

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
7. Dezember 2006 (07.12.2006)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2006/128733 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:

G01B 11/03 (2006.01) B25J 9/16 (2006.01)
G01B 21/04 (2006.01)

Florstadt (DE). RAUH, Wolfgang [DE/DE]; Am Mehrdrusch 16, 35094 Gossfelden (DE). CHRISTOPH, Ralf [DE/DE]; Siemensstr. 19, 35394 Giessen (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2006/005355

(74) Anwalt: STOFFREGEN, Hans-Herbert; Friedrich-Ebert-Anlage 11b, 63450 Hanau (DE).

(22) Internationales Anmeldedatum:

6. Juni 2006 (06.06.2006)

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:

10 2005 026 022.5 3. Juni 2005 (03.06.2005) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): WERTH MESSTECHNIK GMBH [DE/DE]; Siemensstr. 19, 35394 Giessen (DE).

(72) Erfinder; und

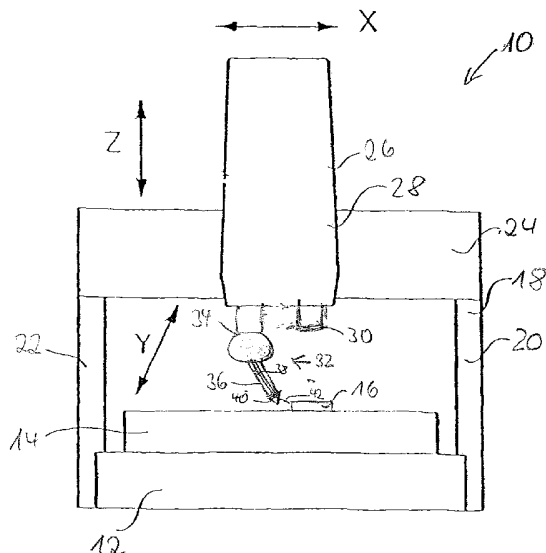
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): TUTSCH, Rainer [DE/DE]; Schleinitzstr. 20, 38106 Braunschweig (DE). ANDRÁS, Matthias [DE/DE]; Am Mühlberg 30, 61197

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: COORDINATE MEASURING UNIT AND METHOD FOR MEASURING AN OBJECT WITH A COORDINATE MEASURING UNIT

(54) Bezeichnung: KOORDINATENMESSGERÄT SOWIE VERFAHREN ZUM MESSEN EINES OBJEKTES MIT EINEM KOORDINATENMESSGERÄT



(57) Abstract: The invention relates to a coordinate measuring unit (10) with at least one optical sensor (32) that contactlessly senses an object (16) to be measured. In order to be able to measure highly precise small dimensions and slopes of objects, the invention provides that the exit angle and/or angular position and/or length of the measuring beam path of the optical sensor (32) can be adapted for detecting desired structures of the object (16), and that the measurement results for the different exit angles and/or angular positions and/or lengths can be provided in a uniform coordinate system by successively calibrating the optical sensors with regard to the different exit angles and/or angular positions and/or lengths.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2006/128733 A2



TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Veröffentlicht:

- *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts*

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung bezieht sich auf ein Koordinatenmessgerät (10) mit zumindest einem ein zu messendes Objekt (16) berührungslos antastenden optischen Sensor (32). Um hochpräzise kleine Dimensionen und Neigungen des Objekts messen zu können, wird vorgeschlagen, dass Austrittswinkel und/oder Winkelposition und/oder Länge des Messstrahlengangs des optischen Sensors (32) zur Erfassung gewünschter Strukturen des Objektes (16) anpassbar ist und dass die Messergebnisse für die unterschiedlichen Austrittswinkel und/oder Winkelpositionen und/oder Längen durch aufeinander Einmessen der optischen Sensoren in Bezug auf die unterschiedlichen Austrittswinkel und/oder Winkelpositionen und/oder Längen in einem einheitlichen Koordinatensystem zur Verfügung stellbar sind.

Beschreibung

Koordinatenmessgerät sowie Verfahren zum Messen eines Objektes mit einem Koordinatenmessgerät

Die Erfindung bezieht sich auf ein Koordinatenmessgerät umfassend ein in zumindest zwei Koordinatenachsenrichtungen insbesondere automatisch bewegbares wie maschinengesteuertes Tastsystem mit zumindest einem ein zu messendes Objekt berührungslos antastenden optischen Sensor, der insbesondere als ein nach dem Funktionsprinzip eines Interferometers arbeitender punktförmig wirkender Abstandssensor (Interferometer-Sensor) ausgebildet ist. Ferner nimmt die Erfindung Bezug auf ein Verfahren zum Messen eines Objekts mittels eines Koordinatenmessgerätes unter Verwendung eines in zumindest zwei Koordinatenachsenrichtungen automatisch bewegbaren Tastsystems mit einem ein zu messendes Objekt berührungslos antastenden optischen Sensor, insbesondere ein nach dem Funktionsprinzip eines Interferometers arbeitender punktförmig wirkender Abstandssensor (Interferometer-Sensor).

Koordinatenmessgeräte dienen zum Messen geometrischer Merkmale von Werkstücken wie Länge, Durchmesser, Winkel, Winkligkeit und Parallelität. Fast alle Geräteformen basieren auf kartesisch angeordneten Koordinatenachsen mit linearen Maßstäben. Messschlitten in den Achsen werden dabei entweder manuell oder durch einen Motor bewegt. An einer der Achsen, meist an der senkrechten Z-Achse (Pinole), ist ein Sensor

zum Aufnehmen von Messpunkten angebracht. Im Falle eines taktilen Sensors werden bei jeder Berührung des Tasters mit dem Objekt die Position der drei Messschlitten ausgelesen und daraus die Punktkoordinaten auf der Oberfläche des Messobjekts ermittelt. Optoelektronische Sensoren wie z. B. Bildverarbeitungssensoren verfügen üblicherweise über einen eigenen meist zweidimensionalen Messbereich. Mit solchen Sensoren ist es möglich, mehrere Punkte eines Objektmerkmals ohne Bewegung in den Koordinatenachsen gleichzeitig zu messen. Auch sind Multisensorkoordinatenmessgeräte bekannt, die es ermöglichen, mit mehr als einem Sensor ein Objekt zu messen. Als Sensoren kommen grundsätzlich optische, taktile und optotaktile Sensoren in Frage (DE.Z. Christoph, Ralf et. al: Multisensor-Koordinatenmesstechnik, Die Bibliothek der Technik, Band 248).

Aus dem Stand der Technik sind Multisensorkoordinatenmessgeräte bekannt, die einen Videotaster und einen Lasertaster, die beide auf einem gemeinsamen Strahlengang zur Erfassung eines gleichen Messpunktes auf dem Werkstück eingerichtet sind, sowie einen taktil arbeitenden Sensor umfassen (DE-C-38 06 686).

Die DE-A-102 40 292 bezieht sich auf einen Kombitaster. Dabei umfasst der Kombitaster einen Tastenträger mit einer ersten und einer zweiten Tasteinrichtung, von denen eine ein interferenzoptischer Sensor ist.

Aus der DE-A-103 31 966 ist eine optische Messeinrichtung bekannt, bei der zur quantitativen und/oder qualitativen Bestimmung der Beschaffenheit einer Oberflächengeometrie eines Gegenstandes ein Interferometer benutzt wird. Entsprechende Techniken sind der DE-A-101 31 780 oder der DE-A-101 31 779 oder der DE-C-102 93 797 zu entnehmen.

Dreh- oder Dreh-Schwenk-Gelenke für Koordinatenmessgeräte vorzusehen, ist der EP-B-1 082 581 zu entnehmen.

Auch ist es aus der DE-U-200 08 721.5 bekannt, optische Umlenkeinrichtungen von Sensoren über eine Wechselschnittstelle mit einem Koordinatenmessgerät zu verbinden.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Koordinatenmessgerät sowie ein Verfahren zum Messen eines Objektes der eingangs genannten Art so weiterzubilden, dass ein Einsatz für vielfältige Messaufgaben möglich ist, wobei hochpräzise auch kleine Dimensionen gemessen werden sollen. Dabei sollen die Messungen schnell und genau durchführbar sein.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch ein Koordinatenmessgerät der eingangs genannten Art im Wesentlichen dadurch gelöst, dass Austrittswinkel und/oder Winkelposition und/oder Länge des Messstrahlengangs des zumindest einen optischen Sensors und/oder der Messstrahlengänge von zumindest zwei in dem Koordinatenmessgerät integrierten optischen Sensoren zur Erfassung gewünschter Strukturen des Objektes anpassbar bzw. einstellbar ist und dass die Messergebnisse für die unterschiedlichen Austrittswinkel und/oder Winkelpositionen und/oder Längen durch aufeinander Einmessen des bzw. der optischen Sensoren in Bezug auf die unterschiedlichen Austrittswinkel und/oder Winkelpositionen und/oder Längen in einem einheitlichen Koordinatensystem zur Verfügung stellbar sind.

Erfindungsgemäß wird als optischer Sensor insbesondere ein nach dem Funktionsprinzip eines Interferometers arbeitender benutzt, der nachstehend auch vereinfacht als Interferometersensor bezeichnet wird. Dabei wird die von dem Objekt reflektierte Strahlung ausgewertet. Als Licht wird insbesondere teilkohärentes verwendet.

Bei dem optischen Sensor kann es sich jedoch auch um einen chromatischen Abstandssensor oder einen Laserabstandssensor handeln, um beispielhaft weitere optische Sensoren zu nennen, die bei der erfindungsgemäßen Lehre zum Einsatz gelangen.

Ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass ein Sensor bezüglich des Messstrahlaustrittswinkels oder Winkelposition des Messstrahls oder Länge des Messstrahls derart verändert

wird, dass gewünschte Messaufgaben lösbar sind, so besteht selbstverständlich auch die Möglichkeit, mit mehreren optischen Sensoren zu arbeiten, die voneinander abweichende Austrittswinkel und/oder Austrittsstrahlwinkelposition und/oder Strahllängen aufweisen. Erfindungsgemäß und messtechnisch wird insoweit ein Unterschied nicht gemacht.

Insbesondere ist der Sensor mit auswechselbaren Winkeloptikvorsätzen verbindbar, um gewünschte Messstrahlrichtung bzw. -länge zu erhalten.

Erfindungsgemäß werden der Sensor bzw. die Sensoren, die bei den unterschiedlichen Messaufgaben voneinander abweichende Austrittswinkel und/oder Winkelpositionen und/oder Strahllängen aufweisen, aufeinander eingemessen, um Messergebnisse in einem einheitlichen Koordinatensystem, also vorzugsweise dem des Koordinatenmessgerätes zur Verfügung zu haben. Das Einmessen erfolgt dabei über Kalibriernormale, bei denen es sich um Ringe, Kugeln, polygonförmige Objekte oder andere geeignete Elemente handeln kann.

Aus Gründen der Vereinfachung wird nachstehend grundsätzlich von einem Interferometersensor als dem optischen Sensor gesprochen, ohne dass hierdurch eine Einschränkung der erfindungsgemäßen Lehre erfolgen soll. Vielmehr sind sämtliche in Frage kommende optische Sensoren zur Realisierung der erfindungsgemäßen Lehre geeignet, sofern die hierzu benötigten Strahlengänge vorliegen.

Neben dem nach dem Funktionsprinzip eines Interferometers arbeitenden Sensors - kurz Interferometer-Sensor genannt - können in dem Koordinatenmessgerät weitere Sensoren der Koordinatenmesstechnik wie berührende Sensoren und/oder Bildverarbeitung und/oder Laser und/oder taktil-optischer Fasertaster und/oder messender Taster und/oder schaltender Taster und/oder Laserabstandssensor integriert werden. Dabei können die in das Koordinatenmessgerät eingebundenen Sensoren in ihren Positionen und/oder Richtungen aufeinander eingemessen werden und die Messergebnisse in einem einheitlichen Koordinatensystem zur Verfügung gestellt werden.

Um eine optimale Anpassung an die Messaufgaben zu ermöglichen, ist vorgesehen, dass der Interferometer-Sensor auswechselbar gestaltete Lichtleiter aufweist, über die der optische Strahl zum Messort geführt wird. Der optische Leiter kann auch als Messleiter oder Messnadel bezeichnet werden. Dabei können die Austrittswinkel des Sensorstrahlengangs aus den Messleitern unterschiedlich gestaltet werden. Insbesondere ist vorgesehen, dass die Austrittswinkel der Messleiter derart gestaltet sind, dass unter Berücksichtigung der Aperturwinkeln der Sensoren in Frage kommende Oberflächenneigungen der Messobjekte im Bereich von 0° bis 90° oder 0° bis 180° erfasst werden.

Des Weiteren besteht die Möglichkeit, dass die Messleiter um die Messleiterachse rotierbar angeordnet werden.

Die physikalisch wirksame Rotationsachse der Messnadel wird durch Einmessen des Sensors an einem kalibrierten Normal bestimmt und beim Einsatz des Sensors sodann korrigierend berücksichtigt. Als Einmessnormal können kalibrierte Ringe und/oder kalibrierte Kugeln zum Einsatz gelangen.

Die Absolutposition der Sensorkennlinie innerhalb des Koordinatenmessgerätes wird bevorzugterweise für jede Winkelstellung durch Messung der Position eines kalibrierten Normals eingemessen.

Für ausgewählte Winkelstellungen wird die Absolutposition der Sensorkennlinie bestimmt, um beim späteren Messen für dazwischen liegende Winkelpositionen die Sensorkennlinien-Position durch Interpolation zu ermitteln.

Der Interferometer-Sensor wird bevorzugterweise über ein Dreh- oder Drehschwenkgelenk mit dem Koordinatenmessgerät verbunden, wobei der Schwenkpunkt des Dreh- oder Drehschwenkgelenks nahe am Antastpunkt des Sensors oder im Antastpunkt des Sensors selbst angeordnet werden sollte.

Systematische Messfehler, die in ihrer Größe von der Winkelneigung zwischen Sensor-Messachse (optische Achse) und Materialoberfläche abhängig sind, werden dadurch korrigiert, dass die Abweichung zuvor durch Messung eines Normals im Koordinatenmessgerät bei Bestimmung der Abweichung gespeichert wird, um anschließend beim Messen von Werkstücken mit dem Sensor korrigierend berücksichtigt zu werden. Neigungswinkelabhängige Fehler können durch Messen eines Kugelnormalen erfasst werden. Alternativ können Messungen an geneigten Ebenen erfolgen. Auch besteht die Möglichkeit, neigungsabhängige Fehler durch Verkippen einer Messfläche mit einer im Koordinatenmessgerät integrierten Dreh- oder Drehsschwenkachse zu messen.

Als Kalibriernormal kommt auch ein polygonförmiges Objekt mit zugehöriger Kalibrierung in Frage.

Die Messleiter sind bevorzugterweise über eine Wechselschnittstelle auswechselbar ausgebildet. Dabei können auswechselbare Messleiter über ein Tasterwechsellmagazin eines Koordinatenmessgerätes ein- und ausgewechselt werden. Dabei kann die mechanische Schnittstelle des Tasterwechsellmagazins anderer verwendeter Sensoren, insbesondere taktiler Sensoren entsprechen, so dass insoweit eine Kompatibilität gegeben ist.

Mit verschiedenen Messleitern eingesetzte, mit verschiedenen Winkeln gemessene Punkte im Koordinatenmessgerät werden zu einer Gesamtkontur zusammengeführt, wobei die eingemessenen Positionen des Sensors mit den unterschiedlichen Strahlaustrittswinkeln und/oder Strahlwinkelpositionen und/oder Strahllängen im Koordinatenmessgerät berücksichtigt werden. Anstelle eines Sensors mit auswechselbaren Messnadeln, um gewünschte Austrittswinkel und/oder Winkelpositionen und/oder Längen zu erreichen, können erfindungsgemäß auch Sensoren mit entsprechend unterschiedlich gestalteten Messnadeln zum Einsatz gelangen.

Erfindungsgemäß besteht auch die Möglichkeit, die Konturen durch Messpunkte zu ergänzen, die mit anderen Sensoren des Koordinatenmessgerätes erfasst werden. Mit

anderen Worten kann die Gesamtkontur aus Messpunkten ermittelt werden, die von unterschiedlichen Sensoren ermittelt werden.

In Weiterbildung der Erfindung wird vorgeschlagen, dass mit dem interferometrischen Sensor im Koordinatenmessgerät Konturen nach dem Scanning-Prinzip erfasst werden, indem ein oder mehrere Koordinatenachsen des Koordinatenmessgerätes der durch den Sensor detektierten Auslenkung nachgeregelt werden, so dass sich der angetastete Materialoberflächenpunkt in etwa in der Mitte der Sensorkennlinie befindet.

Es besteht auch die Möglichkeit, dass mit verschiedenen Messleitern Teilkonturen gescannt werden, die sodann zu einer Gesamtkontur zusammengefügt werden.

Des Weiteren kann der gesamte Interferometer-Sensor über eine Sensorwechselschnittstelle gegen andere Sensoren wie taktile Sensoren oder Bildverarbeitungssensoren ausgetauscht werden. Beim Scanning mit dem Interferometer-Sensor kann eine Bewegung in einer zusätzlichen Zustellachse gleichzeitig während des Scanning-Betriebs ausgeführt werden und mit einer weiteren Zustellachse gleichzeitig tangential oder annähernd tangential zur Materialoberfläche bewegt werden, um mehrdimensionale Konturen auf der Materialoberfläche zu scannen. Dabei kann die Zustellbewegung mäanderförmig erfolgen. Andere Verfahrenswege wie Schraubenlinie und/oder Spirallinie sind gleichfalls möglich.

Die Kennlinie des Interferometer-Sensors für verschiedene Werkstückoberflächenarten wird mit den Achsen des Koordinatenmessgerätes eingemessen, wobei die Messwerte bestimmten Verfahrspositionen der Koordinatenachsen (XYZ) zugeordnet werden.

Die Einstellparameter für den Scanning-Betrieb des Koordinatenmessgerätes werden für verschiedene Werkstückoberflächen abgespeichert und beim Scanning eingesetzt.

Die Auswahl der geeigneten Regelparameter für die Scanning-Steuerung wird aus dem Ergebnis des Einmessvorganges der Kennlinie des Sensors an der konkreten Materialoberfläche abgeleitet.

Zusätzlich zu den Messpunkten, die mit dem Interferometer-Sensor gemessen werden, können Punkte mit einem anderen z. B. taktilen oder Bildverarbeitungssensor gemessen werden, um sodann die mit dem Interferometer-Sensor gemessene Punktwolke durch die mit dem anderen Sensor gemessenen Punkte geometrisch zu korrigieren.

Die Sensoren können unabhängig voneinander und/oder entlang verschiedener Achsen verstellt werden.

Zum Vermessen kann das Messobjekt durch Dreh- oder Dreh-Schwenkachsen während der Messung zu dem Interferometer-Sensor herumgedreht oder geschwenkt werden, um eine optimale Ausrichtung des optischen Strahls zu erzielen.

Insbesondere wird das Messobjekt über eine Dreh- oder Dreh-Schwenkachse während des Scanning-Vorgangs mit dem Interferometer-Sensor automatisch in eine optimale Winkellage für den Scanning-Betrieb eingeschwenkt oder gedreht, wobei typischerweise Messpunktnormale und optische Achse des Messstrahls parallel zueinander verlaufen.

Der Sollwert für das Eindrehen oder Einschwenken des Messobjektes sollte eine 90°-Stellung zwischen der aus benachbarten Messpunkten gebildeten Scanning-Linie und dem Sensorstrahlengang sein. Auch kann der Sollwert für das Eindrehen oder Einschwenken des Messobjektes eine 90°-Stellung zwischen der aus benachbarten Messpunkten gebildeten Scanning-Linie und der optischen Messachse sein. Dabei kann die Richtung der Scanning-Linie durch Ausgleichsrechnung aus zwei oder mehreren Messpunkten erfolgen.

Um insbesondere eine optimale Ausrichtung des Interferometer-Sensors bzw. dessen Mess- oder Lichtleiters und damit der optischen Achse des Messstrahls zum Objekt bzw. zu messendem Bereich wie Rohr, Loch etc. zu ermöglichen, ist vorgesehen, dass bei der Messung im Zusammenspiel zwischen Sensor und Koordinatenmessgerät Konturlinien am zu messenden Merkmal in zumindest zwei unterschiedlichen Höhen gemessen werden und hieraus die Sollvorgabe für einen durch Dreh- oder Drehschwenkachse ausgeführtes Senkrechtstellen des Messobjektmerkmals zum Sensorstrahlengang und/oder parallel zur Mess- bzw. Lichtleiterachse abgeleitet wird.

Befindet sich auf dem zu messenden Werkstück eine Verschmutzung wie Öl, Wasser oder ähnliche Stoffe ist vorgesehen, dass bei der Messung mit dem Interferometer-Sensor entsprechende Verschmutzungen dadurch aus dem Messergebnis ausgeblendet werden, dass bei der Messung von mehr als einer Schicht mit dem Interferometer-Sensor jeweils die vom Sensor am weitesten entfernt liegende Schicht zur Messung berücksichtigt wird.

Ein Verfahren zum Messen eines Objekts mittels eines Koordinatenmessgerätes unter Verwendung eines in zumindest zwei Koordinatenachrichtungen automatisch bewegbaren Tastsystems mit einem ein zu messendes Objekt berührungslos antastenden optischen Sensor, insbesondere ein nach dem Funktionsprinzip eines Interferometers arbeitender punktförmig wirkender Abstandssensor (Interferometer-Sensor) zeichnet sich dadurch aus, dass gewünschte Oberflächenstrukturen wie Oberflächenneigungen des Objekts mit dem zumindest einen und/oder zumindest zwei optischen Sensoren mit anpassbarem bzw. einstellbarem Messstrahlaustrittswinkel und/oder Messstrahlwinkelposition und/oder Messstrahllänge gemessen wird, und dass die Messergebnisse für die unterschiedlichen Austrittswinkel und/oder Winkelpositionen und/oder Längen durch ein aufeinander Einmessen des bzw. der Sensoren in Bezug auf die unterschiedlichen Austrittswinkel und/oder Winkelposition und/oder Strahllängen in einem einheitlichen Koordinatensystem zur Verfügung gestellt werden. Insbesondere ist vorgesehen, dass ein nach dem Funktionsprinzip des Interferometers arbeitender optischer Sensor (Interferometer-Sensor) unter Verwendung von teilkohärentem Licht eingesetzt wird.

Insbesondere sieht die Erfindung vor, dass neben dem optischen Sensor wie Interferometer-Sensor weitere Sensoren der Koordinatenmesstechnik, wie berührende Sensoren und/oder Bildverarbeitung und/oder Laser und/oder taktil-optischer Fasertaster und/oder messende Taster und/oder schaltende Taster und/oder Laserabstandssensoren in das Koordinatenmessgerät integriert werden.

Losgelöst hiervon sollten die Sensoren unabhängig voneinander und/oder entlang verschiedener Achsen verstellt werden.

Weiterbildungen ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

Weitere Einzelheiten, Vorteile und Merkmale der Erfindung ergeben sich nicht nur aus den Ansprüchen, den diesen zu entnehmenden Merkmalen –für sich und/oder in Kombination-, sondern auch aus der nachfolgenden Beschreibung eines der Zeichnung zu entnehmenden bevorzugten Ausführungsbeispiels.

Es zeigen:

- Fig. 1 eine Prinzipdarstellung eines Koordinatenmessgerätes,
- Fig. 2 eine Prinzipdarstellung betreffend das Einmessen verschiedener Winkelpositionen,
- Fig. 3 verschiedene Antastpositionen an einer Kalibrierkugel,
- Fig. 4 ein Dreh-/Schwenkgelenk des Koordinatenmessgerätes,
- Fig. 5 eine Prinzipdarstellung zur Bestimmung von Winkelpositionen,
- Fig. 6 eine Prinzipdarstellung eines Tasterwechselmagazins,

Fig. 7 Prinzipdarstellungen von Messungen mit verschiedenen Winkelvorsätzen eines Sensors sowie hieraus ermittelter Konturzug,

Fig. 8 eine Prinzipdarstellung zur Bestimmung einer Sensorkennlinie und

Fig. 9 eine Prinzipdarstellung zur Bestimmung der räumlichen Lage einer Sensorkennlinie.

In Fig. 1 ist rein prinzipiell ein Koordinatenmessgerät 10 mit z. B. aus Granit bestehendem Grundrahmen 12 mit Messtisch 14 dargestellt, auf dem ein Werkstück 16 angeordnet ist, das zu messen ist.

Entlang dem Grundrahmen 12 ist ein Portal 18 in Y-Richtung des Koordinatensystems des Koordinatenmessgerätes 10 verstellbar. Hierzu sind Säulen oder Ständer 20, 22 gleitend auf dem Grundrahmen 12 abgestützt. Von den Säulen 20, 22 geht eine Traverse 24 aus, entlang der, also gemäß der Zeichnung in X-Richtung ein Schlitten 26 verstellbar ist, der seinerseits eine Pinole oder Säule 28 aufnimmt, die in Z-Richtung verstellbar ist.

Die Pinole oder Säule 28 weist im Ausführungsbeispiel zwei Sensoren auf. Einer der Sensoren 30 kann ein Abstandssensor sein. Dieser kann zum Beispiel auch durch einen mechanischen Taster oder einen optotaktil arbeitenden Taster ersetzt sein. Der zweite Sensor 32, der erfindungsgemäß ausgebildet wird, arbeitet bevorzugterweise nach dem Prinzip eines Interferometers, ohne dass hierdurch die erfindungsgemäße Lehre eingeschränkt wird. Anstelle eines nach dem interferometrischen Prinzip arbeitenden Sensors kann zum Beispiel auch ein Laserabstandssensor eingesetzt werden. Aus Gründen der Vereinfachung wird nachstehend von einem Interferometersensor gesprochen, ohne dass erwähnenswerten hierdurch eine Einschränkung der Lehre erfolgt.

Dieser Interferometer-Sensor 32 ist über ein Dreh-Schwenkgelenk 34 mit der Pinole 28 verbunden. Von dem Dreh-Schwenkgelenk geht ein Gehäuse 36 mit innerhalb von die-

sem verlaufendem Mess- oder Lichtleiter 38 aus, über den die insbesondere teilkohärente Strahlung zum berührungslosen Antasten des Objekts 16 auf dieses abgebildet wird, um sodann aufgrund der in den Lichtleiter 38 zurückreflektierten Strahlung nach dem interferometrischen Prinzip das Werkstück 16 zu messen. Der Interferometer-Sensor 32 bzw. das den Lichtleiter 38 aufnehmende Gehäuse 36 kann über eine Wechselschnittstelle ausgetauscht werden, um in gewünschtem Umfang andere Messleiter bzw. andere Sensoren wie taktile Sensoren einzusetzen.

Aus Gründen der Prinzipdarstellung ist in Fig. 1 der Lichtleiter 38 mit austretendem Messstrahl 42 gradlinig dargestellt. Bei durchzuführenden Messaufgaben, insbesondere zur Bestimmung von Oberflächenneigungen des Objektes, verläuft der Austritts- also Messstrahl 42 des Sensors 32 unter einem von 0° abweichenden Winkel zur Längsachse des Lichtleiters 38 und des Gehäuses 36. Zum Umlenken bzw. Ablenken des Messstrahls 42 können am Lichtleiter 38 den Strahl ablenkende Elemente wie Spiegel oder Prismen vorgesehen sein, um erwähnstermaßen gewünschte Austrittsstrahlrichtungen zu erzielen. Um den Messaufgaben entsprechende Ab- bzw. Umlenkung zu erzielen, können die entsprechenden ablenkenden Elemente austauschbar mit dem Gehäuse 36 und dem Lichtleiter 38 verbunden sein, wobei der Lichtleiter 38 sich in dem ablenkenden Element nicht fortsetzen muss. Selbstverständlich besteht auch die Möglichkeit, über entsprechende Verbindungen einen Abschnitt des Lichtleiters austauschbar bzw. auswechselbar auszubilden, um den gewünschten geometrischen Verlauf des Messstrahls 42, der auf das Objekt 16 auftrifft, zu realisieren.

Bei dem in Fig. 1 dargestellten Koordinatenmessgerät geht der Sensor 32 bzw. das den Lichtleiter 38 aufweisende Gehäuse 36 von einem Dreh-/Schwenkgelenk 34 aus, das wiederum mit der Pinole bzw. dem Schlitten 28 verbunden ist. Mit dem Gehäuse 36 sind Winkelvorsätze 40 verbunden, um den über den Lichtleiter 38 geführten und aus dem Winkeloptikvorsatz 40 austretenden Messstrahl 42 im gewünschten Winkel auf die Oberfläche des zu messenden Objektes 16 fallen zu lassen.

Um optimal Messen zu können, sind die austauschbaren Winkeloptikvorsätze 40 unterschiedlich gestaltet, um den Messstrahl 42 unter einem gewünschten Winkel α zur Längsachse des Lichtleiters 38 auszurichten.

Um ungeachtet unterschiedlicher Winkeloptikvorsätze 40 die Messergebnisse in einem einheitlichen Koordinatensystem vorliegen zu haben, muss ein Einmessen erfolgen. Anhand der Fig. 2 wird das Einmessen verschiedener Winkelpositionen prinzipiell veranschaulicht. Unter Berücksichtigung des Ausführungsbeispiels nach Fig. 1 ist das Gehäuse 36 mit drei Winkelvorsätzen 44, 46, 48 austauschbar verbunden, über die der jeweilige Messstrahl 42 voneinander abweichende Winkel zur Längsachse des Lichtleiters 28 beschreibt, also die Austrittswinkel aus dem Sensor voneinander abweichen. Um die verschiedenen Winkelpositionen der Winkeloptikvorsätze 44, 46, 48 aufeinander einzumessen, wird eine Kalibrierkugel 50 benutzt, die unter Verwendung der verschiedenen Winkeloptikvorsätze 44, 46, 48 angetastet wird.

In Fig. 3 sind verschiedene Antastpositionen 52, 54, 56, 58, 60, 62, 64 dargestellt. Diese sind mit jeweils jedem Winkeloptikvorsatz 44, 46, 48 auf der Kugel 50 antastbar. Die Punkte werden entsprechend mit jedem Winkeloptikvorsatz 52, 54, 56, 58, 60, 62, 64 gemessen und aus den jeweiligen Punkten die jeweiligen Kugelmittelpunktpositionen gerechnet. Aus den Kugelmittelpunktpositionen ergibt sich der Versatz des jeweiligen Winkeloptikvorsatzes 44, 46, 48 zueinander. Entsprechendes gilt für den Fall, dass nicht ein Sensor mit unterschiedlichen Winkeloptikvorsätzen zum Einsatz gelangt, sondern mehrere Sensoren, die entsprechend voneinander abweichende Winkeloptiken aufweisen.

Erfindungsgemäß geht der Sensor 32 von einem Dreh-/Schwenkgelenk aus. Hierzu ist vorgesehen, dass mit dem Schlitten bzw. der Pinole 28 ein Schwenkkopf 66 verbunden ist, der eine Halterung 68 mit Schwenkgelenk 70 umfasst, das entlang einer Führungsbahn 72 verschiebbar den Sensor 32 aufnimmt. Die Führungsbahn 72 ist derart ausgebildet, dass der Sensor 32 entlang des Pfeils 74 bewegbar ist, wobei Arbeitspunkt 76 des Sensors 32 in der Mitte des Schwenkbereichs zu liegen kommt.

Um Fehler, die in Abhängigkeit von der Neigungslage der Oberfläche des zu messenden Objektes 16 auftreten können, zu korrigieren, wird erfindungsgemäß die Oberflächenneigungsabhängigkeit des Sensors 36 experimentell ermittelt. Hierzu wird eine Einmessebene 78 um den Arbeitspunkt 80 des Sensors 36 bewegt. Die Messpunkte des Sensors 36 werden für jede Winkelposition der Einmessebene 78 aufgenommen und in einer Kennlinie aufgetragen. Diese Kennlinie wird sodann für die Korrektur des Sensorverhaltens in Abhängigkeit vom Neigungswinkel der Oberfläche benutzt.

Erfindungsgemäß besteht die Möglichkeit, den Sensor bzw. das dem Lichtleiter 38 aufnehmende Gehäuse 36 oder allein den Winkeloptikvorsatz auswechselbar zu gestalten, wobei ein Parken in einem Tasterwechselmagazin 82 erfolgen kann, in dem auch sonstige zum Einsatz gelangende Taster wie taktile Taster eingebracht werden können.

In Fig. 6 umfasst das Tasterwechselmagazin 82 insgesamt drei Parkmöglichkeiten von Sensoren, wobei im Ausführungsbeispiel ein taktile arbeitender Sensor sowie zwei entsprechend der erfindungsgemäßen Lehre arbeitende optische Sensoren bzw. Messnadeln 86, 88 parkbar sind. Die Messnadeln 86, 88, die an den Sensor ankoppelbar sind, weisen von einander abweichende Winkeloptikvorsätze auf, um unterschiedlich messen zu können. Dies wird durch die Pfeile symbolisiert.

Anhand der Prinzipdarstellung der Fig. 6 wird auch deutlich, dass zur Erzielung gewünschter Messstrahlverläufe das den Lichtleiter 38 aufnehmende Gehäuse mit dem Winkeloptikvorsatz als Einheit austauschbar ist. Selbstverständlich ist auch allein ein Austausch der Winkeloptikvorsätze möglich.

Anhand der Fig. 7 wird der erfindungsgemäße Gedanke prinzipiell erläutert, dass Objekte mit einem oder mehreren Sensoren mit voneinander abweichenden Messstrahlaustrittswinkeln und/oder Messstrahlwinkelpositionen und/oder Messstrahllängen zum Messen des Objektes 16 zum Einsatz gelangen, um insbesondere unabhängig von dem

Oberflächenverlauf bzw. dessen Neigung optimal messen zu können, um sodann einen geschlossenen Konturzug der Oberfläche zu erhalten.

So soll die linke Darstellung in Fig. 7 verdeutlichen, dass Messungen mit speziellen Winkelobjektivvorsätzen durchgeführt werden, die zur Längsachse des Lichtleiters 38 einen Winkel von 90° bzw. $+45^\circ$ bzw. -45° einschließen. Die Winkelvorsätze 90 zeigen eine 90° -Ablenkrichtung, der Winkeloptikvorsatz 92 eine -45° -Ablenkung und der Winkeloptikvorsatz 94 eine $+45^\circ$ -Ablenkung. Die entsprechenden hieraus ermittelten Konturzüge 96, 98, 100, 102, 104 werden unter Zuhilfenahme vorher eingemessener Positionswerte der Sensoren bzw. Winkeloptikvorsätze 90, 92, 94 zu einem geschlossenen Konturzug 106 (rechte Darstellung in Fig. 7) zusammengefügt.

Das Einmessen des Sensors an einem Einmessnormal wie zum Beispiel der Kugel 50 soll anhand der Fig. 7 verdeutlicht werden. Der zum Einsatz gelangende Sensor mit einem um -45° ablenkenden Winkeloptikvorsatz 108 wird entlang seiner Messrichtung 110 (Z) ausgelenkt. Hierbei werden die Abstandswerte A, die der Sensor 108 liefert, als Kennlinie 112 über den Auslenkwerten Z dargestellt. Diese Kennlinie 112 wird in einem Rechner abgespeichert, um später zur Korrektur der jeweiligen Messwerte von dem jeweiligen Abstandsmesswert A zu nutzen. Dabei sollte die Kugel 50 deutlich größer als der Messbereich des Sensors sein, um Fehler zu minimieren.

Die Ermittlung der räumlichen Lage einer Sensorkennlinie an einem Einmessnormal 114, das im Ausführungsbeispiel wiederum eine Kugel ist, wird anhand der Fig. 9 verdeutlicht. So wird das Einmessnormal 114 in mindestens vier Positionen mit jeweils zum Beispiel drei unterschiedlichen Abständen zum Einmessnormal gemessen. Die Bewegung des Sensors muss dabei nicht mit der Messstrahlrichtung zusammenfallen, kann vielmehr hiervon abweichen. Durch das erfindungsgemäße Einmessen treten hierdurch jedoch keine Messfehler auf. Aus den Punkten mit dem jeweils gleichen Abstand,

also 2, 6, 9, 15 bzw. 3, 7, 11, 17 bzw. 4, 8, 13, 19 werden sodann die Kugelmittelpunkte P1, P2 und P3 berechnet. Aus der Verschiebung der Kugelmittelpunkte P1, P2 und P3 kann sodann die Lage der Sensorkennlinie in zum Beispiel X/Z- oder Y/Z-Richtung und damit räumlich berechnet werden. In der Sensorkennlinie ist folglich der gemessene Wert zu dem realen oder Ist-Wert in Beziehung gesetzt.

Patentansprüche

Koordinatenmessgerät sowie Verfahren zum Messen eines Objektes mit einem Koordinatenmessgerät

1. Koordinatenmessgerät (10) umfassend ein in zumindest zwei Koordinatenachsenrichtungen insbesondere automatisch bewegbares wie maschinengesteuertes Tastsystem mit zumindest einem ein zu messendes Objekt (16) berührungslos antastenden optischen Sensor (32), der insbesondere als ein nach dem Funktionsprinzip eines Interferometers arbeitender punktförmig wirkender Abstandsensor (Interferometer-Sensor) ausgebildet ist,
dadurch gekennzeichnet,
dass Austrittswinkel und/oder Winkelposition und/oder Länge des Messstrahlengangs des zumindest einen optischen Sensors (32) und/oder der Messstrahlengänge von zumindest zwei in dem Koordinatenmessgerät (10) integrierten optischen Sensoren zur Erfassung gewünschter Strukturen des Objektes (16) anpassbar ist und dass die Messergebnisse für die unterschiedlichen Austrittswinkel und/oder Winkelpositionen und/oder Längen durch aufeinander Einmessen des bzw. der optischen Sensoren in Bezug auf die unterschiedlichen Austrittswinkel und/oder Winkelpositionen und/oder Längen in einem einheitlichen Koordinatensystem zur Verfügung stellbar sind.
2. Koordinatenmessgerät nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Austrittswinkel und/oder die Winkelposition und/oder die Länge des zumindest einen Messstrahlengangs durch Einstellen und/oder Auswechseln von Vorsätzen wie Winkeloptikvorsätzen anpassbar ist.

3. Koordinatenmessgerät nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet,
dass neben dem optischen Sensor wie Interferometer-Sensor (32) weitere Sensoren der Koordinatenmesstechnik wie berührende Sensoren (84) und/oder Bildverarbeitung (30) und/oder Laser und/oder taktil-optische Fasertaster und/oder messende Taster und/oder schaltende Taster und/oder Laserabstandssensoren (30) integriert sind, wobei die in das Koordinatenmessgerät (10) eingebundenen Sensoren in ihren Positionen und/oder Richtungen aufeinander eingemessen sind und die Messergebnisse in einem einheitlichen Koordinatensystem zur Verfügung stellbar sind.
4. Koordinatenmessgerät nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass optischen Strahl des optischen Sensors führender Messleiter (36, 38) wie Lichtleiter um dessen optische Achse rotierbar angeordnet ist, wobei physikalisch wirksame Rotationsachse des Messleiters (38) durch Einmessen des optischen Sensors (32) wie Interferometer-Sensors an einem kalibrierten Normal bestimmbar und beim Einsatz des Sensors sodann korrigierend berücksichtigbar ist, wobei insbesondere als Einmessnormal ein oder mehrere kalibrierte Ringe und/oder ein oder mehrere kalibrierte Kugeln (50) einsetzbar sind.
5. Koordinatenmessgerät nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Absolut-Position der Kennlinie des optischen Sensors wie Interferometer-Sensors (32) innerhalb des Koordinatenmessgeräts (10) für jede Winkelstellung durch Messung der Position eines kalibrierten Normals einmessbar ist, insbesondere für ausgewählte Winkelstellungen die Absolutposition der Kennlinie des Interferometer-Sensors (32) bestimmbar und bei späterer Messung für dazwischen liegende Winkelpositionen die Sensor-Kennlinien-Position durch Interpolation ermittelbar ist.

6. Koordinatenmessgerät nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der optische Sensor wie Interferometer-Sensor (32) über ein Dreh- oder Drehschwengelenk (72) am Koordinatenmessgerät (10) angeordnet ist, wobei insbesondere Schwenkpunkt des Dreh- und/oder Drehschwengelenks nahe am Antastpunkt (74) des optischen Sensors (32) oder im Antastpunkt des Sensors selbst angeordnet ist.

7. Koordinatenmessgerät nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Messleiter (38) bzw. ein diesen aufnehmendes Gehäuse (36) auswechselbar ausführbar ist, wobei insbesondere die auswechselbaren Messleiter (38) bzw. das Gehäuse (36) über ein Tasterwechsellmagazin (82) des Koordinatenmessgerätes (10) ein- und auswechselbar sind, wobei vorzugsweise mechanische Schnittstelle des Tasterwechsellmagazins des optischen Sensors wie Interferometer-Sensors (32) anderer verwendeter Sensoren, insbesondere taktile Sensoren (84) entspricht.

8. Koordinatenmessgerät nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass der optische Strahl bzw. Sensorstrahl über auswechselbare Messnadeln wie Lichtleiter (36, 38) zum Messort (16) führbar ist, und dass Austrittswinkel der auswechselbaren Messnadeln unterschiedlich derart gestaltet sind, dass unter Berücksichtigung der Aperturwinkel der Sensoren gewünschte Oberflächenneigung des Messobjekts vorzugsweise im Bereich von 0° bis 90° oder 0° bis 180° erfassbar sind.

9. Verfahren zum Messen eines Objekts mittels eines Koordinatenmessgerätes unter Verwendung eines in zumindest zwei Koordinatenachrichtungen automatisch bewegbaren Tastsystems mit einem ein zu messendes Objekt berührungslos antastenden optischen Sensor, insbesondere ein nach dem Funktionsprinzip eines Interferometers arbeitender punktförmig wirkender Abstandssensor (Interferometer-Sensor),
dadurch gekennzeichnet,
dass gewünschte Oberflächenstrukturen wie Oberflächenneigungen des Objekts mit den zumindest einen und/oder zumindest zwei optischen Sensoren mit anpassbarem und/oder einstellbarem Messstrahlaustrittswinkel und/oder Messstrahlwinkelposition und/oder Messstrahllänge gemessen wird, und dass die Messergebnisse für die unterschiedlichen Austrittswinkel und/oder Winkelpositionen und/oder Längen durch ein aufeinander Einmessen des bzw. der Sensoren in Bezug auf die unterschiedlichen Austrittswinkel und/oder Winkelposition und/oder Strahllängen in einem einheitlichen Koordinatensystem zur Verfügung gestellt werden.
10. Verfahren nach zumindest Anspruch 9,
dadurch gekennzeichnet,
dass systematische Messfehler, die in ihrer Größe von der Winkelneigung zwischen Sensor-Messachse (optischer Achse) und Materialoberfläche abhängig sind, korrigiert werden, indem die Abweichung vorher durch Messung eines Normals im Koordinatenmessgerät bestimmt und die Abweichung gespeichert wird und dann beim Messen von Werkstücken mit dem Sensor korrigierend Berücksichtigung findet, wobei neigungswinkelabhängige Fehler durch Messung eines Normals wie Kugelnormals und/oder durch Messung geneigter Ebenen erfasst werden und/oder neigungsabhängige Fehler durch Verkippen einer Messfläche mit einer im Koordinatenmessgerät integrierten Dreh- oder Dreh-schwenkachse gemessen werden.

11. Verfahren nach zumindest einem der Ansprüche 9 oder 10,
dadurch gekennzeichnet,
dass die mit verschiedenen Messleitern und/oder mit verschiedenem Winkel gemessene Punkte im Koordinatenmessgerät zu einer Gesamtkontur zusammengefügt werden, wobei eingemessene Positionen des Sensors im Koordinatenmessgerät berücksichtigt werden und wobei vorzugsweise die Konturen durch Messpunkte, die mit anderen Sensoren des Koordinatenmessgeräts erfasst wurden, ergänzt werden.

12. Verfahren nach zumindest einem der Ansprüche 9 bis 11,
dadurch gekennzeichnet,
dass mit dem optischen wie Interferometer-Sensor im Koordinatenmessgerät Konturen nach dem Scanning-Prinzip erfasst werden, indem eine oder mehrere Koordinatenachsen des Koordinatenmessgeräts der durch den Sensor detektierten Auslenkung nachgeregelt werden, so dass sich der angetastete Materialoberflächenpunkt in oder in etwa Mitte der Sensorkennlinie befindet, wobei vorzugsweise mit verschiedenen Messleitern und/oder Winkelpositionen und/oder Messstrahllängen Teilkonturen gescannt werden, die zu einer Gesamtkontur zusammengefügt werden.

13. Verfahren nach zumindest einem der Ansprüche 9 bis 12,
dadurch gekennzeichnet,
dass beim Scanning mit dem optischen wie Interferometer-Sensor eine Bewegung in einer zusätzlichen Zustellachse gleichzeitig während des Scanning-Betriebs ausgeführt wird und mit einer weiteren Zustellachse gleichzeitig tangential oder annähernd tangential zur Materialoberfläche bewegt wird, um mehrdimensionale Konturen auf der Materialoberfläche zu scannen, wobei vorzugsweise die Zustellbewegung mäanderförmig ausgeführt und/oder die Zustellbewegung entsprechend einer Schraubenlinie und/oder Spirallinie durchgeführt wird.

14. Verfahren nach zumindest einem der Ansprüche 9 bis 13,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Kennlinie des optischen wie Interferometer-Sensors für verschiedene Werkstückoberflächenarten mit den Achsen des Koordinatenmessgeräts eingemessen wird, wobei Messwerte bestimmten Verfahrspositionen der Koordinatenachsen zugeordnet werden.
15. Verfahren nach zumindest einem der Ansprüche 9 bis 14,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Einstellparameter für den Scanning-Betrieb des Koordinatenmessgeräts für verschiedene Werkstückoberflächen abgespeichert werden und beim Scanning zum Einsatz kommen und dass insbesondere Auswahl geeigneter Regelparameter für die Scanning-Steuerung aus dem Ergebnis des Einmessvorgangs der Kennlinie des optischen wie Interferometer-Sensors an der konkreten Materialoberfläche abgeleitet werden.
16. Verfahren nach zumindest einem der Ansprüche 9 bis 15,
dadurch gekennzeichnet,
dass zusätzlich zu den Messpunkten, die mit dem optischen wie Interferometer-Sensor gemessen werden, Punkte mit einem anderen, zum Beispiel taktilen oder Bildverarbeitungs-Sensor gemessen und mit dem optischen wie Interferometer-Sensor gemessene Punktwolke durch die mit den anderen Sensoren gemessenen Punkte geometrisch korrigiert werden.
17. Verfahren nach zumindest einem der Ansprüche 9 bis 16,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Messobjekt durch Dreh- oder Dreh-/Schwenkachsen während der Messung um den optischen wie Interferometer-Sensor herum gedreht oder geschwenkt wird, wobei insbesondere das Messobjekt über eine Dreh- oder Dreh-/Schwenkachse während des Scanning-Vorgangs mit dem optischen wie Interfe-

rometer-Sensor automatisch in eine optimale Winkellage für den Scanning-Betrieb eingeschwenkt oder gedreht wird.

18. Verfahren nach zumindest einem der Ansprüche 9 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass als Sollwert für das Eindrehen oder Einschwenken des Messobjekts eine 90°-Stellung zwischen der aus benachbarten Messpunkten gebildeten Scanning-Linie und dem Sensorstrahlengang gewählt wird oder Sollwert für das Eindrehen oder Einschwenken des Messobjekts eine 90°-Stellung zwischen der aus benachbarten Messpunkten gebildeten Scanning-Linie und der Messstrahlachse gewählt wird, wobei insbesondere Richtung der Scanning-Linie durch Ausgleichsrechnung aus zwei oder mehreren Messpunkten erfolgt.
19. Verfahren nach zumindest einem der Ansprüche 9 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass bei der Messung im Zusammenspiel zwischen dem optischen wie Interferometer-Sensor und dem Koordinatenmessgerät Konturlinien am zu messenden Merkmal in mindestens zwei unterschiedlichen Höhen gemessen werden und hieraus Sollvorgabe für einen durch Dreh- oder Drehschwenkachse ausgeführtes Senkrechtstellen des Messobjektmerkmals zum Mess- bzw. Sensorstrahlengang und/oder parallel zur Sensor- wie Lichtleiterachse abgeleitet wird.
20. Verfahren nach zumindest einem der Ansprüche 9 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass bei der Messung mit dem optischen wie Interferometer-Sensor im Koordinatenmessgerät auf dem Werkstück vorhandene Verschmutzungen durch Öle, Wasser oder ähnliche Stoffe dadurch aus dem Messergebnis ausgeblendet werden, dass bei der Messung von mehr als einer Schicht mit dem optischen Sensor jeweils die vom Sensor am weitesten entfernt liegende Schicht zur Messung herangezogen wird.

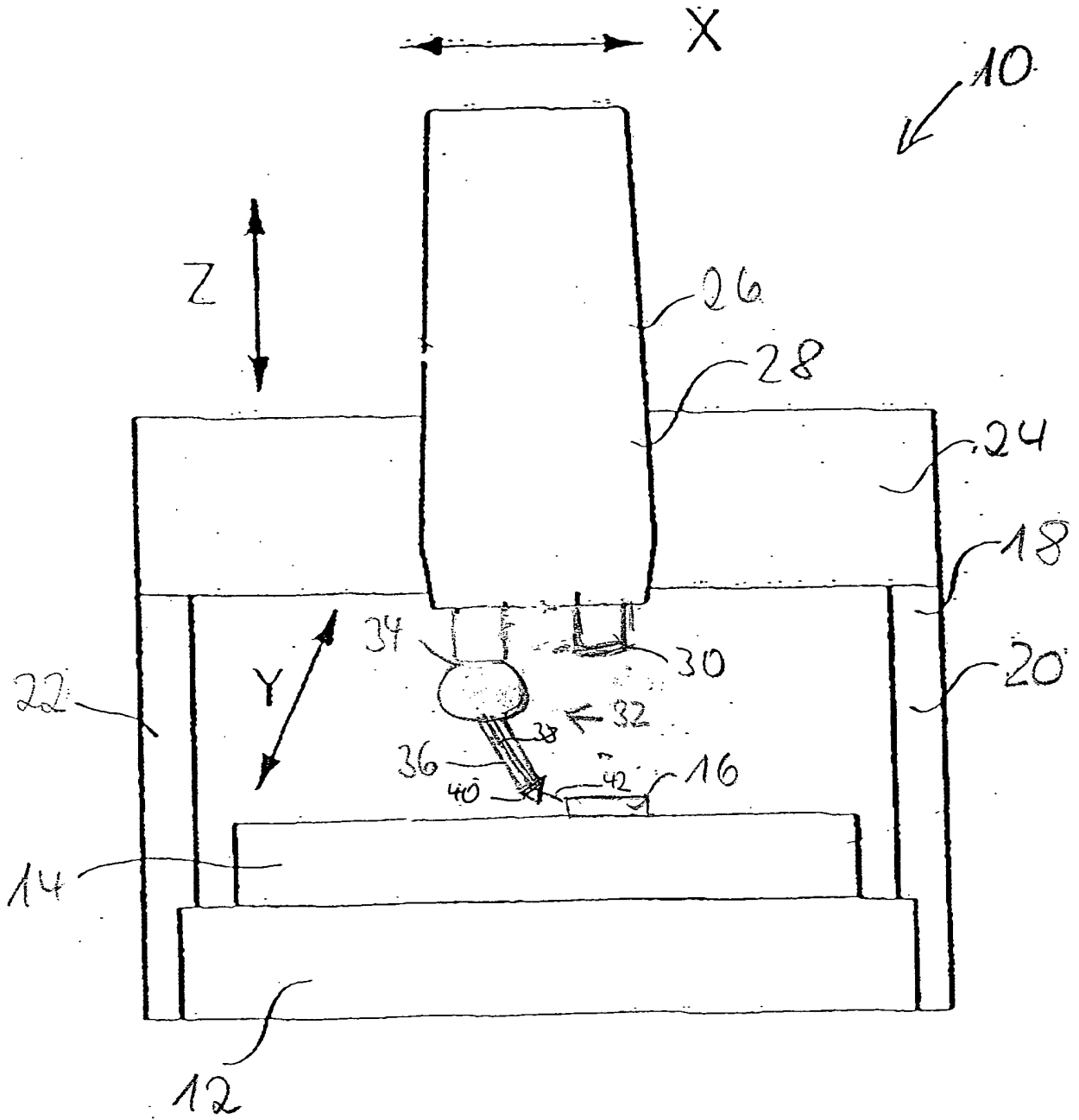


Fig. 1

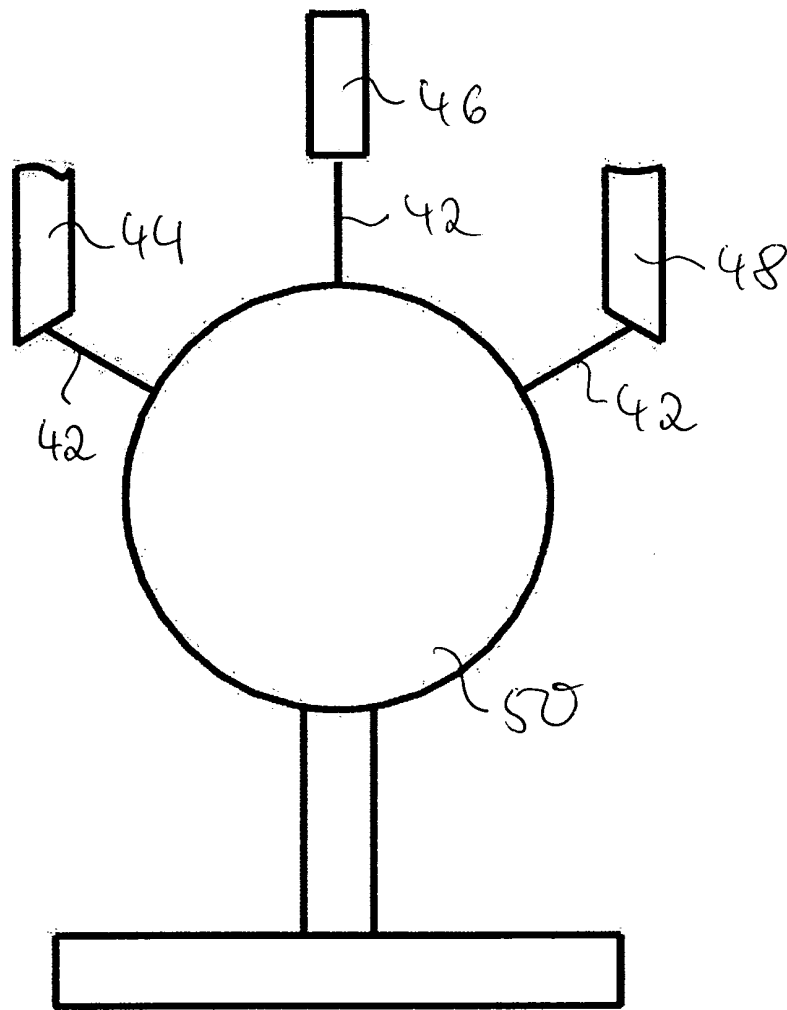


Fig. 2

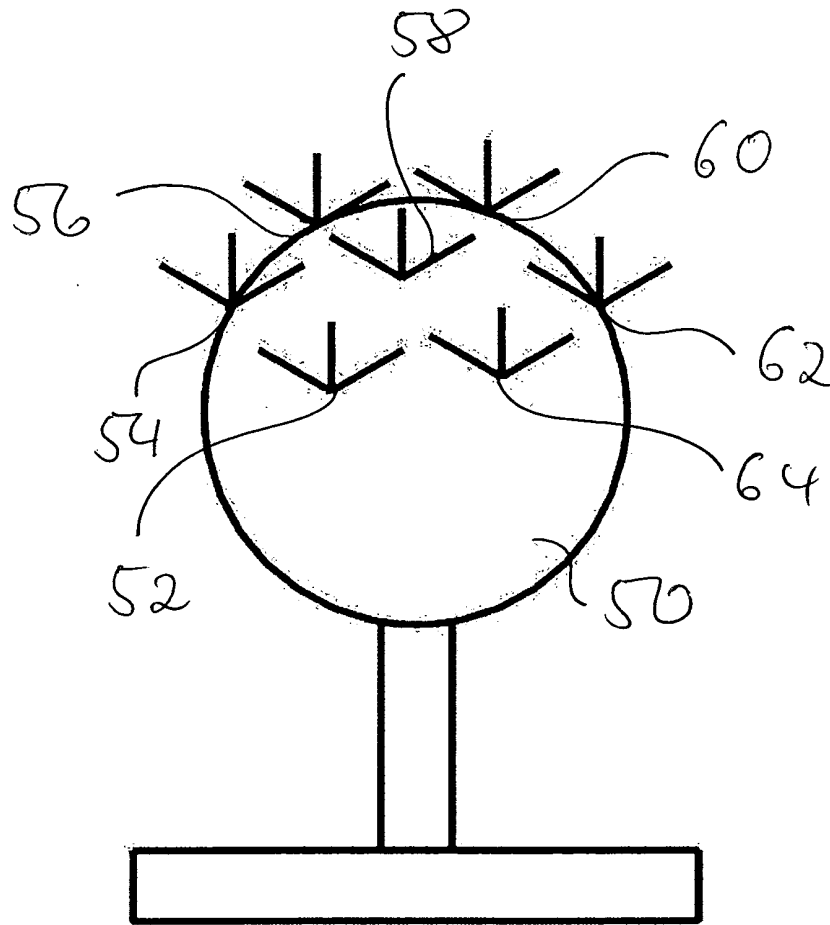


Fig. 3

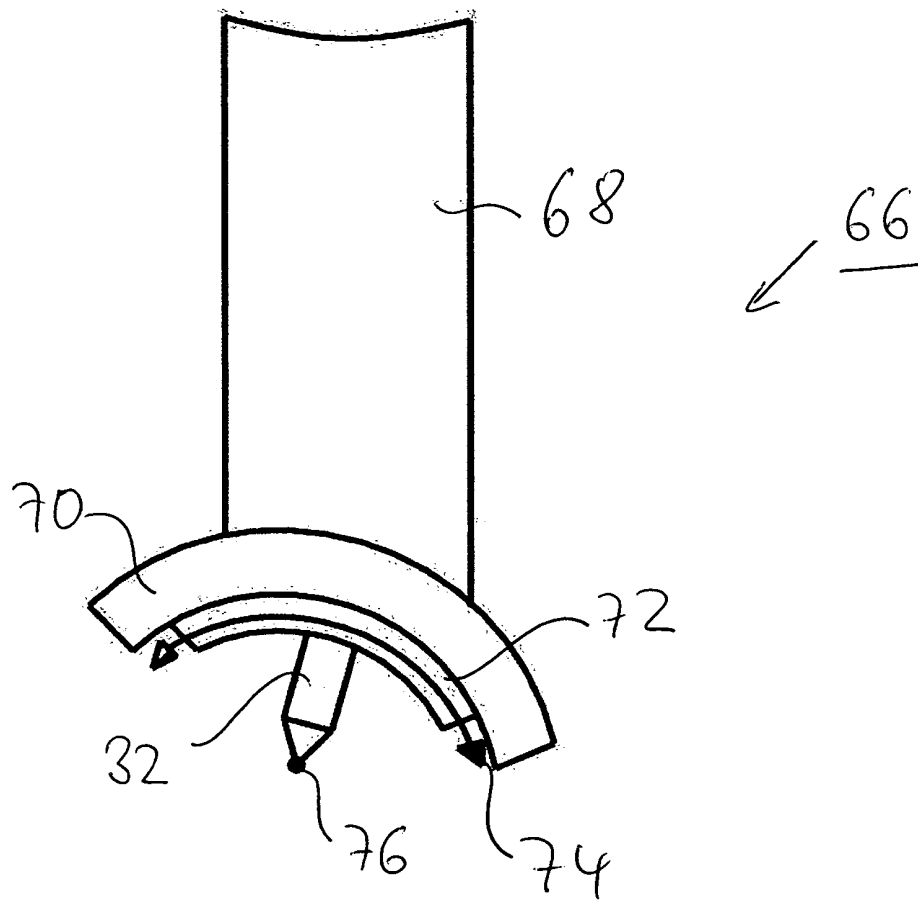


Fig. 4

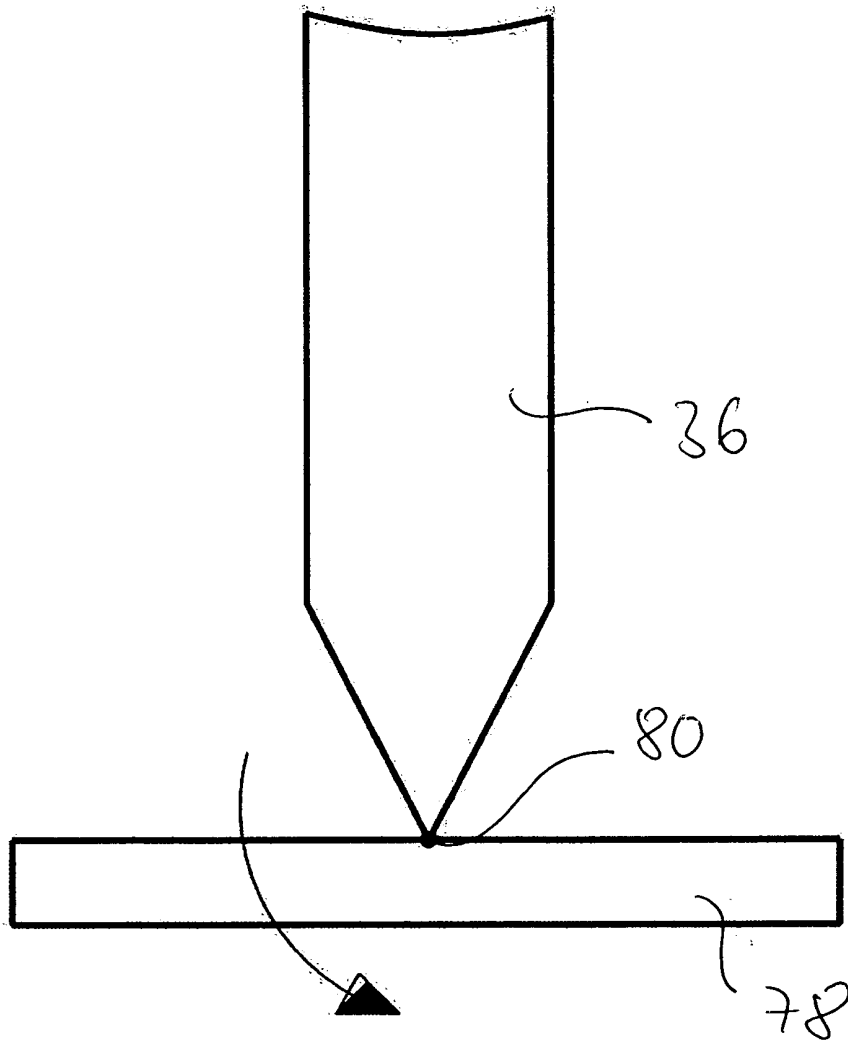
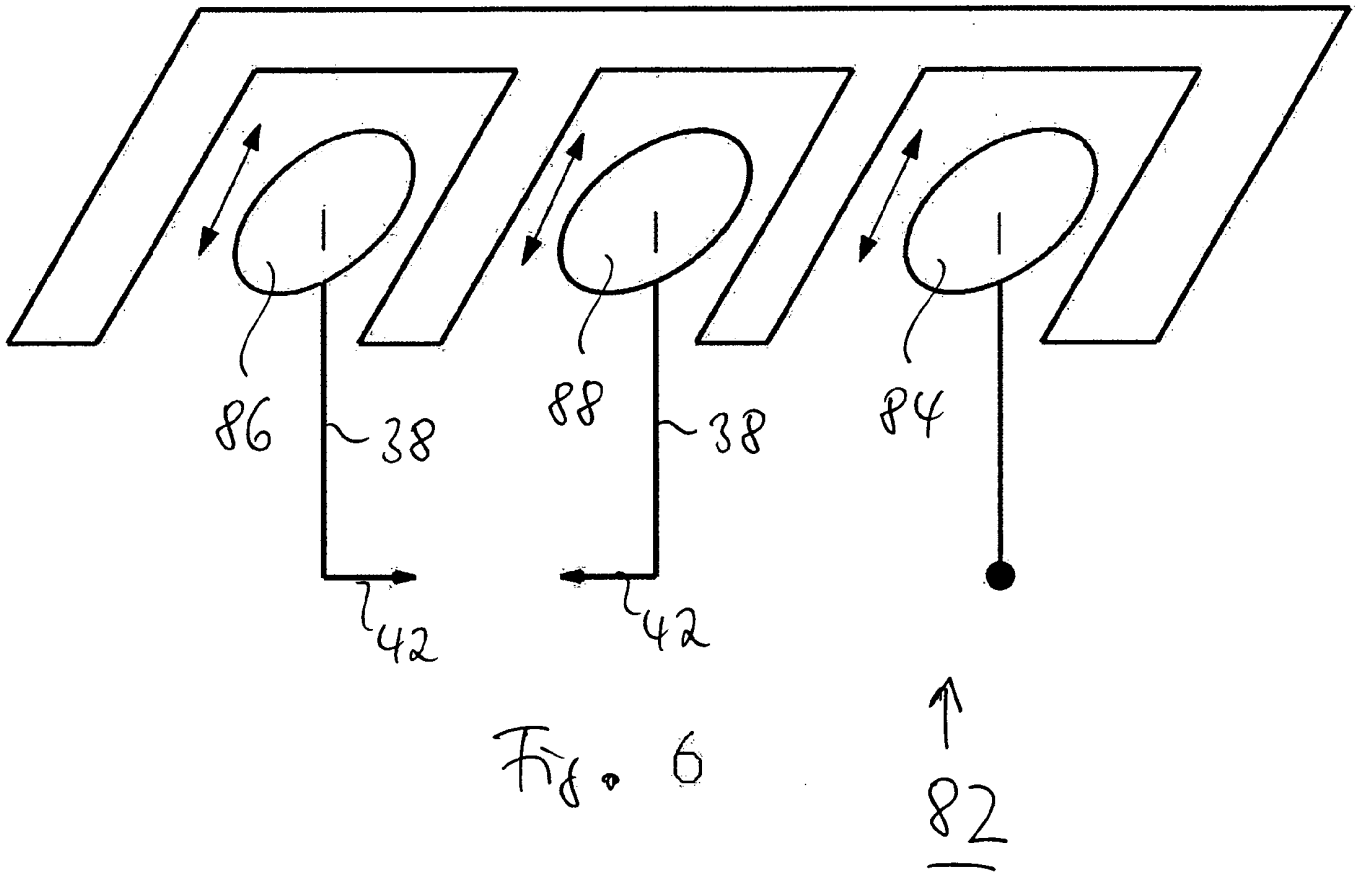


Fig. 5



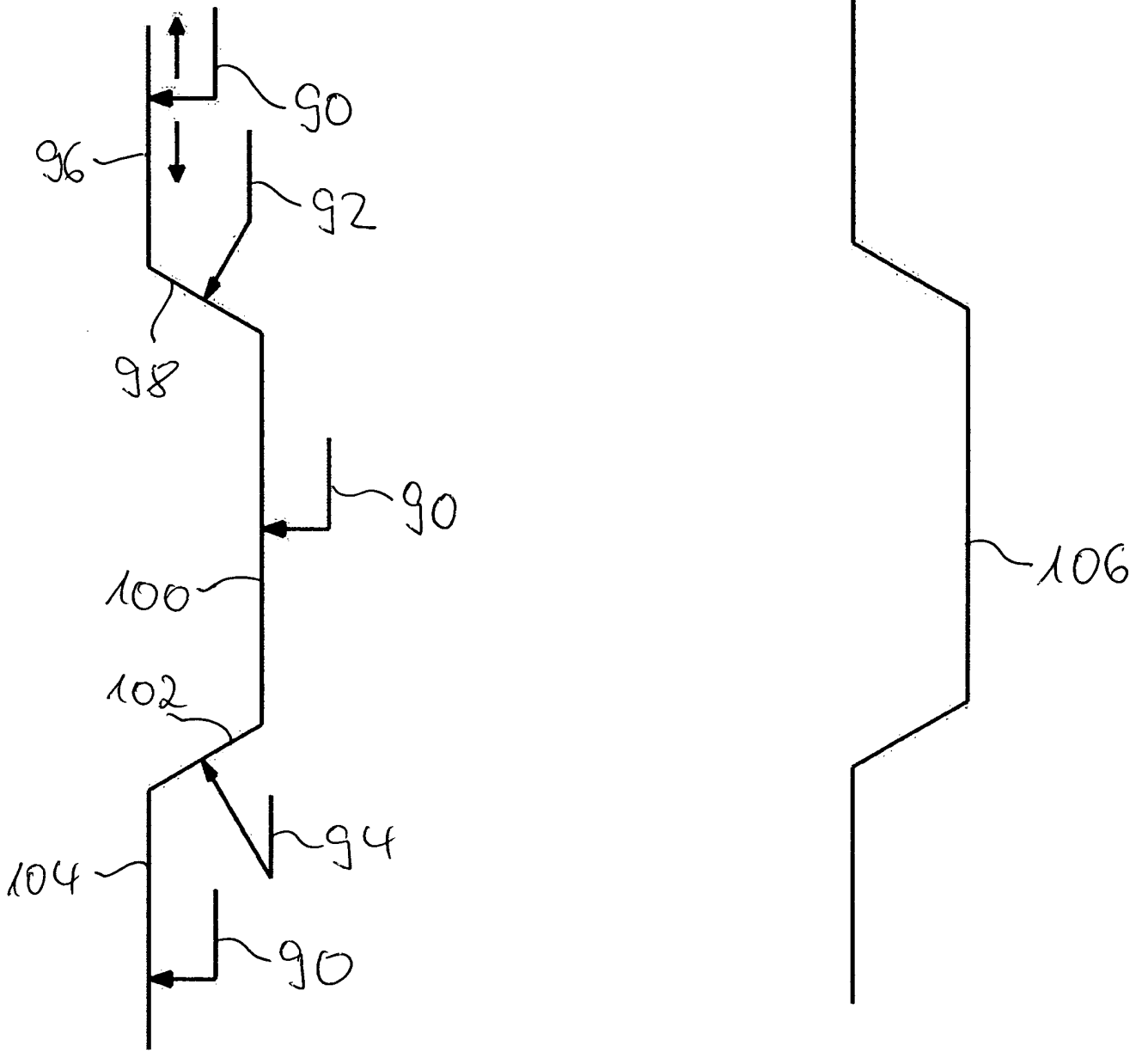


Fig. 7

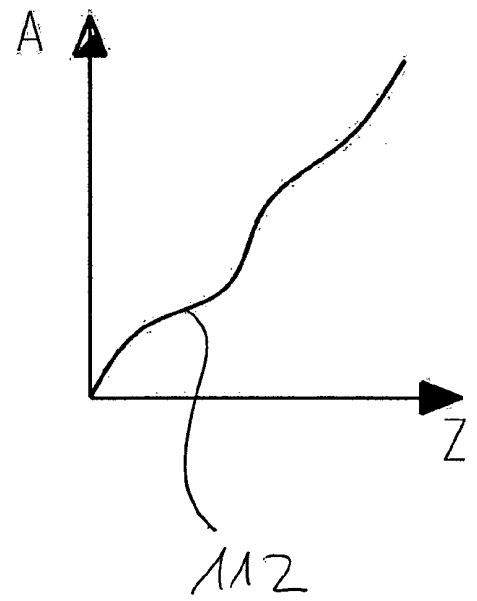
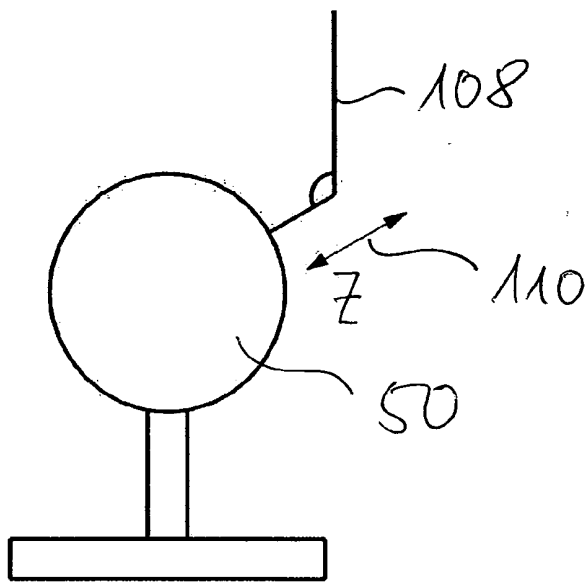


Fig. 8

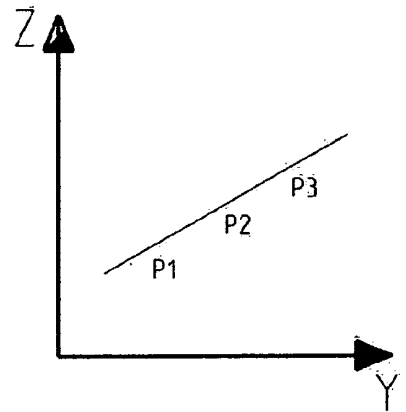
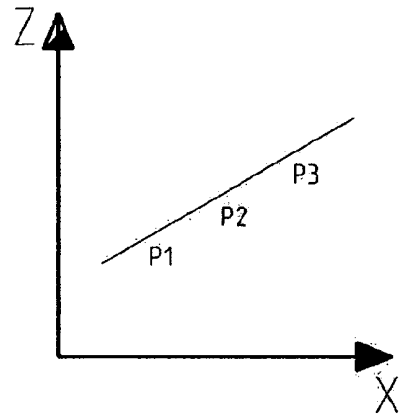
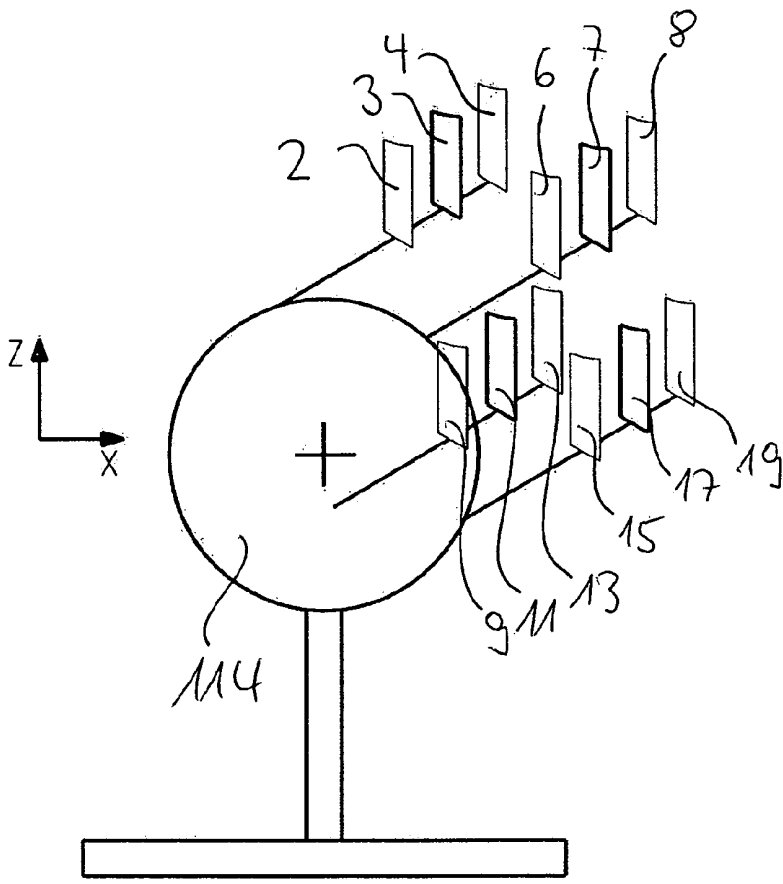


Fig. 9