



(10) **DE 10 2008 041 523 B4** 2020.09.03

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2008 041 523.5**
(22) Anmeldetag: **25.08.2008**
(43) Offenlegungstag: **30.04.2009**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **03.09.2020**

(51) Int Cl.: **G01B 11/00 (2006.01)**
G01C 11/00 (2006.01)
G01B 11/245 (2006.01)
G01B 11/25 (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:
2007-222356 29.08.2007 JP

(73) Patentinhaber:
Omron Corp., Kyoto-shi, JP

(74) Vertreter:
Kilian Kilian & Partner mbB Patentanwälte, 81379 München, DE

(72) Erfinder:
Fujieda, Shiro, Kyoto, JP; Yano, Hiroshi, Kyoto, JP; Ikeda, Yasuyuki, Kyoto, JP

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	44 19 359	A1
US	2005 / 0 117 215	A1
US	5 479 252	A
EP	1 788 345	A1
JP	2000- 39 566	A

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur dreidimensionalen Messung und Vorrichtung zur dreidimensionalen Messung**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zur dreidimensionalen Messung zum Messen von Höheninformation bei der Beobachtung eines Messobjekts, bei dem ein Messobjektbereich zuvor definiert wird, mittels einer optischen Einheit zur dreidimensionalen Messung, wobei in dem Verfahren eine Koordinate für den Messobjektbereich berechnet wird, wobei die Koordinate eine Position relativ zu einer vorbestimmten Bezugsebene angibt, die dem Messobjektbereich gegenüberliegt, wobei das Verfahren zur dreidimensionalen Messung umfasst:

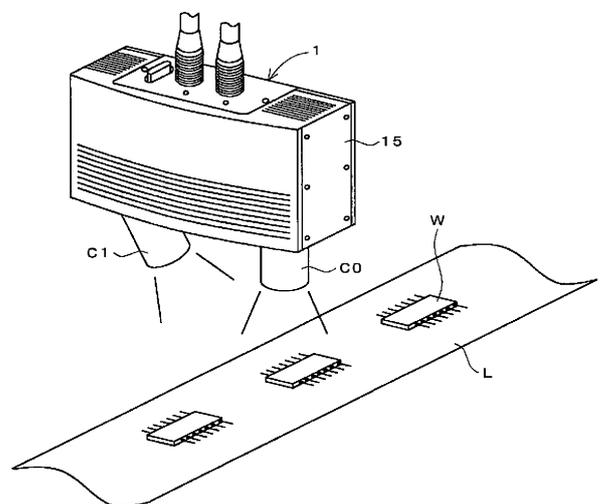
Aufnehmen eines Bildes von dem Messobjekt zur Erzeugung eines zweidimensionalen Bildes;

Festlegen einer Koordinate an einem Bildpunkt in dem Messobjektbereich in dem zweidimensionalen Bild, wobei die Koordinate die Position des Bildpunkts relativ zu der Bezugsebene angibt;

Festlegen eines konstanten Koordinaten-Werts an mindestens einem anderen Bildpunkt des Messobjektbereichs, wobei der festgelegte konstante Koordinaten-Wert die Position des mindestens einen anderen Bildpunkts relativ zu der Bezugsebene angibt;

virtuelles Anordnen jedes festgelegten Bildpunkts in einem dreidimensionalen Raum, wobei der dreidimensionale Raum durch zwei Achsen, die ein Koordinatensystem des zweidimensionalen Bildes bilden, und eine Achse, welche die Position relativ zu der Bezugsebene angibt, gebildet wird;

Bestimmen der Höhe für jeden der festgelegten Bildpunkte; Durchführen einer perspektivischen Transformation jedes Bildpunkts in einer vorbestimmten Richtung basierend auf der Höhe, die für ...



Beschreibung

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

BEREICH DER ERFINDUNG

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Durchführung einer dreidimensionalen Messung an einem Messobjekt, welches eine vorbestimmte Form aufweist, mit einer optischen Einheit zur dreidimensionalen Messung und eine Vorrichtung zur dreidimensionalen Messung, bei der das Verfahren angewendet wird.

BESCHREIBUNG DES STANDS DER TECHNIK

[0002] Bei einer konventionellen Vorrichtung zur dreidimensionalen Messung liegt eine Vorrichtung vor, welche eine Funktion aufweist, eine Vielzahl an dreidimensionalen Koordinaten für ein Messobjekt zu berechnen und ein dreidimensionales Bild basierend auf den berechneten Koordinaten darzustellen. Beispielsweise offenbart die Japanische Patentanmeldungsoffenlegung JP 2000-39566 A ein Vergrößerungsbeobachtungssystem für ein Mikroskop, welches mit einem Mikroskop-Objektivtubus und einer Abbildungsvorrichtung ausgestattet ist, wobei die Höheninformation an jedem Bildpunkt (Pixel), welcher in einem abbildenden Objektbereich enthalten ist, durch Erzeugen mehrerer fokussierter Brennpunktbereiche erhalten wird, und ein Bild dargestellt wird, welches einen Zustand ausdrückt, in dem die Daten des dreidimensionalen Bilds, die von einer Bildpunktgruppe gebildet werden, von der die Höheninformation mitgeteilt wurde, aus verschiedenen Richtungen beobachtet wird.

[0003] DE 44 19 359 A1 offenbart ein Verfahren zur Erfassung, Auswertung, Ausmessung und Speicherung von Geoinformation, wobei die raumbezogenen Daten durch Rechner- und Datenverarbeitungsgerätekombination im Objektraum verknüpft und bearbeitet werden, beschreibt jedoch keine perspektivische Transformation von Bildpunkten sowie eine Verarbeitung und Darstellung eines perspektivisch transformierten Bildes.

[0004] US 2005/0 117 215 A1 offenbart ein Verfahren zur stereoskopischen Darstellung eines dreidimensionalen Objekts und beschreibt zwar die Möglichkeit der Durchführung einer perspektivischen Transformation an Einzelbildern oder Bildpaaren, offenbart jedoch nicht die Durchführung einer perspektivischen Transformation speziell für Apices in einem bestimmten Messobjektbereich und die Bereitstellung von Hilfslinien, welche die für die Apices bestimmten Höhen darstellen.

[0005] US 5 479 252 A offenbart ein System, welches zur Analyse von Fehlern auf Halbleiterplätt-

chen verwendet wird. Insbesondere sind die Darstellung einer perspektivischen 3D-Ansicht eines Messobjekts und eine vergrößerte Ansicht spezieller Bereiche des Objekts offenbart, jedoch ohne Anwendung einer perspektivischen Transformation.

[0006] EP 1 788 345 A1 offenbart eine Bildverarbeitungsvorrichtung zur Durchführung einer dreidimensionalen Messung an einem Werkstück anhand eines Bildes, das mit mehreren Kameras aufgenommen wird, die so positioniert sind, dass sie das Werkstück aus verschiedenen Richtungen aufnehmen. Der dabei angewendete Prozess zur Berechnung dreidimensionaler Koordinaten umfasst keine perspektivische Transformation.

[0007] In dem in der Japanischen Patentanmeldungsoffenlegung JP 2000-39566 A offenbarten System stellt ein Messobjekt einen gesamten Bereich dar, welcher in einem Gesichtsfeld der Abbildungseinheit enthalten ist. Jedoch ist der Bereich, in dem die Messung erforderlich ist, in einer Produktionslinie oder einer Inspektionslinie einer industriellen Anlage häufig begrenzt. Aufgrund des Erfordernisses einer verstärkten Verarbeitung bei einer „In-Line“-Messung besteht ein hoher Bedarf an einer dreidimensionalen Messung, die auf den Bereich beschränkt ist, in dem die Messung erforderlich ist. Gleichzeitig besteht bei der Ausgabe des Messergebnisses ein Bedarf derart, dass nicht nur einfach eine numerische Information geliefert wird, sondern aus der Sicht des Benutzers es ebenso möglich ist, das Messergebnis auf einfache Art zu bestätigen.

[0008] Eine Aufgabe der Erfindung ist, dem obigen Bedarf zu entsprechen, indem das Bild, welches einfach das Messergebnis ausdrückt, dargestellt wird, während das Messergebnis mit einem Gesamtbild des Messobjekts korreliert wird, auch wenn der Objektbereich der dreidimensionalen Messung in dem Messobjekt begrenzt ist.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0009] Ein erfindungsgemäßes Verfahren zur dreidimensionalen Messung zur Beobachtung eines Messobjekts stellt ein Verfahren dar, in dem ein oder mehrere Bereiche des Messobjekts zuvor definiert werden, wobei eine optische Einheit zur dreidimensionalen Messung eine Koordinate für jeden Bereich des Messobjekts errechnet, wobei eine Koordinate eine Position relativ zu einer Bezugsebene, die wenigstens dem Messobjektbereich gegenüberliegt, angibt.

[0010] In dem erfindungsgemäßen Verfahren können eine Vorrichtung zur dreidimensionalen Messung, die mit einer Mehrzahl an Kameras ausgestattet ist, in der ein Stereoverfahren angewendet wird, eine Vorrichtung zur dreidimensionalen Messung, in der ein Lichtschnittverfahren angewendet

wird, und ein Verschiebungssensor als „optische Einheit zur dreidimensionalen Messung“ eingesetzt werden. Die „vorbestimmte Bezugsebene, welche dem Messobjektbereich gegenüberliegt“ stellt eine Ebene dar, welche beispielsweise das Messobjekt trägt. Die „vorbestimmte Bezugsebene, die dem Messobjektbereich gegenüberliegt“ ist nicht auf eine tatsächlich existierende Ebene beschränkt, sondern es kann auch eine virtuelle Ebene, welche hinter oder vor dem Messobjektbereich eingestellt wird, als Bezugsebene festgelegt werden.

[0011] Wenn beispielsweise die Trägeroberfläche des Messobjektbereichs als Bezugsebene festgelegt wird, um das Messobjekt mit einer optischen Einheit zur dreidimensionalen Messung von schräg oben zu betrachten, drückt die Koordinate, welche die Position relativ zu der Bezugsebene angibt, die Höhe des Messobjektbereichs aus.

[0012] Wenn andererseits ein Bereich, wie beispielsweise eine Vertiefung oder ein Stufenabschnitt, welcher von der Umgebung zurückgesetzt ist, vermessen wird, wird die virtuelle Ebene in Übereinstimmung mit der Höhe um den Messobjektbereich herum eingestellt, und die virtuelle Ebene kann als Bezugsebene festgelegt werden.

[0013] In dem erfindungsgemäßen Verfahren zur dreidimensionalen Messung wird ein Bild von dem Messobjekt aufgenommen, wodurch ein zweidimensionales Bild erzeugt wird; eine Koordinate wird an dem Bildpunkt (Pixel) festgelegt, der dem Messobjektbereich in dem zweidimensionalen Bild entspricht, wobei die Koordinate die Position relativ zu der Bezugsebene angibt; ein konstanter Wert wird an einem weiteren Bildpunkt festgelegt, wobei der konstante Wert aus der Koordinate besteht, welche die Position relativ zu der Bezugsebene angibt. Jeder der festgelegten Bildpunkte ist virtuell in einem dreidimensionalen Raum angeordnet, wobei der dreidimensionale Raum durch die beiden Achsen, welche ein Koordinatensystem des zweidimensionalen Bilds bilden, und eine Achse, welche die Position relativ zur Bezugsebene angibt, gebildet wird; eine perspektivische Transformation wird an jedem Bildpunkt von einer vorbestimmten Richtung aus durchgeführt; und ein zweidimensionales Bild, welches durch die perspektivische Transformation erzeugt wird, wird verarbeitet und dargestellt, so dass der Messobjektbereich von einem anderen Bereich unterschieden werden kann.

[0014] Das erfindungsgemäße Verfahren umfasst außerdem das Durchführen einer perspektivischen Transformation für Apices des Messobjektbereichs in einer vorbestimmten Richtung basierend auf der Höhe, die für jeden der Apices bestimmt wurde, und das Verarbeiten und Darstellen eines zweidimensionalen Bildes, welches die durchgeführte perspektivi-

sche Transformation jedes Apex darstellt und Hilfslinien, welche die für die Apices bestimmten Höhen darstellen, umfasst.

[0015] In dem erfindungsgemäßen Verfahren wird die z-Koordinate, welche durch die dreidimensionale Messung berechnet wird, unter den Bildpunkten, welche das zweidimensionale Bild bilden, an dem Bildpunkt festgelegt, der dem Messobjektbereich entspricht, und der konstante Wert z_0 (zum Beispiel $z_0 = 0$) wird als z-Koordinate an den Bildpunkten, mit Ausnahme der Bildpunkte außerhalb des Messobjektbereichs, festgelegt. Die z-Koordinate wird an jedem Bildpunkt festgelegt, und die perspektivische Transformation wird durchgeführt, während die Bildpunkte in dem virtuellen dreidimensionalen Raum, welcher die x-, y- und z-Achsen aufweist, angeordnet werden, so dass ein Bild mit Tiefengefühl für den Bereich erzeugt werden kann, bei dem es sich nicht um das Messobjekt handelt, während der Messobjektbereich an der Stelle projiziert wird, welche die Magnitude der z-Koordinate widerspiegelt.

[0016] Zudem wird das durch die perspektivische Transformation erzeugte Bild verarbeitet und derart dargestellt, dass der Messobjektbereich von anderen Bereichen unterschieden werden kann, so dass der Benutzer leicht das Ergebnis der dreidimensionalen Messung visuell bestätigen kann, wobei er die Beziehung zwischen dem Messobjektbereich und seiner Umgebung erkennt.

[0017] Es ist nicht immer notwendig, dass das Bild, welches das Verarbeitungsobjekt der perspektivischen Transformation wird, das Gesamtbild des Messobjekts umfasst. Jedoch umfasst das Bild, welches das Verarbeitungsobjekt der perspektivischen Transformation wird, bevorzugt den gesamten Bereich, der als Objekt zur dreidimensionalen Messung festgelegt wird, und ebenso den Bereich, bei dem es sich nicht um das Messobjekt handelt, in ausreichend großem Umfang.

[0018] Des Weiteren wird in dem erfindungsgemäßen Verfahren zur dreidimensionalen Messung bevorzugt ein Vorderansichtsbild, welches erzeugt wird, indem ein Bild des Messobjekts aus einer Vorderrichtung aufgenommen wird, als das Objektbild der perspektivischen Transformation festgelegt, eine Manipulation zum Einstellen einer Richtung der perspektivischen Transformation basierend auf einer Vorderansichtsrichtung wird akzeptiert, während das Vorderansichtsbild dargestellt wird, und die perspektivische Transformation an einer Bildpunktgruppe von einer Richtung durchgeführt, die durch einen durch die Manipulation festgelegten Winkel angegeben wird, wobei die Bildpunktgruppe virtuell in dem dreidimensionalen Raum angeordnet wird.

[0019] Demgemäß wird, da das Bild der perspektivischen Transformation aus einer beliebigen, durch den Benutzer festgesetzten Richtung erzeugt wird, der Freiheitsgrad verstärkt, wenn das Messergebnis bestätigt wird. Das Bild nahe dem durch den Benutzer beabsichtigten Bild kann dargestellt werden, da die perspektivische Transformation basierend auf einer Richtung durchgeführt wird, welche basierend auf einem Zustand, in dem das Messobjekt von einer Vorderseite betrachtet wird, eingestellt wird.

[0020] Ferner wird in dem erfindungsgemäßen Verfahren zur dreidimensionalen Messung bevorzugt, nachdem eine Koordinate, die jedem Messobjektbereich entspricht, in mehreren zweidimensionalen Bildern spezifiziert wurde, mit einer Vorrichtung, die von der optischen Einheit zur dreidimensionalen Messung zur Durchführung dreidimensionaler Messungen mehrere, durch die Mehrzahl an Kameras erzeugte zweidimensionale Bilder verwendet, unter Verwendung der spezifizierten Koordinate eine Koordinate errechnet, welche eine Position relativ zu der Bezugsebene angibt. Zudem wird für eines der in der dreidimensionalen Messung verwendeten zweidimensionalen Bilder die Koordinate, die als die Koordinate berechnet wird, welche eine Position relativ zu der Bezugsebene angibt, an einem Bildpunkt festgelegt, dessen Koordinate als die Koordinate spezifiziert wird, die dem Messobjektbereich entspricht, die konstante Koordinate wird an anderen Bildpunkten als die Koordinate festgelegt, welche die Position relativ zu der Bezugsebene angibt, und die Verarbeitung der perspektivischen Transformation wird durchgeführt.

[0021] Demgemäß wird, während die Verarbeitung der dreidimensionalen Messung, in der die Mehrzahl an Kameras eingesetzt wird, durchgeführt wird, eines der zweidimensionalen Bilder, die in der dreidimensionalen Messung verwendet werden, als Objekt der perspektivischen Transformation festgelegt, die gemessene z-Koordinate wird an dem Bildpunkt festgelegt, der tatsächlich in der dreidimensionalen Messung verwendet wird, und die perspektivische Transformation wird durchgeführt. Somit kann der Benutzer leicht bestimmen, ob der Bereich, der als Objekt der dreidimensionalen Messung festgelegt wurde, korrekt ist oder nicht, oder ob der Messwert geeignet ist oder nicht.

[0022] Eine erfindungsgemäße Vorrichtung zur dreidimensionalen Messung umfasst eine Mehrzahl an Kameras, welche in definierter Lagebeziehung und Richtung der optischen Achse derart angeordnet sind, dass die Gesichtsfelder der Kameras in einem vorbestimmten Bereich überlappen; eine Bildeingabeinheit, in welche eine Mehrzahl an zweidimensionalen Bildern eingegeben wird, wobei die Mehrzahl an zweidimensionalen Bildern erzeugt wird, indem ein Bild eines Messobjekts, welches in den Be-

reich eintritt, in dem sich die Gesichtsfelder der Kameras überlappen, unter Verwendung der Kameras aufgenommen wird; eine Messeinheit, welche eine Koordinate eines entsprechenden Punkts in jedem Eingabebild für einen oder mehrere vorbestimmte Messobjektbereiche des Messobjekts extrahiert, wobei die Messeinheit unter Verwendung jeder extrahierten Koordinate eine Koordinate errechnet, welche eine Position relativ zu einer Bezugsebene, die wenigstens einem Messobjektbereich gegenüberliegt, angibt; eine Verarbeitungsergebnis-Bilderzeugungseinheit, welche ein zweidimensionales Bild des Verarbeitungsergebnisses, welches das Messergebnis der Messeinheit ausdrückt, erzeugt; und eine Display-Einheit, welche das Bild des Verarbeitungsergebnisses darstellt.

[0023] In der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur dreidimensionalen Messung legt bei einem spezifischen Bild aus der Mehrzahl an zweidimensionalen Bildern, die zum Messen durch die Messeinheit eingesetzt werden, die Verarbeitungsergebnis-Bilderzeugungseinheit die Koordinate fest, die als die Koordinate berechnet wurde, welche die Position relativ zu der Bezugsebene angibt, an einem Bildpunkt, dessen Koordinate, welche dem Messobjektbereich entspricht, durch die Messeinheit in jedem bildenden Bildpunkt in dem spezifischen Bild extrahiert wurde; die Verarbeitungsergebnis-Bilderzeugungseinheit legt einen konstanten Wert als die Koordinate fest, welche die Position relativ zu der Bezugsebene an anderen Bildpunkten angibt. Dann ordnet die Verarbeitungsergebnis-Bilderzeugungseinheit die festgelegten Bildpunkte virtuell in einem dreidimensionalen Raum an, wobei der dreidimensionale Raum zwei Achsen, welche ein Koordinatensystem des spezifischen Bilds bilden, und eine Achse, welche die Position relativ zu der Bezugsebene angibt, umfasst, und die Verarbeitungsergebnis-Bilderzeugungseinheit führt eine perspektivische Transformation zu jedem Bildpunkt von einer vorbestimmten Richtung durch und verarbeitet das Bild der perspektivischen Transformation, so dass der Messobjektbereich von anderen Bereichen unterschieden werden kann, wodurch ein Verarbeitungsergebnisbild erzeugt wird.

[0024] Bei der erfindungsgemäßen dreidimensionalen Messung wird die dreidimensionale Messung akkurat zu jedem Messobjektbereich unter Verwendung der durch die von der Mehrzahl an Kameras erzeugten Bilder durchgeführt, und die Magnitude der z-Koordinate des in der tatsächlichen dreidimensionalen Messung verwendeten Bildpunkts kann mit dem Tiefengefühl der Umgebung durch die Verarbeitung der perspektivischen Transformation, in der das spezifische, in der Messung verwendete Bild eingesetzt wird, dargestellt werden.

[0025] Des Weiteren umfasst die erfindungsgemäße Vorrichtung zur dreidimensionalen Messung bevor-

zugt außerdem eine Manipulationseinheit, welche eine Manipulation durchführt, um einen Winkel einzustellen, welcher eine Richtung der perspektivischen Transformation basierend auf einer Vorderansichtsrichtung durchführt, während eine bestimmte Kamera aus der Mehrzahl an Kameras derart angeordnet ist, dass sie ein Bild von dem Messobjekt aus einer Vorderansichtsrichtung aufnimmt. In der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur dreidimensionalen Messung stellt die Verarbeitungsergebnis-Bilderzeugungseinheit ein durch die bestimmte Kamera erzeugtes Vorderansichtsbild eines Messobjekts auf der Display-Einheit dar, wobei die Verarbeitungsergebnis-Bilderzeugungseinheit einstellende Manipulation der Manipulationseinheit akzeptiert, während das Vorderansichtsbild auf der Display-Einheit dargestellt wird, und die Verarbeitungsergebnis-Bilderzeugungseinheit führt die perspektivische Transformation zu einer Bildpunktgruppe durch, die virtuell in dem dreidimensionalen Raum angeordnet ist, von einer Richtung, die durch den Winkel angegeben wird, der durch die Manipulation eingestellt wird.

[0026] Demgemäß wird das Bild der perspektivischen Transformation aus einer beliebigen, durch den Benutzer festgelegten Richtung erzeugt, so dass der Freiheitsgrad verstärkt wird, wenn das Messergebnis bestätigt wird. Das Bild, welches nahe an dem Bild liegt, welches durch den Benutzer beabsichtigt ist, kann dargestellt werden, da die perspektivische Transformation basierend auf der Richtung durchgeführt wird, die auf der Grundlage des Zustands, in dem das Messobjekt von der Vorderseite betrachtet wird, eingestellt wird.

[0027] Auch wenn in dem erfindungsgemäßen Verfahren zur dreidimensionalen Messung und der Vorrichtung zur dreidimensionalen Messung das Ergebnis, welches die gesamte dreidimensionale Figur des Messobjekts ausdrückt, nicht erhalten wird, da der Messobjektbereich eingeschränkt ist, kann das Bild, welches eine Beziehung zwischen dem Messobjektbereich und der Umgebung bestätigt, dargestellt werden, oder bestätigt werden, ob der korrekte Bereich vermessen wurde oder nicht, während die Magnitude der durch die dreidimensionale Messung erhaltenen Koordinate bestätigt wird; dadurch kann die Anwenderfreundlichkeit verbessert werden.

Figurenliste

Fig. 1 zeigt eine perspektivische Ansicht einer Konfiguration und ein Platzierungsbeispiel einer Abbildungsvorrichtung;

Fig. 2 zeigt ein funktionelles Blockdiagramm einer Konfiguration einer Vorrichtung zur dreidimensionalen Messung;

Fig. 3 zeigt eine erläuternde Ansicht eines Beispiels eines durch eine Kamera erzeugten Vorderansichtsbilds;

Fig. 4 zeigt eine erläuternde Ansicht eines Darstellungsbeispiels eines Verarbeitungsergebnisbilds;

Fig. 5 zeigt ein Flussdiagramm eines Verfahrens der Bildtransformationsverarbeitung;

Fig. 6 zeigt ein Flussdiagramm eines Verfahrens eines Messvorgangs;

Fig. 7 zeigt eine erläuternde Ansicht eines anderen Beispiels für eine Bildtransformation;

Fig. 8 zeigt eine erläuternde Ansicht eines weiteren Beispiels einer Bildtransformation; und

Fig. 9 zeigt eine erläuternde Ansicht eines weiteren Beispiels einer Konfiguration und eines Beispiels einer Messung einer Vorrichtung zur dreidimensionalen Messung.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0028] **Fig. 1** zeigt eine Konfiguration und ein Beispiel für eine Platzierung einer Abbildungseinheit einer Vorrichtung zur dreidimensionalen Messung gemäß einer ersten Ausführungsform der Erfindung.

[0029] In dieser Vorrichtung zur dreidimensionalen Messung nimmt eine Abbildungseinheit **1** aufeinander folgend Bilder von Messobjekten (im Folgenden als „Werkstück **W**“ bezeichnet) gleicher Form auf, die auf einer Produktionslinie oder Inspektionslinie in einer Industrieanlage befördert werden, und in einem vorbestimmten Messobjektbereich jedes Werkstücks **W** wird eine Höhe gemessen. Die gemessene Höheninformation wird bei der Lageregelung eines Antriebssystems, wie beispielsweise einer Roboterhand, oder einem Unterscheidungsprozess bei der Inspektion verwendet.

[0030] Die Abbildungseinheit **1** besitzt eine Struktur, in der zwei Kameras **C0** und **C1** in ein Chassis **15** eingebaut sind, und die Abbildungseinheit **1** ist über einem Werkstück-Beförderungsweg **L** platziert. Die Kamera **C0** ist derart platziert, dass die optische Achse in vertikale Richtung orientiert ist, so dass ein Bild der oberen Oberfläche des Werkstücks **W** von einer Vorderseite aufgenommen wird. Die Kamera **C1** ist derart platziert, dass ein Bild des Werkstücks **W** von schräg oben aufgenommen wird, wobei die Gesichtsfelder der Kameras **C0** und **C1** sich gegenseitig überlappen.

[0031] **Fig. 2** ist ein funktionelles Blockdiagramm, welches die gesamte Konfiguration der Vorrichtung zur dreidimensionalen Messung zeigt. Ein Computer ist in eine Steuer-/Verarbeitungseinheit **10** eingebaut.

Neben der Abbildungseinheit **1** sind eine Manipulationseinheit **11** und eine Display-Einheit **12** mit der Steuer-/Verarbeitungseinheit **10** verbunden.

[0032] Die Steuer-/Verarbeitungseinheit **10** umfasst Bildeingabeeinheiten **100** und **101**, welche den Kameras **C0** und **C1** entsprechen, einen Bildspeicher **102**, eine Einstell-/Verarbeitungseinheit **103**, eine Bildverarbeitungseinheit **104**, eine Parameterberechnungseinheit **105**, eine Parameterspeichereinheit **106**, eine Einheit zur dreidimensionalen Messung **107**, eine Koordinatentransformationseinheit **108**, eine Post-Transformations-Bilderzeugungseinheit **109** und eine Ausgabeeinheit **110**. Die Einheiten mit Ausnahme der Bildeingabeeinheiten **100** und **101**, des Bildspeichers **102** und der Parameterspeichereinheit **106**, stellen Funktionen dar, die in dem Computer durch ein dediziertes Programm eingestellt sind. Das dedizierte Programm wird in einer Speichervorrichtung mit großer Kapazität (nicht gezeigt), wie beispielsweise einer Festplatte oder einer Flash-Disk, gespeichert. Der Bildspeicher **102** und die Parameterspeichereinheit **106** werden ebenso in der Speichervorrichtung eingestellt.

[0033] In der Bildverarbeitungseinheit **104** wird das Vorderansichtsbild von der Kamera **C0** als Referenzbild bei der Extraktion eines Objektbereichs der dreidimensionalen Messung festgelegt, ein vorbestimmter Messobjektbereich (in der vorliegenden Ausführungsform wird angenommen, dass es sich bei dem Bereich, welcher einen Merkmalspunkt umfasst, wie beispielsweise einen Kanten-bildenden Punkt oder ein bestimmtes Merkmalsmuster, um einen Messobjektbereich handelt) des Werkstücks **W** wird extrahiert, um eine Koordinate für die dreidimensionale Messung basierend auf dem Referenzbild durch eine Technik, wie beispielsweise Binärisierung, Kantenextraktion und Musterabgleich („Pattern-Matching“), zu spezifizieren. Während das Bild (im Folgenden als „Vergleichsbild“ bezeichnet), welches von der Kamera **C1** geliefert wird, erfasst wird, wird ein Punkt oder ein Bereich, welcher dem Messobjektbereich in dem Referenzbild entspricht, gesucht, um gleichfalls die Koordinate für die dreidimensionale Messung zu spezifizieren.

[0034] Die Einstell-/Verarbeitungseinheit **103** akzeptiert spezifische Inhalte (beispielsweise ein Verfahren zur Extraktion des Messobjektbereichs und einen Objektbereich der Extraktionsverarbeitung) der Verarbeitung, welche durch die Bildverarbeitungseinheit **104** durchgeführt werden sollte, oder eine Manipulation zum Einstellen der in der Verarbeitung der perspektivischen Transformation verwendeten Winkelinformation von einer Manipulationseinheit **11**. Anschließend stellt die Einstell-/Verarbeitungseinheit **103** die Inhalte der Einstellungsmanipulation zu der Bildverarbeitungseinheit **104** oder der Koordinatentransformationseinheit **108** ein.

[0035] Die Einheit zur dreidimensionalen Messung **107** errechnet eine dreidimensionale Koordinate unter Verwendung einer Koordinate eines repräsentativen Punkts in dem Referenzbild, welcher durch die Bildverarbeitungseinheit **104** extrahiert wurde, und einer entsprechenden Koordinate eines repräsentativen Punkts auf der Vergleichsbildseite. Die Einheit zur dreidimensionalen Messung **107** gibt das Berechnungsergebnis an die Ausgabeeinheit **110** weiter, und das Berechnungsergebnis wird an eine Display-Einheit **12** oder eine externe Vorrichtung (nicht dargestellt) ausgegeben.

[0036] In der Parameterspeichereinheit **106** werden mehrere Parameter, die bei der Verarbeitung der dreidimensionalen Messung verwendet werden, gespeichert. Die Parameter fluktuieren entsprechend einer Änderung im Stereokoordinatensystem, welches durch die Kameras **C0** und **C1** gebildet wird, und einer Änderung der Beziehung (wie beispielsweise des Abstands zwischen den Ursprüngen der Koordinaten und einem Drehverschiebungsgrad des Stereokoordinatensystems in Bezug auf das Raumkoordinatensystem) zwischen dem Stereokoordinatensystem und dem Raumkoordinatensystem, welches die Position im tatsächlichen Raum anzeigt. Die Parameter werden durch Kalibrierung erhalten, wobei ein Kalibrierungswerkstück mit mehreren Merkmalspunkten vor der Hauptverarbeitung eingesetzt wird. Während der Kalibrierung führt die Bildverarbeitungseinheit **104** die Verarbeitung der Merkmalspunktextraktion durch, und die Parameterberechnungseinheit **105** führt eine Berechnung zum Erhalt der Parameter durch.

[0037] In der vorliegenden Ausführungsform werden verschiedene vorbestimmte Punkte des Werkstücks **W** als Messobjektbereich festgelegt, es wird eine Höhe jedes Bereichs gemessen, und die numerische Information, welche das Messergebnis anzeigt, wird an eine externe Vorrichtung (nicht dargestellt) ausgegeben. Gleichzeitig wird ein Bild (im Folgenden als „Verarbeitungsergebnisbild“ bezeichnet), welches das Messergebnis anzeigt, erzeugt und auf der Display-Einheit **12** dargestellt, damit ein Benutzer erkennt, ob die Verarbeitung an dem korrekten Messobjektbereich oder der korrekten Höhe des Messobjektbereichs durchgeführt wurde oder nicht. Das Bild wird auf der Grundlage eines Ergebnisses erzeugt, bei dem eine perspektivische Transformation an dem Vorderansichtsbild (dem von der Kamera **C0** aufgenommenen Referenzbild) durchgeführt wurde, welches in der dreidimensionalen Messung verwendet wurde. Die Koordinatentransformationseinheit **108** führt eine Berechnung (später beschriebene Gleichungen (1) und (2)) für die perspektivische Transformation durch. Auf der Grundlage des Berechnungsergebnisses erzeugt die Post-Transformations-Bilderzeugungseinheit **109** unter Verwendung des Referenzbilds in dem Bildspeicher **102** ein Ver-

arbeitungsbild des Objekts. Die Ausgabeeinheit **110** gibt das erzeugte Bild an die Display-Einheit **12** weiter, und das Bild wird auf der Display-Einheit **12** dargestellt.

[0038] Der Messobjektbereich und das Verarbeitungsergebnisbild der Ausführungsform werden später detailliert mit Bezug auf ein spezifisches Beispiel erläutert.

[0039] **Fig. 3** zeigt ein Beispiel für ein durch die Kamera **C0** erzeugtes Referenzbild. Das Referenzbild wird durch Aufnahme eines Bilds von einem Teil des Werkstücks **W** (in diesem Beispiel IC) erzeugt. Mehrere Elektroden-Pins, eine ins Gehäuse gedruckte Kennzeichnungsreihe (welche die Typennummer angibt), und ein in dem Gehäuse ausgebildeter Stufenabschnitt sind in **Fig. 3** dargestellt. In der vorliegenden Ausführungsform wird eine horizontale Richtung des Referenzbilds als Richtung der x-Achse festgelegt, und eine vertikale Richtung wird als Richtung der y-Achse festgelegt.

[0040] In **Fig. 3** besteht der Messobjektbereich aus den Punkten **P1** bis **P4**, die durch „+“-Markierungen angegeben werden, und einem Bereich **R**, der durch einen Rahmen mit gepunkteter Linie angedeutet wird. Im Folgenden werden die Punkte **P1** bis **P4** und der Bereich **R** als „Messobjektpunkte“ und „Messobjektbereich“ bezeichnet.

[0041] Die Messobjektpunkte **P1** und **P2** stellen konstitutionelle Punkte an den linken und rechten Enden der sechs Elektroden-Pins des Bilds dar. Die Messobjektpunkte **P1** und **P2** werden auf der Grundlage einer Kante, die in Längsrichtung des Elektroden-Pins durch Beleuchtungslicht (nicht gezeigt) erzeugt wurde, oder eines Abstands von einem Komponenten-Hauptkörper extrahiert. Der Einfachheit halber ist die Anzahl der Elektroden-Pins in dem Messobjektbereich auf zwei begrenzt. Tatsächlich wird jedoch wenigstens ein Messobjektpunkt in jedem Elektroden-Pin extrahiert.

[0042] Die Messobjektpunkte **P3** und **P4** stellen konstitutionelle Punkte an den Grenzen des Stufenabschnitts des Gehäuses dar. Die Messobjektpunkte **P3** und **P4** werden ebenso durch die Kantenextraktionsverarbeitung extrahiert.

[0043] Der Messobjektbereich **R** umfasst einen Kennzeichnungstreifen „5B“. Der Messobjektbereich **R** wird durch Musterabgleich („Pattern-Matching“), bei dem ein Modell des Kennzeichnungstreifens eingesetzt wird, extrahiert.

[0044] Basierend auf einem Triangulationsprinzip berechnet die Einheit zur dreidimensionalen Messung **107** eine Koordinate (z-Koordinate), welche die Höhe für die Messobjektpunkte **P1** bis **P4** und den

Messobjektbereich **R** in jedem Koordinatensatz, welcher eine Korrelation zwischen dem durch die Kamera **C0** erzeugten Referenzbild und dem durch die Kamera **C1** erzeugten Vergleichsbild aufweist, angibt. Für den Messobjektbereich **R** wird eine Koordinate eines Mittelpunkts des Bereichs **R** aus jedem Bild extrahiert, um die z-Koordinate zu berechnen, und die berechnete z-Koordinate wird auf sämtliche Bildpunkte in dem Messobjektbereich **R** angewendet.

[0045] Die z-Koordinate wird berechnet, während eine Trägeroberfläche (insbesondere die obere Oberfläche der Werkstück-Beförderungslinie) des Werkstücks **W** oder eine Höhe einer virtuellen horizontalen Ebene, die in einem vorbestimmten Abstand zu der Trägeroberfläche liegt, auf Null eingestellt wird. Es wird ein dreidimensionales Koordinatensystem, in dem die x-Achse und die y-Achse des Referenzbilds mit einer z-Achse kombiniert werden, welche die Höhe anzeigt, festgelegt, und die konstitutionellen Bildpunkte des Referenzbilds werden virtuell in dem dreidimensionalen Koordinatensystem angeordnet, um die Verarbeitung der perspektivischen Transformation durchzuführen, wodurch das Verarbeitungsergebnisbild erzeugt wird.

[0046] Bei der Verarbeitung zum Anordnen der Bildpunkte in dem dreidimensionalen Koordinatensystem wird die Koordinate (Koordinate der Bildpunkteinheit) des ursprünglichen Referenzbilds direkt auf die x- und y-Koordinaten angewendet. Die z-Koordinate (Einheiten in mm), welche durch die Höhenmessung errechnet wird, wird an dem Bildpunkt eingestellt, welcher dem Messobjektpunkt oder dem Messobjektbereich entspricht. Andererseits wird unter der Annahme, dass der Bildpunkt außerhalb des Messobjekts in der xy-Ebene angeordnet ist, die z-Koordinate des Bildpunkts außerhalb des Messobjekts auf Null eingestellt.

[0047] **Fig. 4** zeigt ein Darstellungsbeispiel für das Verarbeitungsergebnisbild. Das Verarbeitungsergebnisbild von **Fig. 4** zeigt ein dreidimensionales Bild, in dem die Bildpunkte in dem Referenzbild von **Fig. 3** virtuell in dem dreidimensionalen Koordinatensystem auf die oben beschriebene Weise angeordnet sind und die Bildpunktgruppe von schräg oben betrachtet wird. Die Punkte **P1'** bis **P4'**, welchen den Messobjektpunkten **P1** bis **P4** in dem Bild entsprechen, sind der Deutlichkeit wegen mit einer „+“-Markierung gekennzeichnet. An den Punkten **P1'** bis **P4'** werden Hilfslinien (in **Fig. 4** durch gepunktete Linien dargestellt) in einer vorbestimmten Farbe vertikal von den entsprechenden Punkten gezogen, in dem Fall, in dem die Höhe des Messobjektpunkts Null beträgt. Somit können die Höhen der Messobjektpunkte **P1** bis **P4** durch die Länge der Hilfslinie bestätigt werden.

[0048] Ein Bereich **R'**, welcher dem Messobjektbereich **R** entspricht, wird an einer Position dargestellt,

die auf der Grundlage der gemessenen Höhe erhalten wird. In **Fig. 4** wird ein entsprechender Bereich **R1** in einem Fall bestimmt, in dem die Höhe des Messobjektbereichs **R** auf Null gesetzt wird, und der Bereich **R1** wird in einer vorbestimmten Farbe markiert (in **Fig. 4** ist der Bereich **R1** durch ein Halbton-Muster dargestellt). Wie bei den Messobjektpunkten **P1'** bis **P4'**, werden Hilfslinien zwischen den Apices der Bereiche **R1** und **R'** gezogen.

[0049] Die Gitterlinien **g** werden zweiseitig auf der Tiefenseite des Verarbeitungsergebnisbilds angegeben, um die Richtungen der x-, y- und z-Achsen und der Koordinate auszudrücken. Ob die Gitterlinie **g** angegeben wird oder nicht, kann anhand der Manipulationseinheit **11** entsprechend ausgewählt werden.

[0050] In der Bilddarstellung von **Fig. 4** wird das gesamte durch die Kamera **C0** erzeugte Vorderansichtsbild dargestellt, während es in das perspektivische Bild mit Tiefengefühl transformiert wird, und der Bereich, der tatsächlich die Höhe des Messobjekts wird, wird an einer Position ausgedrückt, welche den Messwert zusammen mit den Hilfslinien widerspiegelt. Somit kann der Benutzer leicht erkennen, ob der zu vermessende Bereich korrekt vermessen wurde oder ob der Messwert akzeptabel ist oder nicht.

[0051] In der vorliegenden Ausführungsform legt der Benutzer die Richtung der perspektivischen Transformation fest, wodurch ein perspektivisches Bild erhalten wird, welches einen Zustand anzeigt, in dem das Werkstück **W** aus der gewünschten Richtung betrachtet wird.

[0052] Die Richtung der perspektivischen Transformation wird durch einen Azimutwinkel θ und einen Höhenwinkel ϕ mit Bezug auf das dreidimensionale Koordinatensystem, in dem die Bildpunktgruppe angeordnet ist, festgelegt. Der Azimutwinkel θ stellt eine Orientierung um die z-Achse herum dar, welche die Höhe anzeigt. Beispielsweise wird der Azimutwinkel θ durch einen Winkel bezogen auf eine positive Richtung der x-Achse ausgedrückt. Der Höhenwinkel ϕ wird durch einen Winkel bezogen auf die xy-Ebene ausgedrückt.

[0053] Die durch den Benutzer festgelegte Manipulation ist nicht auf die Eingabe des spezifischen numerischen Werts, wie beispielsweise der Winkel θ und ϕ , beschränkt. Beispielsweise werden die x-, y- und z-Achsen auf der Display-Einheit **12** dargestellt, und die x-, y- und z-Achsen werden durch Manipulation mit der Maus rotiert, um die Winkel θ und ϕ von den Drehwinkeln zu spezifizieren.

[0054] Unter der Annahme, dass (x,y,z) eine Position darstellt, an der jeder Bildpunkt in dem Referenzbild in dem dreidimensionalen Raum angeordnet ist, und die perspektivische Transformation an

der Bildpunktgruppe von der Richtung durchgeführt wird, die durch die Winkel θ und ϕ ausgedrückt wird, wird eine Post-Transformations-Koordinate (x',y') jedes Bildpunkts durch folgende Gleichung (1) berechnet.

[Formel 1]

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a & c \\ b & d \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x - x_0 \\ y_0 - y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} x_0 + x \\ y_0 + y_t - z \cdot e \end{pmatrix}$$

$$\begin{aligned} a &= -m_{xy} \cdot \sin\theta \\ b &= -m_{xy} \cdot \cos\theta \cdot \sin\phi \\ c &= -m_{xy} \cdot \cos\theta \\ d &= -m_{xy} \cdot \sin\theta \cdot \sin\phi \\ e &= -m_z \cdot \cos\phi \end{aligned} \quad (1)$$

[0055] Die Koeffizienten **a**, **b**, **c**, **d** und **e** sind unter der Gleichung (1) beschrieben.

[0056] In der Gleichung (1) ist (x_0, y_0) eine Koordinate, die einem Ursprung des dreidimensionalen Koordinatensystems im Referenzbild entspricht. Außerdem zeigt (x_t, y_t) einen Bewegungsgrad an in einem Fall, in dem eine Darstellungsposition des Post-Transformations-Bilds in jede der Richtungen der x- und y-Achsen bewegt wird; m_{xy} stellt die Vergrößerung in Richtung der x- und y-Achsen des Post-Transformations-Bilds dar; und m_z stellt die Vergrößerung in Richtung x-Achse des Post-Transformations-Bilds dar.

[0057] Unter Anwendung der Gleichung (1) kann jeder Bildpunkt, welcher virtuell in dem dreidimensionalen Koordinatensystem angeordnet ist, in einen spezifischen Punkt des zweidimensionalen Koordinatensystems transformiert werden, welches das Post-Transformations-Bild ausdrückt.

[0058] Unter der Annahme, dass die z-Koordinate bereits bekannt ist, kann eine Gleichung zum Erhalt der Koordinate (x, y) des entsprechenden Bildpunkts auf dem Referenzbild für die Koordinate (x', y') in dem Post-Transformations-Bild durch Umformen der Gleichung (1) abgeleitet werden. Der spezifische Funktionsausdruck wird als Gleichung (2) erhalten.

[Formel 2]

$$\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \frac{1}{ad-bc} \begin{pmatrix} d & -c \\ b & -a \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x' - x_0 - x_t \\ y' - y_0 - y_t + z \cdot e \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} x_0 \\ y_0 \end{pmatrix} \quad (2)$$

[0059] **Fig. 5** zeigt ein Verarbeitungsverfahren zur Erzeugung des Bilds der Transformationsverarbeitung von **Fig. 4** unter Verwendung des Referenzbilds von **Fig. 3**.

[0060] In der in **Fig. 5** dargestellten Verarbeitung wird die Verarbeitung der perspektivischen Transformation an dem gesamten Referenzbild durchgeführt. Insbesondere wird in dem Fall von $z = 0$ die Gleichung (2) an jeder Koordinate (x', y') des Post-Transformations-Bilds durchgeführt, wodurch die Koordinate (x, y) , welche der Koordinate (x', y') auf der Referenzbildseite entspricht, berechnet wird (Schritt **A**). Dann werden die Bilddaten der entsprechenden Koordinate auf der Referenzbildseite, die durch die Berechnung spezifiziert wurden, an jeder Koordinate des Post-Transformations-Bilds festgelegt (Schritt **B**). Das Referenzbild, welches den Zustand einer Vorderansicht ausdrückt, kann in das Bild, welches die perspektivische Ansicht ausdrückt, durch die Verarbeitungsschritte in Schritt **A** und **B** transformiert werden.

[0061] In Schritt **C** wird die z -Koordinate, die für den Messobjektbereich R gemessen wurde, in z in Gleichung (2) eingesetzt und es wird, ähnlich wie in Schritt **A**, die Gleichung (2) an jedem Bildpunkt des Post-Transformations-Bilds unter Verwendung der Koordinate (x', y') durchgeführt. Wenn die Koordinate (x, y) , die durch die Berechnung erhalten wurde, mit der Koordinate in dem Messobjektbereich auf der Referenzbildseite in Übereinstimmung gebracht wird, wird die Koordinate (x', y') , die in die Berechnung eingesetzt wurde, als die Koordinate spezifiziert, die dem Messobjektbereich R entspricht. In Schritt **D** werden die Bilddaten jeder in Schritt **C** spezifizierten Koordinate in Bilddaten der entsprechenden Bildpunkte (Bildpunkt mit der Koordinate (x, y) , errechnet durch die Berechnung in Schritt **C**) auf der Referenzbildseite umgewandelt.

[0062] Das Bild des Messobjektbereichs in dem Post-Transformations-Bild kann durch die Verarbeitungsschritte in den Schritten **C** und **D** zu der Position bewegt werden, die der gemessenen Höhe entspricht.

[0063] In Schritt **E** wird, für den Fall, dass $z = 0$ ist, wiederum unter Verwendung des Berechnungsergebnisses von Schritt **A**, die Koordinate, die dem Messobjektbereich entspricht, in dem Post-Transformations-Bild spezifiziert, und die Bilddaten jeder spezifizierten Koordinate werden durch Daten ersetzt, welche eine Markierungsfarbe anzeigen.

[0064] In Schritt **F** wird die Gleichung (1), in der die Koordinate (x, y) auf der Referenzbildseite verwendet wird, auf den Messobjektpunkt und jeden Vertex des Messobjektbereichs angewendet, um die Koordinate (x', y') des entsprechenden Punkts in dem Post-Transformations-Bild zu erhalten. An diesem Punkt wird die Berechnung, bei der die gemessene z -Koordinate eingesetzt wird, und die Berechnung, in der z auf Null gesetzt wird, an jedem Punkt durchgeführt.

[0065] In Schritt **G** werden auf der Grundlage des Berechnungsergebnisses aus Schritt **F** die „+“-Markierung, welche den entsprechenden Punkt basierend auf der z -Koordinate angibt, und die Bilddaten der Hilfslinie, welche den entsprechenden, durch die „+“-Markierung angezeigten Punkt und den entsprechenden Punkt im Fall von $z = 0$ verbindet, in das Post-Transformations-Bild eingesetzt.

[0066] In der in **Fig. 5** dargestellten Verarbeitung wird der entsprechende Bildpunkt in dem Prä-Transformations-Referenzbild für jeden Bildpunkt des Post-Transformations-Bilds unter Anwendung der Gleichung (2) spezifiziert, und die Bilddaten des entsprechenden Bildpunkts werden eingesetzt. Somit können, auch wenn ein Bild erzeugt wird, welches mit den Vergrößerungen m_{xy} und m_z vergrößert ist, die Bilddaten im Wesentlichen an allen Bildpunkten festgelegt werden, um die Bildgenauigkeit zu stabilisieren.

[0067] Die Manipulation zum Einstellen des Azimutwinkels θ und des Höhenwinkels ϕ , welche in der Transformation verwendet werden, wird vor der Hauptverarbeitung durchgeführt, während das Vorderansichtsbild des Modells des Werkstücks **W** dargestellt wird. Nachdem das Verarbeitungsbild des Objekts in der Hauptverarbeitung dargestellt wird, kann die Manipulation zur Veränderung der Winkel θ und ϕ akzeptiert werden, um die Darstellung des Verarbeitungsbilds des Objekts zu verändern.

[0068] Da die Ebene, die dem Vorderansichtsbild entspricht, der xy -Ebene des virtuellen dreidimensionalen Koordinatensystems entspricht, kann interpretiert werden, dass die Winkel θ und ϕ der Richtung nach der Veränderung entsprechen, wenn der Benutzer eine visuelle Linie der Vorderansicht in eine Schrägrichtung ändert. Da eine perspektivische Ansicht dargestellt werden kann, die nahe an dem Bild ist, welches von der durch den Benutzer angenommenen Betrachtungsrichtung aufgenommen wurde, kann die Richtung, die zur Bestätigung des Messergebnisses geeignet ist, leicht bestimmt werden, um den Einstellvorgang vorzunehmen.

[0069] **Fig. 6** zeigt einen Verarbeitungsablauf, der an einem Werkstück **W** durchgeführt wird. Gemäß **Fig. 6** startet die Verarbeitung, indem das Werkstück **W** des Messobjekts in einen abbildenden Objektbereich der Kameras **C0** und **C1** befördert wird. In Schritt **1** werden die Kameras **C0** und **C1** gleichzeitig gesteuert, um das Referenzbild und das Vergleichsbild zu erzeugen.

[0070] In Schritt **2** werden der Messobjektpunkt und der Messobjektbereich durch die verschiedenen Schritte der Bildverarbeitung aus dem Referenzbild extrahiert und die in der Höhenmessung verwendeten Koordinaten für die Messung des Objektpunkts

und des Messobjektbereichs spezifiziert. Der Punkt und der Bereich, die dem Messobjektpunkt und dem Messobjektbereich entsprechen, werden aus dem Vergleichsbild extrahiert und die in der Höhenmessung eingesetzten Koordinaten spezifiziert.

[0071] In Schritt 3 wird die z-Koordinate, welche die Höhe angibt, durch Durchführen der Berechnung mit den Parametern in jeder entsprechenden Koordinate zwischen den Bildern berechnet.

[0072] In Schritt 4 wird das Verarbeitungsergebnisbild durch die Verarbeitung der Bildtransformation gemäß Fig. 5 erzeugt. Das erzeugte Verarbeitungsergebnisbild wird dargestellt (Schritt 5) und der Wert der Höhenmessung ausgegeben (Schritt 6). Damit ist die Verarbeitung beendet.

[0073] In der vorliegenden Ausführungsform wird bei der Messung des Objektbereichs die z-Koordinate, welche mit der Koordinate des Mittelpunkts des Bereichs berechnet wird, als Höhe des gesamten Bereichs ausgedrückt. Alternativ kann die Höhe individuell für die Mehrzahl an repräsentativen Punkten, die in dem Bereich mit einer vorbestimmten Fläche enthalten sind, gemessen werden, um das Verarbeitungsergebnisbild, welches das Messergebnis widerspiegelt, darzustellen.

[0074] Fig. 7 zeigt ein Beispiel, in dem die Höhenmessung an den Apices **a**, **b** und **c** eines dreieckigen Bereichs durchgeführt wird, und die perspektivische Transformation an den Apices **a**, **b** und **c** basierend auf den x- und y-Koordinaten in dem Referenzbild und der gemessenen z-Koordinate durchgeführt wird. In dem Bild von Fig. 7 werden die Apices **a**, **b** und **c** jeweils in die entsprechenden Punkte **a'**, **b'** und **c'**, welche durch die Gleichung (1) spezifiziert werden, transformiert, und die Hilfslinien, ähnlich zu denen von Fig. 4, werden derart eingestellt, dass sie die gemessene Höhe jedes Punkts ausdrücken. Andererseits wird das Bild des gesamten Bereichs auf einen vorbestimmten Bereich projiziert, indem die Gleichung (2) für den Fall $z = 0$ ausgeführt wird.

[0075] Da in dem Beispiel von Fig. 7 die Hilfslinie an dem Punkt **c'** kürzer ist als die anderen Hilfslinien, kann erkannt werden, dass der Punkt **c** tiefer liegt als die Punkte **a** und **b**. Das Display von Fig. 7 kann das Verarbeitungsergebnisbild darstellen, welches geeignet ist, die Neigung einer bestimmten Oberfläche oder die Existenz einer Unregelmäßigkeit zu bestätigen.

[0076] Bei dieser Art von Messung ist nicht immer das Messobjekt höher als die Bezugsebene, sondern es wird zuweilen ein Bereich gemessen, der in Bezug auf die Umgebung vertieft ist. Bei Durchführung der Messung des in Bezug auf die Umgebung vertieften Abschnitts kann das Verarbeitungsergebnisbild

durch die gleiche Verarbeitung der perspektivischen Transformation erzeugt und dargestellt werden.

[0077] Fig. 8 zeigt ein Beispiel, in dem das Messobjekt eine hemisphärische Vertiefung darstellt, die in einem rechteckigen Gehäusekörper ausgebildet ist.

[0078] In dem Beispiel von Fig. 8 wird ein Paar von Kantenpunkten **p** und **q**, welche einander in radialer Richtung gegenüberliegen, von einer Kante extrahiert, welche einen äußeren Umfang der Vertiefung angibt; die Punkte **p** und **q** und ein Punkt **o** (Mittelpunkt einer Strecke pq), welcher dem Mittelpunkt der Vertiefung entspricht, werden als Messobjektpunkte festgelegt, um die z-Koordinate jedes Punkts zu berechnen. Die berechneten z-Koordinaten werden in die Messobjektpunkte eingesetzt, und die entsprechenden Punkte **o'**, **p'** und **q'** werden in dem Post-Transformations-Bild unter Anwendung der Gleichung (1) erhalten. Andererseits wird ein konstanter Wert, bei dem die z-Koordinate größer als Null ist, in alle Bildpunkte eingesetzt, und das gesamte Referenzbild wird durch die Verarbeitung der perspektivischen Transformation basierend auf der Gleichung (2) transformiert.

[0079] Beispielsweise kann eine typische Höhe des Gehäusekörpers, welche aus der konstanten z-Koordinate besteht, in jeden Bildpunkt eingesetzt werden. Ein Messobjektpunkt wird ebenso außerhalb der Vertiefung bereitgestellt, um die z-Koordinate zu messen, und der gemessene Wert kann gewöhnlich an den Bildpunkten festgelegt werden.

[0080] In dem Beispiel von Fig. 8 wird das perspektivische Bild des gesamten Gehäusekörpers durch die Verarbeitung der Transformation dargestellt, die entsprechenden Punkte **o'**, **p'** und **q'** werden an Positionen dargestellt, die der gemessenen z-Koordinate für die Messobjektpunkte **o**, **p** und **q** entsprechen, und es wird die Hilfslinie, welche die Höhe anzeigt, eingestellt.

[0081] In der Darstellung von Fig. 8 kann leicht bestätigt werden, um wieviel der Mittelpunkt oder die Vertiefung mit Bezug auf die äußere Umgebung abfällt, oder ob der Objektbereich korrekt vermessen wurde oder nicht.

[0082] In der vorliegenden Ausführungsform wird das Verarbeitungsergebnisbild, welches das Messergebnis des Bereichs anzeigt, der verwendet wird, um tatsächlich die z-Koordinate zu berechnen, unter Verwendung des Bilds, welches in der Verarbeitung der dreidimensionalen Messung, in der die Stereokamera eingesetzt wird, dargestellt. In dem Verfahren zur dreidimensionalen Messung kann, mit Ausnahme des Stereoverfahrens, wenn der Bildpunkt, der dem Messobjektbereich entspricht, spezifiziert wer-

den kann, das gleiche Verarbeitungsergebnisbild gemessen und dargestellt werden.

[0083] Fig. 9 zeigt ein Konfigurationsbeispiel einer Vorrichtung zur dreidimensionalen Messung, welche das Verarbeitungsergebnisbild ähnlich wie in den oben beschriebenen Beispielen darstellen kann.

[0084] Die Vorrichtung von Fig. 9 misst die Höhe durch ein Lichtschnittverfahren. Die Vorrichtung umfasst eine Flutlichteinheit 20, welche ein Messobjekt mit einem Laserspaltlicht 22 bestrahlt, eine zweidimensionale Kamera 21 und eine Steuerverarbeitungseinheit (nicht gezeigt). Das Werkstück W ist IC, und das Messobjekt stellen die Elektroden-Pins 30 dar.

[0085] Ähnlich wie die Kamera C0 der Ausführungsform, wird die Kamera 21 derart platziert, dass die optische Achse in vertikaler Richtung orientiert ist, so dass das Vorderansichtsbild des Werkstücks W erzeugt wird. Die Flutlichteinheit 20 wird schräg oberhalb des Werkstücks W angeordnet, um die Elektroden-Pins 30 mit dem Spaltlicht 22 entlang einer Richtung, in der die Elektroden-Pins 30 angeordnet sind, zu beleuchten.

[0086] Die Steuer-/Verarbeitungseinheit extrahiert ein Lichtstrahlbild des reflektierten Lichts des Spaltlichts 22 aus dem von der Kamera 21 erzeugten Bild, und die Steuer-/Verarbeitungseinheit legt mehrere in dem Lichtstrahlbild enthaltenen Punkte als Messobjektpunkte fest, um die Koordinaten der Messobjektpunkte in den vorbestimmten Funktionsausdruck einzusetzen, wodurch die Höhe, die jedem Messobjektpunkt entspricht, berechnet wird.

[0087] In dem Beispiel von Fig. 9 wird die Höhenmessung durchgeführt, während der vorbestimmte Bildpunkt in dem Vorderansichtsbild des Werkstücks W als Messobjektpunkt festgelegt wird, so dass der in der Messung verwendete Bildpunkt in die Position transformiert werden kann, die der gemessenen Höhe in dem bei der Messung verwendeten Vorderansichtsbild entspricht. Demgemäß kann, obwohl das Lichtschnittverfahren sich von dem Stereoverfahren in der dreidimensionalen Messtechnik unterscheidet, ähnlich wie bei der Vorrichtung zur dreidimensionalen Messung, bei der das Stereoverfahren angewendet wird, das Verarbeitungsergebnisbild erzeugt und dargestellt werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur dreidimensionalen Messung zum Messen von Höheninformation bei der Beobachtung eines Messobjekts, bei dem ein Messobjektbereich zuvor definiert wird, mittels einer optischen Einheit zur dreidimensionalen Messung, wobei in dem Verfahren eine Koordinate für den Messobjektbereich

berechnet wird, wobei die Koordinate eine Position relativ zu einer vorbestimmten Bezugsebene angibt, die dem Messobjektbereich gegenüberliegt, wobei das Verfahren zur dreidimensionalen Messung umfasst:

Aufnehmen eines Bildes von dem Messobjekt zur Erzeugung eines zweidimensionalen Bildes;

Festlegen einer Koordinate an einem Bildpunkt in dem Messobjektbereich in dem zweidimensionalen Bild, wobei die Koordinate die Position des Bildpunkts relativ zu der Bezugsebene angibt;

Festlegen eines konstanten Koordinaten-Werts an mindestens einem anderen Bildpunkt des Messobjektbereichs, wobei der festgelegte konstante Koordinaten-Wert die Position des mindestens einen anderen Bildpunkts relativ zu der Bezugsebene angibt;

virtuelles Anordnen jedes festgelegten Bildpunkts in einem dreidimensionalen Raum, wobei der dreidimensionale Raum durch zwei Achsen, die ein Koordinatensystem des zweidimensionalen Bildes bilden, und eine Achse, welche die Position relativ zu der Bezugsebene angibt, gebildet wird;

Bestimmen der Höhe für jeden der festgelegten Bildpunkte;

Durchführen einer perspektivischen Transformation jedes Bildpunkts in einer vorbestimmten Richtung basierend auf der Höhe, die für jeden der festgelegten Bildpunkte bestimmt wurde;

Verarbeiten und Darstellen eines zweidimensionalen Bildes, welches die durchgeführte perspektivische Transformation jedes Bildpunkts so darstellt, dass der Messobjektbereich von einem anderen Bereich unterschieden werden kann; wobei das Verfahren umfasst:

Durchführen einer perspektivischen Transformation für Apices des Messobjektbereichs in einer vorbestimmten Richtung basierend auf der Höhe, die für jeden der Apices bestimmt wurde, und

Verarbeiten und Darstellen eines zweidimensionalen Bildes, welches die durchgeführte perspektivische Transformation jedes Apex darstellt und Hilfslinien, welche die für die Apices bestimmten Höhen darstellen, umfasst.

2. Verfahren zur dreidimensionalen Messung gemäß Anspruch 1, wobei ein Vorderansichtsbild, welches durch Aufnehmen eines Bildes von dem Messobjekt aus einer Vorderrichtung erzeugt wird, als Objektbild der perspektivischen Transformation festgelegt wird,

eine Manipulation zum Einstellen einer Richtung der perspektivischen Transformation basierend auf einer Vorderansichtsrichtung akzeptiert wird, während das Vorderansichtsbild dargestellt wird, und

die perspektivische Transformation zu einer Bildpunktgruppe von einer Richtung durchgeführt wird, die durch einen durch die Manipulation festgelegten Winkel angegeben wird, wobei die Bildpunktgruppe virtuell in dem dreidimensionalen Raum angeordnet ist.

3. Verfahren zur dreidimensionalen Messung gemäß Anspruch 1 oder 2, wobei, nachdem eine Koordinate an einem Bildpunkt in dem jeweiligen Messobjektbereich mehrerer zweidimensionaler Bilder mit einer Vorrichtung umfassend die optische Einheit zur dreidimensionalen Messung zur Durchführung der dreidimensionalen Messung unter Verwendung mehrerer zweidimensionaler Bilder, die durch eine Mehrzahl an Kameras erzeugt werden, bestimmt wurde, unter Verwendung der bestimmten Koordinate eine Koordinate errechnet wird, welche eine Position relativ zu der Bezugsebene angibt, und für eines der zweidimensionalen Bilder, die in der dreidimensionalen Messung eingesetzt werden, die errechnete Koordinate als die Koordinate des Bildpunkts in dem entsprechenden Messobjektbereich festgelegt wird, der konstante Koordinaten-Wert an anderen Bildpunkten des entsprechenden Messobjektbereichs festgelegt wird, und die Verarbeitung der perspektivischen Transformation durchgeführt wird.

4. Verfahren zur dreidimensionalen Messung gemäß Anspruch 1, wobei die vorbestimmte Richtung der perspektivischen Transformation jedes Bildpunkts durch einen Azimutwinkel θ und einen Höhenwinkel ϕ in Bezug auf ein dreidimensionales Koordinatensystem des dreidimensionalen Raums festgelegt wird.

5. Verfahren zur dreidimensionalen Messung gemäß Anspruch 4, wobei der Azimutwinkel θ und der Höhenwinkel ϕ durch einen Nutzer ausgewählt werden und die vorbestimmte Richtung der perspektivischen Transformation basierend auf einer vom Nutzer vorgenommenen Manipulation mit einer Maus festgelegt wird.

6. Verfahren zur dreidimensionalen Messung gemäß Anspruch 1, wobei das durch die perspektivische Transformation erzeugte zweidimensionale Bild so dargestellt wird, dass der Messobjektbereich in einer dreidimensionalen perspektivischen Ansicht unter Verwendung einer anderen Farbe gegenüber einem anderen Bereich außerhalb des Messobjektbereichs dargestellt wird.

7. Vorrichtung zur dreidimensionalen Messung, umfassend:
eine Mehrzahl an Kameras (C0, C1), welche so angeordnet sind, dass Lagebeziehungen und Richtungen der optischen Achsen so definiert werden, dass die Gesichtsfelder der Kameras (C0, C1) in einem vorbestimmten Bereich überlappen;
eine Bildeingabeeinheit (100), die so konfiguriert ist, dass sie eine Mehrzahl an zweidimensionalen Bildern empfängt, wobei die Mehrzahl an zweidimensionalen Bildern durch Aufnahmen eines Bildes von einem Messobjekt (W), welches in den Bereich eintritt, in

dem sich die Gesichtsfelder der Kameras (C0, C1) überlappen, unter Verwendung der Kameras (C0, C1) erzeugt werden;

eine Messeinheit (107), die so konfiguriert ist, dass sie eine Koordinate eines entsprechenden Punkts in jedem empfangenen Bild für einen vorbestimmten Messobjektbereich des Messobjekts extrahiert, wobei die Messeinheit (107) so konfiguriert ist, dass sie eine Koordinate, welche eine Position relativ zu einer Bezugsebene angibt, die dem Messobjektbereich gegenüberliegt, unter Verwendung der jeweiligen extrahierten Koordinate berechnet;

eine Verarbeitungsergebnis-Bilderzeugungseinheit (110), die so konfiguriert ist, dass sie ein zweidimensionales Bild des Verarbeitungsergebnisses erzeugt, welches das Messergebnis der Messeinheit (107) ausdrückt; und

eine Display-Einheit (12), die so konfiguriert ist, dass sie das Bild des Verarbeitungsergebnisses darstellt, wobei für ein bestimmtes Bild aus einer Mehrzahl an zweidimensionalen Bildern, die zur Messung durch die Messeinheit (107) verwendet werden, die Verarbeitungsergebnis-Bilderzeugungseinheit (110) so konfiguriert ist, dass sie die Koordinate, welche die Position relativ zu der Bezugsebene angibt, an einem Bildpunkt in dem Messobjektbereich festgelegt, wobei die Verarbeitungsergebnis-Bilderzeugungseinheit (110) so konfiguriert ist, dass sie jeweils einen konstanten Koordinaten-Wert an anderen Bildpunkten des Messobjektbereichs festlegt, wobei der festgelegte konstante Koordinaten-Wert die Position der anderen Bildpunkte in Bezug auf die Bezugsebene angibt,

wobei die Verarbeitungsergebnis-Bilderzeugungseinheit (110) so konfiguriert ist, dass sie jeden der festgelegten Bildpunkte virtuell in einem dreidimensionalen Raum anordnet, wobei der dreidimensionale Raum durch zwei Achsen, welche ein Koordinatensystem des spezifischen Bildes bilden, und eine Achse, welche die Position relativ zu der Bezugsebene angibt, gebildet wird,

wobei die Messeinheit (107) so konfiguriert ist, dass sie eine Höhe für jeden der festgelegten Bildpunkte bestimmt, und die Verarbeitungsergebnis-Bilderzeugungseinheit (110) so konfiguriert ist, dass sie, basierend auf der bestimmten Höhe, eine perspektivische Transformation zu jedem Bildpunkt in einer vorbestimmten Richtung durchführt und ein zweidimensionales Bild erzeugt, welches die durchgeführte perspektivische Transformation jedes Bildpunkts so darstellt, dass der Messobjektbereich von anderen Bereichen unterschieden werden kann, wobei die Verarbeitungsergebnis-Bilderzeugungseinheit (110) so konfiguriert ist, dass sie eine perspektivische Transformation an Apices des Messobjektbereichs in einer vorbestimmten Richtung basierend auf der Höhe, die für jeden der Apices bestimmt wurde, durchführt und ein zweidimensionales Bild erzeugt, welches die durchgeführte perspektivische Transformation jedes Apex darstellt und Hilfslinien,

welche die für die Apices bestimmten Höhen darstellen, umfasst.

8. Vorrichtung zur dreidimensionalen Messung gemäß Anspruch 7, weiterhin umfassend eine Manipulationseinheit (11), die so konfiguriert ist, dass sie einen Winkel, welcher eine Richtung der perspektivischen Transformation basierend auf einer Vorderansichtsrichtung angibt, festlegt, wobei eine bestimmte Kamera aus der Mehrzahl an Kameras derart angeordnet ist, dass sie geeignet ist, ein Bild des Messobjekt von der Vorderansichtsrichtung aufzunehmen, wobei die Verarbeitungsergebnis-Bilderzeugungseinheit (110) so konfiguriert ist, dass sie ein Vorderansichtsbild eines Messobjekts, welches durch die bestimmte Kamera aufgenommen wurde, auf der Display-Einheit (12) darstellt, wobei die Verarbeitungsergebnis-Bilderzeugungseinheit (110) so konfiguriert ist, dass sie den festgelegten Winkel der Manipulationseinheit (11) akzeptiert, während das Vorderansichtsbild auf der Display-Einheit (12) dargestellt wird, und die Verarbeitungsergebnis-Bilderzeugungseinheit (110) so konfiguriert ist, dass sie die perspektivische Transformation zu einer Bildpunktgruppe durchführt, die virtuell in dem dreidimensionalen Raum angeordnet ist, aus einer Richtung, die durch den durch die Manipulationseinheit (11) festgelegten Winkel angegeben wird.

9. Vorrichtung zur dreidimensionalen Messung gemäß Anspruch 7, wobei die Vorrichtung so konfiguriert ist, dass die vorbestimmte Richtung der perspektivischen Transformation jedes Bildpunkts durch einen Azimutwinkel θ und einen Höhenwinkel ϕ in Bezug auf ein dreidimensionales Koordinatensystem des dreidimensionalen Raums festgelegt wird.

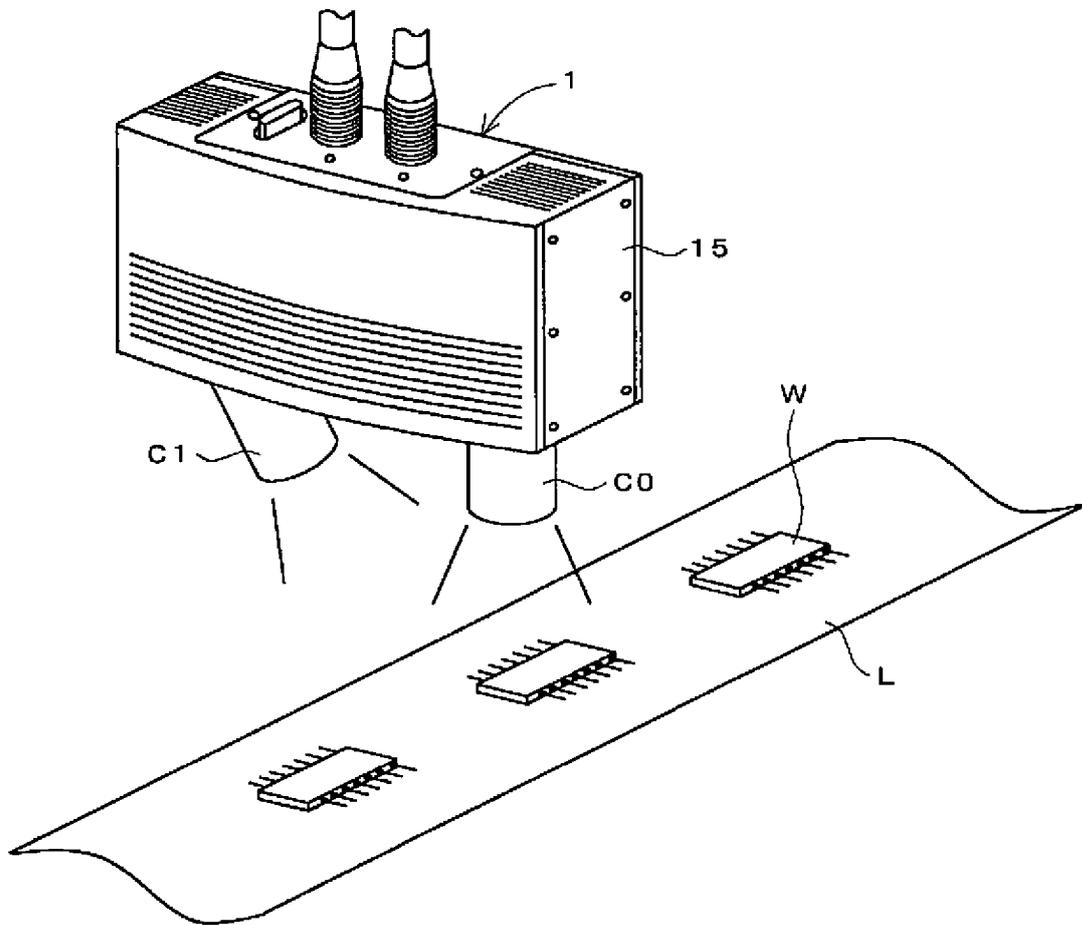
10. Vorrichtung zur dreidimensionalen Messung gemäß Anspruch 9, umfassend eine Manipulationseinheit (11), die so konfiguriert ist, dass die Festlegung des Azimutwinkels θ und des Höhenwinkels ϕ für die vorbestimmte Richtung der perspektivischen Transformation basierend auf einer von einem Nutzer vorgenommenen Manipulation mit einer Maus erfolgt.

11. Vorrichtung zur dreidimensionalen Messung gemäß Anspruch 7, wobei die Display-Einheit (12) so konfiguriert ist, dass das durch die perspektivische Transformation erzeugte zweidimensionale Bild so dargestellt wird, dass der Messobjektbereich in einer dreidimensionalen perspektivischen Ansicht unter Verwendung einer anderen Farbe gegenüber einem anderen Bereich außerhalb des Messobjektbereichs dargestellt wird.

Es folgen 7 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1



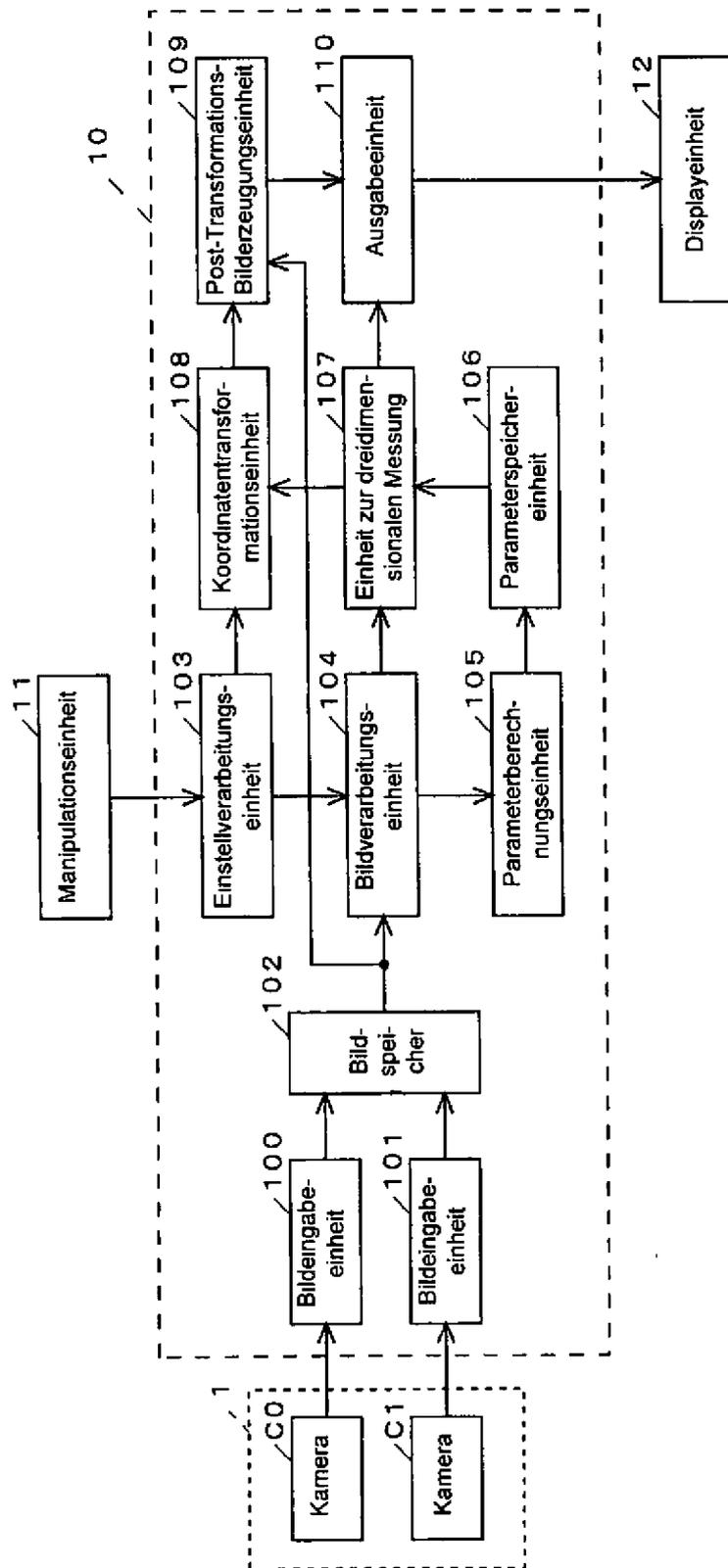


Fig. 2

Fig. 3

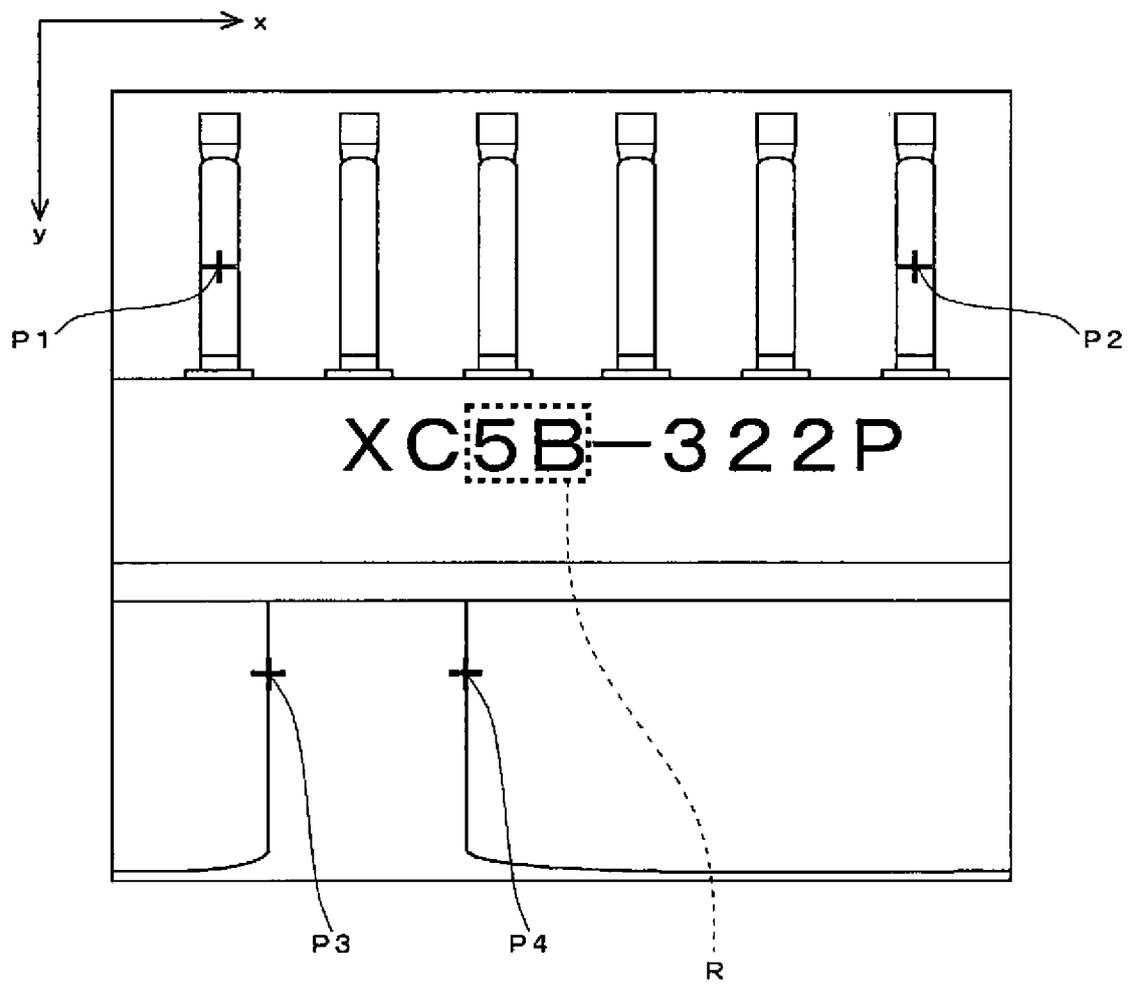


Fig. 4

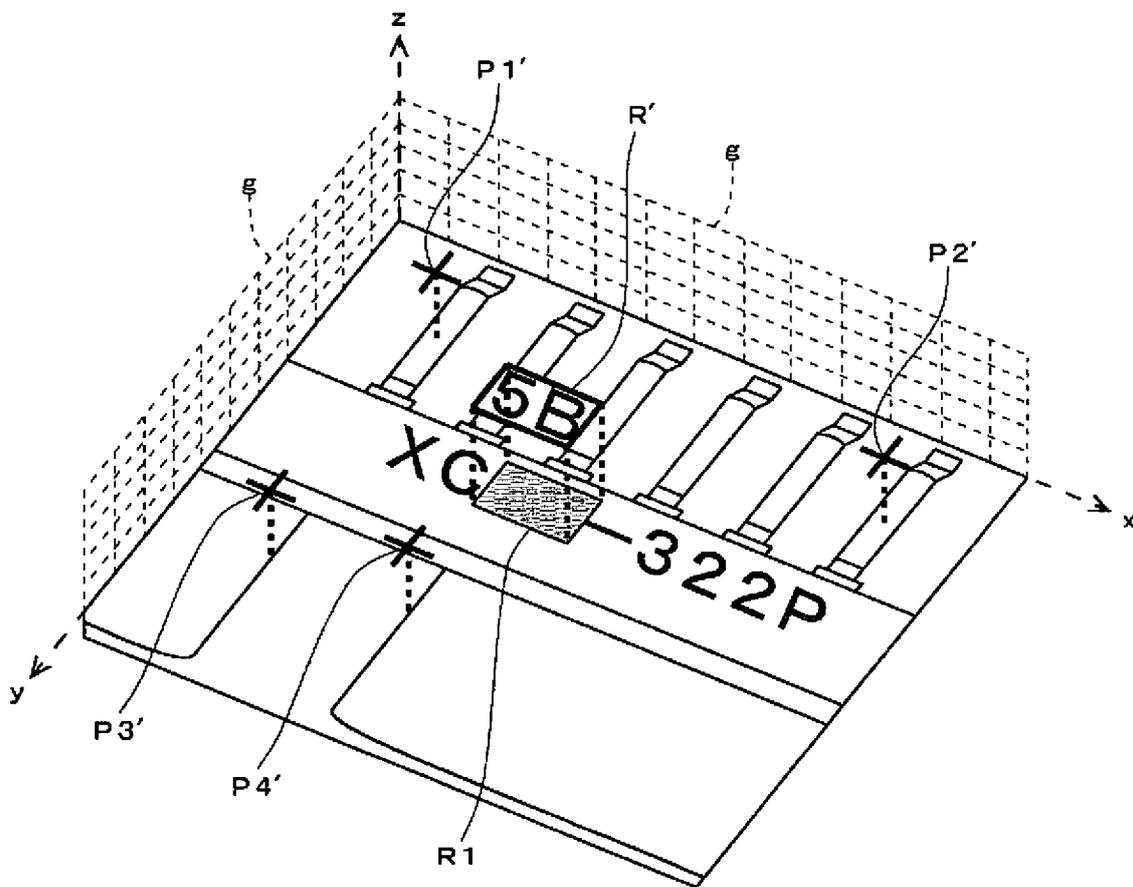


Fig. 5

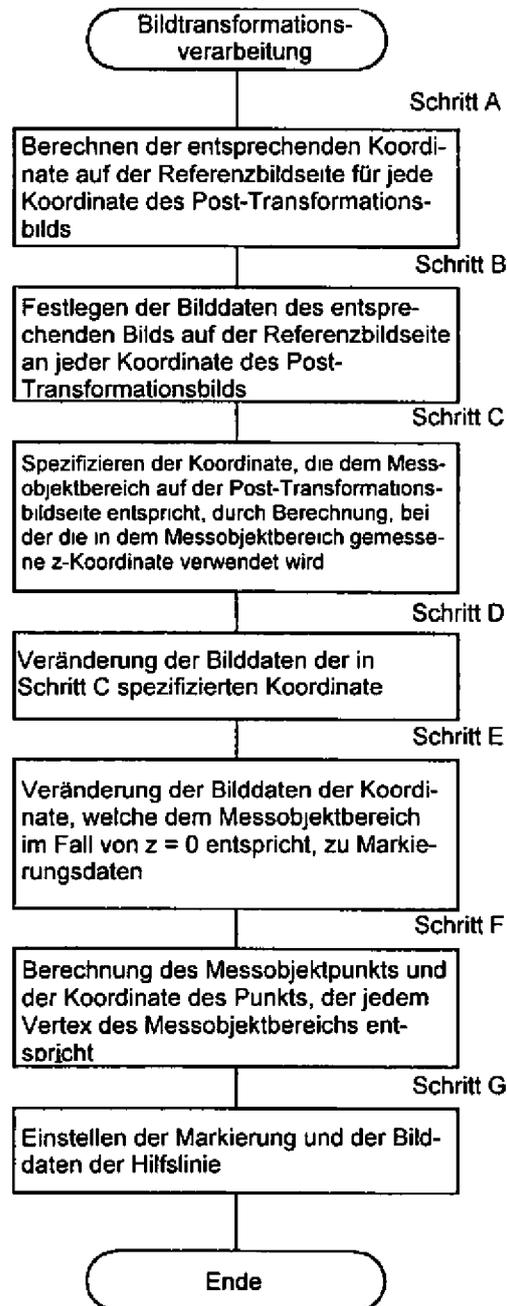


Fig. 6

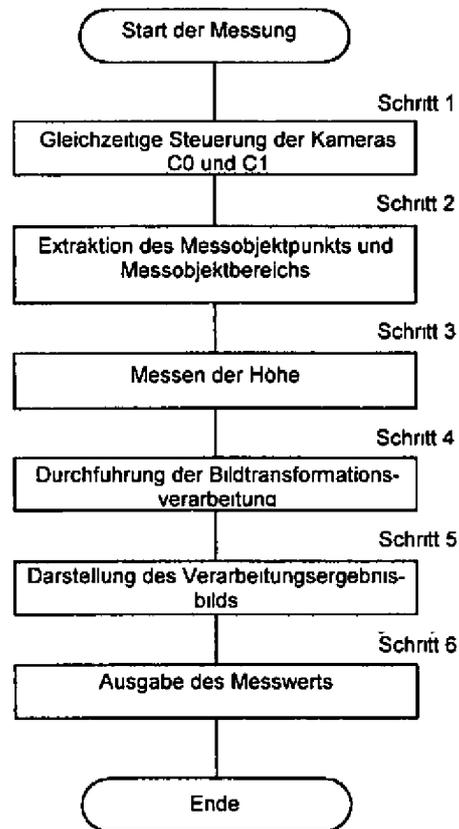


Fig. 7

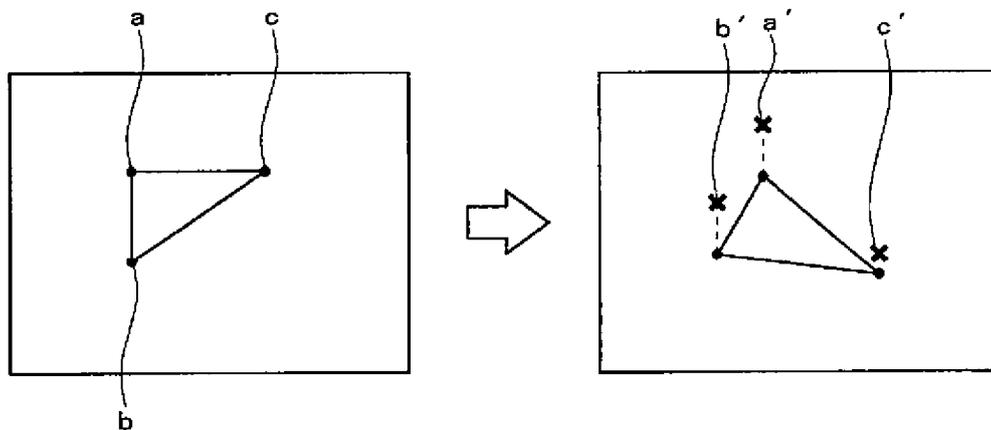


Fig. 8

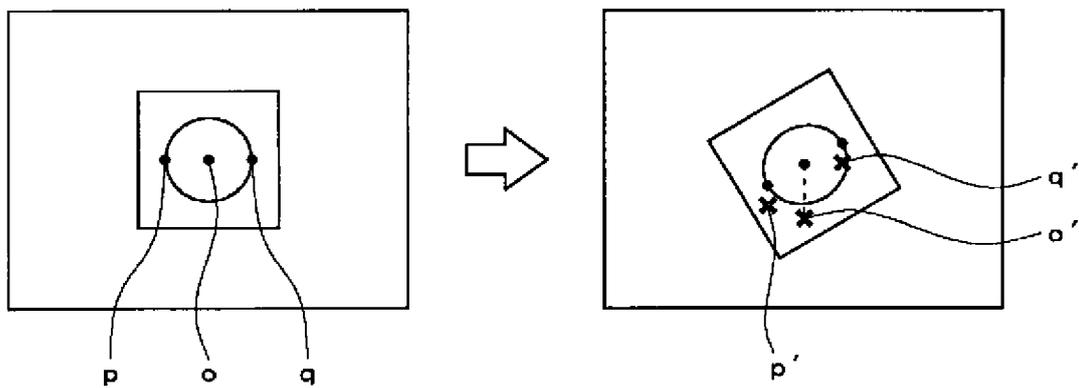


Fig. 9

