



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT  
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH 720 657 B1

(51) Int. Cl.: G01B 5/00 (2006.01)  
G01B 3/22 (2006.01)  
B23Q 17/20 (2006.01)

## Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

## (12) PATENTSCHRIFT

(21) Anmeldenummer: 000666/2024

(22) Anmeldedatum: 01.09.2023

(43) Anmeldung veröffentlicht: 14.03.2024

(30) Priorität: 09.09.2022 JP 2022-143591  
29.05.2023 JP 2023-087410  
24.08.2023 JP 2023-136326

(24) Patent erteilt: 31.03.2025

(45) Patentschrift veröffentlicht: 31.03.2025

(73) Inhaber:  
DMG MORI CO., LTD.,  
106, Kitakoriyama-cho Yamatokoriyama-shi  
Nara 639-1160 (JP)

(72) Erfinder:  
Hisashi Mitsuda, Kanagawa 259-1146 (JP)  
Ken Onoe, Kanagawa 259-1146 (JP)  
Ryosuke Kamiko, Kanagawa 259-1146 (JP)  
Hideo Maejima, Kanagawa 259-1146 (JP)

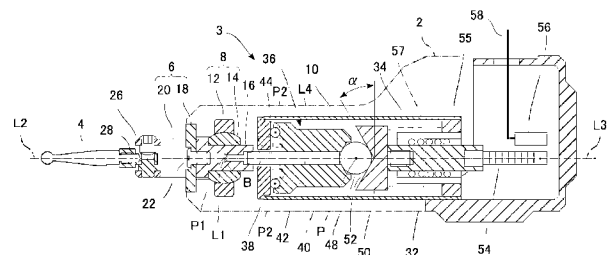
(74) Vertreter:  
Hepp Wenger Ryffel AG, Friedtalweg 5  
9500 Wil (CH)

(86) Internationale Anmeldung:  
PCT/JP 2023/032046

(87) Internationale Veröffentlichung:  
WO 2024/053571

## (54) VERSETZUNGSERFASSUNGSVORRICHTUNG

(57) Eine Versetzungserfassungsrichtung umfasst: einen Taststift (4), der sich bei Kontakt mit einem Messobjekt mit einem ersten Drehpunkt (P1) als Basispunkt dreht; eine Welle (32), auf der eine Skala (54) vorgesehen ist; einen Versetzungsübertragungsmechanismus, der die Versetzung des Taststiftes (4) auf die Welle (32) überträgt; und einen Sensor (56), der die Versetzung der Skala (54) erfasst. Der Versetzungsübertragungsmechanismus umfasst (i) den ersten Drehpunkt (P1), der auf der Wellenachse vorgesehen ist, (ii) einen zweiten Drehpunkt (P2), der nahe an der Welle (32) als der erste Drehpunkt (P1) und versetzt von der Wellenachse vorgesehen ist, und (iii) ein Verbindungselement, das zwischen der Welle und dem Taststift vorgesehen ist, und die Welle erstens in der Wellenrichtung der Wellenachse, welche der axialen Richtung der Welle (32) entspricht, versetzt wird, indem das Verbindungselement (36) mit dem ersten Drehpunkt (P1) als Basispunkt gemäß einer Drehung des Taststifts (4) gedrückt wird, und die Welle (32) zweitens in der Wellenrichtung der Wellenachse versetzt wird, indem das Verbindungselement mit dem zweiten Drehpunkt (P2) als Basispunkt gemäß einer Drehung des Taststifts (4) gedreht wird.



## Beschreibung

### Technisches Gebiet

[0001] Diese vorliegende Erfindung betrifft eine Versetzungserfassungsvorrichtung, die eine Versetzung durch Drehung eines Taststifts erfasst.

### Stand der Technik

[0002] Als Versetzungserfassungsvorrichtungen sind Fühlhebelmessgeräte (hebelartige Messgeräte bzw. Messuhren) bekannt. Fühlhebelmessgeräte verfügen über einen Taststift mit einer Kontaktvorrichtung, eine Skala, die in Verbindung mit der Drehung des Taststiftes in der axialen Richtung versetzt bzw. verschoben wird, und einen Sensor, der die Versetzung der Skala erfasst (siehe Patentliteratur 1).

[0003] Ein solches Fühlhebelmessgerät kann die Oberflächenform und Versetzung des Messobjekts messen, indem es die Rotationsversetzung des Taststifts erfasst, wenn der Taststift das Messobjekt berührt, und die Rotationsversetzung in die Axialverschiebung der Skala umwandelt. Indem der Taststift mit einem von der Spindel einer Werkzeugmaschine gehaltenen Werkstück in Kontakt gebracht und das Werkstück in diesem Zustand gedreht wird, kann auch der Planschlag des Werkstücks gemessen werden.

### Liste des Standes der Technik

[0004] Patentliteratur 1: JP 2021-071376 A

### Zusammenfassung

#### Technisches Problem

[0005] Da jedoch die Versetzung der Skala in Bezug auf den Betrag der Drehung des Taststifts sehr klein ist, ist es für den Sensor nicht einfach, die winzige Versetzung mit hoher Genauigkeit zu erfassen.

#### Lösung des Problems

[0006] Eine Versetzungserfassungsvorrichtung in einer Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung umfasst: einen Taststift, der sich mit einem ersten Drehpunkt als Basispunkt bei Kontakt mit einem Messobjekt dreht; eine Welle, auf der eine Skala vorgesehen ist; einen Versetzungsübertragungsmechanismus, der die Versetzung des Taststiftes auf die Welle überträgt; und einen Sensor, der die Versetzung der Skala erfasst.

[0007] Der Versetzungsübertragungsmechanismus umfasst (i) den ersten Drehpunkt, der auf der Wellenachse vorgesehen ist, (ii) einen zweiten Drehpunkt, der näher an der Welle als der erste Drehpunkt und versetzt von der Wellenachse vorgesehen ist, und (iii) ein Verbindungselement, das zwischen der Welle und dem Taststift vorgesehen ist, und wobei die Welle erstens in der Wellenrichtung der Wellenachse versetzt wird, indem das Verbindungselement mit dem ersten Drehpunkt als Basispunkt gemäß der Drehung des Taststifts gedrückt wird, und die Welle zweitens in der Wellenrichtung der Wellenachse versetzt wird, indem das Verbindungselement mit dem zweiten Drehpunkt als Basispunkt gemäß der Drehung des Taststifts gedreht wird.

#### Vorteilhafte Wirkungen der Erfindung

[0008] Die vorliegende Erfindung kann eine Versetzungserfassungsvorrichtung bereitstellen, die in der Lage ist, die Versetzung eines Messobjekts genau zu erfassen.

#### Kurzbeschreibung der Zeichnungen

##### [0009]

- |                |   |
|----------------|---|
| FIG. 1         | zeigt eine perspektivische Ansicht, die das äußere Erscheinungsbild einer Versetzungserfassungsvorrichtung gemäß einer Ausführungsform der Erfindung darstellt. |
| FIG. 2         | zeigt eine Ansicht, die den inneren Aufbau des Messgerätes darstellt.   |
| FIG. 3         | zeigt eine Ansicht, die den inneren Aufbau des Messgerätes darstellt.   |
| FIG. 4         | zeigt eine Schnittdarstellung entlang der Linie A-A von FIG. 3.   |
| FIG. 5A bis 5C | stellen die Ausführung eines Verbindungselements im Detail dar.   |
| FIG. 6A bis 6C | stellen die Wirkungsabläufe eines Kippmechanismus dar.  |
| FIG. 7A bis 7C | stellen die Anordnung und den Wirkungsablauf des Taststifts und seiner Umgebung dar.  |

- FIG. 8 stellt schematisch einen Betätigungsumwandlungsmechanismus und einen Versetzungsverstärkungsmechanismus dar.
- FIG. 9A und 9B stellen schematisch einen zweiten Verstärkungsmechanismus dar, der den Versetzungsverstärkungsmechanismus bildet.
- FIG. 10A und 10B stellen schematisch das Prinzip der Versetzungsverstärkung dar.
- FIG. 11A und 11B stellen schematisch die Unterschiede in der Anordnung und dem Wirkungsablauf zwischen der Ausführungsform der Erfindung und einem Vergleichsbeispiel dar.
- FIG. 12A und 12B stellen schematisch die Unterschiede in der Ausführung und dem Wirkungsablauf zwischen der Ausführungsform der Erfindung und einem Vergleichsbeispiel dar.
- FIG. 13 zeigt ein Diagramm, das ein Beispiel eines Fehlers zwischen der gemessenen Länge und der tatsächlichen Länge darstellt.

### Beschreibung von Ausführungsformen

**[0010]** Eine Ausführungsform der Erfindung wird im Folgenden unter Bezugnahme auf die Zeichnungen beschrieben. Der Einfachheit halber kann die folgende Beschreibung die Positionsbeziehung jeder Struktur bzw. jedes Aufbaus auf der Grundlage des in den Figuren gezeigten Zustands ausdrücken. In den folgenden Ausführungsformen und Modifikationen werden nahezu identische Komponenten mit denselben Zeichen gekennzeichnet, und ihre Beschreibungen werden gegebenenfalls weggelassen.

**[0011]** FIG. 1 zeigt eine perspektivische Ansicht, die das äußere Erscheinungsbild einer Versetzungserfassungsvorrichtung 1 gemäß einer Ausführungsform darstellt.

**[0012]** Die Versetzungserfassungsvorrichtung 1 umfasst ein Messgerät 3 und eine nicht gezeigte Verarbeitungsvorrichtung. Die Verarbeitungsvorrichtung umfasst eine Anzeigeeinheit, die von dem Messgerät 3 erfasste Informationen anzeigt und über ein nicht gezeigtes Kabel mit dem Messgerät 3 verbunden ist. Das Messgerät 3 umfasst ein Gehäuse 2, in dem interne Mechanismen untergebracht sind, einen Taststift 4, der einen Kontaktabschnitt aufweist, der ein Messobjekt berührt, und ein Tragelement 6, das den Taststift 4 trägt. Das Tragelement 6 weist eine Bogenform auf und ist um eine Drehachse L1 drehbar, die in Bezug auf das Gehäuse 2 festgelegt ist. Beide Enden des Tragelements 6 befinden sich auf der Drehachse L1.

**[0013]** Der Taststift 4 ist abnehmbar in der Mitte des Spitzenabschnitts des Tragelements 6 angebracht. Die Achse L2 des Taststifts 4 verläuft senkrecht zu der Drehachse L1 des Tragelements 6. Beide Enden des Tragelements 6 befinden sich jeweils an den Seiten des Gehäuses 2. Das Tragelement 6 kann sich um die Drehachse L1 drehen und ist derart gelagert, dass es zur Vorderseite des Gehäuses 2 hin übersteht. Der Taststift 4 weist an seiner Spitze einen kugelförmigen Kontaktgeber 7 auf. Obwohl nicht gezeigt, sind Stromleitungen zum Versorgen der internen Mechanismen mit Strom und Signalleitungen zum Ausgeben der erfassten Positionsinformationen mit dem Gehäuse 2 verbunden.

**[0014]** FIG. 2 und 3 zeigen Ansichten, die den inneren Aufbau des Messgeräts 3 darstellen. FIG. 2 zeigt eine perspektivische Ansicht und FIG. 3 zeigt eine Draufsicht. FIG. 4 zeigt eine Schnittdarstellung entlang der Linie A-A von FIG. 3. Jede Figur zeigt den Zustand, in dem ein Teil des Gehäuses 2 in dem Messgerät 3 entfernt ist.

**[0015]** Wie in FIG. 2 gezeigt, sind ein Lager 8 und ein Zylinder 10 innerhalb des Gehäuses 2 vorgesehen. Das Lager 8 wirkt als ein Drehpunkt (erster Drehpunkt) für das Tragelement 6 auf der Drehachse L1. Der Zylinder 10 nimmt eine Skala oder dergleichen auf (siehe unten). Das Lager 8 ist in der vorliegenden Ausführungsform ein Kugellager und umfasst einen ringförmigen Außenring 12 und einen Innenring 14 mit einer kugelförmigen Außenfläche. Der Außenring 12 ist an dem Gehäuse 2 befestigt. Der Innenring 14 ist über einen Verbindungsabschnitt 16 mit dem inneren Mechanismus des Gehäuses 2 verbunden.

**[0016]** Wie ebenfalls in FIG. 3 gezeigt, weist das Tragelement 6 einen an dem Verbindungsabschnitt 16 befestigten Stütz- bzw. Lagerabschnitt 18 und einen an dem Stützabschnitt 18 befestigten Körper 20 auf. Sowohl der Stützabschnitt 18 als auch der Körper 20 weisen eine Bogenform auf. Das Tragelement 6 weist eine Doppelbogenstruktur auf, wobei der Stützabschnitt 18 den inneren Bogen und der Körper 20 den äußeren Bogen bildet.

**[0017]** Zurückkehrend zu FIG. 2 ist der mittlere Abschnitt des Stützabschnitts 18 mit einer Schraube 22 an dem Verbindungsabschnitt 16 befestigt, und die beiden Enden des Körpers 20 sind mit Schrauben 24 an den beiden Enden des Stützabschnitts 18 befestigt. Wenn der Stützabschnitt 18 und der Körper 20 in einer Referenzposition angeordnet sind, in der die vorderen Enden des Stützabschnitts 18 und des Körpers 20 parallel zueinander verlaufen, liegen die Achse L2 des Taststifts 4 und die Achse des Verbindungsabschnitts 16 auf derselben Achse.

**[0018]** An dem vorderen Ende des Gehäuses 20 ist ein Montageabschnitt 26 angebracht, an dem der Taststift 4 befestigt und abgenommen werden kann. In der Mitte der Vorderseite des Montageabschnitts 26 ist ein Montageelement 28 vorgesehen, und der Taststift 4 ist an dem Montageelement 28 befestigt. Ein Innengewinde in dem Montageelement 28 und ein

Außengewinde an der Basis des Taststifts 4 sind miteinander verschraubt, und der Taststift 4 ist an dem Montageelement 28 befestigt.

**[0019]** In dieser Anordnung dreht sich der Taststift 4 zusammen mit dem Tragelement 6 mit dem Lager 8 ("erster Drehpunkt P1", siehe unten) als ein Basispunkt durch den Widerstand (Druckkraft), wenn der Kontaktgeber 7 das Messobjekt berührt. Diese Drehbewegung des Taststifts 4 wird in die axiale Verschiebung der Skala in dem Gehäuse 2 umgewandelt, die von dem Sensor erfasst wird (Details siehe unten).

**[0020]** Die Befestigungskraft des Körpers 20 an dem Stützabschnitt 18 durch die Schraube 24 ist derart eingestellt, dass sie größer ist als die Widerstandskraft, wenn der Taststift 4 das Messobjekt berührt, und kleiner als die Befestigungskraft des Stützabschnitts 18 an dem Verbindungsabschnitt 16 durch die Schraube 22. Mit anderen Worten kann der Benutzer den Montagewinkel (Relativwinkel) des Körpers 20 an dem Stützabschnitt 18 gegenüber der in FIG. 2 gezeigten Referenzposition nach Bedarf ändern, und das Messgerät 3 kann auch nach der Änderung ordnungsgemäß funktionieren. Der Montagewinkel kann gemäß der Anwendung der Versetzungserfassungsvorrichtung 1, der Form des Messobjekts oder anderen Faktoren geändert werden (Details siehe unten).

**[0021]** Wie in FIG. 4 gezeigt, weist der Zylinder 10 eine hohlzylindrische Form auf und ist an dem Gehäuse 2 befestigt. Der Zylinder 10 ist derart angeordnet, dass die Achse L3 des Zylinders 10 senkrecht zu der Drehachse L1 verläuft. Der erste Drehpunkt P1 befindet sich auf der Drehachse L1. Die Position des ersten Drehpunkts P1 in dem Messgerät 3 ändert sich nicht. Wenn sich der Taststift 4 in der oben beschriebenen Referenzposition befindet, fallen die Achse L2 des Taststifts 4 und die Achse L3 des Zylinders 10 zusammen. Innerhalb des Zylinders 10 sind eine sich entlang der Achse L3 erstreckende Welle 32, ein Stützabschnitt 34, der die Welle 32 in der axialen Richtung verschiebbar abstützt bzw. lagert, und ein Verbindungselement 36, das die Welle 32 und den Verbindungsabschnitt 16 verbindet, vorgesehen.

**[0022]** Der Stützabschnitt 34 ist in der vorliegenden Ausführungsform ein Hubbegrenzungslager. Da dieses Lager ein vorgespanntes Kugellager ist, gibt es kein Klappern zwischen ihm und der Welle 32, wodurch die Geradheit der Welle 32 gewährleistet wird. Es eliminiert auch die Hysterese, wenn sich die Welle 32 hin und her bewegt, und stellt eine stabile Führung für die Welle 32 bereit.

**[0023]** Das Verbindungselement 36 umfasst einen Körper 40, der von einem an dem Zylinder 10 befestigten Basiselement 38 getragen wird, eine Stange 42, die den Körper 40 und den Verbindungsabschnitt 16 verbindet, und eine Kugel 48, die an dem dem Basiselement 38 gegenüberliegenden Ende des Körpers 40 vorgesehen ist. Das Basiselement 38 ist scheibenförmig und wird zum Verschließen der vorderen Endöffnung des Zylinders 10 vorgesehen. In der Mitte des Basiselements 38 ist ein Einführungsloch 44 vorgesehen. Der Körper 40 weist eine abgestufte zylindrische Form auf und wird von einer Vielzahl von Stiften (siehe unten) getragen bzw. gelagert, die sich von dem Basiselement 38 aus erstrecken. Die Kugel 48 ist an dem Ende des Körpers 40 gegenüber dem Basiselement 38 in Art einer Passung befestigt.

**[0024]** Die Stange 42 wird entlang der Achse L4 des Körpers 40 eingepresst und an dem Körper 40 befestigt. Der Spitzenabschnitt der Stange 42 erstreckt sich aus dem Körper 40 heraus, verläuft durch das Einführungsloch 44 und ist derart mit dem Lager 8 verbunden, dass der Spitzenabschnitt in den Verbindungsabschnitt 16 passt (Details siehe unten). Der Mittelpunkt P der Kugel 48 befindet sich auf der Achse L4. Mit anderen Worten hält der Körper 40 die Kugel 48 auf der Achse L4.

**[0025]** Ein Aufnahmeabschnitt 50 ist an einem Ende der Welle 32 befestigt. Der Aufnahmeabschnitt 50 weist eine umgekehrte konische Aufnahmefläche 52 auf. Die Kugel 48 ist in dem Aufnahmeabschnitt 50 aufgenommen und liegt dabei an der Aufnahmefläche 52 an. Die Aufnahmefläche 52 ist verjüngt und weist einen Neigungswinkel  $\alpha$  (in der vorliegenden Ausführungsform 30 Grad) in Bezug auf eine Bezugslinie auf, die senkrecht zur Achse L3 der Welle 32 verläuft.

**[0026]** An dem anderen Ende der Welle 32 (d.h. an dem Ende gegenüber der Kugel 48) ist eine Skala 54 vorgesehen. Die Welle 32, der Aufnahmeabschnitt 50 und die Skala 54 sind entlang der Achse L3 angeordnet.

**[0027]** An dem anderen Ende des Zylinders 10 ist eine ringförmige Federaufnahme 55 vorgesehen, und zwischen dem Aufnahmeabschnitt 50 und der Federaufnahme 55 ist eine Feder 57 vorgesehen. Die Feder 57 drückt den Aufnahmeabschnitt 50 und damit die Welle 32 nach vorne, d.h. in Richtung der Kugel 48. Diese Vorspannkraft der Feder 57 kann das Verbindungselement 36 (die Kugel 48), den Aufnahmeabschnitt 50 und die Skala 54 verbinden und sie in der axialen Richtung der Welle 32 (auch als „Wellenrichtung“ bezeichnet) verschieben. Insbesondere stehen das erste Übertragungselement, das die Baugruppe aus dem Verbindungselement 36 und der Kugel 48 darstellt, und das zweite Übertragungselement, das die Baugruppe aus dem Aufnahmeabschnitt 50, der Welle 32 und der Skala 54 darstellt, miteinander in Kontakt und können in der Richtung der Achse L3 verschoben werden, während sie in einer zu der Achse L3 senkrechten Richtung relativ versetzt werden. Der Taststift 4 kann nach der Verschiebungs- bzw. Versetzungsmessung in seine Bezugsposition zurückgebracht werden.

**[0028]** Die Skala 54 ist zu der Außenseite des Zylinders 10 hin offen bzw. freigelegt. Innerhalb des Gehäuses 2 ist ein Sensor 56 vorgesehen. Die Skala 54 und der Sensor 56 bilden eine so genannte lineare Skala (linearer Encoder). Der Sensor 56 ist ein Magnetsensor und ist derart angeordnet, dass er dem Muster der Skala 54 gegenüberliegt. Bei dieser Anordnung liest der Sensor 56 das Muster der Skala 54 als Positionsinformation, wenn die Welle 32 versetzt wird. Das Erfassungssignal des Sensors 56 wird über eine Signalleitung 58 an eine externe Verarbeitungsvorrichtung (nicht gezeigt) ausgegeben.

**[0029]** FIG. 5A bis 5C stellen die Anordnung des Verbindungselements 36 im Detail dar. FIG. 5A zeigt eine perspektivische Ansicht, FIG. 5B zeigt eine Vorderansicht und FIG. 5C zeigt eine Seitenansicht.

**[0030]** Wie in FIG. 5A gezeigt, weist das Verbindungselement 36 einen Kippmechanismus 60 zum Kippen des Körpers 40 in Bezug auf das Basiselement 38 auf. Der Kippmechanismus 60 umfasst vier Stifte 62, die an dem Basiselement 38 vorgesehen sind, und vier Stifte 64, die an dem Körper 40 vorgesehen sind. Die Stifte 62 sind an dem Basiselement 38 befestigt, während sie durch das Basiselement 38 in axialer Richtung verlaufen. Die Stifte 64 sind an der vorderen Stirnfläche des Gehäuses 40 befestigt.

**[0031]** Wie auch in FIG. 5B gezeigt, ist in der Mitte des Basiselements 38 ein Einführungsloch 44 vorgesehen, durch das die Stange 42 koaxial verläuft bzw. hindurchgeht. In dem Basiselement 38 sind vier Durchgangslöcher 66 vorgesehen, die das Einführungsloch 44 zentrieren, und jeder der Stifte 62 wird in jedes der Durchgangslöcher 66 eingeführt und befestigt. Die vier Durchgangslöcher 66 sind jeweils an den Positionen der Scheitelpunkte eines virtuellen Quadrats vorgesehen, das auf das Einführungsloch 44 zentriert ist.

**[0032]** Wie auch in FIG. 5C gezeigt, ist jeder der Stifte 62 mit einer leichten Neigung vorgesehen, so dass er sich allmählich der Achse L4 nach hinten (in Richtung der Seite der Kugel 48) nähert. Mit anderen Worten ist der Winkel des Durchgangslochs 66 als solcher festgelegt. Der Körper 40 ist auf der Seite, die jedem der Stifte 62 zugewandt ist, mit Einführungslochern 68 versehen, um das Einführen der Stifte 62 zu ermöglichen. Der Innendurchmesser des Einführungslochs 68 ist ausreichend größer als der Außendurchmesser des Stifts 62.

**[0033]** Wie in FIG. 5A gezeigt, sind Wände 70 an der oberen, unteren, linken und rechten Außenkante der vorderen Stirnfläche des Körpers 40 vorgesehen, und Stifte 64 sind innerhalb jeder der Wände 70 angeordnet und befestigt. Jeder der Stifte 64 ist parallel zu der vorderen Stirnfläche des Gehäuses 40 angeordnet. Die beiden Stifte 64 an der Ober- und Unterseite verlaufen parallel zueinander, und die beiden Stifte 64 an der linken und rechten Seite verlaufen parallel zueinander.

**[0034]** Wie auch in FIG. 5B gezeigt, befinden sich die vier Stifte 62 jeweils innerhalb einer Ecke des von den vier Stiften 64 gebildeten quadratischen Bereichs. Wie auch in FIG. 5C gezeigt, steht jeder der Stifte 62 in Kontakt mit den beiden Stiften 64, die diese Ecke bilden. Durch diese Anordnung kann der Kippmechanismus 60 wie unten beschrieben funktionieren.

**[0035]** FIG. 6A bis 6C stellen den Wirkungsablauf des Kippmechanismus 60 dar. FIG. 6A zeigt den Kippmechanismus 60 im Ruhezustand, FIG. 6B zeigt den Kippmechanismus 60, der in vertikaler Richtung wirkt, und FIG. 6C zeigt den Kippmechanismus 60, der in horizontaler Richtung wirkt. In diesen Figuren ist die Stange 42 der Einfachheit halber weggelassen.

**[0036]** Wie in FIG. 6A gezeigt, fallen in dem Zustand, in dem der Kippmechanismus 60 nicht wirkt, die Achse L5 des Basiselements 38 und die Achse L4 des Körpers 40 zusammen. Wie in FIG. 4 gezeigt, da das Basiselement 38 an dem Zylinder 10 befestigt ist, fällt seine Achse L5 mit der Achse L3 der Welle 32 zusammen.

**[0037]** Andererseits, wenn der Kippmechanismus 60 in vertikaler Richtung wirkt, wie in FIG. 6B gezeigt, wird entweder der obere oder der untere Stift 64 zu einem Drehpunkt (der zweite Drehpunkt P2: siehe FIG. 4), und der Körper 40 kippt in Bezug auf die Achse L5. Insbesondere wenn das Verbindungselement 36 nach oben gekippt wird, wirkt der obere Stift 64, der in Kontakt mit dem Basiselement 38 steht, als zweiter Drehpunkt P2, und der Körper 40 kippt nach oben, wobei der zweite Drehpunkt P2 ein Basispunkt ist. Dies bewegt die Kugel 48 nach oben. Zu diesem Zeitpunkt bleiben die beiden oberen Stifte 62 jeweils in die Einführungslöcher 68 gedrückt. Andererseits, wenn der untere Stift 64 von dem Basiselement 38 getrennt wird, treten die beiden unteren Stifte 62 aus den Einführungslochern 68 aus. Wenn umgekehrt das Verbindungselement 36 nach unten gekippt wird, wirkt der untere Stift 64, der das Basiselement 38 berührt, als zweiter Drehpunkt P2, und der Körper 40 kippt nach unten, wobei der zweite Drehpunkt P2 ein Basispunkt ist. Dies bewegt die Kugel 48 nach unten. Somit ändern sich die jeweiligen Positionen der Vielzahl der zweiten Drehpunkte P2 in dem Messgerät 3 nicht, aber jeder der Stifte 64 wird gemäß dem Wirkungsablauf des Kippmechanismus 60 verschoben bzw. versetzt. Jeder der zweiten Drehpunkte P2 (siehe FIG. 4), der den Stift 64 überlappt, wirkt als Drehmittelpunkt (Basispunkt der Neigung) des Kippmechanismus 60.

**[0038]** Wenn der Kippmechanismus 60 in horizontaler Richtung wirkt, wie in FIG. 6C gezeigt, wirkt einer der Stifte 64 auf der linken oder rechten Seite als Drehpunkt (der zweite Drehpunkt) und der Körper 40 kippt in Bezug auf die Achse L5. Insbesondere wenn das Verbindungselement 36 nach links gekippt wird, wirkt der Stift 64 auf der linken Seite, der mit dem Basiselement 38 in Kontakt steht, als zweiter Drehpunkt, und der Körper 40 kippt nach links mit diesem zweiten Drehpunkt als Basispunkt. Dies bewegt die Kugel 48 nach links. Zu diesem Zeitpunkt bleiben die beiden Stifte 62 auf der linken Seite jeweils in die Einführungslöcher 68 gedrückt. Andererseits, wenn der rechte Stift 64 von dem Basiselement 38 getrennt wird, verlassen die beiden Stifte 62 auf der rechten Seite die Einführungslöcher 68. Wenn umgekehrt das Verbindungselement 36 nach rechts gekippt wird, wirkt der Stift 64 auf der rechten Seite, der das Basiselement 38 berührt, als zweiter Drehpunkt, und der Körper 40 kippt nach rechts mit diesem zweiten Drehpunkt als Basispunkt. Dies bewegt die Kugel 48 nach rechts. Diese Anordnung ermöglicht, dass der Taststift 4 sowohl in der vertikalen als auch in der horizontalen Richtung versetzt werden kann, wie durch die gestrichelten Pfeile in FIG. 2 gezeigt. Auf diese Weise können die vertikalen und horizontalen Versetzungen des Messobjekts gemessen werden. Der oben beschriebene Wirkungsablauf des Kippmechanismus 60 steht in Zusammenhang mit der weiter unten beschriebenen Versatzfunktion und damit mit der Funktion des Versetzungsverstärkungsmechanismus.

**[0039]** FIGS 7A bis 7C stellen die Anordnung und den Wirkungsablauf des Taststifts 4 und seiner Umgebung dar. FIG. 7A zeigt den Wirkungsablauf des Taststifts 4 während einer Erfassung der Versetzung. FIG. 7B und 7C zeigen, wie der Winkel des Taststifts 4 eingestellt wird.

**[0040]** Wie oben beschrieben, ist der Taststift 4 an dem Körper 20 des Tragelements 6 befestigt, und der Stützabschnitt 18 des Tragelements 6 ist an dem Verbindungsabschnitt 16 befestigt. Der Verbindungsabschnitt 16 ist an dem Innenring 14 des Lagers 8 befestigt. Daher dreht sich der Taststift 4, wie in FIG. 7A gezeigt, zusammen mit dem Tragelement 6 um die Drehachse L1 mit dem Lager 8 (dem ersten Drehpunkt) als Basispunkt. Die Drehachse L1 verläuft senkrecht zu der Achse L3 der Welle 32. Die Achse L2 des Taststifts 4 bildet gemäß seiner Drehung einen Winkel  $\theta$  mit der Achse L3.

**[0041]** Wie oben erwähnt, kann die Ausgangsposition (Ausgangswinkel) des Taststifts 4 gemäß der Anwendung der Versetzungserfassungsvorrichtung 1 und der Form des Messobjekts geändert werden. Wie in FIG. 7B gezeigt, kann der Winkel des Körpers 20 in Bezug auf den Stützabschnitt 18, d.h. der Anfangswinkel  $\theta$  set des Taststifts 4, um die Schraube 24 verändert werden. Mit anderen Worten wird ein Schwenkmechanismus des Taststifts 4 in Bezug auf das Gehäuse 2 realisiert. Durch erneutes Anziehen der Schraube 24 nach der Änderung dreht sich der Taststift 4 in Bezug auf den geänderten Anfangswinkel  $\theta$  set, wie in FIG. 7C gezeigt.

**[0042]** Selbst wenn der Anfangswinkel  $\theta$  set auf einen anderen Winkel als 0 Grad eingestellt wird, bleibt der Drehmittelpunkt des Taststifts 4 mit der Drehachse L1 unverändert, d.h. der Basispunkt der Drehung bleibt an dem Lager 8 (dem ersten Drehpunkt). Der Drehpunkt des Taststifts 4 wird an einer Position angeordnet, die von dem Verbindungspunkt zwischen dem Verbindungsabschnitt 16 und der Stange 42 entfernt ist (siehe FIG. 9B). Daher erhöht sich der Messfehler nicht.

**[0043]** Als nächstes werden der Betätigungsumwandlungsmechanismus und der Versetzungsverstärkungsmechanismus der vorliegenden Ausführungsform beschrieben.

**[0044]** Das Messgerät 3 umfasst einen Betätigungsumwandlungsmechanismus, der die Drehung des Taststifts 4 in eine axiale Bewegung der Welle 32 umwandelt, und einen Versetzungsverstärkungsmechanismus, der die Versetzung der Welle 32 gemäß der Drehung des Taststifts 4 verstärkt. Dieser Betätigungsumwandlungsmechanismus und Versetzungsverstärkungsmechanismus bilden einen Versetzungsübertragungsmechanismus, der die Versetzung des Taststifts 4 verstärkt und auf die Welle 32 und damit auf die Skala 54 überträgt. Der Mechanismus wird im Folgenden beschrieben.

**[0045]** FIG. 8 stellt schematisch den Betätigungsumwandlungsmechanismus und den Versetzungsverstärkungsmechanismus dar. FIG. 9A und 9B stellen schematisch einen zweiten Verstärkungsmechanismus dar, der den Versetzungsverstärkungsmechanismus bildet. FIG. 9A zeigt eine vergrößerte Ansicht des Abschnitts B in FIG. 4. FIG. 9B stellt die Anordnung und den Wirkungsablauf des zweiten Verstärkungsmechanismus dar.

**[0046]** Wie in FIG. 8 gezeigt, wird die Stange 42, wenn sich der Verbindungsabschnitt 16 zusammen mit dem Taststift 4 dreht, zu der gegenüberliegenden Seite des Verbindungsabschnitts 16 gekippt und leicht in der axialen (rückwärtigen) Richtung gedrückt.

**[0047]** Insbesondere wie in FIG. 9A gezeigt, weist der Verbindungsabschnitt 16, der eine abgestufte zylindrische Form aufweist, einen vertieften Passabschnitt 71 auf, der den Spitzenabschnitt der Stange 42 aufnimmt. Andererseits weist der Außenumfang des Spitzenabschnitts der Stange 42 eine geneigte Fläche 72 (verjüngte Fläche) auf, die zur Spitze hin im Durchmesser abnimmt. Dadurch wird ermöglicht, dass sich die Stange 42 drehen kann, ohne zu blockieren, wenn der Taststift 4 gedreht wird, wie in FIG. 9B gezeigt. Die Stange 42 wird während eines Drehens mit dem zweiten Drehpunkt P2 als Basispunkt (erste Versetzung) gegenüber dem Verbindungsabschnitt 16 leicht nach hinten (in Wellenrichtung nach hinten: nach rechts in der Figur) versetzt.

**[0048]** Zurückkehrend zu FIG. 8, da der mit der Stange 42 integrierte Körper 40 zu diesem Zeitpunkt ebenfalls geneigt ist, bewegt sich die Kugel 48 auf der Aufnahme­fläche 52 des Aufnahmeabschnitts 50, und ihr Mittelpunkt P ist gegenüber der Achse L3 der Welle 32 versetzt. Zu diesem Zeitpunkt dreht sich das Verbindungselement 36 um den zweiten Drehpunkt P2, der von der Achse L3 versetzt ist, wodurch die Aufnahme­fläche 52 in der axialen Richtung (in Wellenrichtung nach hinten: in der Figur nach rechts) deutlich nach hinten gedrückt wird. Dadurch erhöht sich der Versetzungsbetrag des nach hinten (in der Figur nach rechts) geschobenen Aufnahmeabschnitts 50.

**[0049]** Auf diese Weise wird die Drehung des Taststifts 4 in eine axiale Bewegung der Welle 32 umgewandelt, und die Versetzung der Welle 32 gemäß der Drehung wird verstärkt. Mit anderen Worten wirkt diese Reihe von Mechanismen als ein Betätigungsumwandlungsmechanismus, ein Versetzungsmechanismus und ein Versetzungsverstärkungsmechanismus.

**[0050]** Der Versetzungsbetrag, der durch den Versetzungsverstärkungsmechanismus verursacht wird, kann durch Vergrößern des Neigungswinkels  $\alpha$  der Aufnahme­fläche 52 erhöht werden. Je größer jedoch der Neigungswinkel  $\alpha$  ist, desto größer ist der Widerstand gegen die Bewegung der Kugel 48, was das Funktionieren des Versetzungsmechanismus erschwert. Mit zunehmendem Widerstand steigt auch die Kraft, die vom Messobjekt auf den Taststift 4 ausgeübt wird (Messkraft), was zu Problemen wie schwereren Messvorgängen führen kann. Aus diesem Grund beträgt der Neigungswinkel  $\alpha$  vorzugsweise 20 bis 40 Grad, noch bevorzugter 20 bis 30 Grad, und in der vorliegenden Ausführungsform ist der Neigungswinkel  $\alpha$  auf 30 Grad eingestellt.

**[0051]** Als Versetzungsverstärkungsmechanismus trägt nicht nur die relative Versetzung zwischen der Kugel 48 und der Aufnahme­fläche 52 (siehe FIG. 8), sondern auch die relative Versetzung zwischen dem Verbindungsabschnitt 16 und

der Stange 42 (siehe FIG. 9B) bei. Daher kann man sagen, dass der Versetzungsverstärkungsmechanismus der Ausführungsform einen ersten Verstärkungsmechanismus, der durch die Kugel 48 und die Aufnahme­fläche 52 realisiert wird, und einen zweiten Verstärkungsmechanismus, der durch den Verbindungsabschnitt 16 und die Stange 42 realisiert wird, umfasst. Bei der vorliegenden Ausführungsform wird die Welle 32 und damit die Skala 54 in gleichem oder größerem Maße verschoben wie die vertikale Versetzung des Taststifts 4.

**[0052]** Unter Verwendung der Versetzungserfassungsvorrichtung 1, die wie oben ausgeführt ist, können die Versetzung und die Länge des Messobjekts gemessen werden, aber da die Messung unter Verwendung mechanischer Konstruktionen erfolgt, können leichte Fehler zwischen dem gemessenen Wert und dem tatsächlichen Wert auftreten. Daher speichert die Verarbeitungsvorrichtung, die das Ausgangssignal des Messgeräts 3 verarbeitet, Korrekturkoeffizienten zum Korrigieren dieses Fehlers und verwendet den korrigierten Wert als Messwert.

**[0053]** FIG. 10A und 10B stellen schematisch das Prinzip der Versetzungsverstärkung dar. FIG. 10A zeigt das Prinzip der Ausführungsform und FIG. 10B zeigt das Prinzip des Vergleichsbeispiels 1.

**[0054]** Der linke Abschnitt von Fig. 10A zeigt den Zustand des Taststifts 4, kurz bevor der Taststift 4 das Messobjekt W berührt. Der rechte Abschnitt von Fig. 10A zeigt den Zustand, nachdem der Taststift 4 das Messobjekt W berührt. Bei der vorliegenden Ausführungsform überträgt der Versetzungsübertragungsmechanismus die Versetzung des Taststiftes 4, die durch den Kontaktgeber 7 verursacht wird, der das Messobjekt W berührt, auf die Welle 32. Der Versetzungsübertragungsmechanismus weist den ersten Drehpunkt P1 und den zweiten Drehpunkt P2 auf. Dieser Versetzungsübertragungsmechanismus überträgt die Versetzung des Taststifts 4 auf die Welle 32 gemäß der Drehung des Taststifts 4.

**[0055]** Wie im rechten Abschnitt von FIG. 10A gezeigt, dreht sich das Verbindungselement 36 mit dem zweiten Drehpunkt P2 als Basispunkt, der näher an der Welle 32 vorgesehen ist als der erste Drehpunkt P1. Der erste Drehpunkt P1 befindet sich auf der Achse L3 der Welle 32, während der zweite Drehpunkt P2 von der Achse L3 der Welle 32 versetzt ist. Der Versetzungsverstärkungsmechanismus dreht das Verbindungselement 36 mit dem zweiten Drehpunkt P2 als Basispunkt gemäß der Drehung des Taststifts 4 mit dem ersten Drehpunkt P1 als Basispunkt. Zu diesem Zeitpunkt wird das Verbindungselement 36 in die axiale Richtung der Welle 32 gedrückt, während es sich um den zweiten Drehpunkt P2 dreht. Infolgedessen bewegt sich die Kugel 48 auf der Neigung (der Aufnahme­fläche 52) des Aufnahmeabschnitts 50, während sie in der axialen Richtung der Welle 32 gedrückt wird. Der Auslenkungswinkel der Stange 42 in Bezug auf die Versetzung des Taststifts 4 nimmt ebenfalls zu. Infolgedessen nimmt die axiale Versetzung der Welle 32 zu. Mit anderen Worten wird gemäß der Drehung des Taststifts 4 mit dem ersten Drehpunkt P1 als Basispunkt das Verbindungselement 36 in Richtung der Welle 32 gedrückt bzw. geschoben, während es relativ zu dem Taststift 4 in der axialen Richtung der Welle 32 versetzt wird. Ferner dreht sich gemäß der Drehung des Taststifts 4 das Verbindungselement 36 mit dem zweiten Drehpunkt P2 als Basispunkt, und die Welle 32 wird nach innen geschoben, während sie relativ zu dem Verbindungselement 36 in der axialen Richtung versetzt wird.

**[0056]** Gemäß der vorliegenden Ausführungsform kann durch Drehen des Verbindungselements 36 mit dem zweiten Drehpunkt P2 als Basispunkt, der von der Achse L3 versetzt ist, die Welle 32 weiter eingeschoben bzw. eingedrückt werden, während die Kugel 48 selbst eingedrückt wird. Zum Beispiel beträgt in einem Fall mit den in der Figur gezeigten Abmessungen (mm), wenn die Versetzung des Taststifts 4 (Versetzung des Kontaktpunkts Pc mit dem Messobjekt W) 1 mm beträgt, die axiale Versetzung der Welle 32 (Versetzung der Skala 54) 1,12 mm.

**[0057]** Der linke Abschnitt von FIG. 10B zeigt den Zustand des Taststifts 104, unmittelbar bevor der Taststift 104 das Messobjekt W im Vergleichsbeispiel 1 berührt. Der rechte Abschnitt von FIG. 10B zeigt den Zustand, nachdem der Taststift 104 das Messobjekt W berührt. Wie im linken Abschnitt von FIG. 10B gezeigt, weist das Vergleichsbeispiel 1 den ersten Drehpunkt P1 auf, aber weist nicht den zweiten Drehpunkt P2 auf. Die Stange 142, an der die Kugel 48 an der Spitze befestigt ist, und der Taststift 104 bestehen aus einem Stück und drehen sich mit dem ersten Drehpunkt P1 als Basispunkt. Wie im rechten Abschnitt von FIG. 10B gezeigt ist, wird bei dieser Anordnung nicht die Versetzungsverstärkungswirkung wie bei der vorliegenden Ausführungsform bereitgestellt, da die Kugel 48 selbst nicht eingedrückt wird, wenn der Taststift 104 versetzt wird. Wenn zum Beispiel in einem Fall mit den in der Figur gezeigten Abmessungen (mm) die Versetzung des Taststifts 104 (Versetzung des Kontaktpunkts Pc mit dem Messobjekt W) 1 mm beträgt, beträgt die axiale Versetzung der Welle 32 (d.h. die Versetzung der Skala 54) 0,59, was kleiner ist als bei der vorliegenden Ausführungsform.

**[0058]** Mit anderen Worten kann gemäß der vorliegenden Ausführungsform die Versetzung der Skala in Bezug auf die Versetzung des Taststifts durch Bereitstellen der beiden Drehpunkte (des ersten Drehpunkts P1 und des zweiten Drehpunkts P2) größer (d.h. verstärkt) werden als im Vergleichsbeispiel 1.

**[0059]** FIG. 11A und 11B stellen schematisch die Unterschiede in der Anordnung und dem Wirkungsablauf zwischen der vorliegenden Ausführungsform und einem Vergleichsbeispiel dar. FIG. 11A zeigt den Wirkungsablauf der vorliegenden Ausführungsform und FIG. 11B zeigt den Wirkungsablauf von Vergleichsbeispiel 2.

**[0060]** Wie in FIG. 11A gezeigt, wird angenommen, dass der Kontaktgeber 7 aufgrund des Kontakts mit dem Messobjekt W um  $x_1$  versetzt wird. Wenn sich der Taststift 4 in der vorliegenden Ausführungsform in einer Richtung (z.B. gegen den Uhrzeigersinn) um den ersten Drehpunkt P1 dreht, dreht sich das Verbindungselement 36 in der entgegengesetzten Richtung (im Uhrzeigersinn) um den zweiten Drehpunkt P2. Da der zweite Drehpunkt P2 von der Achse L3 der Welle 32 versetzt ist (d.h., da der zweite Drehpunkt P2 nicht auf der Achse L3 der Welle 32 liegt), wird bei der Drehung des

Verbindungselements 36 die Stange 42 und damit die Kugel 48 in der axialen Richtung der Welle 32 nach hinten (in der Figur nach unten) gedrückt.

**[0061]** Mit anderen Worten wird das Verbindungselement 36 zunächst derart versetzt, dass es wie oben beschrieben in der axialen Richtung der Welle 32 gedrückt wird, und die Kugel 48 bewegt sich in der Figur entlang einer Kreisbahn mit dem Radius  $r_1$  um den zweiten Drehpunkt P2 nach unten. Des Weiteren, wenn sich die Kugel 48 auf der Aufnahme­fläche 52 von der Achse L3 wegbewegt, wird der Aufnahmeabschnitt 50 und damit die Welle 32 andererseits versetzt, um weiter nach innen gedrückt zu werden. Mit anderen Worten wird die Welle 32 zum einen in der axialen Richtung (Wellenrichtung) versetzt, wenn das Verbindungselement 36 mit dem ersten Drehpunkt P1 als Basispunkt gemäß der Drehung des Taststifts 4 eingedrückt wird. Darüber hinaus wird die Welle 32 sodann in der axialen Richtung (Wellenrichtung) versetzt, wenn sich das Verbindungselement 36 mit dem zweiten Drehpunkt P2 als Basispunkt gemäß der Drehung des Taststifts 4 dreht. Die Welle 32 wird in zwei Schritten gedrückt, die die erste Versetzung und die zweite Versetzung darstellen, wodurch sich die Versetzung  $h_1$  (= erste Versetzung + zweite Versetzung) erhöht.

**[0062]** Im Vergleichsbeispiel 2 hingegen ist die Stange 242 in ihrem mittleren Abschnitt leicht „abgeknickt“ gebogen, und der erste Drehpunkt P1 befindet sich an dem Biegepunkt. An dem Kontaktgeber gegenüberliegenden Ende der Stange 242 ist eine Kugel 248 vorgesehen. An dem Ende der Welle 32 ist ein Aufnahmeabschnitt 250 vorgesehen. Die Aufnahme­fläche 252 des Aufnahmeabschnitts 250 ist eine Neigung, die in Bezug auf die Achse L3 in eine Richtung geneigt ist. Der Winkel dieser Neigung ist gleich dem Winkel der Aufnahme­fläche 52 (z.B. 30 Grad).

**[0063]** Im Vergleichsbeispiel 2 dreht sich die Stange 242 in einer Richtung (z.B. gegen den Uhrzeigersinn) um den ersten Drehpunkt P1, wenn der Kontaktgeber 7 das Messobjekt W berührt und um  $x_1$  versetzt wird. Infolgedessen bewegt sich die Kugel 248 auf der Aufnahme­fläche 252 in eine Richtung weg von der Achse L3, wodurch bewirkt wird, dass der Aufnahmeabschnitt 250 und damit die Welle 32 eingedrückt wird. Da es im Vergleichsbeispiel 2 jedoch keinen zweiten Drehpunkt P2 gibt, dreht sich die Stange 242 nur um den ersten Drehpunkt P1 auf der Achse L3. Daher wird die Kugel 248 bei der Drehung der Stange 242 in der axialen Richtung der Welle 32 nach vorne versetzt (in der Figur nach oben). Die Kugel 248 bewegt sich in der Figur entlang einer Kreisbahn mit dem Radius  $r_2$  nach oben, die an dem ersten Drehpunkt P1 zentriert ist ( $r_2 > r_1$ ). Mit anderen Worten, obwohl sich die Kugel 248 auf der Aufnahme­fläche 252 bewegt, um die Welle 32 einzudrücken, wird die Kugel 248 selbst in die entgegengesetzte Richtung der Druckrichtung versetzt, so dass die Versetzung  $h_2$  der Welle 32 kleiner ist ( $h_1 > h_2$ ).

**[0064]** Gemäß der vorliegenden Ausführungsform kann also durch Bereitstellen des zweiten Drehpunkts P2 an einer von der Achse L3 versetzten Position, die näher an der Welle 32 liegt als der erste Drehpunkt P1, die Welle 32 in zwei Schritten gedrückt werden, und die Versetzung der Welle 32 kann größer sein als im Vergleichsbeispiel 2.

**[0065]** FIG. 12A und 12B stellen schematisch die Unterschiede in der Anordnung und dem Wirkungsablauf zwischen der Ausführungsform und einem Vergleichsbeispiel dar. FIG. 12A zeigt den Wirkungsablauf der Ausführungsform und FIG. 12B zeigt den Wirkungsablauf von Vergleichsbeispiel 3.

**[0066]** Wie in FIG. 12A gezeigt, ist der Wirkungsablauf der vorliegenden Ausführungsform ähnlich der in FIG. 11A gezeigten. Die Figur ist zur Verdeutlichung im Gegensatz zu Vergleichsbeispiel 3 gezeigt.

**[0067]** Vergleichsbeispiel 3 entspricht dagegen im Wesentlichen dem Vergleichsbeispiel 1 (FIG. 10B), unterscheidet sich aber dadurch, dass der Aufnahmeabschnitt 50 an dem Ende der Stange 142 und die Kugel 48 an dem Ende der Welle 32 vorgesehen ist. Im Vergleichsbeispiel 3 dreht sich die Stange 142 in einer Richtung (z.B. gegen den Uhrzeigersinn) um den ersten Drehpunkt P1, wenn der Kontaktgeber 7 das Messobjekt W berührt und um  $x_1$  versetzt wird. Infolgedessen entfernt sich die Mitte des Aufnahmeabschnitts 50 von der Achse L3 weg, wodurch bewirkt wird, dass die Kugel 48 relativ zur Aufnahme­fläche 52 versetzt und die Kugel 48 und damit die Welle 32 eingedrückt wird.

**[0068]** Da jedoch auch im Vergleichsbeispiel 3 kein zweiter Drehpunkt P2 vorhanden ist, dreht sich die Stange 142 nur um den ersten Drehpunkt P1. Daher wird der Aufnahmeabschnitt 50 bei der Drehung der Stange 142 in der axialen Richtung der Welle 32 nach vorne versetzt (in der Figur nach oben). Der Aufnahmeabschnitt 50 bewegt sich in der Figur entlang einer Kreisbahn mit dem Radius  $r_3$  nach oben, die an den ersten Drehpunkt P1 zentriert ist ( $r_3 > r_1$ ). Mit anderen Worten, obwohl die relative Versetzung des Aufnahmeabschnitts 50 gegen die Kugel 48 die Welle 32 drückt, wird der Aufnahmeabschnitt 50 selbst in die entgegengesetzte Richtung der Druckrichtung versetzt, und somit ist die Versetzung  $h_3$  der Welle 32 kleiner ( $h_1 > h_3$ ). Mit anderen Worten kann gemäß der vorliegenden Ausführungsform die Versetzung der Welle 32 größer sein als im Vergleichsbeispiel 3.

**[0069]** FIG. 13 zeigt ein Diagramm, das ein Beispiel eines Fehlers zwischen der gemessenen Länge und der tatsächlichen Länge durch die Versetzungserfassungsvorrichtung 1 darstellt.

**[0070]** In diesem Beispiel ist die Messlänge kleiner als die tatsächliche Länge, und je größer die Messlänge, desto größer der Fehler. Auf der Grundlage dieser Tendenz werden daher Korrekturkoeffizienten festgelegt, um den Fehler gemäß der Messlänge näher an Null zu bringen. Auf diese Weise können genauere Messwerte erhalten werden. In dieser Ausführungsform ist es ausreichend, eine nahezu lineare Korrektur vorzunehmen.

**[0071]** Gemäß der Versetzungserfassungsvorrichtung 1 dieser Ausführungsform ist keine elektrische Verstärkung erforderlich, da die Versetzung der Welle 32 gemäß der Drehung des Taststifts 4 durch den oben erläuterten Mechanismus verstärkt wird. Daher können die Messergebnisse direkt reflektiert werden, und die Erfassungsgenauigkeit kann auf einem

hohen Niveau gehalten werden. Mit anderen Worten kann die Versetzung des Messobjekts mit hoher Genauigkeit erfasst werden.

**[0072]** Da der Versetzungsverstärkungsmechanismus mit einem einfachen Mechanismus realisiert werden kann, der im Wesentlichen das Verbindungselement 36, die Kugel 48 und den Aufnahmeabschnitt 50 umfasst, kann der Versetzungsverstärkungsmechanismus in einer relativ kompakten Weise ausgeführt werden, was in Hinblick auf die Kosten vorteilhaft ist und Probleme wie Fehlfunktionen unterdrückt.

## MODIFIKATIONEN

**[0073]** Wie in FIG. 4 gezeigt, stellt die obige Ausführungsform eine Anordnung dar, bei der die Kugel 48 auf der Seite des Verbindungselements 36 vorgesehen ist und der Aufnahmeabschnitt 50 auf der Seite der Welle 32 vorgesehen ist. Umgekehrt kann in einer Modifikation der Aufnahmeabschnitt auf der Seite des Verbindungselements und die Kugel auf der Seite der Welle vorgesehen sein. Mit anderen Worten kann die Kugel auf der Wellenachse gehalten sein, während die Seite des Aufnahmeteils geneigt ist, um als Versetzungsverstärkungsmechanismus zu wirken.

**[0074]** Die obige Ausführungsform stellt eine Anordnung dar, bei der die vier Stifte 62, die sich von dem Basiselement 38 aus erstrecken, und die vier Stifte 64 (zwei Paare paralleler Stifte), die auf dem Körper 40 vorgesehen sind, als Drehpunktbestandteile verwendet werden, um den Kippmechanismus 60 zu realisieren. In einer Modifikation kann eine Kugel (Ball) anstelle eines oder beider Stifte 62 und 64 verwendet werden. Alternativ kann auch ein Vorsprung verwendet werden. Die Anordnung ist ausreichend, dass die Drehpunktbestandteile auf der Seite des Basiselements und die Drehpunktbestandteile auf der Seite des Körpers einen Punktkontakt (Kontakt an zwei Punkten) für den Wirkungsablauf des Kippmechanismus herstellen.

**[0075]** Die Drehpunktbestandteile auf der Seite des Basiselements und die Drehpunktbestandteile auf der Seite des Körpers können beide in Form eines O-Rings ausgeführt sein, so dass der Kippmechanismus nicht nur in vertikaler und horizontaler Richtung, sondern auch in einem beliebigen Winkel kippen kann.

**[0076]** In der obigen Ausführungsform ist ein Beispiel gezeigt, bei dem der Sensor 56 ein magnetischer Sensor ist. In einer Modifikation können auch ein optischer Sensor, ein kapazitiver Sensor, ein analoger Sensor wie ein Differenzialtransformator unter Verwendung einer Spule oder andere Sensoren verwendet werden.

**[0077]** In der obigen Ausführungsform wird ein Hubbegrenzungslager als Stützabschnitt 34 verwendet, aber es kann ein Kugellager ohne Vorspannung sein. In einer Modifikation kann der Stützabschnitt mit einem Gleitlager ausgebildet sein. Alternativ kann der Stützabschnitt aus einem zylindrischen Element oder dergleichen ohne Lager bestehen, und die Welle 32 kann verschiebbar eingesetzt und in der axialen Richtung geführt werden.

**[0078]** In der obigen Ausführungsform wird als Aufnahmeoberfläche 52 des Aufnahmeabschnitts 50 eine umgekehrte konische Neigung verwendet, es kann aber auch eine bogenförmige Neigung verwendet werden. Dadurch kann das in FIG. 13 gezeigte Kurvenprofil nicht elektrisch, sondern durch die Form korrigiert werden.

**[0079]** Die vorliegende Erfindung ist nicht auf die oben beschriebene Ausführungsform und deren Modifikationen beschränkt, und jede Komponente davon kann modifiziert und ausgebildet werden, ohne vom Umfang der Erfindung abzuweichen. Die in der Ausführungsform beschriebenen Komponenten und Modifikationen können in geeigneter Weise kombiniert werden, um verschiedene Ausführungsformen zu bilden. Einige Komponenten können von den in der Ausführungsform und den Modifikationen dargestellten Komponenten weggelassen werden.

**[0080]** Diese Anmeldung beansprucht die Priorität der japanischen Patentanmeldung Nr. 2022-143591, die am 9. September 2022 eingereicht wurde, der japanischen Patentanmeldung Nr. 2023-087410, die am 29. Mai 2023 eingereicht wurde, und der japanischen Patentanmeldung Nr. 2023-136326, die am 24. August 2023 eingereicht wurde, wobei deren gesamter Inhalt hiermit durch Bezugnahme hierin aufgenommen ist.

## Patentansprüche

1. Versetzungserfassungsapparatur (1), aufweisend:
  - einen Taststift (4), der sich mit einem ersten Drehpunkt (P1) als Basispunkt bei Kontakt mit einem Messobjekt dreht, eine Welle (32), auf der eine Skala (54) vorgesehen ist;
  - einen Versetzungsübertragungsmechanismus, der die Versetzung des Taststifts (4) auf die Welle (32) überträgt; und
  - einen Sensor (56), der die Versetzung der Skala (54) erfasst, wobei
 der Versetzungsübertragungsmechanismus umfasst (i) den ersten Drehpunkt (P1), der auf der Wellenachse vorgesehen ist, (ii) einen zweiten Drehpunkt (P2), der näher an der Welle (32) als der erste Drehpunkt (P1) und versetzt von der Wellenachse vorgesehen ist, und (iii) ein Verbindungselement (36), das zwischen der Welle (32) und dem Taststift (4) vorgesehen ist, und die Welle (32) erstens in einer Wellenrichtung der Wellenachse, welche der axialen Richtung der Welle (32) entspricht, versetzt wird, indem das Verbindungselement (36) mit dem ersten Drehpunkt (P1) als Basispunkt gemäß einer Drehung des Taststifts (4) gedrückt wird, und die Welle (32) zweitens in der Wellenrichtung der Wellenachse versetzt wird, indem das Verbindungselement (36) mit dem zweiten Drehpunkt (P2) als Basispunkt gemäß einer Drehung des Taststifts (4) gedreht wird.

2. Versetzungserfassungsvorrichtung (1) nach Anspruch 1, wobei der Versetzungsübertragungsmechanismus umfasst:  
einen Aufnahmeabschnitt (50), der eine umgekehrte konische Aufnahme­fläche (52) aufweist und auf der Wellenachse der Welle (32) vorgesehen ist; und  
eine Kugel (48), die in dem Aufnahmeabschnitt (50) aufgenommen ist, so dass sie die Aufnahme­fläche (52) berührt.
3. Versetzungserfassungsvorrichtung (1) nach Anspruch 2, wobei der Versetzungsübertragungsmechanismus umfasst:  
einen Verbindungsabschnitt (16), der an einem Innenring (14) eines Lagers als erster Drehpunkt (P1) vorgesehen ist; das Verbindungselement (36), dessen eines Ende mit dem Verbindungsabschnitt (16) verbunden ist und dessen anderes Ende mit der Kugel (48) versehen ist; und  
den Aufnahmeabschnitt (50), der an einem Ende der Welle (32) vorgesehen ist.
4. Versetzungserfassungsvorrichtung (1) nach Anspruch 3, wobei das Verbindungselement (36) umfasst:  
einen Körper (40), der die Kugel (48) hält; und  
eine entlang einer Achse (L4) des Körpers (40) vorgesehene Stange (42), und wobei  
der Verbindungsabschnitt (16) einen Passabschnitt (71) aufweist, der einen Spitzenabschnitt der Stange (42) aufnimmt, und  
ein Außenumfang des Spitzenabschnitts der Stange (42) eine geneigte Fläche (72) aufweist, deren Durchmesser zur Spitze hin abnimmt, so dass die Stange (42) relativ zu dem Verbindungsabschnitt (16) versetzt werden kann, wenn der Taststift (4) gedreht wird.
5. Versetzungserfassungsvorrichtung (1) nach Anspruch 4, wobei sich der Körper (20) mit dem zweiten Drehpunkt (P2) als Basispunkt gemäß einer Drehung des Taststifts (4) dreht.

FIG.1

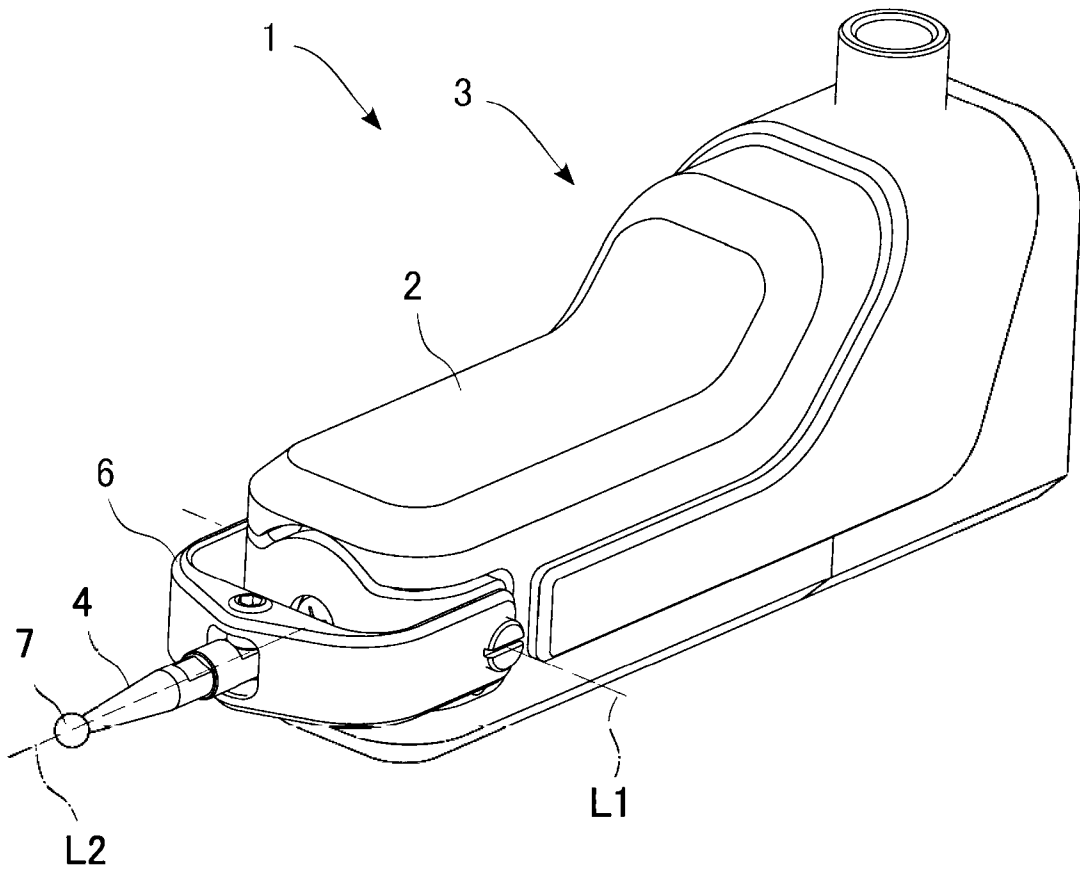


FIG.2

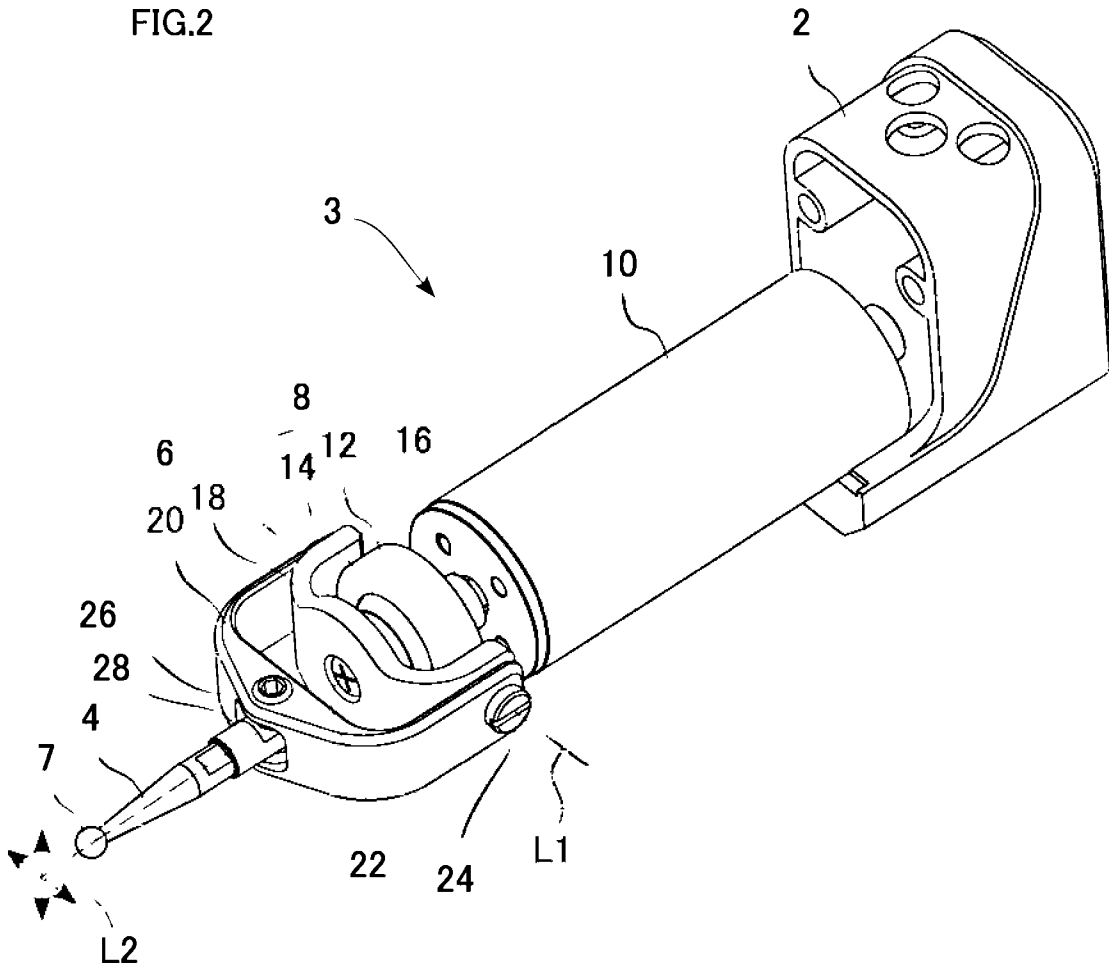


FIG.3

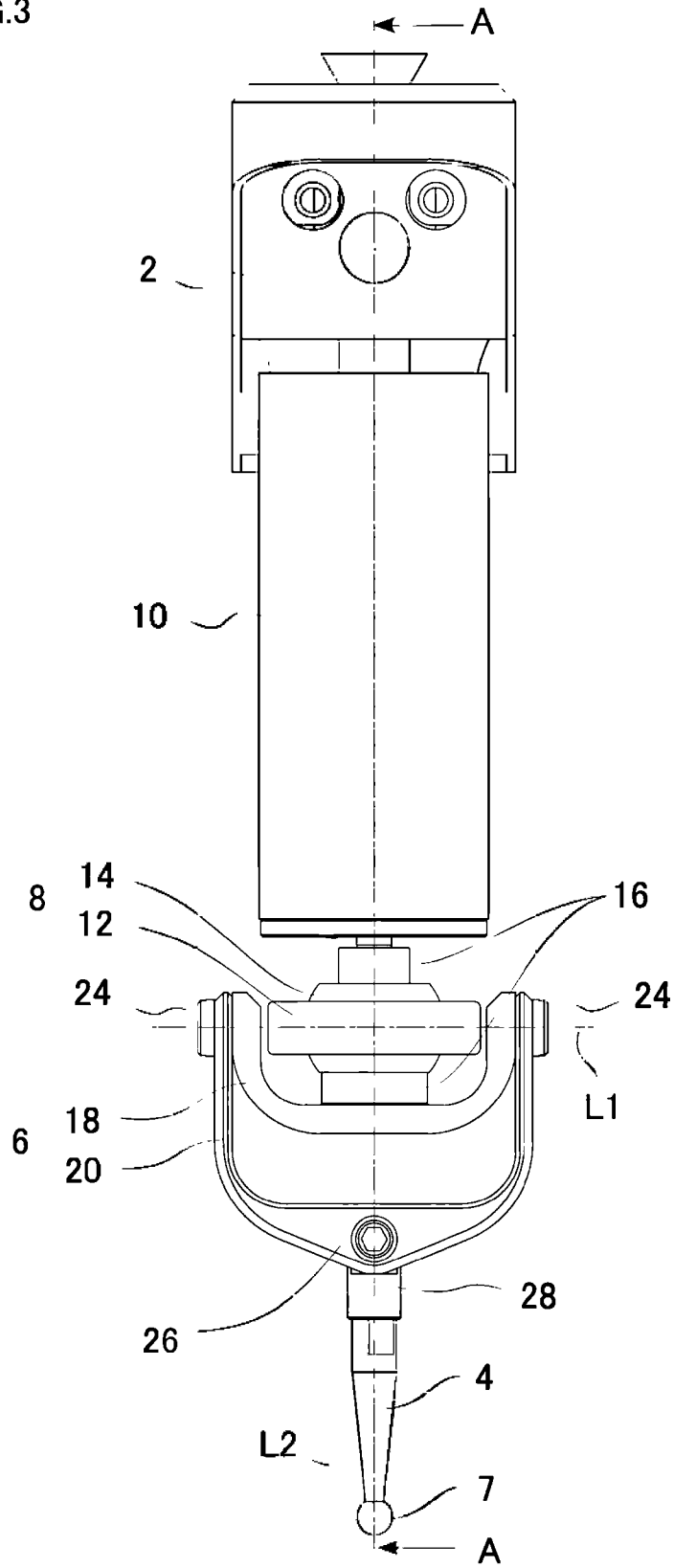


FIG.4

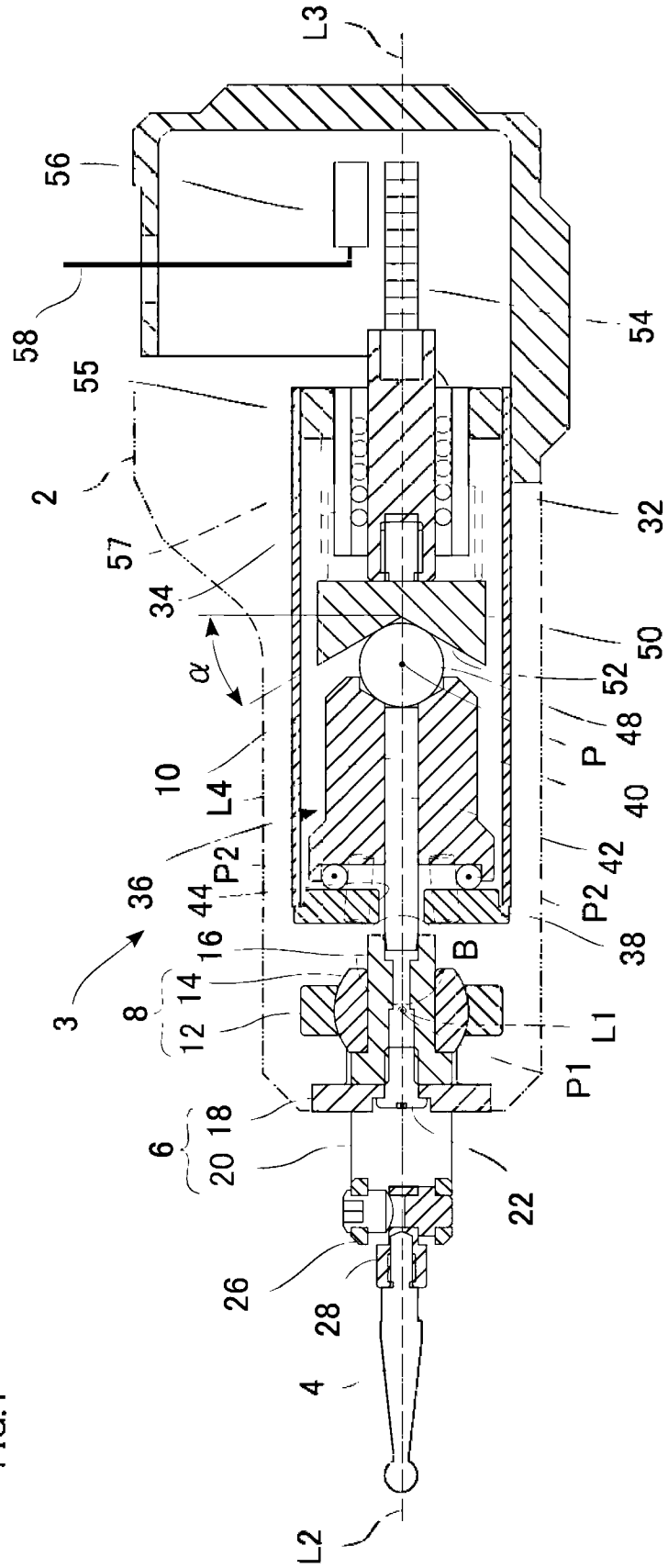


FIG.5A

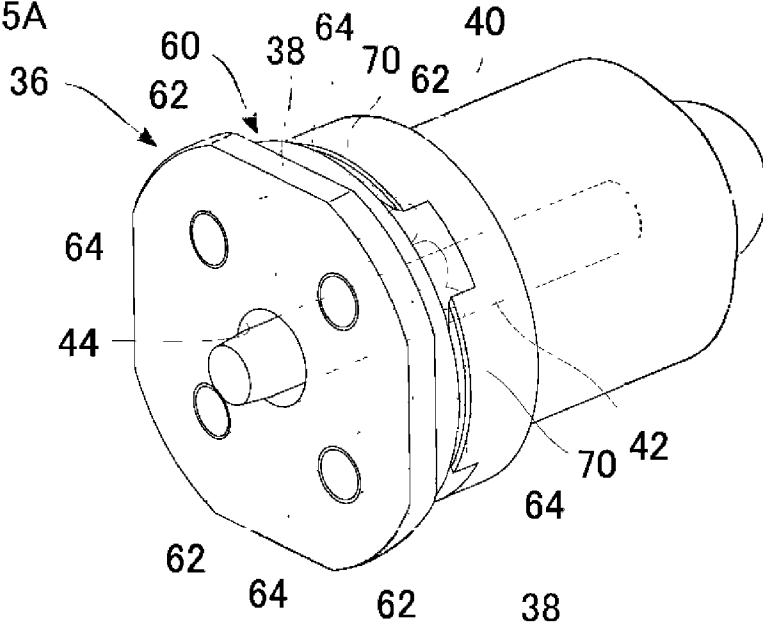


FIG.5B

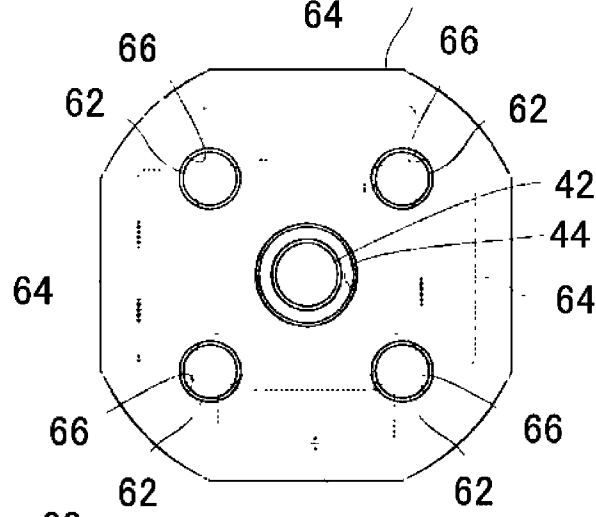
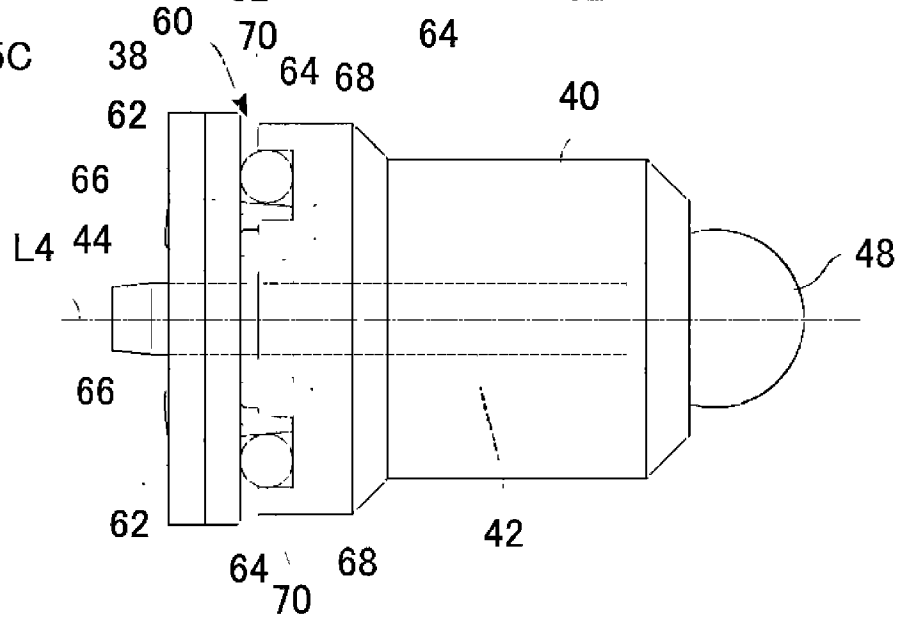


FIG.5C



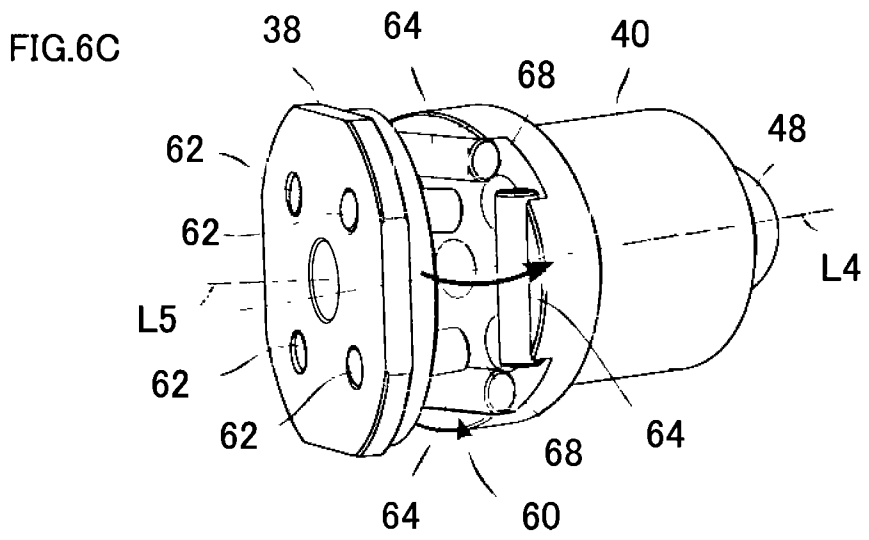
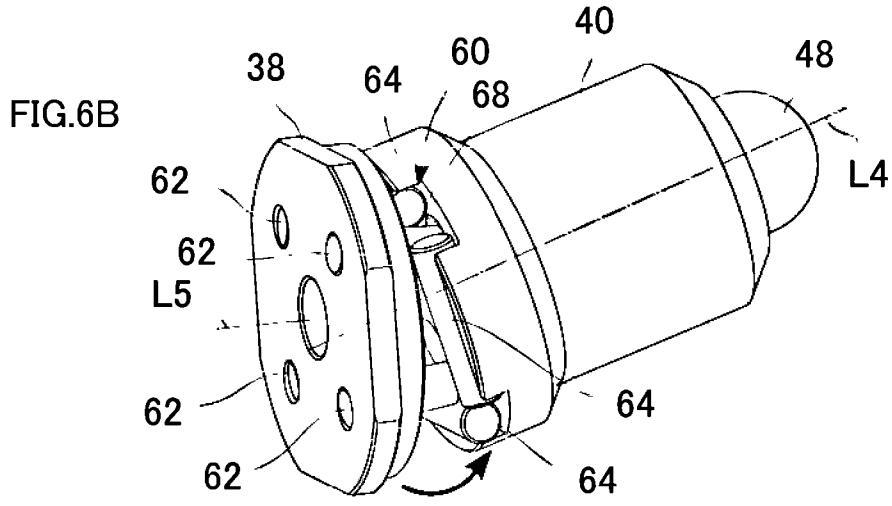
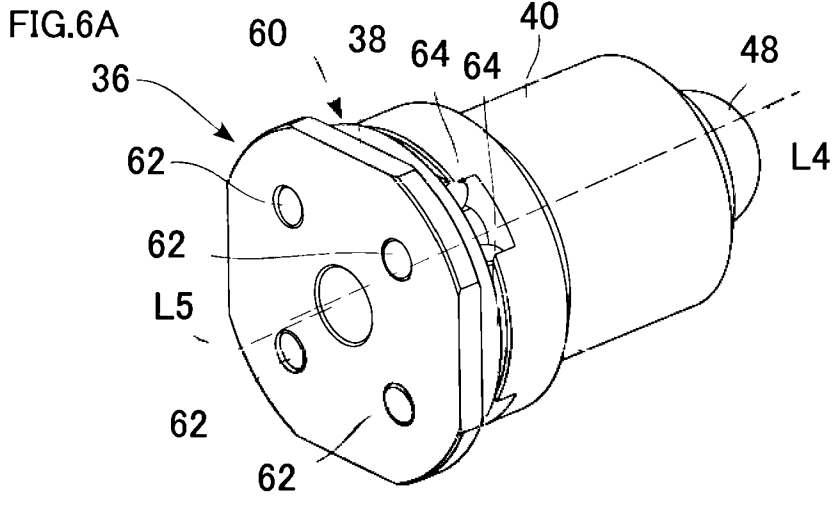


FIG.7A

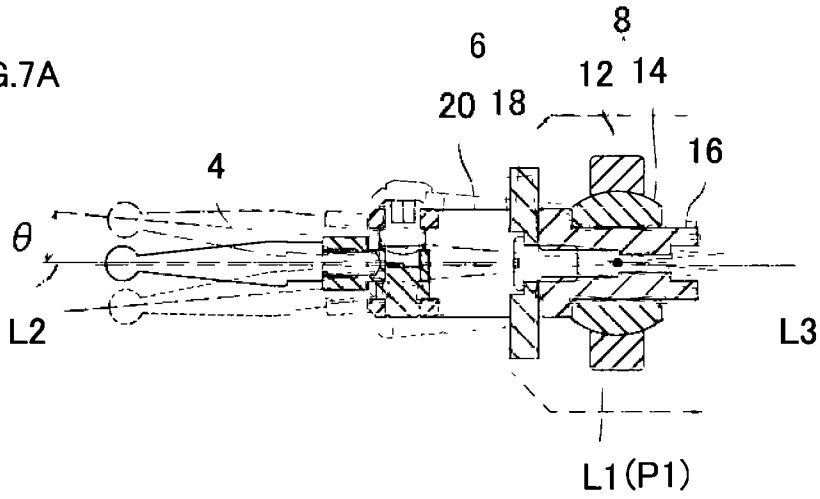


FIG.7B

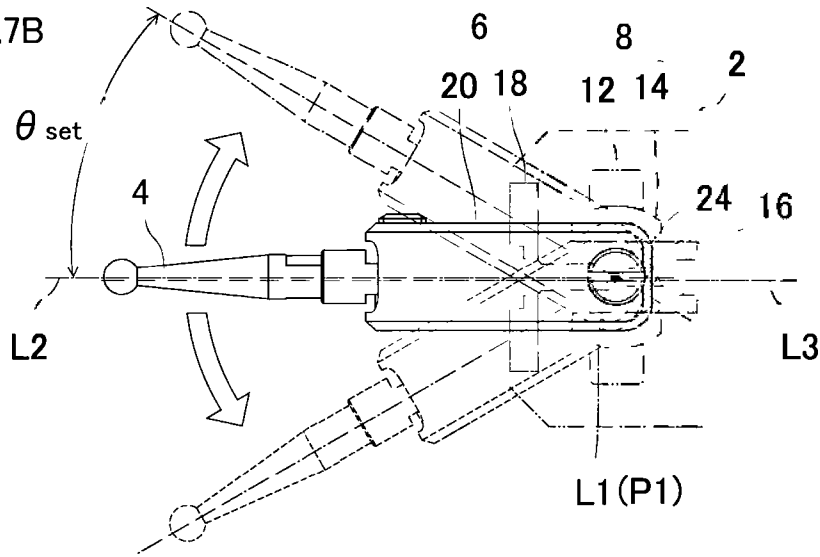


FIG.7C

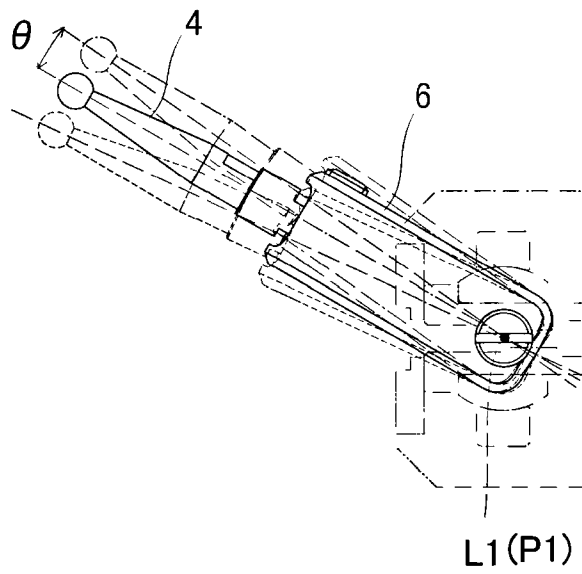


FIG.8

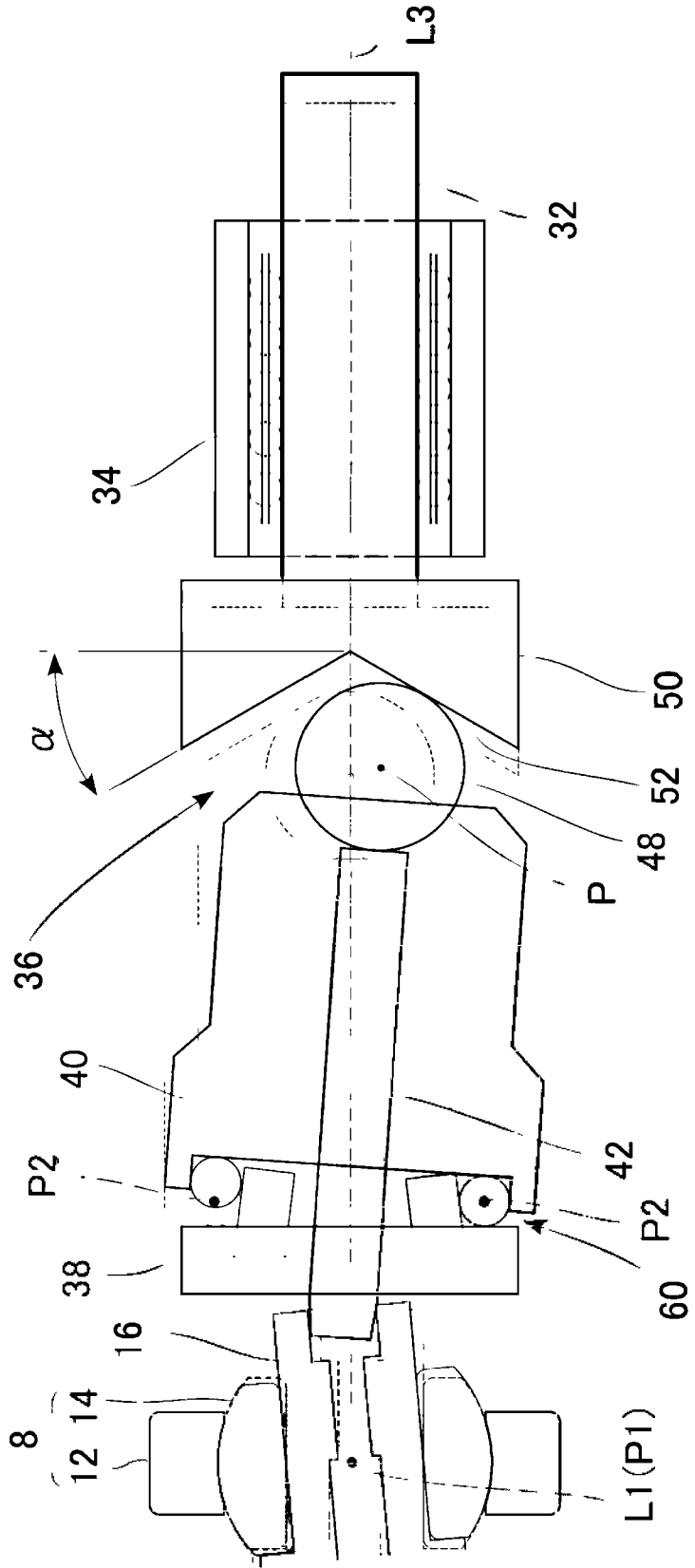


FIG.9A

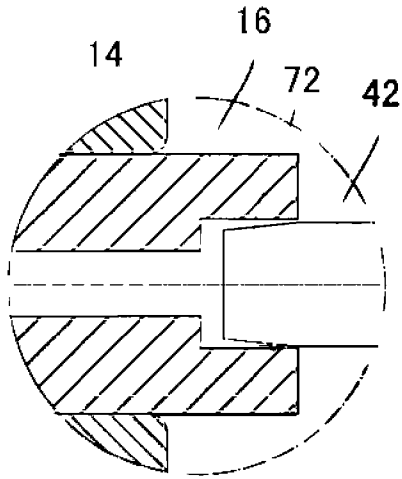


FIG.9B

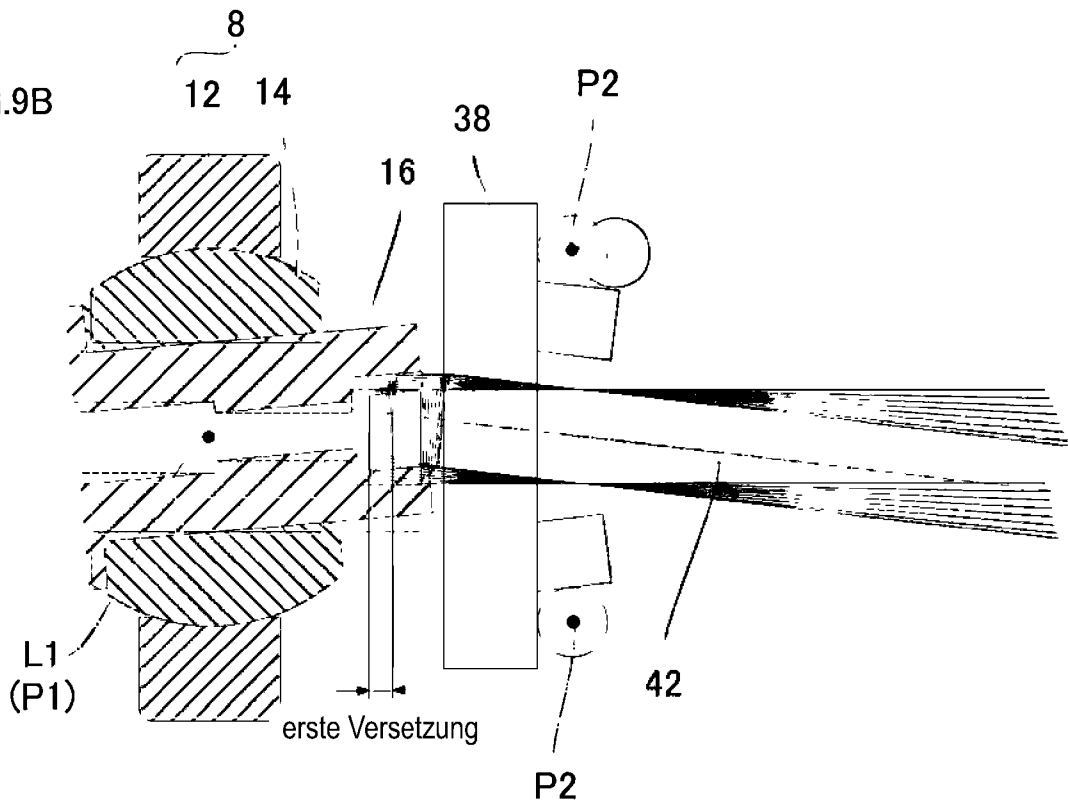




FIG.11A

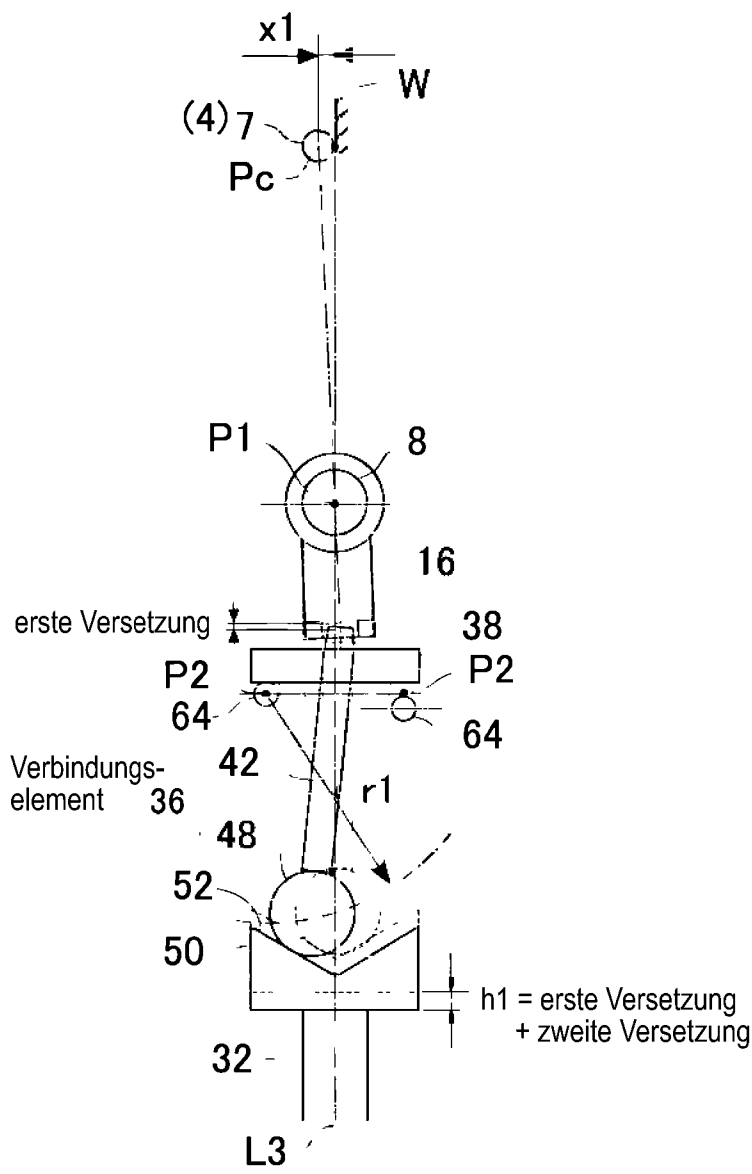


FIG.11B

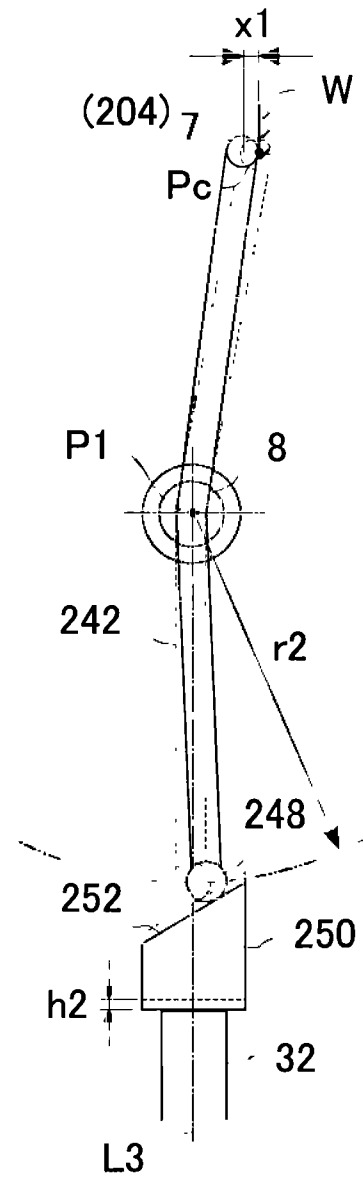


FIG.12A

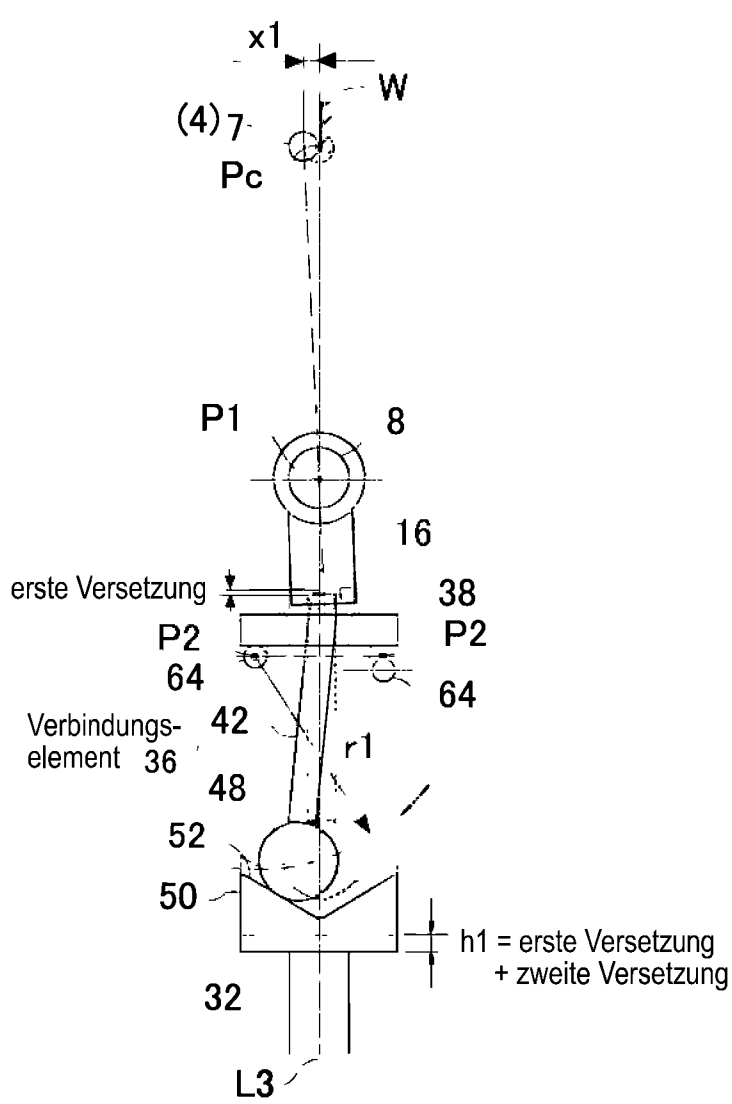


FIG.12B

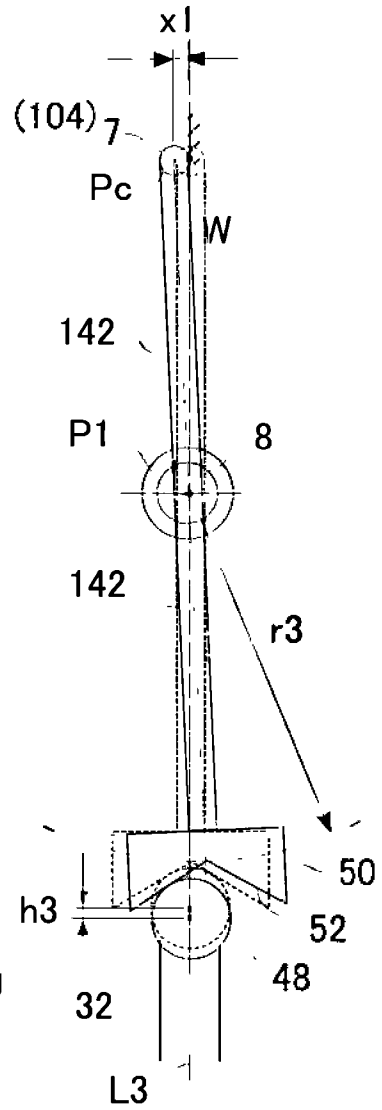


FIG.13

