibbar ist, die Proportional-, Integral- und Differential-Elemente der Transferfunktion (G) auf der Grundlage der Tabelle (**30**) festzulegen.

8. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Messeinrichtung ein Laserinterferometer aufweist.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

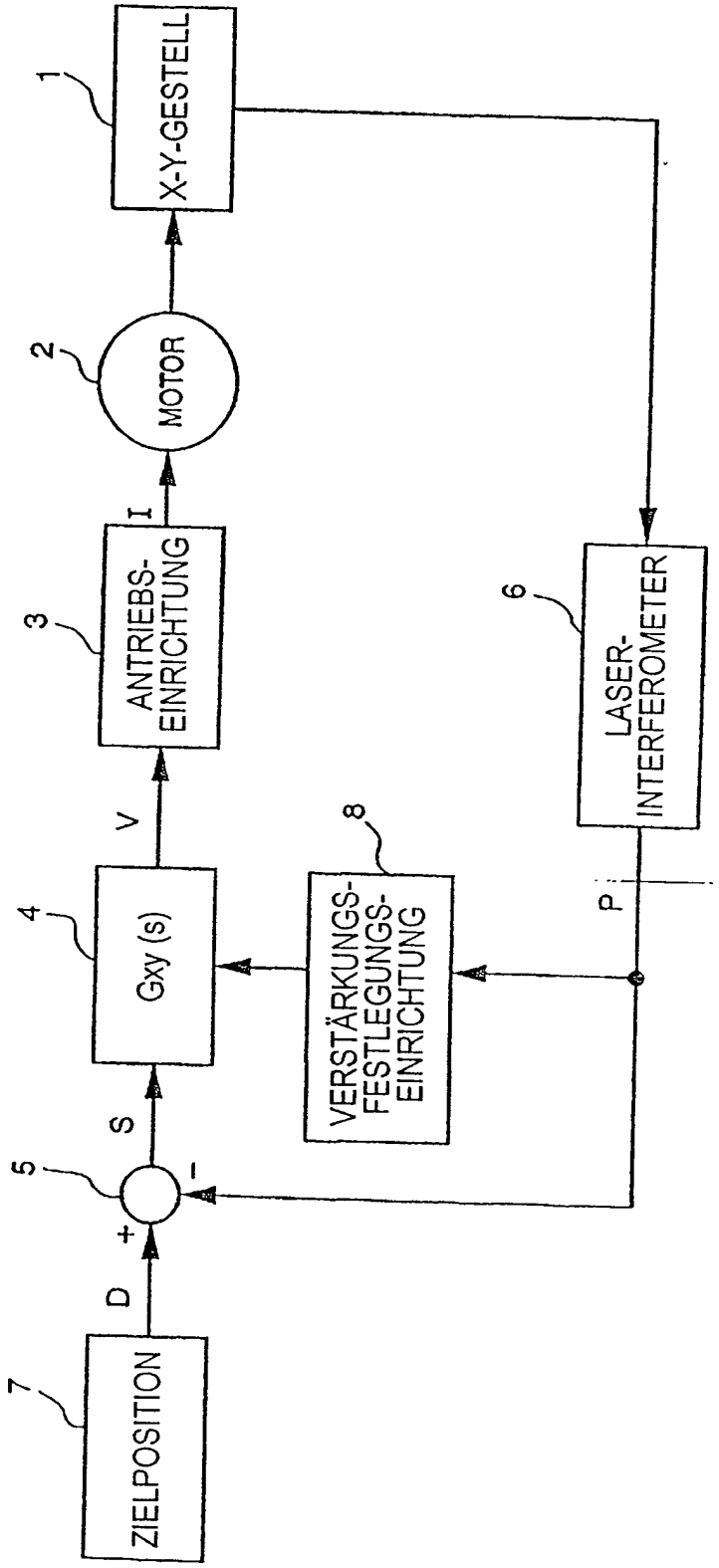


FIG. 2

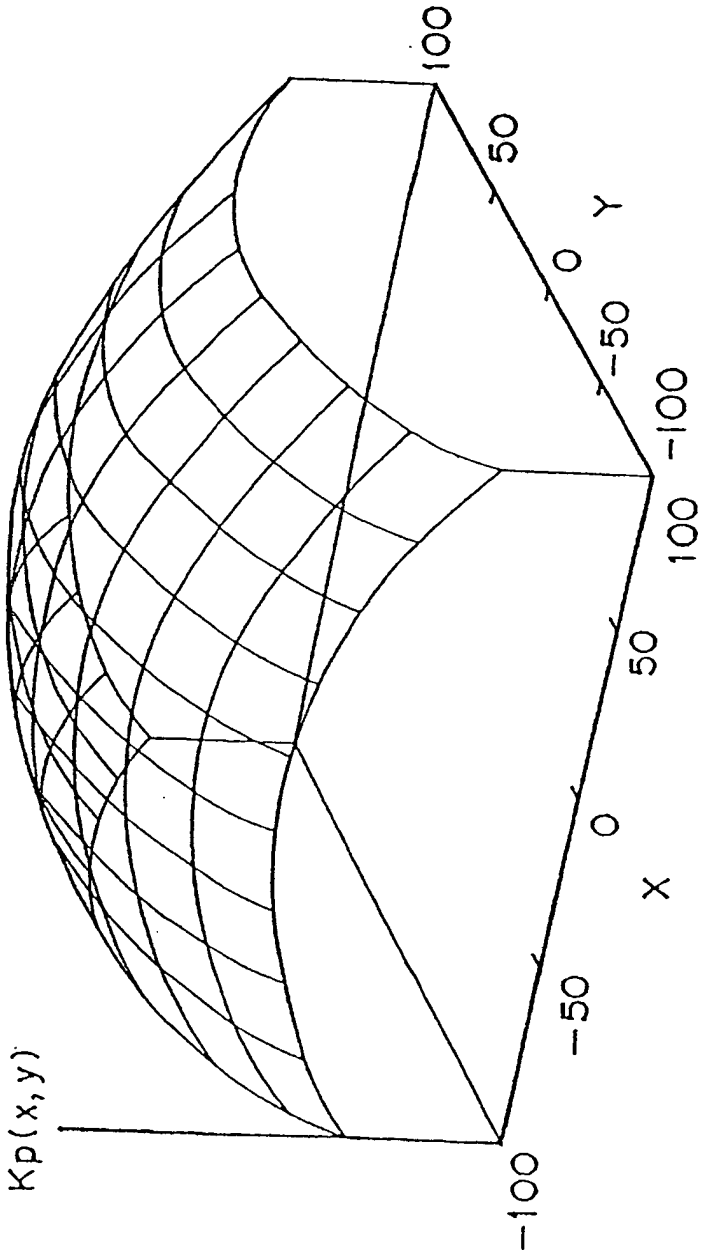


FIG. 3

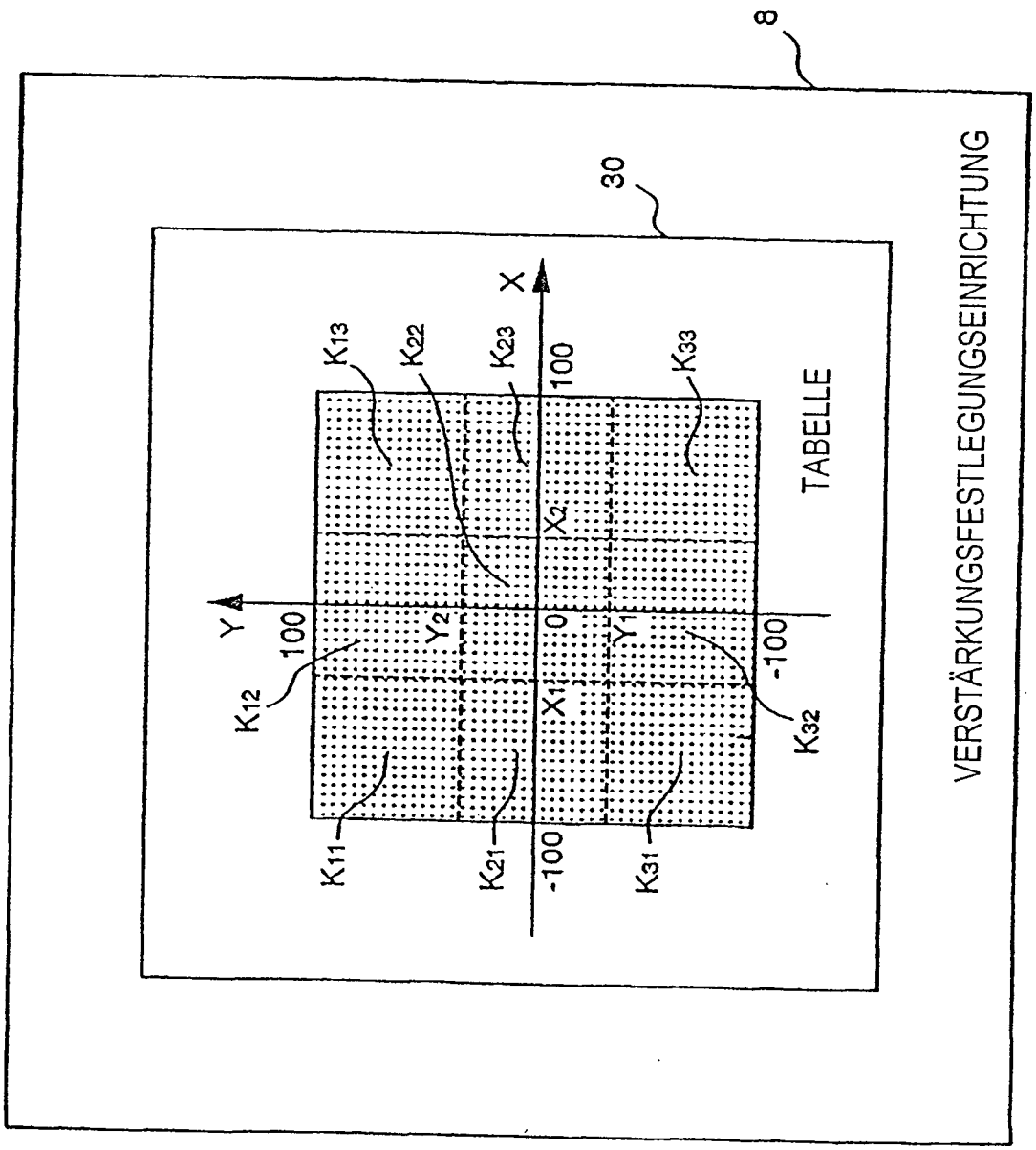

8
VERSTÄRKUNGSFESTLEGUNGSEINRICHTUNG
30
TABELLE
X
Y
100
0
-100
X1
X2
Y1
Y2
K11
K12
K13
K21
K22
K23
K31
K32
K33

FIG. 4

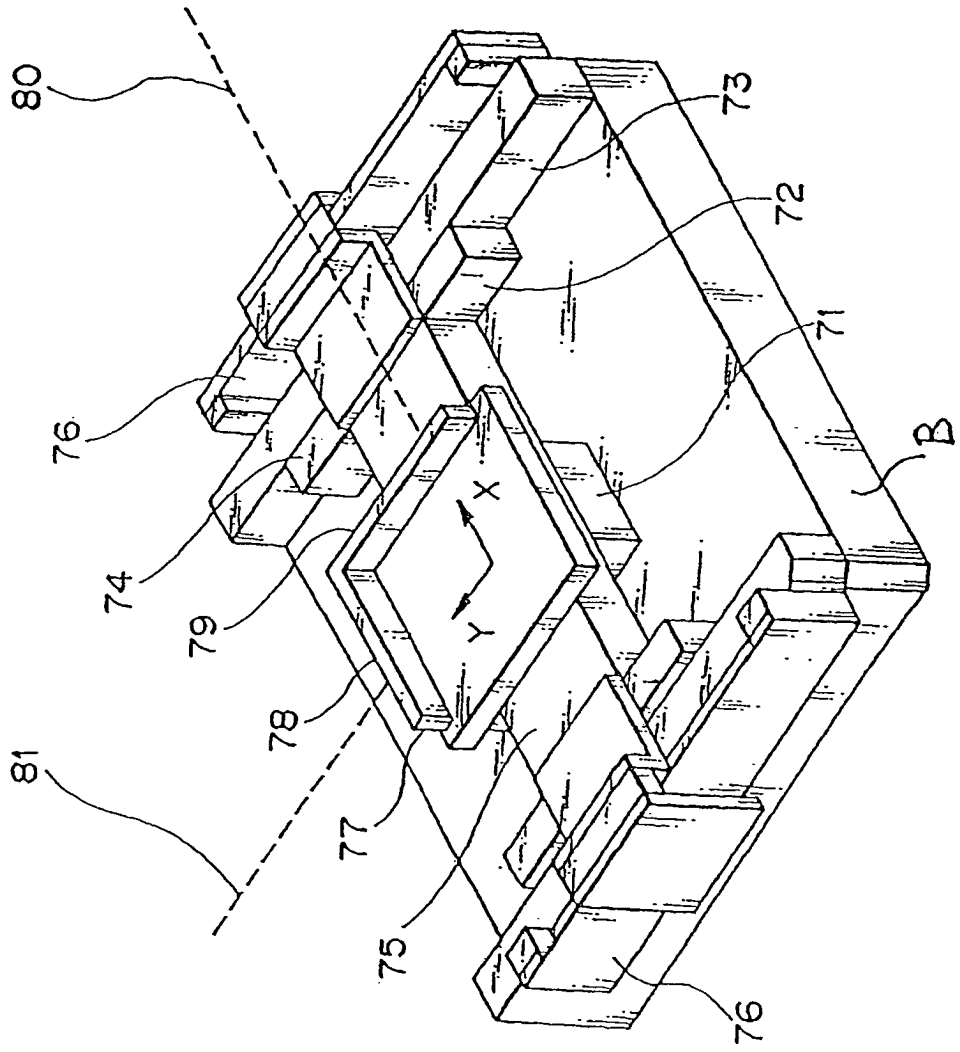
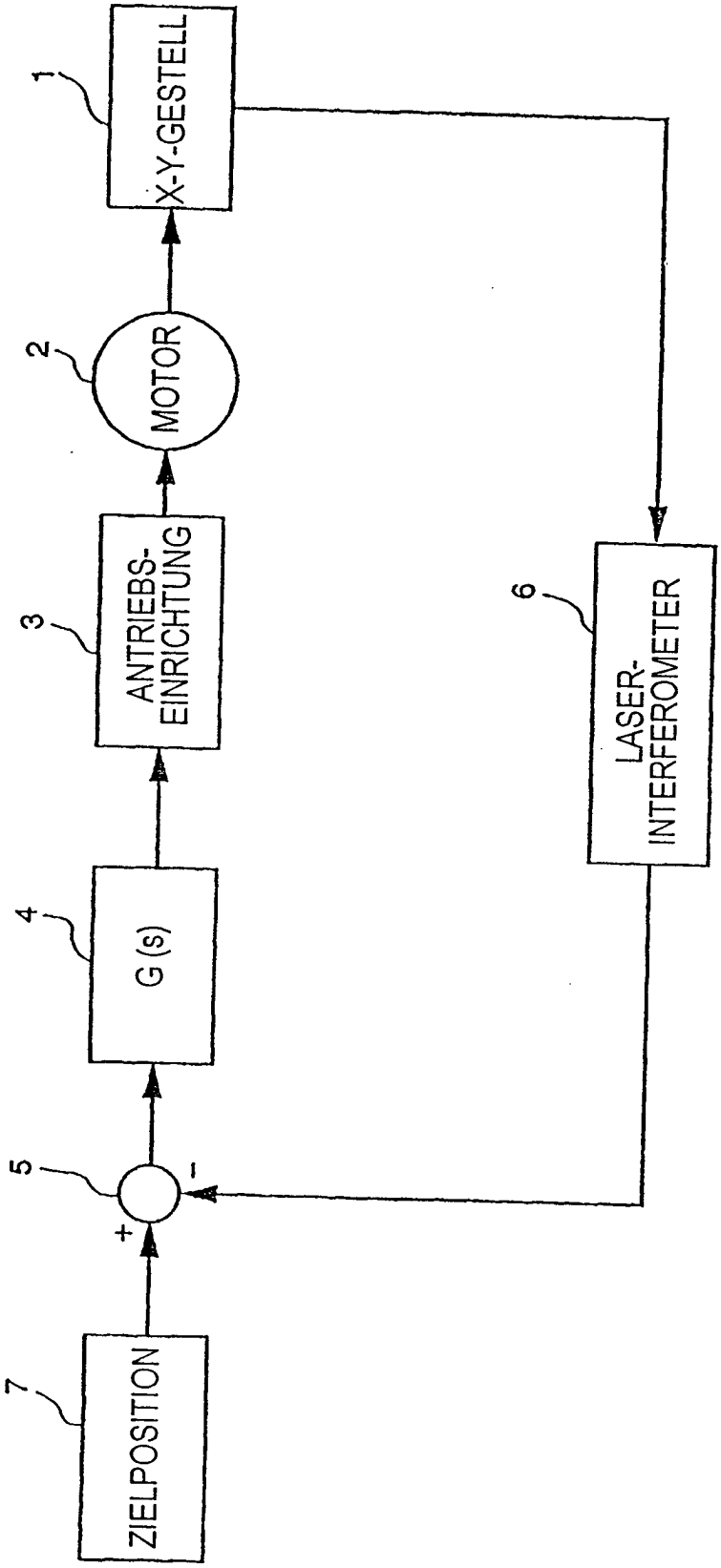


FIG. 5


1
X-Y-GESTELL
2
MOTOR
3
ANTRIEBS-
EINRICHTUNG
4
G (s)
5
+
-
6
LASER-
INTERFEROMETER
7
ZIELPOSITION