



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2006 024 251 A1 2007.11.29**

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2006 024 251.3**

(22) Anmeldetag: **23.05.2006**

(43) Offenlegungstag: **29.11.2007**

(51) Int Cl.⁸: **G02B 21/00 (2006.01)**

G01B 11/24 (2006.01)

G02B 21/34 (2006.01)

(71) Anmelder:
Carl Zeiss Microlmaging GmbH, 07745 Jena, DE

(72) Erfinder:
Kunath-Fandrei, Gerald, Dr., 07743 Jena, DE

(74) Vertreter:
GEYER, FEHNER & PARTNER (G.b.R.), 80687 München

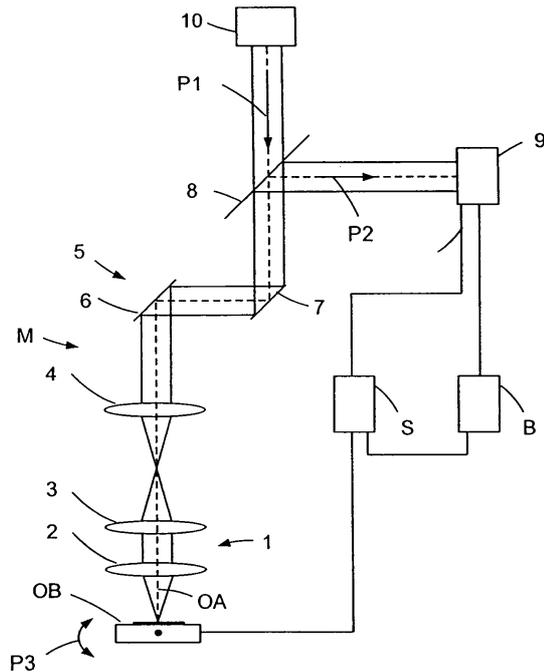
(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht zu ziehende Druckschriften:
DE 102 11 922 A1
US2004/02 64 764 A1
US2003/02 23 111 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **System und Verfahren zur dreidimensionalen Bestimmung der Oberfläche eines Objekts**

(57) Zusammenfassung: Es wird bereitgestellt ein System zur dreidimensionalen Bestimmung der Oberfläche eines Objekts (OB), mit einem einen Objekthalter (11) zum Drehen des Objekts (OB) sowie ein Objektiv (2) aufweisenden Auflicht-Mikroskop (M) zur Aufnahme der Objektoberfläche in Reflexion, einem Bildmodul (B) und einem Steuermodul (S), das das Mikroskop (M) und das Bildmodul (B) so steuert, daß mittels des Mikroskops (M) zumindest ein Abschnitt (13) der Oberfläche des Objekts (OB) aus zumindest zwei verschiedenen Raumrichtungen, bezogen auf den Abschnitt (13), jeweils für mehrere Objektivschnittweiten konfokal in Reflexion detektiert wird und die dabei ermittelten Daten dem Bildmodul (B) zugeführt werden, das aus den Daten für jede Raumrichtung einen dreidimensionalen Bilddatensatz des Oberflächenabschnitts (13) erzeugt und die erzeugten dreidimensionalen Bilddatensätze zu einem dreidimensionalen Gesamtbild des Oberflächenabschnitts (13) kombiniert.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein System zur dreidimensionalen Bestimmung der Oberfläche eines Objekts.

[0002] Aus der DE 102 57 423 A1 ist ein Mikroskop bekannt, bei dem eine Schicht des Objekts mittels eines dünnen Lichtstreifens beleuchtet wird und die Beobachtung senkrecht zur Ebene des Lichtstreifens erfolgt. Für die Bildaufnahme wird das Objekt durch den bezüglich des Detektors feststehenden Lichtstreifens bewegt und Fluoreszenz und/oder Streulicht wird mit einem flächigen Detektor aufgenommen. Es ist möglich, das Objekt zu drehen, um Aufnahmen aus mehreren Raumrichtungen zu machen, die nachträglich zu einer Aufnahme kombiniert werden können.

[0003] Nachteilig bei dem bekannten Mikroskop ist, daß ein erhöhter Optikaufwand notwendig ist, da einerseits die Beleuchtung eine eigene Optik benötigt und andererseits die Detektion ebenfalls eine eigene Optik benötigt. Des weiteren ist dieses Mikroskop nur für optisch transparente Objekte geeignet.

[0004] Ausgehend hiervon ist es Aufgabe der Erfindung, ein System und ein Verfahren zur dreidimensionalen Bestimmung der Oberfläche eines Objekts bereitzustellen, mit denen die Oberfläche reflektierender Objekte, deren Oberfläche lokale steile Flankenwinkel aufweist, optisch abgebildet werden kann.

[0005] Die Aufgabe wird gelöst durch ein System zur dreidimensionalen Bestimmung der Oberfläche eines Objekts mit einem einen Objekthalter zum Drehen des Objekts sowie ein Objektiv aufweisenden Auflicht-Mikroskop zur Aufnahme der Objektoberfläche in Reflexion, einem Bildmodul und einem Steuermodul, das das Mikroskop und das Bildmodul so steuert, daß mittels des Mikroskops zumindest ein Abschnitt der Oberfläche des Objekts aus zumindest zwei verschiedenen Raumrichtungen bezogen auf den Abschnitt jeweils für mehrere Objektivschnittweiten konfokal in Reflexion detektiert wird und die dabei ermittelten Daten dem Bildmodul zugeführt werden, das aus den Daten für jede Raumrichtung einen dreidimensionalen Bilddatensatz des Oberflächenabschnitts erzeugt und die erzeugten dreidimensionalen Bilddatensätze zu einem dreidimensionalen Gesamtbild des Oberflächenabschnitts kombiniert.

[0006] Durch die Verwendung eines Auflicht-Mikroskops wird der Vorteil erreicht, daß der Optikaufwand verringert werden kann, da für die Beleuchtung und die Detektion im wesentlichen die gleiche Optik, insbesondere dasselbe Objektiv verwendet werden kann. Des weiteren ist es aufgrund der Auflicht-Beleuchtung möglich, reflektierende Oberflächen zu detektieren. Aufgrund der konfokalen Detektion des

Oberflächenabschnitts aus unterschiedlichen Raumrichtungen wird ferner der Vorteil erreicht, daß auch lokale steile Flanken im Oberflächenprofil optisch detektiert und somit im Gesamtbild dargestellt werden können. Insbesondere können rotationssymmetrische opake Objekte (z. B. Kugel, Zylinder, ...) optisch detektiert werden.

[0007] Das System kann zur Darstellung des Gesamtbildes noch eine geeignete Ausgabeeinheit, wie z.B. einen Monitor aufweisen.

[0008] Das Steuermodul kann das Mikroskop und das Bildmodul so steuern, daß bei der Detektion des Abschnitts bei jeder Raumrichtung ein den Abschnitt beinhaltender, größerer Bereich detektiert wird und das Bildmodul aus den Daten für jeden Bereich einen dreidimensionalen Bilddatensatz des Oberflächenbereichs erzeugt und die erzeugten dreidimensionalen Bilddatensätze anhand des in den erzeugten Bilddatensätzen enthaltenen selben Abschnitts kombiniert. Damit wird der Vorteil erreicht, daß größere Bereiche anhand des in den Bereichen enthaltenen selben Abschnitts bei der Bilddatenbearbeitung pixelgenau miteinander zum Gesamtbild kombiniert werden können. Dabei kann insbesondere eine Mustererkennung verwendet werden, um die dreidimensionalen Bilddatensätze in korrekter Ausrichtung zueinander kombinieren zu können.

[0009] Insbesondere kann das Bildmodul bei der Erzeugung der Bilddatensätze und/oder der Kombination zum Gesamtbild eine durch den Objekthalter bedingte Abweichung der tatsächlichen Ausrichtung des Objekts bei der Detektion von der vorgegebenen Ausrichtung des Objekts korrigieren bzw. kompensieren. Die fehlerhafte Ausrichtung kann anhand der Bilddatensätze selbst oder anhand einer Messung der Ausrichtung des Objekthalters während der Aufnahme ermittelt werden. Dies führt zu einem qualitativ sehr guten Gesamtbild.

[0010] Der Objekthalter kann so ausgebildet sein, daß er das Objekt um zwei voneinander unabhängige Achsen drehen kann. Damit kann eine ausgezeichnete dreidimensionale Abbildung erreicht werden. Insbesondere können beispielsweise Sensoren, Aktuatoren, Mikro-Werkzeuge oder Elemente aus der Medizintechnik, wie z.B. ein Stent, sehr gut detektiert und deren Oberfläche mit ausgezeichneter Qualität dreidimensional dargestellt werden.

[0011] Insbesondere kann der Objekthalter so ausgebildet sein, daß eine Raumwinkeldetektion von 360° oder von nahezu 360° möglich ist. Damit kann mittels des erfindungsgemäßen Systems eine konfokale Tomographie der Oberfläche durchgeführt werden. Insbesondere kann mittels des erfindungsgemäßen Systems eine zerstörungsfreie Analyse von Teilen komplexer Geometrie, wie z.B. aus der Medizin

und Dentaltechnik, erfolgen.

[0012] Ferner kann der Objekthalter auch so ausgebildet sein, daß er das Objekt quer zur optischen Achse des Objektivs bewegen kann. Damit sind sehr großflächige Aufnahmen mit hoher Vergrößerung möglich.

[0013] Insbesondere ist das Mikroskop als konfokales Auflicht-Mikroskop mit Linienfokus oder Punktfokus ausgebildet. Damit wird eine ausgezeichnete Auflösung bei der konfokalen Detektion der optischen Schnitte erreicht. Wenn das Auflicht-Mikroskop einen Linienfokus aufweist, ist eine sehr schnelle Detektion der einzelnen optischen Schnitte möglich.

[0014] Die Aufgabe wird ferner gelöst durch ein Verfahren zur dreidimensionalen Bestimmung der Oberfläche eines Objekts, bei dem zumindest ein Abschnitt der Oberfläche des Objekts aus zumindest zwei verschiedenen Raumrichtungen bezogen auf den Abschnitt jeweils für mehrere Schnittweiten konfokal in Reflexion detektiert wird, aus den dabei ermittelten Daten für jede Raumrichtung ein dreidimensionaler Bilddatensatz des Oberflächenabschnitts erzeugt wird und die erzeugten Bilddatensätze zu einem dreidimensionalen Gesamtbild des Oberflächenabschnitts kombiniert werden.

[0015] Mit diesem Verfahren kann die Oberfläche bzw. die Topographie der Oberfläche von reflektierenden Objekten optisch dreidimensional vollständig erfaßt werden, auch wenn die Oberfläche lokal steile Flanken oder sonstige steile Strukturen aufweist.

[0016] Insbesondere kann bei dem Verfahren bei der Detektion des Abschnitts bei jeder Raumrichtung ein den Abschnitt beinhaltender, größerer Bereich detektiert werden, aus den Daten für jeden Bereich ein dreidimensionaler Bilddatensatz des Oberflächenbereichs erzeugt werden und die erzeugten dreidimensionalen Bilddatensätze anhand des in den erzeugten Bilddatensätzen enthaltenen selben Abschnitts kombiniert werden.

[0017] Zur Detektion aus unterschiedlichen Raumrichtungen kann das Objekt um eine oder auch zwei voneinander unabhängige Achsen gedreht werden. Ferner ist es möglich, das Objekt auch translatorisch zu bewegen. Die dabei gewonnen dreidimensionalen Bilddaten können zu dem Gesamtbild kombiniert werden, so daß große Bereiche dargestellt werden können. Natürlich ist es möglich, die Bilddatensätze der unterschiedlichen Raumrichtungen und der unterschiedlichen translatorischen Positionen zu dem Gesamtbild zu kombinieren.

[0018] Des weiteren kann bei der Erzeugung der Bilddatensätze und/oder bei der Kombination zum Gesamtbild ein Fehler korrigiert werden, der dadurch

bedingt ist, daß die tatsächliche Ausrichtung des Objekts bei der Detektion von der vorgegebenen Ausrichtung abweicht.

[0019] Zur Kombination der Bilddatensätze wird insbesondere ein Musteranalyseverfahren eingesetzt, so daß aufgrund von übereinstimmenden Mustern in beiden Bilddatensätzen die Kombination durchgeführt wird.

[0020] Die Erfindung wird nachfolgend beispielshalber anhand der Figuren noch näher erläutert. Es zeigen:

[0021] [Fig. 1](#) eine schematische Ansicht einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Systems zur dreidimensionalen Bestimmung der Oberfläche eines Objekts;

[0022] [Fig. 2](#) eine vergrößerte Darstellung des Objektivs **2** zusammen mit dem Objekt OB und dem Objekthalter **11**;

[0023] [Fig. 3](#) eine Darstellung entsprechend zu [Fig. 2](#) jedoch mit anderem Drehwinkel des Objekthalters **11**;

[0024] [Fig. 4](#) eine Darstellung der Apertur-Kegel des Objektivs **2** relativ zum Objekt OB für die Drehstellungen von [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#), und

[0025] [Fig. 5](#) eine weitere Darstellung der Apertur-Kegel für sechs verschiedene Drehstellungen des Objekts OB.

[0026] Bei der in [Fig. 1](#) gezeigten Ausführungsform umfaßt das System zur dreidimensionalen Bestimmung der Oberfläche eines Objektes OB ein konfokales Auflicht-Mikroskop M, ein Steuermodul S sowie ein Bildmodul B.

[0027] Das Mikroskop M enthält zur Detektion eine Mikroskopoptik **1** mit einem Objektiv **2** und einer Tubuslinse **3**, einer Scanneroptik **4**, eine Ablenkeinheit bzw. einen Scanner **5** mit zwei Spiegeln **6**, **7**, einen Hauptteiler **8** sowie eine Detektionseinheit **9**. Um das zu untersuchende Objekt über die Mikroskopoptik **1** beleuchten zu können, umfaßt das Mikroskop M ferner eine Lichtquelleneinheit **10** (hier eine Laserquelle), deren Licht über den Hauptteiler **8** zum Scanner **5** geführt wird und dann die Scanneroptik **4** sowie die Mikroskopoptik **1** in dieser Reihenfolge durchläuft und auf das Objekt OB trifft. Die Beleuchtungsrichtung ist durch den Pfeil P1 und die Detektionsrichtung ist durch den Pfeil P2 angedeutet.

[0028] Das zu untersuchende Objekt OB ist auf einem um eine erste Achse A1, die sich senkrecht zur Zeichenebene in [Fig. 1](#) erstreckt, drehbaren Objekthalter **11** befestigt (durch Doppelpfeil P3 angedeu-

tet). Mit Ausnahme des drehbaren Objekthalters **11** kann das Mikroskop M wie ein herkömmliches konfokales Auflicht-Mikroskop ausgebildet sein.

[0029] Das Steuermodul S ist so ausgebildet, daß mit dem Mikroskop M die mehrfache Aufnahme von konfokalen Bildstapeln (in verschiedenen Tiefen im Objekt) desselben Abschnitts des Objekts OB in Reflexion bei unterschiedlichen räumlichen Orientierungen des Objekts (unterschiedliche Drehstellungen mittels des Objekthalters **11**) durchgeführt werden kann.

[0030] Es wird z. B. bei konstantem Abstand zwischen Objektiv **2** und Objekt OB der Fokusabstand des Objektivs **2** variiert, so daß das Licht der Lichtquelleneinheit **10** in unterschiedlichen Tiefen (unterschiedliche Positionen entlang der optischen Achse OA des Objektivs **2**) fokussiert wird. Natürlich ist es auch möglich, den Fokusabstand konstant zu halten und das Objekt entlang der optischen Achse OA des Objektivs zu bewegen. Die Aufnahme in unterschiedlichen Tiefen im Objekt wird hier als Aufnahme mit verschiedenen Objektivschnittweiten bzw. verschiedenen Schnittweiten bezeichnet.

[0031] Zur mehrfachen Aufnahme der konfokalen Bildstapel aus unterschiedlichen Raumrichtungen steuert das Steuermodul S das Mikroskop M so an, daß zunächst in einer ersten Drehstellung des Objekthalters **11** das Objekt mit dem Licht der Lichtquelleneinheit **10** für verschiedene Objektivschnittweiten beleuchtet und konfokale optische Schnitte für die verschiedenen Schnittweiten mit dem an der Oberfläche des Objekts OB reflektierten Licht (diffus oder gerichtet reflektives Licht) durchgeführt werden. Dies ist schematisch in [Fig. 2](#) dadurch angedeutet, daß für drei verschiedene Objektschnittweiten jeweils der Aperturkegel des Objektivs **2** dargestellt ist (als Strichlinie, durchgezogene Linie sowie Strichpunktlinie). Um den optischen Schnitt zu erhalten, wird in herkömmlicher Weise mittels des Scanners **5** die Laserstrahlung fokussiert (in die Spitze des Apertur-Kegels in [Fig. 2](#)) und so über das Objekt OB bewegt, daß ein vorbestimmter Bereich **12** der Oberfläche des Objekts OB beleuchtet und detektiert wird. Der Fokus kann dabei beispielsweise ein Punkt oder auch ein Linienfokus sein.

[0032] Bei dem Beispiel von [Fig. 2](#) führt die Neigung des Oberflächenabschnitts **13** des Bereichs **12** des Objekts OB dazu, daß das Licht zur Beleuchtung stets so am Abschnitt **13** reflektiert wird, daß es nicht zurück in den Apertur-Kegel gelangt. Damit kann das Mikroskop M den Abschnitt **13** bei der Detektion aus der Raumrichtung gemäß [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) optisch nicht erfassen.

[0033] Jedoch wird in einem zweiten Schritt das Objekt OB um die Achse A1 gedreht (hier um 15° nach

rechts; [Fig. 3](#)). Danach werden in gleicher Weise wie bei der Drehstellung von [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) wiederum konfokale optische Schnitte in unterschiedlichen Objektivschnittweiten durchgeführt (nun aus einer zweiten Raumrichtung, die um 15° gegenüber der ersten Raumrichtung gedreht ist). Aufgrund der Drehung des Objekts OB wird der Vorteil erreicht, daß die im Abschnitt **13** reflektierte Strahlung nun in den Apertur-Kegel des Objektivs **2** zurückreflektiert wird, so daß vom Bereich **12** in dieser Drehstellung auch der Abschnitt **13** optisch erfaßt werden kann.

[0034] Die in beiden Drehstellungen bei den unterschiedlichen optischen Schnitten mittels der Detektionseinheit **9** erfaßten Daten werden zum Bildmodul B übertragen. Das Steuermodul S steuert das Bildmodul B so an, daß es aus diesen Daten für jede Drehstellung (also für jede Raumrichtung der Detektion) einen dreidimensionalen Bilddatensatz des detektierten Oberflächenbereichs **12** des Objekts OB erzeugt. Unter Bilddatensatz werden hier insbesondere dreidimensionale Bilddaten verstanden, die nicht unmittelbar zur Erzeugung eines Bildes verwendet werden. Jedoch könnte aus den dreidimensionalen Bilddaten ohne weiteres eine dreidimensionale Darstellung des Oberflächenbereichs für jede Raumrichtung der Detektion erfolgen.

[0035] Das Bildmodul B kombiniert dann die dreidimensionalen Bilddatensätze zu einem dreidimensionalen Gesamtbild, das im Vergleich zu den dreidimensionalen Bilddatensätze eine dreidimensionale Abbildung des Oberflächenbereichs **12** mit erweitertem Raumwinkelbereich darstellt. Es können somit Oberflächenbereiche mit solchen Strukturen (z.B. steile Flanken) optisch detektiert und nach der beschriebenen Datenverarbeitung dargestellt werden, die normalerweise aufgrund des durch das Mikroskop M vorgegebenen Apertur-Kegels optisch nicht erfaßt werden können. Mit dem erfindungsgemäßen System zur dreidimensionalen Bestimmung der Oberfläche eines Objektes ist ein Aneinanderfügen bzw. ein Kombinieren von Apertur-Kegeln mit unterschiedlicher Raumrichtung (bezogen auf den Abschnitt) für denselben Oberflächenabschnitt möglich. Man kann somit auch von einem Apertur-Stitching sprechen.

[0036] Bevorzugt liegt eine winkelmäßige Überlapung der einzelnen Apertur-Kegel von 50 % vor. Diese wird erreicht, wenn der Drehwinkel zwischen zwei Drehstellungen dem Öffnungswinkel des Objektivs **2** entspricht. Bei dem hier beschriebenen Beispiel weist das Objektiv einen Öffnungswinkel α von 15° auf und wurde als Drehwinkel $\alpha_{\text{Dreh}} 15^\circ$ gewählt ([Fig. 2](#), [Fig. 3](#)).

[0037] Man kann das Steuermodul auch so ausbilden, daß man den gewünschten maximalen Detektionswinkel (α_{max}) relativ zur optischen Achse OA des

Objektivs **2** sowie den Drehwinkel pro Drehung bzw. Kippung (α_{Dreh}) oder die Anzahl der Drehungen n vorgibt. Das Steuermodul kann dann anhand der Gleichung

$$n = \frac{\alpha_{\text{max}} - \alpha}{\alpha_{\text{Dreh}}}$$

n oder α_{Dreh} für eine Drehrichtung der Objekthalter **11** ermitteln.

[0038] Für das Beispiel von [Fig. 1–Fig. 3](#) sind in [Fig. 4](#) die Drehstellung des Apertur-Kegels des Objektivs **2** relativ zum Abschnitt **13** dargestellt. Der maximale Drehwinkel α_{max} (bezogen auf die optische Achse OA des Objektivs **2**) beträgt 30° , der Drehwinkel α_{Dreh} beträgt 15° , so daß sich aus Gleichung 1 für dem Öffnungswinkel von $\alpha = 15$ für $n = 1$ ergibt.

[0039] Bei dem weiteren Beispiel von [Fig. 5](#) ergibt sich bei einem maximalen Drehwinkel $\alpha_{\text{max}} = 60^\circ$, einem Öffnungswinkel ($\alpha = 15^\circ$) des Objektivs **2** und einem Drehwinkel $\alpha_{\text{Dreh}} = 15^\circ$ für $n = 3$. So müssen drei Kippungen um 15° nach rechts und drei Kippungen um 15° nach links durchgeführt (also $n = 3$ Kippungen für jede Drehrichtung) werden, wie in [Fig. 5](#) schematisch angedeutet ist.

[0040] Das Bildmodul B kann bevorzugt noch eine Korrektur bei zumindest einem der dreidimensionalen Bilddatensätze durchführen, bei der Abweichungen der tatsächlichen Drehstellung des Objekthalters **11** von der Soll-Drehstellungen korrigiert werden (z.B. mittels eines entsprechenden Programms). In diesem Fall werden die korrigierten dreidimensionalen Bilddatensätze zu einem gesamten Bild kombiniert.

[0041] Natürlich kann der Objekthalter **11** auch so ausgebildet sein, daß er Drehungen um zwei voneinander unabhängige Achsen ermöglicht. Die Achsen sind beide weder parallel zur optischen Achse OA des Objektivs **2** noch fallen sie mit der optischen Achse OA des Objektivs **2** zusammen. Der Objekthalter **11** kann als Tisch ausgebildet sein, es ist jedoch auch möglich, beispielsweise einen Greifarm mit Robotik und einer bzw. zwei Drehachsen vorzusehen, um das Objekt OB entsprechend drehen zu können.

[0042] Das Bildmodul B kann ferner noch eine Korrektur von Lagefehlern bei der Kombination der dreidimensionalen Bilddaten durchführen (z.B. mittels Mustererkennung, Korrelation, etc.), so daß eine pixelgenaue Kombination der dreidimensionalen Bilddaten zur Erzeugung des Gesamtbildes möglich ist.

Patentansprüche

1. System zur dreidimensionalen Bestimmung der Oberfläche eines Objekts (OB), mit einem einen Objekthalter (**11**) zum Drehen des Ob-

jekts (OB) sowie ein Objektiv (**2**) aufweisenden Auflicht-Mikroskop (M) zur Aufnahme der Objektoberfläche in Reflexion, einem Bildmodul (B) und einem Steuermodul (S), das das Mikroskop (M) und das Bildmodul (B) so steuert, daß mittels des Mikroskops (M) zumindest ein Abschnitt (**13**) der Oberfläche des Objekts (OB) aus zumindest zwei verschiedenen Raumrichtungen bezogen auf den Abschnitt (**13**) jeweils für mehrere Objektivschnittweiten konfokal in Reflexion detektiert wird und die dabei ermittelten Daten dem Bildmodul (B) zugeführt werden, das aus den Daten für jede Raumrichtung einen dreidimensionalen Bilddatensatz des Oberflächenabschnitts (**13**) erzeugt und die erzeugten dreidimensionalen Bilddatensätze zu einem dreidimensionalen Gesamtbild des Oberflächenabschnitts (**13**) kombiniert.

2. System nach Anspruch 1, bei dem das Steuermodul (S) das Mikroskop (M) und das Bildmodul (B) so steuert, daß bei der Detektion des Abschnitts (**13**) bei jeder Raumrichtung ein den Abschnitt beinhaltender, größerer Bereich (**12**) detektiert wird und das Bildmodul (B) aus den Daten für jeden Bereich (**12**) einen dreidimensionalen Bilddatensatz des Oberflächenbereichs (**12**) erzeugt und die erzeugten dreidimensionalen Bilddatensätze anhand des in den erzeugten Bilddatensätzen enthaltenen selben Abschnitt kombiniert.

3. System nach einem der obigen Ansprüche, bei dem der Objekthalter (**11**) das Objekt (OB) um zwei voneinander unabhängige Achsen drehen kann.

4. System nach einem der obigen Ansprüche, bei dem der Objekthalter (**11**) das Objekt quer zur optischen Achse des Objektivs (**2**) bewegen kann.

5. System nach einem der obigen Ansprüche, bei dem das Bildmodul (B) bei der Erzeugung der Bilddatensätze und/oder bei der Kombination zum Gesamtbild eine durch den Objekthalter (**11**) bedingte Abweichung der tatsächlichen Ausrichtung des Objekts (OB) bei der Detektion des Objekts (OB) von der vorgegebenen Ausrichtung korrigiert.

6. System nach einem der obigen Ansprüche, bei dem das Mikroskop (M) als konfokales Auflicht-Mikroskop mit Linien- oder Punktfokus ausgebildet ist.

7. Verfahren zur dreidimensionalen Bestimmung der Oberfläche eines Objekts, bei dem zumindest ein Abschnitt der Oberfläche des Objekts aus zumindest zwei verschiedenen Raumrichtungen bezogen auf den Abschnitt jeweils für mehrere Schnittweiten konfokal in Reflexion detektiert wird, aus den dabei ermittelten Daten für jede Raumrichtung ein dreidimensionaler Bilddatensatz des Oberflächenabschnitts erzeugt wird und die erzeugten Bilddatensätze zu einem dreidimensionalen Gesamtbild des Oberflächenabschnitts kombi-

niert werden.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

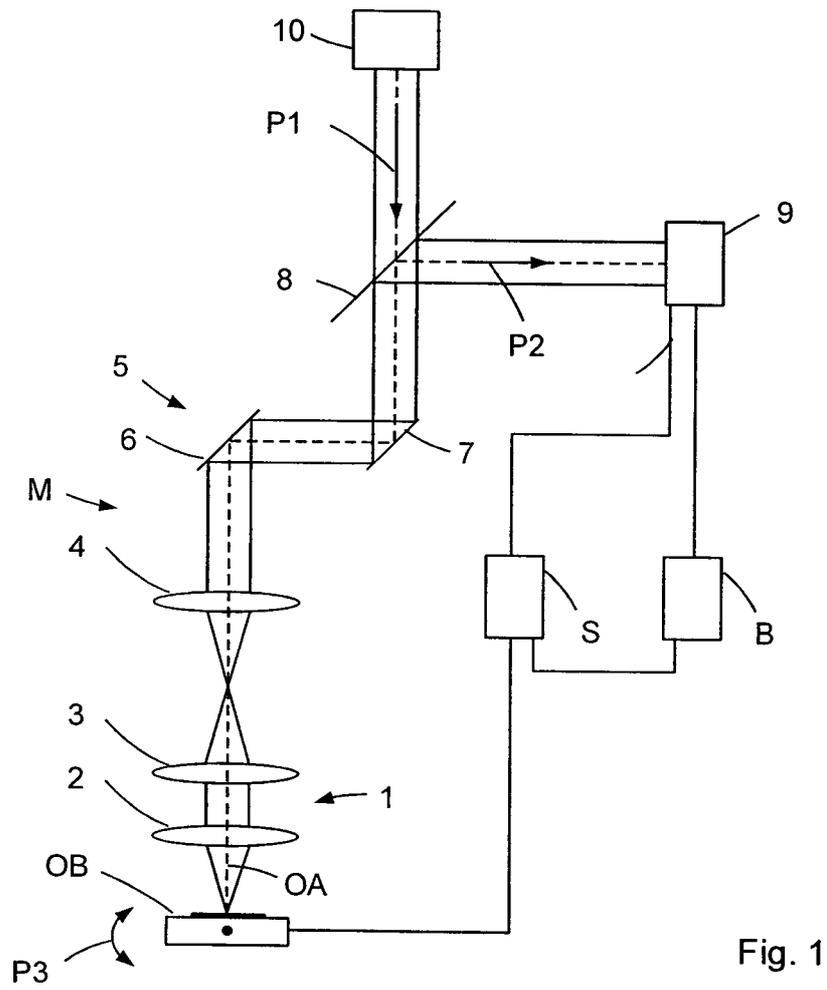


Fig. 1

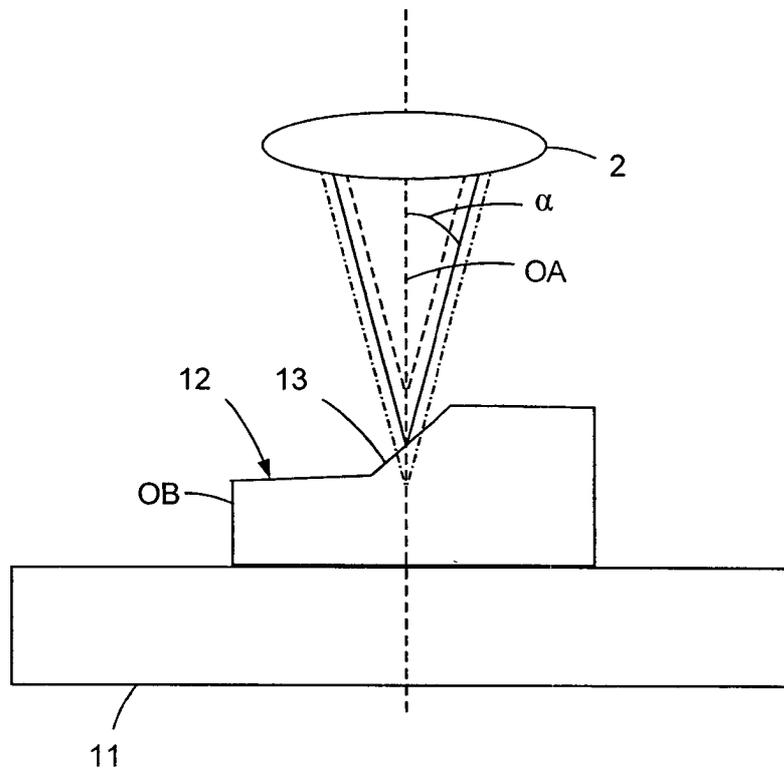


Fig. 2

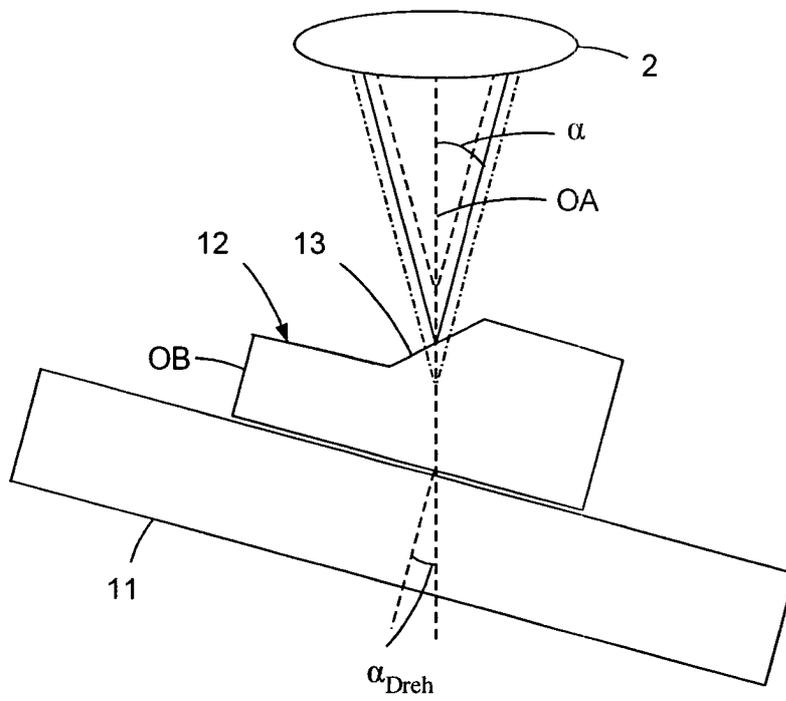


Fig. 3

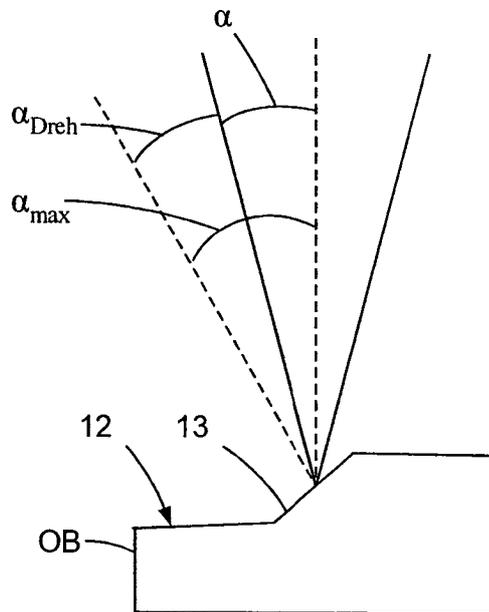


Fig. 4

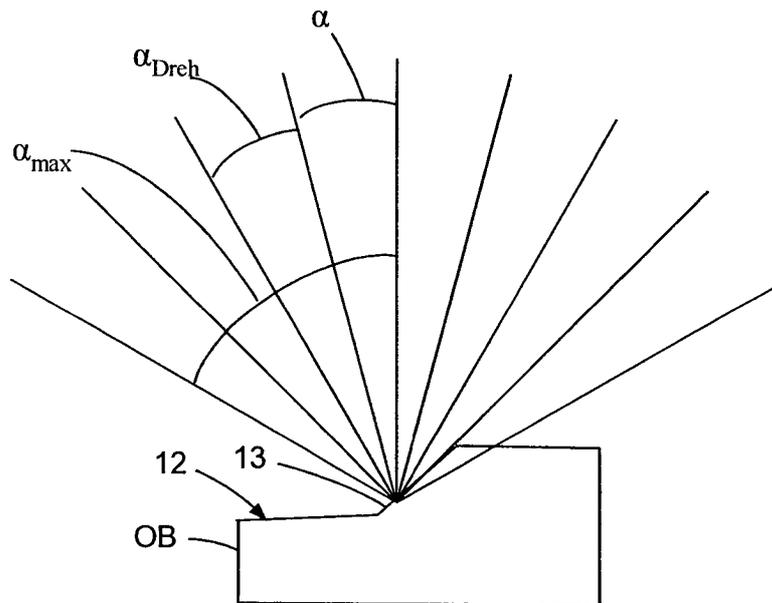


Fig. 5