



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2007 017 664 A1** 2008.10.16

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2007 017 664.5**

(22) Anmeldetag: **14.04.2007**

(43) Offenlegungstag: **16.10.2008**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **G01B 11/24 (2006.01)**

**G01B 11/14 (2006.01)**

**G01B 11/30 (2006.01)**

(71) Anmelder:

**Carl Mahr Holding GmbH, 37073 Göttingen, DE**

(72) Erfinder:

**Lehmann, Peter, Dr.-Ing., 37085 Göttingen, DE**

(74) Vertreter:

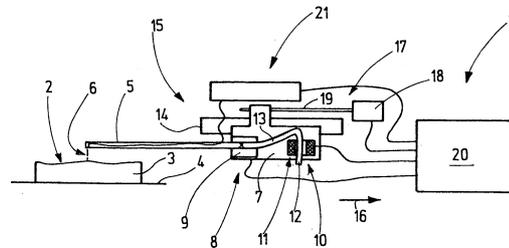
**Rüger und Kollegen, 73728 Esslingen**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **Interferenzoptisches Tastschnittgerät**

(57) Zusammenfassung: Erfindungsgemäß wird ein Tastschnittgerät mit optischer Tastspitze vorgeschlagen. Die Tastspitze wird durch eine interferenzoptische Messeinrichtung gebildet. Diese ist vorzugsweise mit einer großen numerischen Apertur und somit mit einem sehr kleinen Messbereich in Richtung der Messstrecke (6) ausgebildet. Zur Vermessung einer Objektoberfläche wird der interferenzoptische Sensor als optische Tastspitze für einen schwenkbar gelagerten Tastarm genutzt, der somit die Objektoberfläche (2) berührungslos abtastet. Durch die große numerische Apertur des interferenzoptischen Sensors werden Störungen durch Kanten oder starke Flächenneigungen ausgeschlossen.



**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Tastschnittgerät mit interferometrischer Tastspitze.

**[0002]** Es ist bekannt, Objekte optisch zu vermessen. Dazu offenbart beispielsweise die DE 103 17 826 A1 ein Verfahren und eine Vorrichtung zur interferometrischen Messung von Abständen, Topographien oder Tiefenprofilen. Dazu ist eine interferometrische Anordnung mit einer Interferometereinheit vorgesehen, die über eine faseroptische Einrichtung sowohl an eine Lichtquelle als auch an ein Objektiv mit einer Austrittslinse angeschlossen ist. Über diese wird Licht zu einem Messobjekt geführt und von diesem zurück empfangen. Das Licht wird dann dem Interferometer zugeführt, um die gewünschte Messung durchzuführen.

**[0003]** Die interferometrische Abstandsmessung ist auch aus der DE 198 08 273 A1 bekannt. Ein dafür eingerichtetes Interferometer ist über eine faseroptische Einrichtung an Objektive angeschlossen, die sowohl einen Messlichtweg als auch einen Referenzlichtweg enthalten. Zur Messung wird vorzugsweise kurzkohärentes Licht angewandt.

**[0004]** Des Weiteren sind so genannte Tastschnittgeräte bekannt. Die DE 10 2004 022 454 A1 offenbart insbesondere ein optisches Tastschnittgerät. Dieses dient zur kontinuierlichen Aufnahme von Messwerten entlang einer linearen oder nicht linearen Abtastlinie einer gekrümmten Objektoberfläche. An Stelle einer mechanischen Tastspitze dient ein Lichtstrahl zum Abtasten der Objektoberfläche. Dieser tritt aus einem entsprechenden Lichtaustrittsfenster aus, das an einem schwenkbar gelagerten Tastarm vorgesehen ist. Der Tastarm wird in einer Vorschubrichtung bewegt, so dass seine (optische) Tastspitze das Werkstück linienhaft abtastet. Die Werkstückoberfläche reflektiert das Licht das von dem Lichtaustrittsfenster wieder aufgenommen und einer Auswerteeinrichtung zugeführt wird. Diese erzeugt ein Regelsignal, mit der ein Schwenkantrieb des Arms so angesteuert wird, dass die Lichtweglänge zwischen Lichtaustrittsfenster und Werkstückoberfläche konstant bleibt. Ein Messsystem erfasst dabei die Schwenkbewegungen des Arms und gibt entsprechende Signale ab. Aus diesen Signalen lässt sich das Oberflächenprofil des Werkstücks bestimmen.

**[0005]** Zur Bestimmung des Abstands zwischen dem Lichtaustrittsfenster und der Objektoberfläche wird zweifarbiges Licht und der Umstand genutzt, dass das Objektiv für die verschiedenen Lichtfarben verschiedene Brennweiten aufweist. Eine Auswerteschaltung erfasst dann die von den beiden Lichtfarben erzeugten Reflexsignale und erzeugt aus diesen ein Differenzsignal. Dieses ist mittig zwischen den

beiden verschieden farbigen Brennpunkten null. Ein Regler führt den Tastarm nun so, dass die Objektoberfläche möglichst mittig zwischen den beiden Brennpunkten liegt.

**[0006]** Die Lösung kann bei schlecht reflektierenden Objektoberflächen, bei farbigen Objektoberflächen oder bei stark geneigten Objektoberflächen auf Grenzen stoßen.

**[0007]** Andererseits sind Messverfahren zur rein optischen Oberflächenvermessung bekannt. Dazu wird beispielsweise auf die US-PS 5785651 verwiesen. Diese Messeinrichtung bildet ein konfokales Mikroskop, das mit farbigem Licht arbeitet. Aus der Lichtfarbe des von dem konfokalen Mikroskop wieder aufgenommenen Lichts lässt sich auf den Objektiv-Objekt-Abstand schließen. Zur Vermessung räumlicher Gebilde schlägt diese Druckschrift vor, eine große Anzahl entsprechender konfokaler Mikroskope so miteinander zu kombinieren, dass diese gleichzeitig ein Flächenstück eines Messobjekts punktweise vermessen können.

**[0008]** Die Tiefenauflösung ist bei dieser Messeinrichtung begrenzt. Es können im Grunde nur Objekte vermessen werden, deren Oberflächenwölbungen das vorgegebene relativ enge Messvolumen nicht verlässt.

**[0009]** Es ist Aufgabe der Erfindung, eine verlässliche und im Einsatz robuste Messeinrichtung zu schaffen, mit der sich Messwerte unbekannter Objektoberflächen entlang vorgegebener Linien aufnehmen lassen.

**[0010]** Diese Aufgabe wird mit der Messeinrichtung nach Anspruch 1 gelöst:

Die erfindungsgemäße Messeinrichtung ist ein Tastschnittgerät mit robuster optischer Tastspitze, das flexibel an unterschiedlichen Oberflächengeometrien und Beschaffenheiten einsetzbar ist. Das Tastschnittgerät ist mit einer interferometrischen Abstandsmesseinrichtung versehen, die eine optische Tastspitze bildet. Insbesondere und bevorzugterweise weist die interferometrische Abstandsmesseinrichtung eine große numerische Apertur auf. Dies gestattet die Durchführung von Messungen auch an geneigten optischen Flächen. Die große numerische Apertur führt zwangsläufig zu einer (sehr) geringen Schärfentiefe, die ihrerseits den Messbereich der optischen Tastspitze auf typische Weise einige Mikrometer einschränkt. Deshalb eignen sich interferometrische Sensoren allgemein nicht zur Erfassung von Oberflächen mit größerer Krümmung es sei denn, die interferometrischen Sensoren werden mit einer geringen numerischen Apertur realisiert, wobei sich dann Messbereiche von mindestens 100 Mikrometer erzielen lassen. Die erfindungsgemäße Messeinrichtung nutzt jedoch, wie erwähnt, vorzugsweise eine große

numerische Apertur und somit eine geringe Schärfentiefe. Durch mechanische Nachführung der optischen Tastspitze entlang der Oberflächenkontur des Messobjekts mittels einer Regeleinrichtung, wird der die optische Tastspitze tragende Arm so nachgeführt, dass die Messstrecke innerhalb des (geringen) Messbereichs gehalten wird. Die Regeleinrichtung muss den Arm der Oberflächenkontur des Werkstücks bzw. Messobjekts nicht exakt nachführen. Es genügt, wenn die Güte des Reglers ausreicht, die Messstrecke innerhalb der Grenzen des Schärfentiefenbereichs der optischen Tastspitze zu halten.

**[0011]** Der Messbereich in Messrichtung (Z-Richtung) hängt nicht mehr von der Schärfentiefe der optischen Tastspitze sondern lediglich von dem durchfahrbaren und messtechnisch erfassbaren Positionierbereich des Arms ab. Er kann mehrere Millimeter betragen, bedarfsweise aber auch größer oder kleiner sein.

**[0012]** Zu der Messeinrichtung gehört vorzugsweise noch eine Vorschubeinrichtung, die dazu dient, eine Relativbewegung zwischen dem Arm und der Objekttoberfläche entlang der Objekttoberfläche zu erzielen. Dies ist vorzugsweise eine Antriebseinrichtung, die den Arm relativ zu dem Objekt bewegt. Es kann jedoch alternativ oder ergänzend auch eine Antriebseinrichtung vorgesehen sein, die das Objekt auf gerader oder abweichender Bahn führt. Beispielsweise kann das Objekt auf einem Drehtisch positioniert sein, der das Objekt zur Erzeugung eines gekrümmten Tastschnitts dreht.

**[0013]** Ansonsten weist die Vorschubeinrichtung vorzugsweise eine Linearführung mit wenigstens einer Führungsschiene und einem linear beweglichen Schlitten sowie einen Vorschubantrieb auf, mit dem der Schlitten entlang der Führungsschiene bewegbar ist. Damit lässt sich eine definierte Relativbewegung zwischen dem Messobjekt und der optischen Tastspitze erzielen.

**[0014]** Der Arm ist an dem Schlitten vorzugsweise schwenkbar gelagert. Zur Nachregelung des Abstands zwischen dem Arm und dem Messobjekt d. h. zur Nachregelung der Messweglänge, ist vorzugsweise ein Armantrieb vorgesehen, der dazu eingerichtet ist, den Arm zu bewegen. Außerdem ist dem Arm vorzugsweise ein Messsystem zugeordnet, das dazu eingerichtet ist, die (Schwenk-)Position des Arms zu erfassen. Dieses Messsystem kann ein interferometrisches Messsystem, ein inkrementaler Geber oder ein sonstiges vorzugsweise hochpräzises Messsystem sein. Es kann z. B. zur Erfassung der Schwenkposition des Arms dienen.

**[0015]** Wird die Messweglänge präzise konstant gehalten, sind wie bei einem mechanischen Tastschnittgerät, die von dem Messsystem gelieferten Mess-

werte die gesuchten Z-Messwerte für das Objekt. Dies setzt an der interferometrischen Abstandsmesseinrichtung eine komplexe Auswerteschaltung voraus, die einen hoch aufgelösten Abstandswert in Echtzeit generiert. Aus diesem wird dann das erforderliche Reglereingangssignal erzeugt.

**[0016]** Es ist jedoch auch möglich, eine einfachere Auswerteschaltung zu verwenden, die lediglich ein vergleichsweise grobes, d. h. wenig präzises Reglereingangssignal gewinnt, das in Echtzeit vorliegt und (gerade eben) ausreicht, die optische Tastspitze in ihrem Messbereich oder mit anderen Worten, die Messweglänge in dem Tiefenschärfenbereich der interferometrischen Abstandsmesseinrichtung zu halten. Wird die Messung auf diese Weise durchgeführt, ist es zweckmäßig, die Signale der interferometrischen Abstandsmesseinrichtung und die Signale des Messsystems in einer Speichereinrichtung aufzuzeichnen, um daraus zu einem späteren Zeitpunkt beispielsweise in einer Messwertnachaufbereitung die gewünschten und gesuchten Messwerte zu errechnen.

**[0017]** Der interferometrische Sensor ist vorzugsweise ein faseroptischer Sensor. Dieser kann objektsseitig ein Objektiv mit Referenzlichtweg, z. B. ein Mi-reauobjektiv aufweisen. In das Objektiv ist dann eine zu der optischen Achse senkrechte Referenzfläche integriert. Es kann auch ein anderes Objektiv vorgesehen sein, das einen Strahlteiler zum Anschluss eines Referenzlichtwegs enthält. Weiter ist es möglich, Objektive ohne Referenzlichtweg oder ein freies Faserende zur Beleuchtung des Messobjekts zu nutzen. Die optische Tastspitze ist dann besonders klein.

**[0018]** Vorzugsweise wird der Sensor faseroptisch ausgeführt, wobei der Kernquerschnitt einer Mono-Mode-Faser als Eintrittsblende dient. Dadurch können störende Effekte wie die Beugung an Kanten weitgehend vermieden werden.

**[0019]** Weitere Einzelheiten vorteilhafter Ausführungsformen der Erfindung sind Gegenstand von Ansprüchen, der Zeichnung und/oder der Beschreibung.

**[0020]** Die nachfolgende Figurenbeschreibung beschränkt sich auf wesentliche Aspekte der Erfindung und sonstiger Gegebenheiten. Die Zeichnung offenbart weitere Einzelheiten und ergänzt die Beschreibung. Es zeigen:

**[0021]** [Fig. 1](#) ein faseroptisches Tastschnittgerät in Prinzipdarstellung,

**[0022]** [Fig. 2](#) eine erste Ausführungsform der interferometrischen Messeinrichtung und der angeschlossenen Auswerteschaltung als Übersichtsblockbild,

[0023] **Fig. 3** eine abgewandelte Ausführungsform der Auswerteeinrichtung als Übersichtsblockbild und

[0024] **Fig. 4** eine abgewandelte Ausführungsform der interferometrischen Abstandsmesseinrichtung in Übersichtsdarstellung.

[0025] In **Fig. 1** ist ein faseroptisches Tastschnittgerät **1** veranschaulicht, das zur Abtastung einer Objektoberfläche **2** eines Objekts **3** dient. Das Objekt **3** ist auf einem geeigneten Träger **4** beispielsweise einem X-Y-Tisch oder einem Drehtisch oder einem anderweitigen Träger gelagert. In der Nähe des Objekts **3** ist außerdem das Tastschnittgerät **1** gelagert. Dieses weist einen Tastarm **5** auf, der mit einer optischen Tastspitze versehen ist. Diese wird durch eine Messstrecke **6** gebildet, über die Licht von einem Lichtaustrittsfenster des Tastarms **5** zu der Objektoberfläche **2** und von dieser zu dem Lichtaustrittsfenster zurück läuft.

[0026] Der Tastarm **5** ist an einem Träger, wie beispielsweise einem Schlitten **7** schwenkbar gelagert. Seine Schwenkposition wird von einem Messsystem **8** erfasst. Dieses wird im vorliegenden Ausführungsbeispiel durch einen Geber **9** gebildet, der z. B. als inkrementaler Drehgeber ausgebildet sein kann, um die Schwenkbewegung des Arms **5** mit einer Auslösung von beispielsweise wenigen Winkelminuten oder genauer zu erfassen.

[0027] Der Schlitten **7** trägt außerdem eine Schwenkantriebseinrichtung **10** mittels derer die Schwenkposition des Arms **5** präzise festgelegt werden kann. Die Schwenkantriebseinrichtung **10** kann z. B. eine oder mehrere elektrisch erregbare Spulen **11** enthalten, die eine beweglichen Kern **12** aufweist, der über einen Hebelarm **13** an den Arm **5** angeschlossen ist.

[0028] Der Schlitten **7** ist an zumindest einer Führungsschiene **14** linear verschiebbar gelagert, wobei der Schlitten **7** und die Führungsschiene **14** eine Führungseinrichtung **15** bilden. Die Führungseinrichtung **15** führt den Schlitten **7** in einer Führungsrichtung **16**, die quer zu der vorzugsweise horizontalen Schwenkachse des Arms **5** gerichtet ist.

[0029] Um den Schlitten **7** kontrolliert in Führungsrichtung **16** zu bewegen, ist ein Schlittenantrieb **17** vorgesehen, beispielsweise in Form eines Motors **18**, der mit dem Schlitten **7** über eine Gewindespindel **19** verbunden ist.

[0030] Der Motor **18**, die Schwenkantriebseinrichtung **10** und das Messsystem **8** sind mit einer Steuereinrichtung **20** verbunden, die Messwerte auswertet und die Schwenkantriebseinrichtung **10** sowie den Schlittenantrieb **17** ansteuert. Die Steuereinrichtung **20** ist außerdem mit einer interferometrischen Ab-

standsmesseinrichtung **21** verbunden, die an die Messstrecke **6** angeschlossen ist. Die interferometrische Abstandsmesseinrichtung **21** gibt an ihrem Ausgang ein elektrisches Signal ab, das an die Steuereinrichtung **20** geleitet wird.

[0031] **Fig. 2** veranschaulicht ein Ausführungsbeispiel für den Aufbau der interferometrischen Abstandsmesseinrichtung **21** und Teile der Steuereinrichtung **20**.

[0032] Die Abstandsmesseinrichtung **21** ist (vorzugsweise) als faseroptischer Sensor ausgebildet. Zu ihm gehören eine Lichtquelle **22**, von der Licht in eine Lichtleitfaser **23** eingekoppelt wird. Das Licht kann monochromatisches Licht, beispielsweise Laserlicht oder das Licht einer Laserdiode, sein. Es kann auch kurzkohärentes Licht zur Anwendung kommen, beispielsweise weißes Licht. Die Lichtleitfaser **23** ist über einen Faserkoppler **24** an eine weitere Lichtleitfaser **25** angeschlossen. Diese setzt den Lichtweg über einen Faserkoppler **26** zu einer Lichtleitfaser **27** fort, die der Beleuchtung der Objektoberfläche **2** dient. Dazu weist sie an ihrem Ende ein kleines Objektiv **28** auf, das eine Linse zur Bündelung des austretenden Lichts enthält. Es ist auch möglich, an das Ende der Lichtleitfaser **27** eine ebene oder gekrümmte Lichtaustrittsfläche anzuformen, die mit dem Objektiv **28** zusammenwirkt oder dieses ersetzt. Von dem Objektiv **28** zu der Objektoberfläche **2** und zurück ist ein Abstand vorgesehen, der die Messstrecke **6** bildet.

[0033] Von dem Faserkoppler **26** geht in einem weiteren Zweig eine Lichtleitfaser **29** ab, die an ihrem Ende verspiegelt ist oder zu einer Spiegelanordnung **30** führt, um dadurch einen Referenzlichtweg festzulegen.

[0034] Von dem Faserkoppler **24** führt eine Lichtleitfaser **31** zu einem geeigneten Sensor **32**, wie beispielsweise einer Linienkamera oder einer Flächenkamera.

[0035] Die insoweit beschriebene faseroptische Anordnung bildet ein Interferometer, das an dem Sensor **32** ein Interferenzmuster erzeugt. In Abhängigkeit von diesem erzeugt der Sensor **32** ein Ausgangssignal, das an eine Auswerteeinrichtung **33** weiter geleitet wird. Diese ermittelt ein analoges oder auch digitales Ausgangssignal, das die Länge der Messstrecke **6** kennzeichnet. Das Signal wird zu einer Vergleichereinrichtung **34** geleitet, die das Signal mit einem Sollwert **35** vergleicht. Das sich ergebende Differenzsignal wird an die Schwenkantriebseinrichtung **10** weiter gegeben, um diese so anzusteuern, dass die Länge der Messstrecke **6** möglichst konstant gehalten wird.

[0036] Zur Bestimmung der Messwerte enthält die

Steuereinrichtung **20** einen Computer **36**, der an das Messsystem **8** und den Schlittenantrieb **17** angeschlossen ist.

**[0037]** In dieser Konfiguration arbeitet das Tastschnittgerät **1** wie folgt:

Zur Vermessung der Objektoberfläche **2** wird das Tastschnittgerät **1** aktiviert, woraufhin die Steuereinrichtung **20** die Schwenkantriebseinrichtung **10** ansteuert. Diese bewirkt ein langsames Verschwenken des Arms **5**, wodurch sich die Länge der Messstrecke **6** ändert. Die Abstandsmesseinrichtung **21** überwacht den Vorgang. Sobald die tatsächliche Länge der Messstrecke **6** mit dem Sollwert **35** übereinstimmt, stoppt die Schwenkantriebseinrichtung. Die Messstrecke **6** ist nun auf ihrem Sollwert **35** eingerastet. Es wird nun der Schlittenantrieb **17** in Gang gesetzt. Der von dem Objektiv **28** ausgehende Lichtpunkt tastet nun die Oberfläche **2** des Messobjekts **3** ab. Während des Vorgangs bestimmt die Abstandsmesseinrichtung **21** fortwährend die Länge der Messstrecke mit interferenzoptischer Genauigkeit auf Bruchteile eines Mikrometers genau. Durch fortwährende Nachsteuerung der Schwenkantriebseinrichtung **10** wird die Messstrecke **6** konstant gehalten. Dies geschieht durch gezielte Verschwenkung des Arms **5**. Die von dem Messsystem **8** gelieferten Messwerte werden von dem Computer **36** zusammen mit den Positionswerten des Schlittenantriebs **17** zu Messwertepaaren zusammengestellt und abgespeichert, weiter verarbeitet und/oder ausgegeben.

**[0038]** [Fig. 3](#) veranschaulicht eine abgewandelte Ausführungsform der Steuereinrichtung **20**. Während die in [Fig. 2](#) beschriebene Steuereinrichtung **20** die Länge der Messstrecke **6** im Rahmen der interferometrischen Messgenauigkeit absolut konstant hält, lässt die Ausführungsform nach [Fig. 3](#) gewisse Schwankungen zu, die jedoch nicht größer sind als der Messbereich der Abstandsmesseinrichtung **21**. Beispielsweise kann die Messweglänge um einige wenige Mikrometer schwanken. Die Auswerteeinrichtung **33'** kann entsprechend einfacher ausfallen. Ebenso muss die angeschlossene Regelschleife nicht fehlerlos arbeiten. Vielmehr ist eine gewisse Regelabweichung zulässig, was z. B. einen schnelleren Vorschub des Schlittenantriebs **17** ermöglicht. Damit führt die Schwenkantriebseinrichtung **10** den Arm **5** weniger präzise. Die Länge der durch die Messstrecke **6** gebildeten optischen Tastspitze kann etwas variieren. Der Computer **36** zeichnet wiederum die von dem Messsystem **8** und von dem Schlittenantrieb **17** gelieferten Messwerte auf. Zusätzlich zeichnet er in einem Speicherabschnitt **37** die von dem Sensor **32** gelieferten Signale in Zuordnung zu den Signalen des Messsystems **8** und des Schlittenantriebs **17** auf. Zu einem geeigneten Zeitpunkt, beispielsweise nach Abschluss der Messung, werden die Messwerte des Messsystems **8** mit Messwerten

kombiniert, die durch beliebig komplizierte Aufbereitung der in dem Speicherabschnitt **37** abgelegten Signale des Sensors **32** gewonnen werden können.

**[0039]** Auf diese Weise sind präzise Messwerte zu erhalten, obwohl der Arm **5** der Kontur der Objektobjektfläche **2** nicht präzise folgt.

**[0040]** Bei dem vorgestellten Tastschnittgerät können grundsätzlich beliebige Abstandsmesseinrichtungen **21** auf interferenzoptischer Basis eingesetzt werden. [Fig. 4](#) veranschaulicht einen interferenzoptischen Sensor, der mit einem einzigen Faserkoppler **24** auskommt. Der Sensor **32** enthält zur Auswertung des von dem Objektiv **28** aufgenommenen Lichts zwei in getrennten Lichtwegen **38**, **39** angeordnete Spiegel **40**, **41**. Von diesen ist vorzugsweise einer rechtwinklig zur optischen Achse und der andere etwas schräg zur optischen Achse ausgerichtet. Die beiden Lichtwege **38**, **39** sind über einen halbdurchlässigen Spiegel **42** einander sowie an die Faser **31** und den Sensor **32** in Form z. B. einer Kamera **43** gekoppelt. Diese kann eine Linienkamera sein, der eine Zylinderlinse **44** vorgeschaltet ist. Diese interferenzoptische Anordnung erzeugt auf dem Kamerachip ein Linienmuster, dessen Linien in die eine oder andere Richtung laufen, wenn sich die Länge der Messstrecke **6** ändert.

**[0041]** Erfindungsgemäß wird ein Tastschnittgerät mit optischer Tastspitze vorgeschlagen. Die Tastspitze wird durch eine interferenzoptische Messeinrichtung gebildet. Diese ist vorzugsweise mit einer großen numerischen Apertur und somit mit einem sehr kleinen Messbereich in Richtung der Messstrecke **6** ausgebildet. Zur Vermessung einer Objektoberfläche wird der interferenzoptische Sensor als optische Tastspitze für einen schwenkbar gelagerten Tastarm genutzt, der somit die Objektoberfläche **2** berührungslos abtastet. Durch die große numerische Apertur des interferenzoptischen Sensors werden Störungen durch Kanten oder starke Flächenneigungen ausgeschlossen.

#### Bezugszeichenliste

<b>1</b>	Tastschnittgerät
<b>2</b>	Objektoberfläche
<b>3</b>	Objekt
<b>4</b>	Träger
<b>5</b>	Tastarm
<b>6</b>	Messstrecke
<b>7</b>	Schlitten
<b>8</b>	Messsystem
<b>9</b>	Geber
<b>10</b>	Schwenkantriebseinrichtung
<b>11</b>	Spule
<b>12</b>	Kern
<b>13</b>	Hebelarm
<b>14</b>	Führungsschiene

15	Führungseinrichtung
16	Führungsrichtung
17	Schlittenantrieb
18	Motor
19	Gewindespindel
20	Steuereinrichtung
21	Abstandsmesseinrichtung
22	Lichtquelle
23, 25, 27	Lichtleitfaser
24, 26	Faserkoppler
28	Objektiv
29, 31	Lichtleitfaser
30	Spiegelanordnung
32	Sensor
33	Auswerteeinrichtung
34	Vergleichereinrichtung
35	Sollwert
36	Computer
37	Speicherabschnitt
38, 39	Lichtwege
40, 41	Spiegel
42	halbdurchlässiger Spiegel
33	Kamera
44	Zylinderlinse

**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**

- DE 10317826 A1 [\[0002\]](#)
- DE 19808273 A1 [\[0003\]](#)
- DE 102004022454 A1 [\[0004\]](#)
- US 5785651 [\[0007\]](#)

### Patentansprüche

1. Messeinrichtung (1), insbesondere zur Formmessung und/oder Rauheitsmessung von Objektoberflächen (2),

mit einem beweglich gelagerten Arm (5), der mit einer Antriebseinrichtung (10) in Verbindung steht, um relativ zu einer Objektoberfläche (2) verlagert zu werden,

mit einer interferometrischen Abstandsmesseinrichtung (21), die eine Messstrecke (6) zwischen dem Arm (5) und der Objektoberfläche (2) aufweist, und mit einer Regeleinrichtung (34), die mit der interferometrischen Abstandsmesseinrichtung (21) und der Antriebseinrichtung (10) verbunden ist, um die Länge der Messstrecke (6) zu beeinflussen.

2. Messeinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Arm (5) mit einer Vorschubeinrichtung verbunden ist, um den Arm (5) entlang der Objektoberfläche (2) zu bewegen.

3. Messeinrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorschubeinrichtung eine Linearführung (15) mit wenigstens einer Führungsschiene (14), einen linear beweglichen Schlitten (7) sowie einem Vorschubantrieb (17) aufweist, um den Schlitten (7) entlang der Führungsschiene (14) zu bewegen.

4. Messeinrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Arm (5) an dem Schlitten (7) schwenkbar gelagert ist.

5. Messeinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass dem Arm (5) ein Armantrieb (10) zugeordnet ist, der dazu eingerichtet ist, den Arm (5) zu bewegen um den Abstand des Arms (5) von der Objektoberfläche (2) und somit die Messweglänge zu beeinflussen.

6. Messeinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass dem Arm (5) ein Messsystem (8) zugeordnet ist, das dazu eingerichtet ist, die Position des Arms (5) zu erfassen.

7. Messeinrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Messsystem ein interferometrisches Messsystem ist.

8. Messeinrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Messsystem (8) ein inkrementales Messsystem ist.

9. Messeinrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Arm (5) schwenkbar gelagert ist und dass die Messeinrichtung (8) die Schwenkposition des Arms (5) erfassend ausgebildet ist.

10. Messeinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die interferometrische Abstandsmesseinrichtung (21) ein faseroptischer Sensor ist.

11. Messeinrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass der faseroptische Sensor objektseitig ein Objektiv (28) ohne Referenzlichtweg aufweist.

12. Messeinrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass der faseroptische Sensor objektseitig ein Objektiv aufweist, das einen Referenzlichtweg festlegt.

13. Messeinrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass in das Objektiv eine zu der optischen Achse senkrechte Referenzfläche integriert ist, an der ein Referenzlichtstrahl entsteht.

14. Messeinrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass der faseroptische Sensor eine Eintrittsblende aufweist, die durch den Kernquerschnitt der Lichtleitfaser (27) gebildet ist.

15. Messeinrichtung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Lichtleitfaser (27) eine Monomodenfaser ist.

16. Messeinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die interferometrische Abstandsmesseinrichtung (21) eine Auswerteschaltung (33') umfasst, die ein Ist-Signal mit geringer Genauigkeit liefert, anhand dessen die Regeleinrichtung (34) den Arm (5) nachführt.

17. Messeinrichtung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass eine Speichereinrichtung (36, 37) vorgesehen ist, um sowohl die von dem interferometrischen Abstandssensor (21) abgegebenen Signale als auch Messwerte aufzuzeichnen, die die zugeordneten Positionen des Arms (5) kennzeichnen.

18. Messeinrichtung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass eine Recheneinrichtung (36) vorgesehen ist, um aus den aufgezeichneten Signalen präzise Messwerte zu generieren.

19. Messeinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Regeleinrichtung dazu eingerichtet ist, die Länge des Messwegs (6) konstant zu halten.

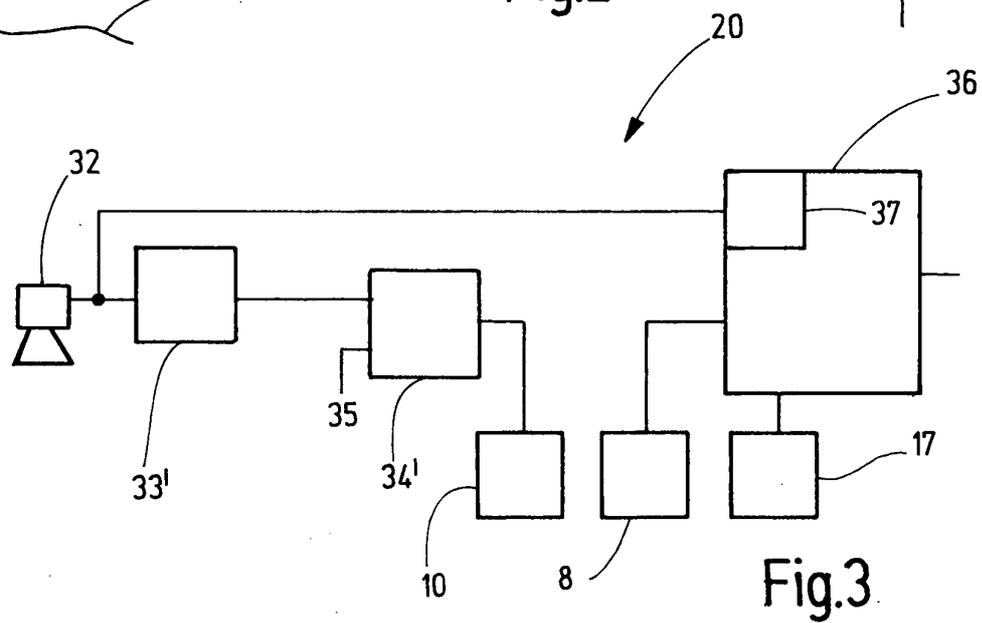
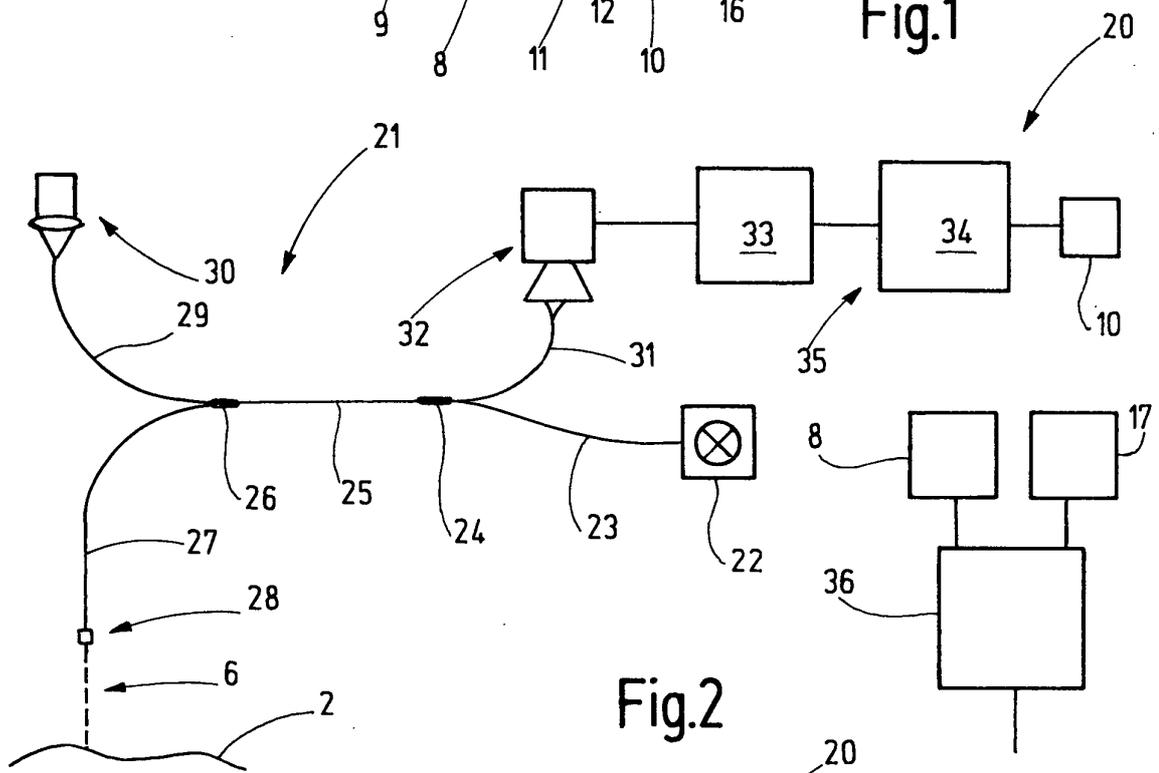
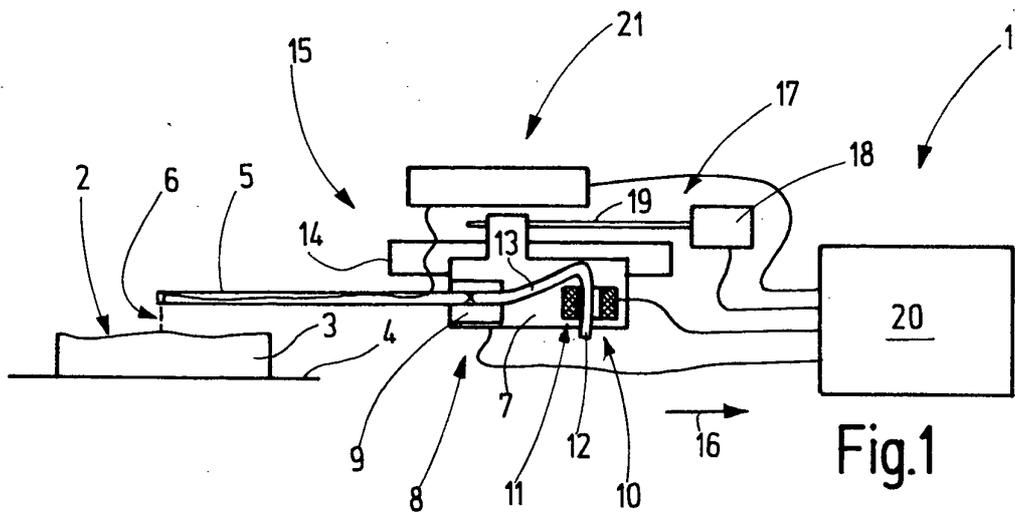
20. Verfahren zur Durchführung von Tastschnittmessungen mit einer Messeinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass mittels einer schnellen Auswerteschaltung (33) ein Nachführsignal für die Positionierung des Arms (5) gewonnen und der Arm (5) entsprechend geführt wird, wobei die von dem interferometrischen Messsystem gelieferten

Signale und Signale abgespeichert werden, die die Position des Arms (5) kennzeichnen, wobei nach Gewinnung der Signale eine Auswerteroutine zur Ermittlung der Messwerte durchgeführt wird.

21. Verfahren zur Durchführung von Tastschnittmessungen mit einer Messeinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass mittels einer präzisen Auswerteschaltung (33) ein Nachführsignal für die Positionierung des Arms (5) gewonnen und der Arm (5) mit konstantem Abstand zu der Objektoberfläche (2) geführt wird.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



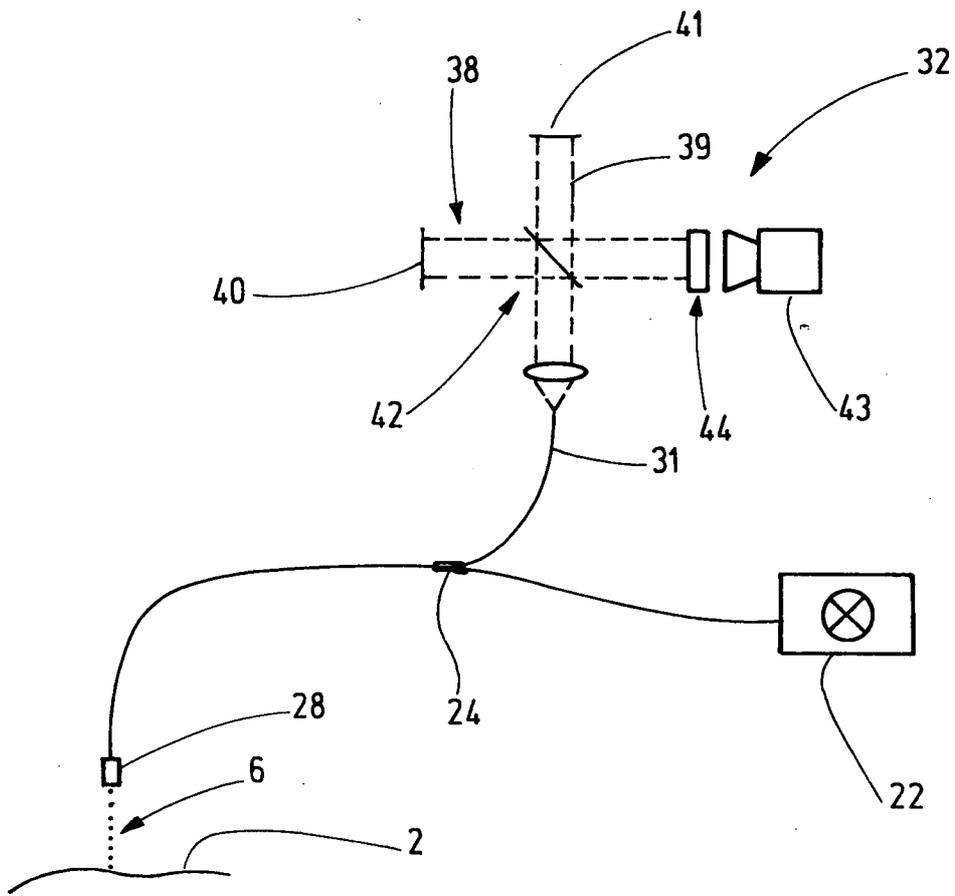


Fig.4