



(10) **DE 10 2018 009 815 A9** 2020.01.23

(12) **Berichtigung der Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2018 009 815.0**

(22) Anmeldetag: **13.12.2018**

(43) Offenlegungstag: **27.06.2019**

(15) Korrekturinformation:

Korrektur des Wortes „Bezug“ (anstatt „Rezug“) am Ende von Absatz [0070] in der Offenlegungsschrift vom 27. Juni 2019 durch nachgereichte Unterlagen vom 27.08.2019

(48) Veröffentlichungstag der Berichtigung: **23.01.2020**

(51) Int Cl.: **B25J 13/08 (2006.01)**

(30) Unionspriorität:
2017-244517 20.12.2017 JP

(71) Anmelder:
**FANUC CORPORATION, Oshino-mura,
Yamanashi, JP**

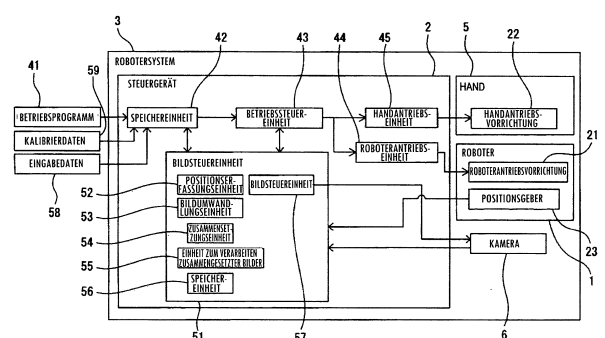
(74) Vertreter:
**Wuesthoff & Wuesthoff, Patentanwälte PartG
mbB, 81541 München, DE**

(72) Erfinder:
Namiki, Yuta, Oshino-mura, Yamanashi, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Bildgebungsvorrichtung umfassend einen Sichtsensor zum Erfassen des Bildes eines Werkstücks**

(57) Zusammenfassung: Eine Bildgebungsvorrichtung umfasst eine Kamera, ein Roboter, der die Kamera bewegt, und ein Steuergerät, die ein Bild verarbeitet. Eine an einem Werkstück definierte Erfassungsfläche und eine als eine Bildgebungsposition des Roboters zum Erfassen des Werkstücks dienende Sollposition werden vorab ermittelt. Die Kamera erfasst eine Mehrzahl von ersten Bildern an einer Mehrzahl von Positionen. Das Steuergerät umfasst eine Bildumwandlungseinheit zum Umwandeln der Mehrzahl der ersten Bilder in eine Mehrzahl von zweiten Bildern, wenn diese an der Sollposition erfasst werden. Das Steuergerät umfasst eine Zusammensetzungseinheit zum Erzeugen eines zusammengesetzten Bildes, in dem die Mehrzahl der zweiten Bilder zusammengesetzt sind, und eine Einheit zum Verarbeiten des zusammengesetzten Bildes zum Durchführen der Erfassung und/oder Prüfung des Werkstücks auf der Erfassungsfläche auf der Basis des zusammengesetzten Bildes.



Beschreibung

Hintergrund der Erfindung

Gebiet der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Bildgebungsvorrichtung, die einen Sichtsensor zum Erfassen eines Bildes eines Werkstücks umfasst.

Beschreibung des Stands der Technik

[0002] Der Stand der Technik kennt ein Robotersystem, in dem eine Hand, die an einem Roboter befestigt ist, ein Werkstück erfasst, um das Werkstück zu transportieren. Wenn der Roboter ein Werkstück mit der Hand greift, kann das Werkstück an einer Position gegriffen werden, die von einer gewünschten Position abweicht. Ferner kennt der Stand der Technik ein Robotersystem, in dem ein Vorgangswerkzeug an einem Roboter befestigt ist, um einen vorgegebenen Vorgang an einem an einem Montagetisch befestigten Werkstück durchzuführen. Zum Zeitpunkt der Befestigung des Werkstücks am Montagetisch kann die Position des Werkstücks von einer gewünschten Position abweichen. Bei solch einem Robotersystem ist vorzugsweise ein genaues Wissen über die Positionsabweichung des vom Roboter gegriffenen Werkstücks in der Hand oder die Positionsabweichung des am Montagetisch befestigten Werkstücks vorhanden.

[0003] Seit kurzem werden von einer Kamera erfasste Bilder zum Erfassen der Positionsabweichung, die auftritt, wenn der Roboter ein Werkstück mit der Hand greift, oder der Positionsabweichung eines am Montagetisch befestigten Werkstücks verwendet. Beispielsweise ist die Kamera am Endteil des Arms des Roboters befestigt. Wenn die Position des auf dem Montagetisch angeordneten Werkstücks gemessen wird, erfasst die Kamera ein Bild des Werkstücks. Die Position des Werkstücks auf dem Montagetisch kann auf der Basis von Bildern des Werkstücks erfasst werden (beispielsweise japanische ungeprüfte Patentanmeldung Nr. 2015-160264 und japanische ungeprüfte Patentanmeldung Nr. 2003-305675).

Zusammenfassung der Erfindung

[0004] Zum Erfassen des am Montagetisch befestigten Werkstücks oder des vom Roboter getragenen Werkstücks kann ein Sichtsensor an einer vorgegebenen Position angeordnet sein, um das Bild des Werkstücks zu erfassen. Zum Erfassen des Werkstücks vom vom Sichtsensor erfassten Bild kann das Merkmal wie die Kontur des Werkstücks verwendet werden. Je nach Bedingung, unter der das Bild erfasst wird, ist aber das Bild gegebenenfalls nicht klar und das Bild, das zum Erfassen des Werkstücks geeignet ist, wird gegebenenfalls nicht erzielt. Beispielsweise kann sich die Stärke oder Richtung des Son-

nenlichts ändern, das durch ein Fenster eines Gebäudes einfällt, oder es kann sich die Stärke oder Richtung o. Ä. der in einem Gebäude angeordneten Beleuchtung ändern. Das heißt es kann sich die Stärke oder Richtung des Umgebungslichts in einigen Fällen ändern.

[0005] Wenn sich die Stärke oder Richtung des Umgebungslichts ändern, ändert sich die Helligkeit der Oberfläche des Werkstücks, das von einer Kamera erfasst werden soll, was zu einer Verringerung des Kontrastes des Bildes führen kann. Alternativ nimmt bei einem glänzenden Werkstück die Helligkeit aufgrund der normalen Lichtreflexion auf der Oberfläche des Werkstücks im Übermaß zu, was dazu führen kann, dass das Merkmal, etwa die Kontur des Werkstücks, nicht im Bild erscheinen kann. Das heißt es kann eine Lichthofbildung im Bild auftreten. Wenn ein Abschnitt, der das Merkmal, etwa die Kontur, umfasst, nicht im Bild angezeigt wird, kann das Werkstück nicht erfasst werden oder es können Zustände der Oberfläche des Werkstücks nicht ordnungsgemäß gemessen werden.

[0006] Eine Bildgebungsvorrichtung nach einem Aspekt der vorliegenden Offenbarung umfasst einen Sichtsensor, der ein erstes Bild eines Werkstücks erfasst, und eine Bewegungsvorrichtung, die das Werkstück oder den Sichtsensor bewegt, um eine relative Position des Werkstücks bzw. des Sichtsensors in Bezug aufeinander zu ändern. Die Bildgebungsvorrichtung umfasst eine Bildverarbeitungsvorrichtung, die das erste Bild verarbeitet. Die Bildverarbeitungsvorrichtung umfasst eine Speichereinheit, die einen Satz aus erstem Bild und einer Position der Bewegungsvorrichtung zum Zeitpunkt des Erfassens des ersten Bildes speichert. Eine Erfassungsfläche, die am Werkstück definiert ist, und eine Sollposition, die als eine Position der Bewegungsvorrichtung, werden vorab festgelegt und in der Speichereinheit gespeichert. Der Sichtsensor erfasst eine Mehrzahl von ersten Bildern, so dass sich relative Positionen des Sichtsensor in Bezug auf das Werkstück voneinander unterscheiden. Die Bildverarbeitungsvorrichtung umfasst eine Bildumwandlungseinheit, welche die Mehrzahl der ersten Bilder in eine Mehrzahl von zweiten Bildern, wenn angenommen wird, dass Bilder an der Sollposition erfasst werden, auf der Basis der Position der Bewegungsvorrichtung zum Zeitpunkt des Erfassens des Bildes des ersten Bildes umwandelt. Die Bildverarbeitungsvorrichtung umfasst eine Zusammensetzungseinheit, die ein zusammengesetztes Bild erzeugt, in dem die Mehrzahl der zweiten Bilder zusammengesetzt sind. Die Bildverarbeitungsvorrichtung umfasst eine Einheit zum Verarbeiten von zusammengesetzten Bildern, die eine Erfassung und/oder Prüfung des Werkstücks auf der Erfassungsfläche auf der Basis des zusammengesetzten Bildes durchführt.

[0007] Eine Bildgebungsvorrichtung gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Offenbarung umfasst eine Mehrzahl von Sichtsensoren, die jeweils ein erstes Bild eines Werkstück erfassen, ein ersten Fixierungsteil, der das Werkstück fixiert, und einen zweiten Fixierungsteil, der einen Sichtsensor fixiert. Die Bildgebungsvorrichtung umfasst eine Bildverarbeitungsvorrichtung, die das erste Bild verarbeitet. Die Mehrzahl der Sichtsensoren ist so angeordnet, dass die Bilder des Werkstücks von Positionen erfasst werden, die sich voneinander unterscheiden. Die Bildverarbeitungsvorrichtung umfasst eine Speichereinheit, die einen Satz aus von der Mehrzahl der Sichtsensoren erfasstem ersten Bild und Positionen der Sichtsensoren, welche die ersten Bilder erfassen, speichert. Eine Erfassungsfläche, die am Werkstück definiert ist, und eine Erfassungsposition, die als die Position der Sichtsensoren dient, verwendet zum Erfassen des Werkstücks, werden vorab ermittelt und in der Speichereinheit gespeichert. Die Bildverarbeitungsvorrichtung umfasst eine Bildumwandlungseinheit, welche die Mehrzahl der von der Mehrzahl der Sichtsensoren erfassten ersten Bilder in eine Mehrzahl von zweiten Bildern, wenn angenommen wird, dass die Bilder an der Erfassungsposition erfasst werden, auf der Basis der Position von jedem der Sichtsensoren umwandelt. Die Bildverarbeitungsvorrichtung umfasst eine Zusammensetzungseinheit, die ein zusammengesetztes Bild erzeugt, in dem die Mehrzahl der zweiten Bilder zusammengesetzt sind. Die Bildverarbeitungsvorrichtung umfasst eine Einheit zum Verarbeiten von zusammengesetzten Bildern, die eine Erfassung und/oder Prüfung des Werkstücks auf der Erfassungsfläche auf der Basis des zusammengesetzten Bildes durchführt.

Figurenliste

Fig. 1 zeigt eine Seitenansicht eines ersten Robotersystems gemäß einer Ausführungsform.

Fig. 2 zeigt ein Blockdiagramm eines Robotersystems gemäß der Ausführungsform.

Fig. 3 zeigt eine Seitenansicht eines Roboters zum Darstellen der Bewegung einer Kamera im ersten Robotersystem.

Fig. 4 zeigt eine Seitenansicht einer Kamera und eines Werkstücks zum Darstellen einer Erfassungsposition der Kamera.

Fig. 5 zeigt ein Diagramm von durch ein Steuergerät zu verarbeitenden Bildern.

Fig. 6 zeigt eine Seitenansicht der Kamera und die Erfassungsfläche zum Darstellen der Beziehung zwischen Pixeln in einem aktuell erfassten ersten Bild und Pixeln in einem zweiten Bild zum Zeitpunkt der Annahme, dass die Kamera an einer Erfassungsposition angeordnet ist.

Fig. 7 zeigt ein Diagramm zum Darstellen von durch Vergrößern des ersten Bildes, das aktuell erfasst wurde, ermittelten Pixeln.

Fig. 8 zeigt ein erläuterndes Diagramm in Bezug auf ein Verfahren zum Berechnen von Pixelwerten im zweiten Bild zum Zeitpunkt der Annahme, dass das Bild an der Erfassungsposition erfasst wird.

Fig. 9 zeigt eine Seitenansicht eines zweiten Robotersystems gemäß der Ausführungsform.

Fig. 10 zeigt eine weitere Seitenansicht des zweiten Robotersystems der Ausführungsform.

Fig. 11 zeigt eine Seitenansicht eines Fördersystems gemäß der Ausführungsform.

Fig. 12 zeigt ein Blockdiagramm des Fördersystems gemäß der Ausführungsform.

Fig. 13 zeigt eine Seitenansicht einer Bildgebungsvorrichtung gemäß der Ausführungsform.

Fig. 14 zeigt ein Blockdiagramm zum Darstellen der Bildgebungsvorrichtung gemäß der Ausführungsform.

Ausführliche Beschreibung

[0008] Nachfolgend ist eine Bildgebungsvorrichtung gemäß einer Ausführungsform in Bezug auf **Fig. 1** bis **Fig. 14** beschrieben. Die Bildgebungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Ausführungsform erfasst und/oder prüft ein Werkstück auf der Basis eines von einem Sichtsensor erfassten Bildes.

[0009] **Fig. 1** zeigt eine schematische Ansicht eines ersten Robotersystems gemäß der vorliegenden Ausführungsform. **Fig. 2** zeigt ein Blockdiagramm eines Robotersystems gemäß der vorliegenden Ausführungsform. Gemäß **Fig. 1** und **Fig. 2** umfasst ein Robotersystem **3** eine Hand **5**, die ein Werkstück **38** greift, und einen Roboter **1**, der die Hand **5** bewegt. Das Robotersystem **3** umfasst ein Steuergerät **2**, welches das Robotersystem **3** steuert. Ferner umfasst das Robotersystem **3** einen Montagetisch **95**, auf dem das Werkstück **38** montiert ist.

[0010] Die Hand **5** gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist ein Endeffektor, der das Werkstück **38** greift und loslässt. Der am Roboter **1** befestigte Endeffektor ist nicht auf diese Form beschränkt und es kann ein beliebiges Vorgangswerkzeug verwendet werden, das für den Vorgang geeignet ist, den das Robotersystem **3** durchführt. Beispielsweise kann als Endeffektor ein Vorgangswerkzeug zum Schweißen oder ein Vorgangswerkzeug zum Anbringen eines Dichtmaterials an der Oberfläche des Werkstücks o. Ä. verwendet werden. Ferner ist gegebenenfalls nur eine Kamera **6** an einem Handende des Roboters **1** befestigt, ohne dass ein Vorgangswerkzeug am Handende des Roboters **1** befestigt ist.

[0011] Der Roboter **1** gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist ein Gelenkroboter umfassend eine Mehrzahl von Gelenken **18**. Der Roboter **1** umfasst einen Oberarm **11** und einen Unterarm **12**. Der Unterarm **12** wird von einer Drehbasis **13** gestützt. Die Drehbasis **13** wird von einer Basis **14** gestützt. Der Roboter **1** umfasst ein Handgelenk **15**, das mit einem Endabschnitt des Oberarms **11** verbunden ist. Das Handgelenk **15** umfasst einen Flansch **16** zum Befestigen der Hand **5**. Ein Bestandteil des Roboters **1** ist so ausgebildet, dass er sich um eine vorgegebene Antriebsachse dreht. Die Form des Roboters ist nicht auf solche eine Form beschränkt und es kann ein beliebiger Roboter verwendet werden, der das Vorgangswerkzeug bewegen kann.

[0012] Der Roboter **1** gemäß der vorliegenden Ausführungsform umfasst eine Roboterantriebsvorrichtung **21**, die Bestandteile wie den Oberarm **11** antreibt. Die Roboterantriebsvorrichtung **21** umfasst Antriebsmotoren, die den Oberarm **11**, den Unterarm **12**, die Drehbasis **13** und das Handgelenk **15** antreiben. Richtungen der entsprechenden Bestandteile des Roboters **1** ändern sich am Gelenk **18**, wobei sich die Position und die Ausrichtung des Roboters **1** ändern. Die Hand **5** umfasst eine Handantriebsvorrichtung **22**, welche die Hand **5** antreibt. Die Handantriebsvorrichtung **22** gemäß der vorliegenden Ausführungsform treibt die Hand **5** durch pneumatischen Druck an. Die Handantriebsvorrichtung **22** umfasst eine Pneumatikpumpe und ein Magnetventil zum Versorgen von Zylindern mit Druckluft.

[0013] Das Steuergerät **2** steuert den Roboter **1** und die Hand **5**. Das Steuergerät **2** umfasst eine arithmetische Verarbeitungsvorrichtung (Rechner) mit einer CPU (Central Processing Unit) und ein RAM (Random Access memory) und ein ROM (Read Only Memory) u. Ä., die über einen Bus mit der CPU verbunden sind. Der Roboter **1** wird gemäß Betätigungsbeehlen vom Steuergerät **2** angetrieben. Der Roboter **1** transportiert das Werkstück **38** automatisch gemäß einem Betriebsprogramm **41**. Die Roboterantriebsvorrichtung **21** und die Handantriebsvorrichtung **22** werden vom Steuergerät **2** gesteuert.

[0014] Das Betriebsprogramm **41**, das vorab zum Betreiben des Roboters **1** vorbereitet wurde, wird am Steuergerät **2** eingegeben. Das Betriebsprogramm **41** wird in einer Speichereinheit **42** gespeichert. Eine Betriebssteuereinheit **43** sendet einen Betätigungsbefehl an eine Roboterantriebseinheit **44** zum Antreiben des Roboters **1** gemäß dem Betriebsprogramm **41**. Die Roboterantriebseinheit **44** umfasst eine elektrische Schaltung zum Antrieb von Antriebsmotoren und versorgt die Roboterantriebsvorrichtung **21** mit Strom gemäß Betätigungsbeehlen.

[0015] Ferner sendet die Betriebssteuereinheit **43** einen Betätigungsbefehl zum Antreiben der Handan-

triebsvorrichtung **22** an eine Handantriebseinheit **45**. Die Handantriebseinheit **45** umfasst eine elektrische Schaltung zum Antrieb der Pneumatikpumpe u. Ä. und versorgt die Pneumatikpumpe u. Ä. mit Strom gemäß Betätigungsbeehlen.

[0016] Der Roboter **1** umfasst einen Zustandsgeber zum Erfassen einer Position und einer Ausrichtung des Roboters **1**. Der Zustandsgeber gemäß der vorliegenden Ausführungsform umfasst einen Positionsgeber **23**, der an einem Antriebsmotor für jede Antriebsachse der Roboterantriebsvorrichtung **21** befestigt ist. Beispielsweise kann der Positionsgeber **23** Drehwinkel zum Zeitpunkt, zu dem der Antriebsmotor der Roboterantriebsvorrichtung **21** angetrieben wird, erfassen. Die Position und die Ausrichtung des Roboters **1** werden von der Ausgabe vom Positionsgeber **23** erfasst. Der Zustandsgeber ist nicht auf den Positionsgeber, der am Antriebsmotor befestigt ist, beschränkt und es kann ein beliebiger Geber verwendet werden, der die Position und die Ausrichtung des Roboters **1** erfassen kann.

[0017] Ein Referenzkoordinatensystem **71**, das sich nicht bewegt, wenn sich die Position und die Ausrichtung des Roboters **1** ändern, ist im Robotersystem **3** eingerichtet. Im in **Fig. 1** dargestellten Beispiel ist der Ursprung des Referenzkoordinatensystems **71** in der Basis **14** des Roboters **1** angeordnet. Das Referenzkoordinatensystem **71** wird ebenfalls als Weltkoordinatensystem bezeichnet. Im Referenzkoordinatensystem **71** ist die Position des Ursprungs festgelegt und die Richtung von jeder Koordinatenachse ist ebenfalls festgelegt. Weder die Position noch die Ausrichtung des Referenzkoordinatensystems **71** ändern sich, selbst wenn sich die Position und die Ausrichtung des Roboters **1** ändern. Das Referenzkoordinatensystem **71** weist eine X-Achse, eine Y-Achse und eine Z-Achse auf, die jeweils als eine Koordinatenachse dienen und senkrecht zueinander sind. Ferner ist eine W-Achse als eine Koordinatenachse um die X-Achse festgelegt. Eine P-Achse ist als eine Koordinatenachse um die Y-Achse festgelegt. Eine R-Achse ist als eine Koordinatenachse um die Z-Achse festgelegt.

[0018] Ferner ist ein Flanschkoordinatensystem **72** auf einer Fläche der Oberfläche des Flansches **16**, auf dem die Hand **5** befestigt ist, festgelegt. Das Flanschkoordinatensystem **72** wird ebenfalls als Handenden-Koordinatensystem bezeichnet. Der Ursprung des Flanschkoordinatensystems **72** ist auf der Drehachse des Flanschs **16** angeordnet. Das Flanschkoordinatensystem **72** weist eine X-Achse, eine Y-Achse und eine Z-Achse auf, die senkrecht zueinander sind. Ferner weist das Flanschkoordinatensystem **72** eine W-Achse um die X-Achse, eine P-Achse um die Y-Achse und eine R-Achse um die Z-Achse auf. Wenn sich die Position und die Ausrichtung des Roboters **1** ändern, ändern sich eben-

falls die Position des Ursprungs des Flanschkoordinatensystems **72** und die Ausrichtung des Koordinatensystems in Verbindung mit dem Flansch **16**. Durch Umwandeln von Koordinatenwerten des Flanschkoordinatensystems **72** durch eine Matrix können Koordinatenwerte des Referenzkoordinatensystems **71** berechnet werden. Ferner können durch Umwandeln von Koordinatenwerten des Referenzkoordinatensystems **71** durch eine Matrix Koordinatenwerte des Flanschkoordinatensystems **72** berechnet werden.

[0019] Das Robotersystem **3** gemäß der vorliegenden Ausführungsform umfasst eine Bildgebungsvorrichtung, die ein Erfassen und/oder Prüfen des Werkstücks **38** durchführt. Beim ersten Robotersystem **3** wird die Position des Werkstücks **38** auf dem Montagetisch **95** erfasst, bevor die Hand **5** das Werkstück **38** greift. Die Bildgebungsvorrichtung umfasst die Kamera **6**, die als ein Sichtsensor dient, der ein erstes Bild des Werkstücks **38** erfasst. Das erste Bild ist ein Bild, das durch aktuelles Erfassen des Bildes des Werkstücks **38** unter Verwendung der Kamera **6** ermittelt wird. Die Kamera **6** gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist eine Kamera, die ein zweidimensionales Bild erfasst. Die Kamera **6** wird vom Roboter **1** gestützt. Die Kamera **6** ist durch ein Stützelement am Handgelenk **15** befestigt. Die Kamera **6** ist am Roboter **1** befestigt, so dass das Bild des Werkstücks **38** erfasst werden kann, wenn der Roboter **1** seine Position und Ausrichtung ändert.

[0020] Die Bildgebungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Ausführungsform umfasst eine Bewegungsvorrichtung, die das Werkstück **38** und die Kamera **6** so bewegt, dass sich eine relative Position des Werkstücks bzw. der Kamera in Bezug aufeinander ändert. Beim Robotersystem **3** dient der Roboter **1** als Bewegungsvorrichtung und die Kamera **6** ist am Handende des Roboters **1** montiert. Wenn sich die Position und die Ausrichtung des Roboters **1** ändern, ändern sich ebenfalls die Position und die Ausrichtung der Kamera **6**. Ferner dient der Montagetisch **95** als ein Fixierungsteil zum Fixieren des Werkstücks **38**.

[0021] Die Bildgebungsvorrichtung umfasst eine Bildverarbeitungsvorrichtung, die das vom Sichtsensor erfasste erste Bild verarbeitet. Beim Robotersystem **3** gemäß der vorliegenden Ausführungsform dient das Steuergerät **2** als Bildverarbeitungsvorrichtung. Das Steuergerät **2** umfasst eine Bildsteuereinheit **51**. Die Bildsteuereinheit **51** umfasst eine Bildgebungssteuereinheit **57**, die an die Kamera **6** einen Befehl zum Erfassen eines Bildes sendet. Die Bildsteuereinheit **51** weist eine Funktion zum Verarbeiten eines von der Kamera **6** erfassten ersten Bildes auf. Die Bildsteuereinheit **51** umfasst eine Speichereinheit **56**, die Informationen zur Bildgebung des Werkstücks **38** speichert.

[0022] Fig. 3 zeigt eine Seitenansicht des Roboters zur Darstellung der Bewegung der Kamera, wenn das Bild des Werkstücks erfasst wird. Wenn sich die Position und die Ausrichtung des Roboters **1** ändern, ändern sich die Position und die Ausrichtung der Kamera **6**. Die Kamera **6** kann an einer beliebigen Position angeordnet sein, an der das Bild des Werkstücks **38** erfasst werden kann. Beim ersten Robotersystem **3** werden die Bilder des Werkstücks **38** an einer Mehrzahl von vorgegebenen Positionen der Kamera **6** erfasst. Die Kamera **6** erfasst eine Mehrzahl von ersten Bildern an verschiedenen Bildgebungspositionen. Beim in Fig. 3 dargestellten Beispiel erfasst die Kamera **6** das Bild des Werkstücks **38** an der Position P6a. Anschließend, nachdem der Roboter **1** die Kamera **6** von der Position P6a zur Position P6B bewegt wie durch den Pfeil **91** angegeben, erfasst die Kamera **6** das Bild des Werkstücks **38**.

[0023] Ferner, nachdem der Roboter **1** die Kamera **6** zur Position P6c bewegt wie durch den Pfeil **92** angegeben, erfasst die Kamera **6** das Bild des Werkstücks **38**. Auf diese Weise wird eine Mehrzahl von ersten Bildern des Werkstücks **38** erfasst, so dass sich eine Mehrzahl von relativen Positionen der Kamera **6** in Bezug auf das Werkstück **38** voneinander unterscheidet. Die Mehrzahl der Positionen **P6a**, **P6b**, **P6c** der Kamera **6**, an der die ersten Bilder erfasst werden, sind vorgegeben. Ferner sind die Positionen und die Ausrichtungen des Roboters **1**, die den Positionen **P6a**, **P6b**, **P6c** entsprechen, im Betriebsprogramm **41** festgelegt. Die Kamera **6** erfasst eine Mehrzahl von ersten Bildern an einer Mehrzahl von vorgegebenen Positionen und Ausrichtungen des Roboters **1**.

[0024] Die Kamera **6** kann eine Mehrzahl von ersten Bildern erfassen, ohne die Mehrzahl der Positionen und Ausrichtungen des Roboters **1** vorzugeben. Beispielsweise kann die Ausgangsposition der Kamera **6** als die Position **P6a** festgelegt werden und die Position der Kamera **6** nach dem Bewegen kann als Position **P6b** festgelegt werden. Die Bilder des Werkstücks **38** können in konstanten Zeitintervallen während der Zeit, in der die Kamera **6** von der Position **P6a** zur Position **P6b** bewegt wird, während der Roboter **1** angetrieben wird, erfasst werden. In solch einem Fall ist es erforderlich, dass die Positionen und die Ausrichtungen des Roboters **1** zum Zeitpunkt, zu dem die Kamera **6** die ersten Bilder erfasst, mit den entsprechenden ersten Bildern verknüpft werden, um einen Satz aus erstem Bild und der Position und der Ausrichtung des Roboters **1** zu bilden, und dieser Satz wird in der Speichereinheit **56** gespeichert. Zwar werden hier die Position und die Ausrichtung des Roboters **1** gespeichert; aber die Ausführung ist nicht hierauf beschränkt. Die Position und die Ausrichtung der Kamera **6** oder eine andere Position, die auf der Basis der Position und der Ausrichtung des Roboters **1** berechnet werden können, kann in der Speichereinheit **56** gespeichert werden.

[0025] Fig. 4 zeigt eine Seitenansicht zum Erläutern der Positionen der Kamera, an denen die Bilder des Werkstücks erfasst werden, und der Position der Kamera, die einem zum Erfassen des Werkstücks verwendeten Bild entspricht. In der vorliegenden Ausführungsform wird eine zum Erfassen des Werkstücks 38 verwendete Erfassungsfläche 75 vorab am Werkstück 38 definiert. Die Bildsteuereinheit 51 erfasst die Position des Werkstücks 38 auf der Erfassungsfläche 75. Die Erfassungsfläche 75 kann so festgelegt werden, dass sie sich entlang der Fläche eines Teils des Werkstücks 38 erstreckt. Insbesondere kann die Erfassungsfläche 75 so festgelegt werden, dass sie die Fläche eines Teils des Werkstücks 38 umfasst. Die Bildsteuereinheit 51 verwendet auf dieser Fläche gezeigte Merkmalspunkte oder Helligkeitswerte, um eine Erfassung und/oder Prüfung des Werkstücks 38 durchzuführen. Die Erfassungsfläche 75 kann im Referenzkoordinatensystem 71 ausgedrückt werden. Informationen über die Erfassungsfläche 75 werden in der Speichereinheit 56 gespeichert. Es können verschiedene Abschnitte für die Merkmalspunkte verwendet werden und bei der vorliegenden Ausführungsform werden Randpunkte als Merkmalspunkte verwendet. Die Randpunkte sind Punkte, an denen der Stärkegradient im Bild groß ist, und können zum Ermitteln der Form der Kontur des Werkstücks 38 verwendet werden. Das Verfahren zum Extrahieren von Randpunkten entspricht dem Stand der Technik und daher wird auf eine Erläuterung von diesem verzichtet.

[0026] Die Positionen, an denen die Kamera 6 erste Bilder erfasst, sind die Positionen P6a, P6b, P6c. Wiederum wird eine Erfassungsposition P6d, die eine Position der Kamera 6 ist, an der das Werkstück 38 erfasst wird, vorab ermittelt. Die Erfassungsposition P6d ist eine von einem Bediener festgelegte imaginäre Position. Die Erfassungsposition P6d kann auf eine beliebige Position festgelegt werden, an der die Kamera 6 das Bild des Werkstücks 38 erfassen kann. Ferner werden die Position und Ausrichtung des Roboters 1, die zum Anordnen der Kamera 6 an der Erfassungsposition 6d verwendet werden, als Sollposition der Bewegungsvorrichtung vorgegeben. Die Position und die Ausrichtung des Roboters 1 werden in der Speichereinheit 56 gespeichert. Informationen über die Erfassungsposition P6d der Kamera 6 können durch Verwenden des Referenzkoordinatensystems 71 in der Speichereinheit 56 gespeichert werden. Die Erfassungsposition P6d ist nicht auf eine imaginäre Position beschränkt und es kann eine Position aus Positionen der Kamera 6 ausgewählt werden, an denen eine Mehrzahl von ersten Bildern erfasst wird.

[0027] Fig. 5 zeigt eine schematische Ansicht zum Erläutern eines in der vorliegenden Ausführungsform erfassten erstens Bildes und von Verarbeitungen des ersten Bildes. Gemäß Fig. 2, Fig. 4 und Fig. 5 erfasst

die Kamera 6 erste Bilder 61a, 61b, 61c an den Positionen P6a, P6b, P6c. Das erste Bild 61a ist ein von der Kamera 6 an der Position P6a erfasstes Bild, das erste Bild 61b ist ein von der Kamera 6 an der Position P6b erfasstes Bild und das erste Bild 61c ist ein von der Kamera 6 an der Position P6c erfasstes Bild. Anschließend wandelt die Bildsteuereinheit 51 die ersten Bilder 61a, 61b, 61c jeweils in zweite Bilder 62a, 62b, 62c um, wenn sie an der Erfassungsposition P6d erfasst werden, wie durch den Pfeil 93 angegeben.

[0028] Die zweiten Bilder 62a, 62b, 62c sind unter der Annahme, dass das Werkstück 38, das in den von der Kamera 6 erfassten ersten Bildern 61a, 61b, 61c dargestellt ist, von der Erfassungsposition P6d erfasst wird, ermittelte Bilder. Das zweite Bild 62a ist ein durch Umwandeln des erstens Bildes 61a in dieses ermittelte Bild, das zweite Bild 62b ist ein durch Umwandeln des ersten Bildes 61b in dieses ermittelte Bild und das zweite Bild 62c ist ein durch Umwandeln des ersten Bildes 61c in dieses ermittelte Bild.

[0029] Anschließend setzt die Bildsteuereinheit 51 die Mehrzahl der zweiten Bilder 62a, 62b, 62c zusammen, um ein zusammengesetztes Bild 63 zu erzeugen wie durch den Pfeil 94 angegeben. Einige Randpunkte des Werkstücks 38 können in den ersten Bildern 61a, 61b, 61c, die aktuell erfasst wurden, unklar sein. Beispielsweise kann die Linie der Kontur des Werkstücks 38 aufgrund des Auftretens einer Lichthofbildung an einem Abschnitt 65 des ersten Bildes 61b, das aktuell erfasst wurde, unklar sein. Auch in solch einem Fall kann der unklare Abschnitt durch Erzeugen des zusammengesetzten Bildes 63 geschlossen werden.

[0030] Somit kann die Bildsteuereinheit 51 die Position des Werkstücks 38 genau erfassen. Danach korrigiert die Betriebssteuereinheit 43 die Position und die Ausrichtung des Roboters 1 auf der Basis der Position des Werkstücks 38. Diese Steuerung ermöglicht der Hand 5 das Greifen des Werkstücks 38.

[0031] Nachfolgend ist in Bezug auf Fig. 2 bis Fig. 5 eine Steuerung der vorliegenden Ausführungsform ausführlich beschrieben. Der Bediener führt vorab eine Kalibrierung der Kamera 6 durch. Es wird angenommen, dass Kalibrierdaten 59 ermittelt werden, um eine Beziehung zwischen einem Kamerakoordinatensystem, das als Basis für die Messverarbeitung durch die Kamera 6 dient, und dem Referenzkoordinatensystem herzustellen. Die Kalibrierdaten 59 werden in der Speichereinheit 42 gespeichert. Die Bildsteuereinheit 51 ermittelt die Kalibrierdaten 59 von der Speichereinheit 42 und speichert diese in der Speichereinheit 56. Die Kalibrierdaten 59 umfassen intrinsische Parameter umfassend Informationen beispielsweise zur Brennweite der Kamera 6 und Verzerrung einer Linse. Ferner umfassen die Kalibrierda-

ten **59** extrinsische Parameter umfassend eine relative Positionsbeziehung des Flanschkoordinatensystems **72** in Bezug auf das Bildkoordinatensystem **73** im von der Kamera **6** erfassten ersten Bild.

[0032] Ferner gibt der Bediener Eingabedaten **58** am Steuergerät **2** ein. Die Eingabedaten **58** werden in der Speichereinheit **42** gespeichert. Die Bildsteuereinheit **51** ermittelt die Eingabedaten **58** von der Speichereinheit **42** und speichert diese in der Speichereinheit **56**. Die Eingabedaten **58** umfassen Informationen zur Erfassungsfläche **75**. Die Erfassungsfläche **75** kann auf einer ebenen Fläche festgelegt werden.

[0033] Alternativ kann die Erfassungsfläche **75** eine Kurve umfassen oder kann durch Verbinden einer Mehrzahl von Polygonen miteinander gebildet werden.

[0034] Die Erfassungsfläche **75** gemäß der vorliegenden Ausführungsform wird vorab von einem Bediener festgelegt. Die Erfassungsfläche ist nicht auf diesen Modus beschränkt und es kann auch eine vorgegebene Fläche des Werkstücks durch Verwenden eines anderen Sensors gemessen werden und eine Erfassungsfläche wird so festgelegt, dass sie diese vorgegebene Fläche umfasst.

[0035] Ferner gibt der Bediener vor, welche Position des Bildes verwendet wird, um ein zusammengesetztes Bild zu erzeugen, das am Ende zu erzeugen ist. Die Eingabedaten **58** umfassen die Position und die Ausrichtung des Roboters **1**, um die Kamera **6** an der Erfassungsposition **P6d** zum Erfassen der Position des Werkstücks **38** anzuordnen. Für ein Bild, das der Erfassungsposition **P6d** entspricht, können Bedingungen verwendet werden, die sich von Bildgebungsbedingungen unterscheiden, wenn das Bild des Werkstücks **38** aktuell erfasst wird. Beispielsweise können für ein Bild, das der Erfassungsposition **P6d** entspricht, Werte festgelegt werden, die sich von denen, die verwendet werden, wenn ein Bild aktuell erfasst wird, in Bezug auf Brennweite, Blickwinkel, Pixelzahl, Linsenverzerrung u. Ä. der Kamera unterscheiden. Diese Informationsteile können in den Eingabedaten **58** enthalten sein.

[0036] Die Position und die Ausrichtung des Roboters **1** zum Erfassen des ersten Bildes werden vorab im Betriebsprogramm **41** festgelegt. Gemäß dem Betriebsprogramm **41** ändert die Betriebssteuereinheit **43** die Position und die Ausrichtung des Roboters **1**, um das Bild des Werkstücks **38** zu erfassen. Die Bildgebungssteuereinheit **57** sendet an die Kamera **6** einen Befehl zum Erfassen des Bildes des Werkstücks **38**, wenn der Roboter **1** die Position und die Ausrichtung erreicht, die vorgegeben wurden. Die Kamera **6** erfasst Bilder des Werkstücks **38** an einer Mehrzahl von vorgegebenen Positionen **P6a**, **P6b**, **P6c**. In **Fig. 3** werden zwar die ersten Bilder **61a**, **61b**, **61c** an

den Positionen **P6a**, **P6b**, **P6c** erfasst; aber die Ausführungsform ist nicht hierauf beschränkt und es können zwei oder mehr erste Bilder von beliebigen Positionen erfasst werden. Für die Position der Kamera **6**, die das Bild des Werkstücks **38** erfasst kann eine beliebige Position gewählt werden, an der das Werkstück **38** im Sichtfeld der Kamera **6** liegt. Auf diese Weise werden die Bilder des Werkstücks **38** von einer Mehrzahl von Blickpunkten erfasst.

[0037] Im in **Fig. 3** dargestellten Beispiel wird zwar eine Mehrzahl von Antriebsachsen des Roboters **1** angetrieben; die Ausführungsform ist aber nicht hierauf beschränkt und es kann eine einzelne Antriebsachse betrieben werden, um die Position der Kamera **6** zu ändern. Durch Verwenden dieser Steuerung wird ein Fehler verhindert, der auftritt, wenn der Bestandteil des Roboters **1** an der Antriebsachse in Betrieb ist. Ferner ist, obgleich sich die Richtung der Kamera **6** (Richtung der optischen Achse) im in **Fig. 3** dargestellten Beispiel ändert, die Ausführungsform nicht hierauf beschränkt und es kann ein paralleles Verschieben der Kamera **6** ohne Ändern der Richtung der Kamera **6** durchgeführt werden.

[0038] Die Bildsteuereinheit **51** umfasst eine Positionserfassungseinheit **52**, die eine relative Position der Kamera **6** in Bezug auf das Werkstück **38** ermittelt. Die Positionserfassungseinheit **52** ermittelt die Position und die Ausrichtung des Roboters **1**, wenn das Bild des Werkstücks **38** erfasst wird. Die Positionserfassungseinheit **52** berechnet die Position der Kamera **6**, wenn das Bild des Werkstücks **38** erfasst wird, auf der Basis der Position und der Ausrichtung des Roboters **1** und der Kalibrierdaten **59**. Die Speichereinheit **56** speichert eine Mehrzahl der von der Kamera **6** an einer Mehrzahl von Positionen erfassten ersten Bilder. Ferner speichert die Speichereinheit **56** einen Satz aus Position und Ausrichtung des Roboters **1**, wenn das erste Bild erfasst wird, und das erste Bild.

[0039] Das Bildsteuergerät **51** umfasst eine Bildumwandlungseinheit **53**, die eine Mehrzahl der von der Kamera **6** erfassten ersten Bilder **61a**, **61b**, **61c** in eine Mehrzahl der zweiten Bilder **62a**, **62b**, **62c**, wenn angenommen wird, dass die Bilder an der Erfassungsposition **P6d** erfasst werden, auf der Basis der relativen Position der Kamera **6** in Bezug auf die Erfassungsfläche **75** umwandelt. In diesem Beispiel wandelt die Bildumwandlungseinheit **53** die ersten Bilder **61a**, **61b**, **61c** auf der Basis der Positionen und der Ausrichtungen des Roboters **1** um, wenn die Bilder des Werkstücks **38** erfasst werden, wobei die Position und die Ausrichtung so gespeichert werden, dass sie mit den ersten Bildern **61a**, **61b**, **61c** verknüpft werden. Die Bildumwandlungseinheit **53** führt eine Umwandlung in zweite Bilder **62a**, **62b**, **62c** des Werkstücks **38** durch, von denen jedes ermittelt wird, wenn angenommen wird, dass in den ersten Bildern

61a, 61b, 61c enthaltene Werkstücke **38** jeweils an der Sollposition des Roboters **1** erfasst werden, die der Erfassungsposition **P6d** entspricht. Die zweiten Bilder **62a, 62b, 62c** können als von der gleichen imaginären Position erfasste imaginäre Bilder bezeichnet werden. Nachfolgend ist ein Prozess beschrieben, in dem die ersten Bilder **61a, 61b, 61c**, die aktuell in **Fig. 5** erfasst werden, in ein zweites Bild **62a** beim Erfassen an der Erfassungsposition **P6d** umgewandelt werden.

[0040] **Fig. 6** zeigt eine Seitenansicht zum Erläutern der Sichtlinie der Kamera, wenn das erste Bild aktuell erfasst wird, und die Sichtlinie der an der Erfassungsposition angeordneten Kamera. **Fig. 6** zeigt die an der Position **P6c** angeordnete Kamera **6**, an der die Bildgebung aktuell durchgeführt wird, und die an der Erfassungsposition **P6d** angeordnete Kamera **6**. Es können Bildgebungsflächen **76c, 76d** im Blickwinkel der Kamera **6** festgelegt werden. Die Bildgebungsflächen **76c, 76d** simulieren jeweils eine Fläche eines Bildsensors, etwa eines CCD-(Charge-Coupled-Device-)Sensors und eines CMOS-(Complementary-Metal-Oxide-Semiconductor-)Sensors, die in der Kamera **6** angeordnet sind.

[0041] Wie im ersten Bild **61c** in **Fig. 5** dargestellt kann ein Bildkoordinatensystem **73** im von der Kamera **6** erfassten Bild festgelegt werden. Das Bildkoordinatensystem **73** ist ein zweidimensionales Koordinatensystem im erfassten Bild, wobei eine vorgegebene Position der Ursprung von diesem ist. Das Bildkoordinatensystem **73** weist eine X-Achse und eine Y-Achse auf, die senkrecht zueinander sind. Eine Position im Bild kann durch Verwenden des Koordinatenwerts des Bildkoordinatensystems **73** spezifiziert werden. Ferner kann das Bildkoordinatensystem **73** auf den Bildgebungsflächen **76c, 76d** festgelegt werden.

[0042] Wenn die Kalibrierdaten **59** auf der Kamera **6** ermittelt wurden und ein dreidimensionaler Punkt (nachfolgend als Betrachtungspunkt bezeichnet) im Referenzkoordinatensystem **71** vorgegeben wurde, kann die Position des dreidimensionalen Punkt auf dem Bild, das heißt des zweidimensionalen Punkts im Bildkoordinatensystem **73**, berechnet werden. Ferner kann, wenn ein zweidimensionaler Punkt, der als ein Bild an einem vorgegebenen Betrachtungspunkt dient, im Bildkoordinatensystem **73** vorgegeben ist, die Sichtlinie (dreidimensionale gerade Linie, die durch den Betrachtungspunkt und den Brennpunkt der Kamera **6** läuft) im Referenzkoordinatensystem **71** berechnet werden. Wenn ein Punkt im ersten Bild **61c** ausgewählt wird, kann die Kamera **6** eine Sichtlinie **77c** entsprechend dem einen Punkt und sich von der Kamera **6** erstreckend berechnet werden. Die Sichtlinie **77c** kann durch Verwenden des Flanschkoordinatensystems **72** ausgedrückt werden.

[0043] Das heißt auf der Basis eines beliebigen Punkts im Bildkoordinatensystem **73** kann die Sichtlinie **77c** der Kamera **6** im Flanschkoordinatensystem **72** ermittelt werden. Ferner können auf der Basis der Position und Ausrichtung des Roboters **1** die Position des Ursprungs des Flanschkoordinatensystems **72** und die Ausrichtung des Flanschkoordinatensystems **72** im Referenzkoordinatensystem **71** ermittelt werden. Somit kann die im Flanschkoordinatensystem **72** ausgedrückte Sichtlinie **77c** in die im Referenzkoordinatensystem **71** ausgedrückte Sichtlinie **77c** umgewandelt werden.

[0044] Wenn hingegen ein Punkt im Referenzkoordinatensystem **71** festgelegt wird, kann die Sichtlinie **77c** im Referenzkoordinatensystem **71** berechnet werden. Ferner kann auf der Basis der Sichtlinie **77c** im Referenzkoordinatensystem **71** eine Position des entsprechenden Punkts im Bildkoordinatensystem **73** berechnet werden.

[0045] Nachfolgend sind in Bezug auf **Fig. 4** bis **Fig. 6** als Beispiel ein erstes Bild **61c** entsprechend der Position **P6c** und ein zweites Bild **62c** nach der Umwandlung beschrieben. Die Bildumwandlungseinheit **53** wählt den Mittelpunkt in einem beliebigen Pixel im zweiten Bild **62c** aus, bei dem angenommen wird, das es von der an der Erfassungsposition **P6d** angeordneten Kamera **6** erfasst wird. Beispielsweise wählt die Bildumwandlungseinheit **53** einen Punkt **64b** aus, welcher der Mittelpunkt in einem Pixel ist. Die Bildumwandlungseinheit **53** berechnet die im Flanschkoordinatensystem **72** ausgedrückte Sichtlinie **77d** auf der Basis der Position des Punkts **64b** im Bildkoordinatensystem **73**. Ferner berechnet die Bildumwandlungseinheit **53** die im Referenzkoordinatensystem **71** ausgedrückte Sichtlinie **77d**.

[0046] Die Bildumwandlungseinheit **53** berechnet einen Schnittpunkt **78** zwischen der Sichtlinie **77d** und der Erfassungsfläche **75**. Die Position dieses Schnittpunkts **78** kann im Referenzkoordinatensystem **71** ausgedrückt werden. Anschließend berechnet die Bildumwandlungseinheit **53** die durch den Schnittpunkt **78** laufende Sichtlinie **77c** in Verbindung mit der an der Position **P6c** angeordneten Kamera **6**, an der die Bildgebung aktuell durchgeführt wird. Die Bildumwandlungseinheit **53** ändert die im Referenzkoordinatensystem **71** ausgedrückte Sichtlinie **77c** in die im Flanschkoordinatensystem **72** ausgedrückte Sichtlinie **77c** um. Ferner berechnet die Bildumwandlungseinheit **53** die Position im Bildkoordinatensystem **73** auf der Bildgebungsfläche **76c**, an die Bildgebung aktuell durchgeführt wird, auf der Basis der Sichtlinie **77c**. Auf diese Weise kann die Position des Punkts **64a** im ersten Bild **61c** berechnet werden.

[0047] **Fig. 7** zeigt eine vergrößerte Ansicht zum Darstellen eines ersten Bildes, das aktuell erfasst wird. **Fig. 7** zeigt Pixel **85a, 85b, 85c** in der Nachbar-

schaft des Punkts **64a**, der dem Punkt **64b** im zweiten Bild **62c** entspricht. Die Position des Punkts **64a** dient als entsprechende Position, die dem Mittelpunkt **64b** des Pixels im zweiten Bild **62c** an der Erfassungsposition **P6d** entspricht. Der Punkt **64a** ist im Pixel **85a** umfassend den Mittelpunkt **81a** angeordnet. Somit kann die Bildumwandlungseinheit **53** einen Wert eines Pixels, von dem die Mitte der Punkts **64b** im zweiten Bild **62c** ist, auf einen Pixelwert des Pixels **85a** im ersten Bild **61c** festlegen. Der Wert des Pixels stellt einen Wert betreffend Leuchtdichte oder Farbe des Pixels dar oder er kann gegebenenfalls die Helligkeit verwenden.

[0048] Die Bildumwandlungseinheit **53** führt die Berechnung des Pixelwerts im zweiten Bild **62c** für alle im zweiten Bild **62c** enthaltene Pixel durch. Durch Verwenden dieser Steuerung kann die Bildumwandlungseinheit **53** das zweite Bild **62c** erzeugen.

[0049] Wenn eine Position im ersten Bild **61c**, die einer Position im zweiten Bild **62c** entspricht, außerhalb des Bereichs des ersten Bildes **61c** liegt, kann ein vorgegebener Wert für den Wert des Pixels im zweiten Bild **62c** festgelegt werden. Im Beispiel des zweiten Bildes **62c** in **Fig. 5** wird, wenn kein entsprechendes Pixel im ersten Bild **61c**, das von der Kamera **6** erfasst wird, vorhanden ist, die Helligkeit des Pixels im zweiten Bild **62c** auf Null festgelegt. Das heißt der Pixelwert wird so festgelegt, dass er im zweiten Bild **62c** schwarz ist.

[0050] Ferner kann zum genauen Ermitteln des Pixelwerts der Pixelwert des Pixels **85b**, **85c** in der Nachbarschaft des Pixels **85a** umfassend den Punkt **64a** im ersten Bild **61c** zum Berechnen des Pixelwerts des Pixels im zweiten Bild **62c** verwendet werden. In der vorliegenden Ausführungsform wird eine lineare Interpolation zwischen Pixelwerten einer Mehrzahl von Pixeln **85b**, **85c** in der Nähe des Punkts **64a** und dem Pixelwert des Pixels **85a** umfassend den Punkt **64a** durchgeführt, wodurch der Wert des Pixels umfassend den Punkt **64b** im zweiten Bild **62c** berechnet wird.

[0051] Die Bildumwandlungseinheit **53** ermittelt die Position des Punkts **64a** in Bezug auf den Mittelpunkt **81a** im Pixel **85a**. Im in **Fig. 7** dargestellten Beispiel ist der Punkt **64a** rechts vom Mittelpunkt **81a** angeordnet und ist niedriger als der Mittelpunkt **81a** angeordnet. Die Bildumwandlungseinheit **53** wählt das Pixel **85b** und das Pixel **85c** als zwei Pixel aus, die am nächsten zum Punkt **64a** sind.

[0052] **Fig. 8** zeigt ein Diagramm zum Erläutern einer angewendeten Interpolation, wenn der Wert des Pixels im zweiten Bild berechnet wird. Die Mittelpunkte **81a**, **81b**, **81c** der entsprechenden Pixel **85a**, **85b**, **85c** werden im Bildkoordinatensystem **73** umfassend die X-Achse und die Y-Achse festgelegt. Ferner wird

eine Koordinatenachse, die Bezug zu Pixelwerten steht, so festgelegt, dass sie senkrecht zur X-Achse und zur Y-Achse ist. Die Bildumwandlungseinheit **53** berechnet eine Ebene **82**, die durch die Pixelwerte der entsprechenden Mittelpunkte **81a**, **81b**, **81c** läuft. Die Bildumwandlungseinheit **53** berechnet eine Linie, die sich vom Punkt **64a** erstreckt und senkrecht zur Ebene umfassend die X-Achse und die Y-Achse ist. Die Bildumwandlungseinheit **53** berechnet einen Schnittpunkt **83** zwischen dieser Linie und der Ebene **82**. Die Bildumwandlungseinheit **53** kann den Pixelwert des Schnittpunkts **83** als Pixelwert des Pixels umfassend den Punkt **64b** im zweiten Bild **62c** verwenden.

[0053] Wie zuvor beschrieben kann die Kamera **6** eine Mehrzahl von ersten Bildern erfassen, in denen sich die Positionen für die Bildgebung voneinander unterscheiden. Die Bildumwandlungseinheit **53** wandelt die Mehrzahl der ersten Bilder um, um eine Mehrzahl der zweiten Bilder zu erzeugen, die der Erfassungsposition entsprechen. Die Bildumwandlungseinheit **53** berechnet die entsprechenden Positionen in den ersten Bildern, die Pixeln in zweiten Bildern entsprechen. Die Bildumwandlungseinheit **53** kann den Wert des Pixels im zweiten Bild auf der Basis des Werts des Pixels umfassend die entsprechende Position im ersten Bild und des Werts des Pixels angrenzend an das Pixel umfassend die entsprechende Position berechnen. Durch Anwenden dieser Steuerung kann der Pixelwert genauer im Bild nach der Umwandlung berechnet werden.

[0054] Ferner kann wie zuvor beschrieben die Bildumwandlungseinheit **53** den Wert des Bildes im zweiten Bild durch Interpolation oder Extrapolation auf der Basis des Werts des Pixels umfassend eine entsprechende Position und von Werten einer Mehrzahl von Pixeln in der Nähe der entsprechenden Position berechnen. Durch Anwenden dieser Steuerung kann der Pixelwert des Pixels im zweiten Bild auf eine genauere Weise berechnet werden, selbst die entsprechende Position nicht mit der Mittel des Pixels im ersten Bild übereinstimmt. In der zuvor beschriebenen Ausführungsform werden zwar Pixelwerte von zwei Pixeln verwendet, die am nächsten zur entsprechenden Position sind; die Ausführungsform ist aber nicht hierauf beschränkt und es können Pixelwerte von drei oder mehr Pixeln verwendet werden, die nahe der entsprechenden Position sind.

[0055] Gemäß **Fig. 2** und **Fig. 5** kann die Bildumwandlungseinheit **53** zweite Bilder **62a**, **62b**, **62c** auf der Basis der ersten Bilder **61a**, **61b**, **61c**, die aktuell erfasst werden, erzeugen, so dass diese Erfassungspositionen entsprechen.

[0056] Die Bildsteuereinheit **51** umfasst eine Zusammensetzungseinheit **54**, die eine Mehrzahl von zweiten Bildern **62a**, **62b**, **62c** zusammensetzt, die von

der Bildumwandlungseinheit **53** umgewandelt werden, um ein zusammengesetztes Bild **63** zu erzeugen, das dem Bild entspricht, das an der Erfassungsposition erfasst wird. Die Zusammensetzungseinheit **54** setzt die Mehrzahl der zweiten Bilder **62a**, **62b**, **62c** zusammen, um das zusammengesetzte Bild **63** wie durch den Pfeil **94** angegeben zu erzeugen.

[0057] Die Zusammensetzungseinheit **54** berechnet den Wert des im zusammengesetzten Bild **63** enthaltenen Pixels auf der Basis von Werten von in den zweiten Bildern **62a**, **62b**, **62c** enthaltenen Pixeln. Die Zusammensetzungseinheit **54** wählt ein Pixel aus, von dem der Mittelpunkt ein Punkt **64c** im zusammengesetzten Bild **63** ist. Ferner kann die Zusammensetzungseinheit **54** den Durchschnittswert von Werten von Pixeln in den zweiten Bildern **62a**, **62b**, **62c**, wobei die Pixel jeweils den Punkt **64c** als Mitte hier von aufweisen, für den Wert des Pixels des Punkts **64c** im zusammengesetzten Bild **63** festlegen. Alternativ kann die Zusammensetzungseinheit **54** den minimalen Wert oder den maximalen Wert von Pixelwerten in den zweiten Bildern **62a**, **62b**, **62c** für den Wert des Pixels im zusammengesetzten Bild **63** festlegen. Beispielsweise kann durch Verwenden des Durchschnittswerts, des Medianwerts oder des minimalen Werts von Werten von Pixeln in den zweiten Bildern **62a**, **62b**, **62c** der Wert des Pixels eines unklaren Abschnitts aufgrund einer Lichthofbildung ausgeschlossen werden. Ferner kann die Zusammensetzungseinheit **54** die Statistik von Werten von Pixeln in der Mehrzahl der von der Bildumwandlungseinheit **53** umgewandelten zweiten Bilder **62a**, **62b**, **62c** für den Wert des Pixels im zusammengesetzten Bild **63** festlegen.

[0058] Ferner kann die Zusammensetzungseinheit **54** ein Pixel ausschließen, dessen Pixelwert sehr groß ist oder dessen Pixelwert sehr klein ist. Der Bediener kann Ausreißer in Verbindung mit dem Pixelwert vorgeben. Die Zusammensetzungseinheit **54** kann ein Pixel ausschließen, dessen Pixelwert außerhalb eines vorgegebenen Bereichs auf der Basis der Ausreißer liegt. Ferner kann die Zusammensetzungseinheit **54** Werte von allen Pixeln ermitteln und Ausreißer durch Verwenden eines statistischen Verfahrens festlegen. Alternativ kann ein Pixel umfassend einen Ausreißer durch Verwenden eines Werts, der von einem Pixelwert wie einem Stärkegradienten berechnet werden kann, statt durch Verwenden des Pixelwerts selbst ausgeschlossen werden.

[0059] Ein schwarzer Abschnitt, in dem die Helligkeit auf Null festgelegt ist, ist in den zweiten Bildern **62a**, **62b**, **62c** vorhanden. Die Zusammensetzungseinheit **54** kann den Pixelwert dieses Abschnitts ausschließen, um einen Pixelwert beim Erzeugen des zusammengesetzten Bildes **63** zu berechnen. Die richtige Form ist nicht dargestellt für die Form eines Abschnitts des Werkstücks **38**, der außerhalb der Erfas-

sungsfläche **75** liegt. Aber ein anderer Abschnitt als ein Abschnitt mit Merkmalen auf der Erfassungsfläche **75** wird durch Zusammensetzen einer Mehrzahl von zweiten Bildern unklar gemacht. Ein Abschnitt, der außerhalb der Erfassungsfläche **75** liegt, verursacht keine Probleme, da die Erfassung des Werkstücks **38** durch Verwenden eines Abschnitts auf der Erfassungsfläche **75** erfolgt, die Merkmale aufweist.

[0060] Die Bildgebungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Ausführungsform kann eine Wirkung von Umgebungslicht oder eine Wirkung einer Verringerung des Kontrastes je nach Beleuchtung oder Neigung eines Werkstücks verringern. Ferner kann, wenn die Lichthofbildung auftritt, ein Abschnitt, in dem die Lichthofbildung auftritt, korrigiert werden. Somit kann ein klares Bild erzeugt werden, wenn angenommen wird, dass das Bild von der Erfassungsposition erfasst wird. Die Bildgebungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Ausführungsform kann Merkmale eines Objekts selbst dann erfassen, wenn sich das Umgebungslicht stark ändert oder sich die Helligkeit des Objekts stark ändert. Das heißt die Bildgebungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Ausführungsform kann ein Bild ermitteln, in dem Merkmale eines Werkstücks deutlich dargestellt sind.

[0061] Die Bildgebungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Ausführungsform umfasst eine Einheit **55** zum Verarbeiten von zusammengesetzten Bildern, die ein Werkstück **38** auf der Erfassungsfläche **75** auf der Basis des zusammengesetzten Bildes **63** erfasst. Die Einheit **55** zum Verarbeiten von zusammengesetzten Bildern erfasst die Position des Werkstücks **38** auf der Basis von Merkmalspunkten des Werkstücks **38** im zusammengesetzten Bild **63**. Beispielsweise kann der Bediener vorab ein durch Erfassen des Bildes des Werkstücks **38** durch Verwenden einer an der Erfassungsposition angeordneten Kamera **6** ermitteltes Bild erzeugen. Die Speichereinheit **56** kann vorab dieses Bild als ein Referenzbild speichern. Die Einheit **55** zum Verarbeiten von zusammengesetzten Bildern kann die Position des Werkstücks auf der Erfassungsfläche **75** auf der Basis des Referenzbildes berechnen.

[0062] Die Bildsteuereinheit **51** sendet die erfasste Position des Werkstücks **38** an die Betriebssteuereinheit **43**. Auf der Basis der ermittelten Position des Werkstücks **38** korrigiert die Betriebssteuereinheit **43** die Position und die Ausrichtung des Roboters **1**, die im Betriebsprogramm **41** festgelegt sind. Das heißt die Position und die Ausrichtung der Hand **5**, wenn das Werkstück **38** gegriffen wird, werden korrigiert. Somit kann die Betriebssteuereinheit **43** den Roboter **1** und die Hand **5** antreiben, um das Werkstück **38** zu greifen.

[0063] Obgleich beim ersten Robotersystem **3** die Position des Werkstücks **38** auf dem Montagetisch **95**

erfasst wird, um das auf dem Montagetisch **95** fixierte Werkstück **38** zu greifen, ist die Ausführungsform nicht hierauf beschränkt. Die Einheit **55** zum Verarbeiten von zusammengesetzten Bildern der Bildsteuereinheit **51** kann die Prüfung des Werkstücks **38** auf der Basis des zusammengesetzten Bildes durchführen. Beispielsweise kann die Einheit zum Verarbeiten von zusammengesetzten Bildern die Größe des Werkstücks aus dem zusammengesetzten Bild messen. Das Robotersystem kann eine Prüfung der Größe des Werkstücks auf der Basis eines vorgegebenen Ermittlungswerts der Größe durchführen. Die Prüfung des Werkstücks ist nicht auf die Prüfung der Größe eines Werkstücks beschränkt und es kann eine beliebige Prüfung des Werkstücks durchgeführt werden. Beispielsweise kann die Prüfung durchgeführt werden, in der ermittelt wird, ob ein vorgegebener Teil auf der Oberfläche des Werkstücks angeordnet ist oder nicht. Alternativ kann die Prüfung durchgeführt werden, in der ermittelt wird, ob ein Schaden auf der Oberfläche des Werkstücks vorhanden ist oder nicht.

[0064] Obwohl das erste Robotersystem **3** so ausgebildet ist, dass die Position des Werkstücks fest ist und die Kamera von der Bewegungsvorrichtung bewegt wird, ist die Ausführungsform nicht hierauf beschränkt. Die Position der Kamera kann fest sein und das Werkstück kann von der Bewegungsvorrichtung bewegt werden.

[0065] Fig. 9 zeigt eine Seitenansicht eines zweiten Robotersystems gemäß der vorliegenden Ausführungsform. Im zweiten Robotersystem **4** ist die Kamera **6** auf dem Montagetisch **96** befestigt. Das Werkstück **38** wird vom Roboter **1** gestützt. Das zweite Robotersystem **4** befördert das auf dem Montagetisch **101** montierte Werkstück **38** zum Montagetisch **102** wie durch den Pfeil **105** angegeben. Die Position und die Ausrichtung **1** ändern sich, wodurch das Werkstück **38** von der Position **P38s** zur Position **P38e** befördert wird. Die Bildgebungsvorrichtung des zweiten Robotersystems **4** erfasst eine Positionsabweichung des Werkstücks **38** in der Hand **5**, wenn die Hand **5** das Werkstück **38** greift.

[0066] Fig. 10 zeigt eine weitere Seitenansicht des zweiten Robotersystems **4**. Gemäß Fig. 2 und Fig. 10 ist die Kamera **6** an einer vorgegebenen Position befestigt. Die Erfassungsfläche **75** umfassend eine Unterseite des Werkstücks **38** wird vorab festgelegt. Ferner wird eine Mehrzahl von Positionen **P38a**, **P38b** des Werkstücks **38** zum Zeitpunkt des Erfassens des Bildes des Werkstücks **38** durch Verwenden der Kamera **6** vorab ermittelt. Die Positionen und die Ausrichtungen des Roboters **1**, die den Positionen **P38a**, **P38b** des Werkstücks **38** entsprechen, werden vorgegeben und im Betriebsprogramm **41** festgelegt. Ferner wird eine zum Erfassen des Werkstücks **38** verwendete Erfassungsposition des Werkstücks

38 vorab ermittelt. Die Position und die Ausrichtung des Roboters **1**, die zum Anordnen der Werkstück **38** an der Erfassungsposition verwendet werden, werden in der Speichereinheit **56** als Sollposition der Bewegungsvorrichtung gespeichert. Die Erfassungsposition des Werkstücks **38** kann auf eine beliebige Position festgelegt werden, an der die Kamera **6** das Bild des Werkstücks **38** erfassen kann. Die Kamera **6** wird so kalibriert, dass die Sichtlinie der Kamera **6** im Referenzkoordinatensystem **71** berechnet werden kann, die einem Punkt im Bildkoordinatensystem **73** entspricht.

[0067] Der Roboter **1** bewegt das Werkstück **38**, um eine Mehrzahl von ersten Bildern durch Verwenden der Kamera **6** zu erfassen. Die Kamera **6** erfasst die Bilder des Werkstücks **38** zum Zeitpunkt, zu dem das Werkstück **38** an der Mehrzahl der Positionen **P38a**, **P38b** angeordnet ist. Die Positionserfassungseinheit **52** ermittelt Positionen und Ausrichtungen des Roboters **1**, wenn die Bilder des Werkstücks **38** erfasst werden. Die Positionserfassungseinheit **52** berechnet die Positionen **P38a**, **P38b** des Werkstücks **38** auf der Basis der Position und der Ausrichtung des Roboters **1**. Die Speichereinheit **56** speichert einen Satz des zu erfassenden ersten Bildes und die Position und die Ausrichtung des Roboters **1**, die jeweils einer Mehrzahl von Positionen **P38a**, **P38b** des Werkstücks **38** entsprechen. Das heißt die Speichereinheit **56** speichert eine Mehrzahl von Sätzen des ersten Bildes und der Position der Bewegungsvorrichtung.

[0068] Auf der Basis der Position und der Ausrichtung des Roboters **1**, wenn das Bild des Werkstücks **38** erfasst wird, wandelt die Bildumwandlungseinheit **53** eine Mehrzahl von von der Kamera **6** erfassten ersten Bildern in eine Mehrzahl von zweiten Bildern um, so dass die relative Positionsbeziehung zwischen dem Werkstück **38** und der Kamera **6** die gleiche ist wie die zwischen dem Zeitpunkt, zu dem das Bild an der Sollposition erfasst wird, und dem Zeitpunkt, zu dem das Bild dann erfasst wird, wenn das Werkstück **38** an der Position **P38a**, **P38b** angeordnet ist. Beim zweiten Robotersystem **4** kann die im Referenzkoordinatensystem **71** ausgedrückte Sichtlinie der Kamera **6** auf der Basis der Position eines im Bildkoordinatensystem **73** ausgedrückten Punkts berechnet werden. Alternativ kann die Position eines im Bildkoordinatensystem **73** ausgedrückten Punkts auf der Basis eines im Referenzkoordinatensystem **71** ausgedrückten Punkts berechnet werden.

[0069] Die Zusammensetzungseinheit **54** setzt eine Mehrzahl von durch die Bildumwandlungseinheit **53** umgewandelten Bildern zusammen, um ein zusammengesetztes Bild zu erzeugen. Die Einheit **55** zum Verarbeiten von zusammengesetzten Bildern können die Position des Werkstücks **38** auf der Basis von Merkmalspunkten des Werkstücks im zusammengesetzten Bild erfassen. Die Einheit **55** zum Verarbei-

ten von zusammengesetzten Bildern kann eine Abweichung, die auftritt, wenn das Werkstück **38** gegriffen wird, auf der Basis der Position und der Ausrichtung des Roboters **1** und der Position des Werkstücks **38** korrigieren.

[0070] Nachfolgend ist in Bezug auf **Fig. 9** ein Verfahren zum Korrigieren einer Abweichung, die auftritt, wenn das Werkstück **38** gegriffen wird, beschrieben. In der folgenden Beschreibung sind Symbole zur Angabe von Positionen wie **W1** und **P2** homogene Transformationsmatrizen. In der vorliegenden Ausführungsform wird eine relative Position des Werkstücks **38** in Bezug auf den Endteil eines Arms des Roboters **1** gemessen, um eine Abweichung im Greifen des Werkstücks **38** in der Hand **5** zu korrigieren. Wenn eine Position des Roboters **1** zum Zeitpunkt, zu dem angenommen wird, dass das Werkstück **38** an einer Erfassungsposition angeordnet ist, durch **Q1'** dargestellt ist und eine Position des Werkstücks **38** im Referenzkoordinatensystem **71** durch **W1'** dargestellt ist, kann die relative Position **V1'** des Werkstücks **38** in Bezug auf den Endteil des Arms des Roboters **1** durch Verwenden der folgenden Gleichung (1) berechnet werden.

$$V1' = Q1'^{-1} \cdot W1' \quad (1)$$

[0071] Ferner kann in Verbindung mit der Position **P3** des gegriffenen Werkstücks **38**, wenn die Endposition **P38e** des Werkstücks **38** gelehrt wird, die Position **P2'**, an der das Werkstück **38** loszulassen ist, durch Verwenden der folgenden Gleichung (2) berechnet werden, wobei **V1** eine relative Position des Werkstücks **38** in Bezug auf den Endteil des Arms des Roboters **1** ist. Der Roboter **1** kann das Werkstück **38** an der Position **P2'** nach der Korrektur loslassen.

$$P2' = P2 \cdot V1' \cdot V1'^{-1} \quad (2)$$

[0072] In der zuvor beschriebenen Ausführungsform korrigiert die Einheit **55** zum Verarbeiten von zusammengesetzten Bildern die Abweichung, die zum Zeitpunkt des Greifens des Werkstücks **38** auftritt, auf der Basis des zusammengesetzten Bildes; die Ausführungsform ist aber nicht hierauf beschränkt. Die Einheit **55** zum Verarbeiten von zusammengesetzten Bildern kann die Prüfung am Werkstück **38** durch Verwenden von Merkmalspunkten des Werkstücks **38** auf der Erfassungsfläche **75** auf die gleiche Weise wie das erste Robotersystem durchführen. Andere Konfigurationen, Vorgänge und Wirkungen des zweiten Robotersystems sind ähnlich denen des ersten Robotersystems gemäß der vorliegenden Ausführungsform.

[0073] **Fig. 11** zeigt eine Seitenansicht zur Darstellung eines Fördersystems gemäß der vorliegen-

den Ausführungsform. **Fig. 12** zeigt ein Blockdiagramm zur Darstellung des Fördersystems gemäß der vorliegenden Ausführungsform. Gemäß **Fig. 11** und **Fig. 12** umfasst ein Fördersystem **9** eine Bildgebungsvorrichtung. Das Fördersystem **9** umfasst einen Förderer **7**, der als die Bewegungsvorrichtung dient, die das Werkstück **38** bewegt. Das Fördersystem **9** weist eine Konfiguration auf, in welcher der Förderer **7** statt dem Roboter **1** des zweiten Robotersystems **4** angeordnet ist. Das Werkstück **38** bewegt sich in einer durch den Pfeil **90** angegebenen Richtung mit dem angetriebenen Förderer **7**. Das heißt, wenn der Förderer **7** antreibt, ändert sich die Position des Werkstücks **38**, wodurch sich die relative Position zwischen dem Sichtsensor und dem Werkstück **38** ändert. Die Kamera **6**, die als Sichtsensor dient, wird von einem Stützelement **97** gestützt.

[0074] Das Fördersystem **9** umfasst ein Steuergerät **8**, das den Förderer **7** und die Kamera **6** steuert. Das Steuergerät **8** besteht aus einer arithmetischen Verarbeitungsvorrichtung umfassend eine CPU u. Ä. Das Steuergerät **8** umfasst eine Fördererantriebseinheit **46**. Der Förderer **7** umfasst eine Fördererantriebsvorrichtung **24**, die einen Antriebsmotor zum Antreiben eines Riemens aufweist. Jeder Antriebsmotor ist mit einem Positionsgeber **25** ausgestattet, der als Zustandsgeber dient und die Drehposition des Antriebsmotors erfasst.

[0075] Das Steuergerät **8** dient als Bildverarbeitungsvorrichtung. Das Steuergerät **8** umfasst eine Bildsteuereinheit **51** auf die gleiche Weise wie das Steuergerät **2** des in **Fig. 2** dargestellten Robotersystems. Die Kamera **6** ist an einer vorgegebenen Position befestigt, so dass sie das Bild eines Werkstücks **38** erfassen kann. Eine Erfassungsfläche **75** umfassend eine Oberfläche des Werkstücks **38** wird vorab festgelegt. Ferner wird eine Mehrzahl von zum Erfassen des Bildes des Werkstücks **38** durch Verwenden der Kamera **6** verwendeten Positionen **P38a**, **P38b** des Werkstücks **38** vorab ermittelt. Positionen des Riemens des Förderers **7**, die den Positionen **P38a**, **P38b** des Werkstücks **38** entsprechen, werden im Betriebsprogramm **41** festgelegt. Ferner wird eine zum Erfassen des Werkstücks **38** verwendete Erfassungsposition des Werkstücks **38** vorab ermittelt. Die zum Anordnen des Werkstücks **38** an der Erfassungsposition verwendete Position des Riemens wird in der Speichereinheit **56** als Sollposition der Bewegungsvorrichtung gespeichert.

[0076] Der Förderer **7** bewegt das Werkstück **38**, um eine Mehrzahl von ersten Bildern durch Verwenden der Kamera **6** zu erfassen. Ferner erfasst die Kamera **6** Bilder des Werkstücks **38** zum Zeitpunkt, zu dem es an der Mehrzahl der Positionen **P38a**, **P38b** angeordnet ist. Die Positionserfassungseinheit **52** ermittelt die Position des Riemens des Förderers **7**, wenn das Bild des Werkstücks **38** erfasst wird, von einem

Codierer wie dem am Förderer **7** befestigten Positionsgeber **25**. Die Positionserfassungseinheit **52** berechnet die Positionen **P38a**, **P38b** des Werkstücks **38** auf der Basis von Positionen des Riemens des Förderers **7**. Die Speichereinheit **56** speichert einen Satz des erfassten ersten Bildes und der Positionen des Riemens des Förderers **7**, die den Positionen **P38a**, **P38b** des Werkstücks **38** entsprechen. Die Speichereinheit **56** speichert eine Mehrzahl von Sätzen des ersten Bildes und der Position der Bewegungsvorrichtung. Anschließend wandelt die Bildumwandlungseinheit **53** die ersten Bilder in zweite Bilder um, die den Erfassungspositionen auf die gleiche Weise entsprechen wie das zweite Robotersystem **4**. Das heißt die ersten Bilder werden in die zweiten Bilder umgewandelt, wenn angenommen wird, dass die Bilder an der Sollposition des Förderers erfasst werden. Die Zusammensetzungseinheit **54** setzt die Mehrzahl der zweiten Bilder zusammen, die den Erfassungspositionen entsprechen. Die Einheit **55** zum Verarbeiten von zusammengesetzten Bildern kann eine Erfassung oder Prüfung der Position des Werkstücks **38** durchführen.

[0077] Andere Konfigurationen, Vorgänge und Wirkungen des Fördersystems sind ähnlich denen des ersten Robotersystems und des zweiten Robotersystems gemäß der vorliegenden Ausführungsform.

[0078] **Fig. 13** zeigt eine Seitenansicht einer Bildgebungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Ausführungsform. **Fig. 14** zeigt ein Blockdiagramm der Bildgebungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Ausführungsform. Die Bildgebungsvorrichtung umfasst gegebenenfalls nicht Bewegungsvorrichtungen wie den Roboter **1** und den Förderer **7** wie zuvor beschrieben. In der in **Fig. 13** und **Fig. 14** dargestellten Bildgebungsvorrichtung sind das Werkstück **38** und die Kameras **31**, **32** an vorgegebenen Positionen befestigt. Die in **Fig. 13** und **Fig. 14** dargestellte Bildgebungsvorrichtung umfasst eine Mehrzahl von Kameras **31**, **32** statt eine Konfiguration aufzuweisen, in der Positionen der das Bild erfassenden Kamera **6** vom Roboter **1** im ersten Robotersystem **3** gemäß der vorliegenden Ausführungsform geändert werden. Ferner wird eine Mehrzahl von ersten Bildern durch Verwenden einer Mehrzahl von an verschiedenen Positionen angeordneten Kameras **31**, **32** erfasst.

[0079] Die Bildgebungsvorrichtung umfasst einen Montagetisch **95**, der als ein erster Befestigungsteil dient, der das Werkstück **38** und eine Mehrzahl von Kameras **31**, **32**, die als eine Mehrzahl von Sichtsensoren dienen, die jeweils eine Bildgebung eines ersten Bildes des Werkstücks **38** durchführen, befestigt. Die erste Kamera **31** und die zweite Kamera **32** werden von Stützelementen **98**, **99** gestützt, die jeweils als ein zweiter Befestigungsteil dienen. Die Kameras **31**, **32** weisen einen Abstand zueinander auf, so dass

das Bild des Werkstücks **38** von Positionen erfasst wird, die sich voneinander unterscheiden.

[0080] Die Bildgebungsvorrichtung umfasst ein Steuergerät **10**, das als eine Bildverarbeitungsvorrichtung dient, welche die von den Kameras **31**, **32** erfassten ersten Bilder verarbeitet. Das Steuergerät **10** besteht aus einer arithmetischen Verarbeitungsvorrichtung umfassend eine CPU u. Ä. Das Steuergerät **10** weist eine Konfiguration auf ähnlich der der Bildsteuereinheit **51** des in **Fig. 2** dargestellten Robotersystems. Die Bildgebungssteuereinheit **57** sendet die Befehle zum Erfassen der Bilder an die erste Kamera **31** und die zweite Kamera **32**. Die Speichereinheit **56** speichert einen Satz der von der ersten Kamera **31** und der zweiten Kamera **32** erfassten ersten Bilder und der Positionen der Kameras **31**, **32**, welche die ersten Bilder erfassen.

[0081] Ein Referenzkoordinatensystem **71** wird vorab in der Bildgebungsvorrichtung festgelegt. Im in **Fig. 13** dargestellten Beispiel wird das Referenzkoordinatensystem **71** im Montagetisch **95** festgelegt. Ferner wird eine Erfassungsfläche **75** auf dem auf dem Montagetisch **95** befestigten Werkstück **38** definiert. Ferner wird eine Erfassungsposition **P6d** der zum Erfassen des Werkstücks **38** verwendeten Kamera vorab ermittelt und in der Speichereinheit **56** gespeichert. Jede der Kameras **31**, **32** wird so kalibriert, dass die Sichtlinie der Kamera im Referenzkoordinatensystem **71** berechnet werden kann, die einem Punkt im Bildkoordinatensystem **73** entspricht.

[0082] Die Positionserfassungseinheit **52** des Steuergeräts **10** ermittelt vorgegebene Positionen der Kameras **31**, **32**. Die Bildumwandlungseinheit **53** wandelt eine Mehrzahl von von der Mehrzahl der Kameras **31**, **32** erfassten ersten Bilder in zweite Bilder um, wenn angenommen wird, dass die Bilder an der Erfassungsposition **P6d** erfasst werden. Die Bildumwandlungseinheit **53** wandelt die ersten Bilder auf der Basis der Positionen der Kameras **31**, **32** um. Ferner setzt die Zusammensetzungseinheit **54** die Mehrzahl der durch die Bildumwandlungseinheit **53** umgewandelten Bilder zusammen, um ein zusammengesetztes Bild zu erzeugen. Die Einheit **55** zum Verarbeiten von zusammengesetzten Bildern kann eine Erfassung und/oder Prüfung des Werkstücks **38** auf der Erfassungsfläche **75** auf der Basis des zusammengesetzten Bildes durchführen. Beispielsweise kann die Einheit **55** zum Verarbeiten zusammengesetzter Bilder eine Prüfung der Größe des Werkstücks **38** auf der Basis eines vorgegebenen Ermittlungswerts durchführen. Alternativ kann ein Roboter o. Ä., der das Werkstück **38** fördert, zusätzlich angeordnet sein. Die Bildgebungsvorrichtung kann die Position des Werkstücks **38** auf dem Montagetisch **95** erfassen und diese an ein Steuergerät des Roboters o. Ä. senden.

[0083] Obgleich zwei Kameras im in **Fig. 13** und **Fig. 14** dargestellten Beispiel angeordnet sind, ist die Ausführungsform nicht hierauf beschränkt. Die Bildgebungsvorrichtung kann drei oder mehr Kameras umfassen. Die Bildumwandlungseinheit **53** kann erste Bilder umwandeln, deren Zahl der Zahl von Kameras entspricht.

[0084] Andere Konfigurationen, Vorgänge und Wirkungen der Bildgebungsvorrichtung sind ähnlich denen des ersten Robotersystems, des zweiten Robotersystems und des Fördersystems gemäß der vorliegenden Ausführungsform.

[0085] Obgleich die zuvor beschriebene Ausführungsform das Erfassen der Position des Werkstücks aus verschiedenen Arten der Erfassung des Werkstücks umfasst, ist die Ausführungsform nicht hierauf beschränkt. Die Steuerung gemäß der vorliegenden Ausführungsform kann auf eine beliebige Steuerung zum Erfassen eines Werkstücks angewendet werden. Beispielsweise kann die Bildgebungsvorrichtung die Steuerung zum Ermitteln, ob das Werkstück in einem vorgegebenen Bereich angeordnet ist oder nicht, durchführen. Alternativ kann, wenn eine große Zahl von Werkstücken angeordnet ist, die Bildgebungsvorrichtung die Steuerung zum Ermitteln, ob die vorgegebene Zahl von Werkstücken vorhanden ist oder nicht, durchführen.

[0086] Ferner ist, obgleich eine Erfassungsfläche für jedes Werkstück in der zuvor beschriebenen Ausführungsform angeordnet ist, die Ausführungsform nicht hierauf beschränkt und es kann eine Mehrzahl von Erfassungsflächen für jedes Werkstück angeordnet sein. Die Bildgebungsvorrichtung kann eine Erfassung und/oder Prüfung des Werkstücks für jede der Erfassungsflächen durchführen.

[0087] Gemäß einem Aspekt der vorliegenden Offenbarung kann die Bildgebungsvorrichtung bereitgestellt werden, die Merkmale des Objekts auch dann ermitteln kann, wenn sich das Umgebungslicht stark ändert oder sich die Helligkeit des Objekts stark ändert.

[0088] Die zuvor beschriebene Ausführungsform kann je nach Bedarf kombiniert werden. Identische oder gleichwertige Teile sind mit identischen Bezugszeichen in den zuvor beschriebenen Zeichnungen bezeichnet. Die zuvor beschriebenen Ausführungsformen sind lediglich Beispiele und sollen die Erfindung nicht beschränken. Änderungen an der Ausführungsform wie in den Ansprüchen angegeben sind ebenfalls in der Ausführungsform enthalten.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

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

Zitierte Patentliteratur

- JP 2015160264 [0003]
- JP 2003305675 [0003]

Patentansprüche

1. Bildgebungsvorrichtung, umfassend:
 einen zum Erfassen eines ersten Bildes eines Werkstücks (38) ausgebildeten Sichtsensor (6);
 eine zum Bewegen des Werkstücks oder des Sichtsensors, um eine relative Position des Werkstücks bzw. des Sichtsensors in Bezug zueinander zu ändern, ausgebildete Bewegungsvorrichtung (1, 7); und
 eine zum Verarbeiten des ersten Bildes (61a, 61b, 61c) ausgebildete Bildverarbeitungsvorrichtung (2, 8)
 ; wobei
 die Bildverarbeitungsvorrichtung eine zum Speichern eines Satzes aus erstem Bild und einer Position der Bewegungsvorrichtung zum Zeitpunkt des Erfassens des ersten Bildes ausgebildete Speichereinheit (56) umfasst,
 eine am Werkstück definierte Erfassungsfläche (75) und eine als eine Position der Bewegungsvorrichtung dienende Sollposition vorab ermittelt und in der Speichereinheit gespeichert werden,
 der Sichtsensor eine Mehrzahl von ersten Bildern erfasst, so dass sich relative Positionen des Sichtsensors in Bezug auf das Werkstück voneinander unterscheiden, und
 die Bildverarbeitungsvorrichtung umfasst:
 eine zum Umwandeln der Mehrzahl der ersten Bilder in eine Mehrzahl von zweiten Bildern (62a, 62b, 62c), wenn angenommen wird, dass Bilder an der Sollposition erfasst werden, auf der Basis der Position der Bewegungsvorrichtung zum Zeitpunkt des Erfassens des Bildes des ersten Bildes ausgebildete Bildumwandlungseinheit (53);
 eine zum Erzeugen eines zusammengesetzten Bildes (63), in dem die Mehrzahl der zweiten Bilder zusammengesetzt sind, ausgebildete Zusammensetzungseinheit (54); und
 eine zum Durchführen einer Erfassung und/oder Prüfung des Werkstücks auf der Erfassungsfläche auf der Basis des zusammengesetzten Bildes ausgebildete Einheit (55) zum Verarbeiten von zusammengesetzten Bildern.

2. Bildgebungsvorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Bewegungsvorrichtung ein zum Bewegen des Werkstücks oder des Sichtsensors ausgebildeter Roboter (1) ist.

3. Bildgebungsvorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Bewegungsvorrichtung ein zum Bewegen des Werkstücks oder des Sichtsensors ausgebildete Fördervorrichtung (7) ist.

4. Bildgebungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die Bildumwandlungseinheit eine entsprechende Position im ersten Bild berechnet, wobei die entsprechende Position einem Pixel im zweiten Bild entspricht, und einen Wert des Pixels im zweiten Bild auf der Basis eines Werts eines Pixels (85a) umfassend die entsprechende Position und ei-

nen Wert eines Pixels (85b, 85c) angrenzend an das Pixel umfassend die entsprechende Position berechnet.

5. Bildgebungsvorrichtung nach Anspruch 4, wobei die Bildumwandlungseinheit den Wert des Pixels im zweiten Bild auf der Basis des Werts des Pixels (85a) umfassend die entsprechende Position im ersten Bild und eines Wert von jedem einer Mehrzahl von Pixeln (85b, 85c) in der Nähe der entsprechenden Position berechnet.

6. Bildgebungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die Zusammensetzungseinheit eine Statistik von Werten von Pixeln in der Mehrzahl der zweiten Bilder für einen Wert eines Pixels im zusammengesetzten Bild ermittelt.

7. Bildgebungsvorrichtung, umfassend:
 eine Mehrzahl von zum Erfassen von ersten Bildern eines Werkstücks (38) ausgebildeten Sichtsensoren (31, 32);
 einen zum Fixieren des Werkstücks ausgebildeten ersten Fixierungsteil (95);
 einen zum Fixieren von jedem der Sichtsensoren ausgebildeten zweiten Fixierungsteil (98, 99);
 eine zum Verarbeiten des ersten Bildes ausgebildete Bildverarbeitungsvorrichtung (10), wobei
 die Mehrzahl der Sichtsensoren so angeordnet ist, dass diese Bilder des Werkstücks von Positionen erfassen, die sich voneinander unterscheiden,
 die Bildverarbeitungsvorrichtung eine zum Speichern eines Satzes aus von der Mehrzahl der Sichtsensoren erfassten erstem Bild und einer Position eines Sichtsensors, der das erste Bild erfasst, ausgebildete Speichereinheit (56) umfasst,
 eine am Werkstück definierte Erfassungsfläche (75) und eine als die Position der Sichtsensors dienende Erfassungsposition zum Erfassen des Werkstücks vorab ermittelt und in der Speichereinheit gespeichert werden,
 die Bildverarbeitungsvorrichtung umfasst:
 eine zum Umwandeln der Mehrzahl der von der Mehrzahl der Sichtsensoren erfassten ersten Bilder in eine Mehrzahl von zweiten Bildern, wenn angenommen wird, dass Bilder an der Erfassungsposition erfasst werden, auf der Basis der Position von jedem der Sichtsensoren ausgebildete Bildumwandlungseinheit (53);
 eine zum Erzeugen eines zusammengesetzten Bildes, in dem die Mehrzahl der zweiten Bilder zusammengesetzt sind, ausgebildete Zusammensetzungseinheit (54); und
 eine zum Durchführen einer Erfassung und/oder Prüfung des Werkstücks auf der Erfassungsfläche auf der Basis des zusammengesetzten Bildes ausgebildete Einheit (55) zum Verarbeiten von zusammengesetzten Bildern.

Es folgen 10 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

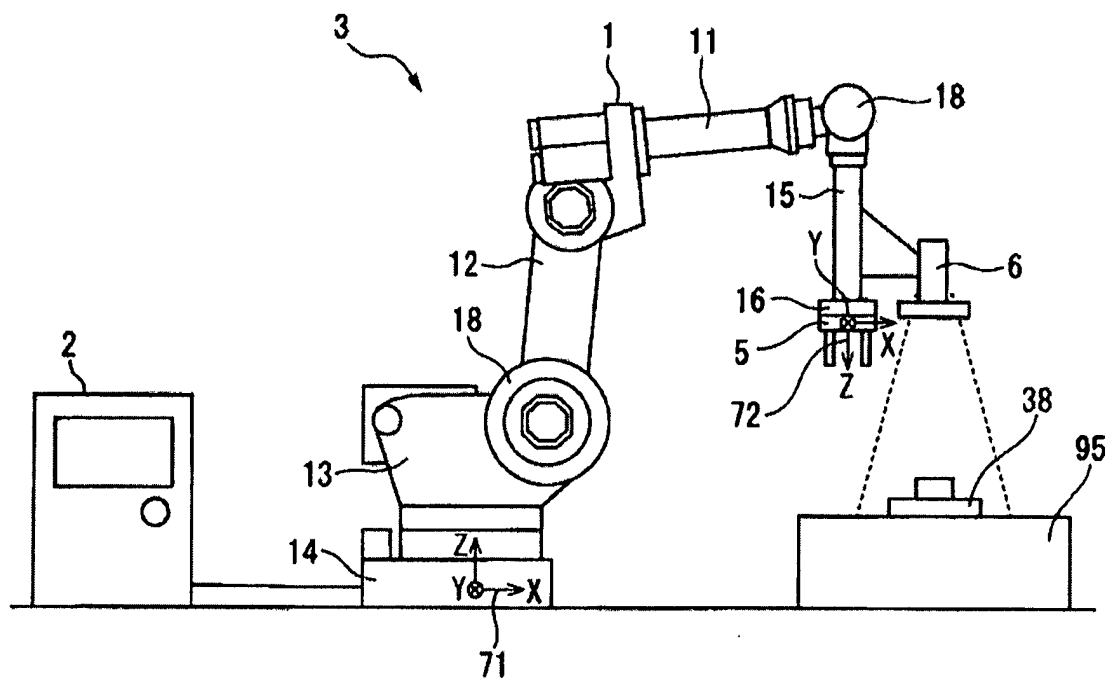


FIG. 2

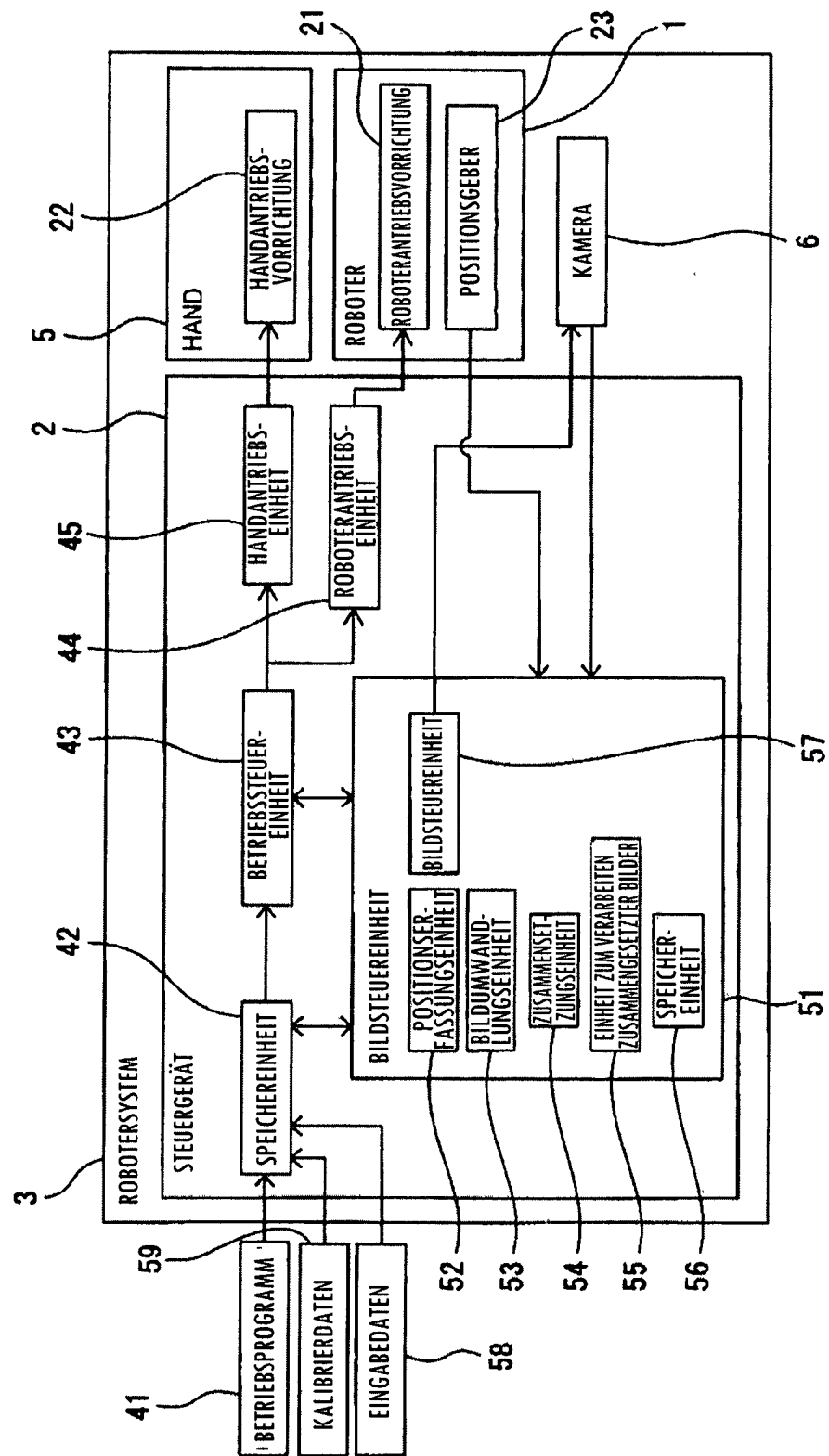


FIG. 3

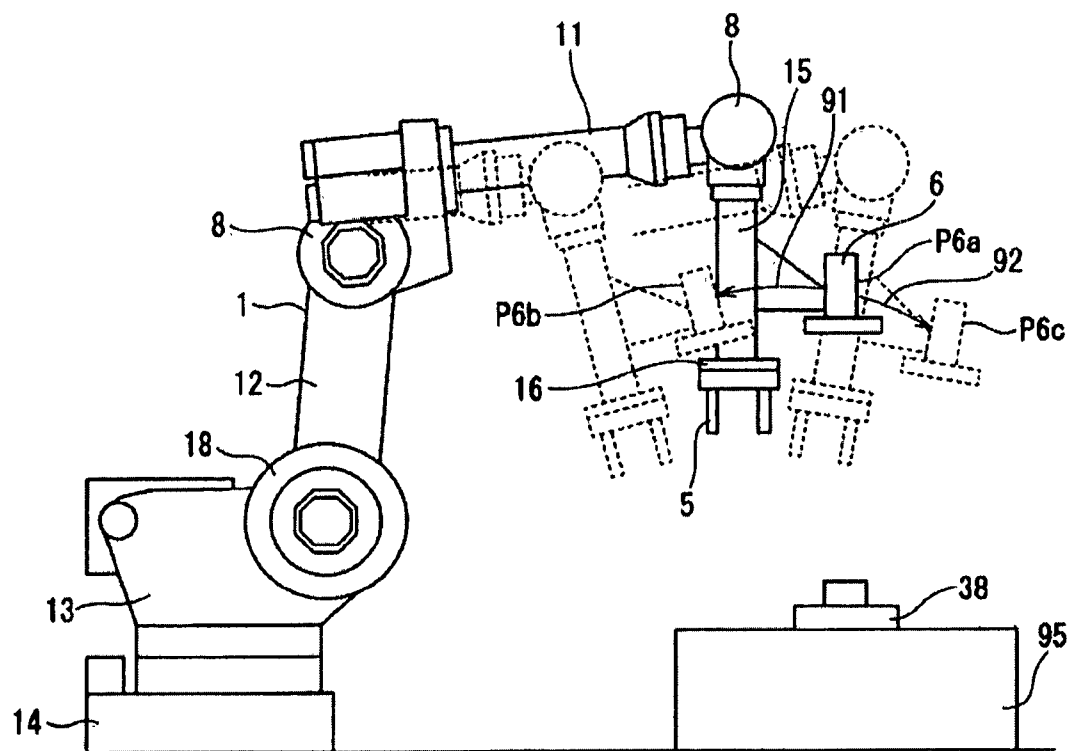


FIG. 4

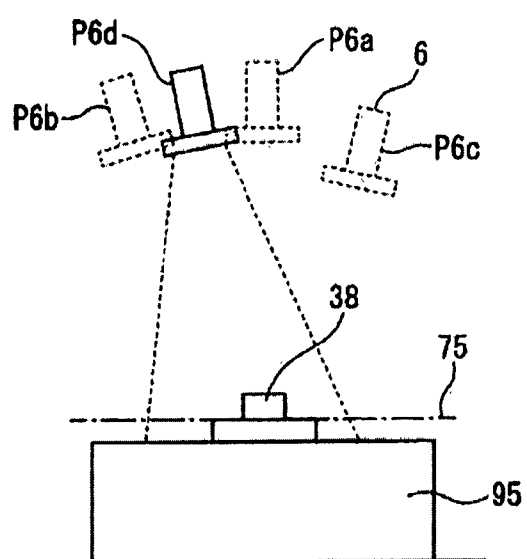


FIG. 5

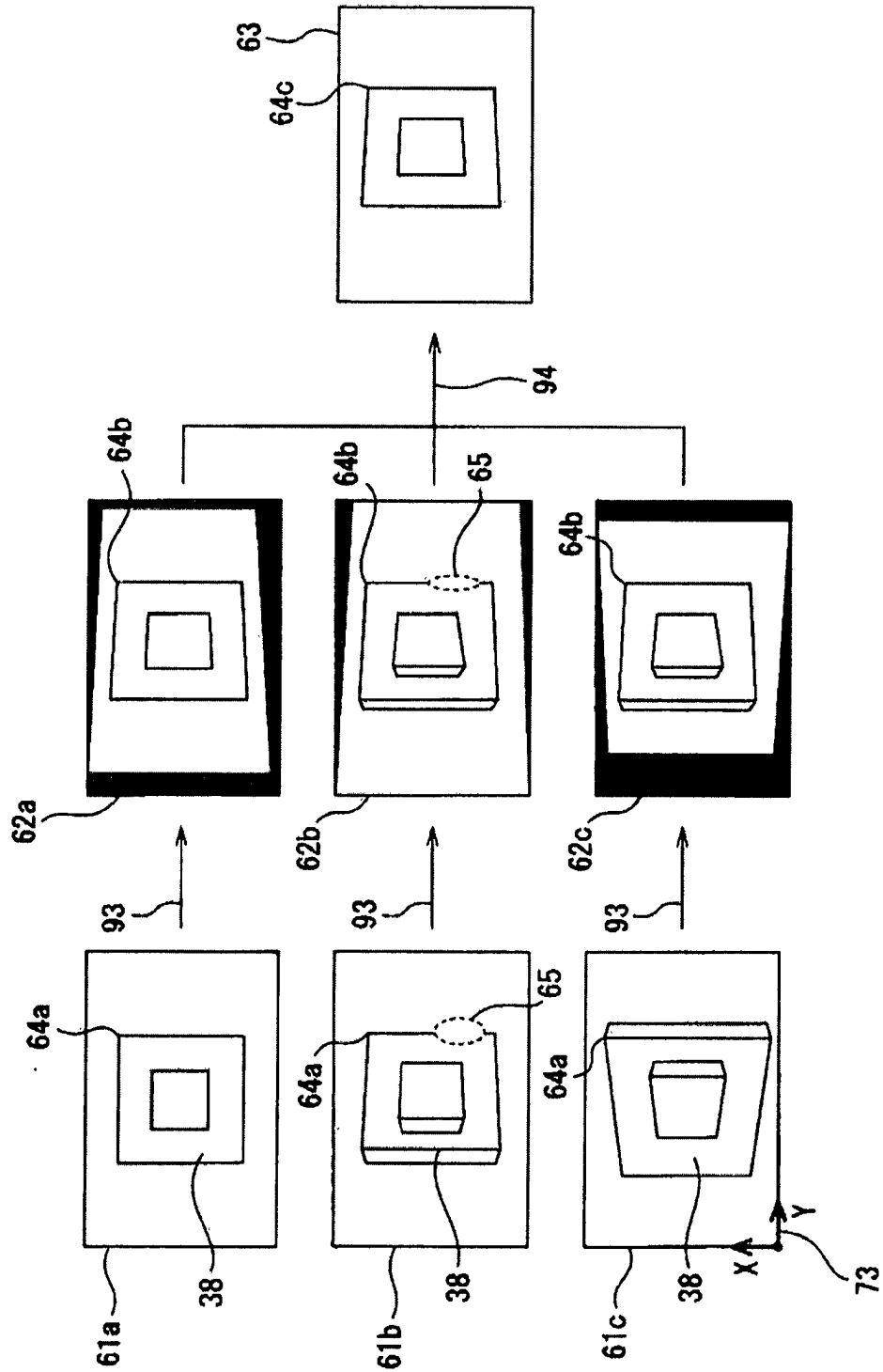


FIG. 6

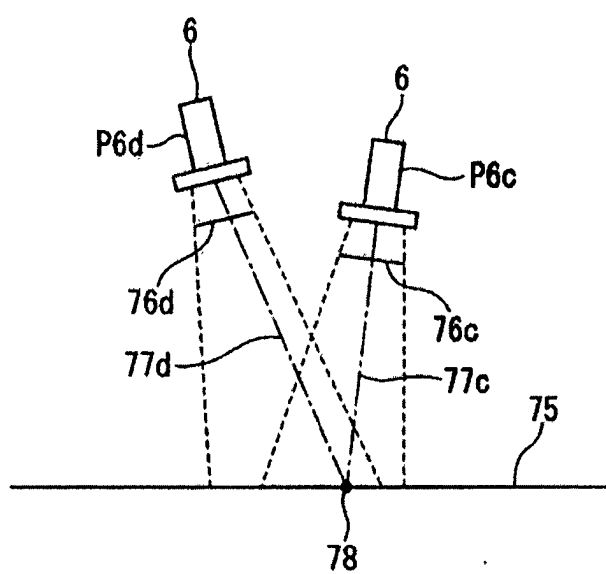


FIG. 7

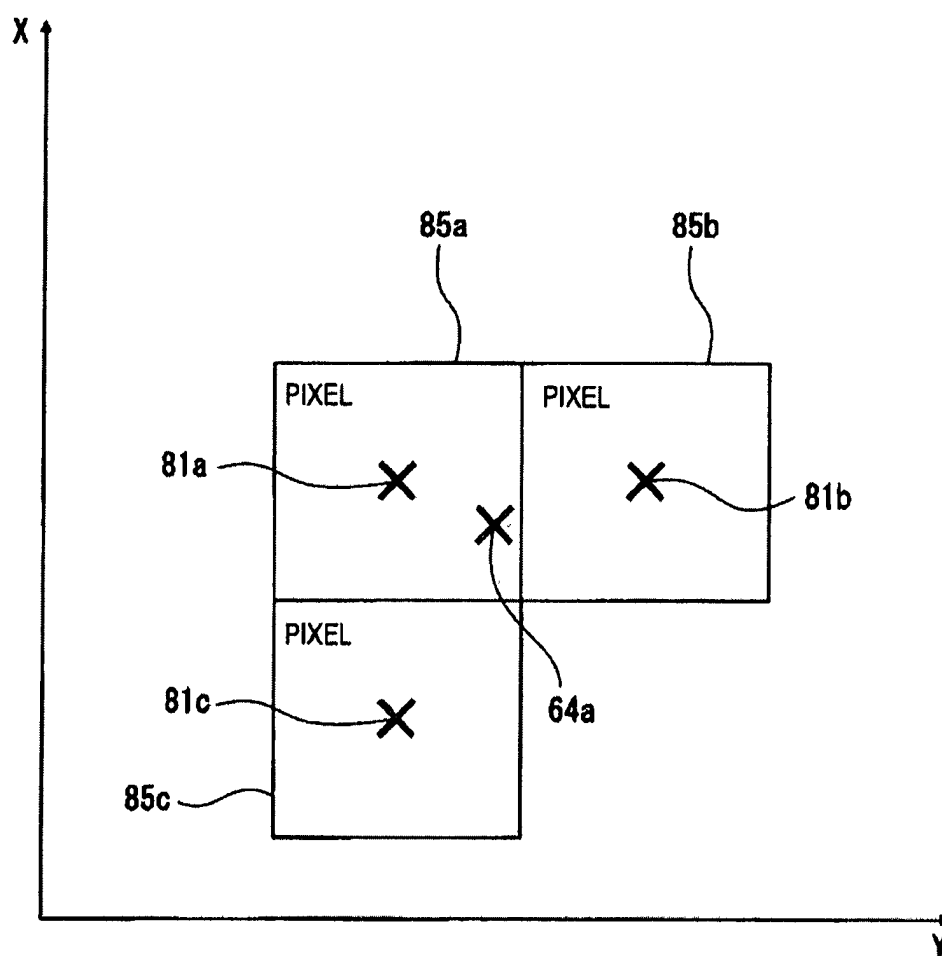


FIG. 8

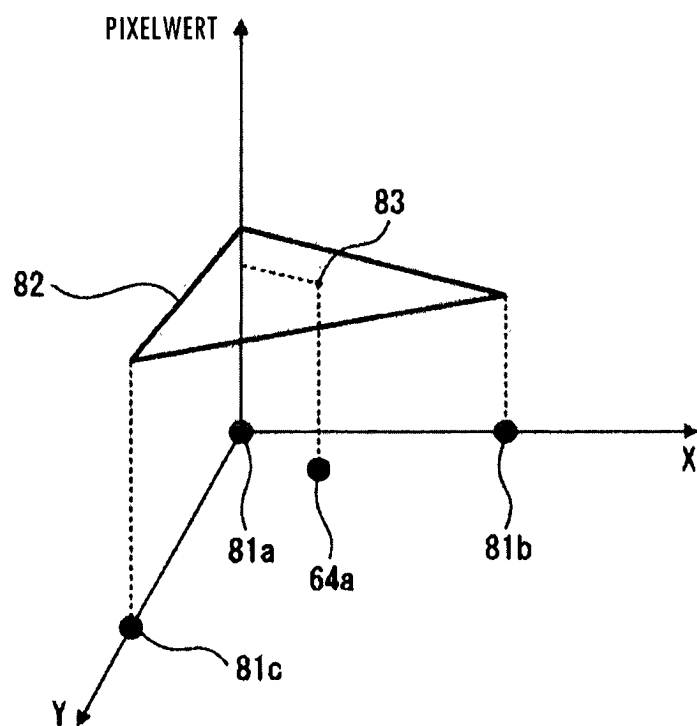


FIG. 9

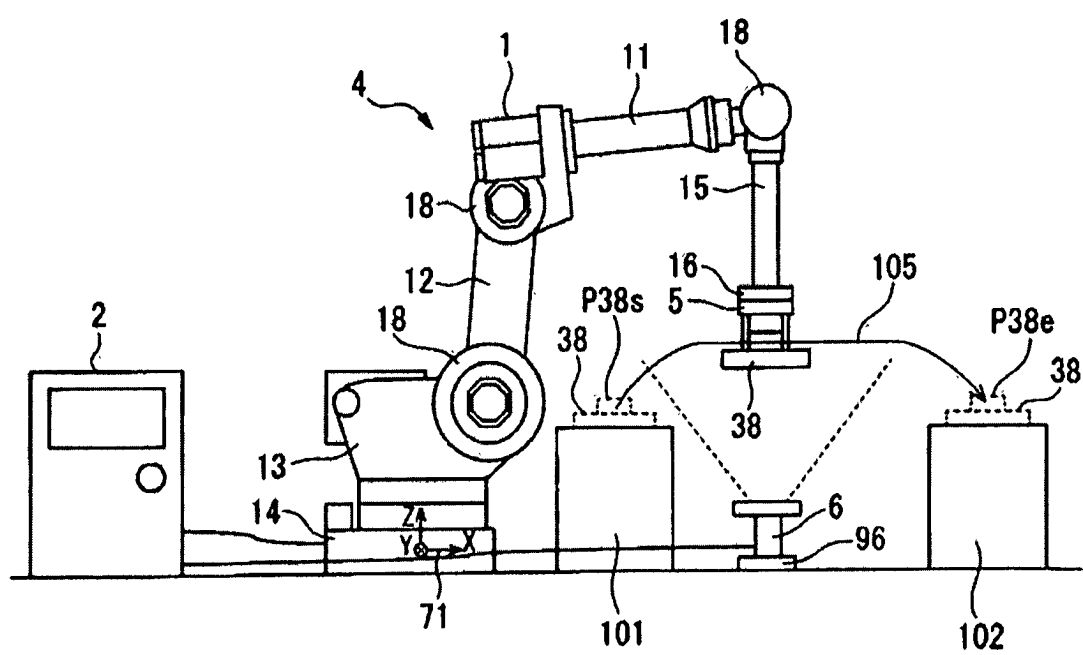


FIG. 10

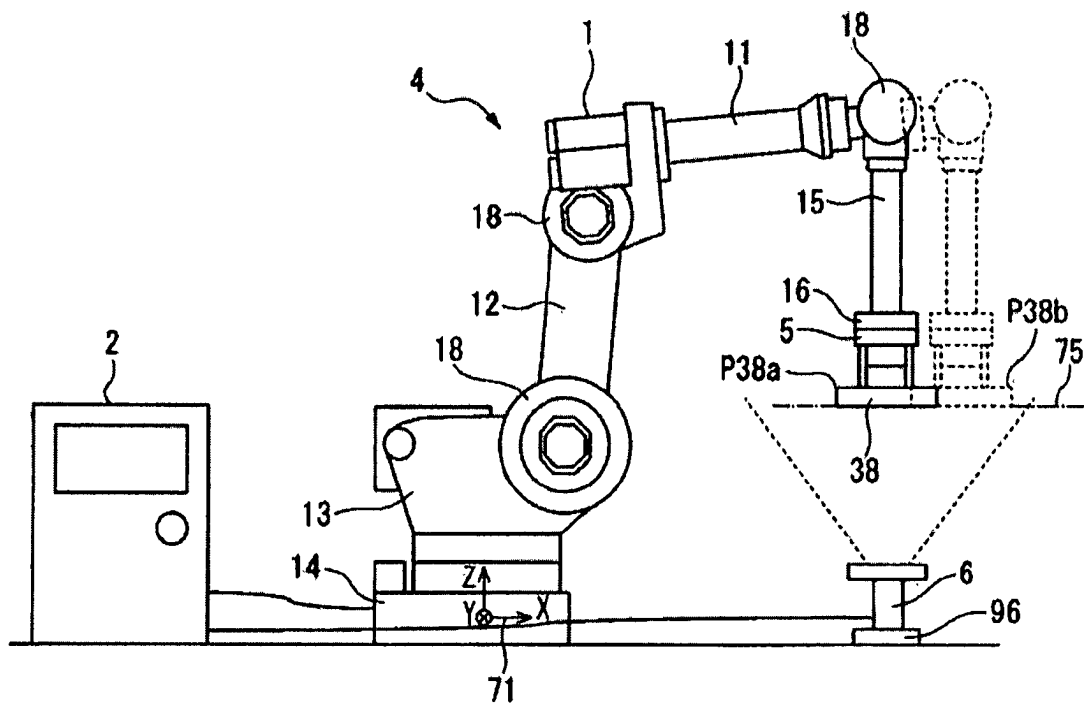


FIG. 11

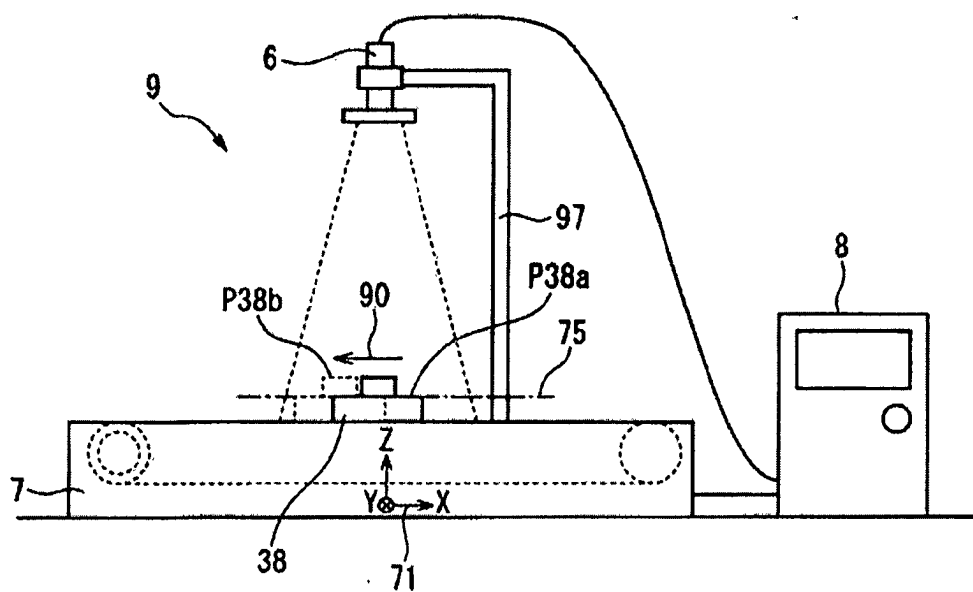


FIG. 12

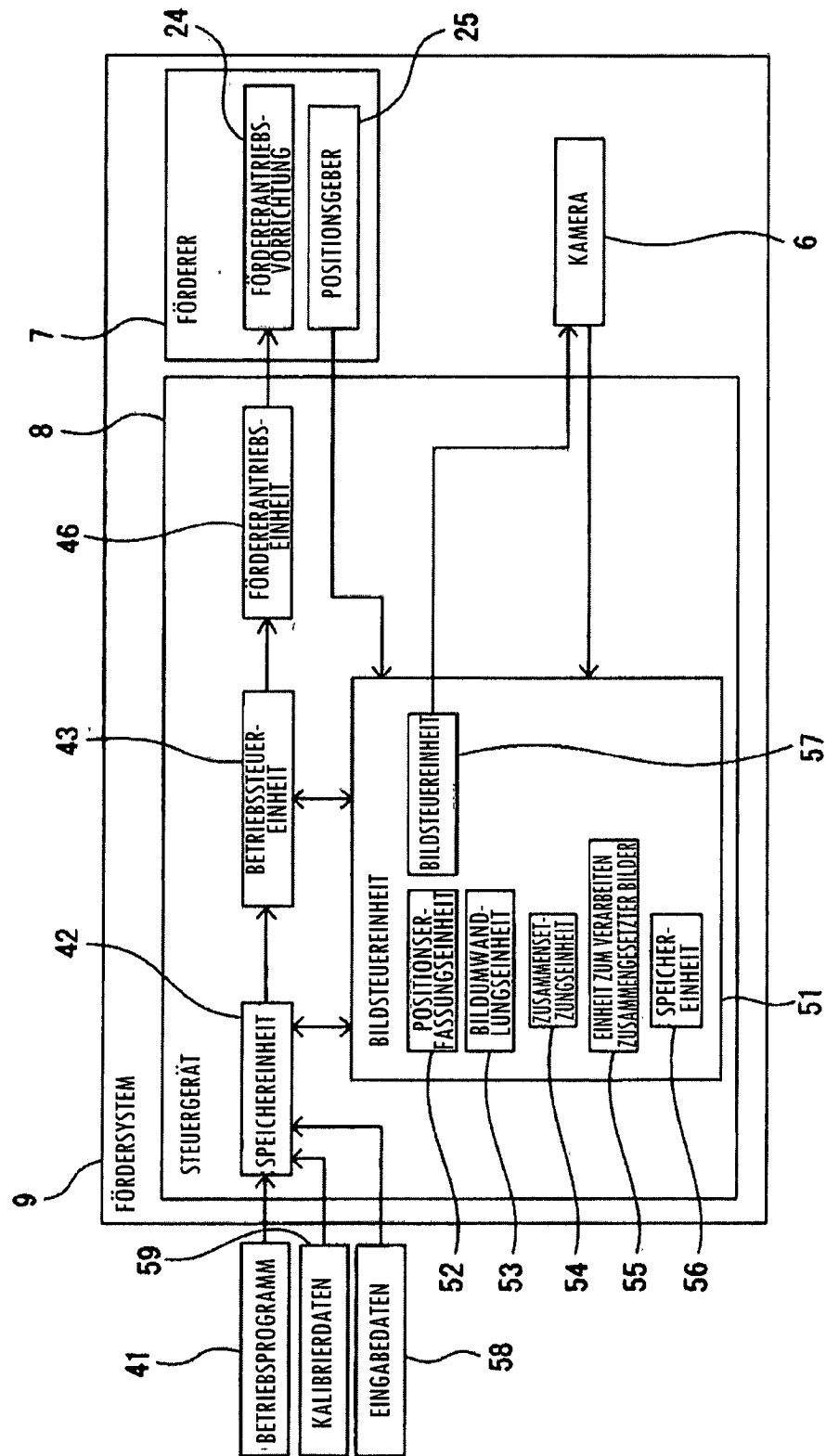


FIG. 13

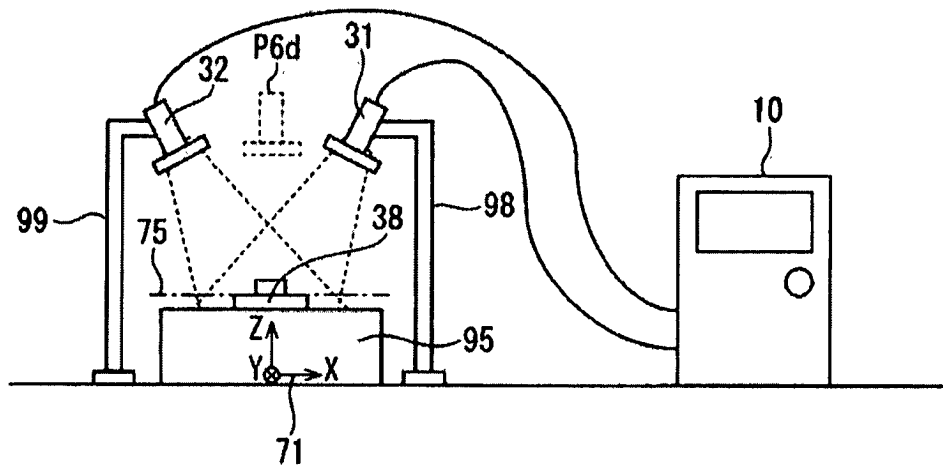


FIG. 14

