(19) **Bundesrepublik Deutschland**
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 698 21 842 T2** 2004.12.16

(12) # Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 0 899 584 B1**
(21) Deutsches Aktenzeichen: **698 21 842.6**
(96) Europäisches Aktenzeichen: **98 306 503.8**
(96) Europäischer Anmeldetag: **14.08.1998**
(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **03.03.1999**
(97) Veröffentlichungstag der Patenterteilung beim EPA: **25.02.2004**
(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **16.12.2004**

(51) Int Cl.[7]: **G01B 11/02**
G01S 17/06

(30) Unionspriorität:
921892 **25.08.1997** **US**

(73) Patentinhaber:
Hewlett-Packard Co. (n.d.Ges.d.Staates Delaware), Palo Alto, Calif., US

(74) Vertreter:
Schoppe, Zimmermann, Stöckeler & Zinkler, 82049 Pullach

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE, FR, GB

(72) Erfinder:
Tullis, Barclay J., Palo Alto, California 94303, US

(54) Bezeichnung: **System zur Positionsbestimmung**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Diese Erfindung bezieht sich auf ein Positionsbestimmungssystem für die Verwendung beispielsweise bei einem optischen Erfassungssystem, das Nähe, Oberflächenkontakt und laterale Bewegung eines Objekts bezüglich eines anderen Objekts erfassen kann.

[0002] Der Abstand von einem bekannten Objekt zu einem Zielobjekt kann auf viele Nicht-Kontaktmöglichkeiten gemessen werden. Für RADAR-Daten wird elektromagnetische Energie verwendet, für SONAR-Daten wird akustische Energie verwendet, und für LIDAR-Daten wird Licht verwendet. RADAR verwendet Funkwellen, SONAR verwendet akustische Wellen und LIDAR verwendet Lichtwellen. Diese drei Abstandbestimmungstechniken verlassen sich auf Flugzeit- bzw. Time-of-Flight-Messungen zum Bestimmen des Abstands. Andere Techniken umfassen die Verwendung von strukturiertem Licht, Interferometrie und verschiedenen Sichtsystemen. Außerdem können herkömmliche Kraft- und Drucksensoren verwendet werden. Eine weitere Technik verwendet die Messung von Gegendruck von einer Gasdüse, die auf die Oberfläche des Objekts auftrifft, das erfaßt wird.

[0003] Ein Strukturiertes-Licht-Verfahren zum Bestimmen des Abstands zwischen zwei nicht-kontaktierenden Objekten, d. h. Nähe zwischen zwei Objekten, ist in dem U.S.-Patent Nr. 4,479,053 mit dem Titel „Focal Plane Array Optical Proximity Sensor" an Johnston beschrieben. Ein optisches System, das in einem ersten Objekt befestigt ist, erfaßt die relative Position einer Oberfläche eines zweiten Objekts. Dieser optische Nähesensor funktioniert durch Verwenden der Schnittstelle eines beleuchteten Lichtfelds mit einem lichterfassenden Sichtfeld zum Definieren eines Erfassungsvolumens. Licht, das von der Oberfläche eines Objekts in dem Erfassungsvolumen reflektiert wird, wird durch eine Photodiode erfaßt und zeigt an, daß ein Objekt innerhalb des Volumens ist, das durch die Schnittfelder definiert ist. Die Lichtemittierer bei Johnston sind lichtemittierende Dioden und die Lichtdetektoren sind Photodioden. Es gibt eine Photodiode für jede lichtemittierende Diode und jede Photodiode ist auf der Bildebene einer Linse positioniert, deren zugeordnete Objektebene das vorher erwähnte Schnittvolumen schneidet. Durch geeignetes Positionieren jedes lichtemittierende Diode/Photodiodenpaars auf seiner jeweiligen Brennebene und geeignetes Positionieren der Linsenanordnungen bezüglich zueinander kann jedes gewünschte Volumen definiert werden, in dem ein Objekt erfaßt werden soll.

[0004] Ein weiteres Verfahren, das strukturiertes Licht zum Bestimmen des Abstands zwischen zwei nicht-kontaktierenden Objekten verwendet, ist in dem U.S.-Patent Nr. 4,687,325 beschrieben, mit dem Titel „Three Dimensional Range Camera" an Corby, Jr. Ein Strukturgenerator und Projektor auf dem ersten Objekt erzeugen ein 1 N Array von zeitraumcodierten Lichtstrahlen, deren Intensitäten im Lauf der Zeit variiert werden können, und projiziert P sequentielle Präsentationen von unterschiedlichen Teilsätzen der Lichtstrahlen auf das zweite Objekt, wobei P = 1 + logbN ist, wobei b die Anzahl von Helligkeitspegeln ist, und N die Anzahl von Strahlen ist. Die Lichtstrahlen werden auf das zweite Objekt projiziert, entlang einer Richtung, die nicht koaxial mit der optischen Achse eines Bilderfassungsgeräts ist. Ein linearer Sensor, wie z. B. eine Zeilenabtastkamera bildet die Lichtpunkte ab, wo Strahlen auf die Oberfläche des zweiten Objekts einfallen und erzeugt eindimensionale Abtastsignale, die strahlenzugeordnete Spitzen an Positionen aufweisen, die abgebildetem Licht entsprechen. Ein Hochgeschwindigkeitsbereich-Prozessor analysiert die ein-dimensionalen Signalverläufe zum eindeutigen Identifizieren aller Strahlen, bestimmt die Tiefe aus der Verschiebung der Strahlenspitzen von ihren Null-Höhen-Referenzebenenspitzen und liefert Ausgangsbereichsdaten. Um zwei-dimensionale Bereichsabbildungen zu erzeugen, ist eine Einrichtung, wie z. B. ein drehender Spiegel, vorgesehen, zum orthogonalen Überstreichen der 1 N codierten Lichtstrahlen durch Schritte über eine rechteckige Ebene.

[0005] Obwohl diese Strukturiertes-Licht-Verfahren für ihre beabsichtigten Zwecke gut funktionieren, sind dieselben nicht in der Lage, einen Kontakt mit einem anderen Objekt zu erfassen. Kraft- und Drucksensoren können jedoch verwendet werden, um einen Kontakt zwischen zwei Objekten zu messen, aber können nicht die Nähe zwischen den beiden Objekten erfassen, es sei denn, es gibt einen tatsächlichen Kontakt. Außerdem sind Nähesensoren und Kontaktsensoren nicht-notwendiger Weise gut geeignet zum Erfassen einer lateralen Verschiebung zwischen dem Sensor auf dem ersten Objekt und der Zieloberfläche auf dem zweiten Objekt, wenn die Sensor-Ziel-Trennung gering ist.

[0006] Die vorliegende Erfindung schafft eine verbesserte Positionserfassung.

[0007] Gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung ist ein Verfahren zum Bestimmen einer Position gemäß Anspruch 1 vorgesehen.

[0008] Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung ist ein Positionserfassungs- und Steuersystem gemäß Anspruch 7 vorgesehen.

[0009] Das bevorzugte Ausführungsbeispiel kann eine nächste Nähe eines Objekts zu einem anderen, eine Berührung oder einen Kontakt zwischen zwei Objekten und eine laterale Bewegung oder „Ver-

schiebung" zwischen zwei Objekten, die in Kontakt oder beinahe in Kontakt miteinander sind, erfassen.

[0010] Genauer gesagt liefert das bevorzugte Ausführungsbeispiel eine Erfassungsvorrichtung und ein Verfahren, das die Nähe und laterale Bewegung eines zweiten Objekts bezüglich eines ersten Objekt bestimmen kann, durch Beleuchten einer Oberfläche des zweiten Objekts zum Erzeugen von Lichtkontrasten, die eindeutigen strukturellen oder gedruckten Merkmalen der Oberfläche dieses zweiten Objekts entsprechen. Sensoren, die mit der Beleuchtungsvorrichtung auf oder in dem ersten Objekt befestigt sind, vergleichen dann die Lichtkontrastdaten der beleuchteten Oberfläche des zweiten Objekts mit einigen Referenzdaten, um die relative Nähe und die lateralen Bewegungsinformationen zu bestimmen.

[0011] Hauptkomponenten des bevorzugten Ausführungsbeispiels sind Beleuchtung, Bilderfassungsoptik und ein Sensorarray. Beleuchtung ist notwendig, um Lichtkontraste auf dem zweiten Objekt von Interesse zu erzeugen, die strukturelle oder gedruckte Merkmale der Oberfläche des Objekts anzeigen. Die Bilderfassungsoptik sammelt und fokussiert Lichtleistung, und durch Integrieren der gesammelten Leistung über Abtastzeitintervalle wandelt das Sensorarray integrierte Leistungsabtastwerte in elektrische Signale um.

[0012] Lichtkontraste können als Orientierungspunkte für die Positionsbestimmung verwendet werden, da die Oberflächen der meisten Objekte eindeutige optische oder strukturelle Merkmale oder gedruckte Merkmale aufweisen, die mit Licht interagieren, um eindeutige Kontraststrukturen zu erzeugen. Um Lichtkontraste zu erzeugen, können herkömmliche Quellen, wie z. B. lichtemittierende Dioden, verwendet werden. Es gibt unterschiedliche Techniken zum Beleuchten des Objekts von Interesse, die verwendet werden können, um Kontrastwerte zu maximieren. In einigen Fällen, häufig wenn eine Oberfläche glänzende oder spiegelartige Eigenschaften zeigt, sollte Licht von einer Richtung senkrecht zu dem Objekt von Interesse geliefert werden. In anderen Fällen, häufig wenn eine Oberfläche diffuse Lichtstreueigenschaften zeigt, trägt Licht, das das Objekt von Interesse in einem Winkel trifft, dazu bei, die besten Lichtkontraste zu erzeugen.

[0013] Eine Bilderfassungslinse oder eine Reihe von Bilderfassungslinsen werden verwendet, um Lichtkontraste, die an der Oberfläche des zweiten Objekts gezeigt werden, auf das Sensorarray abzubilden, durch Sammeln von Licht, das von einem Oberflächenabschnitt auf dem zweiten Objekt reflektiert oder gestreut wird. Die Vergrößerung der Bilderfassungslinse(n) wird gewählt, um die Merkmalgrößen geeignet zu skalieren, um es dem Sensorarray zu ermöglichen, deren Eindeutigkeit angemessen aufzulösen.

[0014] Außerdem können telezentrische Linsen verwendet werden, so daß kleine Näheänderungen in der Nähe eines Kontaktpunktes die effektive Vergrößerung der Linse nicht verändern. Eine variable Iris kann ebenfalls mit der Bilderfassungslinse verwendet werden, um das Variieren der numerischen Apertur zu ermöglichen und dadurch das Variieren der Tiefenschärfe, über die Kontraste nahe der Kontaktebene hoch bleiben. Gleichartig dazu kann eine Zoomlinse verwendet werden, um genaue Nähemessungen bei viel größeren Abständen entfernt von einer Kontaktebene zu ermöglichen.

[0015] Der Sensor ist ein Array von einzelnen optisch empfindlichen Elementen. Die Beabstandung der Elemente beeinträchtigt die Auflösung des Bildes, das das Sensorarray mit jeder festen Bilderfassungsvergrößerung erzeugen kann. Das Sensorarray kann ein ladungsgekoppeltes Bauelement, ein Amorphes-Silizium-Photodiodenarray oder ein Array von aktiven Pixeln sein.

[0016] Die typische Erfassungsvorrichtung besteht aus einer Beleuchtungsquelle, einer Bilderfassungsoptik und einem Sensorarray, die normalerweise an einer Basis in oder an dem ersten Objekt befestigt oder angebracht sind, das Verarbeitungselektronik und andere strukturelle Merkmale enthalten kann.

[0017] Die Bilderfassungsoptik ist so befestigt, daß die Bildebene an dem Sensorarray ist, wenn die Objektebene die kontaktierenden Oberflächen des ersten und zweiten Objekts berührt. Das Sensorarray erzeugt ein elektronisches Bild, wenn die Pixelerfassungselemente desselben Licht empfangen, das von der Kontaktebene abgebildet wird. Die Beleuchtungsquelle ist so positioniert, daß Licht die Oberfläche eines zweiten Objekts, des Objekts von Interesse, in einem gewünschten Winkel treffen kann, wenn die Oberfläche dieses Objekts von Interesse beinahe in Kontakt oder tatsächlich in Kontakt mit dem ersten Objekt ist. Die Beleuchtungsquelle kann fest sein, oder dieselbe kann beweglich sein, so daß dieselbe den Einfallswinkel nach Bedarf einstellen kann.

[0018] Der erste Schritt beim Bestimmen von Kontakt- oder Nähe-Informationen ist es, eine Sensorvorrichtung an dem ersten Objekt zu befestigen, das erste und das zweite Objekt in Kontakt zu bringen und die kontaktierte Oberfläche des zweiten Objekts zu beleuchten. Dann wird ein Kontaktreferenzbild durch die Photosensorvorrichtung erfaßt, und als Kontaktreferenzdaten verwendet. Die Kontaktreferenzdaten, die das Referenzbild sind, während die Objekte in Kontakt sind, werden auch als Kontaktkalibrierungsdaten bezeichnet.

[0019] Die Kontaktreferenzdaten sind typischerwei-

se eine Lichtintensitätsverteilung, die von einer Oberfläche eines Objekts von Interesse reflektiert/gestreut wird. Die Kontaktreferenzdaten haben die Charakteristika einer relativ hohen Bildauflösung, eines relativ hohen Bildkontrasts und einer relativ hohen Intensität. Das heißt, die Auflösung, der Kontrast und die Intensität des Lichts, die zu dem Sensor geliefert werden, während der Sensor auf der Oberfläche des Objekts von Interesse fokussiert ist, sind alle höher, als wenn das Objekt von Interesse nicht in Kontakt mit dem ersten Objekt ist.

[0020] Zusätzliche Referenzdaten, die als Nähe-Referenzdaten bezeichnet werden, können erhalten werden, während das Objekt von Interesse an verschiedenen Punkten der Trennung von dem Kontakt mit dem ersten Objekt positioniert sind, d. h., während das Objekt von Interesse nur in verschiedenen Nähegraden zum Kontaktieren des ersten Objekts ist. Bezüglich der Kontaktreferenzdaten verringern sich die Auflösung, der Kontrast und die Intensität der Nähe-Referenzdaten alle, je weiter entfernt die beiden Objekte von dem Kontakt getrennt sind. Die Verringerung bei diesen Werten mit steigendem Abstand ist nicht linear, es wird davon ausgegangen, daß die Beleuchtung optimiert ist, um am hellsten zu sein und die besten Bildkontraste zu erzeugen, wenn die beiden Objekte in Kontakt sind.

[0021] Sobald die Referenzdaten entwickelt wurden, kann die Sensorvorrichtung die Position des Objekts von Interesse bezüglich des ersten Objekts bestimmen. Die Position des Objekts von Interesse in einem bestimmten Punkt wird durch Vergleichen der Bilddaten mit den Referenzdaten bestimmt. Der Vergleich der Daten besteht aus mathematischen Berechnungen, die die bekannten Referenzdaten mit den Bilddaten vergleichen. Bei dem bevorzugten Ausführungsbeispiel können die mathematischen Berechnungen die Verwendung einer Fourier-Transformation zum Vergleichen der Bilddaten mit den Referenzdaten umfassen.

[0022] Die Näheposition oder die Kontaktpositionen der Objektoberfläche von Interesse zu dem ersten Objekt werden dann bestimmt durch Vergleichen der Auflösungen, Kontraste und Intensitäten der gemessenen Bilddaten mit den Kontaktreferenz- und Nähereferenzdaten. Näherungs- oder Trennungsraten können ebenfalls bestimmt werden. Die genaueste Positionsbestimmung kann durchgeführt werden durch Vergleichen der Kontrastdaten und/oder der Auflösungsdaten, wenn die beiden Objekte in Kontakt sind oder sehr nahe zum Kontaktieren sind, während die Intensitäts-(oder Energie-)Daten bei größeren Trennungsabständen am besten sind.

[0023] Um die laterale Bewegung eines Objekts von Interesse bezüglich eines ersten Objekts zu bestimmen, muß eine Sequenz von zumindest zwei Bilddatenrahmen durch die Sensorvorrichtung erfaßt werden. Die Sequenz von Bilddaten, die erfaßt wird, können die gleichen Bilddaten sein, die für die Nähebestimmung erfaßt wurden, oder es können getrennte Daten sein.

[0024] Die laterale Bewegungsbestimmung umfaßt das Korrelieren aufeinanderfolgender Rahmen von Bilddaten. Die Korrelationen vergleichen die Positionen von eindeutigen strukturellen oder gedruckten Merkmalen in einer Sequenz von Bildrahmen zum Liefern von Informationen, die sich auf die Position eines zweiten Objekts bezüglich eines ersten Objekts zu einem speziellen Zeitpunkt beziehen. In einem ersten Schritt wird unter Verwendung der Sensorvorrichtung ein Referenzrahmen erfaßt, der einer Position des zweiten Objekts entspricht. Tatsächlich ist der Referenzrahmen eine Startposition. Danach wird ein Abtastrahmen erfaßt, der dem Objekt von Interesse zu einem späteren Zeitpunkt entspricht. Der spätere Zeitpunkt ist normalerweise ein Intervall, das kurz genug ist, um es zu ermöglichen, daß sich das Bild nicht mehr als 1 Pixel pro Zeitintervall bewegt. Dies minimiert den Suchraum der Korrelationsberechnungen und maximiert auch die Antwortzeit.

[0025] Das Vergleichen der Position von eindeutigen Lichtkontraststrukturen in dem Referenzrahmen mit der Position der gleichen Lichtkontraststrukturen in dem Abtastrahmen gibt eine Anzeige der relativen Bewegung zwischen dem Objekt von Interesse und dem ersten Objekt. Das Vergleichen des Referenzrahmens mit dem Abtastrahmen wird erreicht, indem zuerst der Referenzrahmen verwendet wird, um eine Reihe von Schablonen herzustellen, die alle möglichen Bewegungsrichtungen anzeigen, die der Referenzrahmen durchführen könnte, einschließlich überhaupt keine Bewegung. Der Abtastrahmen wird dann mit jeder der Schablonen verglichen und Korrelationswerte werden berechnet. Die Korrelationswerte stellen den Ähnlichkeitsgrad zwischen jeder Schablone und dem Abtastrahmen dar. Der höchste Korrelationsgrad zwischen der Reihe von Schablonen und dem Abtastrahmen gibt die Anzeige der tatsächlichen relativen Bewegung zwischen dem Objekt von Interesse und dem ersten Objekt.

[0026] Bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung umfassen das Integrieren der Sensorvorrichtung in einen Roboterarm, und Verwenden des Sensors zum Aktivieren oder Deaktivieren eines Handscanners. Wenn sie an einen Roboterarm angelegt wird, kann die Erfindung in Verbindung mit anderen bekannten Nähe-Erfassungssystemen arbeiten, um Empfindlichkeiten analog zu denjenigen einer menschlichen Berührung zu liefern. Die bekannten Nähe-Erfassungssysteme werden typischerweise verwendet, um ein gewünschtes Objekt in den Arbeitsbereich der Erfindung zu führen. Zumindest eine Sensorvorrichtung ist an Endeffektoren oder „Fin-

gern" eines Roboterarms befestigt. Während der Arm versucht, eine Nutzlast zu greifen, die innerhalb des Arbeitsbereichs liegt, führt der Nähebestimmungsmodus der Sensorvorrichtung den Roboterarm und die Endeffektoren zu dem Kontakt mit der Nutzlast. Während sich die Endeffektoren der Nutzlast nähern, erzeugt die Sensorvorrichtung Lichtkontraste auf der Oberfläche der Nutzlast. Unter Verwendung des oben beschriebenen Verfahrens bestimmt die Sensorvorrichtung den relativen Abstand der Sensorvorrichtung und somit der Endeffektoren zu der Nutzlast. Der relative Abstand wird fortlaufend in Zeitintervallen berechnet, die im Mikrosekundenbereich liegen können. Unter Verwendung der Änderung bei dem relativen Abstand, der pro Zeitperiode zurückgelegt wird, kann die Näherungsrate ohne weiteres bestimmt werden. Die Näherungsrate kann genau eingestellt werden, während sich die Endeffektoren der Nutzlast nähern und dieselbe eventuell kontaktieren. Auf den Kontakt hin greifen die Endeffektoren die Nutzlast mit einer ausreichenden Kraft, um die gewünschten Operationen durchzuführen.

[0027] Die Sensorvorrichtung oder die mehreren Sensorvorrichtungen sind auf den Endeffektoren positioniert, so daß die Sensorvorrichtungen die Oberfläche der Nutzlast beleuchten können, wenn die Nutzlast entweder in der Nähe zu oder in Eingriff mit den Endeffektoren ist. Beim Erfassen der Lichtkontraste von der Oberfläche der Nutzlast und beim Korrelieren derselben zum Bestimmen relativer lateraler Bewegungen kann der Sensor jede Bewegung zwischen den Endeffektoren und der Nutzlast überwachen. Eine Bewegung zwischen den Endeffektoren und der Nutzlast kann anzeigen, daß die Nutzlast nicht sicher durch die Endeffektoren gehalten wird und in der Tat durch die Finger des Roboters „gleitet". Um Gleiten zu steuern, ist der Roboterarm programmiert, um die Kraft seines Griffs ansprechend auf die relative Bewegung zwischen den Endeffektoren und der Nutzlast einzustellen. Falls der Roboterarm beispielsweise eine Nutzlast hält und die Nutzlast zu gleiten beginnt, erfaßt die Sensorvorrichtung die relative Bewegung und stellt den Greifdruck nach Bedarf ein, um das Gleiten zu steuern.

[0028] Die laterale Bewegungs- und Nähe-Erfassung kann auch verwendet werden, um die Nutzlast freizugeben und die Endeffektoren von der Nutzlast zu trennen. Außerdem kann das Verwenden von mehr als einem Sensor zum Messen der Gleitmengen und Raten bei unterschiedlichen Kontaktpunkten zwischen Endeffektoren und einer Nutzlast die Richtung der relativen Bewegung sowohl der Translation als auch der Rotation gemessen werden, und die Schwerkraft kann daher sinnvoll verwendet werden, um dazu beizutragen, die Nutzlast in gewünschten Richtungen zu bewegen und zu drehen.

[0029] Bei einem anderen Ausführungsbeispiel kann die Vorrichtung verwendet werden, um bestimmte Operationen in einem Handscanner zu aktivieren oder zu deaktivieren. Beispielsweise kann dieselbe als eine EIN/AUS-Steuerung bei einem Handscanner verwendet werden. Bei diesem Ausführungsbeispiel sind zwei Sensorvorrichtungen auf der Bilderfassungsseite des Scanners positioniert. Die Sensorvorrichtungen pulsen in einem „ausgeschalteten" Modus regelmäßig ihre Beleuchtungssysteme und suchen nach dem Vorhandensein einer Oberfläche. Die Sensoren schalten sich nur ein, falls oder wenn ausreichende Bedingungen vorliegen. Ausreichende Bedingungen liegen vor, wenn der Nähemodus der Sensorvorrichtungen einen ausreichenden Kontrast bei dem Bild einer nahen Oberfläche erfaßt. Falls der Handscanner beispielsweise in einem abgeschalteten Zustand auf der Seite liegt, wenn die Sensoren ihre Beleuchtungssysteme pulsen, kann es sein, daß die Sensoren keine wesentlichen Kontrast- oder Strukturcharakteristika eines Oberflächenbildes sehen. Falls das einzige Objekt in dem Weg der Sensoren ein entfernter Computer auf dem Schreibtisch oder eine Wand an der anderen Seite des Zimmers ist, erkennen die Sensoren keinen ausreichenden Kontrast und schalten sich nicht ein. Falls andererseits der Handscanner in Position auf ein Dokument plaziert ist, werden, wenn die Sensorvorrichtungen ihre Beleuchtungssysteme pulsen, dieselben ausreichend Kontrast erfassen und in den Vollbetrieb gehen und den Handscanner anweisen, sich einzuschalten. Der umgekehrte Prozeß wird zum Abschalten eines Handscanners verwendet. Sobald die Sensorvorrichtung keinen ausreichenden Kontrast erfaßt, schaltet dieselbe den Scanner ab und geht in den periodischen Beleuchtungsmodus. Falls die Sensorvorrichtung über eine bestimmte Zeitperiode keine ausreichende laterale Bewegung erfaßt, kann dieselbe ebenfalls einen Handscanner abschalten. Die Abschaltmerkmale können einen übermäßigen Verlust an Batterieleistung verhindern, wenn ein Scanner nicht verwendet wird, aber der manuelle Leistungsschalter eingeschaltet ist oder unbeabsichtigt eingeschaltet wird, während er in einer Aktentasche steckt.

[0030] Die Lateralbewegungssensorfunktion kann unabhängig oder zusammen mit der Nähesensorfunktion verwendet werden, um eine EIN/AUS-Steuerung zu erreichen. Wenn dieselben zusammen verwendet werden, werden die Sensoren und der Handscanner jedesmal eingeschaltet, wenn durch ein Dokument ein ausreichender Kontrast erzeugt wird, und es eine Anzeige einer lateralen Bewegung gibt. Oder die beiden Funktionen können auf andere Weise zusammen verwendet werden. Wenn der Nähesensor bestimmt, daß es einen ausreichenden Kontrast gibt, wird der Handscanner von einem abgeschalteten Modus zu einem Leerlaufmodus erhöht. Sobald eine laterale Bewegung erfaßt wird, wird der Scanner von einem Leerlaufmodus in einen Vollbetriebsmodus ge-

schaltet.

[0031] Wenn dieselbe allein als eine EIN/AUS-Steuerung verwendet wird, pulst die Lateralbewegungs-Sensorfunktion regelmäßig das Beleuchtungssystem und erfaßt eine laterale Bewegung, und schaltet die Sensoren und Scanner auf die Erfassung einer ausreichenden lateralen Bewegung hin ein. Wenn außerdem keine ausreichende laterale Bewegung erfaßt wird, werden die Sensoren und der Handscanner in einen Leerlaufmodus gesetzt oder ausgeschaltet. Die Lateralbewegungs-Sensorfunktion kann auch programmiert werden, um den Scanner auszuschalten, wenn die Scannergeschwindigkeit über eine Oberfläche unter Spezifikationsbegrenzungen des Scanners fällt oder dieselben überschreitet.

[0032] Das Verwenden der Systeme zum Aktivieren oder die Aktivierung eines Handscanners liefert verschiedene Vorteile. Die Erfindung eliminiert den Bedarf zum Drücken eines Knopfes auf das Beginnen oder Anhalten einer Scanoperation hin. Außerdem verhindert die Erfindung, daß der Scanner versehentlich eingeschaltet wird und dadurch unnötig seine Batterien entlädt.

[0033] Ein weiteres Ausführungsbeispiel der Erfindung ist das automatische Handhaben empfindlicher Teile. Beispielsweise können integrierte Schaltungen, die mit Sorgfalt gehandhabt werden müssen, durch ein System mit Nähe- und Lateralbewegungs-Sensoren gehandhabt werden. Mit der ordnungsgemäßen Optik können Sensorsysteme mit hohen Genauigkeiten in der Größenordnung von Mikrometern oder Bruchteilen eines Mikrometers erreicht werden. Bei einer Fließbandtypoperation, wo der Nähe-Sensor-Modus verwendet wird, um mehrere Einheiten des gleichen Teils handzuhaben, können Referenzdaten auf der Basis gemittelter struktureller oder gedruckter Merkmale und entsprechender Lichtkontraste für eine spezielle Serie von Teilen festgelegt werden.

[0034] Ein Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung ist nachfolgend beispielhaft mit Bezugnahme auf die beiliegenden Zeichnungen beschrieben.

[0035] **Fig.** 1 ist eine Darstellung eines Lichts, das die Oberfläche eines Objekts in einem Winkel trifft.

[0036] **Fig.** 2 ist eine Darstellung der Lichtenergie, die von dem Objekt in **Fig.** 1 emittiert wird, während das Objekt mit einer Bilderfassungsoptik fokussiert ist.

[0037] **Fig.** 3 ist eine Darstellung der Lichtenergie, die von dem Objekt in **Fig.** 1 emittiert wird, während das Objekt nicht mit der Bilderfassungsoptik fokussiert ist.

[0038] **Fig.** 4 ist eine Vorderansicht einer typischen Sensorvorrichtungsanordnung.

[0039] **Fig.** 5 ist eine perspektivische Ansicht einer typischen Sensorvorrichtungsanordnung, die drei Positionen des Objekts von Interesse zeigt.

[0040] **Fig.** 6 ist ein Ablaufdiagramm der Nähebestimmungs-Verfahrensschritte.

[0041] **Fig.** 7 ist ein Ablaufdiagramm der Lateralbewegungs-Verfahrensschritte.

[0042] **Fig.** 8 ist ein Ablaufdiagramm eines Ausführungsbeispiels einer Lateralbewegungs-Verarbeitung.

[0043] **Fig.** 9 ist eine schematische Ansicht eines Korrelationsprozesses.

[0044] **Fig.** 10 ist eine perspektivische Ansicht eines Roboterarms, der eine Nutzlast in Eingriff nimmt.

[0045] **Fig.** 11 ist eine perspektivische Ansicht einer handgehaltenen Abtastvorrichtung, die einem mäandernden Weg auf einem Dokument folgt.

[0046] **Fig.** 12 ist eine Rückansicht von Bilderfassungs- und Positionssensoren der Abtastvorrichtung.

[0047] Der Zweck des Beleuchtens des Objekts von Interesse ist es, Lichtkontraste auf der Oberfläche des Objekts von Interesse zu erzeugen, die die strukturellen und/oder gedruckten Merkmale des Objekts von Interesse anzeigen. Die Lichtkontraste werden als Orientierungspunkte für Positionsbestimmung verwendet, wie es nachfolgend erörtert wird.

[0048] Lichtkontraste werden verwendet, um Positionsinformationen zu bestimmen, weil viele Objekte eindeutige strukturelle und/oder gedruckte Merkmale aufweisen, die eindeutige Lichtkontraststrukturen erzeugen. Beispielsweise hat die Nutzlast in einem Raumfahrzeug an der Außenseite der Nutzlast eindeutige Merkmale. Die strukturellen Merkmale können Unterstützungsrahmen oder Gebrauchskästen sein. Licht, das auf diese Merkmale scheint, erzeugt eine eindeutige Kontraststruktur. Bei einem kleineren Pegel kann die gleiche Nutzlast aus Metall oder einem anderen Material hergestellt sein, das in seiner Oberfläche eine feine Texturierung aufweist. Licht, das auf die Oberfläche scheint, erzeugt eine Kontraststruktur, die dieser feinen Texturierung entspricht. Oder das Objekt könnte beispielsweise ein Ei sein, wo die Schale eine eindeutige Textur auf der Außenseite aufweist. Das Objekt könnte auch eine Plakattafel sein, die aus Holz hergestellt ist oder ein Dokument, das aus Papier hergestellt ist. Sowohl Holz als auch Papier haben Fasern, die eindeutige Strukturen erzeugen, wenn sie ordnungsgemäß be-

leuchtet werden. Mikroskopische Merkmale in Papierprodukten, die verwendet werden können, um Lichtkontraste zu erzeugen, reichen in der Größe typischerweise von 10 µm bis 40 µm. Andere Kontrastquellen, die verwendet werden können, umfassen Oberflächenmarkierungen, wie z. B. Druck oder Farbe. Oberflächenmarkierungen können speziell entworfen werden, um einen hohen Bildkontrast zu erreichen, um die Leistungsfähigkeit von Nähe- und Lateralbewegungsmessungen zu verbessern.

[0049] Kontrast, der auf einer Oberfläche erzeugt und abgebildet wird, ist eine Funktion von sowohl dem/den Einfallswinkeln des Lichts, das die Oberfläche beleuchtet, als auch der Betrachtungswinkel, durch die Oberflächenbilderfassungsoptik, die das Bild sammelt und an die Photosensoren des Sensors liefert. Dieser Betrachtungswinkel kann definiert werden als der Winkel zwischen der Oberflächennormalen und der optischen Achse der Betrachtungslinse. In den meisten Fällen ist es am besten, den Betrachtungswinkel bei ungefähr Null Grad zu positionieren.

[0050] Um Lichtkontraste zu erzeugen, sind herkömmliche Lichtquellen angemessen. Beispielsweise kann ein lineares Array von hochintensiven lichtemittierenden Dioden mit einer Bernsteinfarbe verwendet werden. Die Auswahl der bevorzugten Beleuchtungsquelle und deren Einfallswinkel auf der Oberfläche von Interesse hängt von den strukturellen oder gedruckten Merkmalen des Objektes von Interesse ab. Die Wellenlänge oder Farbe des Lichts wird ausgewählt, um die Kontraste zu maximieren, wenn das Licht auf das Objekt von Interesse projiziert wird. Die Beleuchtungsoptik kann aus einer oder mehreren LEDs mit Kuppellinsen bestehen oder kann einen Lichtleiter umfassen, der aus einem geformten optischen Element besteht, das entworfen ist, um die Beleuchtung mit einer minimalen Menge an Lichtverlust auf das Objekt von Interesse zu leiten. Ein solcher Entwurf kann eine relativ einheitliche Beleuchtung eines Zielbereichs auf dem Objekt von Interesse erfordern, mit einem großen Bereich von Einfallswinkeln, während senkrecht einfallende Strahlen blockiert werden, um spiegelnde Oberflächenreflektionen zu vermeiden.

[0051] Kohärentes Licht von einem Laser kann verwendet werden, falls die Oberfläche von Interesse nicht ausreichend lichtdurchlässig ist, um zu Mehrfachstreuung zu führen. Mehrfachstreuung von Streuungszentren, die bei mehreren Tiefen in der Oberfläche von Interesse liegen, können zum „Kochen" von Modenbildern führen, die in dem oberen Bild ersichtlich sind, während sich die relative Position der Oberfläche mit der Zeit ändert. Aber selbst auf einer nicht-lichtdurchlässigen Oberfläche von Interesse, wie z. B. einer Aluminiumoberfläche, kann die Herleitung der Objektbewegung von der Strukturbewegung kompliziert sein, aufgrund der verbundenen Eigenheiten der Geometrie der Beleuchtung, der Betrachtung und der relativen Bewegungen. Daher ist eine inkohärente Beleuchtung die bevorzugte Beleuchtung. Für Oberflächen von Interesse, die ein Oberflächenprofil oder Schwankungen bei dem Materialbrechungsindex zeigen, wird kollimiertes Licht bevorzugt. Kollimiertes Licht ist Licht, das aus Licht besteht, das in der gleichen oder parallelen Richtung verläuft und daher eine gute Definition von Oberflächenprofilschatten erzeugt, d. h. einen guten Kontrast. Für Oberflächen mit gedruckten Markierungen aber wenig Oberflächenprofil wird nicht-paralleles Licht bevorzugt, weil Kontrast eher ein Ergebnis von Lichtstreuung und Absorptionseffekten ist, die nicht sehr stark von der Divergenz oder Konvergenz in der einfallenden Beleuchtung abhängen.

[0052] Es gibt unterschiedliche Verfahren zum Beleuchten eines Objekts von Interesse, die verwendet werden können, um die gewünschten Lichtkontraste zu erzeugen. In einigen Fällen kann Licht von einer Richtung senkrecht zu dem Objekt von Interesse geliefert werden. In anderen Fällen, wie es in **Fig.** 1 dargestellt ist, trägt Licht, das das Objekt von Interesse in einem Winkel trifft, dazu bei, mit den strukturellen Merkmalen **14** des Objekts von Interesse den besten Lichtkontrast zu erzeugen.

[0053] Beispielsweise hängt bei dem nachfolgend erörterten Handscanner-Ausführungsbeispiel, die Auswahl des Einfallswinkels von den Materialeigenschaften des Objekts von Interesse ab, typischerweise ein Dokument eines gewissen Typs. Streifende Beleuchtungswinkel erzeugen dunklere und längere Schatten und einen offensichtlicheren Kontrast, oder Wechselstrom-/Gleichstrom-Signal, falls die Oberfläche des Objekts von Interesse nicht zu glänzend ist. Der Gleichsignalpegel verringert sich jedoch, wenn sich der Beleuchtungswinkel neunzig Grad von der Senkrechte zu dem Objekt von Interesse nähert, d. h. der streifende Winkel nähert sich Null Grad.

[0054] Das Beleuchten der gewünschten Region des Objekts von Interesse in einem streifenden Winkel funktioniert gut bei Anwendungen, bei denen die Oberfläche des Objekts von Interesse auf mikroskopischer Ebene einen hohen Grad an Ungleichmäßigkeit aufweist. Beispielsweise liefert die Einführung von Licht von der Quelle in einem streifenden Winkel Bildstrukturen mit einem hohen Signal-Rausch-Verhältnis (hoher Kontrast) bezüglich eindeutigen strukturellen Merkmalen, wenn das Objekt von Interesse Papier, Karton, Stoff oder menschliche Haut ist. Bei Anwendungen, bei denen Positionsdaten benötigt werden, um die Scannerbewegung entlang solchen glänzenden Objekten von Interesse zu verfolgen, wie z. B. Photographien, Zeitschrifttitelseiten und Overhead-Transparentfilmen, wo die Oberflächenprofile minimal sind, ist es andererseits vorzuziehen, inkohärentes Licht an oder nahe dem senkrechten Einfall

zu verwenden. Mit oder bei einer beinahe senkrecht einfallenden Beleuchtung liefert das Betrachten des Objekts von Interesse in dem spiegelreflektierten Feld ein Bild, das ausreichend reich an Texturinhalt ist, um eine bild- und korrelationsbasierte Positionsbestimmung zu ermöglichen. Die Oberfläche des Objekts von Interesse reflektiert in solchen Fällen Licht, als ob die Oberfläche ein Mosaik aus Fliesen oder Facetten wäre. Viele der „Fliesen" einer solchen Oberfläche von Interesse reflektieren Licht in Richtungen, die von der Senkrechten abweichen, so daß ein Bild dieser Oberfläche aus hellen und dunklen Facetten besteht. Das Modellieren einer Oberfläche, die aus Facetten besteht, wird von W. W. Barkas erörtert in einem Artikel mit dem Titel „Analysis of Light Scattered from a Surface of Low Gloss into Its Specular and Diffuse Components," in Proc. Phys. Soc., Bd. 51, Seiten 274–292 (1939).

[0055] Als eine Alternative zum Beleuchten der gewünschten Region des Objekts von Interesse unter Verwendung einer externen Beleuchtungsquelle kann das Objekt von Interesse selbstleuchtend sein oder eine interne Beleuchtungsquelle aufweisen. Beispielsweise kann das Objekt von Interesse, das auch als das zweite Objekt bekannt ist, eine interne Lichtquelle aufweisen, die in das Objekt eingebaut ist, die in der Lage ist, Lichtkontraste zu erzeugen, ohne eine externe Beleuchtungsquelle zu benötigen.

[0056] Optische Vorrichtungen werden verwendet, um Lichtenergie zu sammeln und zu fokussieren, die vorliegt. Eine Bilderfassungslinse oder eine Reihe von Bilderfassungslinsen sammeln Licht, das von dem beleuchteten Objekt von Interesse emittiert wird und fokussieren dasselbe auf ein Sensorarray. Die Abstände von der Linse zu dem Objekt von Interesse und von der Linse zu dem Photosensorarray hängen von der Linse, die für die spezielle Anwendung gewählt wird, und von der gewünschten Vergrößerung ab. Für einige Anwendungen, wie z. B. Handscannen, kann der Abstand von der Linse zu dem Objekt von Interesse im Millimeterbereich liegen. Kontaktbilderzeugung bei Handscan-Anwendungen verwendet typischerweise Linsen, die unter dem Warenzeichen SELFOC verkauft werden, die eine bundesweit eingetragene Marke von Nippon ist. Bei anderen Anwendungen, wie z. B. einem Roboterarm, der eine Nutzlast handhabt, kann die Brennweite von der Linse zu dem Objekt von Interesse auch in dem Millimeterbereich liegen, könnte aber auch größer sein.

[0057] Außerdem können telezentrische Linsen verwendet werden, so daß kleine Näheänderungen in der Nähe eines Kontaktpunkts die effektive Vergrößerung der Linse nicht ändern. Mit der Bilderfassungslinse kann auch eine variable Iris verwendet werden, um das Variieren der numerischen Apertur und dadurch das Variieren der Tiefenschärfe zu ermöglichen, über die Kontraste nahe der Kontaktebene hoch bleiben. Gleichartig dazu kann eine Zoom-Linse verwendet werden, um genaue Nähemessungen bei viel größeren Abständen entfernt von einer Kontaktebene zu ermöglichen.

[0058] Der Sensor ist ein Array von einzelnen optisch empfindlichen Elementen. Die Beabstandung der einzelnen optisch empfindlichen Elementen beeinträchtigt die Auflösung des Bildes, die das Sensorarray erzeugen kann. Das Sensorarray kann ein ladungsgekoppeltes Bauelement, ein Photodiodenarray aus amorphem Silizium oder anderer Typ von aktivem Pixelsensorarray sein. Bei der Handscan-Anwendung kann das Sensorarray der HP-Magellan-Chip sein.

[0059] Verarbeitungselektronik und/oder Software kann ebenfalls notwendig sein, um relevante Daten zu interpretieren und zu übertragen. Die Elektronik kann elektronischen oder magnetischen Speicher, Mikroprozessoren, ASICs, DSPs und Kabel umfassen. Die Software kann Betriebssysteme, Anwendungen und Datenbanksysteme umfassen.

[0060] Die typische Erfassungsvorrichtung besteht aus einer Beleuchtungsquelle, Bilderfassungsoptik und einem Sensorarray. Die typische Anordnung der Elemente ist in **Fig.** 4 und 5 dargestellt. Die Sensorvorrichtung ist typischerweise an dem befestigt, was als erstes Objekt **32** bezeichnet wird. Das erste Objekt kann beispielsweise Teil eines Roboterarms oder eines Handscanners sein. Außerdem kann das erste Objekt Verarbeitungselektronik und andere strukturelle Merkmale enthalten. Die Bilderfassungsoptik **34** ist so befestigt, daß eine Brennfläche **46** der Bilderfassungsoptik beim Kontakt mit einem Teil des Objekts von Interesse **42** zusammenfällt, und die andere Brennfläche **36** sich an dem Sensorarray **38** befindet. Die Beleuchtungsquelle **40** ist derart positioniert, daß das Licht das Objekt von Interesse **42**, das auch als das zweite Objekt bezeichnet wird, in dem gewünschten Winkel treffen kann. Die Beleuchtungsquelle kann fest oder beweglich sein, so daß der Einfallswinkel **44** nach Bedarf eingestellt werden kann. Das Objekt von Interesse oder das zweite Objekt kann sich weiter weg oder näher zu der Sensorvorrichtung bewegen, abhängig von der speziellen Anwendung, aber bei Berührungsanwendungen würde das Objekt von Interesse **42** oder das zweite Objekt entlang einer Kontaktebene **48** in Kontakt mit Teilen des ersten Objekts kommen, wenn dieselbe mit der Brennfläche **46** zusammenfällt.

[0061] Die Nähe ist eine Abstandsmessung zwischen zwei Objekten. In diesem Zusammenhang ist das zweite Objekt oder das Objekt von Interesse das Objekt, das erfaßt wird. Das erste Objekt ist das Objekt, an dem die Sensorvorrichtung befestigt ist. Das erste Objekt bestimmt daher die Nähe zu dem zweiten Objekt, d. h. dem Objekt von Interesse.

[0062] Wie es in **Fig.** 6 dargestellt ist, sind die ersten Schritte beim Bestimmen von Nähe-Informationen das Befestigen einer Sensorvorrichtung **50** an dem ersten Objekt und das Beleuchten **52** des Objekts von Interesse. Der nächste Schritt beim Bestimmen von Nähe-Informationen ist das Erfassen von Referenzdaten **54**. Referenzdaten können auch als Kalibrierungsdaten bezeichnet werden. Referenzdaten sind typischerweise eine Verteilung der Lichtintensität, die von einem Objekt von Interesse emittiert, reflektiert oder gestreut wird. Referenzdaten haben eine Bildauflösung, die einer Position bezüglich der Brennposition der Bilderfassungsoptik entspricht. Typischerweise werden Referenzdaten erstellt durch Erfassen von Bilddaten an der Brennposition der Bilderfassungsoptik, obwohl Referenzdaten auch über einen Bereich von Positionen entfernt von der Brennposition erfaßt werden können, falls eine genauere Bestimmung des Abstands von der Brennposition gewünscht wird.

[0063] **Fig.** 1 stellt Licht **12** dar, das die strukturellen Merkmale **14** eines Objekts von Interesse **16** trifft. **Fig.** 2 stellt eine Lichtenergieverteilung dar, wenn das Objekt von Interesse mit der Bilderfassungsoptik fokussiert ist, **18** stellt Lichtenergie dar, wo Licht strukturelle Merkmale des Objekts von Interesse trifft, und **20** stellt Lichtenergie von Schattenbereichen dar, wo kein Licht das Objekt von Interesse trifft. Diese Darstellungen von hell und dunkel ähneln einem Zustand ohne Lichtbrechung oder Dispersion. Die Linie **22** stellt realistischer dar, wie der Lichtenergieübergang mit Brechung oder Dispersion aussehen kann. **Fig.** 3 stellt das gleiche Objekt von Interesse unter den gleichen Lichtbedingungen dar, aber das Objekt von Interesse ist nicht mit der Bilderfassungsoptik fokussiert. Erneut stellt **24** die Lichtenergie dar, wo Licht strukturelle Merkmale des Objekts von Interesse trifft. Außerdem stellt **26** Lichtenergie von Schattenbereichen dar und **28** stellt realistischer den Lichtübergang zwischen hell und dunkel dar. Lichtverteilungen, die ähnlich sind wie diejenigen in **Fig.** 2, werden selbst ohne strukturelle Merkmale ebenfalls erhalten, wenn die Oberfläche des Objekts von Interesse räumliche Variationen des Brechungsindex, der Absorption, der Farbe, des Drucks oder andere optische Merkmale umfaßt.

[0064] Mit Bezugnahme auf **Fig.** 2 und 3 ist an der Brennposition der Bereich der Lichtleistungsintensitäten **18** und **20**, die durch die Bilderfassungsoptik an das Sensorarray geliefert werden, am höchsten, und die Lichtleistungsübergänge **22** und **28** sind besser unterscheidbar als außerhalb der Brennposition. Das heißt, der Intensitätsbereich der Lichtleistung, die an das Sensorarray geliefert wird, während das Objekt von Interesse fokussiert ist, **18** und **20**, ist höher als der Intensitätsbereich **24** und **26** der Lichtleistung von dem gleichen Punkt, die an das Sensorarray geliefert wird, während das Objekt von Interesse nicht fokussiert ist.

[0065] Während der Sensor nicht fokussiert ist, ergeben Schattenbereiche einer Objektoberfläche außerdem dem Sensorarray den Anschein, daß Licht vorliegt **26**.

[0066] Obwohl die Referenzdaten typischerweise an der Brennposition erfaßt werden, können Referenzdaten an einer anderen Position erfaßt werden. Außerdem können Referenzdaten für jedes einzelne Objekt von Interesse entwickelt werden, wie z. B. jede Nutzlast. Oder Referenzdaten können von einer Reihe von Messungen von unterschiedlichen Objekten entwickelt werden, um einen Referenzdatenstandard auf der Basis von mehr als einem Objekt zu entwickeln. Beispielsweise können mehrere Stücke eines bestimmten Papiertyps verwendet werden, um Referenzdaten für eine Handabtastvorrichtung zu erstellen.

[0067] Das Erfassen von Bilddaten von dem Objekt von Interesse ist der nächste Schritt zum Bestimmen der Nähe **56** des Objekts von Interesse bezüglich des ersten Objekts. Die Bilddaten sind eine Funktion des Lichtkontrasts auf dem Objekt von Interesse und der Bilderfassungsauflösung beim Umwandeln des Lichtkontrasts zu einem Photosensorarraysignal. Die Auflösung des Erfassens eines Bildes des Lichtkontrasts wird bestimmt durch die Position des Objekts von Interesse bezüglich der Brennposition der Bilderfassungsoptik. Falls beispielsweise mit Bezugnahme auf **Fig.** 5 des Objekts von Interesse **42** an der Brennposition P1 der Bilderfassungsoptik **34** ist, erfaßt das Sensorarray **38** den Lichtkontrast mit hoher Auflösung **18** und **20**, und die Lichtleistungsverteilung **22** kann besser unterschieden werden. Falls das Objekt von Interesse **42** bei P3 weiter entfernt ist von der Brennposition **46** der Bilderfassungsoptik **34**, dann erfaßt das Sensorarray den Lichtkontrast **24** und **26** mit einer niedrigeren Auflösung und als Folge ist es schwieriger, den Lichtkontrast, der vorliegt **28**, zu unterscheiden. Falls gleichartig dazu das Objekt von Interesse bei P2 näher an der Bilderfassungslinse ist als der Brennpunkt, dann erfaßt das Sensorarray den Lichtkontrast mit einer niedrigeren Auflösung.

[0068] Genauso wie mit Referenzdaten bilden die Hochintensitätssignale **18** erfaßte Bilddaten, die die Bereiche auf dem Objekt darstellen, die Licht ausgesetzt sind, aber diese erscheinen für das Sensorarray als Signale **24** mit relativ niedrigerer Intensität, wenn das Objekt von Interesse nicht fokussiert ist, **Fig.** 3. Außerdem werden die Signale mit niedrigerer Intensität auf dem Sensor, die Schattenbereiche **20** und **26** auf dem Objekt darstellen, relativ zu ihren Werten in der fokussierten Position, als Signale mit höherer Intensität erscheinen. Der Gesamteffekt ist, daß die Signalübergänge von hellen zu dunklen Bereichen, die

durch das Sensorarray gemessen werden, nicht so unterscheidbar sind.

[0069] Sobald die Referenzdaten und die Bilddaten entwickelt wurden, kann der Sensor die relative Position des Objekts von Interesse bezüglich des ersten Objekts bestimmen. Die Position des Objekts von Interesse wird bestimmt durch Vergleichen **57** der Kontraste der erfaßten Bilddaten mit den Referenzdaten. Der Vergleich der Daten besteht aus mathematischen Berechnungen, die die bekannten Referenzdaten mit den Bilddaten vergleichen. Bei dem bevorzugten Ausführungsbeispiel können die mathematischen Berechnungen das Verwenden einer Fourier-Transformation umfassen, um Bilddaten mit den Referenzdaten zu vergleichen.

[0070] Falls Referenzdaten auf der Brennposition der Bilderfassungsoptik basieren, dann ist der Referenzabstand von dem Brennabstand bekannt, und die Lichtleistungskontraste an dem Brennabstand sind bekannt. Die erfaßten Bilddaten des Objekts von Interesse werden dann mit den bekannten Lichtleistungskontrasten an der Brennposition verglichen. Unterschiede bei Lichtleistungskontrasten werden dann mit dem bekannten Brennabstand korreliert, um die relative Position des Objekts von Interesse bezüglich der Brennposition und dadurch bezüglich des ersten Objekts zu bestimmen. Von nachfolgenden Positionsberechnungen, wie sie durch die Rückleitung von Schritt **57** zu Schritt **56** in **Fig.** 6 dargestellt sind, kann die Rate der Näherung oder Trennung des ersten und zweiten Objekts bezüglich zueinander bestimmt werden.

[0071] Um die laterale Bewegung des Objekts von Interesse bezüglich eines ersten Objekts zu bestimmen, muß eine Sequenz von zumindest zwei Bilddatenrahmen durch die Sensorvorrichtung erfaßt werden. Die Sequenz von Bilddaten, die erfaßt werden, können die gleichen Bilddaten sein, die für die Nähebestimmung erfaßt werden, oder es können getrennte Daten sein. Bei der Nähebestimmung ist die Auflösung des Bildes, das durch den Sensor empfangen wird, ein Schlüsselmechanismus zum Bestimmen der Nähe. Für eine laterale Bewegungserfassung ist jedoch der Lichtkontrast auf dem Objekt von Interesse der Schlüsselmechanismus und der Fokussiergrad sollte konstant sein.

[0072] **Fig.** 7 stellt die allgemeinen Schritte zum Bestimmen der lateralen Bewegung dar. Die ersten Schritte beim Bestimmen der lateralen Bewegung sind das Befestigen einer Sensorvorrichtung **58** an dem ersten Objekt und das Beleuchten **60** des Objekts von Interesse. Der nächste Schritt beim Bestimmen der lateralen Bewegung ist das Erfassen einer Sequenz von Bilddatenrahmen **62**. Nachfolgend werden einzelne Rahmen der Bilddatensequenz miteinander verglichen, um die relative laterale Bewegung **64** zu bestimmen.

[0073] Als ein Beispiel stellt **Fig.** 8 die Schritte dar, die bei der lateralen Bewegungsbestimmung beim Handscannen beteiligt sind. Die laterale Bewegungsbestimmung bei diesem Ausführungsbeispiel umfaßt das Korrelieren aufeinanderfolgender Rahmen von Bilddaten. Die Korrelationen vergleichen die Positionen von eindeutigen strukturellen Merkmalen in einer Sequenz von Bildrahmen, um Informationen zu liefern, die sich auf die Position eines zweiten Objekts bezüglich eines ersten Objekts zu einem bestimmten Zeitpunkt beziehen. Bei den Schritten **67** und **70** wird die Anfangsposition mit x = y = 0 initialisiert, und ein Referenzrahmen wird unter Verwendung der Sensorvorrichtung erfaßt, die einer Position des Objekts von Interesse entspricht. In der Tat ist der Referenzrahmen eine Startposition, mit den x- und den y-Koordinaten bei 0 eingestellt. Als nächstes wird ein Abtastrahmen erfaßt **72**, der dem Objekt von Interesse zu einem späteren Zeitpunkt entspricht. Der spätere Zeitpunkt ist normalerweise ein Intervall, das kurz genug ist, um es dem Bild zu ermöglichen, sich um nicht mehr als ein Pixel pro Zeitintervall zu bewegen, um den notwendigen Suchraum zu reduzieren und die Antwortzeit zu maximieren.

[0074] Das Vergleichen der Position von eindeutigen Lichtkontraststrukturen in dem Referenzrahmen mit der Position der gleichen Lichtkontraststrukturen in dem Abtastrahmen gibt eine Anzeige der relativen Bewegung zwischen dem Objekt von Interesse und dem ersten Objekt. Das Vergleichen des Referenzrahmens mit dem Abtastrahmen wird erreicht, indem zunächst der Referenzrahmen verwendet wird, um eine Reihe von Schablonen zu erstellen, die neun mögliche Bewegungsrichtungen anzeigen, die der Referenzrahmen machen könnte, einschließlich überhaupt keine Bewegung. Der Zählwert von neun Positionen ist eine Folge der Verwendung einer rechteckigen Arraygeometrie, so daß sich ein Bildmerkmal in einem Rahmen möglicherweise zu einer seiner nächsten Nachbarpositionen bewegen könnte, oder überhaupt nicht. Bei Schritt **74** wird ein Teilrahmen des Abtastrahmens mit jeder dieser Vorlagen verglichen, und Korrelationswerte werden berechnet. Die Korrelationswerte stellen den Ähnlichkeitsgrad zwischen jeder Vorlage und dem Teilrahmen des Abtastrahmens dar. Der höchste Korrelationsgrad zwischen der Reihe von Schablonen und dem Abtastrahmen ergibt die Anzeige einer relativen Bewegung zwischen dem Objekt von Interesse und dem ersten Objekt. Alternativ könnten Schablonen des gleichen Rahmens mit einer Oberfläche des Referenzrahmens verglichen werden.

[0075] Der Korrelationsprozeß wird nachfolgend näher beschrieben und ist in dem U.S.-Patent Nr. 5,578,813 und der U.S.-Patentanmeldung mit der Seriennummer 08/591,847 beschrieben, die beide

der Anmelderin der vorliegenden Erfindung übertragen sind.

[0076] Bei den Handscan-Ausführungsbeispiel kann der Anfangsreferenzrahmen auf die Einleitung der Erfassungsoperation hin erfaßt werden. Die Erfassung der Referenzdaten kann ausgelöst werden durch eine reine Plazierung der Abtastvorrichtung in Kontakt mit dem Objekt von Interesse. Alternativ kann die Abtastvorrichtung einen Startknopf umfassen, der die Erfassung von Referenzdaten und Bilddaten einleitet.

[0077] Die laterale Bewegungsverarbeitung wird rechentechnisch durchgeführt und ein Beispiel dessen, was die Berechnung darstellt, ist nachfolgend beschrieben. Die Sensorvorrichtung beobachtet effektiv ein Bild, das sich lateral bezüglich der Sensorvorrichtung bewegt, und erzeugt eine Anzeige der Verschiebung in zwei lateralen planaren Abmessungen zwischen aufeinanderfolgenden Beobachtungen. Mit Bezugnahme auf **Fig.** 8 und 9 ist ein Referenzrahmen **82** so gezeigt, daß er ein Bild eines T-förmigen eindeutigen strukturellen Merkmals **84** aufweist. Die Größe des Referenzrahmens hängt von Faktoren ab, wie z. B. der maximalen Abtastgeschwindigkeit der Abtastvorrichtung, den räumlichen Frequenzen bei der Bilderfassung der strukturellen oder gedruckten Merkmale des Dokuments, und der Bildauflösung des Sensors. Eine praktische Größe des Referenzrahmens für einen Bewegungssensor, der **32** Pixel (N) mal **64** Pixel (M) ist, ist 24 mal **56** Pixel. Zu einem späteren Zeitpunkt (dt) erfaßt ein Sensor einen Abtastrahmen **86**, der bezüglich des Rahmens **82** verschoben ist, der aber im wesentlichen die gleichen eindeutigen strukturellen Merkmale zeigt, außer vielleicht nahe den Kanten des Rahmens. Die Dauer dt ist vorzugsweise eingestellt, so daß die relative Verschiebung des T-förmigen Merkmals **84** geringer ist als ein Pixel des Navigationssensors bei der Translationsgeschwindigkeit der Abtastvorrichtung. Eine annehmbare Zeitperiode ist 50 Mikrosekunden für Geschwindigkeiten von 0,45 Meter/Sek. bei Auflösungen von **12** Linienpaaren pro Millimeter.

[0078] Falls sich die Abtastvorrichtung während der Zeitperiode zwischen dem Erfassen **70** des Referenzrahmens **82** und dem Erfassen **72** des Abtastrahmens **86** bewegt hat, sind das erste und das zweite Bild des T-förmigen Merkmals welche, bei denen sich das Merkmal verschoben hat. Obwohl das bevorzugte Ausführungsbeispiel eines ist, bei dem dt geringer ist als die Zeit, die eine Voll-Pixelbewegung ermöglicht, ist die schematische Darstellung von **Fig.** 9 eine, bei der es dem Merkmal **84** ermöglicht wird, sich um ein Pixel nach oben und nach rechts zu verschieben. Die Voll-Pixel-Verschiebung wird nur angenommen, um die Darstellung zu vereinfachen.

[0079] Das Element **90** in **Fig.** 9 stellt eine sequentielle Verschiebung der Pixelwerte des Teilrahmens **88** in jeder der acht nächsten benachbarten Pixelpositionen dar. Eine neunte Position ist durch eine Null-Verschiebung dargestellt. Das heißt, Schritt „0" umfaßt keine Verschiebung, Schritt „1" ist eine diagonale Verschiebung nach oben und nach links, Schritt „2" ist eine Verschiebung nach oben, usw. Auf diese Weise können die neun pixelverschobenen Rahmen oder Schablonen mit dem Abtastrahmen **86** kombiniert werden, um das Array **92** von Positionsrahmen zu erzeugen. Der Positionsrahmen, der als „Position 0" bezeichnet ist, umfaßt keine Verschiebung, so daß das Ergebnis lediglich eine Kombination von Rahmen **86** und **88** ist. „Position **3"** hat die minimale Anzahl von schattierten Pixeln, oder wo die Differenzen zwischen überlagernden Pixeln minimal sind, und ist daher der Rahmen mit der höchsten Korrelation. Auf der Basis der Korrelationsergebnisse wird die Position des T-förmigen Merkmals **84** in dem Abtastrahmen **86** als eine diagonale Verschiebung nach rechts und nach oben bezüglich der Position des gleichen Merkmals in dem früher erfaßten Referenzrahmen **82** bestimmt, was impliziert, daß sich die Abtastvorrichtung während der Zeit dt nach links und nach unten bewegt hat.

[0080] Andere Korrelationslösungsansätze können verwendet werden. Ein annehmbarer Lösungsansatz ist eine „Summe der quadrierten Differenzen"-Korrelation. Für das Ausführungsbeispiel von **Fig.** 9 gibt es neun Korrelationskoeffizienten (Ck = C0, C1 ... C8), die aus den neun Versätzen bei dem Element **90** gebildet sind, wobei die Korrelationskoeffizienten bestimmt werden durch die Gleichung

$$C_k = \sum_i \sum_j \left(S_{ij} - R_{(ij)-k}\right)^2$$

wobei S_{ij} den sensorgemessenen Wert an der Position ij des Abtastrahmens **86** bezeichnet, und R_{ij} den sensorgemessenen Wert bei dem Rahmen **88** bezeichnet, wie er an dem Element **90** in der k-Richtung verschoben ist, wobei k der Identifizierer der Verschiebung an dem Element **90** ist. In **Fig.** 9 liefert k = 3 den Korrelationskoeffizienten mit dem niedrigsten Wert.

[0081] In dem allgemeineren Fall ist die Verschiebung der beiden aufeinanderfolgenden Rahmen klein genug, daß dieselbe keinen minimalen Korrelationskoeffizienten an einer der acht äußeren Schablonenpositionen erzeugt. In diesem Fall kann es notwendig sein, einen Teilpixelverschiebungswert zu interpolieren. Dies kann erreicht werden durch Berechnen eines „Quadrats plus Kreuzterm", der in die neun Summen der Quadratdifferenzen eingepaßt wird, die oben berechnet wurden. Die neun Korrelationswerte stellen mögliche Verschiebungen in den acht Kompaßrichtungen und eine Null-Verschiebung dar. Die wahre Verschiebung wird bestimmt durch Berechnen der Position des minimalen Werts der glatten regres-

siv angepaßten mathematischen Oberfläche.

[0082] Bei Schritt **76** von **Fig.** 8 werden die in Schritt **74** berechneten Korrelationswerte verwendet, um die Positionen von identischen Merkmalen in aufeinanderfolgenden Rahmen zu finden, um die Verschiebungen (dx, dy) der Merkmale von Rahmen zu Rahmen zu bestimmen. Das Summieren oder Integrieren dieser Verschiebungen und Korrigieren von Skalenfaktoren, die durch den Entwurf der relevanten Optik eingeführt werden, bestimmen die Verschiebungen des Bilderfassungssensors, während die Abtastprozedur fortschreitet.

[0083] Obwohl der Prozeß einen hohen Grad an Korrelationsübereinstimmung liefert, akkumulieren sich alle Fehler, die auftreten, falls dem Schritt **76** des Berechnens der Korrelationswerte automatisch und fortlaufend ein Schritt des Verschiebens des aktuellen Abtastrahmens **86** zu der Referenzrahmenbestimmung folgt. Um eine Beschränkung auf die Wachstumsrate von „Zufallsbewegung"-Fehler zu plazieren, kann das Verschieben eines Abtastrahmens zu einem neuen Referenzrahmen für eine nachfolgende Reihe von Korrelationsberechnungen weniger häufig durchgeführt werden. Die Objektverschiebung zwischen den weniger häufig verschobenen neun Referenzrahmen wird als „Makroschritt" bezeichnet.

[0084] Bei Schritt **77** von **Fig.** 8 wird die Bestimmung durchgeführt, ob der gespeicherte Abtastrahmen der neue Referenzrahmen für die nachfolgende Reihe von Korrelationsberechnungen werden sollte. Falls die akkumulierte Verschiebung seit der Erfassung eines Referenzrahmens entweder bei Schritt **70** oder Schritt **78** eine vorbestimmte Anzahl (n) von Pixellängen überschreitet, wird der Abtastrahmen bei Schritt **78** als neuer Referenzrahmen eingesetzt. Der neue Referenzrahmen und der nächste Abtastrahmen, die bei Schritt **72** erfaßt werden, werden dann beim Implementieren der Schritte **74** und **76** verwendet. Falls andererseits bestimmt wird, daß die Verschiebung bei Schritt **77** geringer ist als n-Pixellängen, tritt bei Schritt **79** eine zweite Pixellängenbestimmung auf. Eine Verschiebung von weniger als einer Pixellänge seit der letzten Referenzrahmenerfassung (bei Schritt **70** oder Schritt **78**) oder Verschiebung (bei Schritt **81**) eines Referenzrahmens ermöglicht es, daß der Prozeß ohne Auswirkung auf den Referenzrahmen zu Schritt **72** des Erfassens des nächsten Abtastrahmens zurückkehrt. Falls jedoch die Verschiebung größer ist als ein Pixel (aber geringer als n Pixel), wird der aktuelle Referenzrahmen bei Schritt **81** in der Richtung der berechneten Verschiebung verschoben. Beispielsweise ist in **Fig.** 9 die berechnete Verschiebung eine Pixellänge nach oben und nach rechts, wie es durch Vergleichen des aktuellen Referenzrahmens **82** mit dem Abtastrahmen **86** ersichtlich ist. Somit ist die Verschiebung bei Schritt **81** nach oben und nach rechts.

[0085] Als ein Beispiel der Implementierung der Schritte **77**, **78**, **79** und **81** von **Fig.** 8 wird angenommen, daß die vorbestimmte Beschränkung der Verschiebung, die auftreten kann, bevor ein neuer Referenzrahmen bei Schritt **78** eingerichtet wird, vier Pixellängen beträgt. Das heißt, bei Schritt **77** ist n = 4. Nach jeder Berechnung eines Verschiebungsinkrements bei Schritt **76** wird bestimmt, ob die akkumulierte Verschiebungsinkremente vier Pixellängen überschreiten. Falls die akkumulierte Verschiebung geringer ist als vier Pixellängen, bestimmt Schritt **79**, ob die Verschiebung größer ist als eine Pixellänge seit der letzten Verschiebung des aktuellen Referenzrahmens bei Schritt **81** oder der letzten Erfassung eines Referenzrahmens bei Schritt **70** oder Schritt **78**. Eine „Nein"-Bestimmung bei Schritt **79** kehrt den Prozeß zu Schritt **72** zurück, ohne Auswirkung auf den Referenzrahmen. Eine „Ja"-Bestimmung führt zu einer Verschiebung des Referenzrahmens in Schritt **81** in der Richtung der berechneten Verschiebung. Nach der Verschiebung bei Schritt **81** wird bei Schritt **72** ein nächster Abtastrahmen erfaßt, und der verschobene Referenzrahmen und der Abtastrahmen werden bei Schritt **74** bei dem Nächster-Nachbar-Vergleich verwendet. Nach einer Anzahl von Verschiebungen des aktuellen Referenzrahmens führt die Bestimmung bei Schritt **77** schließlich zu einer „Ja"-Bestimmung. Als Folge wird der aktuelle Abtastrahmen bei Schritt **78** der neue Referenzrahmen und der Prozeß schreitet fort.

[0086] Die Abtastperiode dt muß nicht konstant sein. Die Abtastperiode kann als eine Funktion von vorhergehenden Messungen bestimmt werden. Ein Verfahren, das eine variable dt verwendet, ist das Verbessern der Genauigkeit von Verschiebungsberechnung, indem die relative Verschiebung zwischen aufeinanderfolgenden Referenzrahmen innerhalb bestimmter Grenzen gehalten wird. Beispielsweise kann die obere Grenze eine Ein-Pixel-Verschiebung sein, während die untere Grenze durch numerische Abrundungsüberlegungen beim Verarbeiten der Navigationsdaten bestimmt wird.

[0087] Dieses gleiche Verfahren zum Bestimmen einer lateralen Bewegung einer Abtastvorrichtung bezüglich einer Oberfläche oder eines Dokuments, wie z. B. einem Stück Papier, kann bei anderen Ausführungsbeispielen angewendet werden. Einige Beispiele umfassen einen Roboterarm, eine automatische Handhabungsausrüstung, eine Computermaus und eine Scanner-EIN/AUS-Steuerung.

[0088] Wenn sie bei einem Roboterarm angewendet wird, kann die Erfindung auf unterschiedliche Weisen arbeiten. Wie es in **Fig.** 10 dargestellt ist, ist zumindest eine Sensorvorrichtung **102** an Endeffektoren **104** oder „Fingern" eines Roboterarms **100** be-

festigt. Während die Finger und der Arm versuchen, eine Nutzlast **106** zu greifen, führt der Nähe-Bestimmungsmodus der Sensorvorrichtung den Roboterarm und die Endeffektoren zu dem Kontakt mit der Nutzlast. Andere bekannte Einrichtungen können verwendet werden, um den Arm innerhalb den Arbeitsbereich der Erfindung zu führen, aber wenn sich die Endeffektoren der Nutzlast nähern, erzeugt die Sensorvorrichtung einen Lichtkontrast auf der Oberfläche der Nutzlast. Unter Verwendung des oben beschriebenen Verfahrens bestimmt die Sensorvorrichtung den relativen Abstand der Sensorvorrichtung und somit der Endeffektoren zu der Nutzlast. Der relative Abstand wird fortlaufend bei Zeitintervallen berechnet, die in dem Millisekunden- oder Mikrosekundenbereich liegen können. Unter Verwendung der Änderung des relativen Abstands, der pro Zeitperiode zurückgelegt wird, kann die Näherungsrate ohne weiteres bestimmt werden. Die Näherungsrate kann genau eingestellt werden, während sich die Endeffektoren der Nutzlast nähern und dieselbe schließlich kontaktieren. Auf den Kontakt hin greifen die Endeffektoren die Nutzlast mit ausreichender Kraft, um die gewünschten Operationen durchzuführen.

[0089] Der Sensor oder die Sensorvorrichtungen sind an den Endeffektoren positioniert, so daß die Sensorvorrichtungen die Oberfläche der Nutzlast beleuchten können, wenn die Nutzlast durch die Endeffektoren in Eingriff genommen wird. Als Folge kann der laterale Bewegungssensor Lichtkontraste auf der Oberfläche der Nutzlast erfassen, um jede Bewegung zwischen den Endeffektoren und der Nutzlast zu überwachen. Die Bewegung zwischen den Endeffektoren und der Nutzlast kann anzeigen, daß die Nutzlast nicht sicher durch die Endeffektoren gehalten wird und in der Tat durch die Finger des Roboters „gleitet". Um das Gleiten zu steuern, ist der Roboterarm programmiert, um die Kraft seines Griffs ansprechend auf eine relative Bewegung zwischen den Endeffektoren und der Nutzlast einzustellen, nachdem ein Kontakt hergestellt wurde. Falls beispielsweise der Roboterarm eine Nutzlast hält und die Nutzlast anfängt zu gleiten, erfaßt die Sensorvorrichtung die relative Bewegung und stellt den Greifdruck nach Bedarf ein, um das Gleiten zu steuern.

[0090] Die Lateralbewegungs- und Nähe-Erfassung kann auch verwendet werden, um die Nutzlast freizugeben und die Endeffektoren von der Nutzlast zu trennen. Außerdem kann durch Verwenden von mehr als einem Sensor zum Messen von Gleitbeträgen und -raten an unterschiedlichen Kontaktpunkten zwischen Endeffektoren und einer Nutzlast die Schwerkraft nützlich verwendet werden, um dazu beizutragen, die Nutzlast in unterschiedlichen Richtungen zu bewegen und zu drehen.

[0091] Bei einem weiteren Ausführungsbeispiel kann das System verwendet werden, um bestimmte Operationen in einem Handscanner zu aktivieren oder zu deaktivieren. Beispielsweise kann derselbe als eine EIN/AUS-Steuerung bei einem Handscanner verwendet werden. **Fig.** 11 und 12 stellen eine Handabtastvorrichtung und den Betrieb derselben dar. Beim Betrieb wird der Handscanner **120** über ein Dokument **128** geschwenkt **126**, um ein spezielles Bild abzutasten. Das Abtastende **130** der Handabtastvorrichtung umfaßt zwei Sensorvorrichtungen **122** zum Erfassen der Nähe und der lateralen Bewegung und eine lange Abtastvorrichtung **124** zum Abtasten des gewünschten Bildes.

[0092] Als eine EIN/AUS-Steuerung pulsen die beiden Sensorvorrichtungen in einem „abgeschalteten" Modus regelmäßig ihre Beleuchtungssysteme, um nach dem Vorliegen einer Oberfläche zu suchen. Die Sensoren schalten sich nur ein, falls oder wenn ausreichende Bedingungen vorliegen. Ausreichende Bedingungen liegen vor, wenn die Nähe-Funktion der Sensorvorrichtung ausreichenden Kontrast bei dem Bild einer nahen Oberfläche erfaßt. Falls der Handscanner beispielsweise in einem abgeschalteten Zustand auf einem Schreibtisch auf seiner Seite liegt, wenn die Sensoren die Beleuchtungssysteme pulsen, kann es sein, daß die Sensoren keinen wesentlichen Kontrast oder Strukturen sehen, die charakteristisch sind für ein Bild. Falls das einzige Objekt in dem Weg der Sensoren ein entfernter Computer auf dem Schreibtisch oder eine Wand an der anderen Seite des Zimmers ist, erkennen die Sensoren keinen ausreichenden Kontrast und schalten sich nicht ein. Falls andererseits der Handscanner in Position auf ein Dokument plaziert wird, wenn die Sensoren ihre Beleuchtungssysteme pulsen, werden dieselben ausreichenden Kontrast erfassen und werden sich voll einschalten und den Handscanner anweisen, sich einzuschalten. Der umgekehrte Prozeß wird zum Abschalten eines Handscanners verwendet. Sobald die Sensorvorrichtung keinen ausreichenden Kontrast erfaßt, schaltet sie den Handscanner ab und geht in den periodischen Beleuchtungsmodus. Falls außerdem die Sensorvorrichtung keine ausreichende laterale Bewegung über eine bestimmte Zeitperiode erfaßt, kann dieselbe einen Handscanner abschalten. Diese Abschaltmerkmale können einen übermäßigen Verlust von Batterieleistung verhindern, wenn ein Scanner nicht verwendet wird, aber der manuelle Leistungsschalter eingeschaltet ist oder unbeabsichtigt eingeschaltet wird, während er in einer Aktentasche steckt.

[0093] Die Lateralbewegungssensorfunktion kann unabhängig oder zusammen mit der Nähesensorfunktion verwendet werden, um eine EIN/AUS-Steuerung zu erhalten. Wenn dieselben zusammen verwendet werden, werden die Sensoren und der Handscanner jedesmal eingeschaltet, wenn ausreichend Kontrast durch ein Dokument erzeugt wird, und es eine Anzeige der lateralen Bewegung gibt. Oder die

beiden Funktionen können auf andere Weise zusammen verwendet werden. Wenn der Nähesensor bestimmt, daß es ausreichend Kontrast gibt, wird der Handscanner von einem abgeschalteten Modus zu einem Leerlaufmodus erhöht. Sobald eine laterale Bewegung erfaßt wird, wird der Scanner von einem Leerlaufmodus in einen Vollbetriebsmodus geschaltet.

[0094] Wenn dieselbe allein als eine EIN/AUS-Steuerung verwendet wird, pulst die Lateralbewegungssensorfunktion regelmäßig das Beleuchtungssystem und erfaßt eine laterale Bewegung, und schaltet die Sensoren und den Scanner auf die Erfassung einer ausreichenden lateralen Bewegung hin ein. Außerdem, wenn keine ausreichende laterale Bewegung durch die Sensoren erfaßt wird, werden die Sensoren und der Handscanner in einen Leerlaufmodus gesetzt oder ausgeschaltet. Die Lateralbewegungssensorfunktion kann auch programmiert werden, um den Scanner auszuschalten, wenn die Scannergeschwindigkeit über eine Oberfläche unter die Spezifikationsbeschränkungen des Scanners fällt oder dieselben überschreitet.

[0095] Ein weiteres Ausführungsbeispiel ist die automatische Handhabung von empfindlichen Teilen. Beispielsweise können integrierte Schaltungen, die sorgfältig gehandhabt werden müssen, durch ein System mit Nähe- und Lateralbewegungssensoren gehandhabt werden. Mit der ordnungsgemäßen Optik können Sensorsysteme mit hohen Genauigkeiten in der Größenordnung von Mikrometern oder Bruchteilen eines Mikrometers erhalten werden. Bei einer Fließbandtypoperation, wo der Nähesensormodus verwendet wird, um mehrere Einheiten des gleichen Teils handzuhaben, können Referenzdaten auf der Basis von durchschnittlichen strukturellen oder gedruckten Merkmalen und entsprechenden Lichtkontrasten für eine spezielle Reihe von Teilen erstellt werden.

[0096] Bei anderen Ausführungsbeispielen kann das Erfassen eines Gradienten bei der Auflösung und/oder des Kontrasts über ein Sensorarray verwendet werden, um eine Neigung zwischen der Oberfläche des Objekts von Interesse und der Ebene des besten Fokus anzuzeigen, wie er durch das Sensorarray erfaßt wird. Zwei Sensorarrays, die in der gleichen Objekterfassenden Ebene verschoben sind, können verwendet werden, um eine Parallelität zwischen der Sensorkontaktebene und der Kontaktoberfläche des Objekts von Interesse zu erfassen. Außerdem kann eine Lateralbewegungserfassung durch zwei Sensorarrays, die in der Objekterfassungsebene verschoben sind, verwendet werden, um eine relative Drehung der Kontaktoberfläche des Objekts von Interesse um eine Senkrechte zu der Objekterfassungsebene zu erfassen.

Patentansprüche

1. Ein Verfahren zum Bestimmen der Position eines zweiten Objekts (**42**) bezüglich eines ersten Objekts (**32**), das folgende Schritte umfaßt:
Befestigen (**50**) einer Sensorvorrichtung an dem ersten Objekt, wobei die Sensorvorrichtung ein Sensorarray (**38**) und eine Bilderfassungsoptik (**34**) mit einer bekannten Brennweite umfaßt;
Beleuchten (**52**) des zweiten Objekts zum Erzeugen von Lichtkontrasten, die zumindest entweder strukturelle oder gedruckte Merkmale (**14**) des zweiten Objekts anzeigen;
Erfassen (**54**) von Referenzbilddaten;
Erfassen (**56**) von Bilddaten des zweiten Objekts unter Verwendung der Sensorvorrichtung, derart, daß die Bilddaten auf die Lichtkontraste ansprechen, die zumindest entweder die strukturellen oder die gedruckten Merkmale des zweiten Objekts anzeigen, und derart, daß die Bilddaten zumindest entweder einen Kontrast oder eine Auflösung aufweisen, die von einer Position des zweiten Objekts bezüglich der Sensorvorrichtung abhängen; und
Vergleichen (**57**) der Referenzbilddaten mit den erfaßten Bilddaten zum Bestimmen relativer Näheinformationen zwischen dem zweiten Objekt und dem ersten Objekt zu einem Zeitpunkt des Erfassens der Bilddaten.

2. Ein Verfahren gemäß Anspruch 1, bei dem die Schritte des Erfassens von Referenzbilddaten und des Erfassens von Bilddaten das Erfassen einer Sequenz (**62**) von Bilddatenrahmen des zweiten Objekts unter Verwendung der Sensorvorrichtung umfassen, so daß jeder Rahmen auf die Lichtkontraste anspricht, die zumindest entweder strukturelle oder gedruckte Merkmale des zweiten Objekts anzeigen und ferner den Schritt des Vergleichens (**65**) von einzelnen Rahmen von der Sequenz von Rahmen umfassen, um die relativen lateralen Bewegungsinformationen zwischen dem ersten Objekt und dem zweiten Objekt zu einem Zeitpunkt des Erfassens der Sequenz zu bestimmen.

3. Ein Verfahren gemäß Anspruch 2, das den Schritt des Verwendens der relativen lateralen Bewegungsinformationen umfaßt, zum Steuern oder Verhindern von Verrutschen an der Kontaktregion zwischen dem zweiten Objekt und dem ersten Objekt, wobei das zweite Objekt eine Nutzlast (**106**) ist und das erste Objekt ein Endeffektor (**104**) eines Roboters ist.

4. Ein Verfahren gemäß Anspruch 1, das einen Schritt des Verwendens der relativen Näheinformationen umfaßt, um eine Annäherung zum Kontakt, eine Wegbewegung vom Kontakt oder den tatsächlichen Kontakt zwischen dem zweiten Objekt und dem ersten Objekt zu steuern.

5. Ein Verfahren gemäß Anspruch 4, bei dem der Schritt des Befestigens der Sensorvorrichtung ein Schritt des Anbringens der Sensorvorrichtung an einem Endeffektor (**104**) eines Roboters ist, und der Schritt des Beleuchtens des zweiten Objekts ein Schritt des Richtens von Licht auf eine Nutzlast (**106**) ist.

6. Ein Verfahren gemäß Anspruch 1, das einen Schritt des Verwendens der relativen Näheinformationen umfaßt, um eine Scannervorrichtung (**120**) zu aktivieren und zu deaktivieren.

7. Ein Positionserfassung- und Steuersystem zum Bestimmen der Position eines zweiten Objekts (**42**) bezüglich eines ersten Objekts (**32**), das folgende Merkmale umfaßt:
einen Sensor (**38**), der an dem ersten Objekt befestigt ist, der auf ein Lichtkontrastmuster auf dem zweiten Objekt anspricht, das zumindest entweder strukturelle oder gedruckte Merkmale des zweiten Objekts anzeigt, wobei der Sensor ein Sensorarray und eine Bilderfassungsoptik (**34**) mit einer bekannten Brennweite aufweist, wobei der Sensor betreibbar ist, um Rahmen von Bilddaten von dem zweiten Objekt zu erhalten, die dem Lichtkontrastmuster entsprechen, wobei jeder der Rahmen zumindest entweder einen Kontrast oder eine Auflösung aufweist, die von einem Abstand zwischen dem ersten und dem zweiten Objekt abhängen;
einen Bilddatengenerator (**82**) zum Erzeugen von Referenzbilddaten; und
eine Relative-Nähe-Berechnungseinrichtung (**92**) zum Verwenden der Rahmen der Bilddaten und der Referenzbilddaten zum Berechnen relativer Näheinformationen zwischen dem ersten Objekt und dem zweiten Objekt.

8. Ein System gemäß Anspruch 7, das folgende Merkmale umfaßt:
einen Rahmenakkumulator (**72**) zum Erfassen einer Sequenz der Rahmen; und
eine Positionsberechnungseinrichtung (**76**) zum Verwenden der Sequenz von Rahmen zum Bestimmen lateraler Positionsinformationen.

9. Ein System gemäß Anspruch 8, bei dem das erste Objekt ein Roboterarm (**100**) ist und bei dem der Sensor (**102**) an dem Roboterarm angebracht ist, wobei die Näheinformationen und die lateralen Bewegungsinformationen verwendet werden, um die Annäherungs- und Trennraten des Roboterarms zu steuern und um das Verschieben des zweiten Objekts bezüglich des Roboterarms zu steuern.

10. Ein System gemäß Anspruch 8, bei dem das erste Objekt ein Bildscanner (**120**) ist und das zweite Objekt ein Dokument (**128**) ist, das gescannt werden soll, wobei das System einen Schalter umfaßt, der entweder auf die Näheinformationen und/oder die lateralen Bewegungsinformationen anspricht, wobei der Schalter den Bildscanner aktivieren und deaktivieren kann.

Es folgen 8 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

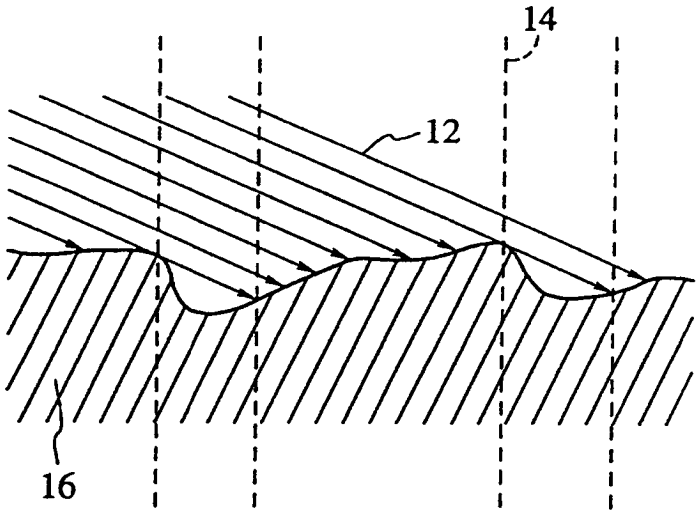


FIG. 2

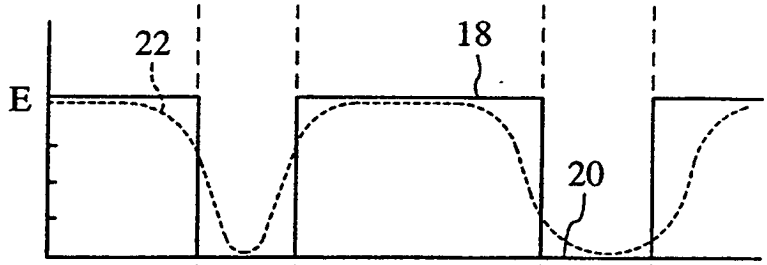
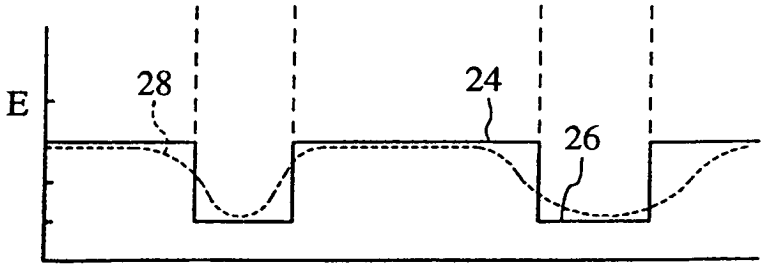


FIG. 3



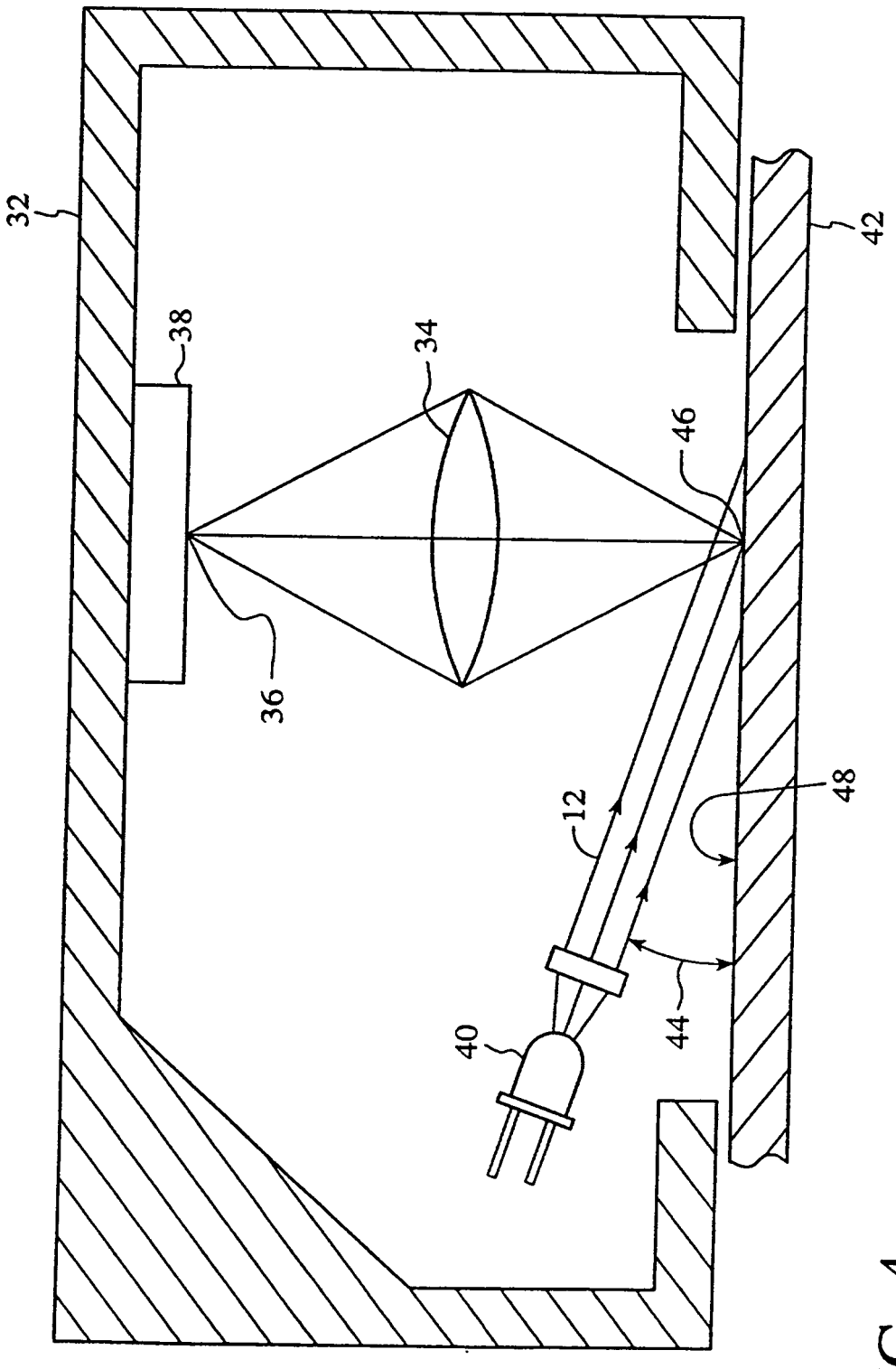


FIG. 4

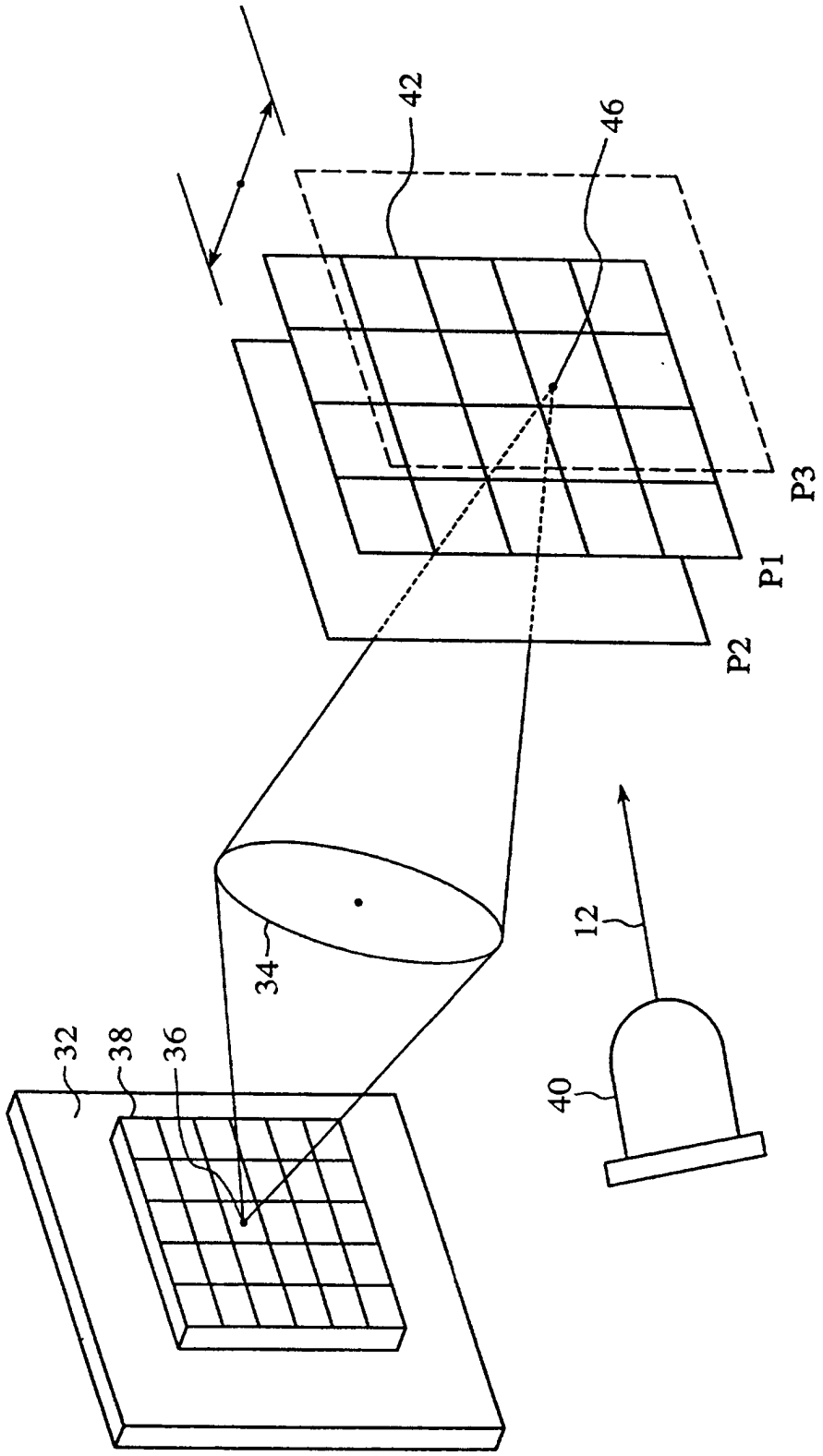


FIG. 5

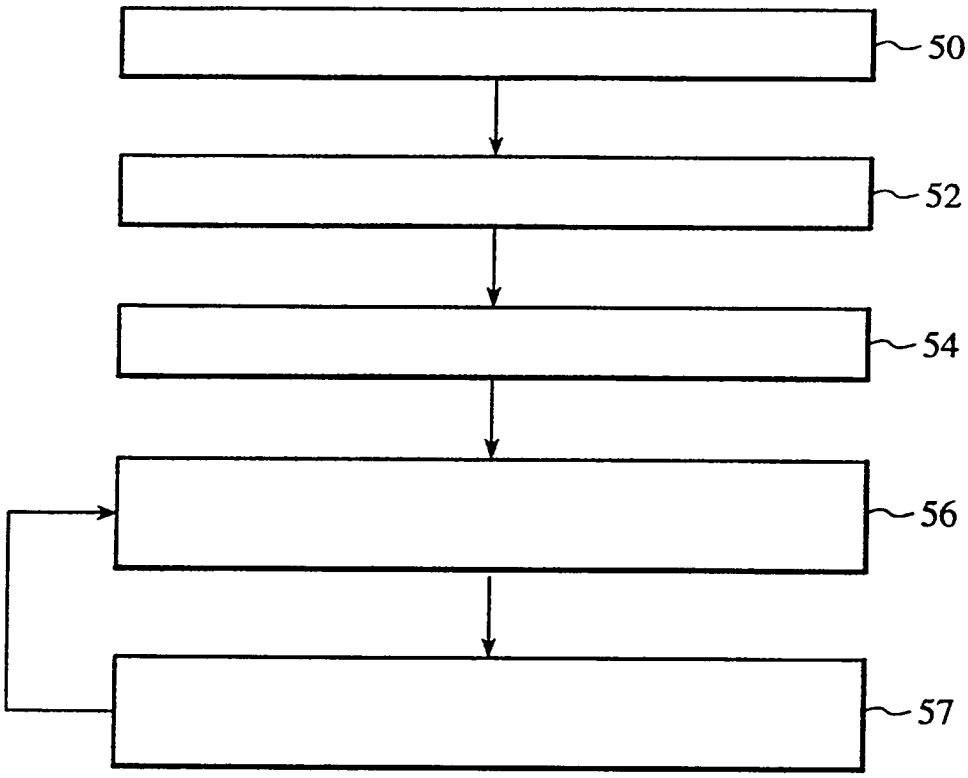


FIG. 6

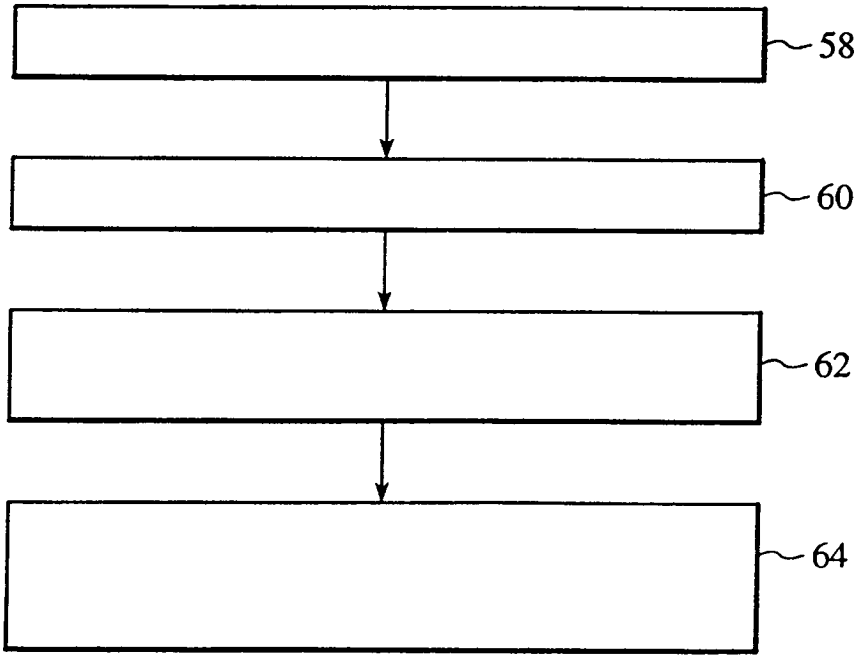


FIG. 7

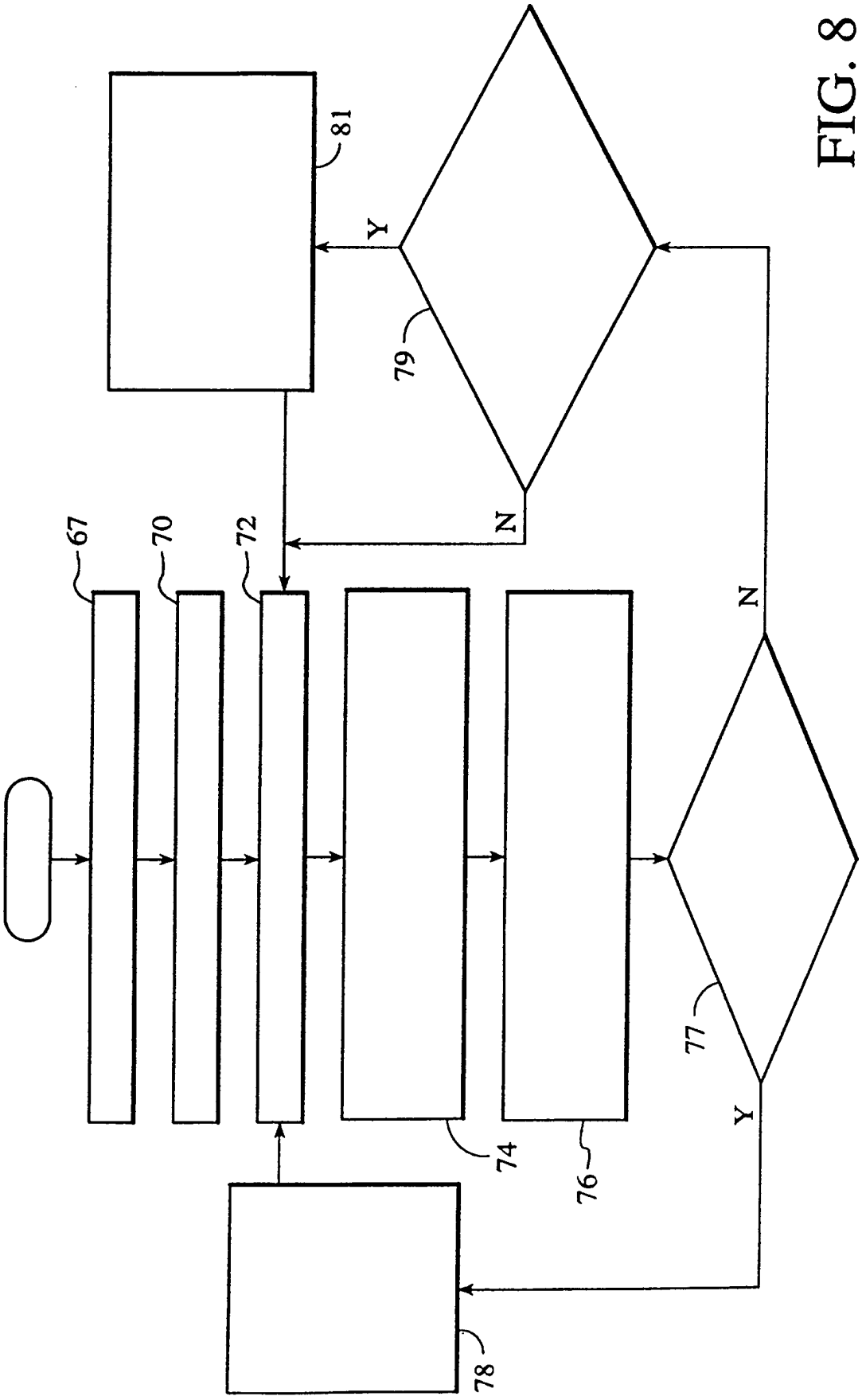


FIG. 8

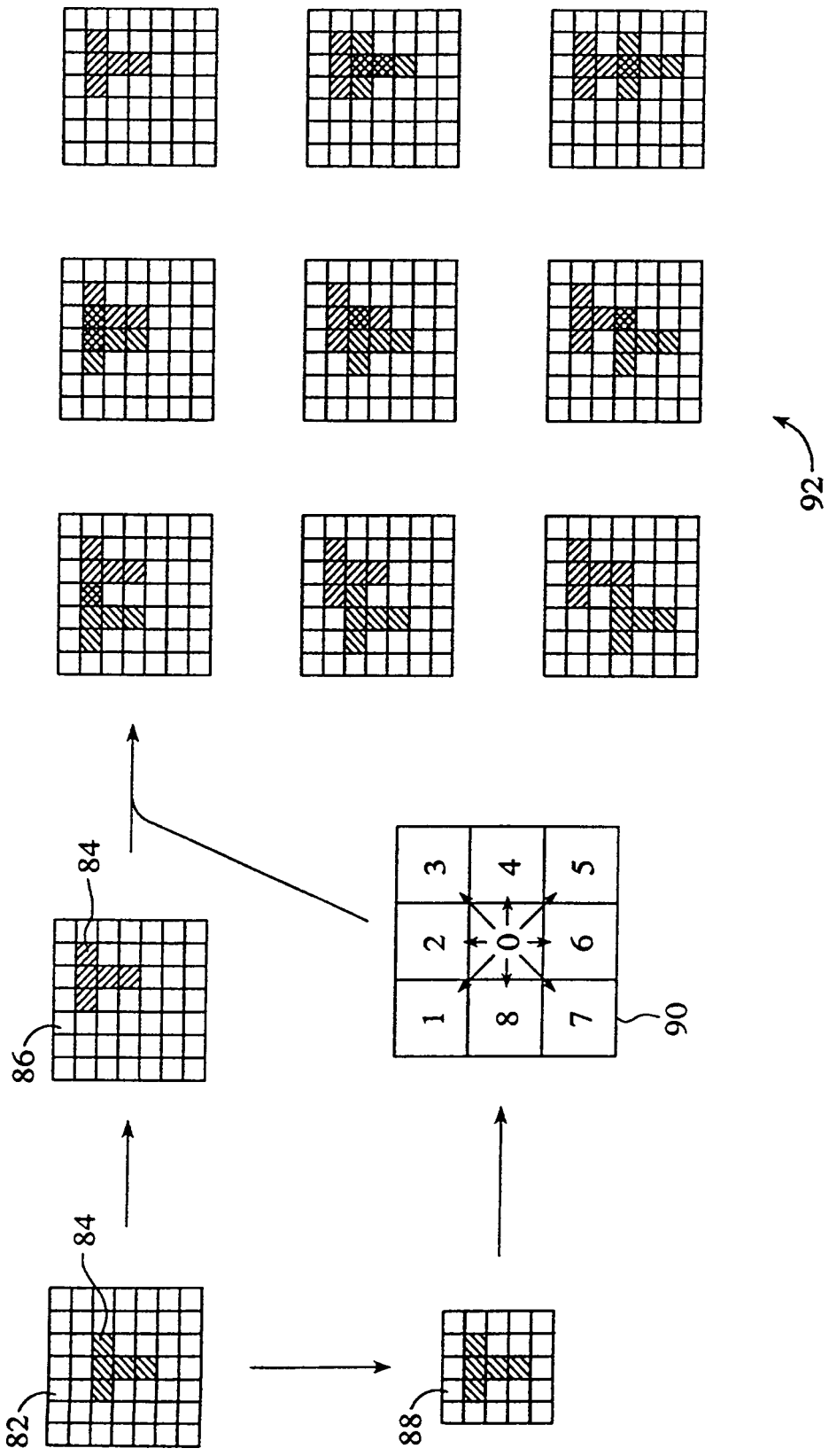


FIG. 9

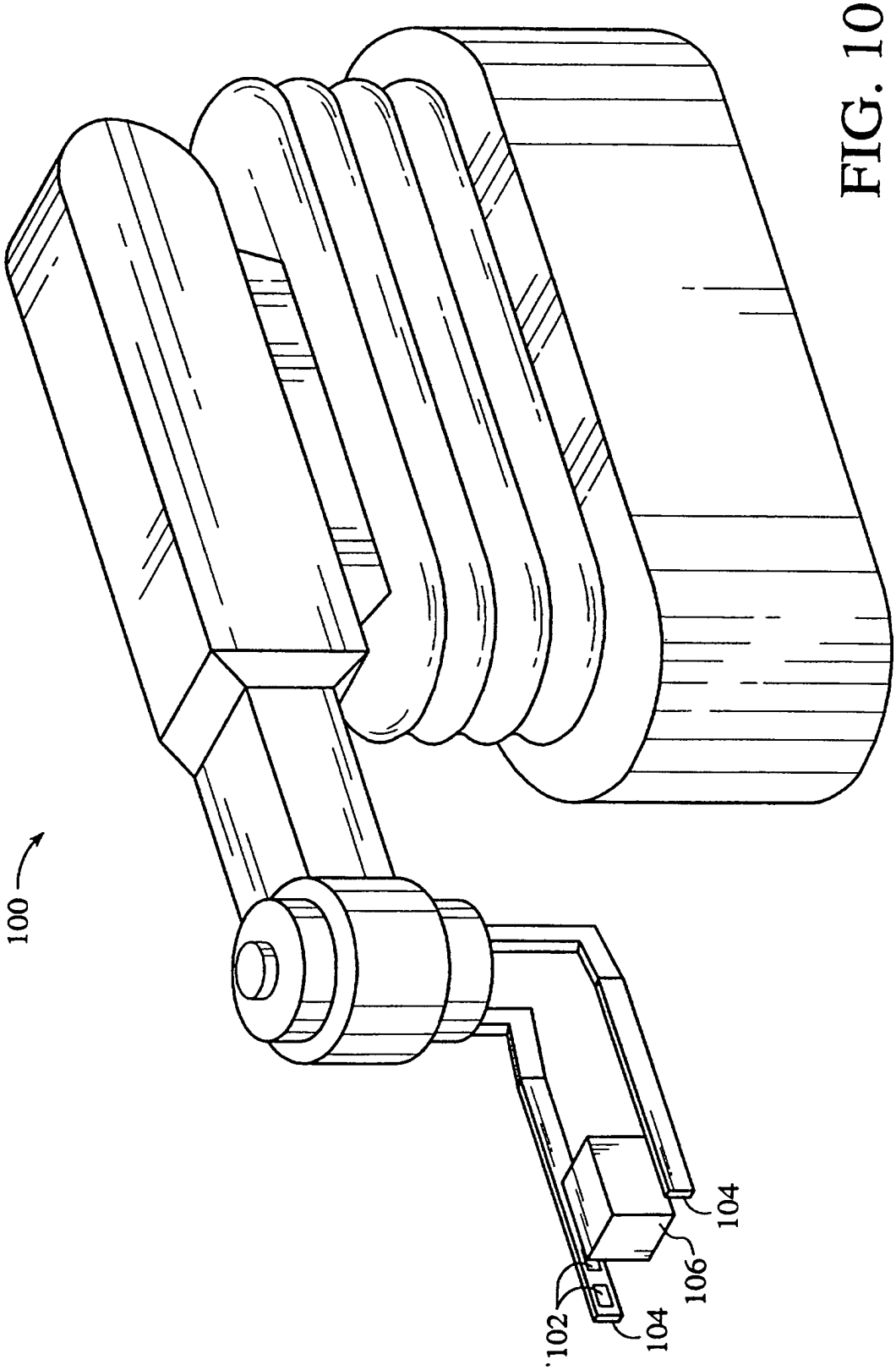


FIG. 10

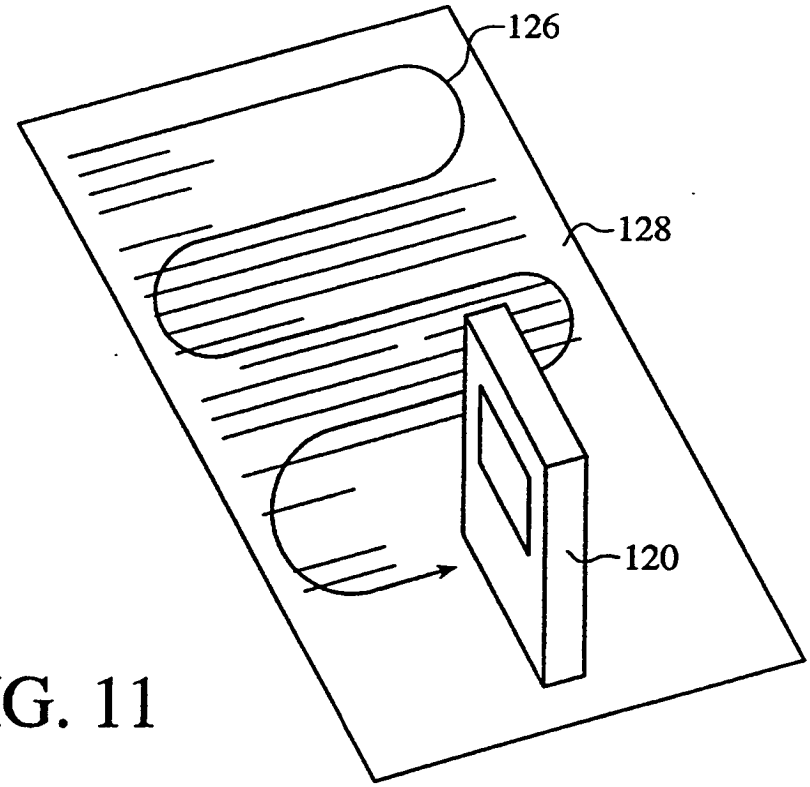


FIG. 11

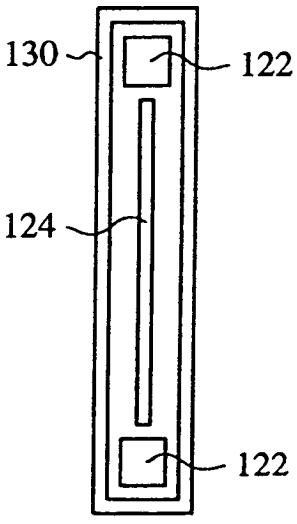


FIG. 12