



(10) **DE 10 2014 209 342 A1** 2015.11.19

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2014 209 342.2**

(22) Anmeldetag: **16.05.2014**

(43) Offenlegungstag: **19.11.2015**

(51) Int Cl.: **G01B 9/04 (2006.01)**

G01B 11/24 (2006.01)

G01B 11/03 (2006.01)

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

(72) Erfinder:
Papastathopoulos, Evangelos, Piraeus, GR

(56) Ermittelter Stand der Technik:

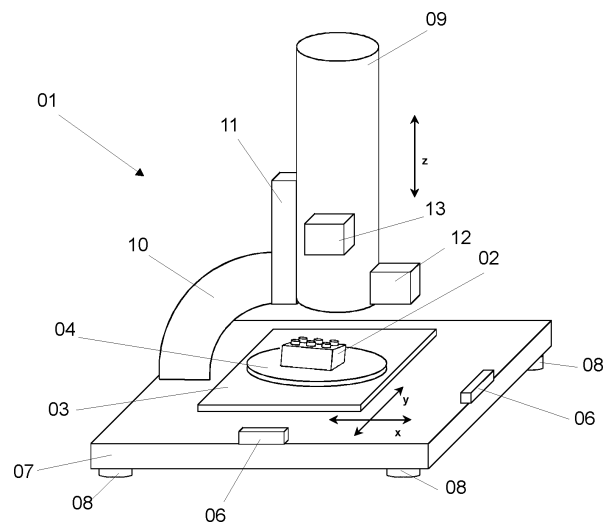
DE	100 06 876	C1
DE	10 2007 011 852	A1
US	7 171 320	B2
US	2011 / 0 119 009	A1
US	5 876 012	A
EP	2 615 409	A1
WO	2010/ 054 767	A1

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

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Ermittlung von Geometriedaten eines Objektes mit einem Messmikroskop und Messmikroskop**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Ermittlung von Geometriedaten eines Objektes (02) mit einem Messmikroskop (01) und ein Messmikroskop. Das Verfahren umfasst erfindungsgemäß das Erfassen einer ersten optischen Abbildung des Objektes (02) in einer ersten Objektposition; das Erfassen einer zweiten optischen Abbildung des Objektes (02) in einer zweiten Objektposition; Das Erfassen von Positionsdaten (23) der Objektpositionen des Objektes (02) mit einem Bezug zur jeweiligen optischen Abbildung; das Ermitteln eines Gewichtes (W) und eines Massenschwerpunktes (A) des Objektes (02) als Kalibrierdaten (25); das Ermitteln von Bildkoordinaten (22) des Objektes durch Bestimmung von markanten Punkten in den optischen Abbildungen; eine Transformation der Bildkoordinaten (22) in Objektkoordinaten (24) unter Berücksichtigung der Positionsdaten und eine Transformation der Objektkoordinaten (24) in kalibrierte Objektkoordinaten (26) unter Berücksichtigung der Kalibrierdaten (25). Das Messmikroskop umfasst mindestens drei Kraftmesssonden (08), die an der Basis (07) angeordnet sind, zur Ermittlung eines Gewichtes (W) und eines Massenschwerpunktes (A) des Objektes (02) und eine Recheneinheit zur Ermittlung der kalibrierten Objektkoordinaten (26) des Objektes (02) aus den Einzelbildern (21) in verschiedenen Fokuspositionen, dem Gewicht (W) und dem Massenschwerpunkt (A).



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Ermittlung von vorzugsweise dreidimensionalen Geometriedaten eines Objektes mit einem Messmikroskop und ein solches Messmikroskop.

[0002] Ein Messmikroskop ist dabei ein optisches Mikroskop mit einer Maßstabsdarstellung (im Okular oder auf einem Monitor oder in einem Bildverarbeitungsprogramm) und einem in der Objektebene verschiebbaren Objektisch mit einem Wegmesssystem. Durch Anvisieren oder Auswählen (manuell oder automatisiert) eines Punktes auf der Oberfläche eines Messobjektes, anschließendes Verfahren des Messobjektes, bis ein zweiter Messpunkt anvisiert oder ausgewählt werden und Ablesen der Verfahrstrecke am Objektisch ist die Messung von Abständen in einer Ebene senkrecht zur optischen Achse des Mikroskops möglich.

[0003] Durch Erfassen von Fokuspositionen wird eine dritte Dimension in Richtung der optischen Achse erfasst, welche zur Vermessung herangezogen werden kann.

[0004] Sowohl manuelle als auch automatisierte Messmikroskope sind bekannt. In automatisierten Messmikroskopen wird das Auge des Bedieners durch einen optoelektronischen Bildwandler (z. B. CCD oder CMOS) ersetzt und die manuelle Anvisierung der Messpunkte erfolgt durch automatische Kantendetektion oder Mustererkennung bestimmter Abbildungsbestandteile. Durch automatisiertes Auslesen der Koordinaten des Positioniersystems und anschließende Datenfusion im Messrechner sind heute selbsttätig ablaufende Messvorgänge programmierbar.

[0005] Aus dem Stand der Technik der 3D-Oberflächenmesstechnik sind Verfahren einer taktil-basierten Erfassung seiner 3D-Geometrie aber auch 3-D-Messmikroskope (vor allem aus dem Bereich der Operationsmikroskope) bekannt.

[0006] In der US 7,171,320 B2 als Beispiel aus der taktilen Oberflächenmesstechnik wird beschrieben, wie mit Hilfe eines Laserinterferometers die Abweichungen der Scantischbewegung für Messobjekte mit verschiedenen Gewichten vermessen bzw. kalibriert werden.

[0007] Mit Hilfe verschiedener Bildverarbeitungstechniken können dreidimensionale Darstellungen aus sogenannten Stapelbildern erzeugt werden, die mit geringer Tiefenschärfe bei verschiedenen Fokuspositionen aufgenommen werden. Dabei kann eine Variation der Fokusposition durch eine vertikale Bewegung des Objektisches oder durch eine Fokussierbewegung des Objektivs vorgenommen werden. Aus dem Stapelbildern und den Positionsdaten werden durch bekannte Bildverarbeitungstechniken dreidimensionale Darstellungen bzw. Objektdaten erzeugt.

[0008] Solche Techniken sind sowohl, für Video- als auch für Standbildaufnahmen bekannt.

[0009] Eine besondere Herausforderung stellt immer noch die Vermessung von Objekten dar, deren Abmessungen deutlich größer sind, als das optische Messfeld der Mikroskopes. Das Objekt wird mit Hilfe der manuellen oder motorischen Antriebe des Objektisches verschoben, welche den Scantisch entlang verschiedener Linear-(z.B. x-y) oder Rotationsachsen führen. In der Regel werden die Antriebe mit s.g. Encodern bestückt, womit die Position des Objektisches bzw. des Objektes entlang der entsprechenden Bewegungsachsen registriert bzw. vermessen werden kann.

[0010] Die Geradheit der Bewegung des Objektisches wird sowohl durch die Planität der Führungslager als auch durch die Deformation von verschiedenen mechanischen Teilen des Objektisches, sowie durch produktive Toleranzen begrenzt. Diese Abweichungen (z.B. Yaw, Pitch und Roll) können von den Encodern nicht erfasst werden.

[0011] Insbesondere bei der Vermessung von dreidimensionalen mikroskopischen Geometrien führen solche Verkippungen zu Ungenauigkeiten, weil bei geringer Tiefenschärfe Kanten beispielsweise nicht mehr eindeutig detektierbar sind.

[0012] Wenn ein Bereich des Objektes (ROI = region of interest) vermessen werden soll, der außerhalb des Schwerpunktes des Objektes liegt, können diese Abweichungen die Messgenauigkeit des Messmikroskops stark beeinträchtigen.

[0013] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Ermittlung von Geometriedaten eines dreidimensionalen Objektes mit einem Messmikroskop und ein solches Messmikroskop zu schaffen, das auch bei Objekten, die größer als das Messfeld des Messmikroskopes sind, sehr genaue mikroskopische Geometriedaten liefert.

[0014] Die Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 und durch ein Messmikroskop mit den Merkmalen des Anspruchs X gelöst.

[0015] In einem erfindungsgemäßen Verfahren werden nachfolgende Schritte durchgeführt. Dabei ist die Reihenfolge prinzipiell unerheblich.

[0016] Es wird eine erste optische Abbildung des Objektes erfasst, wobei sich das zu vermessende Objekt in einer ersten Objektposition befindet.

[0017] Das Objekt wird in eine zweite Objektposition gebracht und eine zweite optische Abbildung erfasst.

[0018] Die Erfassung von Bilddaten der optischen Abbildungen erfolgt vorzugsweise mittels eines in einer Bildebene angeordneten Bilderfassungsmittels, das beispielsweise einen Bildsensor umfasst.

[0019] Die erste und die zweite Objektposition können dabei verschiedene Fokuspositionen sein, die durch vertikales Bewegen eines Objektisches des Messmikroskops und/oder vertikales Bewegen einer Optikeinheit eingestellt werden können.

[0020] Es ist aber ebenso möglich, dass sich die erste und die zweite Objektposition verschiedene Positionen in einer horizontalen Objektebene sind. Dann werden zunächst zweidimensionale Komponenten von Objekten berücksichtigt, die größer als das Messfeld des Messmikroskopes sind.

[0021] Es werden zu den Bilddaten jeder optischen Abbildung Positionsdaten der jeweiligen Objektposition ermittelt. Diese können als Metadaten mit der Abbildung gespeichert werden, können aber auch anderweitig zwischengespeichert werden, wenn sie wieder eindeutig jeder optischen Abbildung zuordenbar sind.

[0022] Weiterhin werden einmalig ein Gewicht und ein Massenschwerpunkt des Objektes als Kalibrierdaten ermittelt.

[0023] Mittels verschiedener bekannter Bildverarbeitungsalgorithmen (z. B. Kantendetektion, Kontrastverfahren, Mustererkennung, ...) werden Bildkoordinaten des Objektes aus den Bilddaten ermittelt.

[0024] Die Bildkoordinaten werden unter Berücksichtigung der Positionsdaten zur optischen Abbildung in Objektkoordinaten transformiert. Diese können je nach Anforderung zwei- oder dreidimensional sein.

[0025] Um Geometriedaten (korrigierte Objektkoordinaten) zu erhalten, werden die ermittelten Kalibrierdaten bei einer erneuten Transformation berücksichtigt.

[0026] Ein erfindungsgemäßes Messmikroskop umfasst einen an einer Basis angeordneten Objektisch, auf dem das Objekt platzierbar ist. Der Objektisch ist zumindest in einer horizontalen Ebene verschiebbar. Positionsdaten des Objektisches sind mittels einer Positionserfassungseinheit erfassbar und speicherbar.

[0027] Die Positionserfassungseinheit ist in einer bevorzugten Ausführungsform ein kodiertes Zweikoordinaten-Wegmesssystem das in der bekannten Art und Weise aufgebaut ist.

[0028] Das Messmikroskop umfasst in bekannter Weise eine Optikeinheit zur Abbildung mindestens eines Bereiches des Objektes in einer Bildebene. Die Optikeinheit umfasst dabei zumindest ein Objektiv und kann weitere optische Komponenten, z. B. ein Zoomsystem umfassen.

[0029] Das Messmikroskop umfasst weiterhin eine Fokuseinstelleinheit zur Einstellung einer Fokusposition der Optikeinheit. Mit der Verwendung verschiedener Fokuspositionen kann das zu vermessende Objekt in verschiedenen Ebenen scharf abgebildet werden, so das eine Rekonstruktion eines dreidimensionalen Modelles anhand der Stapelaufnahmen (Z-stack) möglich ist. Zur Verstellung der Fokusposition ist es bekannt, dass der Fokusabstand durch Höhenverstellung des Objektisches und/oder durch vertikale Verschiebung der Optikeinheit oder zumindest einer Komponente der Optikeinheit erfolgen kann.

[0030] Ein Bilderfassungsmittel dient zur Erfassung der optischen Abbildung in der Bildebene, welche einer Draufsicht eines Objektfeldes (Region Of Interest = ROI) entspricht. Das Bilderfassungsmittel kann beispielsweise einen in der Bildebene angeordneten Bildsensor (CCD, CMOS) umfassen.

[0031] Erfindungsgemäß sind an der Basis des Messmikroskopes mindestens drei Kraftmesssensoren vorgesehen, mit Hilfe deren Daten das Gewicht und der Massenschwerpunkt des Objektes als Kalibrierdaten ermittelt werden. In einer bevorzugten Ausführungsform werden vier Kraftmesssensoren verwendet.

[0032] Das Messmikroskop umfasst weiterhin eine Recheneinheit zur Ermittlung der Geometriedaten des Objektes aus den Bilddaten und den Kalibrierdaten. Die Recheneinheit kann dabei zum Beispiel als Bildverarbeitungsprozessor in eine Steuereinheit des Messmikroskopes integriert sein.

[0033] Die Vorteile der Erfindung sind insbesondere darin zu sehen, dass auf die beschriebene Art und Weise Geometriedaten und ggf. dreidimensionale Modelle eines Objektes unter Berücksichtigung der Masse und des Massenschwerpunktes und damit einhergehenden Messfehlern gewonnen werden können.

[0034] Vorteilhafte Ausgestaltungsvarianten der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

[0035] Die Positionsdaten können Ebenenpositionsdaten umfassen. Sie werden vorteilhafterweise anhand von Encoderpositionen des Objektisches erfasst, der als Zwei- oder Dreikoordinatentisch ausgebildet sein kann.

[0036] Die Positionsdaten können weiterhin Fokuspositionsdaten umfassen, die eine Höheninformation der abgebildeten Ebene vermitteln. Die Fokuspositionsdaten können anhand von Encoderpositionen des Objektisches (X-Y-(Z)) und/oder der Optikeinheit (Z) erfasst werden.

[0037] Codierte Wegmesssysteme sind dem Fachmann bekannt und können bei dem Messmikroskop auf alle dem Fachmann bekannten Arten ausgeführt sein.

[0038] Bilddaten verschiedener Fokuspositionen werden vorzugsweise in einem sogenannten Bildstapel (Z-Stack) gespeichert oder zwischengespeichert.

[0039] Eine bevorzugte Ausführungsform der Erfindung wird nachfolgend anhand der Figuren näher erläutert.

[0040] Es zeigen:

[0041] Fig. 1: eine schematische Darstellung eines erfindungsgemäßen Messmikroskopes.

[0042] Fig. 2: eine schematische Darstellung der Ermittlung des Massenschwerpunktes des Objektes.

[0043] Fig. 3: eine schematische Darstellung des Ablaufs eines erfindungsgemäßen Verfahrens.

[0044] In Fig. 1 wird das Konzept eines erfindungsgemäßen Messmikroskops **01** schematisch dargestellt. Ein Objekt **02** wird auf einem Objektisch **03** angeordnet. Auf dem Objektisch **03** ist optional ein Rotationstisch **04** vorgesehen, damit die Orientierung des Objektes auf dem Objektisch **03** für eine optimale Messung angepasst werden kann. Der Objektisch **03** kann in einer horizontalen Ebene entlang zweier senkrecht zueinander stehenden Achsen X, Y bewegt werden, während die entsprechende X-, und Y-Koordinaten der Position des Objektisches **03** mit Hilfe zweier Encoder **06** registriert bzw. gemessen werden. Die Encoder **06** können beispielsweise optische oder magnetische Encoder **06** oder andere geeignete Typen sein.

[0045] Das Messmikroskop **01** ist als Tischgerät (Tabletop) konzipiert und wird auf einer Grundplatte bzw. einer Basis **07** aufgebaut.

[0046] Das Grundplattenmaterial kann beispielsweise Granitstein oder Aluminium sein.

[0047] An einer unteren Seite der Basis **07** sind in dieser Ausführungsform vier Kraftmesssonden **08** an den vier Ecken der Basis vorzugsweise symmetrisch angeordnet.

[0048] Eine Optikeinheit **09** ist mit Hilfe eines Arms **10** an der Basis **07** angeordnet und mit Hilfe eines Linearantriebes **11** zur Einstellung der Fokusposition vertikal verschiebbar.

[0049] Der Linearantrieb **11** ist vorzugsweise motorisiert und kann die Optikeinheit **09** entlang einer Z-Achse manuell oder automatisch positionieren. Der Linearantrieb **11** umfasst einen Encoder (nicht dargestellt) als Positionserfassungsmittel, womit die Z-Position der Optikeinheit **09** registriert wird. Selbstverständlich kann in alternativen Ausführungsformen die Fokuseinstellung auch durch die Bewegung einer Komponente der Optikeinheit **09** erfolgen, die Erfassung der Z-Position muss dann entsprechend angepasst werden.

[0050] Die Optikeinheit **09** umfasst eine vorzugsweise hochauflösende, bildgebende Einheit, die beispielsweise auf der Basis der Fokusvariationsmethode eine 3D-Aufnahme des Objektes **02** ermöglicht.

[0051] Optional kann weiterhin ein zusätzliches Übersichtsmodul **12** vorhanden sein, welches auf der Basis des Triangulationsverfahrens ein 3D-Übersichtsaufnahme des Messobjektes ermöglicht. Dieses Übersichtsmodul **12** hat ein deutlich größeres Messfeld als die Optikeinheit **08** und ermöglicht bzw. erleichtert die Generierung eines 3D-Modells vom Messobjekt.

[0052] Das 3D-Modell kann zur Erkennung bzw. zur Lokalisierung von wichtigen Merkmalen und von kritischen Dimensionen des Objektes und/oder zu einer nutzerfreundlichen Planung des 3D-Messvorgangs genutzt werden.

[0053] Weiterhin ist hier ein Zusatzmodul **13** optional vorgesehen, welches eine optomechanische Schnittstelle zur Optikeinheit **08** aufweist.

[0054] Das Zusatzmodul **13** ist beispielsweise ein konfokaler Scanner, ein OCT-Modul, ein Weißlichtinterferometer oder ein so genannter Through-The-Lens (TTL) Laser. Die Messung mit Hilfe dieses Moduls erfolgt durch das Objektiv der Optikeinheit **09**, weshalb sich die oben erwähnte optomechanische Schnittstelle vorzugsweise oberhalb des Objektivs bzw. der Austrittspupille des Objektivs befindet.

[0055] In Fig. 2 ist ein Grundriss der Basis **07** dargestellt. Anhand dieses Grundrisses soll nachfolgend die Bestimmung der Kalibrierdaten erläutert werden.

[0056] Wenn das Objekt **02** auf dem Objektisch **03** platziert wird, wird eine zusätzliche Belastung der Kraftmesssonden **08** wegen des Gewichtes W des Objektes **02** registriert.

[0057] Wenn W_1, W_2, W_3 und W_4 die dadurch entstehende Messwerte der jeweilige Kraftmesssonden **08** sind, dann gilt:

$$W = W_1 + W_2 + W_3 + W_4 \quad [\text{Gl. 1}]$$

[0058] Punkt A bezeichnet den Schwerpunkt des Objektes **02**. B, C, D und E bezeichnen Referenzpunkte der Kraftmesssonden **08**, die vorzugsweise mit den Schwerpunkten der jeweiligen Kraftmesssonden **08** übereinstimmen.

[0059] Punkt F bezeichnet den geometrischen Mittelpunkt einer Aufnahmeplatte des Objektisches **03**.

[0060] Punkt E wird in dieser Darstellung als Nullpunkt oder Bezugspunkt für die Ermittlung der Koordinaten in der X-Y Ebene benutzt.

[0061] Demgemäß werden die Positionen von A, B, C, D, und F in Bezug auf E mit den Vektoren:

$$\vec{r}_0, \vec{R}_1, \vec{R}_2, \vec{R}_3, \vec{r}_i$$

jeweils beschrieben.

[0062] Für diese Vektoren gilt:

$$\vec{r}_0 \cdot (W_1 + W_2 + W_3 + W_4) = \vec{R}_1 \cdot W_1 + \vec{R}_2 \cdot W_2 + \vec{R}_3 \cdot W_3 \quad [\text{Gl. 2}]$$

[0063] Die Kraftmesssonden **08** bzw. die Punkte B, C, D und E sind so positioniert dass:

$$\vec{R}_2 = \vec{R}_1 + \vec{R}_3 \quad [\text{Gl. 3}]$$

[0064] Dabei ergibt sich:

$$\vec{r}_0 \cdot (W_1 + W_2 + W_3 + W_4) = \vec{R}_1 \cdot (W_1 + W_2) + \vec{R}_3 \cdot (W_2 + W_3) \quad [\text{Gl. 4}]$$

[0065]

$$\vec{R}_1 \text{ und } \vec{R}_3$$

sind so ausgewählt, dass sie jeweils parallel zu den X- und Y-Achsen liegen d.h.:

$$\vec{R}_1 = |BE| \cdot \hat{x} \quad [\text{Gl. 5}]$$

$$\vec{R}_3 = |ED| \cdot \hat{y} \quad [\text{Gl. 6}]$$

[0066] Dabei ergeben sich folgende Gleichungen für die Koordinaten des Objektsschwerpunktes:

$$\vec{r}_0 = x \cdot \hat{x} + y \cdot \hat{y} \quad [\text{Gl. 7}]$$

$$x = |BE| \cdot \frac{W_2 + W_3}{W_1 + W_2 + W_3 + W_4} \quad [\text{Gl. 8}]$$

$$y = |ED| \cdot \frac{W_1 + W_2}{W_1 + W_2 + W_3 + W_4} \quad [\text{Gl. 9}]$$

[0067] Zusammenfassend wird hiermit auf der Basis der Gleichungen [Gl. 8] und [Gl. 9] unter Berücksichtigung der Messwerte W_1 , W_2 , W_3 und W_4 und der Referenzlängen $|BE|$ und $|ED|$ die Position (X, Y) des Objektsschwerpunktes A ermittelt.

[0068] Weiterhin werden die Koordinaten des Objektmittelpunktes F direkt oder indirekt von den Messwerten der Encoder **06** ermittelt.

[0069] Mit dieser Erfindung wird das in der US 7,171,320 B2 für taktile Messung beschriebene Kalibrierverfahren zur Verwendung für optische Messmikroskope erweitert, indem die axialen Fehler: e_x , e_y , e_z und die Rotationsfehler: Roll (ϵ_x), Pitch (ϵ_y) und Yaw (ϵ_z), der Objektbewegung sowohl als Funktion des Objektgewichtes W als auch der Schwerpunktposition

$$\vec{r}_0$$

gemessen werden und als Kalibrierdaten bei der Berechnung der Geometriedaten berücksichtigt werden.

[0070] Fig. 3 zeigt eine schematische Darstellung des Ablaufs einer bevorzugten Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Verfahrens zur Ermittlung von vorzugsweise dreidimensionalen Geometriedaten des Objektes mit einem Messmikroskop.

[0071] In einem ersten Schritt wird eine Stapelaufnahme **20** (Z-Stack) erstellt, welche Einzelbilder **21** umfasst, die an verschiedenen Fokuspositionen Z_i erfasst wurden. Die Einzelbilder **21** umfassen dabei Positionsdaten der zugehörigen Objektposition bzw. eindeutige Verweise zu den Positionsdaten.

[0072] Aus jedem dieser Einzelbilder **21** werden anhand von Bildverarbeitungs- oder Mustererkennungsprozessen markante Bildpunkte, beispielsweise Kanten, erkannt und daraus zunächst zweidimensionale Bildkoordinaten **22** ermittelt. Die Positionen der Punkte in dieser Punktwolke beziehen sich auf das Koordinatensystem der Bildreihe bzw. der optischen Anordnung des Messmikroskopes.

[0073] Um die Punktwolke auf das Koordinatensystem des Objektes bzw. des Objektisches umzurechnen, erfolgt eine Kombination mit den zu jedem Bild bekannten Positionsdaten **23** (X, Y, Z). Dabei werden die jeweiligen Messwerte der Encoder **06** vom Objektisch **03** und vom Lineartrieb **11** mit den Bildkoordinaten

in Übereinstimmung gebracht. Es wird eine Punktwolke als Objektkoordinaten **24** generiert, welche die 3D-Geometrie in dem jeweiligen Teilbereich des Objektes **02** darstellt.

[0074] Die Berechnung des 3-D-Modells des Objektes selbst geschieht (prinzipiell unabhängig von den Positionsdaten) vorzugsweise auf der Basis des Fokusvariation-Verfahrens durch die rechnerische Auswertung einer Kontrastfunktion der Einzelbilder **21**.

[0075] Anschließend oder gleichzeitig mit dem vorher beschriebenen Schritt werden, die oben beschriebenen Kalibrierdaten **25** (einschließlich der Messwerte W1, W2, W3, W4 der Kraftmesssonden **08**) auf der Basis eines rechnerischen Modells verwendet, um zu kalibrierten Objektkoordinaten **26** zu gelangen.

[0076] Selbstverständlich kann das oben beschriebene Verfahren auch als Software in das Messmikroskop integriert werden.

Bezugszeichenliste

01	Messmikroskop
02	Objekt
03	Objekttisch
04	Rotationstisch
05	
06	Encoder
07	Basis
08	Kraftmesssonde
09	Optikeinheit
10	Arm
11	Linearantrieb
12	Übersichtsmodul
13	Zusatzmodul
20	Stapelaufnahme
21	Einzelbild
22	Bildkoordinaten
23	Positionsdaten
24	Objektkoordinaten
25	Kalibrierdaten
26	kalibrierte Objektkoordinaten

ZITATE ENHALTEN 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

- US 7171320 B2 [0006, 0069]

Patentansprüche

1. Verfahren zur Ermittlung von Geometriedaten eines Objektes (**02**) mit einem Messmikroskop (**01**), folgende Schritte umfassend:
 - Erfassen einer ersten optischen Abbildung des Objektes (**02**) in einer ersten Objektposition;
 - Erfassen einer zweiten optischen Abbildung des Objektes (**02**) in einer zweiten Objektposition;
 - Erfassen von Positionsdaten (**23**) der Objektpositionen des Objektes (**02**) mit einem Bezug zur jeweiligen optischen Abbildung;
 - Ermitteln eines Gewichtes (W) und eines Massenschwerpunktes (A) des Objektes (**02**) als Kalibrierdaten (**25**);
 - Ermitteln von Bildkoordinaten (**22**) des Objektes durch Bestimmung von markanten Punkten in den optischen Abbildungen;
 - Transformation der Bildkoordinaten (**22**) in Objektkoordinaten (**24**) unter Berücksichtigung der Positionsdaten;
 - Transformation der Objektkoordinaten (**24**) in kalibrierte Objektkoordinaten (**26**) unter Berücksichtigung der Kalibrierdaten (**25**).
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass sich die erste Objektposition und die zweite Objektposition in ihrer Fokusposition unterscheiden und die kalibrierte Objektkoordinaten (**26**) dreidimensional ermittelt werden.
3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass weitere optische Abbildungen (**21**) erzeugt werden und dass alle optischen Abbildungen (**21**) in einem Bildstapel (**20**) zwischengespeichert werden.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Ermittlung von Bildkoordinaten (**22**) durch ein Bildverarbeitungsprogramm auf der Basis einer Kontrastauswertung oder einer Kantendetektion erfolgt.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Positionsdaten (**23**) Ebenenpositionsdaten umfassen, die anhand von Encoderpositionsdaten eines Objektstisches (**03**) des Messmikroskops (**01**) ermittelt werden.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Positionsdaten (**23**) Höhenpositionsdaten umfassen, die anhand der Fokusposition des Messmikroskops (**01**) erfasst werden.
7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Fokusposition anhand von Encoderpositionsdaten des Objektstisches (**03**) oder eines Linearantriebes (**11**) einer optischen Einheit (**09**) ermittelt wird.
8. Messmikroskop (**01**) zur Ermittlung von räumlichen Objektkoordinaten (**24**, **26**) eines Objektes (**02**) umfassend:
 - einen Objektstisch (**03**), auf dem das Objekt (**02**) platzierbar ist, der an einer Basis (**07**) angeordnet ist und in einer horizontalen Ebene (X-Y) verschiebbar ist, wobei Positionsdaten (**23**) des Objektstisches (**03**) in einer Positionserfassungseinheit erfasst und gespeichert werden;
 - eine Optikeinheit (**09**) zur Abbildung zumindest eines Bereiches des Objektes (**02**) in einer Bildebene;
 - eine Fokuseinstelleinheit zur Einstellung einer Fokusposition;
 - ein Bilderfassungsmittel zur Erfassung der Abbildung in der Bildebene;
 - mindestens drei Kraftmesssonden (**08**), die an der Basis (**07**) angeordnet sind, zur Ermittlung eines Gewichtes (W) und eines Massenschwerpunktes (A) des Objektes (**02**);
 - eine Recheneinheit zur Ermittlung der kalibrierten Objektkoordinaten (**26**) des Objektes (**02**) aus den Einzelbildern (**21**) in verschiedenen Fokuspositionen, dem Gewicht (W) und dem Massenschwerpunkt (A).
9. Messmikroskop nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Fokuseinstelleinheit einen Linearantrieb zur vertikalen Verlagerung der Optikeinheit (**09**) und/oder einen Linearantrieb zur vertikalen Verlagerung des Objektstisches (**03**) umfasst.
10. Messmikroskop nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass er vier Kraftmesssonden umfasst, die symmetrisch an den Ecken einer rechteckigen Basis angeordnet sind.

Es folgen 2 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

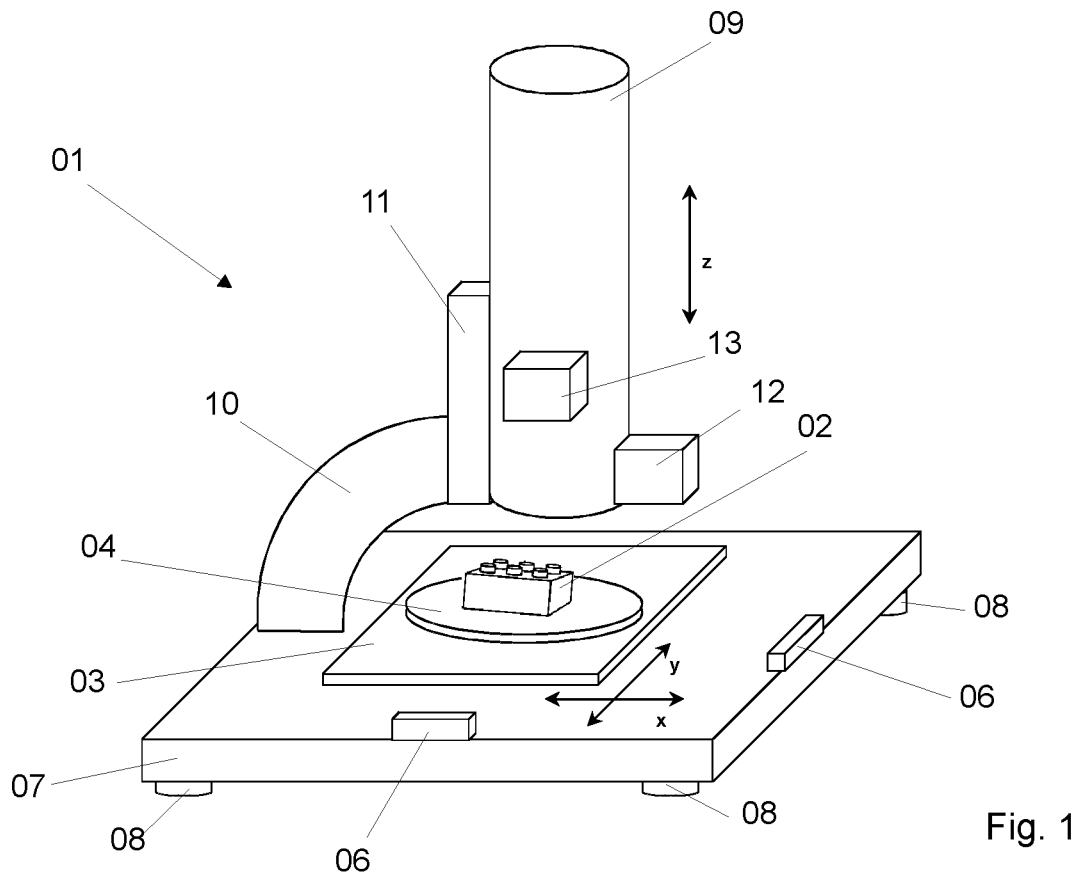


Fig. 1

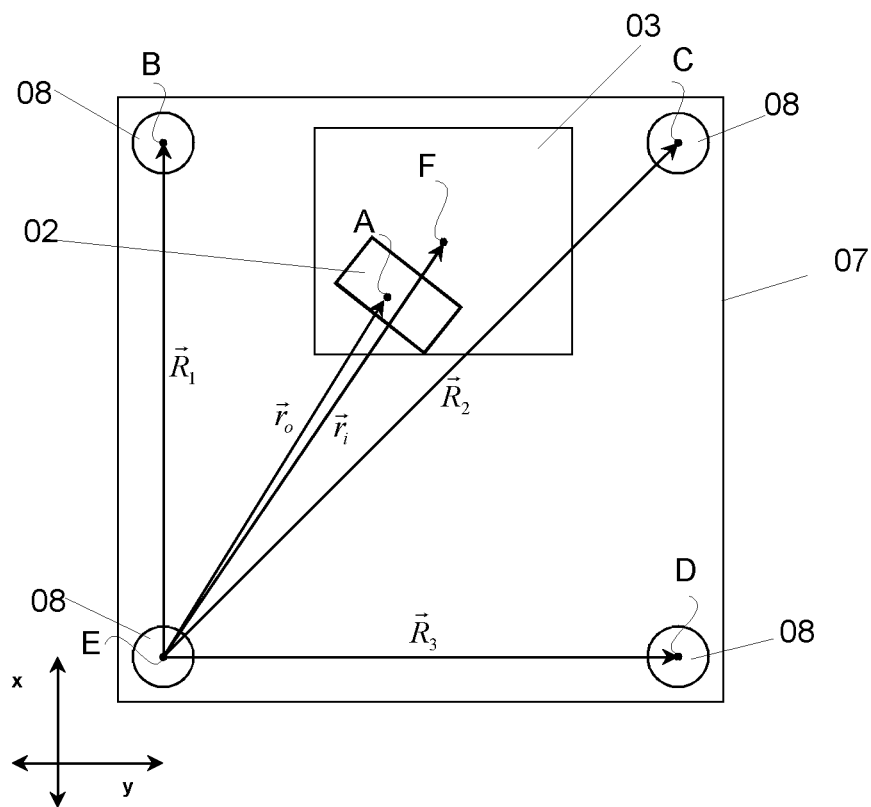


Fig. 2

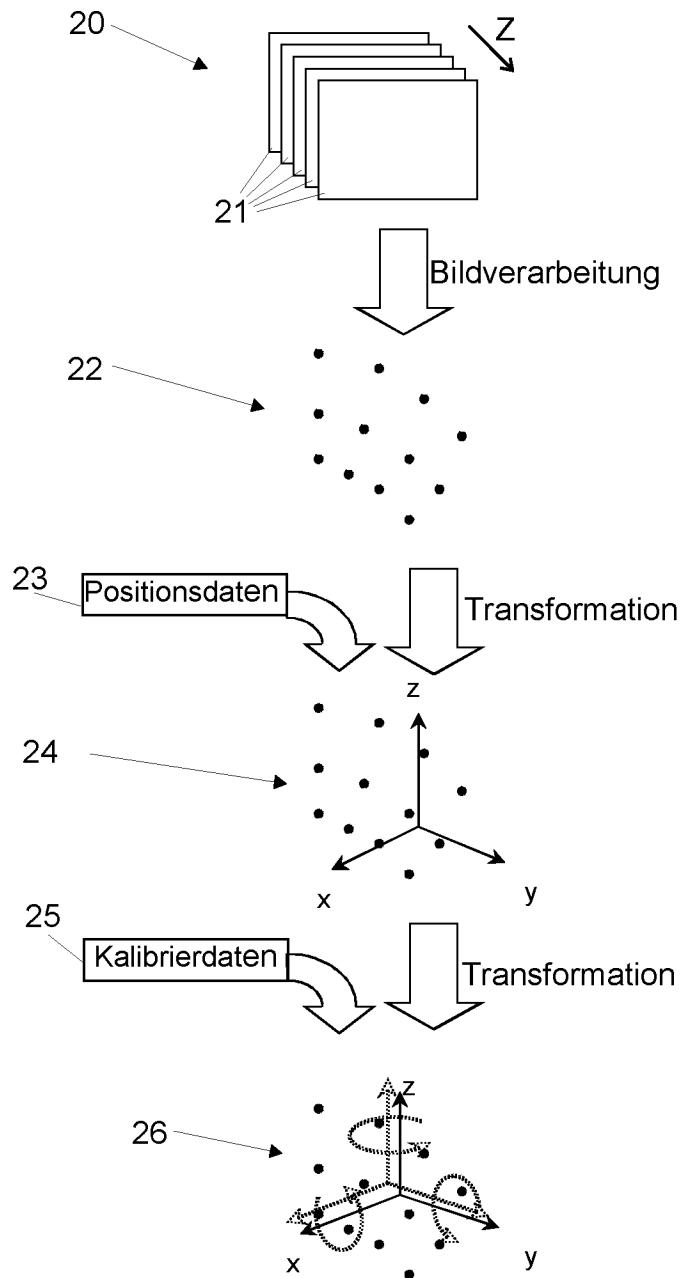


Fig. 3