



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 698 14 198 T2 2004.04.08**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 0 858 015 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **698 14 198.9**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **98 102 288.2**

(96) Europäischer Anmeldetag: **10.02.1998**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **12.08.1998**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **07.05.2003**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **08.04.2004**

(51) Int Cl.7: **G05B 19/401**
G01B 21/04

(30) Unionspriorität:

2657497 10.02.1997 JP

5493797 10.03.1997 JP

(73) Patentinhaber:

Mitutoyo Corp., Kawasaki, Kanagawa, JP

(74) Vertreter:

**Grünecker, Kinkeldey, Stockmair &
Schwanhäusser, 80538 München**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, GB

(72) Erfinder:

**Ogihara, Motonori, Tsukuba-shi, Ibaraki-ken, JP;
Ishikawa, Nobuhiro, Tsukuba-shi, Ibaraki-ken, JP;
Noda, Takashi, Utsunomiya-shi, Tochigi-ken, JP**

(54) Bezeichnung: **Messverfahren und Messinstrument mit Triggersonde**

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

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

1. GEBIET DER ERFINDUNG

[0001] Diese Erfindung betrifft ein Messverfahren und eine Messvorrichtung zum Messen von z. B. der Größe oder der Oberflächengestalt eines (zu messenden) Objekts mit einer Sonde.

2. BESCHREIBUNG DES STANDES DER TECHNIK

[0002] In einer Koordinatenmessvorrichtung z. B. ein dreidimensional messendes Instrument, wird eine Berührungstriggersonde in Kontakt mit einem (zu messenden) Objekt gebracht während der relativen Bewegung zwischen der Berührungstriggersonde und dem vorvermessenen Objekt in dreidimensionalen Richtungen. Jede Koordinatenachse (der dreidimensionalen Richtungen) wird in Reaktion auf eine Kontaktdetektionssignalausgabe der Berührungstriggersonde beim Kontakt zwischen der Berührungstriggersonde und dem vorvermessenen Objekt gelesen. Und dann erhält man die Größe oder die Gestalt des vorvermessenen Objekts aus diesen Koordinaten.

[0003] Konventionell sind zwei Typen von Berührungstriggersonden bekannt, um sie in der Koordinatenmessvorrichtung oder Ähnlichem zu verwenden: eine Berührungstriggersonde mit einer Struktur, bei der drei Stifte, die integral mit einem Messpunkt ausgebildet sind, mit sechs Kugeln oder Stiften gelagert werden, das sozusagen eine Struktur ist, bei der der Messpunkt durch ein Sechspunktkontakttypstützsystem gelagert wird; und eine Berührungstriggersonde mit einer Struktur, bei der ein vibrierender Messpunkt mit einem zu messenden Objekt in Kontakt gebracht wird und der Kontakt mit dem vorvermessenen Objekt wird durch Erfassung der Abnahme der Vibration detektiert.

[0004] Wie in **Fig. 13** gezeigt schließt die vorherige Berührungstriggersonde z. B. einen Sondenkörper **4**, einen Messpunkt **1** mit einer Kontaktkugel am Ende, die an dem Sondenkörper **4** durch den mittleren des Sechspunktkontakttypstützsystem **8** gestützt wird, und ein Druckmittel **7** um den Messpunkt **1** an das Stützsystem **8** kräftig zu drücken, die eine Feder oder Ähnliches, einschließt.

[0005] Das Stützsystem **8** besteht aus: einem beweglichen Abschnitt **2**, der an dem Bezugsende des Messpunktes **1** befestigt ist; drei Stifte **3**, die aus der Umfangsseite des beweglichen Abschnittes **2** herausragen, senkrecht zur Achse des Messpunktes **1**, um 120 Grad versetzt in radialer Richtung um die Achse des Messpunktes **1**; und drei V-förmige Aufnahmeabschnitte **6**, die jeweils aus einer Kombination aus zwei Stiften (oder Kugeln) bestehen, die in V-Form angeordnet sind, und die auf einer unteren Wand **5** des Sondenkörpers **4** befestigt sind, um mit den Stiften **3** überein zu stimmen.

[0006] In der obigen Struktur befindet sich der bewegliche Abschnitt **2** an einer festgelegten Position, wenn der bewegliche Abschnitt **2** gegen die untere Wand **5** des Sondenkörpers **4** durch ein Pressmittel **7** gedrückt wird. Hier befindet sich der Stift **3**, der auf dem beweglichen Abschnitt **2** bereit gestellt ist, in Kontakt mit zwei Punkten des V-förmigen Aufnahmeabschnittes **6**, insgesamt befinden sich die Stifte **3** mit sechs Punkten in Kontakt, so dass dieses System das Sechspunkt-Kontakttyp-Aufnahmesystem genannt wird.

[0007] Wie in **Fig. 14** gezeigt ist, schließt die spätere Berührungstriggersonde einen Abnehmerhalter **12**, einen Vibrator **14** als einen Messpunkt, der in dem Abnehmerhalter **12** mit einem Stift **18** an einem zentralen Bereich davon gelagert ist, und zwei piezoelektrische Elemente **16**, die am Rand eines Knotens der Vibration des Vibrators **14** angeordnet (d. h. einem Bereich des vibrierenden Objektes, der nicht vibriert bezüglich einer bestimmten Frequenz) und an einer Ausnehmung **20** mit einem Kleber oder Ähnlichem befestigt sind, ein.

[0008] Der Vibrator **14** weist einen Kontaktbereich **14A**, der mit dem vorvermessenen Objekt am Ende in Kontakt tritt, und eine Ausgleichsausrichtung **14B** mit dem selben Gewicht wie der Kontaktbereich **14A** am anderen Ende auf, und wird in dem Abnehmerhalter **12** an dem Knoten der Vibration gelagert. Die Ausgleichsvorrichtung **14B** wird bereit gestellt um den Vibrator **14** in Gewichtsbalance zu halten, so dass der Knoten der Vibration nicht vom Zentrum des Vibrators **14** während der Resonanz durch den Kontaktbereich **14A**, der am Ende des Vibrators **14** angeordnet ist, abweicht, und um kein Drehmoment um den Drehpunkt aufzunehmen, wenn die Berührungstriggersonde sich in senkrechter Richtung zur Vibrationsrichtung des Vibrators **14** bewegt und Beschleunigung erfährt.

[0009] Wie in **Fig. 15** gezeigt, ist das piezoelektrische Element **16** in eine vibrationsauslösende Elektrode **16A**, zum Auslösen der Vibration des Vibrators **14**, einer hin- und hergehende Vibration, und eine Messelektrode **16B** zum Messen der hin- und hergehenden Vibration des Vibrators **14** als ein elektrisches Wechselstromsignal aufgetrennt. Die vibrationsauslösende Elektrode **16A** ist über eine Signalleitung **22a** mit einem Antriebsschaltkreis **24** zum Vibrieren des Vibrators **14** verbunden. Die Messelektrode **16B** ist durch eine Signalleitung **22B** mit einem Messschaltkreis **26** zur Messung der Vibration des Vibrators **14** verbunden. Ein Signal von dem Messschaltkreis **26** wird durch die Signalleitung **22D** zu dem Treiberschaltkreis **24** geschickt. Dabei ist eine Rückkopplungsschleife ausgelegt, ein elektrisches Signal, das von der Messelektrode **16B** aufgenommen wird, in dem Messschaltkreis **26** und dem Antriebsschaltkreis **24** zu verstärken, um es zu der vibrationsauslösenden Elektrode **16A** zu schicken.

[0010] Der Messschaltkreis **26** ist mit einem berührungstriggersignalerzeugenden Schaltkreis **28** ver-

bunden. In dem berührungstriggersignalerzeugenden Schaltkreis **28** wird ein Wechselstromsignal von der Messelektrode **16B** zweiweggleichgerichtet und das gleichgerichtete Signal wird mit einem Referenzwert verglichen nachdem es in ein Gleichspannungssignal durch einen Low-Passfilter umgewandelt wurde, und dann wird ein Berührungstriggersignal zu dem Zeitpunkt ausgesendet, wenn das Messsignal den Referenzwert erreicht.

[0011] In der konventionellen Berührungstriggersonde weist jede Struktur den Nachteil auf, dass ein Messfehler auftritt durch eine relative Bewegungsgeschwindigkeit zum Zeitpunkt des Kontaktes mit einem vorvermessenen Objekt, nämlich die Kontaktgeschwindigkeit.

[0012] In der früheren Berührungstriggersonde (gezeigt in **Fig. 13**) ist der Messfehler groß, wenn die relative Bewegungsgeschwindigkeit zu dem vorvermessenen Objekt besonders klein ist. Als eine der Gründe ergibt sich die Kontaktgeschwindigkeit zum Zeitpunkt des Kontaktes zwischen der Berührungstriggersonde und dem vorvermessenen Objekt von im Allgemeinen näherungsweise 3 mm/s bis 20 mm/s. Es wurde gezeigt, dass, wenn die Berührungstriggersonde das vorvermessene Objekt mit einer Geschwindigkeit berührt, die den Bereich überschreitet, der gemessene Wert einen vergleichsweise stabilen Wert zeigt, aber wenn die Berührungstriggersonde das vorvermessene Objekt mit einer Geschwindigkeit unterhalb des Bereiches berührt, wird eine Lücke zwischen den Koordinaten, die aufgenommen werden, wenn ein Kontaktmesssignal erzeugt wird, und den wirklichen Koordinaten erzeugt.

[0013] Zu diesem Punkt gibt es keinen offensichtlichen Grund. In der Struktur der Berührungstriggersonde, die in **Fig. 13** gezeigt ist, befindet sich zumindest einer der sechs Stifte (oder Kugeln), im Nichtberührungszustand, wenn der Messpunkt **1** durch den Kontakt mit dem vermessenen Objekt verschoben wird, und dieser Zustand wird elektrisch gemessen. Wenn der Messpunkt **1** mit relativ niedriger Geschwindigkeit verschoben wird, wird gefolgert, dass der Betrag der Biegung vor der Trennung des Kontaktes größer ist.

[0014] Auf der anderen Seite ist die Kontaktmessempfindlichkeit in der späteren Berührungstriggersonde (gezeigt in den **Fig. 14** und **15**) höher verglichen mit der in der früheren Berührungstriggersonde, so dass der Messfehler im Niedriggeschwindigkeitsbereich selten dazu tendiert, größer zu werden. Jedoch sind die Mess- und Antriebsschaltkreise, die den piezoelektrischen nachgeschaltet sind, kompliziert, so dass eine vergangene Zeit von dem Kontakt zwischen dem Kontaktbereich **14A** des Vibrators **14** und dem vorvermessenen Objekt zur Ausgabe des Berührungstriggersignals (das Kontaktmesssignal) länger ist, und deshalb die vergangene Zeit den Messfehler verursacht.

[0015] Zum Beispiel wird wie in **Fig. 16** gezeigt, ein Koordinatenwert P_1 , wie der ΔP -Abstand von dem

Koordinatenwert P_0 zum Zeitpunkt des wirklichen Kontaktes zwischen dem Verbindungspunkt **14A** und dem vorvermessenen Objekt, als Koordinatenwert zum Zeitpunkt des wirklichen Kontaktes bestimmt von dem Kontakt zwischen dem Kontaktbereich **14A** des Vibrators **14** und dem vorvermessenen Objekt, wenn das Kontaktmesssignal nach einer vergangenen Zeit T_1 erzeugt wird.

[0016] Der Korrekturbetrag kann zur Korrektur des Abweichungsbetrages ΔP im Voraus definiert werden, wenn die Messgeschwindigkeit einheitlich ist, jedoch ändert sich der Abweichungsbetrag in Reaktion auf die Änderung der Messgeschwindigkeit. Insbesondere sollte bei einem Instrument, in dem eine hohe Geschwindigkeit und hohe Präzision wesentlich ist, die Messung unter Veränderung der Messgeschwindigkeit durchgeführt werden, so dass die Korrektur nicht richtig ausgeführt wird.

[0017] Es sollte erwähnt werden, dass die obigen Nachteile nicht nur bei der Berührungstriggersonde sondern auch bei einer Nichtberührungssonde auftreten.

[0018] Zum Beispiel werden relative Koordinaten der Sonde und des vorvermessenen Objekts genommen, wenn ein Abstand zwischen der Nichtberührungssonde und dem vorvermessenen Objekt fixiert ist, wo die Größe des vorvermessenen Objektes mit einer Nichtberührungssonde, welche einen optischen Abstandssensor zur Bewegung einer Objektivlinse zu und weg von eine zu messenden Seite des vorvermessenen Objektes aufweist, um einen Fokuspunkt der Objektivlinse auf der gemessenen Seite zu fokussieren. Zu dieser Zeit entsteht der Nachteil, dass die relative Bewegungsgeschwindigkeit der Sonde und des vorvermessenen Objekts zu dem Messfehler beiträgt.

[0019] Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, die konventionellen Nachteile aufzulösen und ein Messverfahren und ein Messinstrument bereit zu stellen, das in der Lage ist, eine hohe Genauigkeit und eine effiziente Messung zu erreichen und einen Fehler selbst in einer komplizierten Messung, die eine Änderung der Messgeschwindigkeit in Reaktion auf die Messsubstanz erfordert, zu korrigieren, welcher durch die Messgeschwindigkeit verursacht wird.

[0020] EP 0147529 offenbart ein Messverfahren der Position und Dimension eines Objekts unter Verwendung einer Berührungstriggersonde. Die Aufgabe dieser Offenbarung ist, einen Messfehler, der durch die relative Geschwindigkeit zwischen der Berührungstriggersonde und dem Objekt und den verwendeten Materialien verursacht wird, zu eliminieren: Das Problem wird durch eine Korrekturtabelle gelöst, die in einem Speicher M_1 gespeichert ist, der einen vorbestimmten Korrekturwert enthält, abhängig von der relativen Messgeschwindigkeit, und durch Korrekturwerte, die in einem Speicher M_2 gespeichert sind, der Werte für die Korrektur von verschiedenen Paaren von Materialien enthält. Ein Addierer addiert die Werte der relativen Position, den geschwindig-

keitsabhängigen Korrekturwert aus dem Speicher M_1 und dem materialabhängigen Korrekturwert aus dem Speicher M_2 . Das Ergebnis wird in dem Speicher M_3 gespeichert. Dieser Wert kann als die korrigierte Position angezeigt werden. Der Korrekturwert, der in M_1 gespeichert ist, kann mit dem Korrekturbetrag der vorliegenden Erfindung in Bezug gebracht werden. Im Gegensatz zur vorliegenden Erfindung werden diese Werte als feste Werte gespeichert. Diese Werte werden nicht in einem dynamischen Prozess während des Messvorganges berechnet.

[0021] US 5,425,180 offenbart ein Verfahren zur Koordinatenmessung von Werkstücken unter Verwendung eines Sondenkopfes vom Schaltertyp um ein Signal beim Kontakt mit einem zu vermessenen Werkstück zu erzeugen, und offenbart eine Koordinatenmessvorrichtung, die geeignet ist, das Verfahren auszuführen. Die Aufgabe dieser Offenbarung ist, den Zeitpunkt des Kontaktes mit dem Werkstück genauer zu bestimmen, so dass Kontaktkoordinaten präziser bestimmt werden können, insbesondere, wenn die Sonde bei niedriger Geschwindigkeit eine relativ weiche Oberfläche berührt. Das Problem wird durch Verwendung eines Sondenkopfes vom Schaltertyp in Verbindung mit computergespeicherten Werten von Koordinatenpositionskorrekturen gelöst, wobei die gespeicherten Werte für eine vorbestimmte Zeitperiode sind, die das erwartete Zeitintervall überschreitet, um ein Arbeitskontaktereignis zu vollenden und zu bestätigen, so dass die wahre und genaue Zeit und die Koordinaten des Werkstückkontakts nach dem Ereignis aufgenommen werden können. Diese Offenbarung verwendet keine relative Geschwindigkeit zwischen der Sonde und dem Objekt, um die Koordinaten zu korrigieren. Deshalb ist die vorliegende Erfindung auch neu hinsichtlich der US 5,425,180.

[0022] WO 92/20996 beschreibt die Vermessung von Werkstücken. Diese Offenbarung spricht das Problem an, dass es mit Sonden nicht möglich ist, die x, y und z Koordinaten des Abstands der Aufnehmerspitze der Sonde exakt zu bestimmen.

[0023] M. Weck et al. in "On-Line-Vermessung von Werkstücken im Robotergreifer/On-Line Measurement of Components in the Robot Gripper" 1. Juli 1994, ZWF Zeitschrift für wirtschaftliche Fertigung und Automatisierung, Bd. 89, Nr. 7/08, Seiten 400/401 XP000457890, spricht das Problem der Aufforderung von kleinen Positionstoleranzen in industrieller Fertigung und die sich daraus ergebenden Produktionsfehler an. Gemäß dieses Artikels können die Positioniertoleranzen unter Verwendung eines Triangulationssensors korrigiert werden. Diese Offenbarung betrifft nicht Berührungstriggersonden und die geschwindigkeitsabhängige Fehlerkorrektur. Deshalb kann die Lösung, die in dieser Offenbarung präsentiert wird, nicht das Problem der vorliegenden Erfindung lösen.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0024] Die obigen Probleme werden durch ein Verfahren und eine Vorrichtung gemäß den Ansprüchen gelöst.

[0025] Ein Messverfahren der vorliegenden Erfindung, in dem ein zu vermessendes Objekt und eine Sonde, die ein Positionsmesssignal durch Bezug auf ein vorvermessenes Objekt erzeugt, relativ bewegt wird, und in dem ein relativer Bewegungskordinatenwert der Sonde und des vorvermessenen Objekts als Antwort auf die Positionsmesssignalausgabe der Sonde detektiert wird und wo dann zumindest entweder die Größe oder die Oberflächengestalt des vorvermessenen Objektes auf der Basis des relativen Bewegungskordinatenwertes gemessen wird, wird charakterisiert durch die Schritte: Messung des relativen Bewegungskordinatenwertes der Sonde und des vorvermessenen Objektes und eine Bewegungsgeschwindigkeit der Sonde und des vorvermessenen Objektes in Reaktion auf das Positionsmesssignal von der Sonde; und Korrektur des relativen Bewegungskordinatenwertes im Messschritt mit dem Korrekturbetrag, der von der relativen Bewegungsgeschwindigkeit im Messschritt abgeleitet wird.

[0026] Ein Messinstrument der vorliegenden Erfindung, in dem ein zu vermessendes Objekt und eine Sonde, die ein Positionsmesssignal durch Bezug auf ein vorvermessenes Objekt erzeugt, relativ zueinander bewegt werden, und in dem ein relativer Bewegungskordinatenwert der Sonde und des vorvermessenen Objektes als Antwort auf die Positionsmesssignalausgabe der Sonde detektiert wird, und bei dem dann zumindest entweder die Größe oder die Oberflächengestalt des vorvermessenen Objekts auf der Basis des relativen Bewegungskordinatenwertes gemessen wird, wird charakterisiert durch: ein Koordinatenwertmessmittel zum Messen des relativen Bewegungskordinatenwertes der Sonde und des vorvermessenen Objekts als Reaktion auf das Positionsmesssignal der Sonde; ein Geschwindigkeitsmessmittel zum Messen einer relativen Bewegungsgeschwindigkeit der Sonde und des vorvermessenen Objektes, wenn das Koordinatenwertmessmittel den relativen Bewegungskordinatenwert misst; und ein Korrekturmittel zum Korrigieren des relativen Bewegungskordinatenwertes zum Zeitpunkt des Kontaktes um den Korrekturbetrag, der aus der relativen Bewegungsgeschwindigkeit zum Zeitpunkt des Kontaktes abgeleitet wird.

[0027] In der obigen Struktur wird der relative Bewegungskordinatenwert der Sonde und des vorvermessenen Objektes in Reaktion auf das Positionsmesssignal der Sonde gemessen, wenn die Sonde und das vorvermessene Objekt relativ zueinander bewegt werden, und zur selben Zeit wird die relative Bewegungsgeschwindigkeit der Sonde und des vorvermessenen Objektes gemessen und dann wird der relative Bewegungskordinatenwert mit dem Korrekturbetrag korrigiert, der aus der relativen Bewe-

gungsgeschwindigkeit abgeleitet wird.

[0028] Ein Messfehler, der durch die relative Bewegungsgeschwindigkeit der Sonde und des vorvermessenen Objektes erzeugt wird, wird automatisch korrigiert, deshalb wird eine hochgenaue und effiziente Messung erreicht selbst in einer schwierigen Messung, die eine Änderung der Messgeschwindigkeit als Reaktion auf die Substanz der Messung erfordert.

[0029] In dem oben Beschriebenen kann die Sonde eine Kontakttypsonde sein, bei der das Kontaktmesssignal durch Kontaktieren des vorvermessenen Objektes erzeugt wird, oder eine Nichtkontaktierersonde, die einen optischen Abstandssensor aufweist, um eine Objektivlinse nahe zu einer zu messenden Seite des vorvermessenen Objektes oder davon weg zu bewegen, um einen Brennpunkt der Objektivlinse auf die zu messende Seite zu fokussieren, oder die Nichtkontaktierersonde einer Kamera oder Ähnliches.

[0030] Wo ein Kontakttyp und zwar eine Berührungstriggersonde als Sonde verwendet wird, ist die folgende Struktur bevorzugt.

[0031] Ein Messverfahren, in dem eine Berührungstriggersonde und ein Objekt sich während der relativen Bewegung berühren, und in dem ein relativer Bewegungskoodinatenwert der Berührungstriggersonde und des vorvermessenen Objektes gemessen wird als Reaktion auf ein Kontaktmesssignal, das von der Berührungstriggersonde beim Kontakt zwischen der Berührungstriggersonde und dem vorvermessenen Objekt erzeugt wird, und in dem dann zumindest entweder die Größe oder die Oberflächengestalt des vorvermessenen Objekts auf der Basis des relativen Bewegungskoodinatenwertes gemessen wird, wird charakterisiert durch die Schritte: Messen des relativen Bewegungskoodinatenwertes der Berührungstriggersonde und des vorvermessenen Objektes, und einer relativen Bewegungsgeschwindigkeit der Berührungstriggersonde und des vorvermessenen Objektes zum Zeitpunkt, wenn das Kontaktmesssignal von der Berührungstriggersonde erzeugt wird; und Korrigieren des relativen Bewegungskoodinatenwertes zum Zeitpunkt, wenn das Kontaktmesssignal erzeugt wird, mit dem Korrekturbetrag, der aus der relativen Bewegungsgeschwindigkeit zu der Zeit abgeleitet wird, wenn das Kontaktmesssignal erzeugt wird.

[0032] Ein Messinstrument, in dem eine Berührungstriggersonde und ein zu messendes Objekt sich während der relativen Bewegung berühren und indem ein relativer Bewegungskoodinatenwert der Berührungstriggersonde und des vorvermessenen Objektes in Reaktion auf ein Kontaktmesssignal, das von der Berührungstriggersonde beim Kontakt zwischen der Berührungstriggersonde und dem vorvermessenen Objekt erzeugt wird, gemessen wird, und indem dann eine Größe oder eine Oberflächengestalt des vorvermessenen Objekts auf der Basis des relativen Bewegungskoodinatenwertes gemessen wird, wird charakterisiert durch: ein Koordinatenwertmess-

mittel für einen relativen Bewegungskoodinatenwert der Berührungstriggersonde und des vorvermessenen Objektes, wenn das Kontaktmesssignal von der Berührungstriggersonde erzeugt wird; ein Geschwindigkeitsmessmittel zum Messen einer relativen Bewegungsgeschwindigkeit der Berührungstriggersonde und des vorvermessenen Objekts, wenn das Kontaktmesssignal von der Berührungstriggersonde erzeugt wird; und ein Korrekturmittel zum Korrigieren des relativen Bewegungskoodinatenwertes zum Zeitpunkt, wenn das Kontaktmesssignal erzeugt wird, mit dem Korrekturbetrag, der aus der relativen Bewegungsgeschwindigkeit zum Zeitpunkt, wenn das Kontaktmesssignal erzeugt wird, abgeleitet wird. [0033] In der obigen Struktur wird das Kontaktmesssignal von der Berührungstriggersonde erzeugt, wenn sich die Berührungstriggersonde und das vorvermessene Objekt während der relativen Bewegung berühren. Zu diesem Zeitpunkt werden der relative Bewegungskoodinatenwert der Berührungstriggersonde und des vorvermessenen Objektes und die relative Bewegungsgeschwindigkeit der Berührungstriggersonde und des vorvermessenen Objektes gemessen. Und dann wird der relative Bewegungskoodinatenwert mit dem Korrekturbetrag korrigiert, der aus der relativen Bewegungsgeschwindigkeit abgeleitet wird.

[0034] Ein Messfehler, der durch die relative Bewegungsgeschwindigkeit der Berührungstriggersonde und des vorvermessenen Objektes verursacht wird, wird automatisch korrigiert, deshalb wird eine Messung mit hoher Genauigkeit und Effizienz erreicht, selbst bei einer komplizierten Messung, die eine Änderung der Messgeschwindigkeit in Reaktion auf die Messsubstanz erfordert.

[0035] Um den relativen Bewegungskoodinatenwert der Berührungstriggersonde und des vorvermessenen Objektes zu messen, kann z. B. ein Koordinatenwertmessmittel, das einen Abstandsdetektor aufweist, der den relativen Bewegungskoodinatenwert der Berührungstriggersonde und des vorvermessenen Objektes misst, und einen Koordinatenspeicherabschnitt verwendet werden, der den relativen Bewegungskoodinatenwert zum Zeitpunkt, wenn das Kontaktmesssignal von der Berührungstriggersonde erzeugt wird, für die relativen Bewegungskoodinatenwerte, die von dem Abstandsdetektor gemessen werden, speichert.

[0036] Übrigens kann ein Abstandsdetektor vom Magnettyp, Kapazitätstyp, fotoelektrischen Typ oder Ähnliches als Abstandsdetektor verwendet werden. Ein Zähler oder Ähnliches kann als der Koordinatenspeicherabschnitt verwendet werden.

[0037] Um die relative Bewegungsgeschwindigkeit der Berührungstriggersonde und des vorvermessenen Objekts zu messen, wenn das Kontaktmesssignal erzeugt wird, kann ein Geschwindigkeitsdetektor, wie z. B. ein Tachogenerator (oder ein Tachometer: d. h., eine Vorrichtung, die ein bestimmtes Signal gemäß der Umdrehung eines sich drehenden Schaffs

erzeugt) verwendet werden. Alternativ dazu wird der relative Bewegungskoodinatenwert der Berührungstriggersonde und des vorvermessenen Objektes in festen Intervallen gemessen, und dann kann die relative Bewegungsgeschwindigkeit zum Zeitpunkt, wenn das Kontaktmesssignal erzeugt wird, aus mehr als zwei gemessenen relativen Bewegungskoodinaten und den festen Intervallen abgeschätzt werden.

[0038] Wenn z. B. bei mehr als zwei relativen Bewegungskoodinatenwerten die relativen Bewegungskoodinatenwerte, die zum Zeitpunkt bei der die relativen Bewegungskoodinatenwerte der Berührungstriggersonde und des vorvermessenen Objektes bei einem festen Intervall T2 gemessen werden, als P_n und P_{n-1} definiert werden, findet man die mittlere Geschwindigkeit V_n von:

$$V_n = (P - P_{n-1})/T2$$

und dann kann die mittlere Geschwindigkeit V_n als eine relative Bewegungsgeschwindigkeit V_1 zur Zeit, wenn das Kontaktmesssignal erzeugt wird, abgeschätzt werden.

[0039] Genauer gesagt ist es ratsam, dass die Struktur aufweist: einen Abstandsdetektor, der den relativen Bewegungskoodinatenwert der Sonde und des vorvermessenen Objektes misst; einen Festintervallsignalerzeugungsbereich; einen ersten Koordinatenspeicherbereich, um nacheinander relativen Bewegungskoodinatenwerte, die in dem Abstandsdetektor gemessen werden, bei festen Signalintervallen, die von dem festintervallsignalerzeugenden Bereich ausgegeben werden, zu speichern und um den relativen Bewegungskoodinatenwert zu erhalten; einen zweiten Koordinatenspeicherbereich um einen relativen Bewegungskoodinatenwert zu speichern, der dem relativen Bewegungskoodinatenwert vorausgeht, den man durch den ersten Koordinatenspeicherbereich erhält für das Festintervall; und einen Geschwindigkeitsberechnungsabschnitt, um die relative Bewegungsgeschwindigkeit zu dem Zeitpunkt zu finden, an dem das Kontaktmesssignal aus dem Festintervall und den relativen Bewegungskoodinatenwerten, die in den ersten und zweiten Koordinatenspeichern gespeichert sind, erzeugt wird.

[0040] An diesem Punkt wird der Geschwindigkeitsdetektor, wie z. B. der Tachogenerator, nicht benötigt, wodurch die Vereinfachung und geringe Kosten erreicht werden.

[0041] Bezüglich eines Verfahrens zum Auffinden des Korrekturbetrags, der aus der relativen Bewegungsgeschwindigkeit zum Zeitpunkt, wenn das Kontaktmesssignal erzeugt wird, abgeleitet wird, wird eine natürlich abgelaufene Zeit der Berührungstriggersonde von dem Kontakt zwischen Berührungstriggersonde und dem vorvermessenen Objekt bis zu dem Erzeugen des Kontaktmesssignals im Voraus gespeichert; und der Korrekturbetrag kann aus der relativen Bewegungsgeschwindigkeit zum Zeitpunkt,

wenn das Kontaktmesssignal erzeugt wird und der verlaufenen Zeit, berechnet werden.

[0042] Zum Beispiel, wenn die natürlich verlaufene Zeit der Berührungstriggersonde T1 ist, findet man den Korrekturbetrag ΔP als:

$$\Delta P = K1 \cdot V1 \cdot T1 \text{ (K1 ist die Konstante, das Zeichen "." bedeutet Multiplikation)}$$

[0043] Dann wird der relative Bewegungskoodinatenwert P1 zu dem Zeitpunkt, an dem das Kontaktmesssignal erzeugt wird, mit dem Korrekturbetrag ΔP korrigiert, um den relativen Bewegungskoodinatenwert P0 zum Kontaktzeitpunkt zu bestimmen. Das heißt, den relativen Bewegungskoodinatenwert P0 zum Kontaktzeitpunkt findet man mit:

$$P0 = P1 - \Delta P$$

[0044] Ohne Rücksicht auf die natürlich verlaufene Zeit der Berührungstriggersonde und der relativen Bewegungsgeschwindigkeit zu der Zeit, an dem das Kontaktmesssignal erzeugt wird, erhält man die genaue Messung.

[0045] Als ein anderes Verfahren zum Auffinden des Korrekturbetrages, der aus der relativen Bewegungsgeschwindigkeit zum Zeitpunkt, wenn das Kontaktmesssignal erzeugt wird, abgeleitet wird, wird die Beziehung zwischen der relativen Bewegungsgeschwindigkeit der Berührungstriggersonde und dem vorvermessenen Objekt und dem Korrekturbetrag, der aus der relativen Bewegungsgeschwindigkeit abgeleitet wird, in einer Korrekturtabelle im Voraus gespeichert; und dann wird der Korrekturbetrag, der der relativen Bewegungsgeschwindigkeit zu dem Zeitpunkt, wenn das Kontaktmesssignal erzeugt wird, entspricht, aus der Korrekturtabelle gefunden.

[0046] Ohne Rücksicht auf die relative Bewegungsgeschwindigkeit zu der Zeit, an dem das Kontaktmesssignal erzeugt wird, wird ebenso die genaue Messung erreicht.

[0047] An diesem Punkt, wenn sich die relative Bewegungsgeschwindigkeit zu dem Zeitpunkt, wenn das Kontaktmesssignal erzeugt wird, zwischen den relativen Bewegungsgeschwindigkeiten, die in der Korrekturtabelle gespeichert sind, befindet, kann der Korrekturbetrag, der der relativen Bewegungsgeschwindigkeit zur Zeit, wenn das Kontaktmesssignal erzeugt wird, entspricht, mit den Korrekturbeträgen berechnet werden, die den gespeicherten relativen Bewegungskoodinaten entsprechen, die vor und nach der relativen Bewegungsgeschwindigkeit für den Zeitpunkt, wenn das Kontaktmesssignal erzeugt wird, liegen, und mit den gespeicherten relativen Bewegungsgeschwindigkeiten, die vor und nach der relativen Bewegungsgeschwindigkeit zum Zeitpunkt, wenn das Kontaktmesssignal erzeugt wird, angeordnet sind. Der Korrekturbetrag kann z. B. durch lineare Interpolation berechnet werden.

[0048] Der Korrekturbetrag, der aus der relativen

Bewegungsgeschwindigkeit zur Zeit, wenn das Kontaktmesssignal erzeugt wird, abgeleitet wird, wird weiterhin genau gefunden.

[0049] Als noch ein anderes Verfahren zum Finden des Korrekturbetrags, der aus der relativen Bewegungsgeschwindigkeit zur Zeit, wenn das Kontaktmesssignal erzeugt wird, abgeleitet wird, wird die Beziehung zwischen der relativen Bewegungsgeschwindigkeit der Berührungstriggersonde und dem vermessenen Objekt und dem Korrekturbetrag der aus der relativen Bewegungsgeschwindigkeit abgeleitet wird; mit einer Funktion im Voraus angenähert; und dann kann der Korrekturbetrag gefunden werden, indem die relative Bewegungsgeschwindigkeit zur Zeit, wenn das Kontaktmesssignal erzeugt wird, in die obige Funktion eingesetzt wird.

[0050] In der obigen Struktur wird die oben erwähnte Korrekturtabelle nicht benötigt, so dass die Struktur vereinfacht wird bei niedrigen Kosten.

[0051] In der Beschreibung ist es insofern ratsam, dass der relative Bewegungskoodinatenwert zur Zeit, wenn das Kontaktmesssignal erzeugt wird, entweder ein zweidimensionaler Koordinatenwert oder ein dreidimensionaler Koordinatenwert ist; dass die relative Bewegungsgeschwindigkeit zur Zeit, wenn das Kontaktmesssignal erzeugt wird, eine größere Zahl von Vektorkomponenten aufweist als die Zahl der Dimensionen des zweidimensionalen Koordinatenwertes oder des dreidimensionalen Koordinatenwertes; und der relative Bewegungskoodinatenwert zum Zeitpunkt, wenn das Kontaktmesssignal erzeugt wird, mit der verstrichenen Zeit und jedem Komponentenwert der relativen Bewegungsgeschwindigkeiten zu der Zeit, wenn das Kontaktmesssignal erzeugt wird, korrigiert wird.

[0052] Alternativ ist es wünschenswert, dass der relative Bewegungskoodinatenwert zur Zeit, wenn das Kontaktmesssignal erzeugt wird, ein Koordinatenwert in zwei Dimension oder drei Dimensionen ist; dass der Korrekturbetrag in zwei Dimensionen oder drei Dimensionen in der Korrekturtabelle gespeichert ist, um ihn der relativen Bewegungsgeschwindigkeit zur Zeit, wenn das Kontaktmesssignal erzeugt wird, zuzuordnen; und dass der Korrekturbetrag in zwei Dimensionen oder drei Dimensionen entsprechend der relativen Bewegungsgeschwindigkeit zur Zeit, wenn das Kontaktmesssignal erzeugt wird, aus der Korrekturtabelle ausgewählt wird.

[0053] Diese Struktur kann auf jede Berührungstriggersonde angewendet werden, bei der der Messfehler von der Messrichtung abhängt.

[0054] Im Allgemeinen unterscheidet sich die Beziehung zwischen dem Messfehler und der relativen Bewegungsgeschwindigkeit zur Zeit, wenn das Kontaktmesssignal erzeugt wird, in jeder Berührungstriggersonde.

[0055] Als ein Weg, um die obige Beschreibung zu lösen, wird die natürlich vergangene Zeit jeder Berührungstriggersonde entsprechend des Typs der Berührungstriggersonde im Voraus gespeichert; und

dann kann der Korrekturbetrag mit der natürlich verstrichenen Zeit der Berührungstriggersonde jedes Mal wenn die Berührungstriggersonde gewechselt wird; berechnet werden.

[0056] Alternativ wird die Beziehung zwischen der relativen Bewegungsgeschwindigkeit der Berührungstriggersonde und des vorvermessenen Objektes und dem Korrekturbetrag, der aus der relativen Bewegungsgeschwindigkeit abgeleitet wird, in der Korrekturtabelle im Voraus gespeichert entsprechend des verwendeten Typs der Triggersonde; und dann kann der Korrekturbetrag mit der Beziehung zwischen dem Korrekturbetrag und der relativen Bewegungsgeschwindigkeit entsprechend des Typs der Berührungstriggersonde jedes Mal berechnet werden, wenn die Berührungstriggersonde ausgewechselt wird.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0057] **Fig. 1** ist ein Blockdiagramm, das eine erste Ausführungsform gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0058] **Fig. 2** ist ein Blockdiagramm, das ein Koordinatenbestimmungsmittel in der ersten Ausführungsform zeigt;

[0059] **Fig. 3** ist ein Blockdiagramm, das ein anderes Beispiel eines Geschwindigkeitsmessmittels in der ersten Ausführungsform zeigt;

[0060] **Fig. 4** ist eine Kurve zur Erklärung der Wirkung des Geschwindigkeitsmessmittels;

[0061] **Fig. 5** ist eine perspektivische Ansicht, die eine Koordinatenmessvorrichtung von manuellem Messtyp gemäß einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0062] **Fig. 6** ist ein Blockdiagramm der zweiten Ausführungsform;

[0063] **Fig. 7** ist eine Tabelle zur Veranschaulichung einer Korrekturtabelle in der zweiten Ausführungsform;

[0064] **Fig. 8** ist eine Kurve, die eine Beziehung zwischen einer Kontaktgeschwindigkeit und dem Abweichungsbetrag in der zweiten Ausführungsform zeigt;

[0065] **Fig. 9** ist ein Flussdiagramm, das einen Korrekturprozess bei der Messung in der zweiten Ausführungsform zeigt;

[0066] **Fig. 10** ist eine perspektivische Ansicht, die eine CNC-Koordinatenmessvorrichtung gemäß einer dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0067] **Fig. 11** ist ein Blockdiagramm der dritten Ausführungsform;

[0068] **Fig. 12** ist eine erklärende Ansicht für einen Entstehungsprozess der Korrekturtabelle;

[0069] **Fig. 13** ist eine perspektivische Schnittansicht, die eine Berührungstriggersonde mit einem Sechspunktkontakttyplagersystem zeigt;

[0070] **Fig. 14** ist eine perspektivische Schnittansicht, die eine Berührungstriggersonde vom Vibrationstyp zeigt;

[0071] **Fig. 15** ist ein Diagramm, das einen Messantriebs Schaltkreis der vorhergehenden Berührungstriggersonde zeigt; und

[0072] **Fig. 16** ist ein Graph zur Erklärung einer natürlich verstrichenen Zeit der vorher genannten Berührungstriggersonde.

AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORM(EN)

[0073] Die bevorzugten Ausführungsformen gemäß der vorliegenden Erfindung werden unten mit Bezug auf die begleitenden Zeichnungen beschrieben.

Erste Ausführungsform

[0074] **Fig. 1** ist ein vollständiges Blockdiagramm einer Koordinatenmessvorrichtung gemäß der ersten Ausführungsform. Die Koordinatenmessvorrichtung enthält: eine Berührungstriggersonde **70**, die ausgelegt ist um sich in dreidimensionalen Richtungen (der X-Achsen-, Y-Achsen- und Z-Achsenrichtungen) durch ein dreidimensionales Bewegungssystem (nicht gezeigt) zu bewegen, um ein Positionsmesssignal aus einer Positionsbeziehung mit einem Objekt **W** zu erzeugen, in diesem Fall ein Kontaktmesssignal durch Kontaktieren des vorvermessenen Objektes **W**; X-Achsen-, Y-Achsen- und Z-Achsenkoordinatenbestimmungsmittel **80X**, **80Y** und **80Z**, um die Koordinaten der Berührungstriggersonde in jeder Achsenrichtung zu bestimmen; ein Prozessrechnermittel **60**, um Größe oder Konfiguration des Objektes **W** auf der Basis der Koordinatenwerte $P0x$, $P0y$ und $P0z$ zu finden, die entsprechend in dem Koordinatenbestimmungsmittel **80X**, **80Y** und **80Z** bestimmt wurden.

[0075] Die vorher erwähnte Berührungstriggersonde **70** hat die selbe Struktur wie die Berührungstriggersonde, die in den **Fig. 14** und **15** gezeigt wird, so dass deren Beschreibung weggelassen wird. Beachte, dass die Zeit, zu der der Kontaktbereich **14A** des Vibrators **14** das Objekt **W** kontaktiert, bis zu der, wenn das Kontaktmesssignal erzeugt wird, nämlich eine verlaufene Zeit, ein natürlicher Wert einer Berührungstriggersonde ist und näherungsweise eine Konstante $T1$ ist.

[0076] Wie in **Fig. 2** gezeigt enthält jedes der Koordinatenbestimmungsmittel **80X**, **80Y** und **80Z**: ein Koordinatenmessmittel **30**, um einen Koordinatenwert $P1$ der Berührungstriggersonde **70** in einer X-Richtung zu detektieren, wenn das Kontaktmesssignal von der Berührungstriggersonde **70** erzeugt wird; ein Geschwindigkeitsmessmittel **40**, um eine Geschwindigkeit $V1$ der Berührungstriggersonde **70** in einer Achsenrichtung zu messen, wenn das Kontaktmesssignal von der Berührungstriggersonde **70** erzeugt wird; und ein Korrekturmittel **50**, um einen Koordinatenwert $P0$ beim Kontakt zwischen der Berührungstriggersonde **70** und dem Objekt **W** aus dem Koordinatenwert $P1$, der Geschwindigkeit $V1$ und der vorher erwähnten verlaufenen Zeit $T1$ zu finden.

[0077] Das Koordinatenmessmittel **30** seinerseits enthält: einen Abstandsdetektor **31**, der eine Bewegungsposition (einen Koordinatenwert P) der Berührungstriggersonde **70** in einer Achsenrichtung misst; und einen Koordinatenspeicherabschnitt **32**, der den Koordinatenwert $P1$ zum Zeitpunkt, wenn das Kontaktmesssignal von der Berührungstriggersonde **70** aus dem Koordinatenwert P , der von dem Abstandsdetektor **31** gemessen wird, erzeugt wird, holt und speichert.

[0078] Das Geschwindigkeitsmessmittel **40** enthält: einen Geschwindigkeitsdetektor **41**, wie z. B. einen Tachogenerator, der eine Bewegungsgeschwindigkeit des dreidimensionalen Bewegungssystems in einer Achsenrichtung misst; und einen Geschwindigkeitsspeicherabschnitt **42**, der die gemessene Geschwindigkeit $V1$ zum Zeitpunkt, wenn das Kontaktmesssignal von der Berührungstriggersonde **70** aus den gemessenen Geschwindigkeiten V , die in dem Geschwindigkeitsdetektor **41** gemessen werden, erzeugt wird, holt und speichert.

[0079] Das Korrekturmittel **50** enthält: einen Bereich **51** zum Speichern der verstrichenen Zeit, der im Voraus die natürliche Verzögerungszeit $T1$ der Berührungstriggersonde **70** speichert; einen Korrekturbetragberechnungsabschnitt **52**, der einen Korrekturbetrag ΔP aus der verstrichenen Zeit $T1$, der in dem Speicherbereich **51** für die verstrichene Zeit gespeichert ist, und aus der gemessenen Geschwindigkeit $V1$, die durch das Geschwindigkeitsmessmittel gemessen wird, berechnet; und einen Koordinatenwertkorrekturabschnitt **50**, der den Koordinatenwert $P1$ korrigiert, der durch das Koordinatenmessmittel **30** gemessen wird, mit dem Korrekturbetrag ΔP , der in dem Korrekturbetragberechnungsabschnitt **52** berechnet wird, um den Koordinatenwert $P0$ beim Kontakt zwischen der Berührungstriggersonde **70** und dem Objekt **W** zu finden.

[0080] In der vorher genannten Struktur berührt die Berührungstriggersonde **70** das Objekt **W**, während es sich in dreidimensionale Richtungen bewegt. In Reaktion auf das Kontaktmesssignal, das von der Berührungstriggersonde **70** erzeugt wird, wenn sie das Objekt berührt, wird jeder Koordinatenwert $P1$ (von $P1x$, $P1y$ und $P1z$) der Berührungstriggersonde **70** in jeder Achsenrichtung in dem Koordinatenwertmessmittel **30** gemessen und gespeichert, und zusätzlich wird jede Geschwindigkeit $V1$ (von $V1x$, $V1y$ und $V1z$) der Berührungstriggersonde **70** in jeder Achsenrichtung in dem Geschwindigkeitsmessmittel **40** gemessen und gespeichert.

[0081] In dem Korrekturmittel **50**, findet der Korrekturbetragberechnungsabschnitt **52** den Korrekturbetrag ΔP als eine Funktion der Geschwindigkeit $V1$ und der verstrichenen Zeit $T1$:

$$\Delta P = f(V1, T1)$$

[0082] Zum Beispiel wurde gefunden:

$\Delta P = K1 \cdot V1 \cdot T1$ ($K1$ ist die Konstante)

[0083] Als nächstes wird der Koordinatenwert $P0$ beim Kontakt in dem Koordinatenwertkorrekturabschnitt **53**, Datenwert $P1$ und dem Korrekturbetrag ΔP Berechnung gefunden: ????

$$P0 = P1 - \Delta P$$

[0084] An diesem Punkt weisen die Werte (P , $P1$, $P0$, ΔP , V , $V1$ und $K1$) die von jedem Mittel und bei der Berechnung benützt werden, eine Dimension entsprechend einer Dimension des Koordinatenmessinstruments auf. Zum Beispiel kann der Ausdruck in drei Dimensionen wie folgt geschrieben werden.

Ausdruck 1

$$\begin{bmatrix} P0x \\ P0y \\ P0z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} P1x \\ P1y \\ P1z \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} K1x & 0 & 0 \\ 0 & K1y & 0 \\ 0 & 0 & K1z \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} V1x \\ V1y \\ V1z \end{bmatrix} \cdot T1$$

[0085] Entsprechend der ersten Ausführungsform werden der Koordinatenwert $P1$ und die Geschwindigkeit $V1$ der Berührungstriggersonde **70** detektiert, wenn die Berührungstriggersonde **70** das Objekt W berührt und das Kontaktmesssignal erzeugt, und man erhält dann den Koordinatenwert $P0$ beim Kontakt zwischen der Berührungstriggersonde **70** und dem Objekt W aus dem Koordinatenwert $P1$, der Geschwindigkeit $V1$ und der verlaufenden Zeit $T1$, so dass der Fehler, der durch die verlaufene Zeit $T1$ und die Geschwindigkeit $V1$ der Berührungstriggersonde **70** verursacht wird, korrigiert werden kann.

[0086] Genauer gesagt, nachdem der Korrekturbetrag $\Delta P = K1 \cdot V1 \cdot T1$ aus der Geschwindigkeit $V1$ und der verlaufenden Zeit $T1$ gefunden wurde, erhält man den Koordinatenwert $P0$ im Augenblick des Kontaktes aus dem Koordinatenwert $P1$ und dem Korrekturbetrag ΔP durch Berechnung:

$$P0 = P1 - \Delta P$$

so dass der Fehler, der durch die verlaufene Zeit seit der Kontaktmessung und der Kontaktgeschwindigkeit der Berührungstriggersonde **70** verursacht wird, korrigiert werden kann, selbst bei einer schwierigen Messung, die eine Änderung der Messgeschwindigkeit in Reaktion auf die Substanz der Messung erfordert.

[0087] Die relative Bewegungsgeschwindigkeit $V1$ zur Zeit, wenn das Kontaktmesssignal erzeugt wird, weist eine Vektorkomponente mit derselben Dimension auf (drei Dimensionen) wie die des Koordinatenwertes $P1$ und $P0$. Zusätzlich erhält man jeden Komponentenwert des relativen Bewegungskordinatenwertes $P0$ zum Zeitpunkt des Kontaktes indem die

verlaufene Zeit $T1$ und jeder Komponentenwert des relativen Bewegungskordinatenwertes $P1$ und der relativen Bewegungsgeschwindigkeit $V1$ zur Zeit, wenn das Kontaktmesssignal erzeugt wird, verwendet wird. Das heißt, die Korrektur wird ausgeführt mit den dreidimensionalen Vektorgrößen hinsichtlich eines dreidimensionalen Raumes. Deshalb kann die obige Struktur auf die Berührungstriggersonde mit der verlaufenden Zeit angewendet werden, da sich die Kontaktmessung von den Messrichtungen unterscheidet.

[0088] In dieser Ausführungsform wird wie das Geschwindigkeitsmessmittel **40** zur Messung der Geschwindigkeit $V1$ der Berührungstriggersonde **70**, wenn das Kontaktmesssignal von der Berührungstriggersonde **70** ausgegeben wird, der Geschwindigkeitsdetektor **41** und der Geschwindigkeitsspeicherabschnitt **42** bereit bestellt. Es kann jedoch eine Struktur wie in **Fig. 3** gezeigt, entworfen werden.

[0089] Das bedeutet, dass die Struktur enthält: den Abstandsdetektor **31**; eine Festintervallsignalerzeugungsabschnitt **43**; einen ersten Koordinatenspeicherabschnitt **44**, der nacheinander fortschreitend Koordinatenwerte P abspeichert, die durch den Abstandsdetektor **31** bei festen Intervallen $T2$ der Signale gemessen werden, die von dem Festintervallsignalerzeugungsabschnitt **43** ausgegeben werden, um einen Koordinatenwert P_n zu erhalten; einen zweiten Koordinatenspeicherabschnitt **45**, der einen Koordinatenwert P_{n-1} , unmittelbar vor dem Koordinatenwert P_n für das Festintervall $T2$ speichert; und einen Geschwindigkeitsberechnungsabschnitt **46**, der die Geschwindigkeit $V1$ aus dem Kontaktmesssignal von dem Festintervall $T2$ und den Koordinatenwerten P_n und P_{n-1} , die in den ersten und zweiten Koordinatenspeicherabschnitten **44** und **45** gespeichert sind, findet.

[0090] Wie in **Fig. 4** gezeigt, findet der Geschwindigkeitsberechnungsabschnitt **46** eine mittlere Geschwindigkeit V_n zu einer Zeit T_n , gerade nachdem das Kontaktmesssignal von der Berührungstriggersonde **70** erzeugt wird, durch Erzeugen des Kontaktmesssignals aus dem Koordinatenwert P_n zur Zeit T_n , dem Koordinatenwert P_{n-1} zur Zeit T_{n-1} kurz bevor das Kontaktmesssignal erzeugt wird (eine Zeit, die für das Intervall $T2$ vor T_n liegt), und den Festintervallen $T2$. Das heißt,

$$V_n = (P_n - P_{n-1})/T2$$

wird gefunden. Die mittlere Geschwindigkeit V_n wird als ein geschätzter Wert der Geschwindigkeit $V1$ zur Zeit, wenn das Kontaktmesssignal erzeugt wird, ausgegeben.

[0091] An diesem Punkt weisen die Werte (P_n , P_{n-1} , V_n und $V1$), die in jedem Mittel und jeder Berechnung verwendet werden, eine Dimension auf, die einer Dimension des Koordinatenmessinstruments entspricht. Zum Beispiel kann in drei Dimensionen der folgende Ausdruck abgeleitet werden.

Ausdruck 2

$$\begin{bmatrix} V1x \\ V1y \\ V1z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V_n x \\ V_n y \\ V_n z \end{bmatrix} = \left(\begin{bmatrix} P_n x \\ P_n y \\ P_n z \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} P_{n-1} x \\ P_{n-1} y \\ P_{n-1} z \end{bmatrix} \right) \cdot \frac{1}{T2}$$

[0092] Zusätzlich erhält man für die mittlere Geschwindigkeit V_n für jedes Zeitintervall $T2$ eine Geschwindigkeit FV_n durch einen digitalen Filter,

Ausdruck 3

$$V1 = FV_n = \sum_{m=0}^{a1} K_m \cdot V_{n-m} + \sum_{m=1}^{a1} FK_m \cdot FV_{n-m}$$

[0093] ($a1$ ist eine Ordnung des digitalen Filters) als ein Schätzwert der Geschwindigkeit $V1$ zur Zeit, wenn das Kontaktmesssignal erzeugt wird.

[0094] In der oben erwähnten Ausführungsform wird die natürlich verlaufene Zeit jeder Berührungstriggersonde in der Vielfachheit gemäß des Typs der Berührungstriggersonde in dem verlaufenen Speicherzeitabschnitt **51** gespeichert. Und dann, jedes Mal wenn die Berührungstriggersonde **70** ausgetauscht wird, kann der Korrekturbetragberechnungsabschnitt **52** die natürlich verlaufene Zeit der Berührungstriggersonde nach dem Austausch von dem Speicherabschnitt **51** für die verlaufene Zeit gelesen werden, um den Korrekturbetrag zu berechnen.

[0095] Gemäß des obigen Entwurfs kann die Korrektur unter Berücksichtigung der verlaufenen Zeit, die mit einem Typ der Berührungstriggersonde variiert, ausgeführt werden, wodurch eine Messung mit hoher Genauigkeit erreicht wird.

[0096] In der vorher genannten Ausführungsform wird die Vibrationstypberührungstriggersonde verwendet, es kann jedoch ein anderer Typ von Berührungstriggersonde verwendet werden: z. B. ein nicht-vibrierender Messpunkt berührt das Objekt, und dann wird der Kontakt mit dem Objekt durch elektrisches Detektieren des Auftreffens des Messpunktes beim Kontakt detektiert.

[0097] Und zusätzlich bewegt sich in der vorher genannten Ausführungsform nur die Berührungstriggersonde **70** in drei dimensional Richtungen, das Objekt kann jedoch auch bewegt werden, und alternativ kann die Berührungstriggersonde **70** und das Objekt zusammen bewegt werden.

Zweite Ausführungsform

[0098] **Fig. 5** ist eine perspektivische Ansicht, die eine Struktur einer manuellen Koordinatenmessvorrichtung zeigt, die die zweite Ausführungsform betrifft.

[0099] Die Koordinatenmessvorrichtung enthält einen Koordinatenmessvorrichtungskörper **101** und ein

Wirtsystem **102** um die erforderlichen Messwerte von dem Koordinatenmessvorrichtungskörper **101** zu holen und die Messwerte zu verarbeiten.

[0100] Der Koordinatenmessvorrichtungskörper **101** ist wie folgt strukturiert. Auf einer Antivibrationsplattform **110** ist eine Oberflächenplatte **111** montiert, so dass die obere Oberfläche davon als eine Basisoberfläche zum Messen horizontal platziert ist. Eine X-Achsenführung **113** ist an den oberen Enden von Armträgern **112a** und **112b** gelagert, die entsprechend aufrecht an den Seitenenden der Oberflächenplatte **111** stehen. Der Armträger **112a** ist angeordnet um das untere Ende davon entlang einer Y-Achsenführung **114** in Y-Achsenrichtung zu bewegen. Der Armträger **112b** ist so gelagert, dass das untere Ende davon in der Y-Achsenrichtung auf der Oberflächenplatte **111** durch Luftlager bewegt wird.

[0101] Die X-Achsenführung **113** führt eine Z-Achsenführung **115**, die sich in vertikaler Richtung erstreckt, in der X-Achsenrichtung. In der Z-Achsenführung **115** ist ein Z-Achsenarm **116** bereit gestellt, um sich entlang der Z-Achsenführung **115** zu bewegen. Eine Berührungstriggersonde **117** vom Kontakttyp ist an dem unteren Ende des Z-Achsenarmes **116** angeordnet. Die Berührungstriggersonde **117** hat dieselbe Struktur wie die der vorher genannten Berührungstriggersonde, die in **Fig. 13** gezeigt ist. Wenn die Berührungstriggersonde das Objekt **W**, das auf der Oberflächenplatte **112** liegt, berührt, wird das Kontaktmesssignal von der Berührungstriggersonde **117** an das Wirtsystem **102** ausgegeben und dann werden die ausgegebenen X-Achsen-, Y-Achsen- und Z-Achsenkoordinatenwerte im Wirtsystem **102** eingefangen.

[0102] **Fig. 6** ist ein Blockdiagramm der obigen Koordinatenmessvorrichtung.

[0103] Der Koordinatenmessvorrichtungskörper **101** weist einen XYZ-Achscodierer **118** auf, der Pulse ausgibt, die eine Bewegung für jede Achsenrichtung mit der Bewegung der Berührungstriggersonde **117** in der X-, Y- und Z-Achsenrichtung anzeigt.

[0104] Das Wirtsystem **102** enthält einen Zähler **120**, einen Wirtcomputer **121**, einen Bildschirm **122**, einen Drucker **123** und eine Tastatur **124**. Der Zähler **120** berechnet ein Pulssignal für jede Achse, das von dem XYZ-Achscodierer **118** entsprechend einer Achse ausgegeben wird, und registriert den berechneten Wert jeder Achse in Reaktion auf die Kontaktmesssignalausgabe von der Berührungstriggersonde **117**, wenn die Berührungstriggersonde **117** das Objekt **W** kontaktiert.

[0105] Der Wirtrechner **121** gibt den berechneten Wert, der in dem Zähler **120** registriert ist, ein und wandelt ihn in einen gegenwärtigen Koordinatenwert der Berührungstriggersonde **117** um. Der Wirtcomputer **121** detektiert eine Bewegungsrichtung und eine Bewegungsgeschwindigkeit der Berührungstriggersonde **117** aus dem berechneten Wert in dem Zähler **120**, der in regelmäßigen Intervallen erfasst wird, und

misst zusätzlich die Kontaktmesssignalausgabe von der Berührungstriggersonde **117**, um die Kontaktgeschwindigkeit zu messen zum Zeitpunkt des Kontaktes zwischen der Berührungstriggersonde **117** und dem Objekt **W**. Der Wirtcomputer **121** enthält eine Korrekturtabelle **125**. Die Korrekturtabelle **125** ist mit einem elektrisch löschbaren EEPROM oder Ähnlichem ausgestattet, und speichert, wie in **Fig. 7** gezeigt, die Beziehung zwischen dem Messfehler und der Kontaktgeschwindigkeit der Berührungstriggersonde **117** mit dem Objekt **W**, nämlich die Beziehung zwischen dem Korrekturbetrag und der relativen Bewegungsgeschwindigkeit der Berührungstriggersonde **117** und dem Objekt **W** zur Zeit, wenn das Kontaktmesssignal erzeugt wird, gemäß dem Typ der Berührungstriggersonde **117**. In diesen Punkten strukturiert der Wirtcomputer **121** ein Koordinatenwertmessmittel, ein Geschwindigkeitsmessmittel und ein Korrekturmittel.

[0106] Das Folgende ist eine Erläuterung des Betriebs der Koordinatenmessvorrichtung, die wie oben beschrieben, strukturiert ist.

[0107] In der Koordinatenmessvorrichtung wird die Berührungstriggersonde **117** oder der Z-Achsenarm **116** gefasst und die Berührungstriggersonde **117** wird durch Handbetrieb bewegt, so dass deren Endkugel jeden Teil des Objektes **W** berührt, wodurch jeder Teil des Objektes **W** gemessen wird. Die Kontaktgeschwindigkeit kann zu dem Messfehler beitragen, so dass die Korrekturtabelle **125** im Voraus durch folgende Vorgänge bestimmt wird.

[0108] Das Objekt **W** wird auf der Oberflächenplatte **111** gesichert. Die Berührungstriggersonde **117** wird manuell bewegt, um mit einer bestimmten Seite des Objektes in Kontakt zu kommen. In diesem Zustand ist die Berührungstriggersonde **117** in einem freien Zustand der nicht deformiert ist. In diesem freien Zustand ist jede Achse fixiert um die X-Achsen, Y-Achsen und Z-Achsenkoordinaten präzise durch ein wohlbekanntes Skalenkorrekturmittel unter Verwendung eines Laserinterferometers oder einer Korrektursonde zu bestimmen. Wenn die Abweichung zwischen den X-, Y- und Z-Werten, die in dem Wirtsystem **102** angezeigt sind und den Werten, die mit Präzision gemessen sind, auftritt, werden die angezeigten Werte den gemessenen Werten angepasst.

[0109] Als nächstes kontaktiert die Berührungstriggersonde **117**, die an dem Z-Achsenarm **116** angebracht ist, wiederholt die angegebene Seite des Objektes **W**, während die Kontaktgeschwindigkeit unterschiedlich verändert wird. Die Beziehung zwischen der Kontaktgeschwindigkeit und dem gemessenen Wert in dem obigen Schritt wird in dem Wirtcomputer **121** gespeichert. Der Wirtcomputer **121** findet eine Kurve, die die Beziehung zwischen der Kontaktgeschwindigkeit und dem Abweichungsbetrag (Fehler = gemessener Wert – genau gemessener Wert), die in **Fig. 8** gezeigt ist, zeigt, aus der Beziehung zwischen der erhaltenen Kontaktgeschwindigkeit und dem gemessenen Wert durch zumindest ein quadratisches

oder ähnliches Verfahren. Wenn die Linie in jeder Achsenrichtung hinsichtlich des Typs der Berührungstriggersonde gefunden ist, kann die Korrekturtabelle **125**, die die Beziehung zwischen der Kontaktgeschwindigkeit und dem Betrag der Abweichung, wie in **Fig. 7** gezeigt, zeigt, aus der obigen Kurve erzeugt werden. Beachte, dass, wo die Beziehung zwischen der Kontaktgeschwindigkeit und dem Abweichungsbetrag keine Abhängigkeit von der Kontakttrichtung vom Standpunkt der Struktur der Berührungstriggersonde **117** aufweist, der Abweichungsbetrag nicht in jeder Achse bestimmt werden muss.

[0110] **Fig. 9** ist ein Flussdiagramm, das die Prozesse des Wirtcomputers **121** in einer tatsächlichen Messung zeigt.

[0111] Das Kontaktmesssignal wird von der Berührungstriggersonde **117** eingegeben, woraufhin die gemessenen Werte (X-Achsen-, Y-Achsen- und Z-Achsenkoordinatenwerte) zum Zeitpunkt der Eingabe des Kontaktmesssignals geholt werden (S1). Der Abweichungsbetrag hinsichtlich der Kontaktgeschwindigkeit wird aus der Korrekturtabelle **125** bestimmt (S2). Zu dieser Zeit, z. B., wenn die Kontaktgeschwindigkeit 1,3 mm/s ist und die Kontaktgeschwindigkeit, die in der Korrekturtabelle **125** registriert ist, 0,5, 1,0, 1,5, ..., mm/s ist, wird der Abweichungsbetrag aus dem Abweichungsbetrag von 1,0 mm/s und 1,5 mm/s in der Korrekturtabelle **125** durch z. B. lineare Interpolation berechnet.

[0112] Wie **Fig. 7** gezeigt, wo der Abweichungsbetrag für jede Achsenrichtung im Voraus gespeichert wird, wird die Kontaktgeschwindigkeit, nachdem die Kontakttrichtungen der Berührungstriggersonde **117** für jede Achse aufgelöst wird, in jeder Achsenrichtung berechnet, und dann wird der Abweichungsbetrag hinsichtlich jeder berechneten Kontaktgeschwindigkeit bestimmt. Wo die Bewegungsrichtung und die Beziehung zwischen der Kontaktgeschwindigkeit und dem Abweichungsbetrag keine Abhängigkeit aufweisen, wird der bestimmte Abweichungsbetrag auf die Komponente jeder Achsenrichtung (der X-, Y- und Z-Achsen) auf der Basis der Kontakttrichtung verteilt (S3). Der Wert als ein Ergebnis einer Addition (oder einer Subtraktion) des gehalten gemessenen Wertes vor der Korrektur und der Abweichungsbetrag jeder Achse wird als gemessener Wert nach der Korrektur gefunden (S4). Das heißt, der Abweichungsbetrag jeder Achse als der Korrekturbetrag jeder Achse als der Korrekturbetrag wird zu dem gemessenen Wert vor der Korrektur hinzugezählt (oder davon abgezogen). Dadurch erreicht man eine genaue Messung, die unabhängig von der Kontaktgeschwindigkeit ist.

Dritte Ausführungsform

[0113] **Fig. 10** zeigt ein Beispiel, wenn die vorliegende Erfindung bei einer CNC-Koordinatenmessvorrichtung angewendet wird.

[0114] Die Koordinatenmessvorrichtung enthält: einen Koordinatenmessvorrichtungskörper **103**, ein

Wirtssystem **104**; eine Steuerung **105** zum Steuern des Antriebs des Koordinatenmessvorrichtungskörpers **103** und um die notwendigen gemessenen Werte von dem Koordinatenmessvorrichtungskörper **103** zu holen; und ein Bedienpult **106**, um den Koordinatenmessvorrichtungskörper **103** über die Steuerung **105** zu steuern.

[0115] In der CNC-Messvorrichtung ist die grundsätzliche Struktur der Koordinatenmessvorrichtung **103** ähnlich zu der Struktur der Koordinatenmessvorrichtung **101** in **Fig. 5** außer in dem Punkt, dass der Koordinatenmessvorrichtungskörper **101** vom manuellen Typ, der in **Fig. 5** gezeigt ist, ein Antriebssystem für jede Achse aufweist, so dass dieselben Bezugszeichen verwendet werden, um Teile zu bezeichnen, die der Koordinatenmessvorrichtung **101** entsprechen, und die Beschreibung wird weggelassen oder vereinfacht.

[0116] Das untere Ende des Armträgers **112a** wird in Y-Achsenrichtung durch ein Y-Achsenantriebssystem **131** angetrieben. Die X-Achsenführung **113** treibt die Z-Achsenführung **115** an, die sich in vertikaler Richtung in der X-Achsenrichtung erstreckt. Der Z-Achsenarm **116** wird in der Z-Achsenführung **115** bereit gestellt, um entlang der Z-Achsenführung **115** angetrieben zu werden.

[0117] **Fig. 11** ist ein Blockdiagramm dieser Koordinatenmessvorrichtung.

[0118] Der Koordinatenmessvorrichtungskörper **103** weist einen XYZ-Achsenmotor **132** auf, um die Berührungstriggersonde **117** in der X-Achsen-, Y-Achsen- und Z-Achsenrichtung anzutreiben.

[0119] Das Bedienpult **106** ist mit einem Bedienhebel **161**, um die Berührungstriggersonde **117** des Koordinatenmessvorrichtungskörpers **103** in der X-Achsen-, Y-Achsen- und Z-Achsenrichtung durch Handbetrieb anzutreiben, und einem Koordinatenwerteingabeschalter **162** ausgestattet, um die X-Achsen-, Y-Achsen- und Z-Achsenkoordinaten der gegenwärtigen Position der Berührungstriggersonde **117** in die Steuerung **105** einzugeben.

[0120] Eine CPU **151** ist in der Steuerung **105** bereit gestellt, um die Antriebssteuerung der Sonde **117**, die Abholsteuerung der berechneten Werte usw. durchzuführen. Genauer gesagt, eine XYZ-Achsenantriebssteuerung **152** steuert den XYZ-Motor **132** des Koordinatenmessvorrichtungskörpers **103** auf der Grundlage der Anweisungen der CPU **151** an, und zusätzlich zählt ein XYZ-Achsenzähler **153** Pulssignale entsprechend jeder Achse, die von dem XYZ-Achsenencoder **118** ausgegeben werden, um die gegenwärtige Position zu finden und als Rückmeldung zu der CPU **151** zurück zu senden. Die CPU **151** steuert den Antrieb der Berührungstriggersonde **117** auf der Grundlage der Rückmeldeinformation. Die CPU **151** stoppt den XYZ-Achsenmotor **132** in Reaktion auf das Kontaktmesssignal von der Berührungstriggersonde **117**.

[0121] Ein Spannungswert eines Potentiometers, das jeder Achse zugeordnet ist und das auf einen

Neigungswinkel und eine Neigungsrichtung des Bedienungshebels **162** reagiert, wird von dem Bedienpult **106** ausgegeben. Eine Bewegungsrichtung und ein Geschwindigkeitsentscheidungsabschnitt **154** der Steuerung **105** entscheidet die Bewegungsrichtung und die Bewegungsgeschwindigkeit der Sonde **117** in Reaktion auf den obigen Spannungswert für jede Achse.

[0122] Die vorher genannte Korrekturtabelle **125** ist in der Steuerung **105** bereit gestellt.

[0123] In der Ausführungsform korrigiert die CPU **151** den gemessenen Wert, der in die CPU **151** geholt wurde, um die Korrekturtabelle **125** auf der Grundlage der Kontakttrichtung und der Kontaktgeschwindigkeit der Berührungstriggersonde **117** und des Objektes W zu lesen, so dass die Messung mit hoher Präzision erreicht werden kann, selbst bei einer automatischen Messung eines kleinen Loches, wo eine ausreichende Kontaktgeschwindigkeit nicht verfügbar ist, oder bei der manuellen Messung, die das Bedienpult **106** verwendet.

[0124] Die Korrekturtabelle **125** kann auch durch folgendes Verfahren erzeugt werden. **Fig. 12** zeigt die Erklärung des Erzeugungsverfahrens.

[0125] In der CNC-Koordinatenmessvorrichtung wird folgendes Verfahren verwendet.

1) Wie in **Fig. 12** gezeigt wird, nachdem eine Vorlagenkugel **171**, die einen vorher bekannten Durchmesser aufweist, an der Oberflächenplatte **111** des Koordinatenmessvorrichtungskörpers **103** angebracht wird und nachdem die Berührungstriggersonde **117**, die die Messung durchführt, angebracht wird, wird die Sondeninformation wie z. B. eine Sondennummer, in die Steuerung **105** eingegeben.

2) Die Koordinaten eines Tastzentrums der Vorlagenkugel **171** wird durch Vermessung des Vorlagenballs **171** an vielen Punkten (z. B., vier Punkten) mit der Berührungstriggersonde **117** gefunden.

3) Betrachtet man die Vorlagenkugel **171** aus der positiven Z-Achsenrichtung, wird die Vorlagenkugel **171** bei z. B. 30 Grad vom Tastzentrum geteilt. Zusätzlich, wenn man jede der Querschnitte aus einer Richtung senkrecht zum Querschnitt betrachtet, wird der Querschnitt bei 30 Grad vom Tastzentrum geteilt. Ein Schnittpunkt jeder Trennlinie und die Oberfläche der Vorlagenkugel **171** wird durch einen Wirtcomputer **141** berechnet und wird als ein Gitterpunkt Q der Vorlagenkugel **171** definiert. Übrigens ist in diesem Beispiel die Zahl der Gitterpunkte Q gleich 62, aber wenn die Zahl der Gitterpunkte Q größer ist, wird die Genauigkeit der Messung verbessert.

4) Die Berührungstriggersonde **117** wird in eine Richtung von jedem Gitterpunkt Q zu dem Testzentrum bewegt. Die Koordinaten jedes Gitterpunktes Q werden bei der normalen Kontaktgeschwindigkeit (z. B. 5 mm/s) gemessen. Das Zentrum der Vorlagenkugel **171** wird wieder aus den

erhaltenen Koordinaten jedes Gitterpunktes Q gefunden und wird als das wirkliche Zentrum definiert.

5) Die Berührungstriggersonde **117** wird in eine Richtung von jedem Gitterpunkt Q zum wirklichen Zentrum bewegt und die Koordinaten des Gitterpunktes Q werden gemessen. An diesem Punkt wird die Kontaktgeschwindigkeit geändert z. B. in Stufen von 0,1 mm/s, näherungsweise im Bereich von 0,1 mm/s bis 50 mm/s hinsichtlich des identischen Gitterpunktes Q, und die Koordinaten jedes Gitterpunktes werden mit jeder Kontaktgeschwindigkeit gefunden.

6) Der Unterschied von einem Abstand von jedem Gitterpunkt Q bei jeder gefundenen Kontaktgeschwindigkeit zum wirklichen Zentrum und ein Abstand von jedem Gitterpunkt Q bei der normalen Kontaktgeschwindigkeit zum wirklichen Zentrum wird gefunden und als der Abweichungsbetrag bei jeder Kontaktgeschwindigkeit aufgezeichnet.

7) Die vorher genannten Schritte 1) bis 6) werden für alle Berührungstriggersonden **117** wiederholt, wobei die Korrekturtabelle **125**, die die Beziehung zwischen dem Abweichungsbetrag und der Sondeninformation, der Kontaktrichtung und der Kontaktgeschwindigkeit zeigt, erzeugt werden kann.

[0126] In der manuellen Koordinatenmessvorrichtung kann die Kontaktrichtung nicht in einer Vielzahl von Richtungen definiert werden und die Berührungstriggersonde **117** kann das Objekt nicht bei einer bestimmten Geschwindigkeit berühren, so dass die Korrekturtabelle **125** wie folgt erzeugt wird.

1) Der Mittelpunkt der Vorlagenkugel **171** wird durch die Vielfachpunktmessung gefunden (es wird empfohlen, eine größere Anzahl von Punkten zur Messung zu definieren)

2) Bezüglich der XY-Koordinaten des erhaltenen Zentrums wird die Berührungstriggersonde **117** nur in der X-Achsenrichtung durch Fixierung der Y-Achsenarmträger **112a** und **112b** und des Z-Achsenarms **116** bewegt und wird bei verschiedenen Geschwindigkeiten mit der Vorlagenkugel **171** in Kontakt gebracht.

3) Ähnlich werden die Messungen hinsichtlich der Y-Achse und der Z-Achse durchgeführt.

4) Der Unterschied zwischen der Länge aus dem erhaltenen gemessenen Wert zum Zentrum und dem (bekannten) Radius der Vorlagenkugel **171** wird als der Abweichungsbetrag gefunden. Die Kontaktgeschwindigkeit kann aus der Ausgabe des XYZ-Achscodierers **118** gefunden werden, der in einer Zeitreihe eingegeben wird, so dass die Kurve, die die Beziehung zwischen der Kontaktgeschwindigkeit und dem Abweichungsbetrag zeigt, wie in **Fig. 8** gezeigt, gefunden wird aus der Beziehung zwischen der Kontaktgeschwindigkeit und dem Abweichungsbetrag, der in diesem Schritt gefunden wird. Und dann wird die Korrekturtabelle **125** auf der Basis dieser Kurve erzeugt.

[0127] Gemäß dieses Verfahrens kann die Korrekturtabelle **125** mit Präzision erzeugt werden ohne Laserinterferometer oder Ähnlichem zu verwenden.

[0128] Als ein alternativer Weg der Erzeugung der Korrekturtabelle **125**, wie es in der zweiten und dritten Ausführungsform beschrieben wird, wird die Beziehung zwischen der Kontaktgeschwindigkeit (der relativen Bewegungsgeschwindigkeit) der Berührungstriggersonde **117** und des Objekts und der Abweichungsbetrag (der Korrekturbetrag), der aus dieser Kontaktgeschwindigkeit abgeleitet wird, als eine Funktion in einem Speichermittel im Voraus abgespeichert. Und der Abweichungsbetrag (der Korrekturbetrag) wird gefunden um die Kontaktgeschwindigkeit (die relative Bewegungsgeschwindigkeit zum Zeitpunkt, wenn das Kontaktmesssignal erzeugt wird) in die Funktion durch ein Rechenmittel einzusetzen. Und dann kann der relative Bewegungskoodinatenwert zur Zeit, wenn das Kontaktmesssignal erzeugt wird, mit diesem Abweichungsbetrag korrigiert werden.

[0129] In Verbindung dazu ist ein Beispiel der Funktion der Abweichungsbetrag = $(C - \text{die Kontaktgeschwindigkeit})^2$ bei der Kontaktgeschwindigkeit $\leq C$. Der Weg, wie er oben beschrieben wird, bewirkt eine einfachere und kostengünstigere Struktur verglichen mit der, die eine Korrekturtabelle verwendet.

[0130] In der zweiten und dritten Ausführungsform wird die Struktur beschrieben, bei der nur die Berührungstriggersonde in dreidimensionalen Richtungen bewegt wird, jedoch kann auch das Objekt W bewegt werden und alternativ dazu kann beides (die Berührungstriggersonde **117** und das Objekt W) bewegt werden.

[0131] In der ersten bis dritten Ausführungsform wird die Struktur beschrieben, in der die Berührungstriggersonde und das Objekt in dreidimensionalen Richtungen bewegt werden, jedoch kann die Berührungstriggersonde und das Objekt relativ in einer eindimensionalen Richtung oder einer zweidimensionalen Richtung bewegt werden.

[0132] Der Fall, wo die Berührungstriggersonde verwendet wird, wird in den ersten bis dritten Ausführungsformen erklärt, jedoch kann auch eine nichtberührende Sonde verwendet werden. Zum Beispiel kann die Nichtberührungssonde verwendet werden, die einen optischen Abstandssensor zum Bewegung einer Objektivlinse dicht an eine zu messende Seite des Objektes und von ihr weg, aufweist, um einen Brennpunkt der Objektivlinse auf die zu messende Fläche zu fokussieren, oder es kann die Nichtberührungssonde einer Kamera oder Ähnlichem verwendet werden, wenn die Größe des Objekts gemessen wird.

[0133] In der ersten bis dritten Ausführungsform wird die Messung der Größe oder der Konfiguration des Objektes beschrieben, jedoch kann auch die Oberflächengestalt des Objektes wie Rauigkeit, Ausbauchung und Konfiguration (Umriss oder Rundung) kann aus den bestimmten Koordinatenwerten

gemessen werden.

[0134] Wie so weit beschrieben, wird der Fehler, der durch die Messgeschwindigkeit verursacht wird, gemäß des Messverfahrens und der Messvorrichtung der vorliegenden Erfindung korrigiert, selbst bei einer komplizierten Messung, die eine Änderung der Messgeschwindigkeit in Reaktion auf die zu messende Substanz erfordert, und zusätzlich wird eine hohe Genauigkeit und eine effiziente Messung erreicht.

Patentansprüche

1. Ein Messverfahren, worin ein Messfühler, der ein Positionsdetektionssignal erzeugt, wenn Abstand zwischen dem Messfühler und einem Objekt (W) einen bestimmten Wert annimmt, und ein zu vermessendes Objekt (W) relativ zueinander bewegt wird; und

worin ein relativer Bewegungskordinatenwert des Messfühlers und des Objektes (W) als Reaktion auf ein Positionsdetektionssignal, das von dem Messfühler erzeugt wird, detektiert wird; und worauf eine Größe oder eine Oberflächengestalt des Objektes (W) auf der Basis des relativen Bewegungskordinatenwertes gemessen wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass

das Messverfahren die Schritte umfasst: Detektieren des Wertes der relativen Bewegungskordinate des Messfühlers und des Objektes (W) und eine relative Bewegungsgeschwindigkeit des Messfühlers und des Objekts (W) zu dem Zeitpunkt, an dem das Positionsdetektionssignal von dem Messfühler erzeugt wird; und Korrigieren der relativen Bewegungskordinate zu dem Zeitpunkt, an dem das Positionsdetektionssignal erzeugt wird, unter Verwendung eines Korrekturbetrags, der aus der relativen Bewegungsgeschwindigkeit zu dem Zeitpunkt, an dem das Positionsdetektionssignal erzeugt wird, berechnet wird.

2. Das Messverfahren nach Anspruch 1, worin der Messfühler ein Berührungstriggerelement (70) ist, der ein Kontaktdetektionssignal erzeugt, wenn der Messfühler das Objekt (W) berührt.

3. Das Messverfahren nach Anspruch 2, worin eine natürlich abgelaufene Zeit des Berührungstriggerelementes im voraus gespeichert wird, vom Zeitpunkt des Kontaktes zwischen dem Berührungstriggerelement und dem Objekt bis zu dem Zeitpunkt, an dem das Kontaktdetektionssignal erzeugt wird; und worin der Korrekturbetrag aus der relativen Bewegungsgeschwindigkeit zu dem Zeitpunkt, an dem das Kontaktdetektionssignal erzeugt wird, und der abgelaufenen Zeit berechnet wird, um den Wert der relativen Bewegungskordinate zu dem Zeitpunkt, an dem das Kontaktdetektionssignal erzeugt wird, mit dem Korrekturbetrag zu korrigieren.

4. Das Messverfahren nach Anspruch 3, worin der Wert der relativen Bewegungskordinate zu dem Zeitpunkt, an dem das Kontaktdetektionssignal erzeugt wird, ein zweidimensionaler Koordinatenwert oder ein dreidimensionaler Koordinatenwert ist; und worin die relative Bewegungsgeschwindigkeit zu dem Zeitpunkt, an dem das Kontaktdetektionssignal erzeugt wird, eine größere Anzahl von Vektorkomponenten aufweist als die Anzahl der Dimensionen des zweidimensionalen Koordinatenwertes oder des dreidimensionalen Koordinatenwertes; und worin der Wert der relativen Bewegungskordinate zu dem Zeitpunkt, an dem das Kontaktdetektionssignal erzeugt wird, korrigiert wird unter Verwendung der abgelaufenen Zeit und jedem Komponentenwert der relativen Bewegungsgeschwindigkeiten zu dem Zeitpunkt, an dem das Kontaktdetektionssignal erzeugt wird.

5. Das Messverfahren nach einem der Ansprüche 3 und 4, worin die natürlich abgelaufene Zeit jedes Berührungstriggerelementes entsprechend dem Typ des Berührungstriggerelementes im voraus gespeichert ist; und worin jedes Mal, wenn der Berührungstriggerelement gewechselt wird, der Korrekturbetrag unter Verwendung der natürlich abgelaufenen Zeit des Berührungstriggerelementes berechnet wird.

6. Das Messverfahren nach Anspruch 2, worin das Verhältnis zwischen der relativen Bewegungsgeschwindigkeit des Berührungstriggerelementes und des Objektes und dem Korrekturbetrag, der aus der relativen Bewegungsgeschwindigkeit abgeleitet wird, in einer Korrekturtabelle im voraus gespeichert wird; und worin der Korrekturbetrag entsprechend der relativen Bewegungsgeschwindigkeit zu dem Zeitpunkt, wenn das Kontaktdetektionssignal erzeugt wird, durch Interpolation von Werten der Korrekturtabelle berechnet wird, um den Wert der relativen Bewegungskordinate zu dem Zeitpunkt, an dem das Kontaktdetektionssignal erzeugt wird, mit dem Korrekturbetrag zu korrigieren.

7. Das Messverfahren nach Anspruch 6, worin der Wert der relativen Bewegungskordinate zu dem Zeitpunkt, an dem das Kontaktdetektionssignal erzeugt wird, ein zweidimensionaler oder dreidimensionaler Koordinatenwert ist; und worin der zweidimensionale oder dreidimensionale Korrekturbetrag in der Korrekturtabelle gespeichert wird, entsprechend der relativen Bewegungsgeschwindigkeit zu dem Zeitpunkt, an dem das Kontaktdetektionssignal erzeugt wird; und worin der zweidimensionale oder dreidimensionale Korrekturbetrag entsprechend der relativen Bewegungsgeschwindigkeit zu dem Zeitpunkt, an dem das Kontaktdetektionssignal erzeugt wird, aus der Kor-

rekturtabelle ausgewählt wird.

8. Das Messverfahren nach einem der Ansprüche 6 und 7, worin der Korrekturbetrag entsprechend der relativen Bewegungsgeschwindigkeit zu dem Zeitpunkt, an dem das Kontaktdetektionssignal erzeugt wird, berechnet wird, unter Verwendung des Korrekturbetrags, der den relativen Bewegungsgeschwindigkeiten in den Positionen vor und nach der relativen Bewegungsgeschwindigkeit zu dem Zeitpunkt, an dem das Kontaktdetektionssignal erzeugt wird, entspricht; und unter Verwendung der relativen Bewegungsgeschwindigkeiten in den Positionen vor und nach der relativen Bewegungsgeschwindigkeit zu dem Zeitpunkt, an dem das Kontaktdetektionssignal erzeugt wird, wenn die relative Bewegungsgeschwindigkeit zu dem Zeitpunkt, an dem das Kontaktdetektionssignal erzeugt wird, in der Korrekturtabelle, in der die relativen Bewegungsgeschwindigkeiten gespeichert sind, vorhanden ist.

9. Messverfahren nach einem der Ansprüche 6, 7 und 8, worin die Beziehung zwischen der relativen Bewegungsgeschwindigkeit des Berührungstriggermessfühlers und des Objekts und der Korrekturbetrag, der von der relativen Bewegungsgeschwindigkeit abgeleitet wird, in der Korrekturtabelle im voraus gespeichert wird, entsprechend des verwendeten Typs des Triggermessfühlers; und worin der Korrekturbetrag mit der Beziehung zwischen dem Korrekturbetrag und der relativen Bewegungsgeschwindigkeit entsprechend dem Typ des Berührungstriggers jedes Mal berechnet wird, wenn der Berührungstriggermessfühler ausgetauscht wird.

10. Das Messverfahren nach Anspruch 2, worin die Beziehung zwischen der relativen Bewegungsgeschwindigkeit des Berührungstriggermessfühlers und des Objekts und des Korrekturbetrags, der von der relativen Bewegungsgeschwindigkeit abgeleitet wird, mit einer Funktion im voraus angenähert wird; und worin der Korrekturbetrag gefunden wird, indem die relative Bewegungsgeschwindigkeit zu dem Zeitpunkt, an dem das Kontaktdetektionssignal erzeugt wird, in die Funktion eingesetzt wird, um den Wert der relativen Bewegungskordinate zu dem Zeitpunkt, an dem das Kontaktdetektionssignal erzeugt wird, mit dem gefundenen Korrekturbetrag zu korrigieren.

11. Das Messverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, worin der Wert der relativen Bewegungskordinate des Berührungstriggermessfühlers und des Objekts in regelmäßigen Zeitintervallen detektiert wird; und worin die relative Bewegungsgeschwindigkeit zu dem Zeitpunkt, an dem das Kontaktdetektionssignal

erzeugt wird, aus den regelmäßigen Zeitintervallen und mehr als zwei detektierten Werten der relativen Bewegungskordinate geschätzt wird.

12. Eine Messvorrichtung, worin ein Messfühler, der ein Positionsdetektionssignal erzeugt, wenn ein Abstand zwischen dem Messfühler und einem Objekt (W) einen bestimmten Werte annimmt, und ein zu messendes Objekt (W) relativ zueinander bewegt werden; und womit ein Wert für eine relative Bewegungskordinate des Messfühlers und des Objekts (W) detektiert wird als Reaktion auf ein Positionsdetektionssignal, das von dem Messfühler erzeugt wird; und womit schließlich eine Größe oder eine Oberflächen-gestalt des Objekts (W) auf der Basis des Werts der relativen Bewegungskordinate bestimmt wird, dadurch gekennzeichnet, dass die Messvorrichtung umfasst: ein Koordinatenwertdetektionsmittel (30) zur Detektion eines relativen Bewegungskordinatenwerts des Messfühlers und des Objekts (W) zu dem Zeitpunkt, an dem das Positionsdetektionssignal von dem Messfühler erzeugt wird; ein Geschwindigkeitsdetektionsmittel (40) zum Detektieren einer relativen Bewegungsgeschwindigkeit des Messfühlers und des Objekts (W) zu dem Zeitpunkt, an dem das Positionsdetektionssignal von dem Messfühler erzeugt wird; und ein Korrekturmittel (50) zur Korrektur des relativen Bewegungskordinatenwerts zu dem Zeitpunkt, an dem das Positionsdetektionssignal erzeugt wird, mit dem Korrekturbetrag, der aus der relativen Bewegungsgeschwindigkeit zu dem Zeitpunkt, an dem das Positionsdetektionssignal erzeugt wird, berechnet wird.

13. Die Messvorrichtung nach Anspruch 12, worin der Messfühler ein Berührungstriggermessfühler (70) ist, der ein Kontaktdetektionssignal erzeugt, wenn der Messfühler das Objekt (W) berührt.

14. Die Messvorrichtung nach Anspruch 13, worin das Korrekturmittel aufweist: einen Zeitablauf-Speicherabschnitt, der im voraus eine natürliche abgelaufene Zeit des Berührungstriggermessfühlers speichert, von dem Kontakt zwischen dem Berührungstriggermessfühler und dem Objekt bis das Kontaktdetektionssignal erzeugt wird; einen Korrekturbetrag-Berechnungsabschnitt, der den Korrekturbetrag aus der abgelaufenen Zeit und der relativen Bewegungsgeschwindigkeit zu dem Zeitpunkt, an dem das Kontaktdetektionssignal erzeugt wird, berechnet; und einen Koordinatenwert-Korrekturabschnitt, der den relativen Bewegungskordinatenwert zu dem Zeitpunkt, an dem das Kontaktdetektionssignal erzeugt wird, berechnet unter Verwendung des Korrekturbetrags, der in dem Korrekturbetrag-Berechnungsabschnitt berechnet wird.

15. Die Messvorrichtung nach Anspruch 14, worin der Zeitablauf-Speicherabschnitt die natürlich abgelaufene Zeit des Berührungstriggermessfühlers entsprechend des verwendeten Typs von Triggermessfühler speichert; und worin der Korrekturbetrag-Berechnungsabschnitt den Korrekturbetrag berechnet, indem die natürlich abgelaufene Zeit des Berührungstriggermessfühlers aus dem Zeitablauf-Speicherabschnitt gelesen wird, jedes Mal wenn der Berührungstriggermessfühler ausgetauscht wird.

16. Die Messvorrichtung nach Anspruch 11, worin das Korrekturmittel aufweist: eine Korrekturtablette, in der im voraus die Beziehung zwischen der relativen Bewegungsgeschwindigkeit des Berührungstriggermessfühlers und des Objekts und dem Korrekturbetrag, der von der relativen Bewegungsgeschwindigkeit abgeleitet wird, gespeichert wird; und einen Fehlerkorrekturabschnitt, der den Korrekturbetrag entsprechend der relativen Bewegungsgeschwindigkeit zu dem Zeitpunkt, an dem das Kontakt-detectionssignal erzeugt wird, aus der Korrekturtablette findet, und den Wert der relativen Bewegungskordinate zu dem Zeitpunkt, an dem das Kontakt-detectionssignal erzeugt wird, mit dem gefundenen Korrekturbetrag korrigiert.

17. Die Messvorrichtung nach Anspruch 16, worin die Korrekturtablette die Beziehung zwischen der relativen Bewegungsgeschwindigkeit des Berührungstriggermessfühlers und des Objekts und dem Korrekturbetrag, der aus der relativen Bewegungsgeschwindigkeit entsprechend des verwendeten Typs des Triggermessfühlers abgeleitet wird, speichert; und worin der Fehlerkorrekturabschnitt den Korrekturbetrag berechnet unter Verwendung der Beziehung zwischen dem Korrekturbetrag und der relativen Bewegungsgeschwindigkeit entsprechend des Typs des Triggermessfühlers jeweils nach dem der Berührungstriggermessfühler ausgetauscht wird.

18. Die Messvorrichtung nach Anspruch 11, worin das Korrekturmittel aufweist: einen Speicherabschnitt, der im voraus die Beziehung zwischen der relativen Bewegungsgeschwindigkeit des Berührungstriggermessfühlers und des Objekts und dem Korrekturbetrag, der von der relativen Bewegungsgeschwindigkeit mit einer Näherungsfunktion abgeleitet wird, speichert; und einen Berechnungsabschnitt, der den Korrekturbetrag findet, um die relative Bewegungsgeschwindigkeit zu dem Zeitpunkt, an dem das Kontakt-detectionssignal erzeugt wird, in die Funktion einzusetzen.

19. Die Messvorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 18, worin das Geschwindigkeitsdetektionsmittel auf-

weist: einen Verschiebungsdetektor, der den relativen Bewegungskordinatenwert des Berührungstriggermessfühlers und des Objekts detektiert; einen Festintervall-Signalerzeugungsabschnitt; einen ersten Koordinatenspeicherabschnitt, der nacheinander die Werte der relativen Bewegungskordinate speichert, die in dem Verschiebungsdetektor in festen Signalintervallen detektiert werden, die von dem Festintervallsignalerzeugungsabschnitt ausgegeben werden und durch die man den relativen Bewegungskordinatenwert erhält; einen zweiten Koordinatenspeicherabschnitt, der einen relativen Bewegungskordinatenwert speichert, der dem relativen Bewegungskordinatenwert vorausgeht, den man durch den ersten Koordinatenspeicherabschnitt für das feste Intervall erhält; und einen Geschwindigkeitsberechnungsabschnitt, um die relative Bewegungsgeschwindigkeit für den Zeitpunkt, an dem das Kontakt-detectionssignal erzeugt wird, aus den festen Intervallen und den relativen Bewegungskordinatenwerten, die in dem ersten und zweiten Koordinatenspeicherabschnitt gespeichert werden, zu finden.

Es folgen 14 Blatt Zeichnungen

FIG. 1

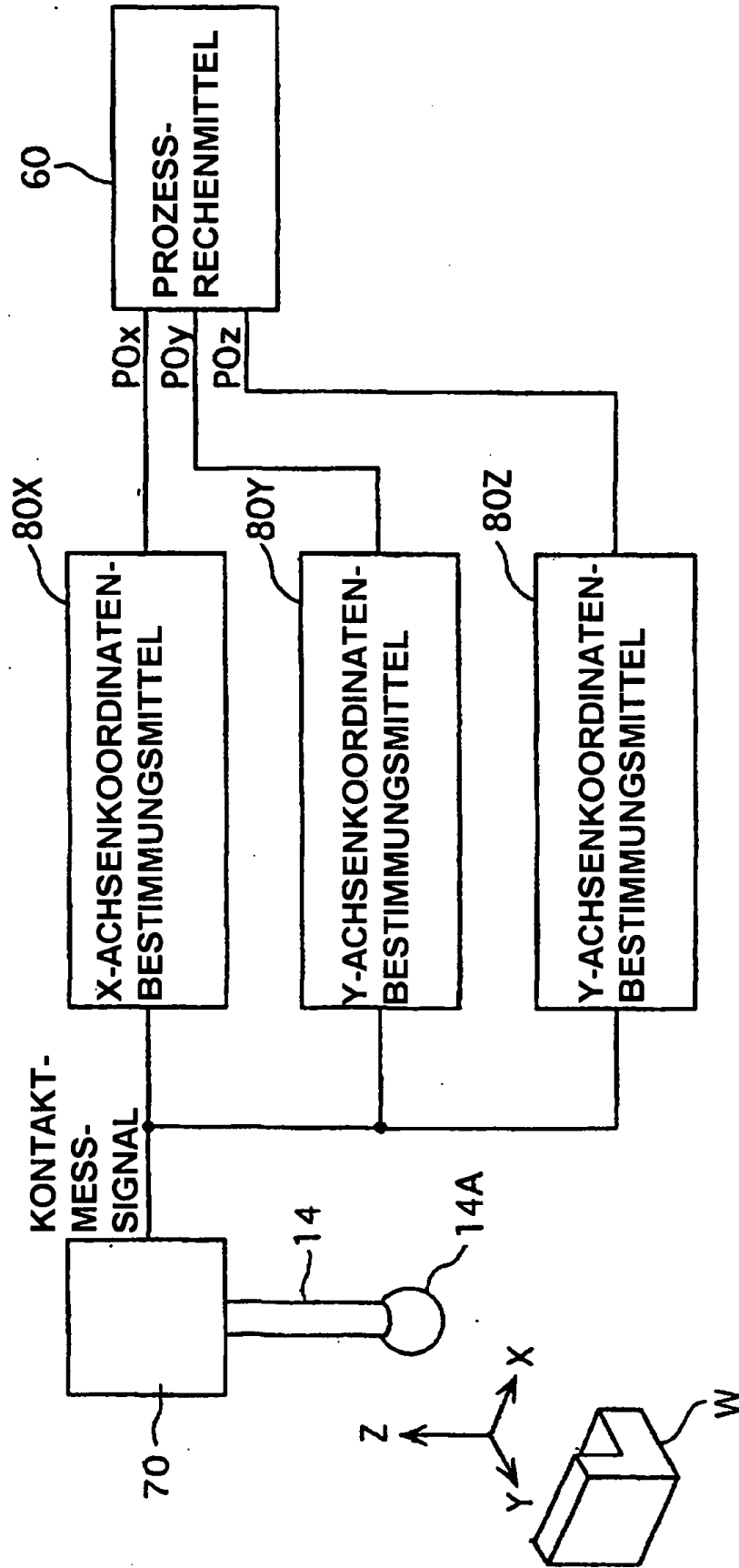
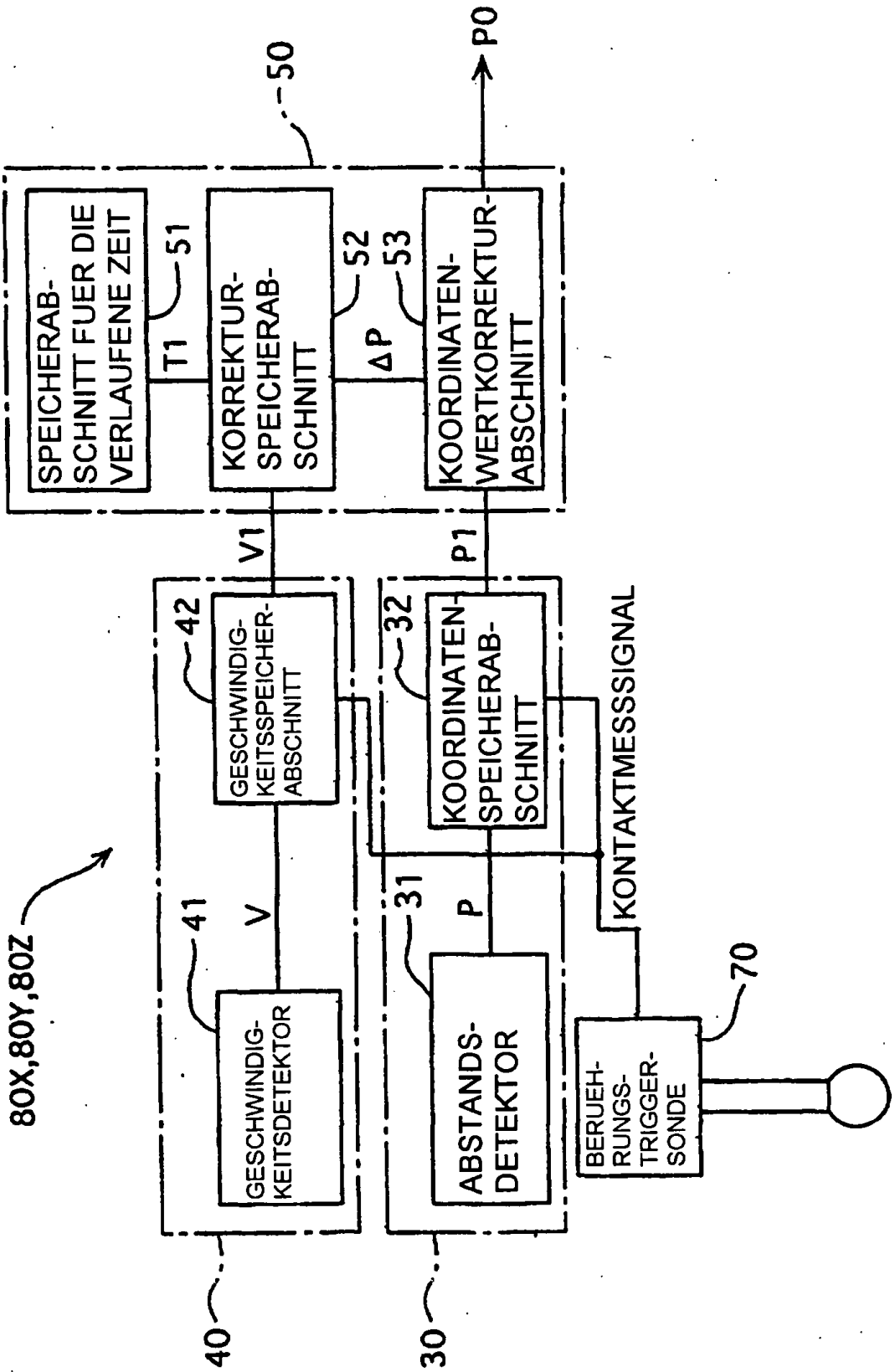


FIG. 2



80X,80Y,80Z

FIG. 3

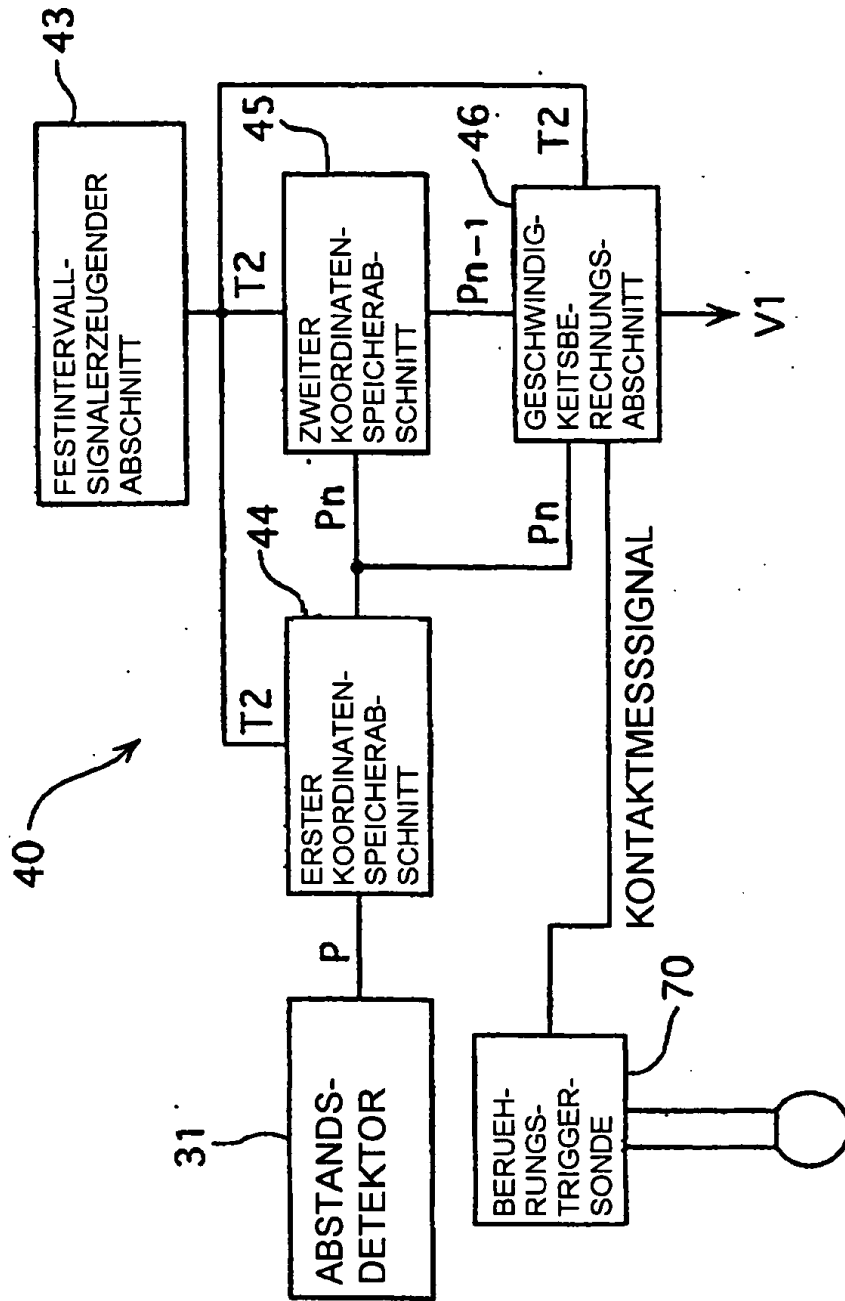


FIG. 4

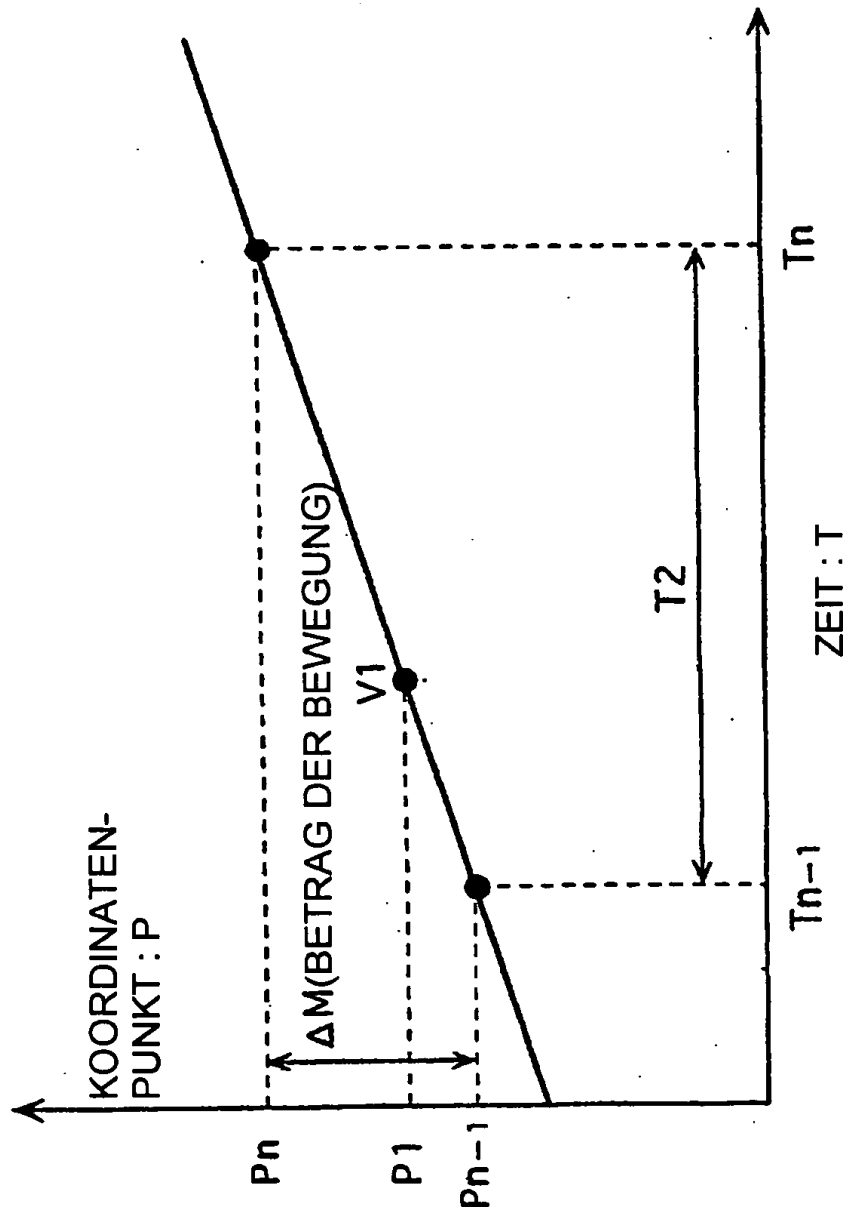


FIG. 5

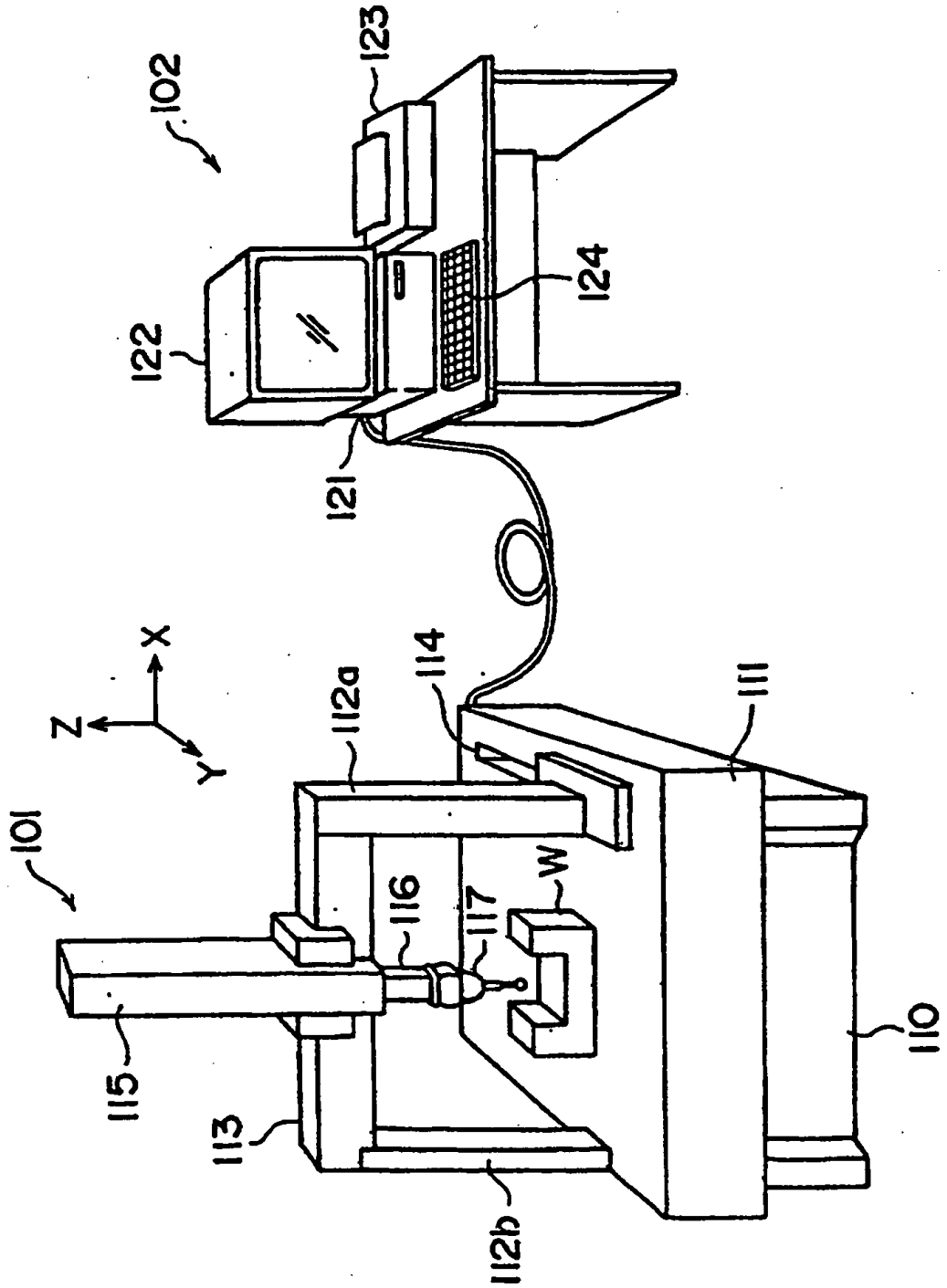


FIG. 6

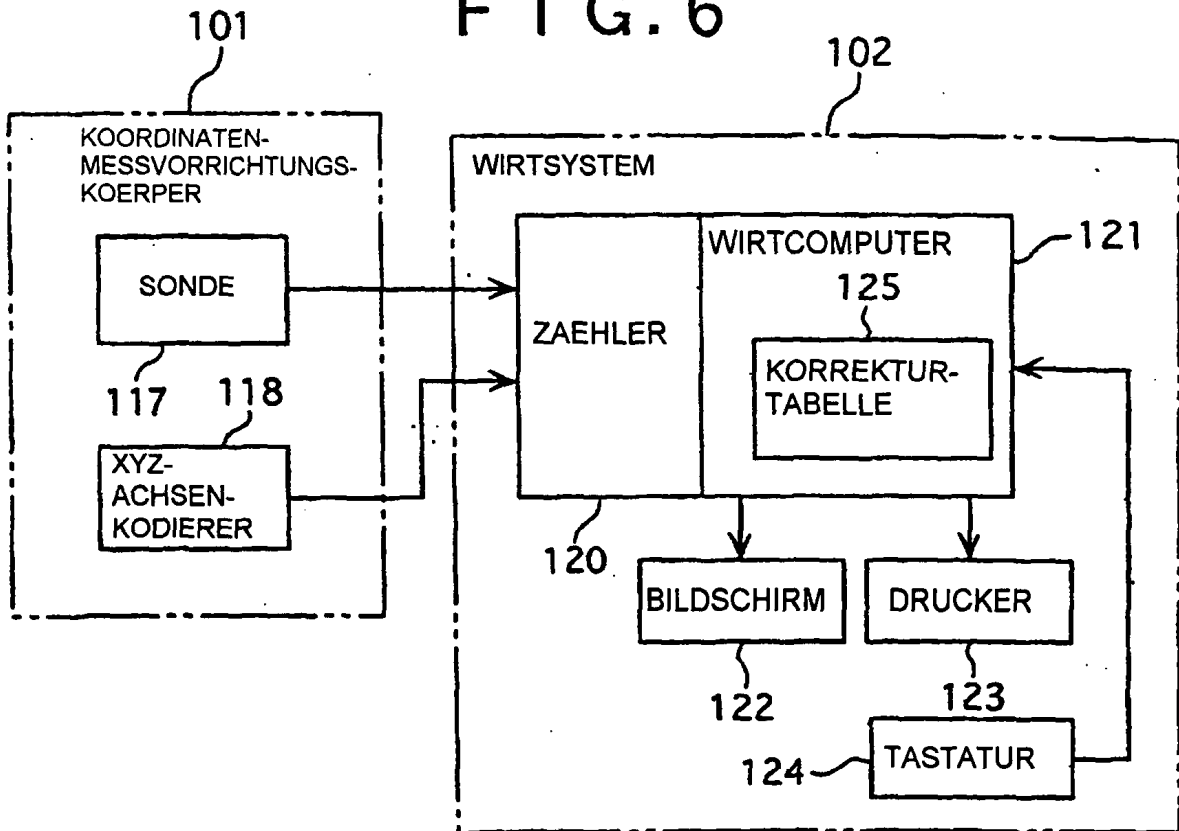


FIG. 7

125
KORREKTURTABELLE (EINHEIT: μm)

GE- SCHWINDIG- KEIT (mm/s)	SONDE A			SONDE B			---
	X-ACHSE	Y-ACHSE	Z-ACHSE	X-ACHSE	Y-ACHSE	Z-ACHSE	X-ACHSE
0.5	6.3	4.2	0.1	5.2	3.8	0.1	---
1.0	3.2	2.3	0.1	3.0	2.0	0.1	---
1.5	2.1	1.5	0.1	1.9	1.3	0.1	---
2.0	1.4	0.8	0.1	1.2	0.6	0.0	---
2.5	0.3	0.2	0.1	0.2	0.2	0.0	---
3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	---

FIG. 8

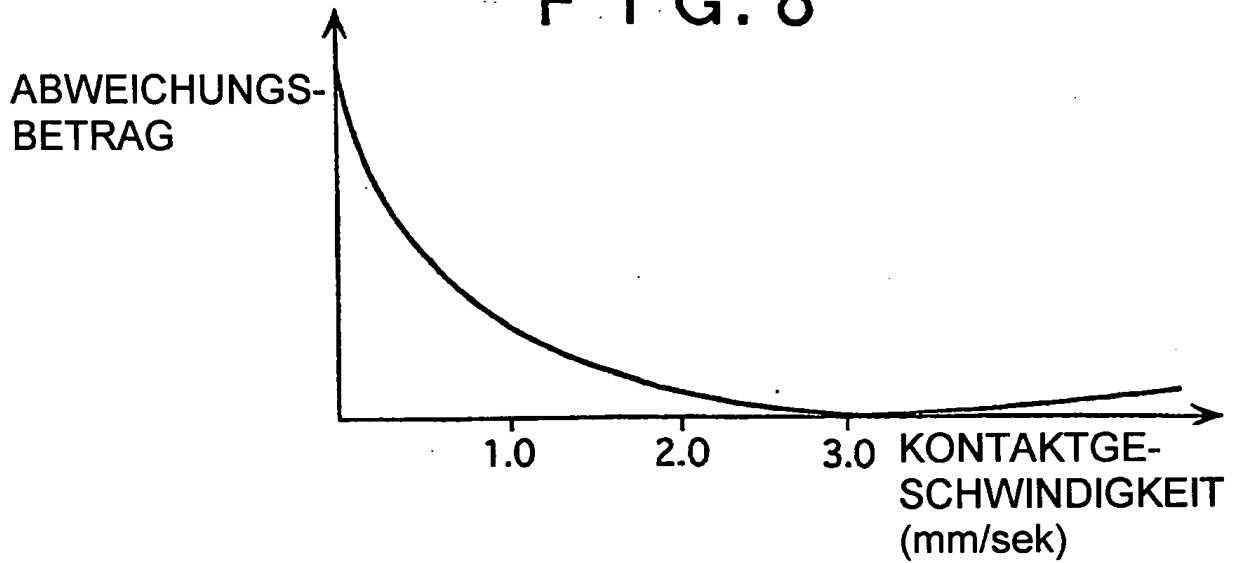


FIG. 9

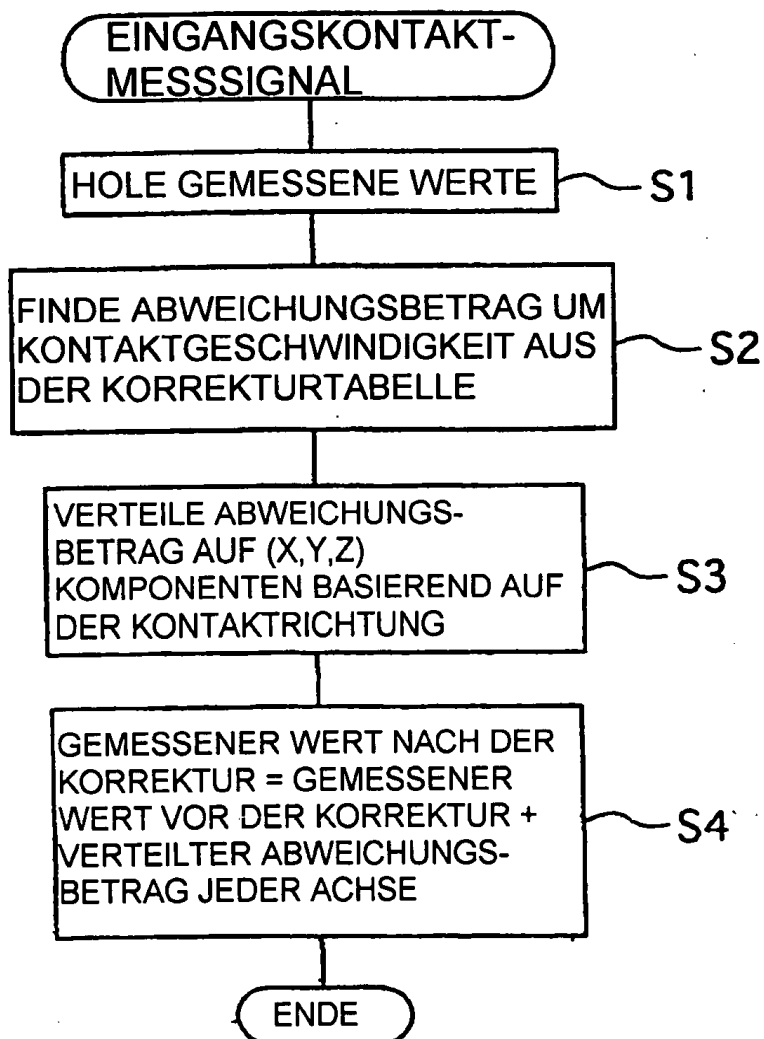


FIG. 10

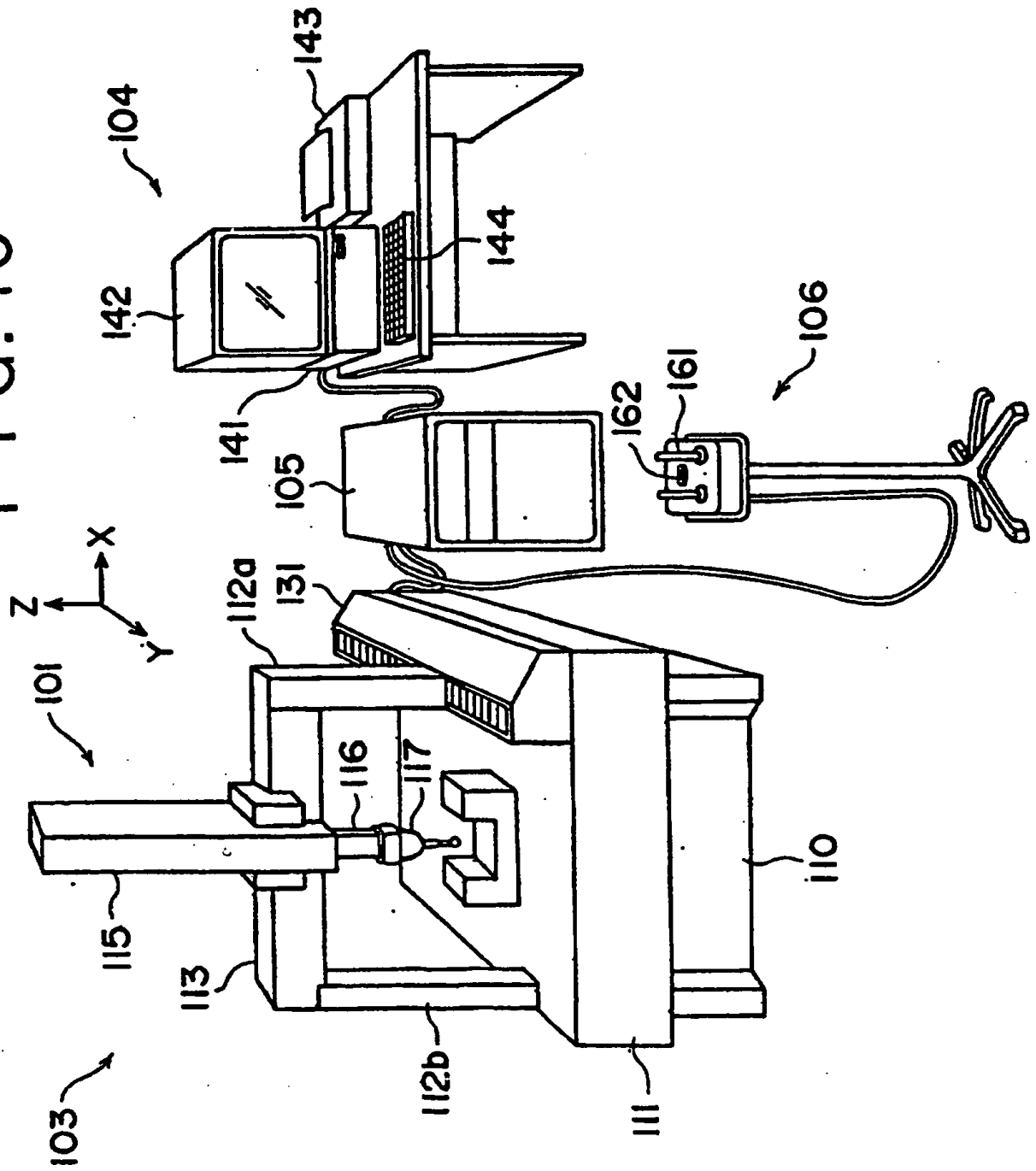


FIG. 11

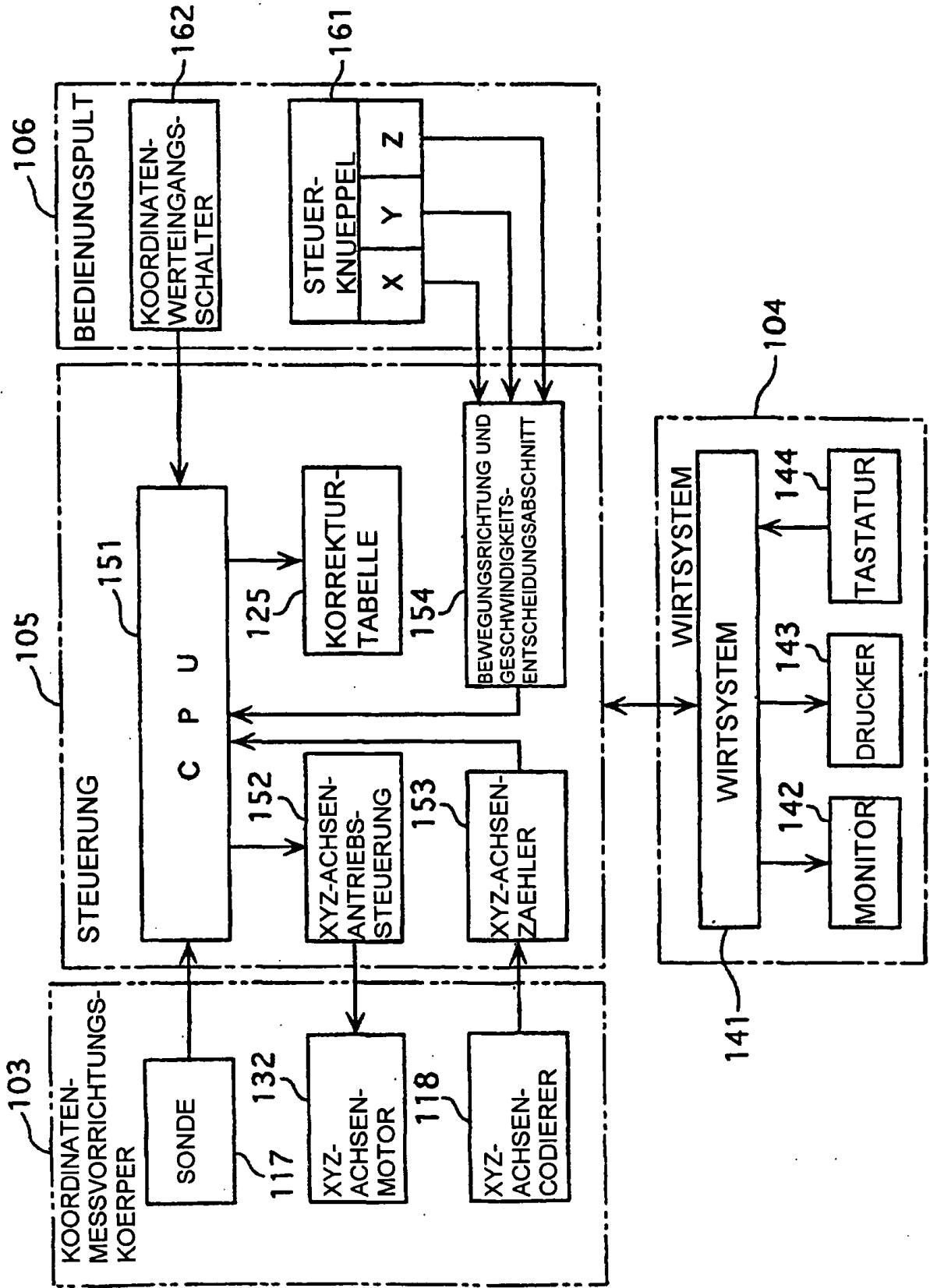


FIG. 12

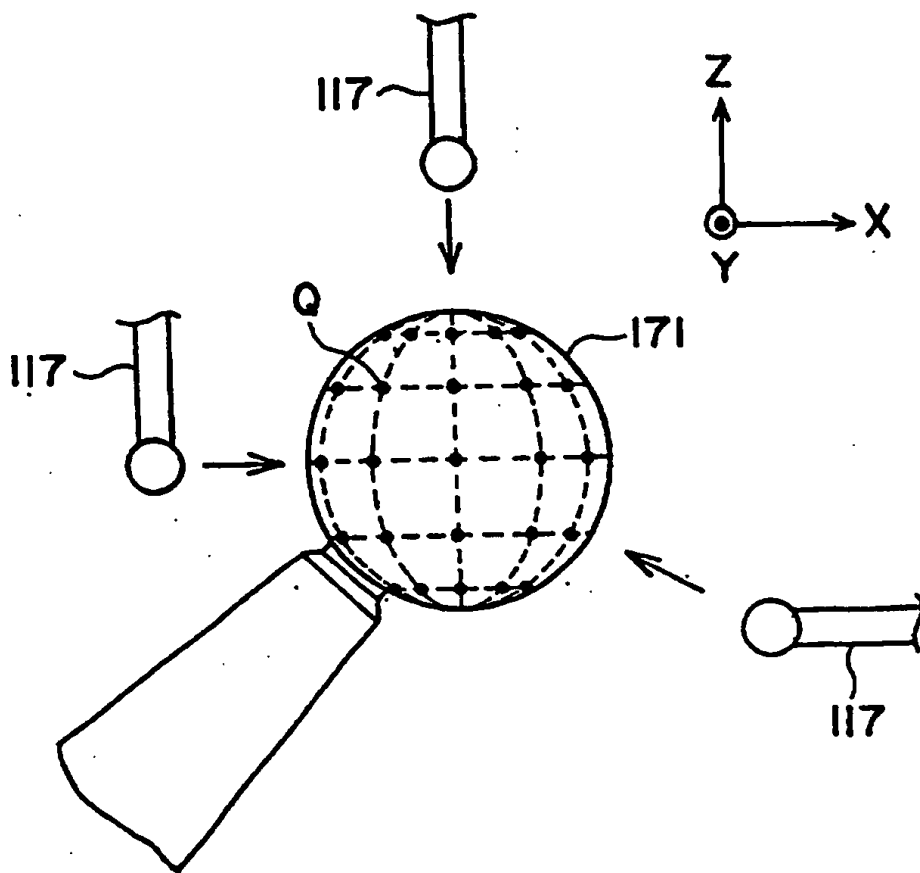


FIG. 13

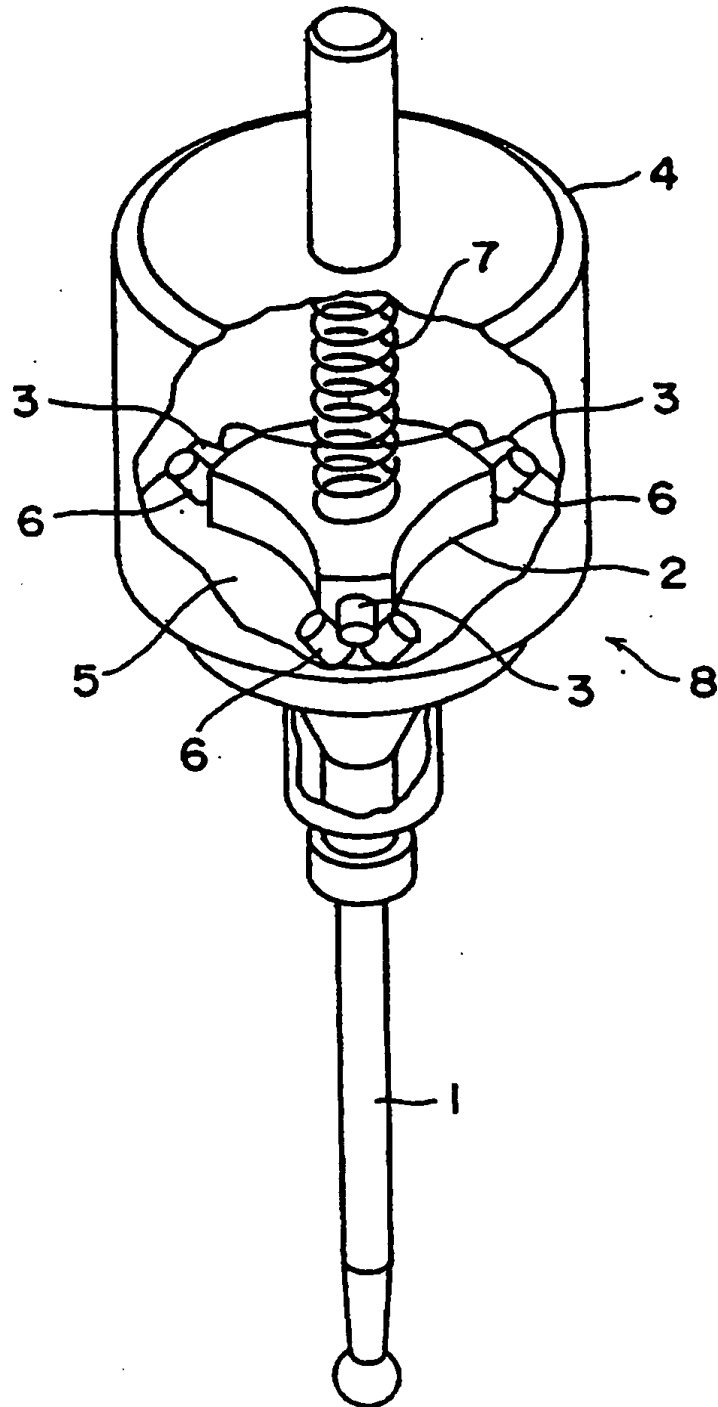


FIG. 14

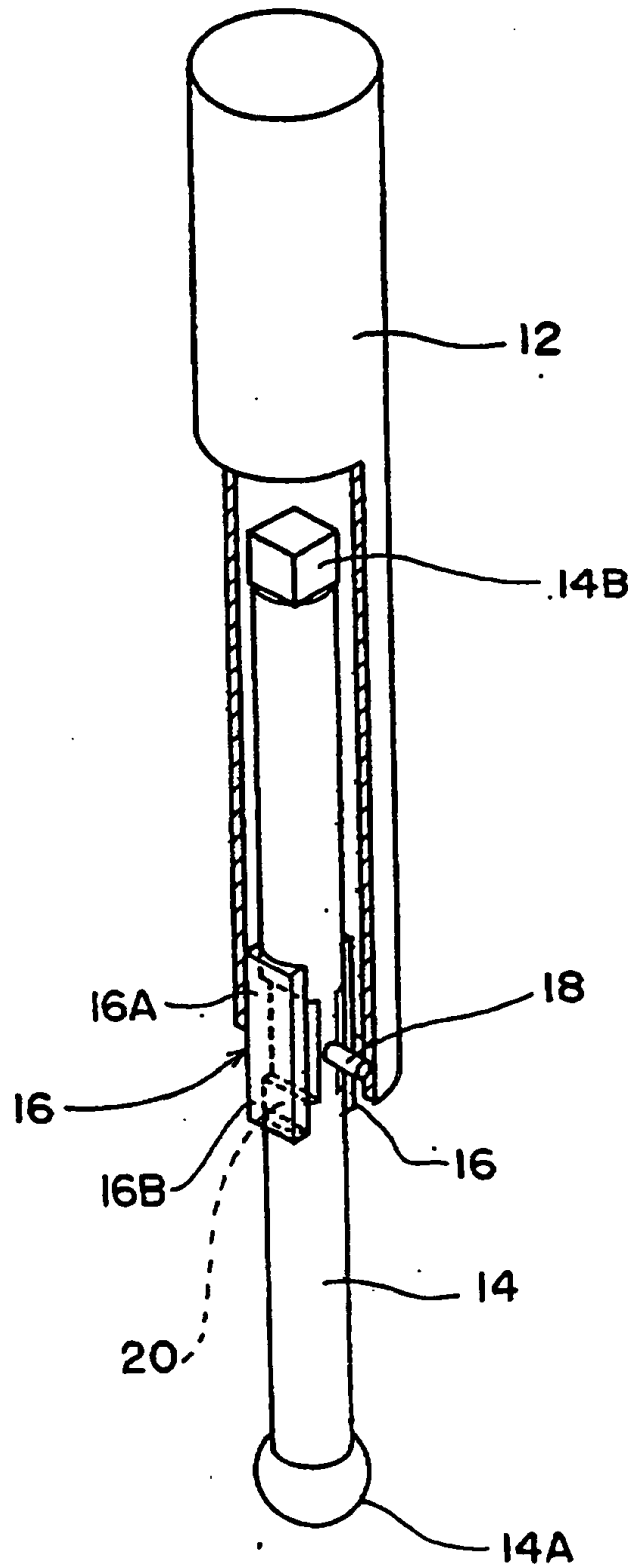


FIG. 15

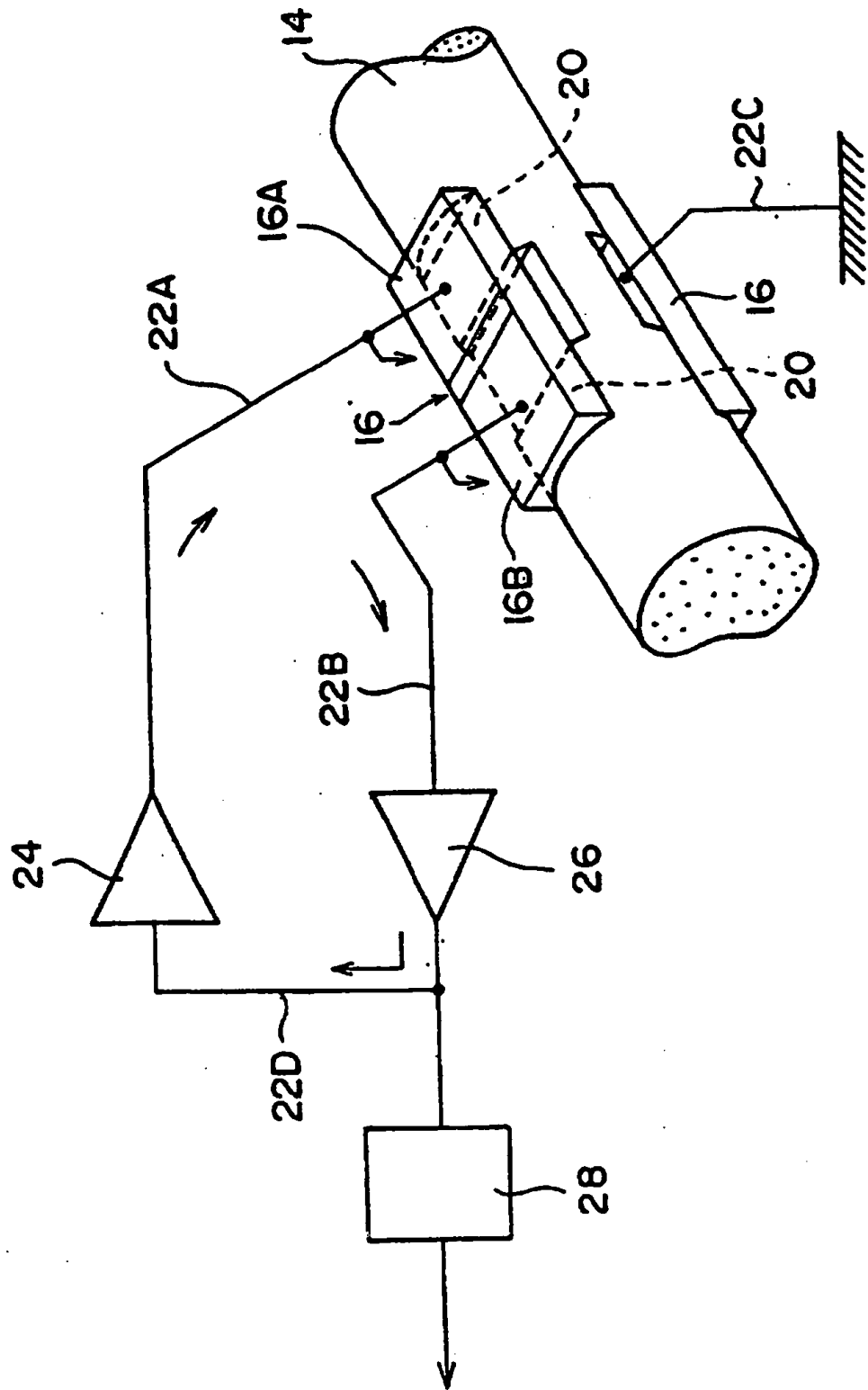


FIG. 16

