



(12) **Veröffentlichung**

der internationalen Anmeldung mit der
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2021/166760**
in der deutschen Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2
IntPatÜbkG)
(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2021 001 185.5**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2021/004945**
(86) PCT-Anmeldetag: **10.02.2021**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **26.08.2021**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **08.12.2022**

(51) Int Cl.: **G01B 5/08 (2006.01)**
G01B 5/20 (2006.01)
G01B 21/10 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
2020-025445 **18.02.2020** **JP**

(71) Anmelder:
Tokyo Seimitsu Co., Ltd., Hachioji-shi, Tokyo, JP

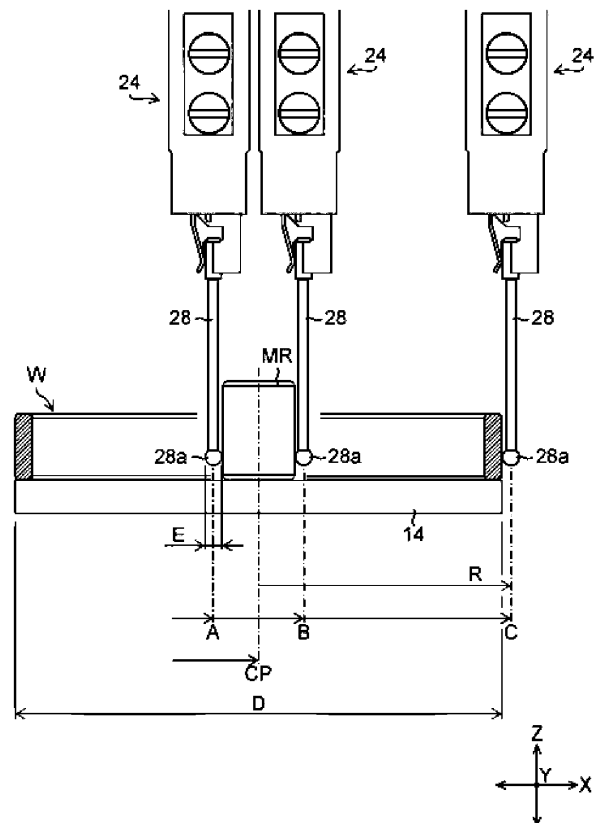
(74) Vertreter:
**Grünecker Patent- und Rechtsanwälte PartG mbB,
80802 München, DE**

(72) Erfinder:
**Tomita, Kosuke, Tsuchiura-city, Ibaraki, JP;
Takanashi, Ryo, Tsuchiura-city, Ibaraki, JP**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Messen eines Werkstückdurchmessers und Vorrichtung zum Messen einer Werkstückrundheit**

(57) Zusammenfassung: Bereitstellung eines Verfahrens zur Messung eines Werkstückdurchmessers und einer Rundheitsmessvorrichtung, die eine Durchmessermessung an einem Werkstück, das einen großen Durchmesser hat, ausführen können, ohne dass ein Referenzstück und ein horizontaler Arm mit einem langen Verfahrweg verwendet werden. Das Verfahren beinhaltet einen ersten Erfassungsschritt zum Erfassen von Positionen einer Sonde, während ein nicht kalibrierter Standard und ein Detektor relativ zueinander um einen Drehmittelpunkt in einem Zustand gedreht werden, in welchem die Sonde mit einer Umfangsfläche des Standards von einer Seite in einer Verschiebungsrichtung der Sonde her in Kontakt ist, einen zweiten Erfassungsschritt zum Erfassen der Positionen der Sonde, während der Standard und der Detektor relativ zueinander um den Drehmittelpunkt in einem Zustand gedreht werden, in welchem die Sonde mit der Umfangsfläche des Standards von einer weiteren Seite in der Verschiebungsrichtung her in Kontakt ist, einen Drehmittelpunktberechnungsschritt zum Berechnen der Position des Drehmittelpunkts auf der Grundlage der in dem ersten Erfassungsschritt und dem zweiten Erfassungsschritt erfassten Positionen der Sonde, einen dritten Erfassungsschritt zum Drehen eines Werkstücks und des Detektors relativ zueinander um den Drehmittelpunkt in einem Zustand, in welchem die Sonde mit dem Werkstück von der anderen Seite her in Kontakt ist, und einen Durchmesserberechnungsschritt zur Berechnung eines Durchmessers einer Umfangsfläche des Werkstücks.



Beschreibung

{Technisches Gebiet}

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Messung eines Werkstückdurchmessers und eine Vorrichtung zur Rundheitsmessung, die einen Durchmesser einer Umfangsfläche eines Werkstücks misst.

{Stand der Technik}

[0002] Es ist eine Rundheitsmessvorrichtung bekannt, die die Rundheit eines Werkstücks misst, das die Form eines Vollzylinders oder eines Hohlzylinders hat (einschließlich einer Vorrichtung zum Messen einer Hohlzylinderform). Die Rundheitsmessvorrichtung misst eine Rundheit eines Werkstücks auf der Grundlage des Ergebnisses der Erfassung einer Verschiebung einer Sonde unter Anwendung eines Detektors, während sich ein Drehtisch dreht in einem Zustand, in welchem die Sonde mit der Außenumfangsfläche des auf dem Drehtisch angeordneten Werkstücks in Kontakt ist. Durch die Verwendung der Rundheitsmessvorrichtung kann auch der Durchmesser der Umfangsfläche des Werkstücks gemessen werden (siehe Patentschriften 1 und 2).

[0003] Die Patentschrift 1 offenbart eine Rundheitsmessvorrichtung mit einem Drehtisch, einem ersten Detektor, einem horizontalen Arm, der einen Kontakt des ersten Detektors in Bezug auf ein Werkstück horizontal und in Richtung des Durchmessers des Werkstücks herstellt, und einem zweiten Detektor, der den Betrag einer Horizontalbewegung des horizontalen Arms erfasst. Bei dieser Rundheitsmessvorrichtung wird zunächst ein Referenzstück mit bekanntem Durchmesser auf dem Drehtisch angeordnet. Die Kontakteinheit des ersten Detektors wird mit der rechten Seitenfläche des Referenzstücks in Kontakt gebracht, und der zweite Detektor wird ausgelesen. Anschließend wird das Kontaktelement des ersten Detektors mit der linken Seitenfläche des Referenzstücks in Kontakt gebracht, und der zweite Detektor wird ausgelesen. Anschließend wird ein Fehlerwert der Rundheitsmessvorrichtung auf der Grundlage der zwei Ausleseergebnisse, die durch den zweiten Detektor erhalten wurden, und auf der Grundlage der bekannten Abmessung des Referenzstücks berechnet. Nachdem ein Werkstück auf dem Drehtisch das Referenzstück ersetzt hat, wird anschließend der Durchmesser des Werkstücks in ähnlicher Weise gemessen, und es wird eine Fehlerkorrektur bezüglich des Durchmessers auf der Grundlage des zuvor ermittelten Fehlerwerts ausgeführt.

[0004] Die Patentschrift 2 offenbart ein Verfahren, das beinhaltet: Bewegen eines Detektors parallel zu

einer Messmittellinie in Bezug auf ein Referenzstück mit bekanntem Durchmesser, Ausführen einer Messung an zwei Erfassungspunkten an dem Referenzstück, die einander gegenüberliegen, und Berechnen eines mittleren Abweichungsbetrags auf der Grundlage der Differenz zwischen den gemessenen Werten. Gemäß diesem Verfahren kann der Wert des Durchmessers des Werkstücks in genauer Weise berechnet werden, ohne vom Betrag der Mittelpunktabweichung der Rundheitsmessvorrichtung beeinflusst zu sein, selbst wenn der Wert des Durchmessers des Referenzstücks und der Wert des Durchmessers des Werkstücks voneinander abweichen.

{Liste der Zitate}

{Patentliteratur}

{Patentschrift 1} Offengelegte japanische Patentanmeldung mit der Nr. 1-259211

{Patentschrift 2} Offengelegte japanische Patentanmeldung mit der Nr. 2012-145494
{Überblick über die Erfindung}

{Technische Aufgabe}

[0005] Die in den Patentschriften 1 und 2 offenbarten Verfahren erfordern, dass das Referenzstück zur Messung des Durchmessers des Werkstücks herangezogen wird; jedoch ist das Referenzstück kostenaufwendig, da dessen Wert des Durchmessers garantiert sein muss. In den in den Patentschriften 1 und 2 offenbarten Verfahren muss der horizontale Arm, der einen Verfahrensweg hat, der größer als der Durchmesser (Außendurchmesser) des Werkstücks ist, bereitgestellt werden, um die Sonde mit den zwei gegenüberliegenden Erfassungspunkten auf dem Werkstück in Kontakt zu bringen, und ein derartiger horizontaler Arm ist nachteiligerweise kostenintensiv und schwer. Daher ist es bei der konventionellen Rundheitsmessvorrichtung schwierig, eine Durchmessermessung an einem Werkstück mit einem großen Durchmesser auszuführen.

[0006] Die vorliegende Erfindung wurde im Hinblick auf derartige Umstände erdacht und es ist eine Aufgabe, ein Verfahren zur Messung eines Werkstückdurchmessers und eine Rundheitsmessvorrichtung bereitzustellen, die eine Durchmessermessung an einem Werkstück mit einem großen Durchmesser ausführen können, ohne dass ein Referenzstück und ein horizontaler Arm mit einem großen Verfahrensweg verwendet werden.

{Lösung der Aufgabe}

[0007] Ein Verfahren zum Messen eines Werkstückdurchmessers zur Lösung der Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist ein Verfahren zur Messung

eines Werkstückdurchmessers zum Messen eines Durchmessers eines Werkstücks unter Anwendung einer Rundheitsmessvorrichtung, die das auf einem Tisch angeordnete Werkstück und einen Detektor relativ zueinander um einen Drehmittelpunkt in einem Zustand in Drehung versetzt, in welchem eine Sonde des Detektors mit einer Umfangsfläche des Werkstücks in Kontakt ist, wobei das Verfahren zur Messung eines Werkstückdurchmessers aufweist: einen ersten Erfassungsschritt zum Erfassen von Positionen der Sonde, während ein Standard, der nicht kalibriert und auf dem Tisch angeordnet ist, und der Detektor relativ zueinander um den Drehmittelpunkt in einem Zustand gedreht werden, in welchem die Sonde mit einer Umfangsfläche des Standards von einer Seite in einer Verschiebungsrichtung der Sonde her in Kontakt ist; einen zweiten Erfassungsschritt zum Erfassen von Positionen der Sonde, während der Standard und der Detektor relativ zueinander um den Drehmittelpunkt in einem Zustand gedreht werden, in welchem die Sonde mit der Umfangsfläche des Standards von einer weiteren Seite in der Verschiebungsrichtung her in Kontakt ist; einen Drehmittelpunktberechnungsschritt zur Berechnung einer Position des Drehmittelpunkts auf der Grundlage der Positionen der Sonde, die in dem ersten Erfassungsschritt und dem zweiten Erfassungsschritt erfasst werden; einen dritten Erfassungsschritt zur Erfassung von Positionen der Sonde, während das Werkstück und der Detektor relativ zueinander um den Drehmittelpunkt in einem Zustand gedreht werden, in welchem die Sonde mit dem Werkstück von der anderen Seite her in Kontakt ist; und einen Durchmesserberechnungsschritt zur Berechnung eines Durchmessers der Umfangsfläche des Werkstücks auf der Grundlage der Positionen der Sonde, die in dem ersten Erfassungsschritt, dem zweiten Erfassungsschritt und dem dritten Erfassungsschritt erfasst werden.

[0008] Gemäß diesem Verfahren zur Messung eines Werkstückdurchmessers kann die Position des Drehmittelpunkts unter Anwendung des nicht kalibrierten Standards gemessen werden, der die Ausrichtung zwischen dem Mittelpunkt des Werkstücks und dem Drehmittelpunkt ermöglicht. Folglich kann der Durchmesser des Werkstücks lediglich durch Drehung des Detektors und des Werkstücks relativ zueinander um den Drehmittelpunkt in einem Zustand gemessen werden, in welchem die Sonde mit einem Erfassungspunkt auf dem Werkstück in Kontakt ist. Daher ist es möglich, die Durchmesser-messung an einem Werkstück auszuführen, das einen großen Durchmesser hat, ohne dass ein Referenzstück und ein horizontaler Arm mit einem langen Fahrweg verwendet werden. Da ferner die Position des Drehmittelpunkts unabhängig von dem Vorhandensein oder dem Fehlen eines Versatzes des Mittelpunkts des Standards in Bezug auf den Drehmittelpunkt gemessen werden kann, ist es möglich, die

Zeit und den Aufwand des Bedieners zu verringern und auch die Messzeit zu verkürzen.

[0009] Ein Verfahren zur Messung eines Werkstückdurchmessers gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung ist derart gestaltet, dass der Standard und der Detektor relativ zueinander um den Drehmittelpunkt gedreht werden, indem der Tisch in Drehung versetzt wird, und in dem Drehmittelpunkt-berechnungsschritt wird die Position CP des Drehmittelpunkts unter Anwendung einer Formel $[CP = A + (B - A)/2 = (A + B)/2]$ berechnet, wobei A ein Mittelwert der Positionen des Detektors ist, die in dem ersten Erfassungsschritt erfasst werden, und B ein Mittelwert der Positionen des Detektors ist, die in dem zweiten Erfassungsschritt erfasst werden. Daher ist es möglich, die Position des Drehmittelpunkts unabhängig von dem Vorhandensein oder dem Fehlen eines Versatzes der Mitte des Standards in Bezug auf den Drehmittelpunkt zu messen.

[0010] Ein Verfahren zur Messung eines Werkstückdurchmessers gemäß einem noch weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung ist derart gestaltet, dass das Werkstück und der Detektor relativ zueinander um den Drehmittelpunkt durch Drehung des Tisches gedreht werden, und wobei in dem Durchmesserberechnungsschritt ein approximierter Radius R des Werkstücks unter Anwendung einer Formel $[R = C - (A + B)/2]$ berechnet wird, und der Durchmesser D der Umfangsfläche des Werkstücks durch die Verwendung einer Formel $[D = (R - E/2) \times 2]$ berechnet wird, wobei C ein Mittelwert der Positionen des Detektors ist, die in dem dritten Erfassungsschritt erfasst werden, und E ein Durchmesser einer Kugelspitze der Sonde ist. Daher ist es möglich, eine Durchmesser-messung an einem Werkstück auszuführen, das einen großen Durchmesser hat, ohne dass ein Referenzstück und ein horizontaler Arm mit einem langen Fahrweg verwendet werden.

[0011] Ein Verfahren zur Messung eines Werkstückdurchmessers gemäß einem noch weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung ist derart gestaltet, dass, wenn das Werkstück eine erste Umfangsfläche, die als die Umfangsfläche des Werkstücks dient, und eine zweite Umfangsfläche hat, die konzentrisch zu der ersten Umfangsfläche ist, die zweite Umfangsfläche als die Umfangsfläche des Standards verwendet wird. Dies kann die Kosten verringern.

[0012] Eine Rundheitsmessvorrichtung zur Lösung der Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist eine Rundheitsmessvorrichtung, die ein auf einem Tisch angeordnetes Werkstück und einen Detektor relativ zueinander um einen Drehmittelpunkt in einem Zustand dreht, in welchem eine Sonde des Detektors mit einer Umfangsfläche des Werkstücks in Kontakt ist, wobei die Rundheitsmessvorrichtung aufweist:

eine erste Erfassungssteuereinheit, die Positionen der Sonde erfasst, während ein Standard, der unkalibriert und auf dem Tisch angeordnet ist, und der Detektor relativ zueinander um den Drehmittelpunkt in einem Zustand gedreht werden, in welchem die Sonde mit einer Umfangsfläche des Standards von einer Seite in einer Verschiebungsrichtung der Sonde her in Kontakt ist; eine zweite Erfassungssteuereinheit, die Positionen der Sonde erfasst, während der Standard und der Detektor relativ zueinander um den Drehmittelpunkt in einem Zustand gedreht werden, in welchem die Sonde mit der Umfangsfläche des Standards von einer weiteren Seite in der Verschiebungsrichtung her in Kontakt ist; eine Drehmittelpunktberechnungseinheit, die eine Position des Drehmittelpunkts auf der Grundlage der Positionen der Sonde, die durch die erste Erfassungssteuereinheit und die zweite Erfassungssteuereinheit erfasst werden, berechnet; eine dritte Erfassungssteuereinheit, die Positionen der Sonde erfasst, während das Werkstück und der Detektor relativ zueinander um den Drehmittelpunkt in einem Zustand gedreht werden, in welchem die Sonde mit dem Werkstück von der anderen Seite her in Kontakt ist; und eine Durchmesserberechnungseinheit, die einen Durchmesser der Umfangsfläche des Werkstücks auf der Grundlage der Positionen der Sonde, die von der ersten Erfassungssteuereinheit, der zweiten Erfassungssteuereinheit und der dritten Erfassungssteuereinheit erfasst werden, berechnet.

{Vorteilhafte Wirkungen der Erfindung}

[0013] Die vorliegende Erfindung ermöglicht die Messung eines Durchmessers an einem Werkstück, das einen großen Durchmesser hat, ohne dass ein Referenzstück und ein horizontaler Arm mit einem langen Fahrweg verwendet werden.

Figurenliste

{Fig. 1} **Fig. 1** ist eine perspektivische Außenansicht einer Rundheitsmessvorrichtung.

{Fig. 2} **Fig. 2** ist eine Funktionsblockansicht einer Steuereinrichtung der Rundheitsmessvorrichtung.

{Fig. 3} **Fig. 3** ist eine erläuternde Ansicht zur Erläuterung der Steuerung eines Motors, eines Detektors und einer Positionserfassungseinheit durch eine Vor-Erfassungssteuereinheit.

{Fig. 4} **Fig. 4** ist eine erläuternde Ansicht zur Erläuterung der Berechnung eines Drehmittelpunkts eines Drehtisches durch eine Drehmittelpunktberechnungseinheit.

{Fig. 5} **Fig. 5** ist eine erläuternde Ansicht, die eine Verschiebung einer Position einer Sonde in einem Steuerungsvorgang für eine erste Erfas-

sung und Steuerungsvorgang für eine zweite Erfassung zeigt.

{Fig. 6} **Fig. 6** ist ein Graph, der eine Verschiebung der Position der Sonde bei dem Steuerungsvorgang für die erste Erfassung und dem Steuerungsvorgang für die zweite Erfassung zeigt.

{Fig. 7} **Fig. 7** ist eine erläuternde Ansicht zur Erläuterung einer Position des Drehmittelpunkts, die auf der Grundlage von Mittelwerten A und B (mit Versatz) in **Fig. 6** ermittelt wird.

{Fig. 8} **Fig. 8** ist eine erläuternde Ansicht zur Erläuterung der Steuerung des Motors, des Detektors und der Positionserfassungseinheit durch eine Erfassungssteuereinheit.

{Fig. 9} **Fig. 9** ist eine erläuternde Ansicht zur Erläuterung der Berechnung eines Durchmessers des Drehtisches durch eine Durchmesserberechnungseinheit.

{Fig. 10} **Fig. 10** ist ein Flussdiagramm, das einen Prozessablauf zur Messung der Position des Drehmittelpunkts des Drehtisches zeigt.

{Fig. 11} **Fig. 11** ist ein Flussdiagramm, das den Prozessablauf zur Messung eines Durchmessers eines Werkstücks zeigt.

{Fig. 12} **Fig. 12** ist eine erläuternde Ansicht zur Erläuterung der Messung eines Durchmessers eines Werkstücks, dessen äußere Umfangsfläche eine zurückgesetzte Querschnittsform hat.

{Fig. 13} **Fig. 13** ist eine erläuternde Ansicht zur Erläuterung eines Beispiels, in welchem ein Durchmesser eines Werkstücks gemessen wird, ohne dass zusätzlich ein Standard bereitgestellt wird, indem ein Teil des Werkstücks als ein Standard verwendet wird.

{Beschreibung von Ausführungsformen}

[Gesamtaufbau der Rundheitsmessvorrichtung]

[0014] **Fig. 1** ist eine perspektivische Außenansicht einer Rundheitsmessvorrichtung 10. Dabei sind in der Zeichnung die XYZ-Richtungen senkrecht zueinander, wobei die XY-Richtungen horizontale Richtungen und die Z-Richtung eine Auf-Ab-Richtung (Höhenrichtung) ist. Wie in **Fig. 1** dargestellt ist, misst die Rundheitsmessvorrichtung 10 den Durchmesser (Außendurchmesser) der Außenumfangsfläche eines Werkstücks W, das einen großen Durchmesser hat, zusätzlich zu der Rundheit und den Durchmesser eines Werkstücks W mit einer Umfangsfläche, die beispielsweise die Form eines Hohlzylinders, eines Vollzylinders, oder eines scheibenförmigen Objekts hat. Insbesondere ist nachfolgend in der vorliegenden Ausführungsform ein Messvorgang für den Durchmesser beschrieben, der ausgeführt wird durch die Rundheitsmessvorrichtung

10 auf einer Außenumfangsfläche des Werkstücks W, das einen großen Durchmesser und die Form eines Hohlzylinders hat. Da die Messung der Rundheit eines Werkstücks W eine bekannte Technik ist, wird eine detaillierte Beschreibung davon weggelassen.

[0015] Die Rundheitsmessvorrichtung 10 beinhaltet ein Grundgestell 12, einen Drehtisch 14 (auch als Halterung bezeichnet), einen Motor 15, eine Säule bzw. Stütze 16 (auch als Holm bezeichnet), einen Wagen 18 (auch als Gleitelement bezeichnet), einen horizontalen Arm bzw. Ausleger 20, einen Detektorhalter 22 und einen Detektor 24.

[0016] Das Grundgestell 12 ist ein Haltegestell (Grundständer), das alle Teile der Rundheitsmessvorrichtung 10 trägt. Der Drehtisch 14 und die Säule 16 sind auf der oberen Fläche des Grundgestells 12 vorgesehen. Der Motor 15 ist ebenfalls im Inneren des Grundgestells 12 vorgesehen.

[0017] Der Drehtisch 14 (der dem Tisch der vorliegenden Erfindung entspricht) wird von dem Motor 15 mittels eines Lagers, etwa einem Luftlager, drehbar gehalten. Auf der oberen Fläche des Drehtisches 14 werden das Werkstück W, das der Durchmesser-messung zu unterziehen ist, wobei das Werkstück W die Form eines Hohlzylinders (Ringform) und einen großen Durchmesser hat, und ein Standard MR, der zur Messung des Drehmittelpunkts CP des Drehtisches 14 verwendet wird, angeordnet.

[0018] Der Standard MR liegt in Form eines Vollzylinders (kann auch die Form eines Hohlzylinders oder eines scheibenförmigen Objekts haben) mit einem Durchmesser vor, der kleiner ist als der Innendurchmesser des Werkstücks W, und ist innerhalb des Werkstücks W auf dem Drehtisch 14 angeordnet. Der Standard MR unterscheidet sich von dem in den Patentschriften 1 und 2 und oben beschriebenen Referenzstück dahingehend, dass der Standard MR unkalibriert ist (hat keine garantierten Abmessungen), d.h., der Wert seines Durchmessers oder dergleichen muss nicht garantiert sein. Daher verursacht der Standard MR geringere Kosten als das Referenzstück.

[0019] Des Weiteren ist der Drehtisch 14 mit einem Drehmittelpunktjustiermechanismus 26 versehen, der verwendet wird, die Position des Drehtisches 14 in den XY-Richtungen einzustellen (kann auch zur Justierung einer Neigung in den XY-Richtungen verwendet werden). Eine Ausrichtung zwischen dem Mittelpunkt des Werkstücks W und dem Drehmittelpunkt CP des Drehtisches 14 kann durchgeführt werden, indem der Drehmittelpunktjustiermechanismus 26 und dergleichen entsprechend betrieben werden.

[0020] Der Motor 15 versetzt den Drehtisch 14 durch einen Antriebstriebmechanismus (nicht gezeigt) unter Steuerung einer Steuereinrichtung 30 (siehe **Fig. 2**), die weiter unten beschrieben ist, in Drehung, wenn der Durchmesser und die Rundheit des Werkstücks W gemessen werden. Zu beachten ist, dass ein bekannter Drehantriebsmechanismus, der nicht der Motor 15 ist, ebenfalls verwendet werden kann, um den Drehtisch 14 in Drehung zu versetzen.

[0021] Die Säule 16 ist auf der oberen Fläche des Grundgestells 12 neben dem Drehtisch 14 in der X-Richtung vorgesehen und hat eine Form, die sich in der Z-Richtung erstreckt. Der Wagen 18 ist auf der Säule 16 derart vorgesehen, dass er in der Z-Richtung bewegbar ist.

[0022] Der horizontale Arm 20 ist auf dem Wagen 18 so vorgesehen, dass er in der X-Richtung bewegbar ist. Der horizontale Arm 20 hat eine Form, die sich in der X-Richtung erstreckt, und der Detektor 24 ist mittels des Detektorhalters 22 auf der vordersten Seite des horizontalen Arms 20 angeordnet.

[0023] Der Detektor 24 beinhaltet eine Sonde 28 und eine Verschiebungserfassungseinheit (nicht gezeigt), etwa einen Differentialwandler. Der Detektor 24 erfasst eine Verschiebung der Sonde 28, die sich in der X-Richtung (Verschiebungsrichtung) rückwärts und vorwärts bewegt, und gibt ein Verschiebungserfassungssignal, das die Verschiebung kennzeichnet, an die Steuereinrichtung 30 (siehe **Fig. 2**) aus, die nachfolgend beschrieben ist. Die Sonde 28 ist mit einer Kugelspitze 28a an ihrem vorderen Spitzenbereich versehen. Die Kugelspitze 28a tritt mit der Außenumfangsfläche des Werkstücks W und der Außenumfangsfläche des Standards MR in Kontakt. Da der Aufbau des Detektors 24 bekannt ist, wird hier seine detaillierte Beschreibung weggelassen.

[0024] **Fig. 2** ist eine Funktionsblockansicht der Steuereinrichtung 30 der Rundheitsmessvorrichtung 10. Wie in **Fig. 2** dargestellt ist, beinhaltet die Steuereinrichtung 30 beispielsweise eine arithmetische Einrichtung, etwa einen Personalcomputer. Die Steuereinrichtung 30 steuert in zentralisierter Weise den Betrieb für die Teile der Rundheitsmessvorrichtung 10 und berechnet den Drehmittelpunkt CP des Drehtisches 14 und berechnet ferner den Durchmesser, die Rundheit, und dergleichen des Werkstücks W. Die Steuereinrichtung 30 beinhaltet eine arithmetische Schaltung, die diverse Prozessoren, einen Speicher, und dergleichen beinhalten kann. Die diversen Prozessoren umfassen beispielsweise eine zentrale Verarbeitungseinheit (CPU), eine Graphikverarbeitungseinheit (GPU), eine anwendungsspezifische integrierte Schaltung (ASIC) und speicherprogrammierbare Einrichtungen [beispielsweise einfache speicherprogrammierbare Einrichtungen

(SPLD), eine komplexe speicherprogrammierbare Einrichtung (CPLD) und vor Ort programmierbare Gatterarrays (FPGA)]. Zu beachten ist, dass diverse Funktionen der Steuereinrichtung 30 durch einen einzelnen Prozessor oder durch mehrere Prozessoren der gleichen Art oder unterschiedlicher Arten eingerichtet werden können.

[0025] Zusätzlich zu dem Motor 15 und dem Detektor 24, die zuvor beschrieben sind, sind eine Bedieneinheit 32, eine Positionserfassungseinheit 34, eine Anzeigeeinheit 36 und dergleichen mit der Steuereinrichtung 30 verbunden.

[0026] Es werden eine Tastatur, eine Maus, ein Bedienpaneel, ein Bedienknopf, und dergleichen als die Bedieneinheit 32 verwendet. Die Bedieneinheit 32 nimmt Eingaben aus diversen Bedienvorgängen, die von einem Bediener ausgeführt werden, auf.

[0027] Die Positionserfassungseinheit 34 beinhaltet beispielsweise einen X-Richtungslinearcodierer, der die Position des horizontalen Arms 20 erfasst, der den Detektor 24 in der X-Richtung bewegt, und einen Z-Richtungslinearcodierer, der die Position des Wagens 18 erfasst, der den Detektor 24 in der Z-Richtung bewegt. Die Positionserfassungseinheit 34 gibt ein Positionserfassungssignal, das jeweils von den Linearcodierern ausgegeben wird, an die Steuereinrichtung 30 aus. Dies macht es für die Steuereinrichtung 30 möglich, die Position (die X-Richtungsposition und die Z-Richtungsposition) des Detektors 24 auf der Grundlage der Positionserfassungssignale, die ihr aus der Positionserfassungseinheit 34 zugeleitet sind, zu erfassen.

[0028] Es sind diverse bekannte Bildschirme als die Anzeigeeinheit 36 verwendbar. Die Anzeigeeinheit 36 zeigt das Ergebnis der Berechnung des Drehmittelpunkts CP des Drehtisches 14, das von einer nachfolgend beschriebenen Drehmittelpunktberechnungseinheit 46 berechnet ist, das Ergebnis der Berechnung des Durchmessers des Werkstücks W durch die Durchmesserberechnungseinheit 56 und dergleichen an.

[0029] In der Rundheitsmessvorrichtung 10 wird zunächst die Position des Drehmittelpunkts CP des Drehtisches 14 unter Anwendung des Standards MR gemessen, und der Mittelpunkt des Werkstücks W und der Drehmittelpunkt CP des Drehtisches 14 werden auf Grundlage des Ergebnisses der Messung zueinander ausgerichtet. Anschließend wird der Durchmesser der Außenumfangsfläche des Werkstücks W gemessen.

[Steuereinrichtung]

[0030] Die Steuereinrichtung 30 dient als eine Drehmittelpunktmesseinheit 40, die die Position des

Drehmittelpunkts CP des Drehtisches 14 misst, und als eine Durchmessermeßeinheit 50, die den Durchmesser der Außenumfangsfläche des Werkstücks W misst, indem ein Steuerprogramm (nicht gezeigt), das in einer Speichereinheit (nicht gezeigt) gespeichert ist, ausgeführt wird. Zu beachten ist, dass das, was als „Einheit“ der Steuereinrichtung 30 beschrieben ist, eine „Schaltung“, „eine Vorrichtung“ oder „eine Einrichtung“ sein kann. Das heißt, etwas, das als „Einheit“ beschrieben ist, kann jede Art von Firmware, Software, Hardware und Kombination dieser Komponenten umfassen.

<Messung der Position des Drehmittelpunkts>

[0031] Die Rotationsmittelpunktmesseinheit 40 dient als eine Vor-Erfassungssteuereinheit 42, eine Vor-Erfassungssignalsammeleinheit 44 und eine Drehmittelpunktberechnungseinheit 46.

[0032] Die Vor-Erfassungssteuereinheit 42 steuert den Motor 15, den Detektor 24 und die Positionserfassungseinheit 34 beim Messen der Position des Drehmittelpunkts CP des Drehtisches 14.

[0033] Fig. 3 ist eine erläuternde Ansicht zur Erläuterung der Steuerung des Motors 15, des Detektors 24 und der Positionserfassungseinheit 34 mittels der Vor-Erfassungssteuereinheit 42. Zu beachten ist, dass der Standard MR und das Werkstück W zuvor auf dem Drehtisch 14 angeordnet (gesetzt) wurden. Ferner wird zuvor näherungsweise eine Ausrichtung zwischen dem Mittelpunkt des Standards MR und dem Drehmittelpunkt CP (geschätzte Position) durch ein bekanntes Verfahren unter Anwendung des Detektors 24, des Drehmittelpunktjustiermechanismus 26, und dergleichen ausgeführt.

[0034] Wie in einem Bereich, der durch das Bezugszeichen 3A der Fig. 3 bezeichnet ist, gezeigt ist, bringt ein Bediener die Kugelspitze 28a der Sonde 28 mit der Außenumfangsfläche des Standards MR von einer Seite XL in der X-Richtung her, die eine Verschiebungsrichtung ist, in Kontakt, und führt einen Bedienvorgang zum Starten der Detektion an der Bedieneinheit 32 aus. Folglich dient die Vor-Erfassungssteuereinheit 42 als die erste Erfassungssteuereinheit der vorliegenden Erfindung, um damit das Steuern für die erste Erfassung zu starten.

[0035] Die Vor-Erfassungssteuereinheit 42 steuert den Motor 15 derart an, dass der Drehtisch 14 zum Ausführen einer einzelnen Drehung bei der Steuerung der ersten Erfassung veranlasst wird. Folglich können der Standard MR und der Detektor 24 um den Drehmittelpunkt CP relativ zueinander in einem Zustand gedreht werden, in welchem die Sonde 28 mit der Außenumfangsfläche des Standards MR von der einen Seite XL her in Kontakt ist. Des Weiteren bewirkt die Vor-Erfassungssteuereinheit 42, dass der

Detektor 24 kontinuierlich die X-Richtungsverschiebung der Sonde 28 erfasst und die Verschiebungserfassungssignale an die Vor-Erfassungssignalsammeleinheit 44 während der Drehung des Drehtisches 14 ausgibt. Ferner bewirkt zu jeder Zeit vor, während oder nach der Drehung des Drehtisches 14 die Vor-Erfassungssteuereinheit 42, dass die Positionserfassungseinheit 34 die Positionserfassungssignale für den Detektor 24 an die Vor-Erfassungssignalsammeleinheit 44 ausgibt. Auf der Grundlage des Verschiebungserfassungssignals und der Positionserfassungssignale kann die Position der Sonde 28 (die Position der Kugelspitze 28a) während der Drehung des Drehtisches 14 während des Steuervorgangs für die erste Erfassung erhalten werden, d.h., es können Positionskordinaten in einem beliebigen Koordinatensystem der Rundheitsmessvorrichtung 10 erhalten werden.

[0036] Wie in einem Bereich, der mit dem Referenzzeichen 3B der **Fig. 3** bezeichnet ist, dargestellt ist, bringt nach dem Abschluss des Steuervorgangs für die erste Erfassung der Bediener die Kugelspitze 28a der Sonde 28 mit der Außenumfangsfläche des Standards MR von einer weiteren Seite XR (die Seite gegenüberliegend zu der einen Seite XL) in der X-Richtung her, die die Verschiebungsrichtung ist, in Kontakt, und führt danach einen Vorgang an der Bedieneinheit 32 zum Starten der Erfassung aus. Folglich dient die Vor-Erfassungssteuereinheit 42 als die zweite Erfassungssteuereinheit der vorliegenden Erfindung, um den Steuervorgang für die zweite Erfassung zu starten.

[0037] Die Vor-Erfassungssteuereinheit 42 steuert den Motor 15 derart an, dass er bewirkt, den Drehtisch 14 um eine einzelne Drehung auch in dem Steuervorgang für die zweite Erfassung zu drehen. Daher können der Standard MR und der Detektor 24 relativ zueinander um den Drehmittelpunkt CP in einem Zustand gedreht werden, in welchem die Sonde 28 mit der Außenumfangsfläche des Standards MR von der anderen Seite XR her in Kontakt ist. Wie bei dem zuvor beschriebenen Vorgang für die erste Erfassung bewirkt die Vor-Erfassungssteuereinheit 42, dass der Detektor 24 während der Drehung des Drehtisches 14 kontinuierlich die Verschiebungserfassungssignale an die Vor-Erfassungssignalsammeleinheit 44 ausgibt, und bewirkt, dass die Positionserfassungseinheit 34 die Positionserfassungssignale zu beliebiger Zeit, wie zuvor beschrieben ist, an die Vor-Erfassungssignalsammeleinheit 44 ausgibt. Daher können die Positionen (Positionskordinaten) der Sonde 28 erhalten werden, während der Drehtisch 14 in dem Steuervorgang für die zweite Erfassung gedreht wird.

[0038] Zu beachten ist, dass in dem Steuervorgang für die erste Erfassung und die zweite Erfassung die Kugelspitze 28a mit der Außenumfangsfläche des

Standards MR während einer einzelnen Umdrehung des Drehtisches 14 in Kontakt gehalten wird, da die ungefähre Ausrichtung zwischen dem Mittelpunkt des Standards MR und dem Drehmittelpunkt CP ausgeführt worden ist. Anders ausgedrückt, die ungefähre Ausrichtung bedeutet, dass die Mitte des Standards MR und der Drehmittelpunkt CP zueinander in einem Maße ausgerichtet sind, dass die Kugelspitze 28a mit der Außenumfangsfläche des Standards MR während einer einzelnen Drehung des Drehtisches 14 in Kontakt bleibt.

[0039] Es sei wieder auf **Fig. 2** zurückverwiesen; in dem Steuervorgang für die erste Erfassung und dem Steuervorgang für die zweite Erfassung dient die Vor-Erfassungssignalsammeleinheit 44 als eine Schnittstelle, die eine Eingabe des Verschiebungserfassungssignals aus dem Detektor 24 und eine Eingabe des Positionserfassungssignals aus der Positionserfassungseinheit 34 empfängt. Sowohl in dem Steuervorgang für die erste Erfassung als auch in dem Steuervorgang für die zweite Erfassung erfasst die Vor-Erfassungssignalsammeleinheit 44 kontinuierlich die Verschiebungserfassungssignale aus dem Detektor 24 und gibt die erhaltenen Verschiebungserfassungssignale während der einen Drehung des Drehtisches 14 an die Drehmittelpunktberechnungseinheit 46 aus, und erhält die Positionserfassungssignale aus der Positionserfassungseinheit 34 zu jeder Zeit und gibt die erhaltenen Positionserfassungssignale an die Drehmittelpunktberechnungseinheit 46 aus.

[0040] **Fig. 4** ist eine erläuternde Ansicht zur Erläuterung der Berechnung des Drehmittelpunkts CP des Drehtisches 14 mittels der Drehmittelpunktberechnungseinheit 46. Wie in **Fig. 4** und **Fig. 2**, die zuvor beschrieben sind, dargestellt ist, berechnet die Drehmittelpunktberechnungseinheit 46 einen Mittelwert A der Positionen der Sonde 28 (der Kugelspitze 28a) während einer Drehung des Drehtisches 14 auf der Grundlage der Verschiebungserfassungssignale und der Positionserfassungssignale, die in dem Steuervorgang für die erste Erfassung aus der Vor-Erfassungssignalsammeleinheit 44 zugeleitet werden. Ferner berechnet die Drehmittelpunktberechnungseinheit 46 einen Mittelwert B der Positionen der Sonde 28 während einer Drehung des Drehtisches 14 auf der Grundlage der Verschiebungserfassungssignale und der Positionserfassungssignale, die ihr von der Vor-Erfassungssignalsammeleinheit 44 in dem Steuervorgang für die zweite Erfassung zugeleitet werden.

[0041] Anschließend berechnet die Drehmittelpunktberechnungseinheit 46 die Position des Drehmittelpunkts CP des Drehtisches 14 in dem zuvor beschriebenen Koordinatensystem auf der Grundlage des Mittelwerts A und des Mittelwerts B, wobei

die Formel $[CP = A + (B - A)/2 = (A + B)/2]$ verwendet wird.

[0042] Wie zuvor beschrieben ist, kann in der vorliegenden Ausführungsform die Position des Drehmittelpunkts CP des Drehtisches 14 durch die Ausführung einer Messung an zwei Erfassungspunkten, die in der X-Richtung einander gegenüberliegen, durch den Steuervorgang für die erste Erfassung und den Steuervorgang für die zweite Erfassung gemessen werden (wobei kontinuierlich die Verschiebungserfassungssignale und die Positionserfassungssignale erfasst werden). Selbst wenn die Mitte des Standards MR und der Drehmittelpunkt CP des Drehtisches 14 nicht in präziser Weise miteinander übereinstimmen, d.h., die Mitte des Standards MR ist in Bezug auf den Drehmittelpunkt CP versetzt, dann kann auch in diesem Falle die Position des Drehmittelpunkts CP gemessen werden. Nachfolgend wird der Grund diesbezüglich erläutert.

[0043] Fig. 5 ist eine erläuternde Ansicht, die eine Verschiebung der Position der Sonde 28 (der Kugelspitze 28a) in dem Steuervorgang für die erste Erfassung und dem Steuervorgang für die zweite Erfassung zeigt. Dabei zeigt ein Bereich, der durch das Bezugszeichen 5A der Fig. 5 benannt ist, eine Verschiebung der Position der Sonde 28, wenn der Drehmittelpunkt CP des Drehtisches 14 und die Mitte des Standards MR miteinander übereinstimmen (ein Versatzbetrag = 0), und es zeigt ein Bereich, der durch das Bezugszeichen 5B benannt ist, die Verschiebung der Position der Sonde 28, wenn die Mitte des Standards MR in Bezug auf den Drehmittelpunkt CP verschoben ist.

[0044] Wie in dem durch das Bezugszeichen 5A der Fig. 5 benannten Bereich dargestellt ist, ist die Position der Sonde 28 während einer Umdrehung des Drehtisches 14 im Wesentlichen fixiert, wenn der Drehmittelpunkt CP des Drehtisches 14 und die Mitte des Standards MR miteinander übereinstimmen. Wenn andererseits, wie in dem Bereich, der durch das Bezugszeichen 5B der Fig. 5 benannt ist, die Mitte des Standards MR in Bezug auf den Drehmittelpunkt CP verschoben ist, dann wird während einer einzelnen Drehung des Drehtisches 14 die Position der Sonde 28 um ΔX in der X-Richtung verschoben.

[0045] Fig. 6 ist ein Graph, der die Verschiebung der Position der Sonde 28 in dem Steuervorgang für die erste Erfassung und dem Steuervorgang für die zweite Erfassung zeigt. Hier repräsentiert X1 (ohne Versatz) die Verschiebung der Position der Sonde 28 in dem Steuervorgang für die erste Erfassung, wenn der Drehmittelpunkt CP und die Mitte des Standards MR übereinstimmen. X1 (mit Versatz) repräsentiert die Verschiebung der Position der Sonde 28 in dem Steuervorgang für die erste Erfassung, wenn die

Mitte des Standards MR in Bezug auf den Drehmittelpunkt CP verschoben ist. Der Mittelwert A (mit Versatz) repräsentiert den Mittelwert von X1 (mit Versatz). X2 (ohne Versatz) repräsentiert die Verschiebung der Position der Sonde 28 in dem Steuervorgang für die zweite Erfassung, wenn der Drehmittelpunkt CP und die Mitte des Standards MR übereinstimmen. X2 (mit Versatz) repräsentiert die Verschiebung der Position der Sonde 28 in dem Steuervorgang für die zweite Erfassung, wenn die Mitte des Standards MR in Bezug auf den Drehmittelpunkt CP verschoben ist. Der Mittelwert B (mit Versatz) repräsentiert den Mittelwert von X1 (mit Versatz).

[0046] Fig. 7 ist eine erläuternde Ansicht zur Erläuterung der Position des Drehmittelpunkts CP $[CP = (A + B)/2]$, der auf der Grundlage der Mittelwerte A und B (mit Versatz) in Fig. 6 erhalten wird.

[0047] Wie in Fig. 6 gezeigt ist, sind der Mittelwert von X1 (ohne Versatz) und der Mittelwert A (mit Versatz) nicht gleich. Ebenso sind der Mittelwert von X2 (ohne Versatz) und der Mittelwert B (mit Versatz) nicht gleich. Das heißt, abhängig vom Vorhandensein oder von dem Fehlen eines Versatzes der Mitte des Standards MR in Bezug auf den Drehmittelpunkt CP des Drehtisches 14 ergibt sich eine Differenz in dem Mittelwert A während einer einzelnen Drehung des Drehtisches 14, und es ergibt sich eine Differenz in dem Mittelwert B während einer einzelnen Drehung des Drehtisches 14. Wenn daher die Mitte des Standards MR in Bezug auf den Drehmittelpunkt CP versetzt ist, kann das Ausführen entweder nur des Steuervorgangs für die erste Erfassung oder des Steuervorgangs für die zweite Erfassung nicht in genauer Weise zu der Position des Drehmittelpunkts CP führen.

[0048] Andererseits kann, wie in Fig. 7 gezeigt ist, der Einfluss des Versatzes der Mitte des Standards MR in Bezug auf den Drehmittelpunkt CP ignoriert werden, indem sowohl der Steuervorgang für die erste Erfassung als auch der Steuervorgang für die zweite Erfassung ausgeführt werden und indem die Position des Drehmittelpunkts CP des Drehtisches 14 aus dem Mittelwert A (mit Versatz) und dem Mittelwert B (mit Versatz) gewonnen wird. Selbst wenn die Mitte des Standards MR in Bezug auf den Drehmittelpunkt CP verschoben ist, kann folglich die Position des Drehmittelpunkts CP gemessen werden. Dadurch wird die Notwendigkeit für eine präzise Ausrichtung des Drehmittelpunkts CP in Bezug auf die Mitte des Standards MR vermieden. Damit ist es möglich, die Zeit und den Aufwand für den Bediener zu reduzieren und auch die Messzeit zu verkürzen.

[0049] Es sei wieder auf Fig. 2 verwiesen; die Drehmittelpunktberechnungseinheit 46 zeigt das Ergebnis der Messung der Position des Drehmittelpunkts

CP des Drehtisches 14 auf der Anzeigeeinheit 36 an. Daher kann der Bediener eine Ausrichtung zwischen der Mitte des Werkstücks W und dem Drehmittelpunkt CP (gemessener Wert) durch ein bekanntes Verfahren unter Anwendung des Detektors 24, des Drehmittelpunktjustiermechanismus 26 und dergleichen ausführen.

<Messung des Werkstückdurchmessers>

[0050] Die Durchmessermeßeinheit 50 dient als eine Erfassungssteuereinheit 52, eine Erfassungssignalsammeleinheit 54 und eine Durchmesserberechnungseinheit 56.

[0051] Die Erfassungssteuereinheit 52 steuert den Motor 15, den Detektor 24 und die Positionserfassungseinheit 34 während des Messens des Durchmessers des Werkstücks W.

[0052] Fig. 8 ist eine erläuternde Ansicht zur Erläuterung der Steuerung des Motors 15, des Detektors 24 und der Positionserfassungseinheit 34 mittels der Erfassungssteuereinheit 52. Zu beachten ist, dass, wie zuvor beschrieben ist, die Ausrichtung der Mitte des Werkstücks W in Bezug auf den Drehmittelpunkt CP auf der Grundlage des Ergebnisses der Messung des Drehmittelpunkts CP des Drehtisches 14 mittels der Drehmittelpunktmeßeinheit 40 abgeschlossen ist.

[0053] Wie in Fig. 8 gezeigt ist, bringt ein Bediener die Kugelspitze 28a der Sonde 28 mit der Außenumfangsfläche des Werkstücks W von der anderen Seite XR her in Kontakt und betätigt dann die Bedieneinheit 32 zum Starten der Erfassung. Daher dient die Erfassungssteuereinheit 52 als die dritte Erfassungssteuereinheit der vorliegenden Erfindung, um den Steuervorgang für die dritte Erfassung zu starten.

[0054] Die Erfassungssteuereinheit 52 steuert den Motor 15 dazu an, den Drehtisch 14 zu veranlassen, eine einzelne Drehung in dem Steuervorgang für die dritte Erfassung auszuführen. Daher können das Werkstück W und der Detektor 24 relativ zueinander um den Drehmittelpunkt CP in einem Zustand gedreht werden, in welchem die Sonde 28 mit der Außenumfangsfläche des Werkstücks W von der anderen Seite XR her in Kontakt ist. Gleichzeitig bewirkt, wie dies auch in dem Steuervorgang für die erste Erfassung und dem Steuervorgang für die zweite Erfassung, die zuvor beschrieben sind, der Fall ist, die Erfassungssteuereinheit 52, dass der Detektor 24 kontinuierlich die Verschiebungserfassungssignale an die Erfassungssignalsammeleinheit 54 während der Drehung des Drehtisches 14 ausgibt, und bewirkt ferner, dass die Positionserfassungseinheit 34 die Positionserfassungssignale an die Erfassungssignalsammeleinheit 54 jederzeit aus-

gibt. Daher können die Positionen (Positionskordinaten) der Sonde 28 erhalten werden, während der Drehtisch 14 in dem Steuervorgang für die dritte Erfassung sich dreht.

[0055] Zu beachten ist, dass in dem Steuervorgang für die dritte Erfassung die Kugelspitze 28a mit der Außenumfangsfläche des Werkstücks W während einer Drehung des Drehtisches 14 in Kontakt bleibt, da zuvor die Ausrichtung der Mitte des Werkstücks W in Bezug auf den Drehmittelpunkt CP des Drehtisches 14 ausgeführt worden ist.

[0056] Es sei wieder auf Fig. 2 verwiesen; in dem Steuervorgang für die dritte Erfassung dient die Erfassungssignalsammeleinheit 54 als eine Schnittstelle, die eine Eingabe in Form des Verschiebungserfassungssignals aus dem Detektor 24 und eine Eingabe in Form des Positionserfassungssignals aus der Positionserfassungseinheit 34 empfängt. In dem Steuervorgang für die dritte Erfassung erhält die Erfassungssignalsammeleinheit 54 kontinuierlich die Verschiebungserfassungssignale aus dem Detektor 24 und gibt die erhaltenen Verschiebungserfassungssignale während einer einzelnen Drehung des Drehtisches 14 an die Durchmesserberechnungseinheit 56 aus, und sie erhält jederzeit die Positionserfassungssignale aus der Positionserfassungseinheit 34 und gibt die erhaltenen Positionserfassungssignale an die Durchmesserberechnungseinheit 56 aus.

[0057] Fig. 9 ist eine erläuternde Ansicht zur Erläuterung der Berechnung eines Durchmessers D des Drehtisches 14 mittels der Durchmesserberechnungseinheit 56. Wie in Fig. 9 und Fig. 2, wie zuvor beschrieben ist, dargestellt ist, berechnet die Durchmesserberechnungseinheit 56 zunächst einen Mittelwert C der Positionen der Sonde 28 während einer einzelnen Drehung des Drehtisches 14 auf der Grundlage der Verschiebungserfassungssignale und der Positionserfassungssignale, die aus der Erfassungssignalsammeleinheit 54 in dem Steuervorgang für die dritte Erfassung zugeleitet werden.

[0058] Anschließend berechnet die Durchmesserberechnungseinheit 56 näherungsweise einen Radius R des Werkstücks W auf der Grundlage des Ergebnisses der Berechnung des Mittelwerts C und auf der Grundlage der Ergebnisse der Berechnung der Mittelwerte A und B durch die Drehmittelpunktberechnungseinheit 46, die zuvor beschrieben ist, wobei die Formel $[R = C - (A + B)/2]$ verwendet wird. Der näherungsweise bestimmte Radius R ist die Summe des tatsächlichen Radius des Werkstücks W und die Hälfte eines Durchmessers E der Kugelspitze 28a (d.h., der Radius der Kugelspitze 28a). Daraufhin berechnet die Durchmesserberechnungseinheit 56 den Durchmesser D des Werkstücks W auf der Grundlage des näherungsweise bestimmten Radius R und des bekannten Durchmessers E

der Kugelspitze 28a unter Anwendung der Formel $[D = (R - E/2) \times 2]$. Die Durchmesserberechnungseinheit 56 zeigt das Ergebnis der Berechnung des Durchmessers D auf der Anzeigeeinheit 36 an und speichert das Ergebnis in der Speichereinheit (nicht gezeigt).

[Funktion der vorliegenden Ausführungsform]

<Messung der Position des Drehmittelpunkts>

[0059] Fig. 10 ist ein Flussdiagramm, das einen Prozessablauf zum Messen der Position des Drehmittelpunkts CP des Drehtisches 14 entsprechend dem Verfahren zur Messung des Durchmessers der vorliegenden Erfindung darstellt. Wie in Fig. 10 gezeigt ist, ordnet ein Bediener zunächst den Standard MR und das Werkstück W auf dem Drehtisch 14 an (Schritt S1). Zu beachten ist, dass das Werkstück W nach Abschluss der Messung der Position des Drehmittelpunkts CP angeordnet werden kann. Anschließend führt der Bediener eine näherungsweise erfolgreiche Ausrichtung zwischen der Mitte des Standards MR und dem Drehmittelpunkt CP durch das bekannte Verfahren unter Anwendung des Detektors 24, des Drehmittelpunktjustiermechanismus 26 und dergleichen aus (Schritt S2). Wie zuvor mit Verweis auf Fig. 6 und Fig. 7 beschrieben ist, ist eine genaue Ausrichtung des Drehmittelpunkts CP zu der Mitte des Standards MR nicht erforderlich. Daher ist es möglich, die Zeit und den Aufwand für den Bediener zu verringern und auch die Messzeit zu verkürzen.

[0060] Nach Beendigung des Schritts S2 bringt, wie in dem Bereich dargestellt ist, der durch das Bezugszeichen 3A der zuvor beschriebenen Fig. 3 bezeichnet ist, der Bediener die Kugelspitze 28a der Sonde 28 mit der Außenumfangsfläche des Standards MR von der einen Seite XL her in Kontakt und betätigt die Bedieneinheit 32 zum Starten der Erfassung (Schritt S3). In Reaktion auf den Vorgang zum Starten der Erfassung werden die Vor-Erfassungssteuereinheit 42 und dergleichen aktiviert, um den Steuervorgang für die erste Erfassung zu beginnen.

[0061] Die Vor-Erfassungssteuereinheit 42 bewirkt, dass die Positionserfassungseinheit 34 die Positionserfassungssignale für den Detektor 24 an die Vor-Erfassungssignalsammeleinheit 44 ausgibt. Daher erhält die Vor-Erfassungssignalsammeleinheit 44 die Positionserfassungssignale und gibt die erhaltenen Positionserfassungssignale an die Drehmittelpunktberechnungseinheit 46 aus (Schritt S4). Zu beachten ist, dass der Schritt S4 nach dem Schritt S5 oder nach dem Schritt S7 ausgeführt werden kann.

[0062] Ferner steuert die Vor-Erfassungssteuereinheit 42 den Motor 15 an, so dass dieser mit der Dre-

hung des Drehtisches 14 beginnt (Schritt S5), und bewirkt, dass der Detektor 24 das Verschiebungserfassungssignal an die Vor-Erfassungssignalsammeleinheit 44 ausgibt. Folglich erhält die Vor-Erfassungssignalsammeleinheit 44 das Verschiebungserfassungssignal für die Sonde 28 und gibt das erhaltene Verschiebungserfassungssignal an die Drehmittelpunktberechnungseinheit 46 aus (Schritt S6).

[0063] Anschließend wird der Schritt S6 wiederholt ausgeführt, bis der Drehtisch 14 eine einzelne Drehung absolviert hat, so dass die Ausgabe des Verschiebungserfassungssignals aus dem Detektor 24 und die Erfassung des Verschiebungserfassungssignals und die Ausgabe des Verschiebungserfassungssignals an die Drehmittelpunktberechnungseinheit 46 durch die Vor-Erfassungssignalsammeleinheit 44 wiederholt ausgeführt werden (NEIN im Schritt S7).

[0064] Wenn der Drehtisch 14 eine einzelne Drehung durchläuft (JA im Schritt S7), dann beendet die Vor-Erfassungssteuereinheit 42 die Ansteuerung des Motors 15, um damit die Drehung des Drehtisches 14 anzuhalten. Zu beachten ist, dass die Schritte S3 bis S7 dem ersten Erfassungsschritt der vorliegenden Erfindung entsprechen.

[0065] Als nächstes bringt, wie in dem Bereich dargestellt sind, der durch das Bezugszeichen 3B in der zuvor beschriebenen Fig. 3 benannt ist, der Bediener die Kugelspitze 28a der Sonde 28 mit der Außenumfangsfläche des Standards MR von der anderen Seite XR her in Kontakt und betätigt dann die Bedieneinheit 32, um die Erfassung zu starten (Schritt S8). In Reaktion auf den Start der Erfassung werden die Vor-Erfassungssteuereinheit 42 und dergleichen entsprechend aktiviert, um den Steuervorgang für die zweite Erfassung zu beginnen.

[0066] Die Vor-Erfassungssteuereinheit 42 bewirkt wiederum, dass die Positionserfassungseinheit 34 die Positionserfassungssignale für den Detektor 24 an die Vor-Erfassungssignalsammeleinheit 44 ausgibt. Daher erhält die Vor-Erfassungssignalsammeleinheit 44 die Positionserfassungssignale und gibt die erhaltenen Positionserfassungssignale an die Drehmittelpunktberechnungseinheit 46 aus (Schritt S9). Zu beachten ist, dass der Schritt S9 nach dem Schritt S10 oder nach dem Schritt S12 ausgeführt werden kann.

[0067] Wie bei dem zuvor beschriebenen Steuervorgang für die erste Erfassung wird anschließend die Drehung des Drehtisches 14 gestartet (Schritt S10), und die Ausgabe des Verschiebungserfassungssignals aus dem Detektor 24 und die Erfassung des Verschiebungserfassungssignals und die Ausgabe des Verschiebungserfassungssignals an die Drehmittel-

punktberechnungseinheit 46 durch die Vor-Erfassungssignalsammeleinheit 44 werden während einer Drehung des Drehtisches 14 wiederholt ausgeführt (Schritt S11, NEIN im Schritt S12).

[0068] Wenn der Drehtisch 14 eine einzelne Drehung durchläuft (JA im Schritt S12), dann beendet die Vor-Erfassungssteuereinheit 42 die Ansteuerung des Motors 15, um damit die Drehung des Drehtisches 14 anzuhalten. Zu beachten ist, dass die Schritte S8 bis S12 dem zweiten Erfassungsschritt der vorliegenden Erfindung entsprechen.

[0069] Anschließend berechnet, wie in der zuvor beschriebenen **Fig. 4** dargestellt ist, die Drehmittelpunktberechnungseinheit 46 den Mittelwert A und den Mittelwert B auf der Grundlage der Verschiebungserfassungssignale und der Positionserfassungssignale, die ihr von der Vor-Erfassungssignalsammeleinheit 44 in dem Steuervorgang für die erste Erfassung und dem Steuervorgang für die zweite Erfassung zugeleitet werden. Anschließend berechnet die Drehmittelpunktberechnungseinheit 46 die Position des Drehmittelpunkts CP [$CP = (A + B)/2$] auf der Grundlage des Mittelwerts A und des Mittelwerts B und zeigt das Ergebnis der Berechnung auf der Anzeigeeinheit 36 an (Schritt S13, entspricht dem Drehmittelpunktberechnungsschritt der vorliegenden Erfindung).

<Messung des Durchmessers des Werkstücks>

[0070] **Fig. 11** ist ein Flussdiagramm, das einen Prozessablauf zum Messen des Durchmessers D des Werkstücks W gemäß dem Durchmesserermessverfahren der vorliegenden Erfindung zeigt. Wie in **Fig. 11** dargestellt ist, führt ein Bediener eine Ausrichtung der Mitte des Werkstücks W in Bezug auf den Drehmittelpunkt CP auf der Grundlage des Ergebnisses der Messung des Drehmittelpunkts CP unter Anwendung des bekannten Verfahrens aus, wobei der Detektor 24, der Drehmittelpunktjustiermechanismus 26 und dergleichen verwendet werden (Schritt S15, der dem Ausrichtungsschritt der vorliegenden Erfindung entspricht).

[0071] Nach Ende dieser approximierten Ausrichtung bringt, wie in der zuvor beschriebenen **Fig. 8** dargestellt ist, der Bediener die Kugelspitze 28a der Sonde 28 von der anderen Seite XR her mit der Außenumfangsfläche des Werkstücks W in Kontakt und führt dann eine Betätigung der Bedieneinheit 32 zum Starten der Erfassung aus (Schritt S16). In Reaktion auf den Start der Erfassung werden die Erfassungssteuereinheit 52 und dergleichen aktiviert, um den Steuervorgang für die dritte Erfassung zu beginnen.

[0072] Die Erfassungssteuereinheit 52 bewirkt, dass die Positionserfassungseinheit 34 das Positionser-

fassungssignal für den Detektor 24 an die Erfassungssignalsammeleinheit 54 ausgibt. Daher erhält die Erfassungssignalsammeleinheit 54 das Positionserfassungssignal und gibt das erhaltene Positionserfassungssignal an die Durchmesserberechnungseinheit 56 aus (Schritt S17). Zu beachten ist, dass der Schritt S17 nach dem Schritt S18 oder nach dem Schritt S20 ausgeführt werden kann.

[0073] Des Weiteren steuert die Erfassungssteuereinheit 52 den Motor 15 dazu an, die Drehung des Drehtisches 14 zu beginnen (Schritt S18), und sie bewirkt, dass der Detektor 24 das Verschiebungserfassungssignal an die Erfassungssignalsammeleinheit 54 ausgibt. Wie bei dem Steuervorgang für die erste Erfassung und dem Steuervorgang für die zweite Erfassung werden die Ausgabe des Verschiebungserfassungssignals aus dem Detektor 24 und die Erfassung des Verschiebungserfassungssignals und die Ausgabe des Verschiebungserfassungssignals an die Durchmesserberechnungseinheit 56 durch die Erfassungssignalsammeleinheit 54 während einer einzelnen Drehung des Drehtisches 14 wiederholt ausgeführt (Schritt S19), NEIN im Schritt S20).

[0074] Wenn der Drehtisch 14 eine einzelne Drehung durchläuft (JA im Schritt S20), dann beendet die Erfassungssteuereinheit 52 die Ansteuerung des Motors 15, um damit die Drehung des Drehtisches 14 anzuhalten. Zu beachten ist, dass die Schritte S16 bis S20 im dritten Erfassungsschritt der vorliegenden Erfindung entsprechen.

[0075] Anschließend berechnet, wie in der zuvor beschriebenen **Fig. 9** dargestellt ist, die Durchmesserberechnungseinheit 56 den Mittelwert C auf der Grundlage der Verschiebungserfassungssignale und der Positionserfassungssignale, die ihr aus der Erfassungssignalsammeleinheit 54 in dem Steuervorgang für die dritte Erfassung zugeleitet werden. Anschließend berechnet die Durchmesserberechnungseinheit 56 den näherungsweise bestimmten Radius R [$R = C - (A + B)/2$] auf der Grundlage des Mittelwerts C und der Mittelwerte A und B, die zuvor durch die Drehmittelpunktberechnungseinheit 46 berechnet wurden, und sie berechnet den Durchmesser D [$D = (R - E/2) \times 2$] des Werkstücks W auf der Grundlage des Ergebnisses der Berechnung des näherungsweise bestimmten Radius R und des bekannten Durchmessers E der Kugelspitze 28a (Schritt S21, entspricht dem Durchmesserberechnungsschritt der vorliegenden Erfindung). Das Ergebnis der Berechnung des Durchmessers D wird auf der Anzeigeeinheit 36 angezeigt und in der Speichereinheit (nicht gezeigt) gespeichert.

[Wirkungen der vorliegenden Ausführungsform]

[0076] Wie zuvor beschrieben ist, kann in der vorliegenden Ausführungsform die Position des Drehmittelpunkts CP unabhängig von dem Vorhandensein oder dem Fehlen eines Versatzes der Mitte des Standards MR in Bezug auf den Drehmittelpunkt CP des Drehtisches 14 gemessen werden, indem der Steuervorgang für die erste Erfassung und der Steuervorgang für die zweite Erfassung unter Anwendung des Standards MR ausgeführt werden. Dies ermöglicht eine Ausrichtung zwischen der Mitte des Werkstücks W und dem Drehmittelpunkt CP. Daher ist es möglich, den Durchmesser D des Werkstücks W lediglich dadurch zu messen, dass bewirkt wird, dass der Drehtisch 14 eine einzelne Drehung in einem Zustand durchläuft, in welchem die Sonde 28 mit einem Erfassungspunkt auf dem Werkstück W in Kontakt ist. Das heißt, es ist nicht erforderlich, die Sonde 28 mit zwei gegenüberliegenden Erfassungspunkten auf dem Werkstück W in Kontakt zu bringen, wie dies konventionellerweise der Fall ist. Folglich kann eine Durchmessermessung an dem Werkstück W, das einen großen Durchmesser hat, ausgeführt werden, ohne dass ein Referenzstück verwendet wird und ohne dass der horizontale Arm 20 einen langen Verfahrensweg hat.

[Erste zusätzliche Ausführungsform]

[0077] Fig. 12 ist eine erläuternde Ansicht zur Erläuterung der Messung des Durchmessers eines Werkstücks W, dessen Außenumfangsfläche eine zurückgesetzte Querschnittsform hat. Während in der vorhergehenden Ausführungsform die Querschnittsform der Außenumfangsfläche des Werkstücks W von ebener bzw. unstrukturierter Form ist, kann eine Nut bzw. Rille 100 mit einer zurückgesetzten Form in der Außenumfangsfläche in Umfangsrichtung ausgebildet sein, wie in Fig. 12 dargestellt ist. Die vorliegende Erfindung ist auf eine Messung des Durchmessers D der Bodenfläche der Nut 100 anwendbar. Eine Rundheitsmessvorrichtung 10 hat in diesem Falle im Wesentlichen den gleichen Aufbau wie die Rundheitsmessvorrichtung 10 der vorhergehenden Ausführungsform mit der Ausnahme, dass eine Sonde 102 anstelle der Sonde 28 vorgesehen ist. Es werden daher die gleichen Bezugszahlen oder Bezugszeichen verwendet, um Elemente zu bezeichnen, die in Funktion oder Aufbau identisch zu jenen in der vorhergehenden Ausführungsform sind, und ihre Beschreibung wird weggelassen.

[0078] Die Sonde 102 hat einen Spitzenbereich 102a, der im Wesentlichen in einer umgekehrten T-Form ausgebildet ist. Der Spitzenbereich 102a hat Spitzen 28b und 28c, die in der X-Richtung einen Abstand haben.

[0079] Wenn der Durchmesser D der Bodenfläche der Nut 100 unter Anwendung der Sonde 102 gemessen wird, werden der Steuervorgang für die erste Erfassung, der Steuervorgang für die zweite Erfassung und der Steuervorgang für die dritte Erfassung in ähnlicher Weise wie in der vorhergehenden Ausführungsform ausgeführt. In diesem Falle wird der näherungsweise bestimmte Radius R, der zuvor beschrieben ist, um eine Strecke F/2 von einem Mittelpunkt des Spitzenbereichs CS, der der Mittelwert des Spitzenbereichs 102a in der X-Richtung ist, zu der Spitze 28b hin verschoben, die mit der Bodenfläche der Nut 100 in Kontakt ist. Das heißt, dieser Fall ist äquivalent zu dem Fall, in welchem die Kugelspitze 28a für großen Durchmesser in der vorhergehenden Ausführungsform verwendet wird. Daher kann die Durchmesserberechnungseinheit 56 den Durchmesser D der Bodenfläche der Nut 100 unter Anwendung der Formel $[(R - F/2) \times 2 = (D/2) \times 2]$ ermitteln.

[Zweite zusätzliche Ausführungsform]

[0080] Fig. 13 ist eine erläuternde Ansicht zur Erläuterung eines Beispiels, in welchem der Durchmesser des Werkstücks W gemessen wird, ohne dass zusätzlich der Standard MR bereitgestellt wird, indem ein Bereich des Werkstücks W als der Standard MR verwendet wird. Wie in Fig. 13 dargestellt ist, kann die innere Umfangsfläche des Werkstücks W als die Umfangsfläche des Standards MR verwendet werden, wenn das Werkstück W in der Form eines Hohlzylinders vorliegt, d.h., wenn das Werkstück W eine Innenumfangsfläche (die der zweiten Umfangsfläche der vorliegenden Erfindung entspricht) hat, die konzentrisch zu der Außenumfangsfläche (die der ersten Umfangsfläche der vorliegenden Erfindung entspricht) ist und das Zielobjekt der Durchmessermessung ist.

[0081] Insbesondere wird, wie in einem Bereich dargestellt ist, der durch das Bezugszeichen 13A der Fig. 13 benannt ist, ein Steuervorgang für die erste Erfassung ausgeführt, um zu bewirken, dass der Drehtisch 14 eine Drehung in einem Zustand durchläuft, in welchem die Kugelspitze 28a der Sonde 28 mit der Innenumfangsfläche des Werkstücks W von der anderen Seite XR her in Kontakt tritt, wodurch die Positionserfassungssignale und Verschiebungserfassungssignale erhalten werden. Anschließend wird ein Steuervorgang für die zweite Erfassung ausgeführt, um zu bewirken, dass der Drehtisch 14 eine Drehung in einem Zustand durchläuft, in welchem die Kugelspitze 28a der Sonde 28 von der anderen Seite XL her mit der Innenumfangsfläche des Werkstücks W in Kontakt tritt, wodurch Positionserfassungssignale und Verschiebungserfassungssignale erhalten werden. Daher kann der Drehmittelpunkt CP des Drehtisches 14 in ähnlicher Weise wie in jeder der vorhergehenden Ausführungsformen gemessen werden.

[0082] Anschließend wird, wie in einem Bereich gezeigt ist, der durch das Bezugszeichen 13B der **Fig. 13** benannt ist, ein Steuervorgang für die dritte Erfassung ausgeführt, um zu bewirken, dass der Drehtisch 14 eine Drehung in einem Zustand durchläuft, in welchem die Kugelspitze 28a der Sonde 28 von der anderen Seite XR her mit der Außenumfangsfläche des Werkstücks W in Kontakt ist, wodurch Positionserfassungssignale und Verschiebungserfassungssignale erhalten werden. Daher kann der Durchmesser D des Werkstücks W in ähnlicher Weise wie in jeder der vorhergehenden Ausführungsformen gemessen werden.

[0083] Da das Werkstück W auch als der Standard MR verwendet werden kann, können auf diese Weise in der zweiten zusätzlichen Ausführungsform die Kosten im Vergleich zu jeder der vorhergehenden Ausführungsformen verringert werden. Insbesondere wenn der Innendurchmesser des Werkstücks W klein ist, kann ferner der Durchmesser (Außendurchmesser) des Werkstücks W gemessen werden, ohne dass der horizontale Arm 20, der einen langen Fahrweg hat, verwendet wird in ähnlicher Weise wie in jeder der vorhergehenden Ausführungsformen.

[0084] Zu beachten ist, dass, obwohl die Innenumfangsfläche des Werkstücks W, das eine Hohlzylinderform hat, als der Standard MR verwendet wird, um den Durchmesser D der Außenumfangsfläche des Werkstücks W zu messen, umgekehrt auch die Außenumfangsfläche (zweite Umfangsfläche) des Werkstücks W als der Standard MR verwendet werden kann, um den Durchmesser D der Innenumfangsfläche (erste Umfangsfläche) des Werkstücks W zu messen.

[Andere]

[0085] Obwohl in jeder der vorhergehenden Ausführungsformen der Durchmesser (Außendurchmesser) der Außenumfangsfläche des Werkstücks W, das die Form eines Hohlzylinders hat, gemessen wird, ist die vorliegende Erfindung auf die Messung des Durchmessers einer Umfangsfläche des Werkstücks W anwendbar, das diverse Formen aufweist (einschließlich eines Falles, in welchem ein Teil des Werkstücks W als die Umfangsfläche dient), etwa die Messung des Durchmessers (Außendurchmesser) der Außenumfangsfläche des Werkstücks W, das die Form eines Vollzylinders hat, die Messung des Durchmessers (Innendurchmesser) der Innenumfangsfläche des Werkstücks W, das die Form eines Hohlzylinders hat, oder die Messung des Durchmessers oder des Radius einer beliebigen Umfangsfläche des Werkstücks W, das im Aufbau die Form mehrerer Hohlzylinder hat. Ferner kann die Messung des Radius jeder Umfangsfläche

zusätzlich oder alternativ zur Messung des Durchmessers jeder Umfangsfläche ausgeführt werden.

[0086] Obwohl in der Ausführungsform und der ersten zusätzlichen Ausführungsform, die zuvor beschrieben sind, die Kugelspitze 28a der Sonde 28 mit zwei Erfassungspunkten auf der Außenumfangsfläche des Standards MR, der die Form eines Vollzylinders hat, in Kontakt gebracht wird, kann stattdessen die Kugelspitze 28a der Sonde 28 mit zwei Erfassungspunkten auf der Außenumfangsfläche oder der Innenumfangsfläche des Standards MR, der die Form eines Vollzylinders hat, in Kontakt gebracht werden.

[0087] Obwohl in jeder der vorhergehenden Ausführungsformen ein Bediener die Kugelspitze 28a der Sonde 28 manuell mit dem Werkstück W und dem Standard MR in Kontakt bringt, die approximiert die Ausrichtung zwischen der Mitte des Standards MR und dem Drehmittelpunkt CP des Drehtisches 14 manuell ausführt und die Ausrichtung zwischen der Mitte des Werkstücks W und des Drehmittelpunkts CP manuell ausführt, können diese Vorgänge beispielsweise durch ein bekanntes Messprogramm in automatisierter Weise ausgeführt werden.

[0088] Während in jeder der vorhergehenden Ausführungsformen der Drehtisch 14 veranlasst wird, genau eine Drehung in dem Steuervorgang für die erste Erfassung, dem Steuervorgang für die zweite Erfassung und dem Steuervorgang für die dritte Erfassung auszuführen, ist die Anzahl der Umdrehungen des Drehtisches 14 nicht auf eine spezielle Zahl beschränkt.

[0089] Obwohl die Rundheitsmessvorrichtung 10 jeder der vorhergehenden Ausführungsformen das Werkstück W oder den Standard MR und den Detektor 24 relativ zueinander um den Drehmittelpunkt CP herum durch Drehen des Drehtisches 14, auf welchem das Werkstück W und der Standard MR angeordnet sind, dreht, ist die vorliegende Erfindung auch auf die Rundheitsmessvorrichtung 10 mit Drehung des Detektors anwendbar, wobei der Detektor 24 um den Drehmittelpunkt CP gedreht wird, anstatt dass der Tisch, auf welchem das Werkstück W und der Standard MR angeordnet sind, gedreht wird.

Bezugszeichenliste

10	Rundheitsmessvorrichtung
12	Grundgestell
14	Drehtisch
15	Motor
16	Säule bzw. Stütze
18	Wagen

20	horizontaler Arm
22	Detektorhalter
24	Detektor
26	Drehmittelpunktjustiermechanismus
28	Sonde
28a	Kugelspitze
28b, 28c	Spitze
30	Steuereinrichtung
32	Bedieneinheit
34	Positionserfassungseinheit
36	Anzeigeeinheit
40	Drehmittelpunktmesseinheit
42	Vor-Erfassungssteuereinheit
44	Vor-Erfassungssignalsammeleinheit
46	Drehmittelpunktberechnungseinheit
50	Durchmessermesseinheit
52	Erfassungssteuereinheit
54	Erfassungssignalsammeleinheit
56	Durchmesserberechnungseinheit
100	Nut bzw. Rille
102	Sonde
102a	Spitzenbereich
A, B, C	Mittelwert
CP	Drehmittelpunkt
CS	Spitzenbereichsmittelpunkt
MR	Standard
R	näherungsweise bestimmter Radius
W	Werkstück
XL	eine Seite
XR	weitere Seite bzw. andere Seite

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- JP 1259211 [0004]
- JP 2012145494 [0004]

Patentansprüche

1. Ein Verfahren zur Messung eines Werkstückdurchmessers zum Messen eines Durchmessers eines Werkstücks unter Anwendung einer Rundheitsmessvorrichtung, die das auf einem Tisch angeordnete Werkstück und einen Detektor relativ zueinander um eine Drehachse in einem Zustand dreht, in welchem eine Sonde des Detektors mit einer Umfangsfläche des Werkstücks in Kontakt ist, wobei das Verfahren zur Messung des Werkstückdurchmessers umfasst:

einen ersten Erfassungsschritt zum Erfassen von Positionen der Sonde, während ein Standard, der unkalibriert ist und auf dem Tisch angeordnet ist, und der Detektor relativ zueinander um einen Drehmittelpunkt in einem Zustand gedreht werden, in welchem die Sonde mit einer Umfangsfläche des Standards von einer Seite in einer Verschiebungsrichtung der Sonde her in Kontakt ist;

einen zweiten Erfassungsschritt zum Erfassen von Positionen der Sonde, während der Standard und der Detektor relativ zueinander um den Drehmittelpunkt in einem Zustand gedreht werden, in welchem die Sonde mit der Umfangsfläche des Standards von einer weiteren Seite in der Verschiebungsrichtung her in Kontakt ist;

einen Drehmittelpunktberechnungsschritt zur Berechnung einer Position des Drehmittelpunkts auf der Grundlage der Positionen der Sonde, die in dem ersten Erfassungsschritt und dem zweiten Erfassungsschritt erfasst werden;

einen dritten Erfassungsschritt zum Erfassen von Positionen der Sonde, während das Werkstück und der Detektor relativ zueinander um den Drehmittelpunkt in einem Zustand gedreht werden, in welchem die Sonde mit dem Werkstück von der anderen Seite her in Kontakt ist; und

einen Durchmesserberechnungsschritt zur Berechnung eines Durchmessers der Umfangsfläche des Werkstücks auf der Grundlage der Positionen der Sonde, die in dem ersten Erfassungsschritt, dem zweiten Erfassungsschritt und dem dritten Erfassungsschritt erfasst werden.

2. Das Verfahren zur Messung eines Werkstückdurchmessers nach Anspruch 1, wobei der Standard und der Detektor relativ zueinander durch den Tisch um den Drehmittelpunkt herum gedreht werden, und

in dem Drehmittelpunktberechnungsschritt die Position CP des Drehmittelpunkts berechnet wird unter Anwendung einer Formel $[CP = A + (B - A)/2 = (A + B)/2]$, wobei A ein Mittelwert der in dem ersten Erfassungsschritt erfassten Positionen des Detektors ist, und B ein Mittelwert der in dem zweiten Erfassungsschritt erfassten Positionen des Detektors ist.

3. Das Verfahren zur Messung eines Werkstückdurchmessers nach Anspruch 2, wobei das Werkstück und der Detektor relativ zueinander um den Drehmittelpunkt durch Drehen des Tisches gedreht werden, und

in dem Durchmesserberechnungsschritt ein näherungsweise bestimmter Radius R des Werkstücks berechnet wird unter Verwendung einer Formel $[R = C - (A + B)/2]$, und der Durchmesser D der Umfangsfläche des Werkstücks berechnet wird unter Verwendung einer Formel $[D = (R - E/2) \times 2]$, wobei C ein Mittelwert der in dem dritten Erfassungsschritt erfassten Positionen des Detektors ist und E ein Durchmesser einer Kugelspitze der Sonde ist.

4. Das Verfahren zur Messung eines Werkstückdurchmessers nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei, wenn das Werkstück eine erste Umfangsfläche, die als die Umfangsfläche des Werkstücks dient, und eine zweite Umfangsfläche hat, die konzentrisch zu der ersten Umfangsfläche ist, die zweite Umfangsfläche als die Umfangsfläche des Standards verwendet wird.

5. Eine Rundheitsmessvorrichtung, die ein auf einem Tisch angeordnetes Werkstück und einen Detektor relativ zueinander um einen Drehmittelpunkt in einem Zustand dreht, in welchem eine Sonde des Detektors mit einer Umfangsfläche des Werkstücks in Kontakt ist, wobei die Rundheitsmessvorrichtung aufweist:

eine erste Erfassungssteuereinheit, die Positionen der Sonde erfasst, während ein Standard, der nicht kalibriert und auf dem Tisch angeordnet ist, und der Detektor relativ zueinander um den Drehmittelpunkt in einem Zustand gedreht werden, in welchem die Sonde mit einer Umfangsfläche des Standards von einer Seite in einer Verschiebungsrichtung der Sonde her in Kontakt ist;

eine zweite Erfassungssteuereinheit, die Positionen der Sonde erfasst, während der Standard und der Detektor relativ zueinander um den Drehmittelpunkt in einem Zustand gedreht werden, in welchem die Sonde mit der Umfangsfläche des Standards von einer weiteren Seite in der Verschiebungsrichtung her in Kontakt ist;

eine Drehmittelpunktberechnungseinheit, die eine Position des Drehmittelpunkts auf der Grundlage der durch die erste Erfassungssteuereinheit und die zweite Erfassungssteuereinheit erfassten Positionen der Sonde berechnet;

eine dritte Erfassungssteuereinheit, die Positionen der Sonde erfasst, während das Werkstück und der Detektor relativ zueinander um den Drehmittelpunkt in einem Zustand gedreht werden, in welchem die Sonde mit dem Werkstück von der anderen Seite her in Kontakt ist; und

eine Durchmesserberechnungseinheit, die einen Durchmesser der Umfangsfläche des Werkstücks

auf der Grundlage der durch die erste Erfassungsteuereinheit, die zweite Erfassungsteuereinheit und die dritte Erfassungsteuereinheit erfassten Positionen der Sonde berechnet.

Es folgen 13 Seiten Zeichnungen

FIG.1

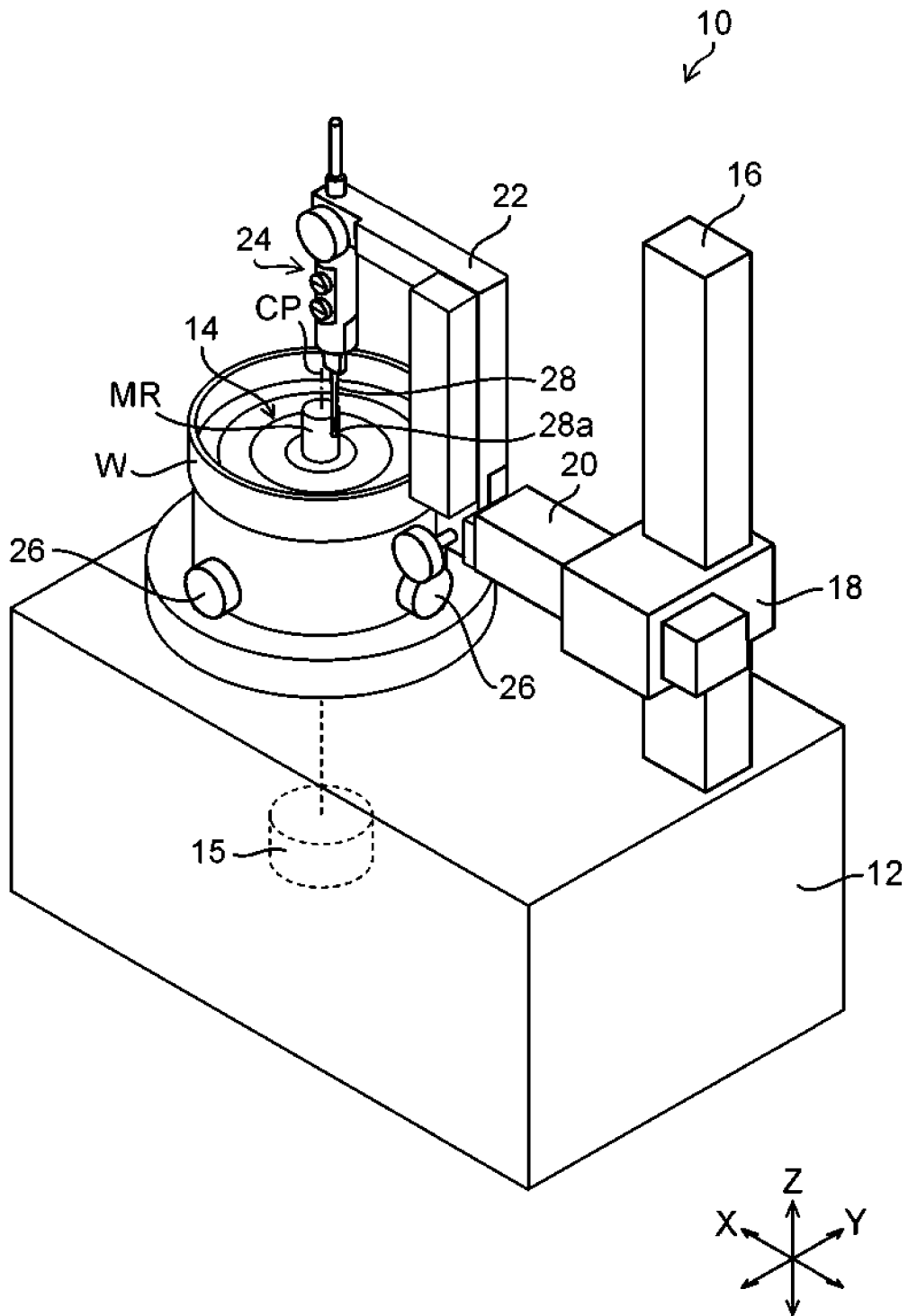


FIG.2

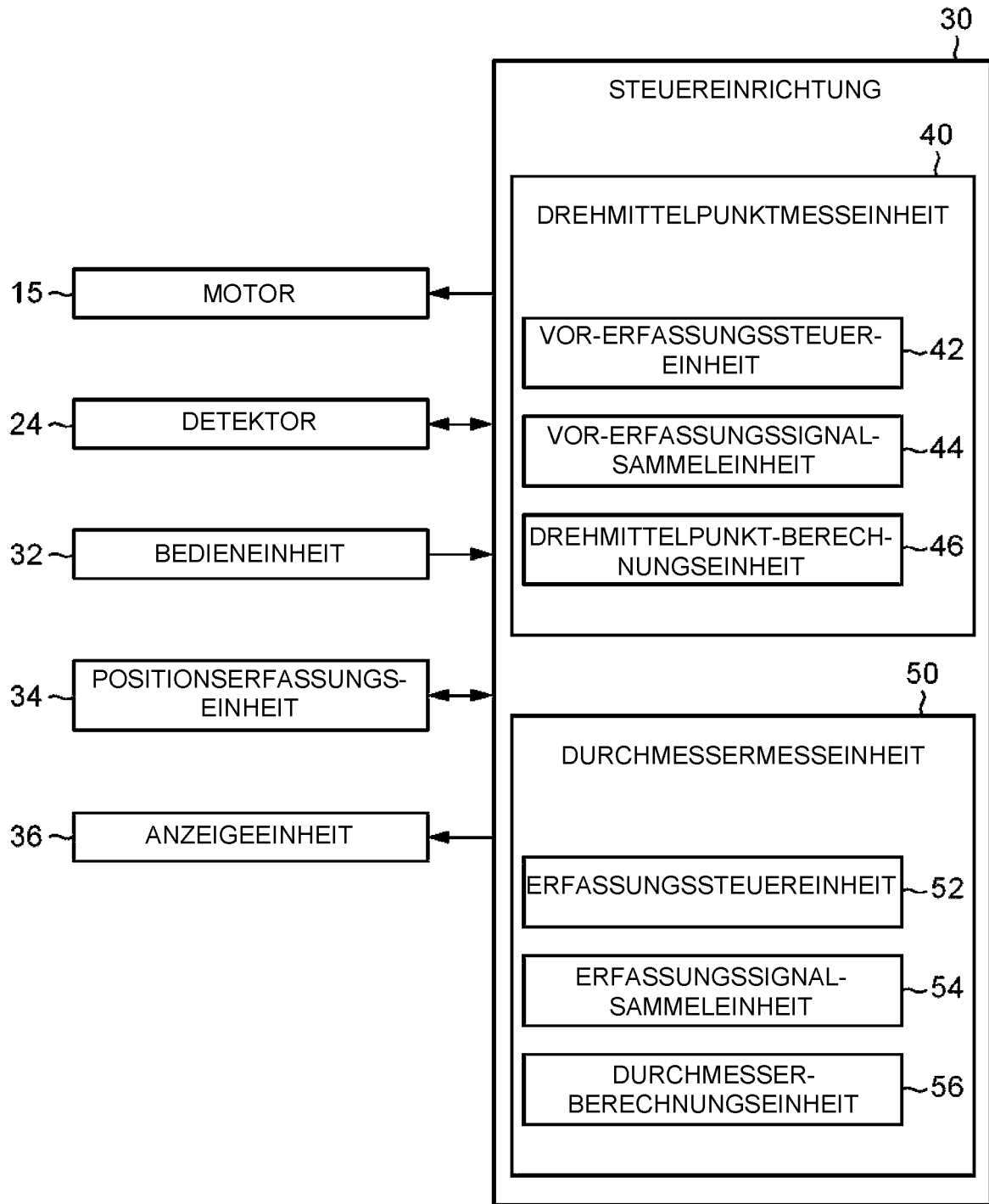


FIG.3

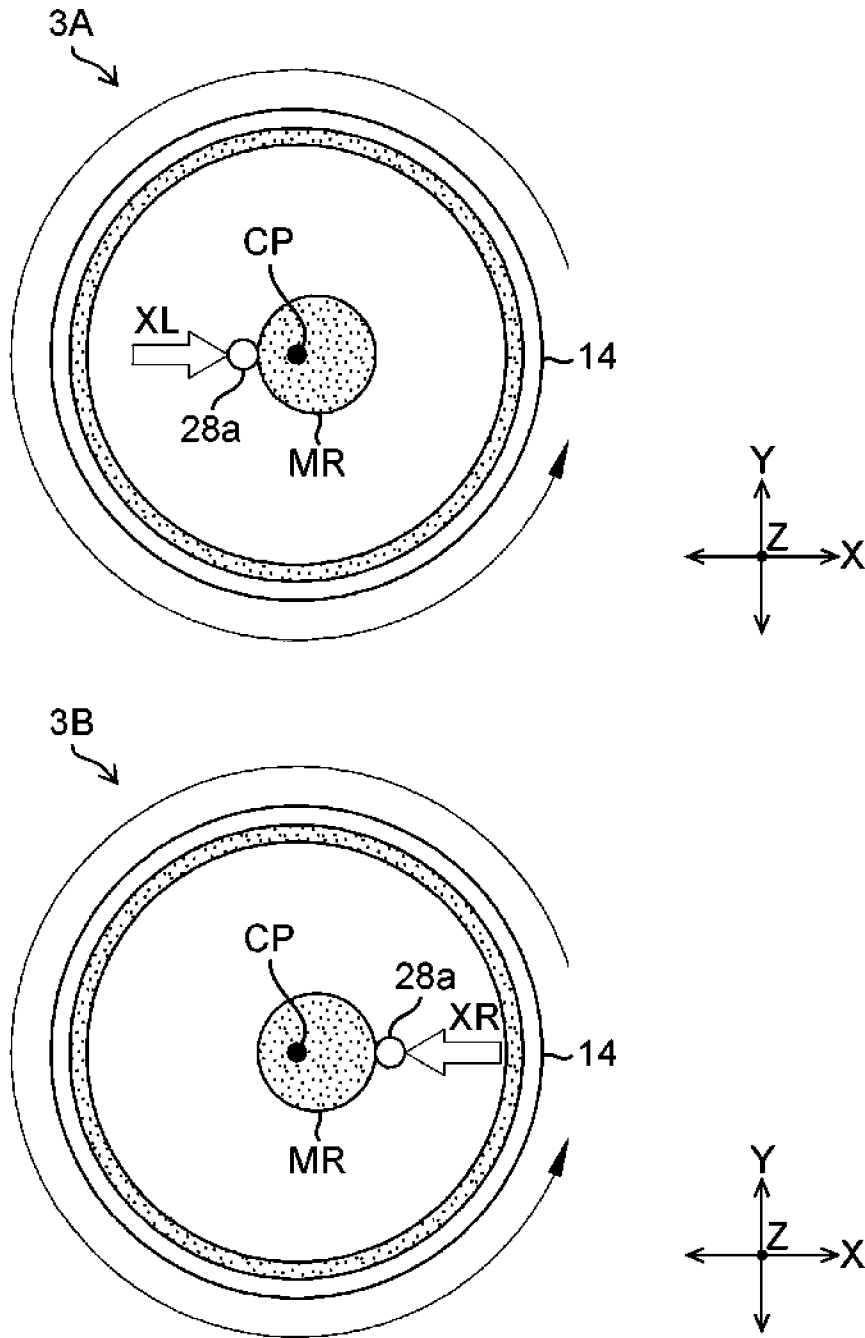


FIG.4

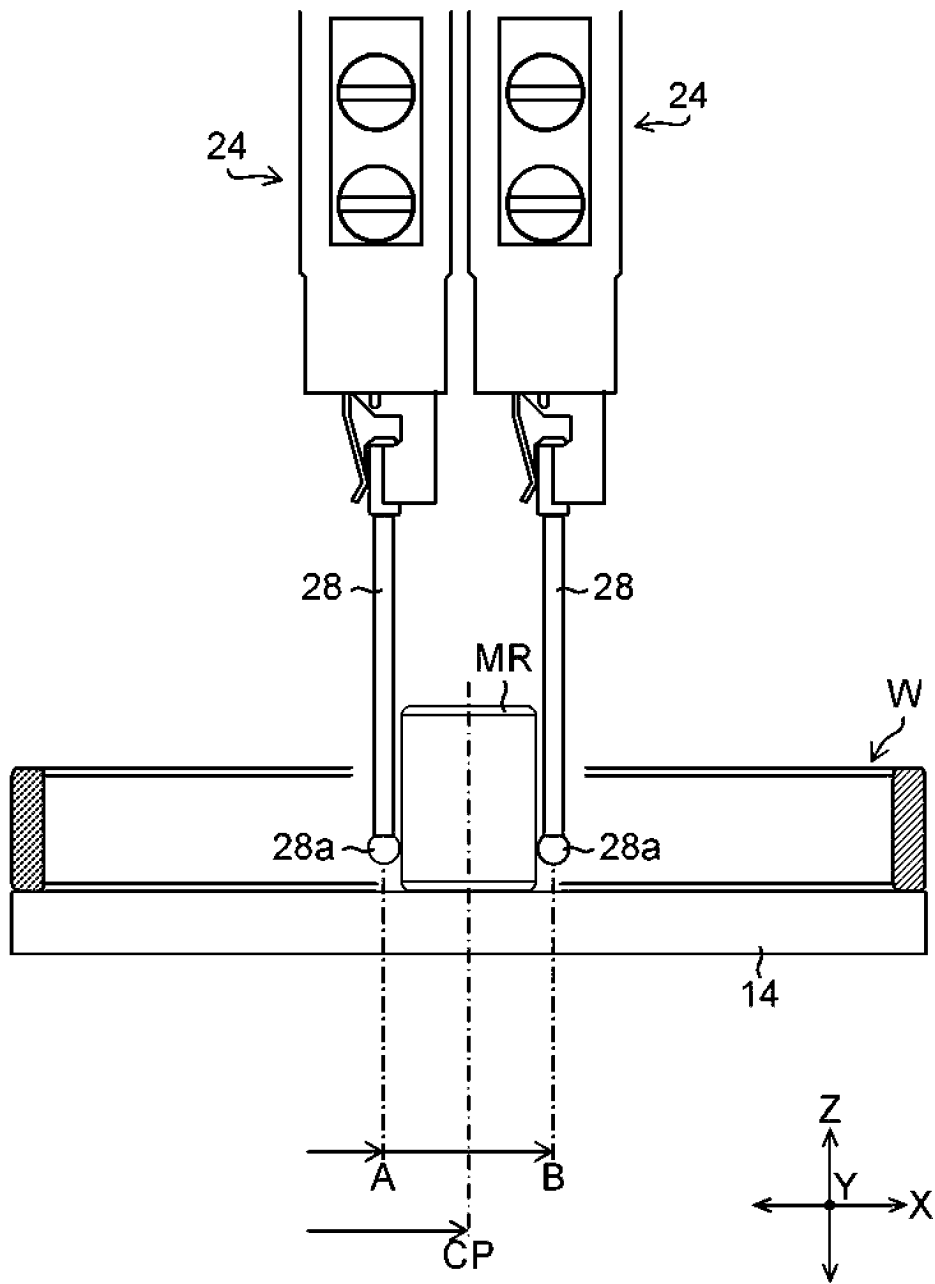


FIG.5

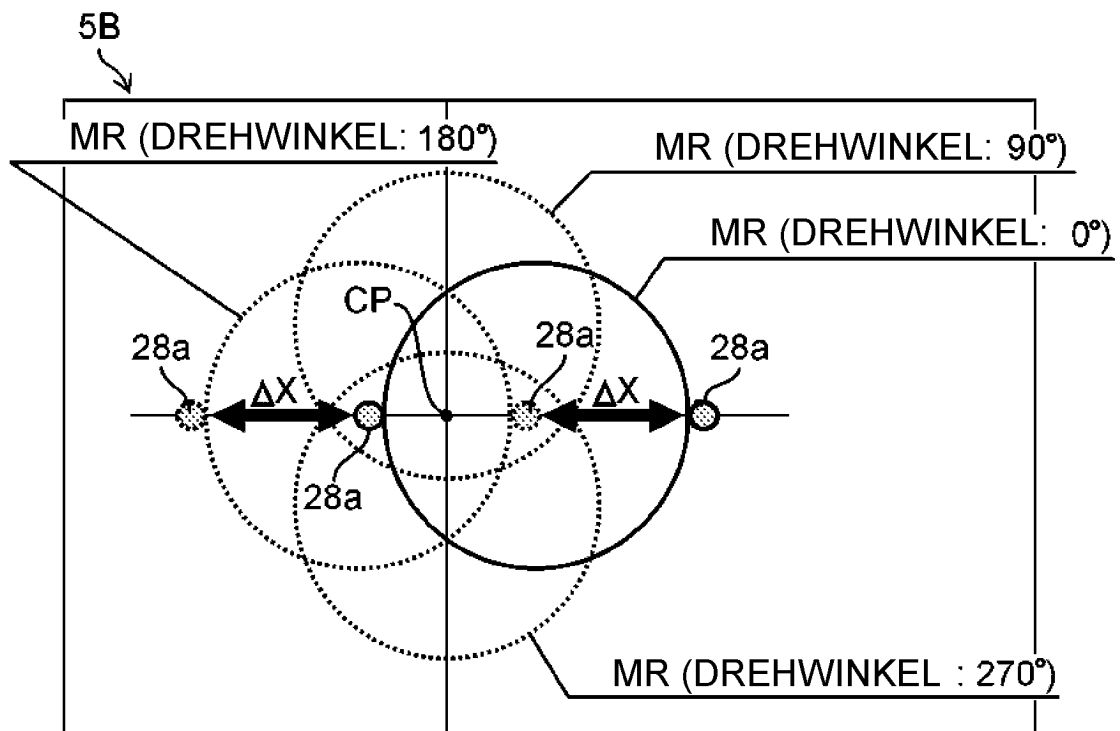
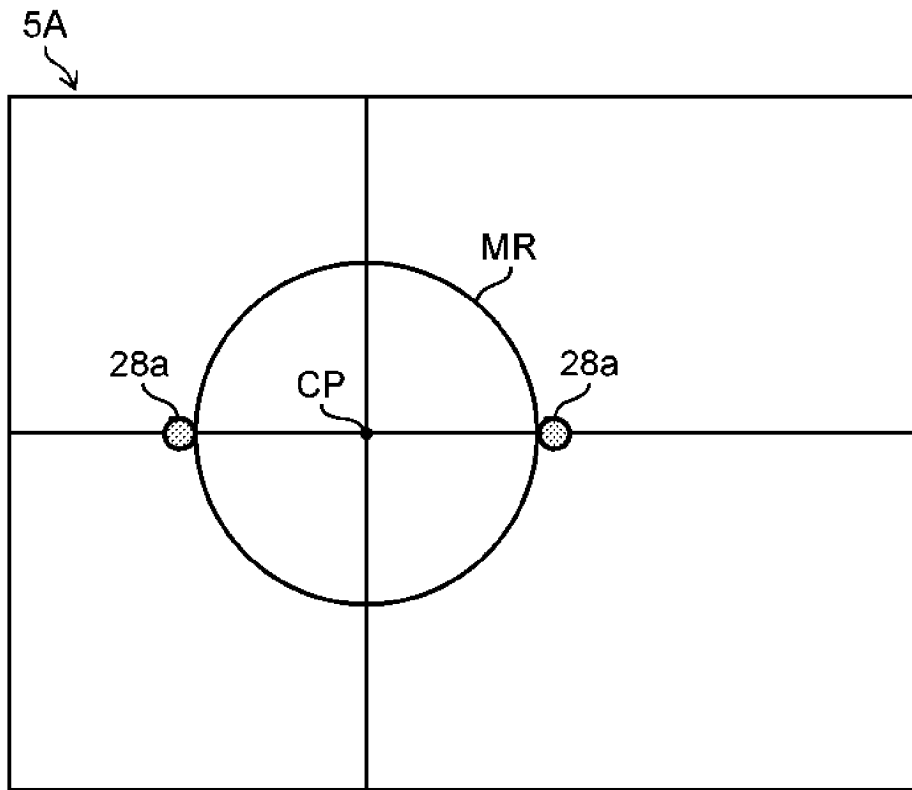


FIG.6

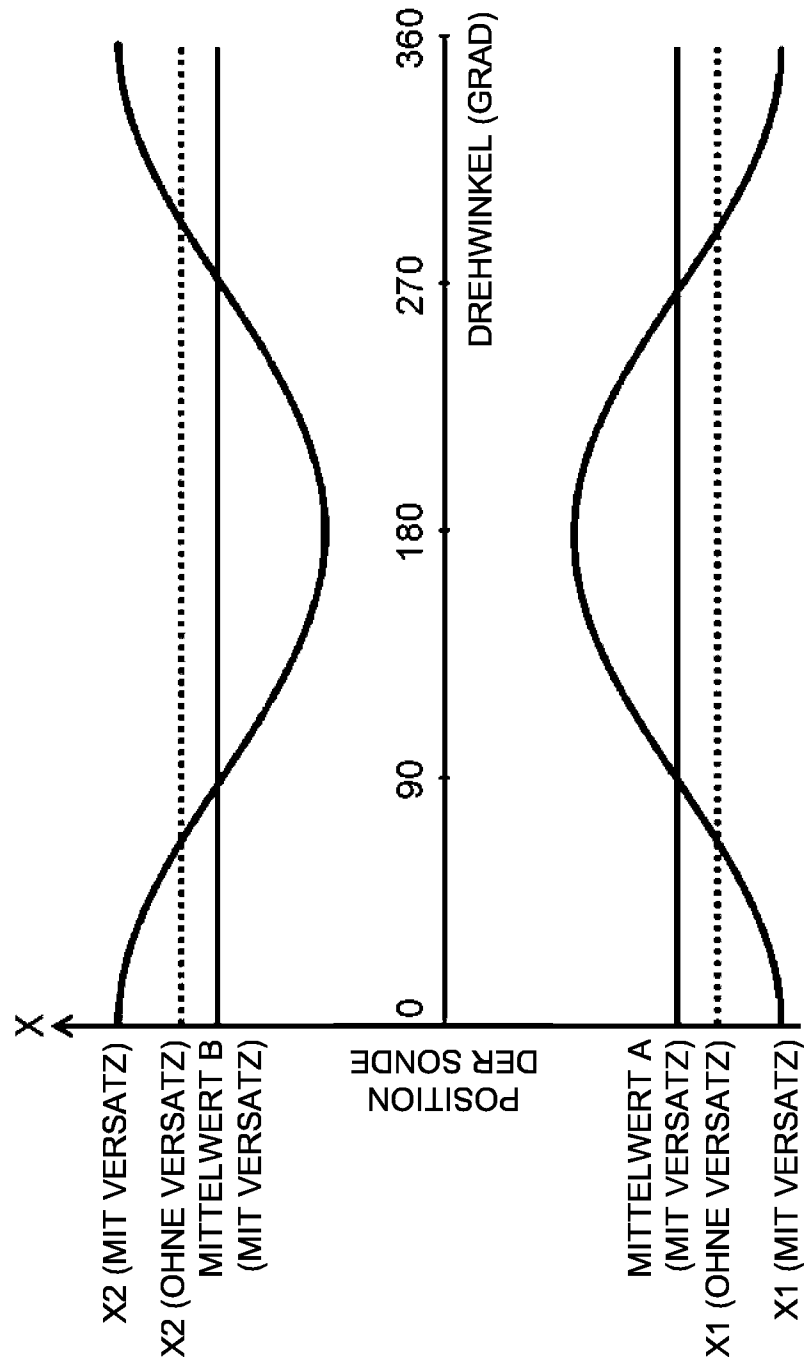


FIG.7

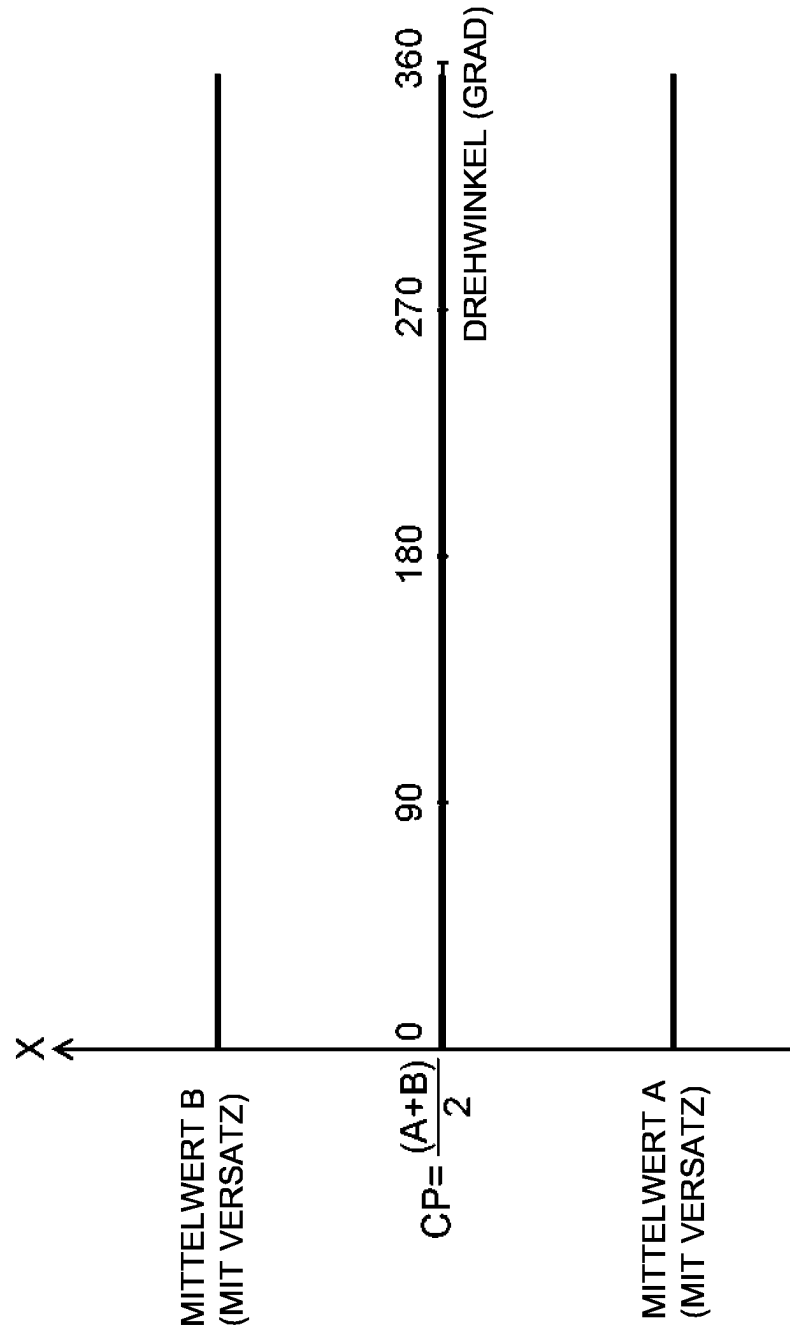


FIG.8

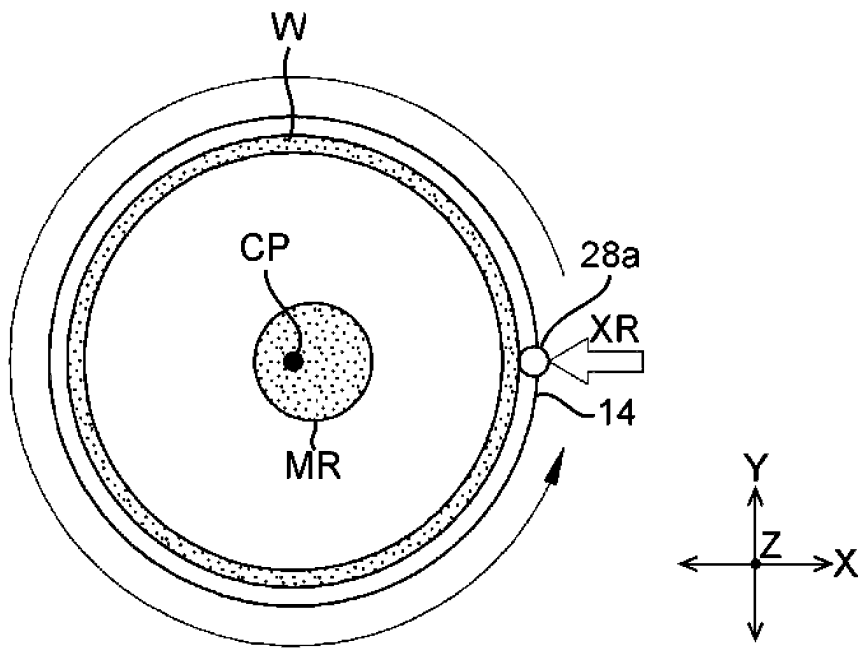


FIG.9

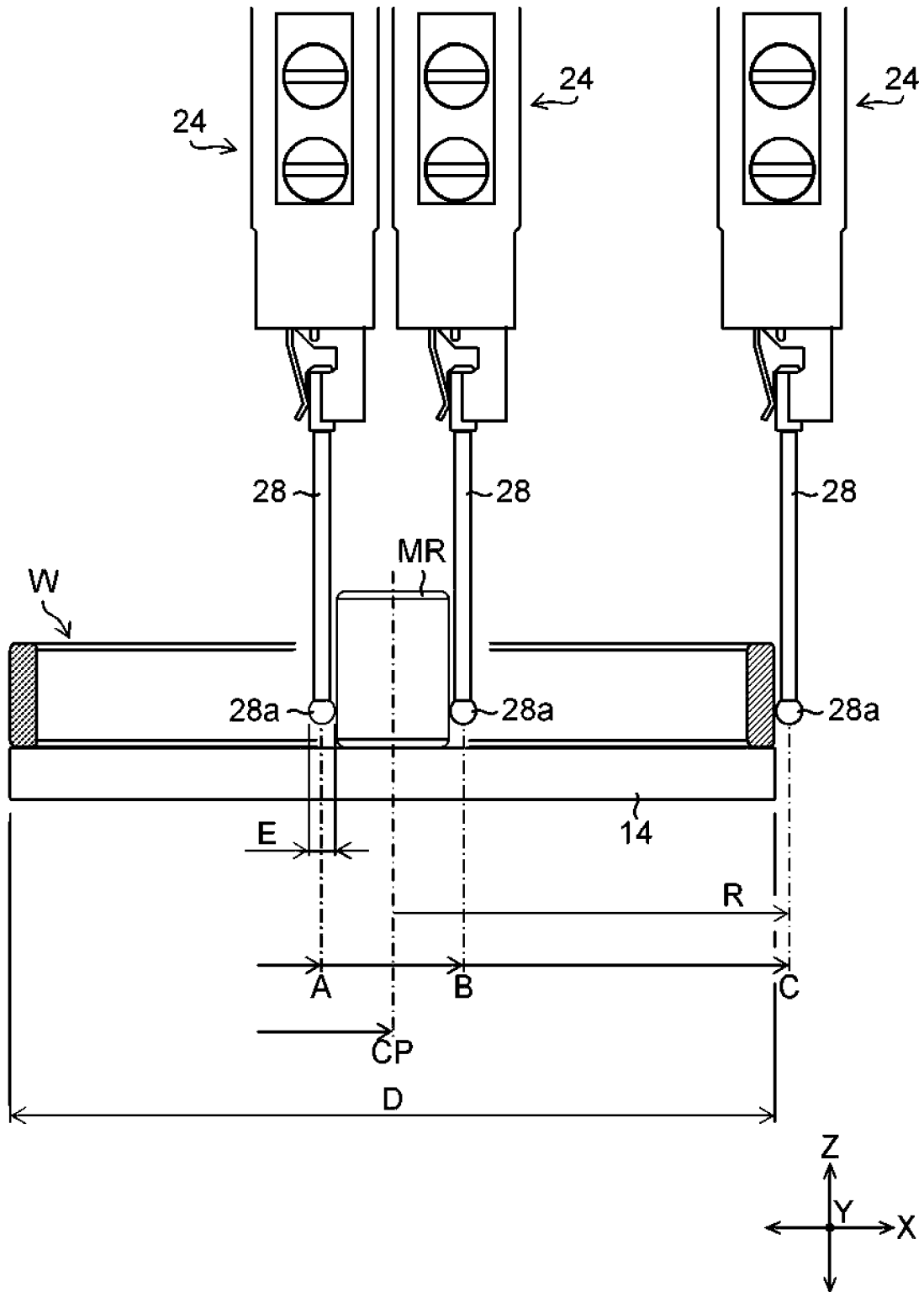


FIG.10

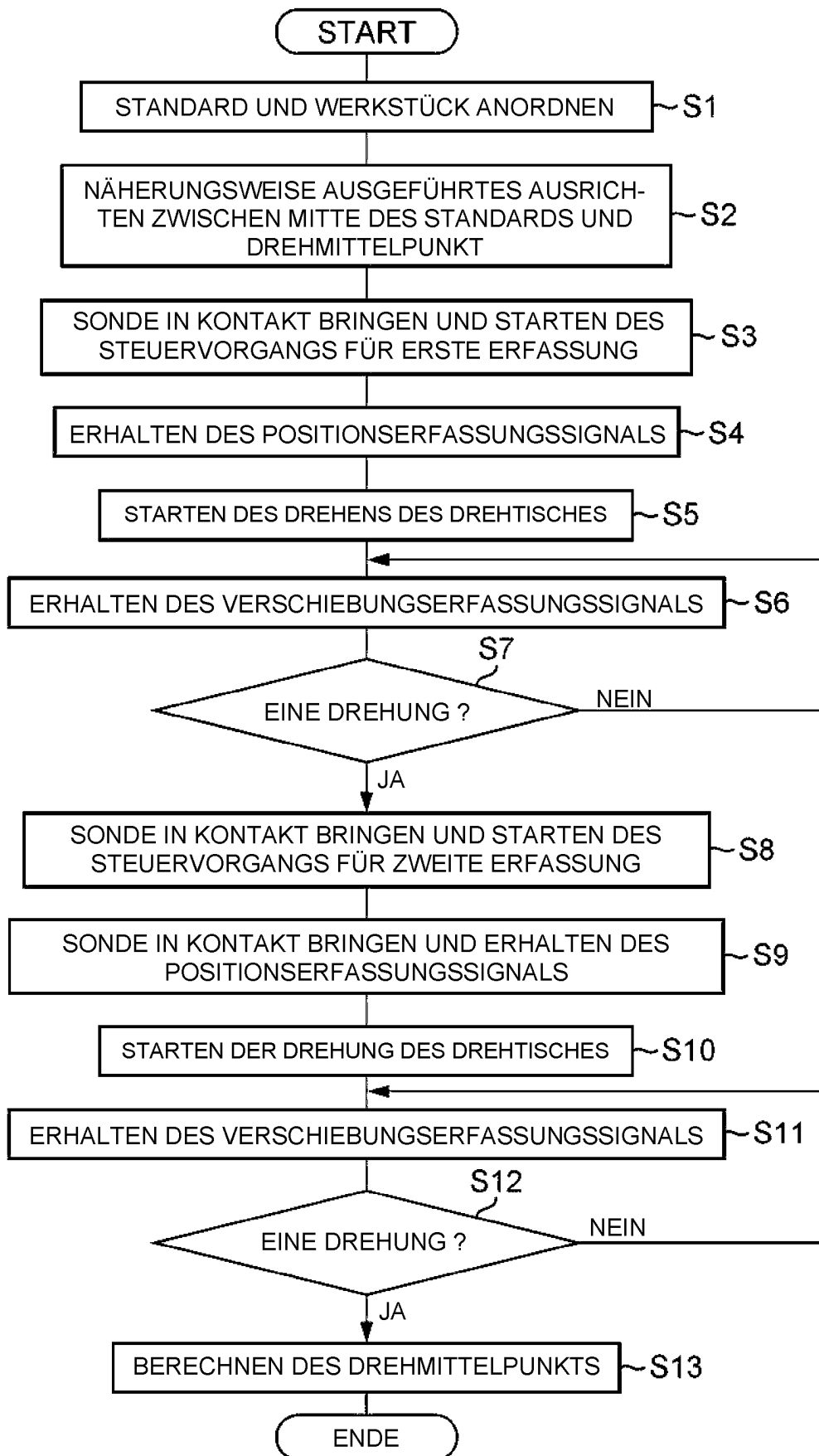


FIG.11

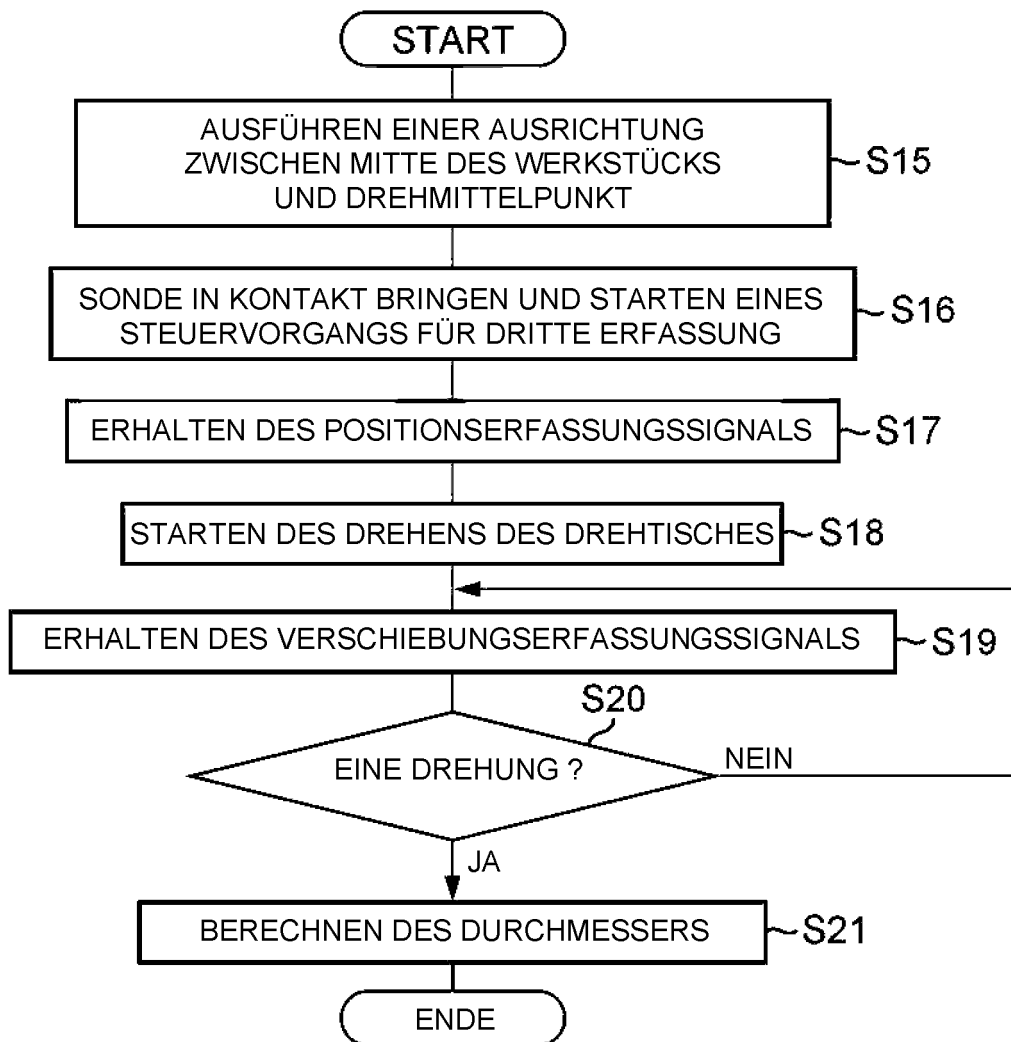


FIG.12

