



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 699 26 659 T2 2006.06.08**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 153 265 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **699 26 659.9**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/SE99/02349**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **99 964 865.2**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 00/42381**

(86) PCT-Anmeldetag: **14.12.1999**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **20.07.2000**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **14.11.2001**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **10.08.2005**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **08.06.2006**

(51) Int Cl.⁸: **G01B 11/04 (2006.01)**
G01N 21/89 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
9900124 18.01.1999 SE

(73) Patentinhaber:
Mydata Automation AB, Bromma, SE

(74) Vertreter:
**Grünecker, Kinkeldey, Stockmair &
Schwanhäusser, 80538 München**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT,
LI, LU, MC, NL, PT, SE**

(72) Erfinder:
**BOSTRÖM, Gunnar, S-168 53 Bromma, SE;
JOHANNESSON, Mattias, S-585 93 Linköping, SE;
SANDGREN, Simon, S-112 54 Stockholm, SE;
AHLEN, Hans, S-113 56 Stockholm, SE**

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung für die optische Inspektion von Objekten auf einem Substrat**

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

Technisches Gebiet

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft allgemein ein Verfahren und eine Vorrichtung zum kontaktlosen Prüfen von Objekten auf einem Substrat bei relativer Bewegung zwischen dem Substrat und der Prüfvorrichtung.

Technischer Hintergrund

[0002] Wenn Objekte auf einem Substrat angeordnet werden, sind geometrische und andere Eigenschaften der Objekte wichtig für die Leistung des entstehenden Erzeugnisses. Daher ist es vorteilhaft, wenn man in der Lage ist, schnell und genau eine automatische Prüfung dieser Eigenschaften durchzuführen. Geometrische Eigenschaften können beispielsweise Volumen, Position auf dem Substrat, Durchmesser, Umrissform, Kratzer, Oberflächenrauigkeit usw. sein. Andere Eigenschaften können Farbe usw. sein. Eine automatische Prüfung der Eigenschaften ist schwer mit hoher Geschwindigkeit und hoher Genauigkeit durchzuführen. So sind beispielsweise beim Prozess des Auftragens von Lotpaste auf das Substrat, durch Abgabe derselben oder dergleichen, die Eigenschaften des entstehenden Lotpastenauftrags, d.h. Volumen und Position, wichtig für die anschließenden Prozessschritte und die abschließende Ausbeute.

[0003] Vorrichtungen nach dem Stand der Technik basieren im Allgemeinen auf verschiedenen Bildzeugungsverfahren, wie beispielsweise zweidimensionaler Bildverarbeitung, Mustererkennung und/oder dreidimensionaler optischer Triangulation, Stereofotografie, Moiré-Methoden und Weißlicht-Interferometrie.

[0004] Um Höheninformationen eines Objektes zu gewinnen, wird häufig Laser-Triangulation eingesetzt, wie beispielsweise in einer Vorrichtung und einem Verfahren zum Prüfen von Lot-Aufdruck, wie sie in US-5 134 665 offenbart werden. Eine Strahlungsquelle, im Allgemeinen ein Laser, wird in einem seitlichen Abstand zu einem Sensor positioniert und beleuchtet das zu prüfende Objekt aus einer Richtung. Das Objekt wird über ein Strahlungs-Fokussierelement, wie beispielsweise ein brechendes optisches System, auf dem Sensor abgebildet. Bei den gebräuchlichsten Triangulations-Verfahren werden Beleuchtung mit einem einzelnen Punkt, einer Lichtbahn (sheet-of-light) oder Mehrfachstreifen-Lichttriangulation eingesetzt. Der Sensor sieht das Objekt aus einer anderen Richtung als der, aus der das Objekt beleuchtet wird und erfasst so Strahlung, die von dem Objekt reflektiert oder reemittiert wird. Da der Sensor zweidimensional ist, und da die Positionen der Strahlungsquelle und des Sensors sowie die

Grundebene für das Objekt bekannt sind, ist es möglich, die Höhe des Objektes zu bestimmen, indem die Richtung der Strahlung bestimmt wird, die auf den Sensor auftrifft.

[0005] Des Weiteren ist es durch Abtasten des gesamten Objektes und Bestimmen einer großen Anzahl von Höhenpunkten oder Höhenprofilen möglich, ein ungefähres Volumen des Objektes zu bestimmen.

[0006] Es gibt jedoch Probleme, die mit Verfahren und Vorrichtungen nach dem Stand der Technik verbunden sind. Es besteht der Wunsch, Geschwindigkeit und Flexibilität in ein und derselben Anordnung zu kombinieren. Im Allgemeinen konzentrieren sich Verfahren und Vorrichtungen nach dem Stand der Technik auf eine einzelne Aufgabe, und häufig sind sie nicht schnell genug, um mit gegenwärtigen und zukünftigen Anforderungen Schritt zu halten.

[0007] In der oben erwähnten US 5 134 665 wird eine Vorrichtung zum Prüfen von Lotpasten-Aufdrucken auf eine Leiterplatte offenbart, die ein Typ Substrat ist. Andere Typen von Substraten sind beispielsweise Ball-Grid-Arrays (BGA), Chip-Scale-Packages (CSP), Quad-Flat-Packages (QFP) und Flip-Chips. Die Vorrichtung misst die Druckabweichung, Filmdicke und Druckmuster von Lotpaste, die auf Lötäugen gedruckt sind, die auf der Leiterplatte ausgebildet sind. Eine Höhenmessung wird mittels eines Laserstrahls durchgeführt, der die Leiterplatte punktwise beleuchtet. Indem die Vorrichtung und die Leiterplatte zueinander bewegt werden, wird ein einzelnes Lotpastenobjekt abgetastet. Indem das Objekt in der X- und der Y-Richtung, die senkrecht zueinander sind, abgetastet wird, wird die Projektion des Objektes in Form einer X-Richtungs- und einer Y-Richtungs-Profillinie gewonnen, die sowohl das Lotpastenobjekt als auch das darunterliegende Lötauge zeigt. Mit dieser bekannten Vorrichtung können die Positionen und die Dicken von siebgedruckten Lotpasteobjekten in Bezug zu vorgedruckten Lötäugen bestimmt werden. Nachteile dieser bekannten Vorrichtung bestehen im eingeschränkten Einsatz derselben. So können beispielsweise weder genaue Volumenmessungen noch genaue Flächenmessungen durchgeführt werden, zumindest nicht in annehmbarer Geschwindigkeit, da dies eine sehr große Anzahl von Abtastvorgängen in beiden Richtungen erforderlich machen würde.

[0008] Eine weitere Lösung zum Prüfen von Lotpaste-Aufdrucken auf einer Leiterplatte ist eine Vorrichtung, die von Philips hergestellt wird und als TriScan bezeichnet wird. Die TriScan-Vorrichtung verwendet ein weiterentwickeltes optisches Abtastsystem, das einen 20-seitigen Polygonspiegel umfasst, der sich mit einer sehr hohen Geschwindigkeit von bis zu 50 Umdrehungen pro Sekunde dreht. Ein Laserstrahl wird auf den Spiegel projiziert, und so wird ein Laser-

punkt mit einer Geschwindigkeit von bis zu 1000 Durchläufen pro Sekunde über das Objekt geschwenkt. Mit weiterentwickelten Gruppen von Spiegeln wird das Objekt durch die Durchläufe beleuchtet, und reflektiertes Licht wird aufgefangen und zu einem Sensor geleitet. Obwohl es diese Vorrichtung ermöglicht, verschiedenartige Eigenschaften mit hoher Geschwindigkeit zu prüfen, ist sie komplex und führt lediglich Messungen von Höhenprofilen als Basis für alle Bestimmungen durch. Die Beschränkung auf Höhenprofilmessungen bewirkt eine eingeschränkte Genauigkeit. Indem die Profile außerordentlich nahe gemessen werden, kann eine bestimmte Verbesserung der Genauigkeit erreicht werden. Dies macht jedoch eine sehr hohe Messgeschwindigkeit erforderlich, die nur schwer zu erreichen ist.

Zusammenfassung der Erfindung

[0009] Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, eine Prüfvorrichtung zum Prüfen von Objekten auf einem Substrat während relativer Bewegung der Vorrichtung und des Substrates zueinander sowie ein Verfahren zum Prüfen von Objekten auf einem Substrat mittels einer derartigen Prüfvorrichtung zu schaffen, wobei die Vorrichtung und das Verfahren auf verbesserte Weise Prüfgenauigkeit und eine Fähigkeit, mehrere Aufgaben gleichzeitig zu erfüllen, mit hoher Geschwindigkeit und geringen Kosten kombinieren.

[0010] Die Aufgabe wird von der Erfindung erfüllt, wie sie im unabhängigen Verfahrensanspruch 1, im unabhängigen Vorrichtungsanspruch 18 und im unabhängigen Einsatzanspruch 32 definiert ist. Weitere Ausführungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen 2–17 sowie 9–31 definiert.

[0011] In einem Aspekt bezieht sich die vorliegende Erfindung auf ein Verfahren zum kontaktlosen Prüfen von Objekten auf einem Substrat mittels einer Prüfvorrichtung bei relativer Bewegung zwischen dem Substrat und der Prüfvorrichtung. Das Verfahren umfasst die folgenden Schritte:

- Erzeugen eines ersten Bildes, das Objekt-Höheninformationen umfasst, durch Beleuchten wenigstens eines Abschnitts des Substrats, der ein oder mehrere Objekte umfasst, mittels einer ersten Bestrahlungseinrichtung und Abbilden wenigstens eines der einen oder mehreren Objekte, die mit der ersten Bestrahlungseinrichtung beleuchtet werden, auf einer zweidimensionalen Matrix-Sensoreinrichtung, die eine abschnittsweise adressierbare Matrix von Pixelelementen aufweist;
- Erzeugen eines zweiten Bildes, das Objekt-Flächeninformationen umfasst, durch Beleuchten wenigstens eines Abschnitts des Substrats, der ein oder mehrere Objekte umfasst, mittels einer zweiten Bestrahlungseinrichtung und Abbilden

wenigstens eines der einen oder mehreren Objekte, die mit der zweiten Strahlungseinrichtung beleuchtet werden, auf der Sensoreinrichtung;

- Extrahieren der Objekt-Höheninformationen mittels der Sensoreinrichtung aus dem ersten Bild; und
- Extrahieren der Objekt-Flächeninformationen mittels der Sensoreinrichtung aus dem zweiten Bild.

[0012] In einem weiteren Aspekt betrifft die Erfindung eine Vorrichtung zum Durchführen des oben beschriebenen Verfahrens. Die Vorrichtung umfasst eine zweidimensionale Matrix-Sensoreinrichtung, die eine abschnittsweise adressierbare Matrix von Pixelelementen aufweist, eine erste Bestrahlungseinrichtung, eine zweite Bestrahlungseinrichtung und eine Abbildungseinrichtung zum Abbilden von Strahlung, die von einer Objektebene stammt, auf der Sensoreinrichtung. Die erste Bestrahlungseinrichtung ist so eingerichtet, dass sie wenigstens einen Abschnitt des Substrats bestrahlt, der ein oder mehrere Objekte umfasst, wenn sich das Substrat in der Objektebene befindet, wobei die Abbildungseinrichtung so ein erstes Bild wenigstens eines der einen oder mehreren Objekte erzeugt und das erste Bild Objekt-Höheninformationen enthält. Die zweite Bestrahlungseinrichtung ist so eingerichtet, dass sie wenigstens einen Abschnitt des Substrats beleuchtet, der ein oder mehrere Objekte umfasst, wenn sich das Substrat in der Objektebene befindet, wobei die Abbildungseinrichtung ein zweites Bild wenigstens eines der einen oder mehreren Objekte erzeugt, und das zweite Bild Objekt-Flächeninformationen umfasst. Die Sensoreinrichtung umfasst eine Extrahiereinrichtung, die aus dem ersten Bild Objekt-Höheninformationen extrahiert und aus dem zweiten Bild Objekt-Flächeninformationen extrahiert.

[0013] Die Erzeugung eines ersten und eines zweiten Bildes, die verwendet werden, um Objekt-Höheninformationen bzw. Objekt-Flächeninformationen zu extrahieren, in Kombination mit dem Einsatz einer Matrix-Sensoreinrichtung, die eine abschnittsweise adressierbare Matrix von Pixelelementen aufweist, ermöglicht eine effiziente und flexible Nutzung der erzeugten Bildinformationen zum Prüfen und Bestimmen von Eigenschaften des einen oder der mehreren Objekte. Charakteristisch für eine derartige Sensoreinrichtung sind die Matrix von Pixelelementen und die Möglichkeit, jeweils nur einen Teil der gesamten Matrix zu adressieren und damit auszulesen. Abschnittsweise ist als wenigstens jeweils ein Pixel zu verstehen. Diese Möglichkeit wird erfindungsgemäß eingesetzt, um verschiedene Kombinationen von Pixelelementen für verschiedene Aufgaben zuzuweisen. Indem zwei verschiedene Bilder mittels der ersten und der zweiten Strahlungseinrichtung erzeugt werden, wird die Fähigkeit, mehrere Aufgaben zu erfüllen, erfindungsgemäß und effektiv genutzt.

[0014] Im Vergleich mit der oben beschriebenen Vorrichtung und dem Verfahren von US-5 134 665 ermöglicht die vorliegende Erfindung sowohl zweidimensionale als auch dreidimensionale Prüfung von Objekten mehr oder weniger gleichzeitig, während das Substrat und die Vorrichtung in Bezug zueinander bewegt werden.

[0015] Der Ausdruck "Objekte auf dem Substrat" umfasst viele verschiedene mögliche Objekte, so beispielsweise Klebstoffe, Flussmittel, leitenden Klebstoff, gelötete Nähte, elektronische Bauteile, verlötete elektronische Bauteile, Bumps, Stifte und insbesondere Schichten, wie beispielsweise einzelne oder Gruppen von Lotpaste oder Klebpunkten. Die Schichten können auch Satelliten, d.h. unerwünschte Tröpfchen von abgegebener Lotpaste, Klebstoff, leitendem Klebstoff usw. aus dem Abgabeprozess umfassen.

[0016] "Strahlung" bezieht sich auf unterschiedliche Typen von Licht, wie beispielsweise sichtbares Licht, infrarotes Licht, ultraviolettes Licht usw., und "Frequenz" bezieht sich auf die Frequenz der Strahlungswellen. Anstelle von "Frequenz" könnte als Äquivalent auch der Begriff "Wellenlänge" verwendet werden.

[0017] In einer vorteilhaften Ausführung der Erfindung umfasst der Sensor chipintegrierte Signalverarbeitungsfähigkeit. Die Signalverarbeitung wird daher auf dem gleichen Chip ausgeführt, auf dem die Pixel-Elemente ausgebildet sind, wodurch die Geschwindigkeit der Vorrichtung erhöht wird, indem der Betrag an Ausgang reduziert wird, der an externe Verarbeitungseinrichtungen angelegt werden muss.

[0018] In einer vorteilhaften Ausführung der Erfindung werden das erste und das zweite Bild abwechselnd Abschnitt für Abschnitt verarbeitet, d.h. die Bilder werden abschnittsweise verarbeitet und die Verarbeitung springt zwischen den zwei Bildern hin und her. Diese Art der Verarbeitung kommt paralleler Verarbeitung der Höhen- bzw. Flächeninformationen nahe. Indem eine besonders weltentwickelte Sensoreinrichtung eingesetzt wird, ist es in einer weiteren Ausführung der Erfindung sogar möglich, eine tatsächlich parallele, gleichzeitige Verarbeitung der Flächen- bzw. Höheninformationen durchzuführen.

[0019] In weiteren Ausführungen der Erfindung werden die ersten und die zweiten Bilder zusätzlich getrennt verarbeitet.

[0020] Ein Aspekt der Trennung besteht darin, die Erzeugung des ersten und des zweiten Bildes zeitlich zu trennen, um so ein mögliches Problem dahingehend auf ein Minimum zu verringern, dass Strahlung, die mit einem der Bilder zusammenhängt, Strahlung, die mit dem anderen Bild zusammenhängt, auf dem

Sensor stört, wenn sich das erste und das zweite Bild auf der Sensoroberfläche überdecken. Diese zeitliche Trennung ermöglicht den Einsatz der gleichen Sensorfläche zum Erfassen beider Bilder, was in einigen Fällen vorteilhaft ist.

[0021] Des Weiteren wird die Möglichkeit, die gleiche Fläche des Substrats zu beleuchten, ohne Strahlungsinterferenz in der Objektebene zu riskieren, verbessert.

[0022] Ein anderer Aspekt der Trennung besteht darin, das erste Bild von dem zweiten Bild zu trennen, indem verschiedene, d.h. geometrische getrennte, Abschnitte der Sensoreinrichtung mit dem ersten bzw. dem zweiten Bild beleuchtet werden. Dadurch wird die Gefahr von Interferenz im Wesentlichen ausgeschlossen, und indem auf diese Weise verschiedene Sensorelemente für die verschiedenen Bilder verwendet werden, kann die gesamte Rate erzeugter Bild erhöht werden.

[0023] Ein weiterer Aspekt der Trennung besteht darin, das erste Bild von dem zweiten Bild zu trennen, indem die Strahlung, die von der ersten und der zweiten Bestrahlungseinrichtung ausgeht, jeweils in einen ersten bzw. einen zweiten Frequenzbereich getrennt wird und indem wenigstens die Strahlung, die auf einen ersten Abschnitt der Sensoreinrichtung auftrifft, gefiltert wird, so dass Strahlung in einem, d.h. dem ersten oder dem zweiten Frequenzbereich, durchgelassen wird, und Strahlung in dem anderen, d.h. dem ersten oder dem zweiten Frequenzbereich, gesperrt wird. Zusätzlich zu den oben erwähnten Vorteilen der verbesserten Trennung ermöglicht es dieser Aspekt, zumindest in gewissem Maße die auf dem Substrat geprüfte Fläche zu begrenzen, indem die Abmessungen des ersten Abschnitts begrenzt werden. Wahlweise werden zwei oder mehr Abschnitte der Sensoreinrichtung mit Filtern abgedeckt, die Strahlung in verschiedenen Frequenzbereichen durchlassen.

[0024] Weitere Aufgaben und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden im Folgenden anhand beispielhafter Ausführungen erläutert.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0025] [Fig. 1](#) ist eine schematische Ansicht einer Vorrichtung gemäß einer Ausführung der vorliegenden Erfindung;

[0026] [Fig. 2](#) ist eine schematische Ansicht eines Bereichs-Abbildungsverfahrens, das von der Vorrichtung in [Fig. 1](#) eingesetzt wird;

[0027] [Fig. 3](#) ist eine schematische Ansicht eines Zeilenabtastverfahrens, das von der Vorrichtung in [Fig. 1](#) eingesetzt wird;

[0028] [Fig. 4a](#)–[b](#) sind schematische Ansichten der strahlungsempfindlichen Fläche einer Sensoreinrichtung, die in der Vorrichtung in [Fig. 1](#) enthalten ist;

[0029] [Fig. 5](#) stellt die Unterteilung der strahlungsempfindlichen Fläche der Sensoreinrichtung in Teilbereiche dar;

[0030] [Fig. 6](#) stellt eine Filtereinrichtung dar, die in Teilbereiche unterteilt ist;

[0031] [Fig. 7](#) ist eine schematische Perspektivansicht der Sensoreinrichtung, die den Aufbau derselben darstellt; und

[0032] [Fig. 8](#) ist eine schematische Perspektivansicht eines vergrößerten Details der Sensoreinrichtung in [Fig. 7](#).

Ausführliche Beschreibung von Ausführungen

[0033] Eine Vorrichtung gemäß einer Ausführung der vorliegenden Erfindung ist in [Fig. 1](#) dargestellt. Die Vorrichtung ist über einem Substrat angeordnet, das ein zu prüfendes Objekt **2** trägt. Die Vorrichtung **1** und das Objekt **2** bewegen sich zueinander, d.h. relativ zueinander, wobei dies mit einem Pfeil A angedeutet ist. Das Objekt **2** kann völlig verschiedenartig sein. Der Einfachheit der Erläuterung halber wird im Folgenden davon ausgegangen, dass das Objekt **2** ein Lotpastenauftrag ist, der auf die Oberfläche des Substrats abgegeben worden ist, das mit **4** gekennzeichnet ist. Im Allgemeinen umfasst das geprüfte Objekt **2**, das von dem beleuchteten Prüfbereich abgedeckt wird, einen Auftrag, der mehrere Punkte umfasst, der Übersichtlichkeit halber jedoch ist in den Zeichnungen nur ein einzelner Punkt **2** dargestellt.

[0034] Die Vorrichtung **1** umfasst eine erste Bestrahlungseinrichtung **3**, die Strahlung eines ersten Frequenzbereiches bzw. erster Wellenlängen erzeugt, sowie eine zweite Bestrahlungseinrichtung **5**, die Strahlung eines zweiten Wellenlängenbereiches erzeugt. In dieser Ausführung umfasst die erste Bestrahlungseinrichtung **3** zwei ähnliche Strahlungs-Erzeugungseinrichtungen **6**, **8**, wobei eine erste derselben, d.h. **6**, eine erste Laserquelle **7**, vorzugsweise eine erste Laserdiode, eine erste optisch brechende Einrichtung **9**, vorzugsweise ein Paar zylindrische Linsen, und eine erste Strahlungs-Richteinrichtung **11** umfasst und eine zweite derselben, d.h. **8**, desgleichen eine zweite Laserquelle **13**, eine zweite optisch brechende Einrichtung **15** und eine zweite Strahlungs-Richteinrichtung **17** umfasst. Die Strahlungs-Richteinrichtungen **11**, **17**, die die erzeugte Strahlung auf das Substrat **4** richten, bestehen vorzugsweise aus flexiblen und leichten Spiegeln. Es sind jedoch verschiedene Alternativen möglich, so beispielsweise Prismen. Die zweite Strahlungseinrichtung **5** umfasst eine dritte, eine vierte und eine

fünfte Strahlungs-Erzeugungseinrichtung **19**, **20** bzw. **21**. In der dargestellten bevorzugten Ausführung umfassen die dritte, die vierte und die fünfte Strahlungs-Erzeugungseinrichtung **19**, **20**, **21** jeweils eine LED-Quelle, die durch einen Satz oder eine Gruppe von LED (Leuchtdioden)-Elemente gebildet wird, und brechende optische Systeme (nicht separat dargestellt).

[0035] Des Weiteren umfasst die Vorrichtung **1** eine dritte Bestrahlungseinrichtung **22**, die vorzugsweise durch eine ringförmige Strahlungs-Erzeugungseinrichtung gebildet wird, die eine Vielzahl einzelner LED **24** und ein brechendes optisches System (nicht separat dargestellt) umfasst.

[0036] Die bevorzugte Auswahl unterschiedlicher Typen von Strahlungs-Erzeugungseinrichtungen wird weiter unten weitergehend erläutert.

[0037] Die Vorrichtung **1** umfasst des Weiteren eine Sensoreinrichtung bzw. einfach einen Sensor **23**, der so eingerichtet ist, dass er ein Bild des Objektes **2** erfasst, sowie eine Bilderzeugungseinrichtung **25**, die das Bild erzeugt, indem sie das Objekt **2** auf dem Sensor **23** abbildet. Vorzugsweise ist der Sensor **23** ein zweidimensionaler Matrixsensor mit chipintegrierter Signalverarbeitungsfähigkeit. Der Sensor **23** umfasst, wie in [Fig. 7](#) und [Fig. 8](#) dargestellt, einen Träger **27** und eine integrierte Schaltung bzw. einen Chip **29**, der von dem Träger **27** getragen wird. Der Chip **29** trägt zwei Teile **31**, **33**, wobei ein erster derselben eine strahlungsempfindliche Einheit **31** bildet und ein zweiter derselben eine Gruppe von Verarbeitungseinheiten **33** bildet, wie dies ebenfalls in [Fig. 4b](#) dargestellt ist.

[0038] In dieser Ausführung wird die Abbildungseinrichtung **25** durch ein brechendes optisches System, d.h. ein Linsensystem, gebildet. Das Linsensystem **25** ist so eingerichtet, dass es Strahlung, die von dem Objekt **2** ausgeht, optisch zu dem Sensor **23** weiterleitet. Das heißt, das Linsensystem **25** ist so eingerichtet, dass es eine Objektebene **32**, wie sie in [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) dargestellt ist, auf einer Bildebene abbildet. Die Strahlung, die von dem Objekt **2** ausgeht, wird ursprünglich von den Strahlungs-Erzeugungseinrichtungen **6**, **8**, **19**, **20**, **21**, **22** erzeugt und von dem Objekt **2** reflektiert oder reemittiert.

[0039] Die Strahlungs-Erzeugungseinrichtungen **6** und **8** sind in einem Abstand zueinander angeordnet und beleuchten das Objekt **2** aus verschiedenen, vorzugsweise entgegengesetzten Richtungen, und in dieser Ausführung, wie in [Fig. 1](#) dargestellt, in verschiedenen Auftreffwinkeln, d.h. Winkeln zu der Objektebene **32**. Es gibt wenigstens drei wichtige Eigenschaften, die mit der Wahl der Auftreffwinkels verbunden sind. Es sind dies Einschluss, vertikale Auflösung und dynamischer Bereich der vertikalen Mes-

sung. Indem verschiedene Winkel gewählt werden, ist es möglich, eine unterschiedliche Auflösung und einen unterschiedlichen dynamischen Bereich für die Prüfung verschiedener Objekte zu wählen. Leider treten gewisse Einschlussprobleme auf. Wenn hingegen die Winkel so gewählt werden, dass sie gleich sind, was eine alternative Ausführung darstellt, wird Einschluss im Wesentlichen vermieden, während andererseits die Auflösung und der dynamische Bereich unveränderlich sind.

[0040] Die dritte, die vierte und die fünfte Strahlungs-Erzeugungseinrichtung **19–21** sind in einem Abstand zueinander angeordnet und beleuchten das Objekt **2** aus verschiedenen Richtungen und vorzugsweise in unterschiedlichen Winkeln zu der Objektebene **32**. Diese Strahlungs-Erzeugungseinrichtungen beleuchten jedoch die gleiche Fläche des Objektes **2**.

[0041] Die dritte Bestrahlungseinrichtung **22** dient unter anderem dazu, eine gleichmäßige Beleuchtung der Gesamtsubstratfläche zu gewährleisten, die auf der strahlungsempfindlichen Einheit **31** abgebildet wird. Sie gewährleistet einen verbesserten Kontrast zwischen Flächen der Objekte, die zu prüfen sind, und dem nächstliegenden Hintergrund. Des Weiteren dient die dritte Bestrahlungseinrichtung **22** dazu, Vergleichsmarkierungen oder Bezugsmarkierungen auf dem Substrat **4** zu beleuchten, um das Substrat auf die Prüfvorrichtung ausrichten zu können und das optische System zu kalibrieren.

[0042] Die Strahlung, die auf den Sensor **23** und insbesondere auf die strahlungsempfindliche Einheit **31** auftritt, wird, wie in [Fig. 4a](#) und [Fig. 4b](#) dargestellt, von Strahlungserfassungselementen oder Pixeln **35** erfasst, die in einer Matrix auf der Oberfläche der strahlungsempfindlichen Einheit **31** angeordnet sind. Die Pixel **35**, zumindest jeweils eine Teilgruppe derselben, können mit der Gruppe von Verarbeitungseinheiten **33** verbunden werden, wobei jede Verarbeitungseinheit **33** ein einzelnes Pixel **35** bearbeitet. In dem Sensor mit der Bezeichnung MAPP2200, der von IVP hergestellt wird, werden alle Pixel in einer Reihe jeweils parallel durch eine Anordnung von Verarbeitungseinheiten bearbeitet. Welche Reihe zu analysieren ist, kann frei gewählt werden.

[0043] Ein weiteres Beispiel ist ein sogenannter APS (Abkürzung für "aktiver Pixelsensor"), bei dem alle Pixelelemente einzeln adressiert werden können. Der APS ist ebenfalls ein Matrixsensor, in dem Pixel auf einem Chip angeordnet sind. Einrichtungen zur Signalverarbeitung der Pixel-Ausgangssignale sind chipintegriert. Ein DSP (digital signal processor) dient zur weiteren Verarbeitung der ausgegebenen Pixelsignale. In einer bevorzugten Ausführung des APS ist auch der DSP chipintegriert. Normalerweise werden beide Sensortypen mittels CMOS (Comple-

mentary Metal Oxide Semiconductor)-Technologie hergestellt, obwohl auch andere Herstellungsverfahren wahlweise eingesetzt werden können.

[0044] Jedes Pixelelement wandelt auftreffende Strahlung in eine elektronische Ladung um, die dann von chipintegrierter Hardware bearbeitet wird. So wird der Wert der Ladung digitalisiert, und zwar entweder durch Schwellenwertverarbeitung oder durch A/D-Wandlung.

[0045] Des Weiteren ist die chipintegrierte Hardware des Sensors **23**, zumindest wenn er vom Typ MAPP2200 ist, in der Lage, zusätzliche Aufgaben abzuwickeln, die erforderlich sind, um verwertbare Bildinformationen zu gewinnen. Zu diesen Aufgaben gehören Datenreduktion und Schablonenvergleich oder Filteroperationen, durch die Rauschen reduziert wird oder Objektränder verbessert werden.

[0046] Die Sensorfähigkeiten werden erfindungsgemäß von der vorwiegenden Vorrichtung genutzt. Bildinformationen, die erforderlich sind, um verschiedene Eigenschaften des Objektes **2** zu bestimmen, sind entweder flächenbezogene Informationen oder höhenbezogene Informationen oder beides. Der Sensor **23**, oder besser gesagt, die strahlungsempfindliche Einheit **31**, kann in verschiedene Teilbereiche unterteilt werden, die jeweils eine Anzahl von Pixeln umfassen, vorzugsweise eine oder mehrere Reihen von Pixeln. Die verschiedenen Teilbereiche sind für die Extrahierung entweder von flächenbezogenen oder von höhenbezogenen Bildinformationen bestimmt.

[0047] In dieser bevorzugten Ausführung ist die strahlungsempfindliche Einheit **31** in einen ersten und einen zweiten Teilbereich **37, 39** zum Extrahieren von Höheninformationen sowie einen dritten Teilbereich **41** zum Extrahieren von Flächeninformationen unterteilt, wie dies in [Fig. 5](#) dargestellt ist. Aus weiter unten beschriebenen Gründen wird die Unterteilung der strahlungsempfindlichen Einheit **31** vorzugsweise physikalisch vorgenommen, wie dies in [Fig. 6](#) dargestellt ist. Eine Filtereinrichtung bzw. Filterschicht **42** ist auf der Oberfläche der strahlungsempfindlichen Einheit **31** angeordnet. Die Filtereinrichtung **42** ist mit einem ersten schmalen Allpassabschnitt **34** und einem zweiten Abschnitt **36** versehen, der den ersten Frequenzbereich durchlässt, der von der ersten Bestrahlungseinrichtung **3** ausgestrahlt wird, und den zweiten Strahlungsbereich sperrt, der von der zweiten Bestrahlungseinrichtung **5** ausgestrahlt wird. Daher sind zur vollständigen Nutzung dieser Filtereinrichtung **42** der erste und der zweite Frequenzbereich beabstandet, d.h. einer der Trennungsaspekte, der oben in der Zusammenfassung der Erfindung erwähnt wird, wird in dieser Ausführung eingesetzt, wie dies weiter unten weitergehend erläutert wird.

[0048] Die erste und die zweite Bestrahlungsein-

richtung **3**, **5** sind so eingerichtet, dass sie dem Sensor **23** das erste bzw. das zweite Bild bereitstellen, wobei das erste Bild so erzeugt wird, dass es im Wesentlichen Höheninformationen umfasst, und das zweite Bild so erzeugt wird, dass es im Wesentlichen Flächeninformationen umfasst. Um diese verschiedenen Bilder zu gewinnen, ist die Strahlung, die von der ersten Einrichtung **3** erzeugt wird, Laserstrahlung des ersten Frequenzbereiches und linien- oder bandförmig, wenn sie die Objektebene **32** erreicht. Dies wird auch als Lichtbandbeleuchtung bezeichnet. Die Strahlung, die von der zweiten Strahlungseinrichtung **5** erzeugt wird, ist hingegen LED-Strahlung, die eine weniger begrenzte Form hat, wenn sie die Objektebene **32** erreicht. Die Lichtbandbestrahlung ist in [Fig. 2](#) dargestellt, und die LED-Beleuchtung ist in [Fig. 3](#) dargestellt. Der Übersichtlichkeit halber ist in beiden Figuren die Strahlung einer einzelnen Erzeugungseinrichtung dargestellt.

[0049] Die erste und die zweite Strahlungs-Erzeugungseinrichtung **6**, **8** sind so eingerichtet, dass sie einen ersten Abschnitt des Substrats **4** beleuchten, und die dritte bis **5** Strahlungs-Erzeugungseinrichtung **19**, **20** und **21** sind so eingerichtet, dass sie einen zweiten Abschnitt des Substrats **4** beleuchten. Der Grund für die Trennung des ersten und des zweiten beleuchteten Abschnitts besteht darin, dass Strahlungsinterferenz verhindert wird, die die Extrahierung von Höheninformationen bzw. Flächeninformationen nachteilig beeinflusst. Alternative Ausführungen, wie beispielsweise die, die, wie oben erwähnt, zeitliche Trennung durchführt, ermöglichen Beleuchtung der gleichen Abschnitte. Die Trennung wird verstärkt, indem der erste und der zweite Frequenzbereich bezüglich der Frequenz in Kombination mit dem Einsatz des Filters **32** getrennt werden, während bei alternativen Ausführungen überlappende Frequenzbereiche verwendet werden.

[0050] Die Wahl verschiedenartiger Strahlungs-Erzeugungseinrichtungen **6**, **8** bzw. **19–21** hängt vom Aufbau des Sensors **23**, der Unterteilung der strahlungsempfindlichen Einheit **31** und den verschiedenen extrahierten Typen von Bildinformationen ab. Da die Höhe des Objektes durch Triangulation bestimmt wird, werden Höhenprofile des Objektes **2** mittels des Sensors **23** erzeugt, was es erforderlich macht, dass die verwendeten Teilflächen **37**, **39** groß genug sind, d.h. dass normalerweise mehrere benachbarte Pixelreihen verwendet werden, um derartige Profile zu umschließen. Jede Lichtbahn erzeugt ein Profil. Daher werden, wie in [Fig. 5](#) dargestellt, in dieser Ausführung zwei Profile **38** bzw. **40** erzeugt. Da sich die beleuchteten Bereiche auf dem Substrat **4**, wie dargestellt, für die erste und die zweite Strahlungs-Erzeugungseinrichtung **6** bzw. **8** unterscheiden, sind die Profile **38**, **40** mit verschiedenen Objekten oder verschiedenen Abschnitten eines einzelnen Objektes verbunden. Normalerweise genügen wenige Profile

pro Objekt **2**, um ausreichende Höheninformationen in Kombination mit den Flächeninformationen zu gewinnen und so erforderliche Eigenschaften bestimmen zu können.

[0051] Die Flächeninformationen werden durch Zeilenabtastung gewonnen, was bedeutet, dass das Objekt **2** Zeile für Zeile abgetastet wird, wobei die Zeilen aneinandergrenzen. Normalerweise entspricht eine Zeile einer einzelnen Pixelreihe auf der strahlungsempfindlichen Einheit **31**, wobei alle Pixel in der Reihe parallel verarbeitet werden. Um eine derartige dünne Linie von Strahlung zu erreichen, die auf die empfindliche Einheit **31** auftrifft, wäre es normal, das Objekt unter Verwendung einer Laserquelle in einem entsprechenden schmalen Bereich zu beleuchten. Dies hat sich jedoch aufgrund von Speckle-Rauschen als schwierig erwiesen, das durch lokale Interferenz in dem Objekt **2** verursacht wird. Das Problem von Speckle-Rauschen wird vermieden, wenn nichtkohärente Strahlung verwendet wird, wie beispielsweise die von den LED erzeugte, die daher bevorzugt wird. Jedoch kann es beim Einsatz von LED zu Problemen bei der Begrenzung des beleuchteten Bereiches kommen. Indem stattdessen der Teilbereich **41**, der zum Empfangen von Flächeninformationen auf dem Sensor **23** dient, beispielsweise auf eine einzelne Reihe von Pixeln begrenzt wird, wird letzteres Problem umgangen. Dennoch wird der Bereich in der Objektebene **32**, der durch die LED-Quellen der dritten bis fünften Strahlungs-Erzeugungseinrichtung **19**, **21**, beleuchtet wird, mittels brechender optischer Systeme begrenzt, um ihn von den Bereichen zu trennen, die mit den Laserquellen **7**, **13** der ersten bzw. zweiten Strahlungs-Erzeugungseinrichtung **6** und **8** beleuchtet werden. Ein weiteres Ziel der Begrenzung des Bereiches mittels der brechenden optischen Systeme besteht darin, eine höhere Intensität der Strahlung in dem beleuchteten Bereich des Substrats **4** zu erreichen. Das oben beschriebene Spektralfilter wird vorzugsweise zur Verbesserung der Trennung eingesetzt.

[0052] Um die Höheninformationen zu gewinnen, ist es möglich, eine gute Auflösung selbst dann zu erreichen, wenn die Breite des Lichtbandes oder der Laserlinie wenige Reihen von Pixeln, so beispielsweise 3–5 Reihen beträgt. Dadurch wird der Einfluss von Speckle-Rauschen erheblich verringert, so dass die Laserquellen **7**, **13** eingesetzt werden können.

[0053] Des Weiteren erzeugen die erste und die zweite Strahlungs-Erzeugungseinrichtung **6**, **8** jeweils eine einzelne Laserlinie, die auf einem separaten Abschnitt der strahlungsempfindlichen Einheit, d.h. dem ersten bzw. dem zweiten Teilbereich **37**, **39**, abgebildet wird, wie dies in [Fig. 5](#) dargestellt ist. Daher können unterschiedliche Auflösungen, d.h. Anzahl von Pixelreihen, eingesetzt werden.

[0054] So wird, während das Objekt **2** in Bezug auf die Vorrichtung **1** bewegt wird, die Reihe von Pixeln, die den Teilbereich **41** bildet, fortlaufend abgetastet und verarbeitet, um Objektinformationen Zeile für Zeile zu extrahieren. Diese Verarbeitung wird mit der Verarbeitung der Höheninformationen kombiniert, die gesammelt werden, indem die Reihen von Pixeln der anderen Teilbereiche **37**, **39** entsprechend abgetastet werden. Vorzugsweise werden die Flächeninformationen und die Höheninformationen abwechselnd extrahiert, um die volle Kapazität des Sensors zu nutzen. Die abwechselnden Bestimmungen werden prinzipiell parallel durchgeführt, indem die Aufträge aufgeteilt werden, so dass abwechselnd Abschnitte einer gesamten Zeile bzw. Fläche ausgeführt werden. So wird eine hohe Bewegungsgeschwindigkeit ermöglicht, wobei gleichzeitig die Genauigkeit auf einem hohen Niveau gehalten wird.

[0055] Um die Ergebnisse bei einer hohen Bewegungsgeschwindigkeit zu verbessern, werden die Strahlungs-Erzeugungseinrichtungen **6**, **8**, **19**, **20**, **21** vorzugsweise gepulst, oder die emittierte Strahlung wird gepulst, um so Unschärfe, die durch die Bewegung bei gleichzeitiger Emission von Strahlung durch die Strahlungs-Erzeugungseinrichtungen verursacht wird, auf ein Minimum zu verringern.

[0056] Der Sensor **23** erzeugt, wie aus dem Obenstehenden ersichtlich wird, digitale Ausgangssignale. Diese Ausgangssignale werden zu einer Steuereinrichtung, wie beispielsweise einer CPU (central processing unit) (nicht dargestellt) übermittelt, die die Ausgangssignale weiter verarbeitet. Die Ausgangssignale umfassen Höhen-Ausgangsinformationen und Flächen-Ausgangsinformationen, die von der Steuereinrichtung verwendet werden, um verschiedene Eigenschaften des Objektes **2** zu bestimmen. Des Weiteren wird die Steuereinrichtung von einem Benutzer verwendet, um den Sensor **23** zu programmieren. Das Programmieren kann beispielsweise das Definieren der verschiedenen Teilbereiche **37**, **39**, **41** und die Initialisierung verschiedener Bildverarbeitungskapazitäten derselben, wie beispielsweise das Schärfen von Objektträgern, umfassen. Aufgrund der chipintegrierten festverdrahteten und/oder programmierten Signalverarbeitungskapazitäten des Sensors **23** werden die Mengen an Daten, die zwischen dem Sensor **23** und der Steuereinrichtung ausgetauscht werden, verringert, so dass ein schnellerer Objekt-Prüfprozess möglich ist. Wenn ein hochentwickelter Sensor, wie beispielsweise der MAPP2200, eingesetzt wird, sind die chipintegrierten Kapazitäten komplex genug, um zu ermöglichen, dass die chipintegrierte Signalverarbeitung eine Bildverarbeitung ist.

[0057] Die vorliegende Erfindung dient dazu, Objekte auf einem Substrat zu prüfen, und zwar insbesondere Lotpastenaufträge **2**, die darauf abgegeben worden sind. Ein Substrat, das zur Oberflächenmon-

tage von Bauteilen eingerichtet ist, ist mit gedruckten Plattformen oder Lötäugen zur Aufnahme von Bauteilverbindungsanschlüssen versehen. Die Bauteile werden durch Löten mit den Lötäugen verbunden. Die Lotpaste wird im Voraus mit einem allgemeinen Verfahren, wie beispielsweise Siebdruck oder Abgabe, auf die Lötäugen aufgetragen. Damit das anschließende Montieren und Anlöten der Bauteile erfolgreich ist, ist es wichtig, dass der Lotpastenauftrag, der im Folgenden der Einfachheit halber als Auftrag bezeichnet wird, richtig geformt und angeordnet ist, und dass keine Lotpasten-Satelliten erzeugt werden.

[0058] Aufgrund der geringen Abmessung des Auftrags, die normalerweise in der Größenordnung von Bruchteilen eines Millimeters liegt, sind genaue Messungen mit hoher Auflösung von der Prüfvorrichtung erforderlich. Aufgrund von Qualitätsanforderungen ist es vorteilhaft, wenn jeder Auftrag auf einem Substrat geprüft wird, nachdem er abgegeben worden ist. Des Weiteren ist die Abgabegeschwindigkeit hoch und nimmt ständig zu, und daher ist es vorteilhaft, wenn die Prüfung ebenfalls mit hoher Geschwindigkeit durchgeführt werden kann. Des Weiteren ist es vorteilhaft, wenn verschiedene Eigenschaften, wie die oben erwähnten, bestimmt werden können.

[0059] Mit der vorliegenden Erfindung wird eine hohe Geschwindigkeit durch den erfindungsgemäßen Einsatz des Sensors **23** ermöglicht. Was die verschiedenen Eigenschaften angeht, die bestimmt werden sollen, werden die Flächeninformationen, wie beschrieben, Zeile für Zeile gewonnen. Der oben erwähnte Sensor MAPP2200 ist in der Lage, benachbarte Flächenlinien zu erzeugen, bei denen gelegentliche fehlerhafte Pixel korrigiert sind und die deutliche Grenzen zwischen dem Auftrag und dem umgebenden Lötauge bzw. umgebenden Lötäugen haben. Die Linien werden an die CPU ausgegeben, die die tatsächliche Fläche des Auftrags berechnet. Desgleichen wird eine Anzahl von Höhenprofilen ebenfalls chipintegriert vorverarbeitet, oder als Alternative dazu auf andere Weise entweder innerhalb oder außerhalb der Vorrichtung **1** an die CPU ausgegeben. Der Flächen- und der Höhengang werden von dem Sensor mit der Position verknüpft, und so ist die CPU in der Lage, die Höhen- und die Flächeninformation zu kombinieren, die sich auf den gleichen Auftrag beziehen, um Volumen usw. zu bestimmen. Ein noch weiter entwickelter Sensor wird in der Zukunft höchstwahrscheinlich in der Lage sein, viele weitere Berechnungen chipintegriert durchzuführen, und es ist wahrscheinlich davon auszugehen, dass der Sensor eine Verarbeitungseinheit pro Pixel anstelle einer Anzahl von Verarbeitungseinheiten enthalten wird, die der Anzahl von Pixeln in einer Reihe entsprechen.

[0060] Die Vorrichtung **1** führt die Beleuchtung aus, indem sie die emittierte Strahlung der Strahlungs-Erzeugungseinrichtungen **6**, **8**, **19-22** entsprechend

den Eigenschaften der vorhandenen Objekte **2**, die geprüft werden, anpasst, um die Signalverarbeitung zu erleichtern und eine zuverlässige und genaue Informations-Extrahierung zu ermöglichen. Ein typisches Ziel der adaptiven Beleuchtung besteht darin, den Kontrast zwischen einem Objekt und seinem benachbarten Hintergrund zu verstärken. Adaptierbare Parameter sind wenigstens die folgenden:

- Die Intensität der Strahlung wird abgestimmt, um ausreichend hohe Kontrastniveaus zu erreichen.
- Der Auftreffwinkel auf den Objekten kann genutzt werden, um den Kontrast zu verstärken.
- Die Polarisierung der Strahlung kann effektiv genutzt werden, um Glitzern von hellen Objekten zu verringern. Zu diesem Zweck ist eine Polarisierungseinrichtung zwischen den Strahlungs-Erzeugungseinrichtungen **6, 8, 19–22** und dem Substrat oder genauer gesagt dem Objekt bzw. den Objekten darauf vorhanden. Zusätzlich ist eine weitere Polarisierungseinrichtung vor dem Sensor **23** vorhanden, wobei ihre Ausrichtung senkrecht zu der zuerst genannten Polarisierungseinrichtung ist. Dadurch werden alle Reflektionen, die direkt sind, d.h., die die Polarisierung, die durch die erste Polarisierungseinrichtung bewirkt wird, nicht ändern, von der zweiten Polarisierungseinrichtung gesperrt. Andererseits erhält die Strahlung, die in der Oberfläche des Objektes **2** verteilt wird, eine randomisierte Verteilung der Polarisierung und gelangt so zu der strahlungsempfindlichen Einheit **31**.
- Die Frequenz/Wellenlänge der Strahlung.

[0061] Die Vorrichtung der vorliegenden Erfindung kann als selbständiges Gerät implementiert werden, oder als Teil einer Maschine zum Abgeben von Lotpaste, zum Siebdrucken, zum Montieren von Bauteilen usw.

[0062] Oben sind einige Ausführungen der vorliegenden Erfindung beschrieben. Diese sollten als lediglich nicht-einschränkende Beispiele betrachtet werden. Viele zusätzliche Abwandlungen sind innerhalb des Schutzbereichs der Erfindung möglich, wie er von den Ansprüchen definiert wird.

Patentansprüche

1. Verfahren zum kontaktlosen Prüfen von Objekten **(2)** auf einem Substrat **(4)** mittels einer Prüfvorrichtung bei relativer Bewegung zwischen dem Substrat **(4)** und der Prüfvorrichtung **(1)**, das die folgenden Schritte umfasst:

Erzeugen eines ersten Bildes, das Objekt-Höheninformationen umfasst, durch Beleuchten wenigstens eines Abschnitts des Substrats **(4)**, der eines oder mehrere Objekte **(2)** umfasst, mittels einer ersten Bestrahlungseinrichtung **(3)** und Abbilden wenigstens eines der einen oder der mehreren Objekte **(2)**, die

mit der ersten Bestrahlungseinrichtung **(3)** beleuchtet werden, auf einer zweidimensionalen Matrix-Sensoreinrichtung **(23)**, die eine abschnittsweise adressierbare Matrix von Pixelelementen **(35)** aufweist; Extrahieren der Objekt-Höheninformationen mittels der Sensoreinrichtung aus dem ersten Bild, gekennzeichnet durch:

Erzeugen eines zweiten Bildes, das Objekt-Flächeninformationen umfasst, durch Beleuchten wenigstens eines Abschnitts des Substrats **(4)**, der eines oder mehrere Objekte **(2)** umfasst, mittels einer zweiten Bestrahlungseinrichtung und Abbilden wenigstens eines der einen oder der mehreren Objekte, die mit der zweiten Bestrahlungseinrichtung **(5)** beleuchtet werden, auf der Sensoreinrichtung **(23)**; und Extrahieren der Objekt-Flächeninformationen mittels der Sensoreinrichtung **(23)** aus dem zweiten Bild.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Schritt des Erzeugens eines ersten Bildes zeitlich von dem Schritt des Erzeugens eines zweiten Bildes getrennt ist.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, das den Schritt des Trennens des ersten Bildes von dem zweiten Bild durch Abbilden des ersten bzw. des zweiten Bildes auf separaten Abschnitten **(37, 39)** der Sensoreinrichtung **(23)** umfasst.

4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, das den Schritt des Trennens des ersten Bildes von dem zweiten Bild durch Beleuchten verschiedener Abschnitte **(37, 39)** des Substrats **(4)** mit der ersten bzw. der zweiten Bestrahlungseinrichtung **(3, 5)** umfasst.

5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, das den Schritt des Trennens des ersten Bildes von dem zweiten Bild durch Trennen der Strahlung, die von der ersten und der zweiten Bestrahlungseinrichtung **(3, 5)** stammt, in einen ersten bzw. einen zweiten Frequenzbereich und wenigstens des Filterns der Strahlung umfasst, die auf einen ersten Abschnitt **(37)** der Sensoreinrichtung **(23)** auftrifft, so dass Strahlung in einem von dem ersten und dem zweiten Frequenzbereich durchgelassen wird und Strahlung in dem anderen von dem ersten und dem zweiten Frequenzbereich gesperrt wird.

6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, das den Schritt des Verwendens der Flächen- und der Höheninformationen zum Berechnen des Objekt-Volumens umfasst.

7. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, das den Schritt des Verwendens der Flächeninformationen zum Berechnen der Objekt-Position umfasst.

8. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, das den Schritt des Verwendens der Flä-

cheninformationen zum Berechnen der Form des Objekt-Umrisses umfasst.

9. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, das den Schritt des Verwendens der Flächeninformationen zum Berechnen des Objekt-Durchmessers umfasst.

10. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei wenigstens teilweise Signalverarbeitung chip-integriert durchgeführt wird.

11. Verfahren nach Anspruch 10, das den Schritt der chip-integrierten Durchführung der Extrahierung der Flächen- und der Höheninformationen umfasst.

12. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, das den Schritt des abwechselnden Verarbeitens des ersten und des zweiten Bildes zum Gewinnen der Höhen- bzw. der Flächeninformationen umfasst.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1–11, das den Schritt des parallelen Verarbeitens des ersten und des zweiten Bildes zum Gewinnen der Höhen- bzw. der Flächeninformationen umfasst.

14. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei das Substrat (4) mit der ersten Bestrahlungseinrichtung (3) in Form einer Lichtbahnbeleuchtung beleuchtet wird.

15. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei der Schritt des Extrahierens von Flächeninformationen durch Zeilenabtastung durchgeführt wird.

16. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei der Schritt des Extrahierens von Höheninformationen durch Triangulation durchgeführt wird.

17. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei wenigstens die erste oder die zweite Bestrahlungseinrichtung (3, 5) in Reaktion auf sich ändernde Bedingungen adaptiv abgestimmt wird.

18. Vorrichtung (1) zum Prüfen von Objekten (2) auf einem Substrat (4) bei relativer Bewegung zwischen dem Substrat (4) und der Prüfvorrichtung, die umfasst:
eine zweidimensionale Matrix-Sensoreinrichtung, die eine abschnittsweise adressierbare Matrix von Pixelelementen (35) aufweist;
eine erste Bestrahlungseinrichtung (3);
eine Abbildungseinrichtung (25) zum Abbilden von Strahlung, die von einer Objektenebene stammt, auf der Sensoreinrichtung (23);
wobei die erste Bestrahlungseinrichtung so einge-

richtet ist, dass sie wenigstens einen Abschnitt des Substrats (4) bestrahlt, der ein oder mehrere Objekte (2) umfasst, wenn sich das Substrat (4) in der Objektenebene befindet, wobei die Abbildungseinrichtung (25) so eingerichtet ist, dass sie ein erstes Bild wenigstens eines der einen oder der mehreren Objekte (2) erzeugt, und das erste Bild Objekt-Höheninformationen enthält;

gekennzeichnet durch:

eine zweite Bestrahlungseinrichtung (5);
wobei die zweite Bestrahlungseinrichtung (5) so eingerichtet ist, dass sie wenigstens einen Abschnitt des Substrats (4) beleuchtet, der ein oder mehrere Objekte (2) umfasst, wenn sich das Substrat in der Objektenebene befindet, und die Abbildungseinrichtung (25) so eingerichtet ist, dass sie ein zweites Bild wenigstens eines der einen oder der mehreren Objekte (2) erzeugt, und das zweite Bild Objekt-Flächeninformationen umfasst;
und die Sensoreinrichtung (23) eine Extrahierungseinrichtung umfasst, die aus dem ersten Bild Objekt-Höheninformationen extrahiert und aus dem zweiten Bild Objekt-Flächeninformationen extrahiert.

19. Vorrichtung (1) nach Anspruch 18, wobei der Sensor chip-integrierte Signalverarbeitungsfähigkeit (33) umfasst.

20. Vorrichtung (1) nach Anspruch 19, wobei die chip-integrierte Signalverarbeitungsfähigkeit (33) wenigstens durch die Extrahierungseinrichtung bereitgestellt wird.

21. Vorrichtung (1) nach Anspruch 20, wobei die chip-integrierte Signalverarbeitungsfähigkeit (33) des Weiteren durch eine chip-integrierte Einrichtung zum Berechnen einer oder mehrerer Objekteigenschaften mittels wenigstens entweder der Objekt-Höheninformationen oder der Objekt-Flächeninformationen bereitgestellt wird.

22. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 18–21, wobei die Erzeugung des ersten Bildes zeitlich von der Erzeugung des zweiten Bildes getrennt ist.

23. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 18–22, wobei der Sensor (23) mit wenigstens einem ersten Abschnitt (37) zum Empfangen des ersten Bildes und einem von dem ersten Abschnitt getrennten zweiten Abschnitt (39) zum Empfangen des zweiten Bildes versehen ist.

24. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 18–23, wobei die erste Bestrahlungseinrichtung (3) vorhanden ist, um Strahlung in einem ersten Frequenzbereich zu erzeugen, die zweite Bestrahlungseinrichtung (5) vorhanden ist, um Strahlung in einem zweiten Frequenzbereich zu erzeugen und die Vorrichtung des Weiteren wenigstens eine erste Filter-

einrichtung (**41**) umfasst, die Strahlung in einem von dem ersten und dem zweiten Frequenzbereich durchlässt und Strahlung in dem anderen von dem ersten und dem zweiten Frequenzbereich sperrt, wobei die Filtereinrichtung (**42**) einen ersten Abschnitt der Sensoreinrichtung abdeckt.

25. Vorrichtung (**1**) nach den Ansprüchen 18–24, wobei die Vorrichtung so eingerichtet ist, dass sie die Objekt-Flächeninformationen mittels Zeilenabtastung extrahiert.

26. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 18–25, wobei die erste Bestrahlungseinrichtung (**3**) einen Laser (**7**) zum Erzeugen der Strahlung durch eine Lichtbahn umfasst.

27. Vorrichtung (**1**) nach einem der Ansprüche 18–25, wobei die zweite Bestrahlungseinrichtung (**5**) Leuchtdioden (**19, 20, 21**) umfasst.

28. Vorrichtung (**1**) nach einem der Ansprüche 18–27, wobei jedes Pixelelement (**35**) einzeln adressiert werden kann.

29. Vorrichtung (**1**) nach einem der Ansprüche 18–28, wobei wenigstens eine der Bestrahlungseinrichtungen (**3, 5**) adaptiv abgestimmt werden kann.

30. Vorrichtung (**1**) nach einem der Ansprüche 18–29, die eine dritte Bestrahlungseinrichtung (**22**) umfasst, die eine Fläche des Substrats (**4**) erleuchtet, die der gesamten Matrix von Pixelelementen (**35**) entspricht.

31. Vorrichtung (**1**) nach Anspruch 30, wobei wenigstens die erste (**3**), die zweite (**5**) oder die dritte (**22**) Bestrahlungseinrichtung mit einem ersten Polarisator versehen ist und wenigstens ein Teil des Sensors (**23**) mit einem zweiten Polarisator versehen ist, der senkrecht zu dem ersten Polarisator angeordnet ist.

32. Einsatz einer Vorrichtung (**1**) nach einem der Ansprüche 18–31 zum Messen des Volumens von Ablagerungen (**2**) auf einem Substrat (**4**).

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

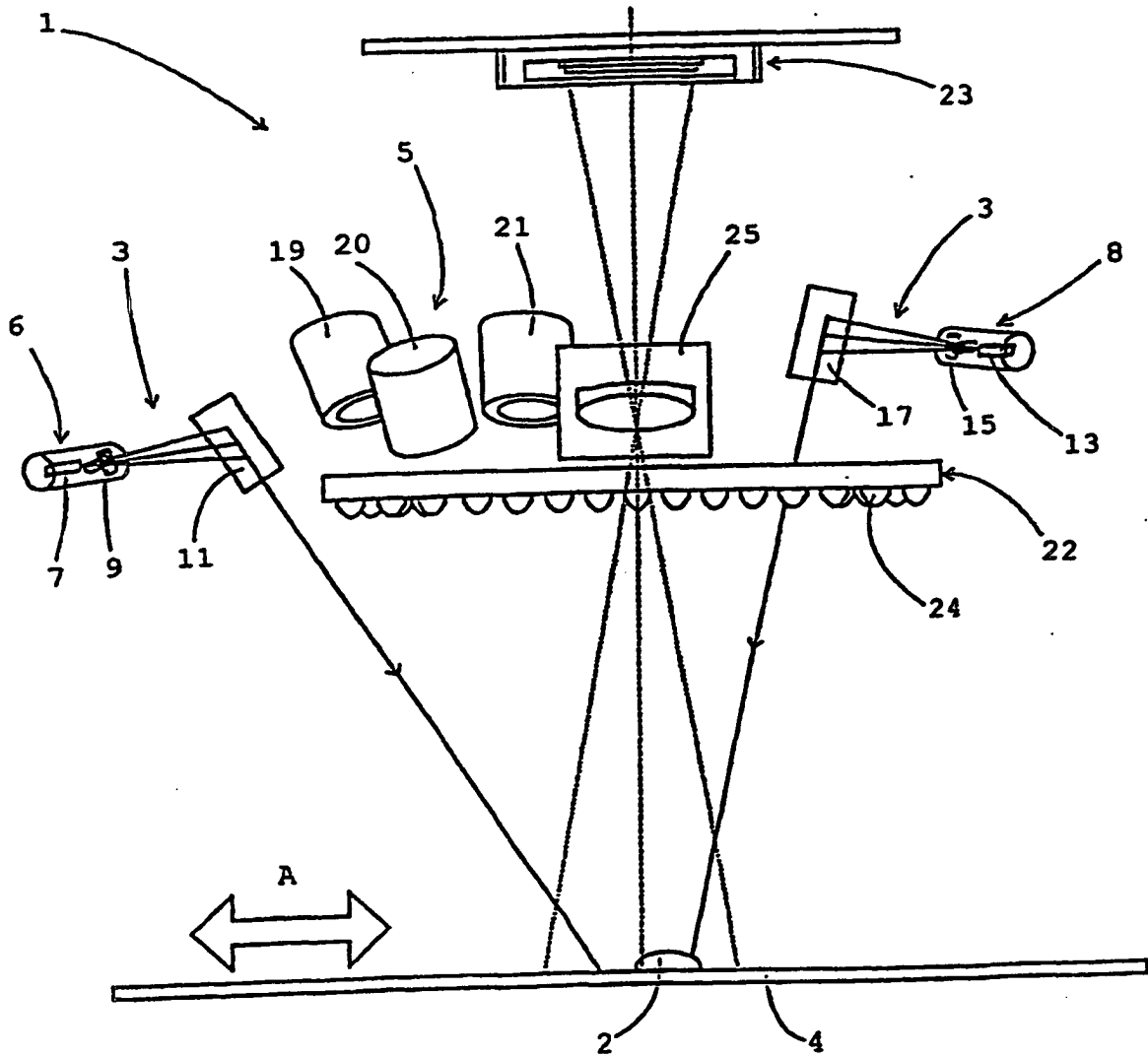


Fig. 1

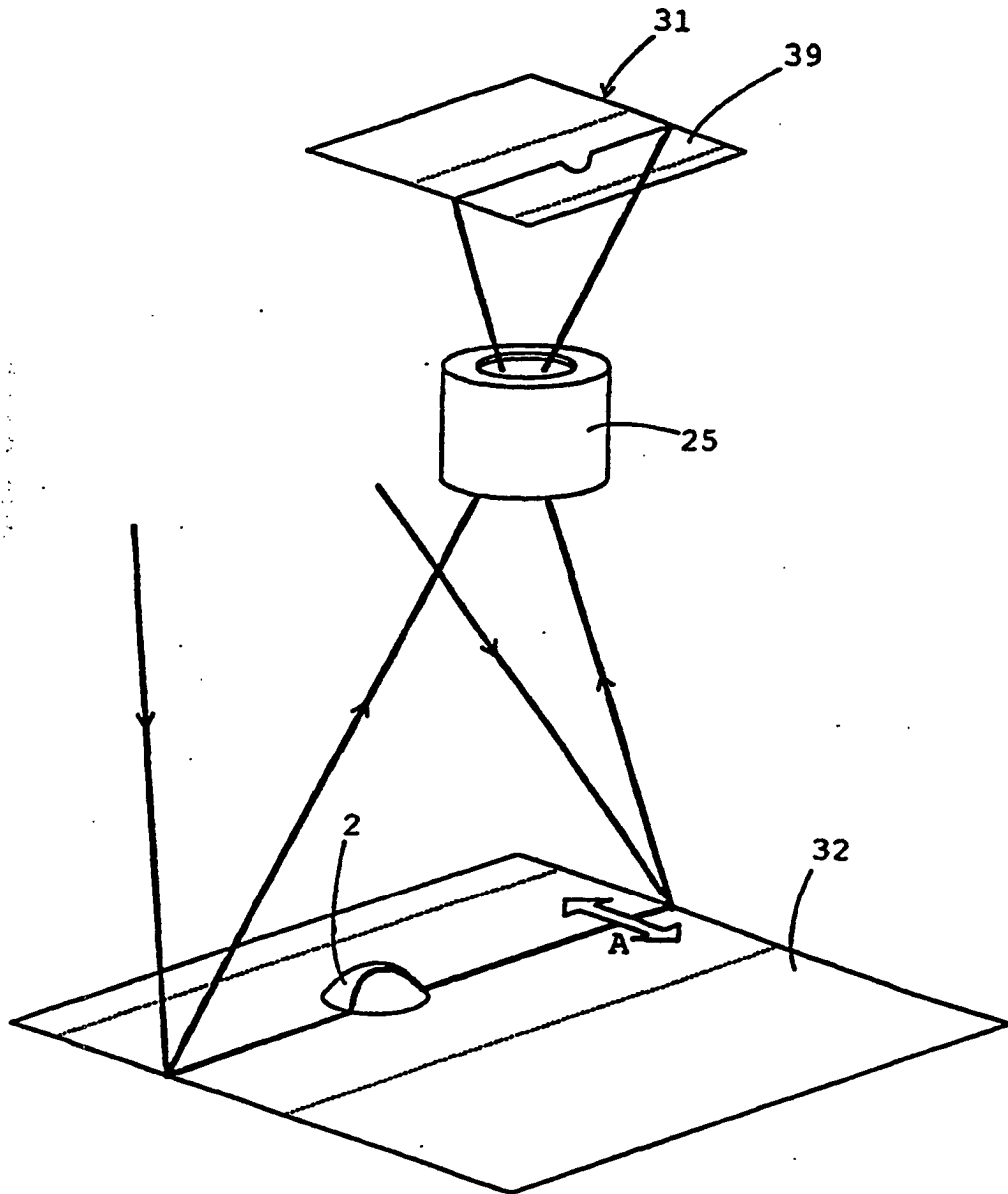


Fig. 2

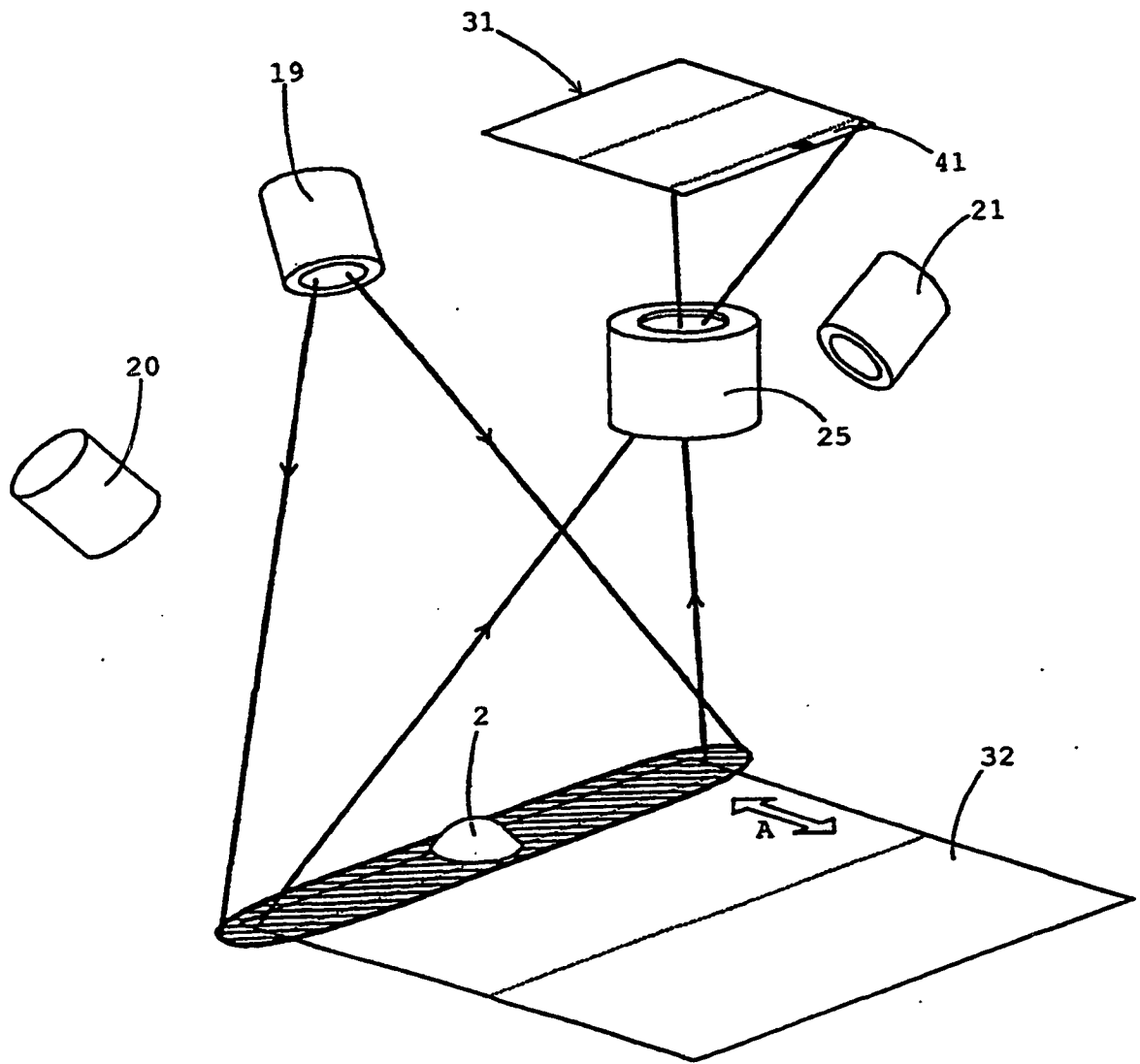
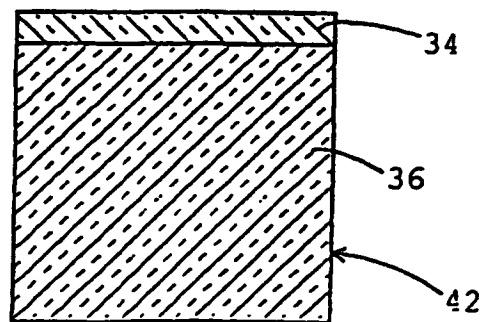
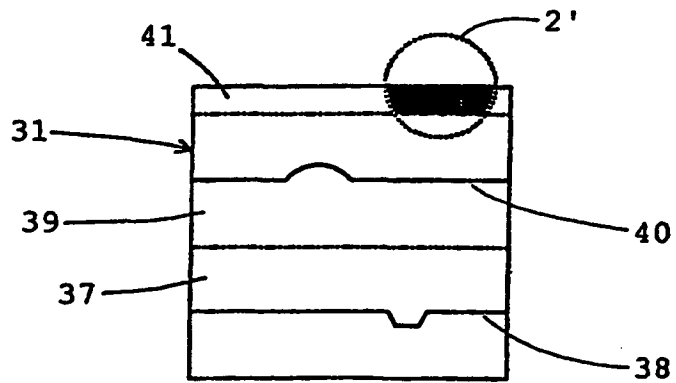
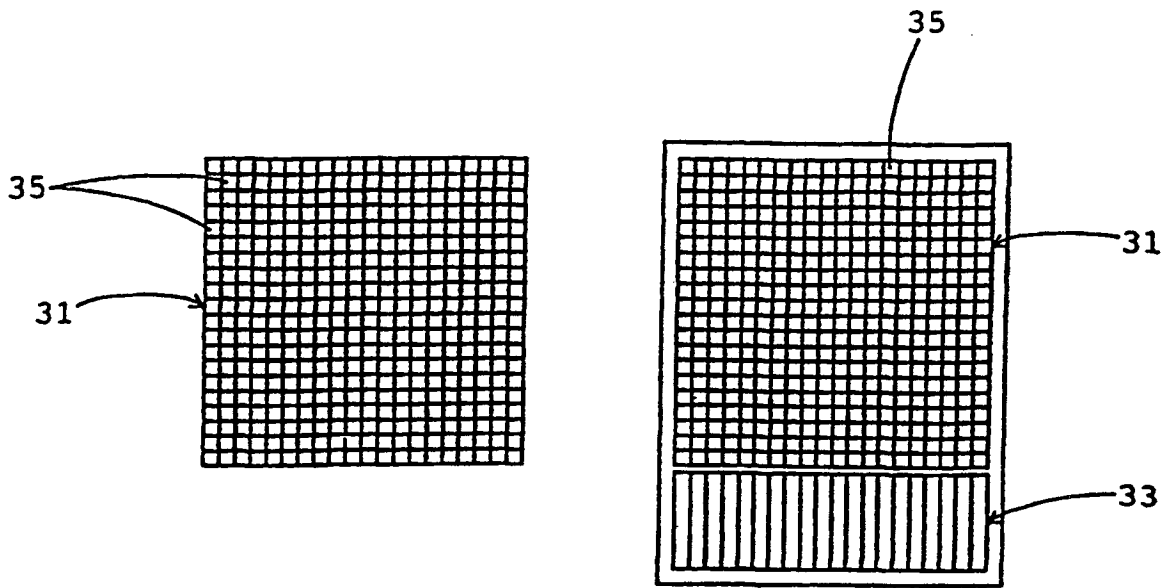


Fig. 3



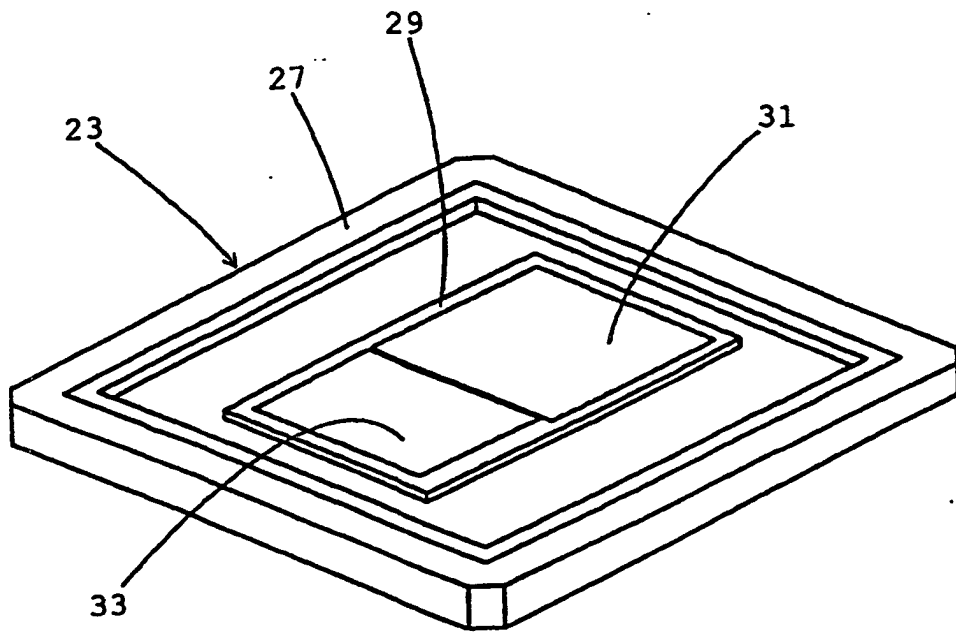


Fig. 7

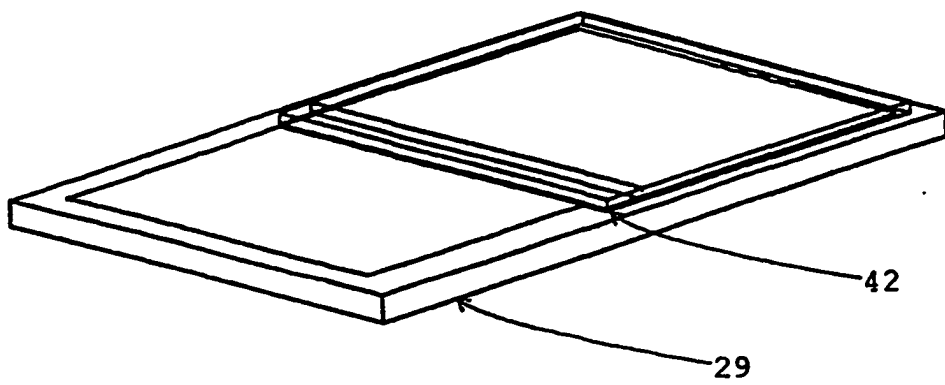


Fig. 8