



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2007 020 860 A1** 2008.11.13

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2007 020 860.1**

(22) Anmeldetag: **02.05.2007**

(43) Offenlegungstag: **13.11.2008**

(51) Int Cl.⁸: **G01B 11/00** (2006.01)
B23Q 17/22 (2006.01)

(71) Anmelder:
Carl Mahr Holding GmbH, 37073 Göttingen, DE

(74) Vertreter:
Rüger und Kollegen, 73728 Esslingen

(72) Erfinder:
**Fuchs, Werner, 07751 Jena, DE; Heiser, Lars,
07749 Jena, DE; Grüner, Erhard, 07751
Großlöbichau, DE; Büchner, Marco, 99085 Erfurt,
DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE 196 51 232 C1

DE 196 48 864 C2

DE10 2004 026193 A1

DE 103 40 803 A1

DE 38 06 686 A1

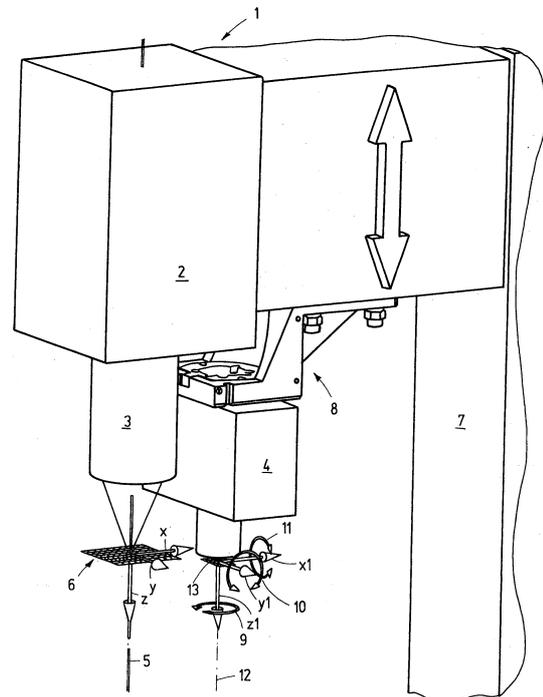
WO 2005/1 08 915 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **XY- und Winkelmessung mittels kombinierter Weißlichtinterferometrie**

(57) Zusammenfassung: Erfindungsgemäß wird für die Messung von komplexen 3-D-Objekten, wie beispielsweise Mikrobohrern, ein flächenhaft messendes X-Y-Messsystem mit einem hoch auflösenden Z-scannenden Weißlichtinterferometer kombiniert. Das abbildende Messsystem wird als Monitorsystem für das Weißlichtinterferometer genutzt. Es wird ein flächenhafter Z-Höhenscan des Weißlichtinterferometers ohne mechanische Bewegung der Achsen des Koordinatenmessgeräts durchgeführt. Die X-, Y-, Z-Messwerte sind mit einer Auflösung von besser als ein Mikrometer in X- und Y-Richtung und mit einer Auflösung von viel besser als ein Mikrometer in Z-Richtung. Zur räumlichen Winkelmessung werden ausschließlich die Z-Höhensmesswerte des Weißlichtinterferometers herangezogen.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Messmaschine, die zur Vermessung von Objekten eingerichtet ist, und ein entsprechendes Verfahren.

[0002] Zur Vermessung von Werkstücken sind abbildende Messverfahren bekannt, die auf optischer Basis arbeiten. Das Objekt wird mittels eines Objektivs abgebildet. Die optische Achse des Objektivs bestimmt die Z-Richtung. Rechtwinklig dazu werden X- und Y-Messwerte bestimmt.

[0003] Beispielsweise offenbart die WO 2005/108915 A1 dazu eine Messeinrichtung für die Mikrosystemtechnik, bei der ein weißlichtinterferometrisches Messverfahren mit einem abbildenden Messverfahren kombiniert wird. Zur Durchführung dient ein Objektiv, das sich von interferenzoptischer Messung auf abbildende Messung umschalten lässt. Mit dieser Einrichtung kann sowohl einerseits in X- und Y-Richtung flächenhaft und in Z-Richtung hoch auflösend gemessen werden. Damit lassen sich die Höhenstrukturen auch an gestuften Objekten flächenhaft mit hoher Genauigkeit optisch vermessen.

[0004] Es stellt sich zunehmend die Aufgabe, kleine Objekte mit geneigten Flächen präzise und zuverlässig zu vermessen. Beispielsweise werden Bohrwerkzeuge mit Durchmessern deutlich kleiner als 1 mm bis herab zu Werkzeugdurchmessern von 30 µm hergestellt. Diese Bohrwerkzeuge weisen definierte Schneidkanten und sonstige Funktionsflächen, wie Spanflächen, Freiflächen und dergleichen auf, die präzise vermessen werden müssen. Beispielsweise sind Spanwinkel und/oder Freiwinkel zu bestimmen.

[0005] Insbesondere die Bestimmung von Winkeln unter denen Funktionsflächen geneigt sind, wie beispielsweise Spanwinkel oder Freiwinkel an Stirn und Umfang des Bohrwerkzeugs, bereitet Schwierigkeiten.

[0006] Davon ausgehend ist es Aufgabe der Erfindung, eine Möglichkeit zur präzisen Werkzeugvermessung insbesondere für Mikrowerkzeuge aufzuzeigen.

[0007] Diese Aufgabe wird mit der Messmaschine nach Anspruch 1 und dem Verfahren nach Anspruch 19 gelöst:

Die erfindungsgemäße Messmaschine eignet sich insbesondere zur Werkzeugvermessung aber auch zur Vermessung sonstiger Objekte, insbesondere von Objekten mit Flächen, deren Neigung zu bestimmen ist. Die Messmaschine weist einen bildgebenden Messkopf auf, der eine erste Messebene festlegt. Der bildgebende Messkopf dient vorzugsweise dazu, eine X-Y-Messung des Objekts vorzunehmen. Beispielsweise können in dem aufgenommenen Bild

Objektkanten mittel Kantenfinder Routinen ermittelt und ausgemessen werden. Die Messmaschine weist außerdem einen interferometrischen Messkopf auf, der eine zweite Messebene festlegt. Der interferometrische Messkopf dient im Verbund mit einer Auswerteeinrichtung zur Bestimmung der Neigung einer Objektfläche. Mit dem interferometrischen Messkopf gelingt beispielsweise die Messung von Winkeln von Funktionsflächen eines Werkzeugs, wie beispielsweise Spanwinkel, Freiwinkel oder ähnlichem.

[0008] Der interferometrische Messkopf ist vorzugsweise zu einer flächenhaften Bildaufnahme eingerichtet. Er ermöglicht somit die gleichzeitige Aufnahme von Z-Positionen mehrerer Stellen des Objekts. Wird ein Z-Scan durchgeführt, liegt nach Durchführung des Scans für jedes Pixel eines ausgewählten Bildfelds, eines ausgewählten Flächenbereichs des Objekts oder auch des gesamten Bilds ein gültiger Z-Wert vor, sofern sich die Objektoberfläche im Scan-Bereich befunden hat. Die Auswerteeinrichtung bestimmt aus mehreren solcher Z-Werte die Neigung der Objektoberfläche.

[0009] Der interferometrische Messkopf ist vorzugsweise als Weißlichtinterferometer ausgebildet. Es wird damit eine Z-Auflösung im Submikrometerbereich und die präzise Neigungsbestimmung auch von kleinen Flächen, von beispielsweise lediglich 200 µm mal 200 µm oder kleiner ermöglicht. Alternativ können jedoch auch Interferometer verwendet werden, die nicht mit weißem Licht sondern beispielsweise mit einfarbigem Licht oder Licht wenigstens zweier verschiedener Wellenlängen arbeiten.

[0010] Die beiden Messköpfe sind vorzugsweise baulich voneinander getrennt. Weder für die Gestaltung des abbildenden Messkopfs noch für die Gestaltung des interferometrischen Messkopfs müssen Kompromisse eingegangen werden. Sie sind in einem vorgegebenen räumlichen Abstand zueinander angeordnet, wobei ihre beiden optischen Achsen vorzugsweise parallel zueinander orientiert sind. Ebenso sind ihre Messebenen vorzugsweise parallel zueinander orientiert. Mindestens einer der beiden Messköpfe, vorzugsweise der interferometrische Messkopf, ist an einer Justiereinrichtung gehalten, die die Einstellung einer definierten Relativposition zu dem anderen Messkopf gestattet. Insbesondere ist es vorteilhaft, wenn die Justiereinrichtung Justiermöglichkeiten für die Neigung des interferometrischen Messkopfs um die X-Achse und um die Y-Achse sowie eine Drehung um die Z-Achse gestattet. Damit können beide Messebenen parallel zueinander ausgerichtet werden. Des Weiteren können die X- und Y-Achsen der Messebenen des interferometrischen Messkopfs und des abbildenden Messkopfs parallel zueinander ausgerichtet werden.

[0011] Für das zu vermessende Objekt ist eine Ob-

jekthalteeinrichtung vorgesehen, die vorzugsweise zumindest eine Schwenkachse festlegt, mittels derer die Objektfläche, deren Neigung zu bestimmen ist, in eine bestimmte Ausrichtung relativ zu der Messebene zu bringen ist.

[0012] Wenn das zu vermessende Objekt ein Werkzeug wie beispielsweise ein Bohrer ist, weist die Objekthalteeinrichtung vorzugsweise eine Schwenk- oder Drehachse auf, mit der das Objekt um seine Mittelachse drehbar ist. Des Weiteren ist vorzugsweise wenigstens eine Schwenkachse vorgesehen, mit der das Objekt um eine Querachse drehbar ist. Durch diese Schwenkmöglichkeiten kann die Objektfläche, deren Winkel zu bestimmen ist, in eine Position gebracht werden, in der sie keinen Winkel mit der Messebene einschließt, der größer als beispielsweise 30° wäre. Vorzugsweise ist jeder eingeschlossene Winkel nicht größer als beispielsweise 25° . Dies gilt z. B. für ein Objektiv $50 \times 0,5$. Damit lässt sich erreichen, dass die zu vermessende Fläche die numerische Apertur des interferometrischen Messkopfs nicht verlässt und somit bei der Messung korrekt erfasst wird.

[0013] Die Messköpfe sind vorzugsweise an eine Bildauswerteeinrichtung angeschlossen. Diese dient zur Ermittlung der X-Y-Messwerte anhand der von dem bildgebenden Messkopf gelieferten Bilder. Außerdem kann die Bildauswerteeinrichtung die Winkelbestimmung anhand der von dem interferometrischen Messkopf gelieferten Bilder durchführen. Die Auswerteeinrichtung kann dazu ein gesondertes Winkelbestimmungsmodul enthalten. Dieses Modul kann hard- oder softwaretechnisch realisiert sein und die gewünschten Winkel aus den Bildern extrahieren, die der interferometrische Messkopf liefert.

[0014] Die Bestimmung des Winkels erfolgt vorzugsweise in einer vorgegebenen Richtung. Die Richtung des zu bestimmenden Winkels kann automatisch oder falls gewünscht auch manuell vorgebar sein. Dazu kann eine Eingabeeinrichtung vorgesehen sein, mittels derer in der Messebene des interferometrischen Messkopfs eine Linie vorgegeben ist, auf der der Winkel gemessen wird.

[0015] Der interferometrische Messkopf liefert nach Durchführung seines Z-Scans einen Bilderstapel, der sofort verarbeitet werden kann. Es ist auch möglich, den Bilderstapel oder Teile desselben oder die aus dem Bilderstapeln oder Teilen desselben ermittelten Z-Werte zwischen zu speichern, um die gewünschte Auswertung später vorzunehmen. Auf diese Weise können mit einem Bilderstapel mehrere Winkel, z. B. mehrere Freiwinkel an verschiedenen Stellen einer Fläche bestimmt werden.

[0016] Mit dem interferometrischen Messkopf und dem abbildenden Messkopf werden physikalisch unterschiedlich arbeitende optische Messköpfe mitein-

ander kombiniert. Weißlichtinterferometer arbeiten unabhängig von ihrer optischen Anordnung stets in Auflicht-Helfeldbeleuchtung. Bei dieser Beleuchtung ist für eine Messwerterfassung an spiegelnden Messobjektoberflächen die Neigung der Oberfläche auf die numerische Apertur begrenzt. Weil bearbeitete technische Oberflächen in der Regel diffus streuen, kann der tatsächliche Grenzwinkel der Messwerterfassung größer als die numerische Apertur des Objektivs sein. Die numerische Apertur des Objektivs ist dabei eine geometrische Kenngröße, die sich bei Objektiven identischer Abmessungen, bspw. Mikroskopobjektiven, aus dem Messabstand und dem Öffnungsradius des Objektivs bestimmt. Große numerische Aperturen bedingen kleine Messabstände. Komplex geformte, insbesondere verdrillte Rotations-Messobjekte, wie beispielsweise Mikrobohrer, verlangen einen Kompromiss zwischen numerischer Apertur und Arbeitsabstand. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel wird dieser Kompromiss zur Messung von Mikrowerkzeugen mittels Mirau-Objektiven $20 \times 0,4/50 \times 0,5$ und den Messabständen 3,6 mm/1,7 mm gefunden. Makrowerkzeuge erfordern in der Regel einen wesentlich größeren Messabstand, damit den genannten Mirau-Objektiven eine Messung in der Spannt von Makrowerkzeugen geometrisch nicht möglich ist. Hier können Weißlichtinterferometer nach Linnik verwendet werden. Diese ermöglichen eine Vergrößerung des Messabstands auf Kosten der numerischen Apertur.

[0017] Das erfindungsgemäße Messverfahren eignet sich vorteilhaft zur Messung von Span- und Freiwinkeln an Quer- und Längsschnitten eines Mikrobohrers. Andere Winkel, wie beispielsweise Drallwinkel, können mit dem abbildenden Messkopf gemessen werden.

[0018] Entsprechende Merkmale und Vorzüge sind für das erfindungsgemäße Verfahren zu verzeichnen. Weitere Einzelheiten ergeben sich aus der Zeichnung, der Beschreibung oder Ansprüchen. Die Beschreibung beschränkt sich auf wesentliche Aspekte der vorliegenden Erfindung sowie sonstige Gegebenheiten. Die Zeichnung ist ergänzend heranzuziehen. In der Zeichnung ist ein Ausführungsbeispiel der Erfindung veranschaulicht. Es zeigen:

[0019] [Fig. 1](#) eine erfindungsgemäße Messmaschine in ausschnittsweiser perspektivischer Darstellung,

[0020] [Fig. 2](#) die Messmaschine nach [Fig. 1](#) in einer weiteren fragmentarischen Perspektivdarstellung in anderer Größenwiedergabe,

[0021] [Fig. 3](#) die Fixierung des interferometrischen Messkopfs der Messmaschine nach [Fig. 2](#) in einer anderen Perspektivdarstellung,

[0022] [Fig. 4](#) die Messmaschine nach [Fig. 1](#) (ohne

interferometrischen Messkopf) in perspektivischer Gesamtansicht,

[0023] [Fig. 5](#) die Objekt-Halteeinrichtung der Messmaschine nach [Fig. 1](#) in perspektivischer Darstellung in einer ersten Position zur Messung des ersten Freiwinkels der Querschneide,

[0024] [Fig. 6](#) die Objekt-Halteeinrichtung nach [Fig. 5](#) in einer zweiten Position zur Messung der radiusabhängigen Spanwinkel der Querschneide in perspektivischer Darstellung,

[0025] [Fig. 7](#) die Messköpfe und eine Auswerteeinrichtung in einer schematischen Blockdarstellung und

[0026] [Fig. 8](#) eine graphische Darstellung zur Veranschaulichung eines Messvorgangs.

[0027] In [Fig. 1](#) ist eine Messmaschine **1** im Ausschnitt veranschaulicht, die einen Arm **2** zur Lagerung zweier Messköpfe **3, 4** aufweist. Der Arm **2** ist in zumindest einer Richtung, z. B. in Vertikalrichtung verstellbar gelagert. Zur Verstellung dient beispielsweise eine Motorstelleinrichtung, die auch als „Achse“ oder „Vertikalachse“ bezeichnet wird.

[0028] Der Messkopf **3** ist ein abbildender Messkopf, der eine vorzugsweise vertikale optische Achse **5** festlegt. Er enthält ein Objektiv, eine Kamera und falls erforderlich eine Beleuchtungseinrichtung. Die Beleuchtungseinrichtung kann auch von dem Messkopf **3** getrennt ausgebildet und angeordnet sein. Er legt eine Messebene **6** fest, auf der die optische Achse **5** und somit auch die durch einen Pfeil bezeichnete Z-Richtung senkrecht steht. Die X-Richtung und die Y-Richtung liegen hingegen in der Messebene, wie in [Fig. 1](#) weitere Pfeile andeuten.

[0029] Der Arm **2** ist von einer Z-Säule **7** getragen, die vertikal von einer Basis aufragt. Der interferometrische Messkopf **4** ist zwischen der Z-Säule **7** und dem abbildenden Messkopf **3** angeordnet. Der interferometrische Messkopf **4** ist von einer Justiereinrichtung **8** getragen, die ihn mit dem Arm **2** verbindet. Die Justiereinrichtung **8** gestattet, wie durch Pfeile **9, 10, 11** angedeutet ist, eine Justage des Messkopfs **4** um drei verschiedene rechtwinklig zueinander stehende Achsen. Der Pfeil **9** deutet eine Justiermöglichkeit drehend um die optische Achse **12** des Messkopfs **4** an. Die optische Achse **12** ist vorzugsweise parallel zu der optischen Achse **5** zu orientieren. Damit stimmt die Richtung Z1 mit der Z-Richtung überein. Durch Drehung um die optische Achse **12** stimmen die Richtungen Y1, X1 einer Messebene **13** des Messkopfs **4** mit den Richtungen X und Y der Messebene **6** überein.

[0030] Die [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) veranschaulichen die

Justiereinrichtung **8**. Der Messkopf **4** ist in einem Halter **14** um die Z-Achse drehbar gelagert. Ein Fortsatz **15** eines drehbar gelagerten Rings **16**, der mit dem Messkopf **4** verbunden ist, greift in eine Ausnehmung **17** und ist in dieser mit Stellschrauben **18, 19** verstellbar.

[0031] Wie [Fig. 3](#) zeigt, ist der Halter **14** außerdem mittels weiterer Justierschrauben **20, 21, 22** gegen den Arm **2** gespannt. Die Spannung wird beispielsweise durch eine geschlitzte Justierhülse und zwei Kugelscheiben je Justierschraube **20** bis **22** erzeugt.

[0032] [Fig. 4](#) veranschaulicht des Weiteren die Objektlagerung. Das Objekt wird hier durch ein Werkzeug, beispielsweise in Form eines Bohrers **23** veranschaulicht. Zur Lagerung dieses Objekts **24** dient z. B. ein Kreuztisch mit zwei zu den optischen Achsen **5, 12** rechtwinkligen Stellrichtungen. Die beiden im Beispiel horizontalen Stellrichtungen sind in [Fig. 4](#) durch Pfeile symbolisiert. Sie bilden die Basis einer Objekthalteeinrichtung **25** mit der das Objekt **24** außerdem um mindestens eine, vorzugsweise zwei Achsen schwenkbar gelagert ist. Diese Achsen sind in [Fig. 4](#) durch Pfeile **26, 27** symbolisiert. Eine der Achsen ist konzentrisch zu dem Bohrer **23** ausgerichtet während die andere (**26**) radial bzw. quer zu diesem und vorzugsweise horizontal und somit quer zu den optischen Achsen **5, 12** orientiert ist.

[0033] Die [Fig. 5](#) und [Fig. 6](#) veranschaulichen verschiedene Schwenkpositionen des Bohrers **23**. In der Position nach [Fig. 5](#) ist die Mittelachse **28** des Bohrers **23** so weit nach oben geschwenkt, dass die Stirnschneidkante **29** des Bohrers **23** parallel zu den Messebenen **6, 13** orientiert ist. In [Fig. 6](#) ist der Bohrer **23** so geschwenkt, dass seine Spanfläche **30** mit den Messebenen **6, 13** nur einen geringen spitzen Winkel einschließt.

[0034] Die Messköpfe **3, 4** enthalten jeweils Kameras, die an eine Bildauswerteeinrichtung **31** angeschlossen sind, wie sie in [Fig. 7](#) schematisch durch einen strichpunktierten Block angedeutet ist. Sie enthält ein Modul **32** zur X-Y-Messung. Dieses Modul **32** kann beispielsweise ein Softwareprogramm mit Kantenfinderroutinen sowie der zugehörigen Hardware sein. Der interferometrische Messkopf **4** ist hingegen an ein Winkelmessmodul **33** angeschlossen, das zur Bestimmung von Flächenneigungswinkeln dient. Das Winkelmessmodul **33** kann durch ein oder mehrere Softwareroutinen in Verbindung mit der zugehörigen Hardware realisiert werden. An das Bildauswertemodul ist ein Eingabemodul **34** angeschlossen. Dieses dient z. B. zur Vorgabe der Messrichtung zur Bestimmung des gesuchten Winkels durch das Winkelmessmodul **33**.

[0035] Die insoweit beschriebene Messmaschine **1** arbeitet wie folgt:

Zunächst wird die Messmaschine **1** einjustiert. Dazu werden die Messköpfe **3**, **4** mittels der Justiereinrichtung **8** parallel ausgerichtet, so dass auch die Messebenen **6**, **13** parallel zueinander sind. Außerdem wird der Messkopf **4** um die optische Achse **12** so gedreht, dass seine X1-Richtung mit der X-Richtung des Messkopfs **3** übereinstimmt. Gleiches gilt für die Y1-Richtung.

[0036] Als Objekt **24** zur Vermessung dient zur weiteren Veranschaulichung der Bohrer **23**. Dieser wird beispielsweise zunächst in das Blickfeld des Messkopfs **3** positioniert. Soll beispielsweise seine Schneidkante **29** vermessen werden, wird der Bohrer **23** in die Position nach **Fig. 5** geschwenkt. Der Messkopf **3** wird in Z-Richtung nun so verstellt bis die Messebene **6** genau auf der Schneidkante **29** liegt. Es kann nun durch Bildaufnahme und Kantenfindung und Kantenvermessung die X-Y-Messung vorgenommen werden.

[0037] Soll nachfolgend die Neigung der an die Schneidkante **29** anschließenden Freifläche **35** vermessen werden, wird der Bohrer **23** ohne zu schwenken in das Sichtfeld des Messkopfs **4** linear verfahren. Seine Messebene **13** liegt auf der gleichen Höhe wie die Messebene **6**. Der interferometrische Messkopf **4** führt nun einen Z-Scan durch, indem er die Messebene **13** in mehreren Stufen in Richtung der optischen Achse **12** verstellt. Dabei wird die Freifläche **35** gescannt. **Fig. 8** veranschaulicht den Vorgang. In jedem Schritt des Scanvorgangs wird ein interferometrisches Bild der Freifläche aufgenommen. Nur diejenigen Teile der Freifläche, die bis auf geringste Bruchteile eines Mikrometers genau in der Messebene **13** liegen, liefern einen gültigen Z-Messwert für den jeweiligen Pixel. Somit lässt sich aus dem im Z-Scan gewonnenen Bilderstapel ein Höhenprofil extrahieren, das in **Fig. 8** durch Höhenlinien **36** angedeutet sind. Diese dienen lediglich der Veranschaulichung des Messvorgangs. Sie fallen nicht mit den einzelnen Z-Schritten des Messkopfs **4** zusammen und sind im Bild auch nicht zwangsläufig zu sehen.

[0038] Über das Eingabemodul **34** wird eine Linie **37** vorgegeben, auf der der gesuchte Winkel, im vorliegenden Beispiel ein Freiwinkel, zu bestimmen ist. Die Linie **37** kann dabei durch Eingabe von zwei oder mehreren Punkten vorgegeben oder auch aus einer Bibliothek entnommen werden, die typische Werkzeugformen und deren Formelemente, wie beispielsweise Schneidkanten und Funktionsflächen, wie Spanflächen und/oder Freiflächen und dergleichen, enthält. Entlang der Linie **37** werden nun aus dem Bilderstapel die vorhandenen Z-Werte extrahiert. Diese mit großer Genauigkeit gewonnenen Z-Werte können durch eine Gerade approximiert werden, deren Winkel zu der Messebene **13** bestimmt und als Winkelwert an einem Ausgang des Bildauswertemoduls **31**

ausgegeben wird.

[0039] **Fig. 6** veranschaulicht den Messvorgang am Beispiel der Vermessung einer Spanfläche. Nachdem der Spanwinkel bei dem Bohrer **23** relativ groß ist, wird der Bohrer beispielsweise, wie in **Fig. 6** dargestellt, so geneigt, dass die Spanfläche **30** mit der Messebene **13** einen Winkel kleiner 30° einschließt. Nach Durchführung des Z-Scans sind aus dem Bilderstapel wiederum die Z-Werte der Spanfläche und aus diesen die radiusabhängigen Spanwinkel extrahierbar, d. h. sowohl der Axialspanwinkel als auch der Radialspanwinkel wie auch der effektive Spanwinkel. Der Axialspanwinkel liegt in einer gedachten axial orientierten Ebene, der Radialspanwinkel in einer radial orientierten Ebene und der effektive Spanwinkel in einer rechtwinklig zur Schneidkante stehenden Ebene.

[0040] Erfindungsgemäß wird für die Messung von komplexen 3D-Objekten, wie beispielsweise Mikrobohrern, ein flächenhaft messendes X-Y-Messsystem mit einem hoch auflösenden Z-scannenden Weißlichtinterferometer kombiniert. Das abbildende Messsystem wird als Monitorsystem für das Weißlichtinterferometer genutzt. Es wird ein flächenhafter Z-Höhenscan des Weißlichtinterferometers ohne mechanische Bewegung der Achsen des Koordinatenmessgeräts durchgeführt. Die X-, Y-, Z-Messwerte sind mit einer Auflösung von besser als ein Mikrometer in X- und Y-Richtung und mit einer Auflösung von viel besser als ein Mikrometer in Z-Richtung. Zur räumlichen Winkelmessung werden ausschließlich die Z-Höhenmesswerte des Weißlichtinterferometers herangezogen.

Bezugszeichenliste

1	Messmaschine
2	Arm
3	abbildender Messkopf
4	interferometrischer Messkopf
5	optische Achse des abbildenden Messkopfs
6	Messebene des abbildenden Messkopfs
7	z-Säule
8	Justiereinrichtung
9, 10, 11	Pfeile
12	optische Achse
13	Linie
14	Halter
15	Fortsatz
16	Ring
17	Ausnehmung
18, 19	Justierschrauben
20, 21, 22	Justierschrauben
23	Bohrer
24	Objekt
25	Objekt-Halteeinrichtung
26, 27	Pfeile

28	Mittelachse
29	Stirnschneidkante
30	Spanfläche
31	Bildauswertemodul
32	Modul
33	Winkelmessmodul
34	Eingabemodul
35	Freifläche
36	Höhenlinien

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

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

Zitierte Patentliteratur

- WO 2005/108915 A1 [\[0003\]](#)

Patentansprüche

1. Messmaschine (1) zur Messung von Objekten (24), insbesondere zur Werkzeugvermessung, mit einem bildgebenden Messkopf (3), der eine erste Messebene (6) festlegt, mit einem interferometrischen Messkopf (4), der eine zweite Messebene (13) festlegt, mit einer Objekt-Halteeinrichtung (25), die zur Aufnahme und Lagerung des zu vermessenden Objekts (24) eingerichtet ist, mit einer Positioniereinrichtung, zur Festlegung gewünschter Relativpositionen der Messköpfe (3, 4) und des Objekts (24), und mit einer Auswerteeinrichtung (31) zur Bestimmung der Neigung einer Objektfläche gegen die zweite Messebene (13) anhand von Messungen des interferometrischen Messkopfs (4).

2. Messmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der interferometrische Messkopf (4) zu einer flächenhaften Bildaufnahme eingerichtet ist.

3. Messmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der interferometrische Messkopf (4) ein Weißlichtinterferometer bildet.

4. Messmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden Messköpfe (3, 4) voneinander baulich getrennt sind.

5. Messmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden Messköpfe (3, 4) in einem festen vorgegebenen Abstand zueinander gehalten sind.

6. Messmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der interferometrische Messkopf (4) eine optische Achse (12) aufweist, dass der bildgebende Messkopf (3) eine optische Achse (5) aufweist und dass die beiden optischen Achsen (5, 12) parallel zueinander orientiert sind.

7. Messmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden Messebenen (6, 13) zueinander parallel orientiert sind.

8. Messmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens einer der Messköpfe (4) an einer Justiereinrichtung (8) zur Einstellung einer definierten Relativposition zu dem anderen Messkopf (3) gehalten ist.

9. Messmaschine nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Justiereinrichtung (8) eine Drehung um die z-Achse (z1) gestattet.

10. Messmaschine nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Justiereinrichtung (8) eine

Drehung um eine erste quer zu der z-Achse stehende x-Achse gestattet.

11. Messmaschine nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Justiereinrichtung (8) eine Drehung um eine erste quer zu der z-Achse stehende y-Achse gestattet.

12. Messmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Objekt-Halteeinrichtung (25) mindestens eine Schwenkachse (26, 27) festlegt, um die Objektfläche, deren Neigung zu bestimmen ist, in eine Ausrichtung relativ zu der Messebene (13) zu bringen, in der die Objektfläche die numerische Apertur des interferenzoptischen Messkopfs (4) nicht verlässt.

13. Messmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass an die Messköpfe (3, 4) eine Bildauswerteeinrichtung (31) angeschlossen ist.

14. Messmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Bildauswerteeinrichtung (31) aus den von dem bildgebenden Messkopf (3) gelieferten Bildern x-y-Messwerte des Objekts (24) ermittelt.

15. Messmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswerteeinrichtung (31) ein Winkelbestimmungsmodul (33) zur Bestimmung von Flächenwinkeln aus Bildern aufweist, die der interferometrische Messkopf (4) liefert.

16. Messmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein Eingabemodul (34) vorgesehen ist, mit dem die Richtung des zu bestimmenden Winkels festlegbar ist.

17. Messmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der interferometrische Messkopf (4) zur Durchführung eines z-Scans eingerichtet ist.

18. Messmaschine nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass der z-Scan einen Bilderstapel liefert, der von dem interferometrischen Messkopf ausgewertet wird.

19. Verfahren zur Bestimmung von Winkeln von ausgewählten Flächen (30, 35) von Objekten, bei dem die Fläche des Objekts (24) in das Sichtfeld eines interferenzoptischen Messkopfs (4) gebracht, mit dem Messkopf (4) ein z-Scan durchgeführt und aus den im z-Scan gewonnenen Daten die Neigung der Objektfläche zu der Messebene (13) bestimmt wird.

20. Verfahren nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass das Objekt so positioniert wird, dass die Fläche (30, 35) innerhalb der numerischen Apertur des interferometrischen Messkopfs (4) ange-

ordnet ist.

21. Verfahren nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass das Objekt (**24**) vor Durchführung der Messung so positioniert wird, dass die Fläche (**30, 35**) eine Neigung zu der Messebene (**13**) aufweist, die in jeder Richtung geringer als 30° ist.

Es folgen 7 Blatt Zeichnungen

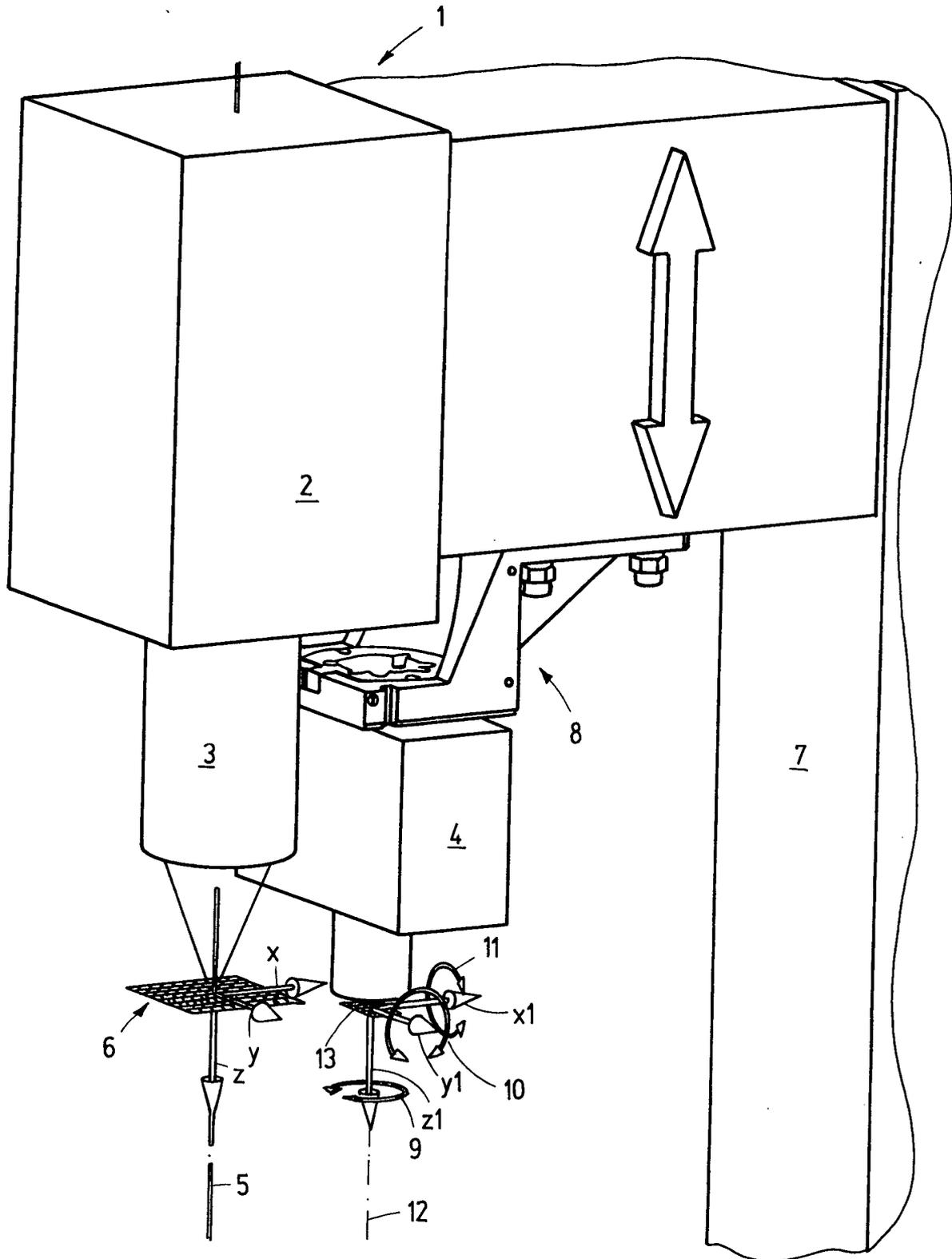


Fig.1

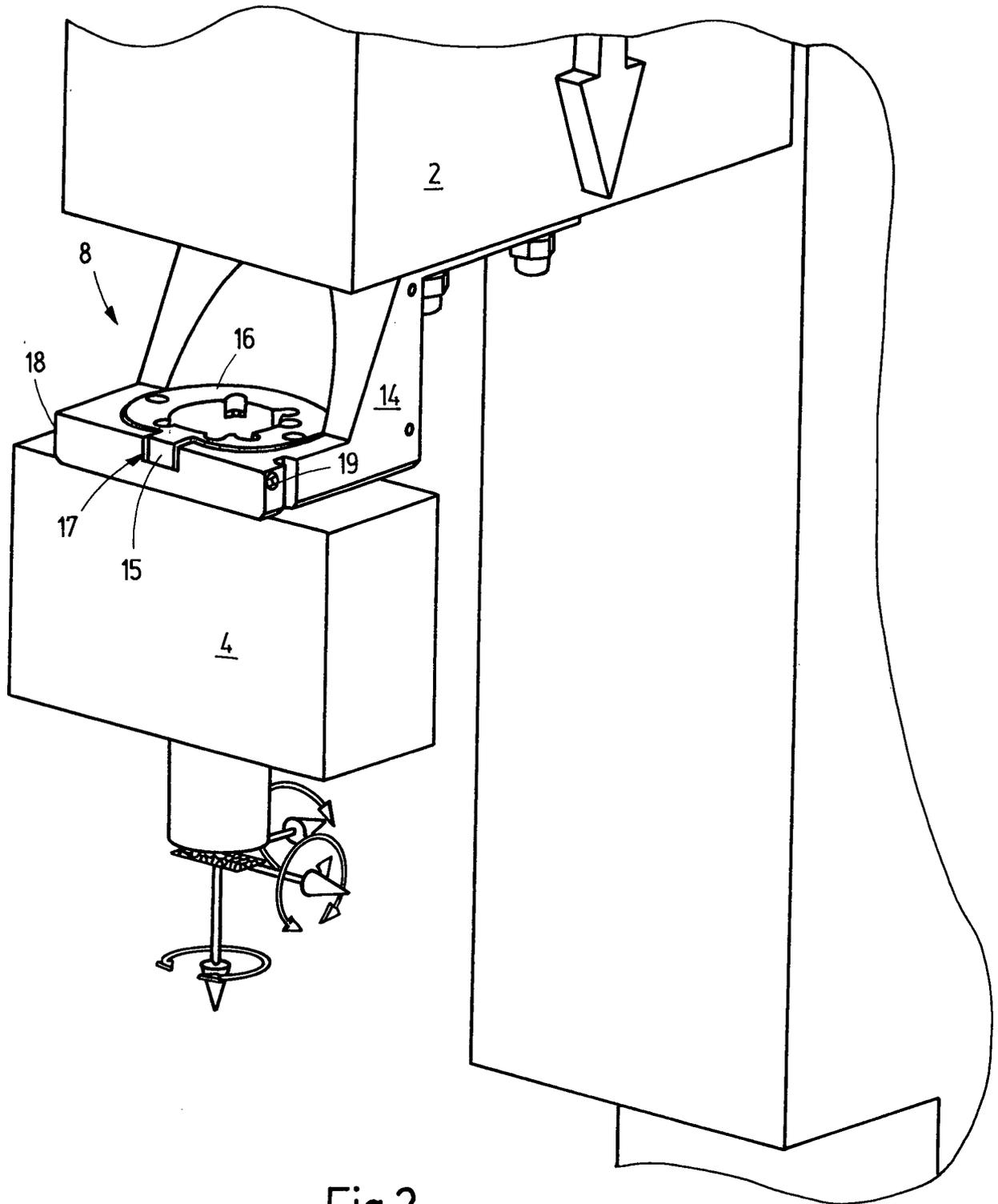


Fig.2

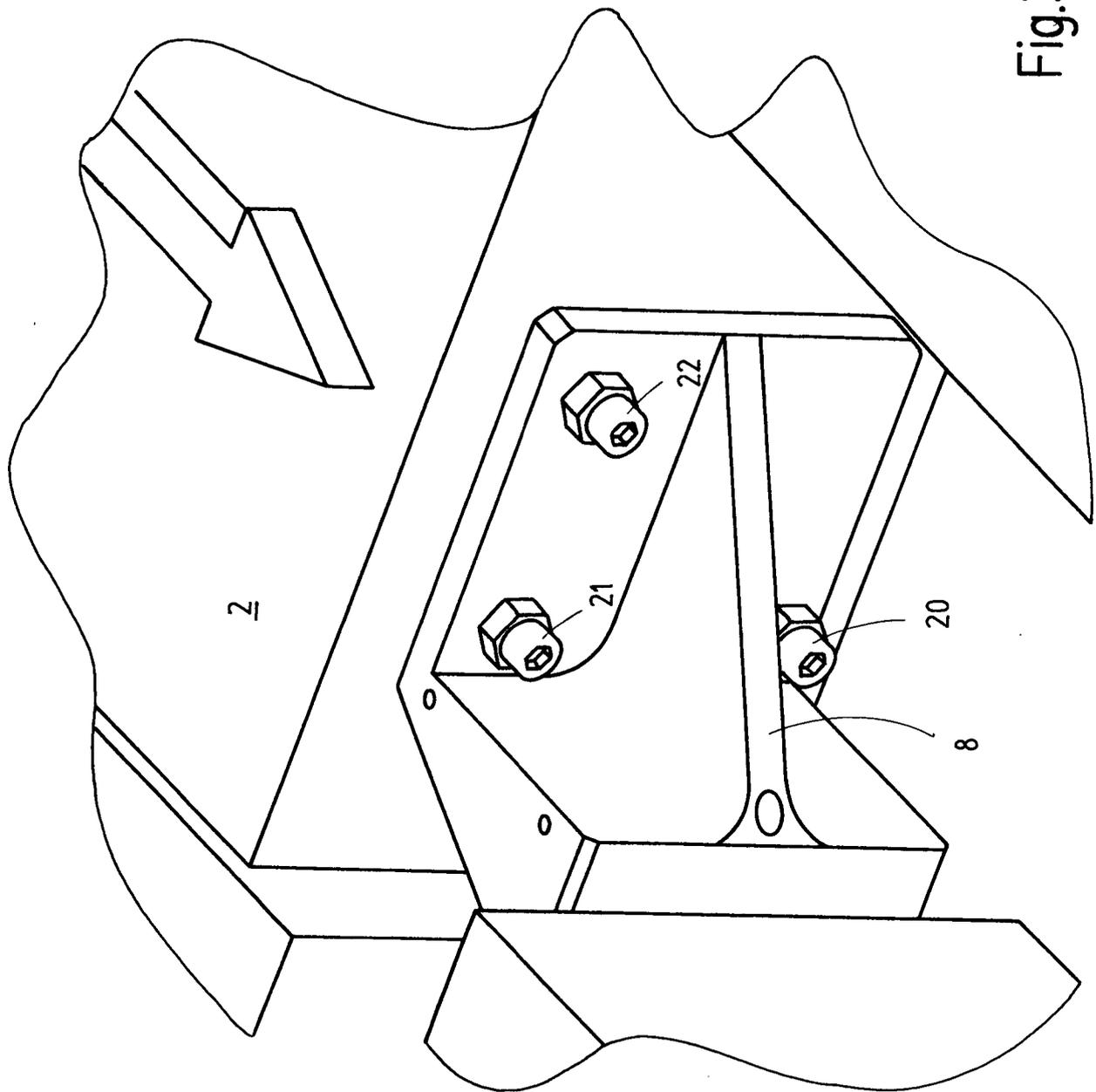


Fig.3

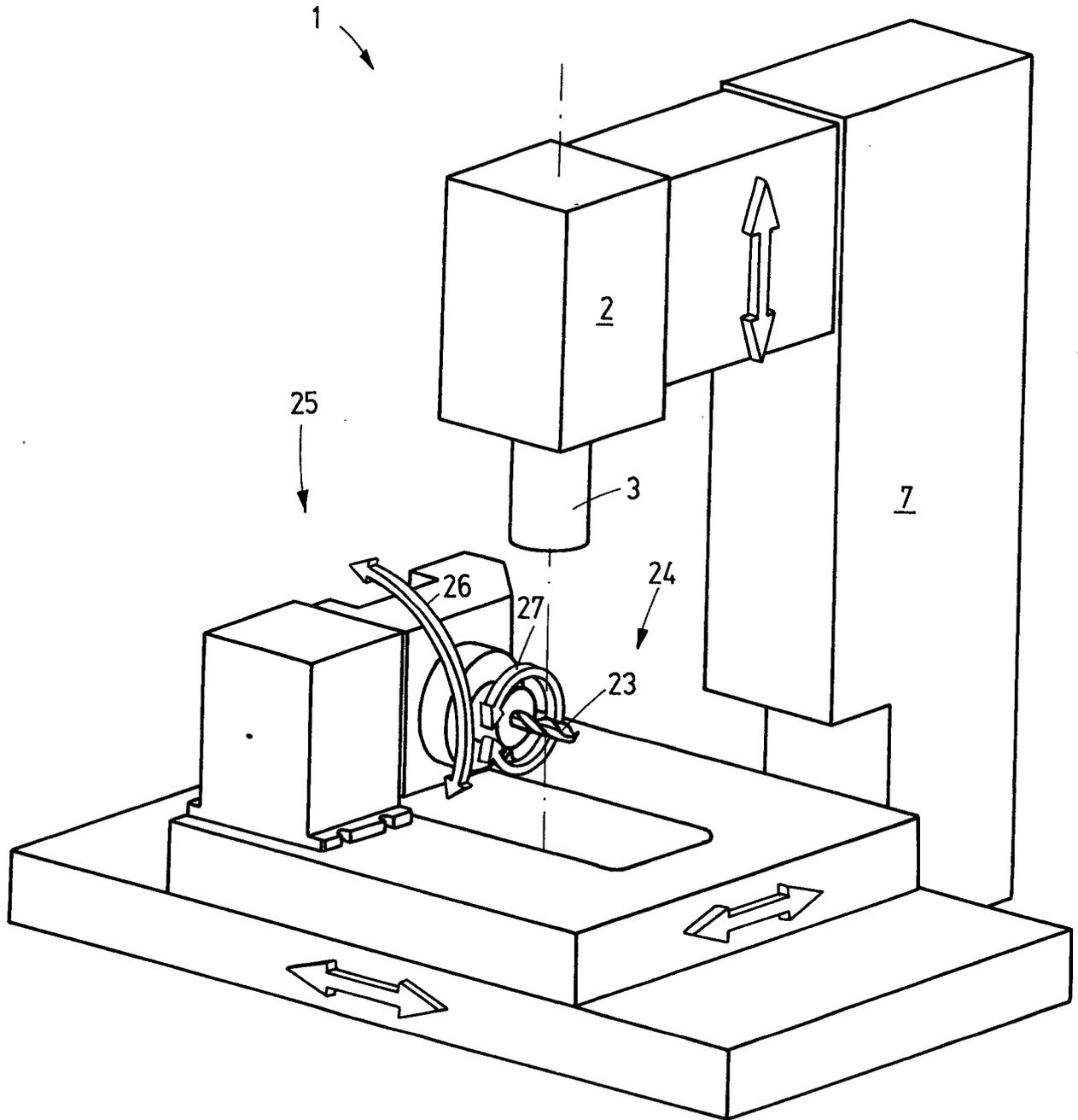


Fig.4

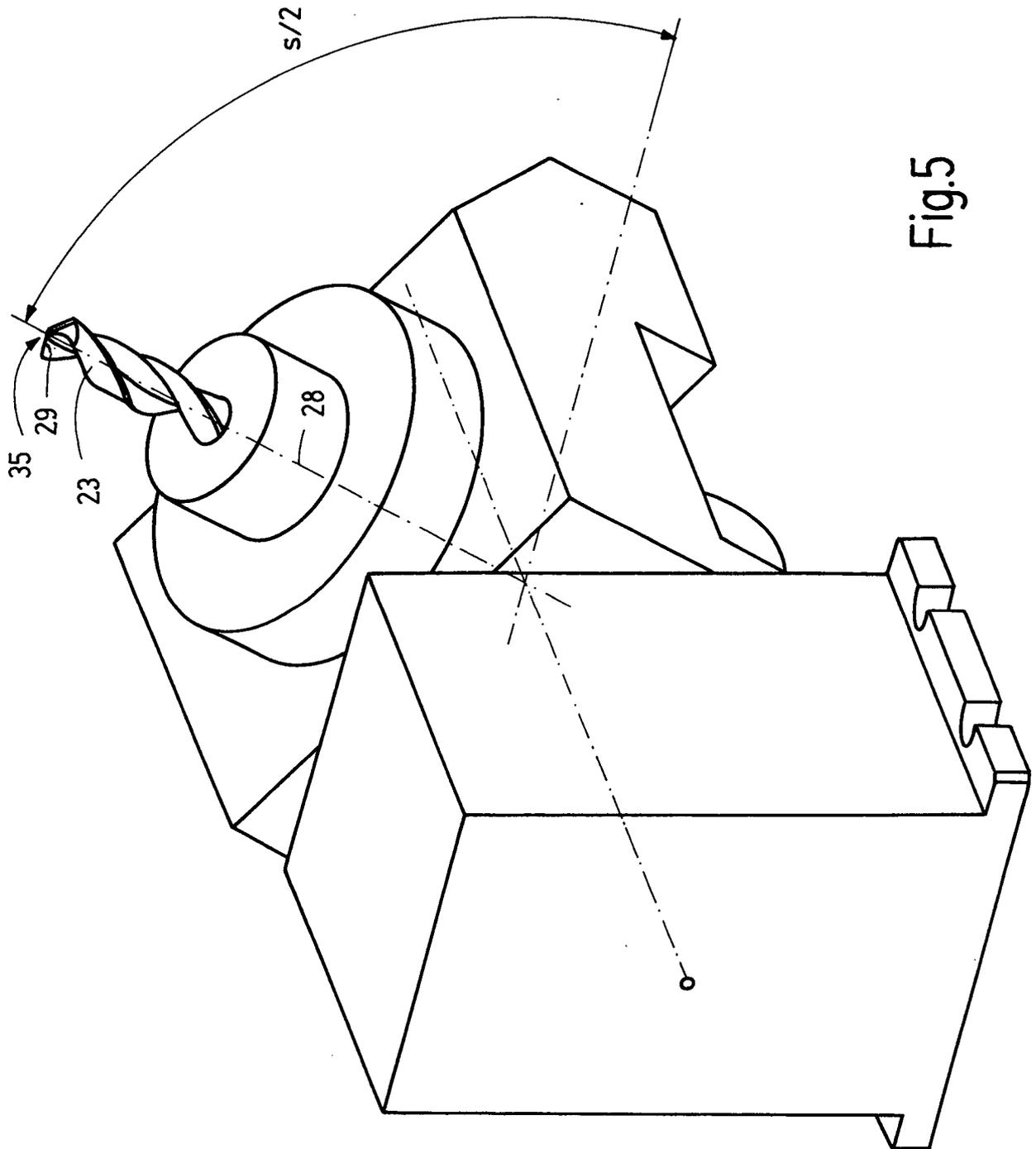


Fig.5

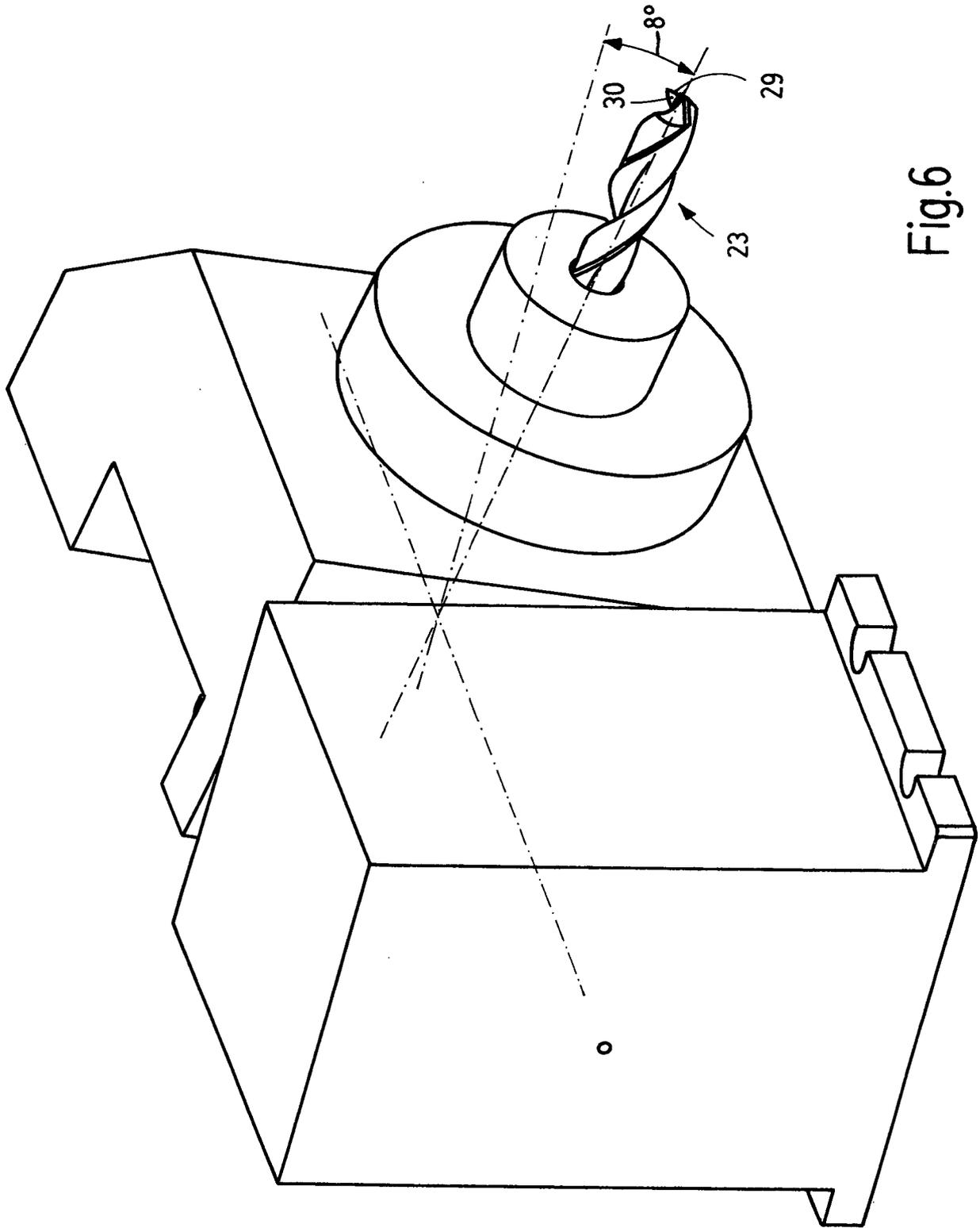


Fig.6

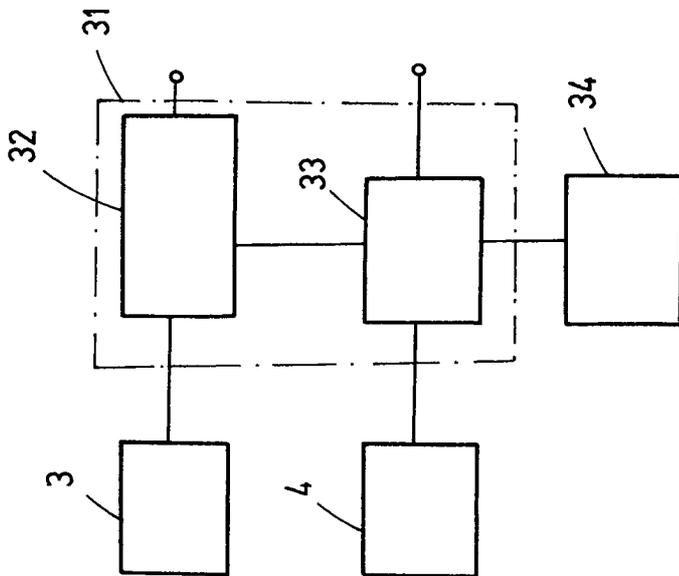


Fig.7

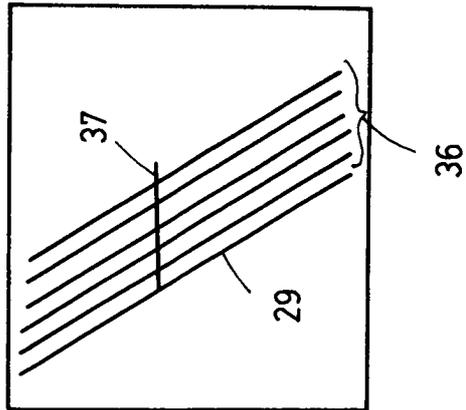


Fig.8