(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
29. Januar 2004 (29.01.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2004/010114 A2

(51) Internationale Patentklassifikation[7]: G01N 21/00

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2003/007677

(22) Internationales Anmeldedatum:
16. Juli 2003 (16.07.2003)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
102 32 781.5 18. Juli 2002 (18.07.2002) DE

(71) Anmelder *(für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US)*: **LEICA MICROSYSTEMS SEMICONDUCTOR GMBH** [DE/DE]; Ernst-Leitz-Strasse 17-37, 35578 Wetzlar (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder *(nur für US)*: **BACKHAUSS, Henning** [DE/DE]; Bachstrasse 6, 35579 Wetzlar (DE).

(81) Bestimmungsstaaten *(national)*: AU, JP, KR, US.

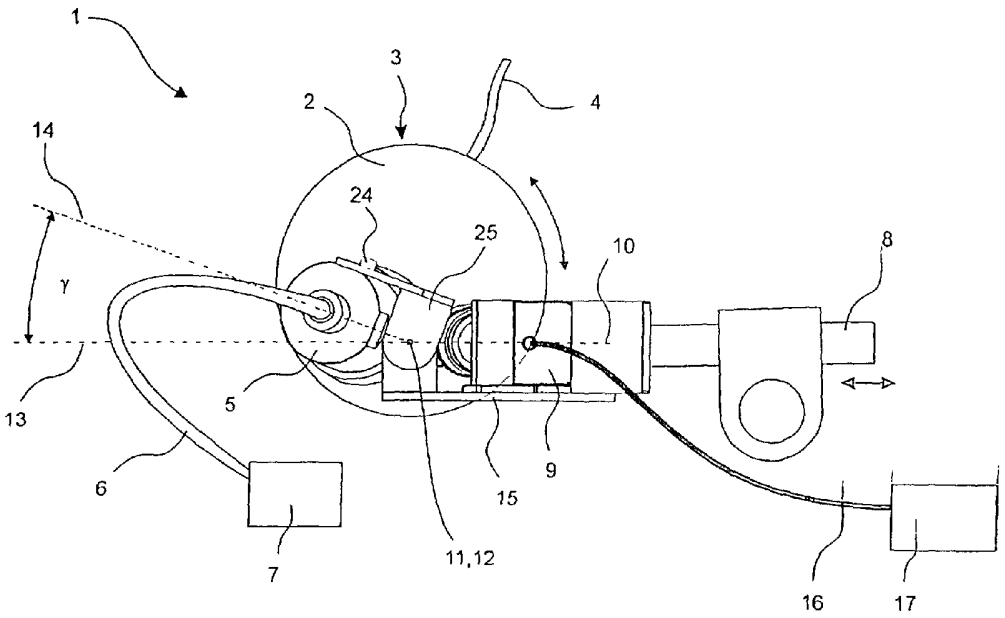
(84) Bestimmungsstaaten *(regional)*: europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

Veröffentlicht:
— *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts*

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(54) Title: DEVICE FOR WAFER INSPECTION

(54) Bezeichnung: VORRICHTUNG ZUR WAFER-INSPEKTION



(57) Abstract: The invention relates to a device for wafer inspection. Said device comprises an incident light illumination element having an illumination axis and an imaging element having an imaging axis, both elements being inclined towards each other and oriented towards a region of the surface of the wafer, which is to be inspected. An imaging plane is defined by the illumination axis and the imaging axis by means of the bright field illumination adjustment of the device. The device is characterised in that the illumination axis rotated out of the imaging plane about a dark field angle $\gamma > 0$ is arranged in such a way that a dark field illumination is present in the region to be inspected.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2004/010114 A2

(57) Zusammenfassung: Es wird eine Vorrichtung zur Wafer-Inspektion beschrieben, die eine Auflicht-Beleuchtungseinrichtung mit einer Beleuchtungsachse und eine Abbildungseinrichtung mit einer Abbildungsachse umfasst, welche beide gegeneinander geneigt und auf einen zu inspizierenden Bereich der Oberfläche eines Wafers gerichtet sind. Eine Abbildungsebene ist dadurch definiert, dass sie in Hellfeldbeleuchtungs-Einstellung der Vorrichtung von der Beleuchtungsachse und der Abbildungsachse aufgespannt wird. Erfindungsgemäß zeichnet sich die Vorrichtung dadurch aus, dass die Beleuchtungsachse aus der Abbildungsebene um einen Dunkelfeldwinkel $\gamma > 0$ herausgedreht so angeordnet ist, dass in dem zu inspizierenden Bereich eine Dunkelfeldbeleuchtung besteht.

Vorrichtung zur Wafer-Inspektion

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Wafer-Inspektion mit einer Auflicht-Beleuchtungseinrichtung mit einer Beleuchtungsachse und einer Abbildungseinrichtung mit einer Abbildungsachse, welche beide auf einen zu inspizierenden Bereich der Oberfläche eines Wafers gerichtet sind.

In der Halbleiterfertigung werden die Wafer während des Fertigungsprozesses mit Fotolack beschichtet. Der Fotolack durchläuft zunächst einen Belichtungs- und danach einen Entwicklungsprozess. In diesen Prozessen wird er für nachfolgende Prozessschritte strukturiert. Im Randbereich des Wafers lagert sich fertigungsbedingt etwas mehr Fotolack ab als in der Mitte des Wafers. Dadurch entsteht eine Randwulst, im Englischen als „edge bead" bezeichnet. Fotolack am Rand des Wafers und die Randwulst (edge bead) können zu Verunreinigungen von Fertigungsmaschinen sowie zur Entstehung von Defekten auf dem Wafer in den nachfolgenden Prozessschritten führen.

Um diese Auswirkungen zu vermeiden, wird eine Randentlackung (edge bead removal = EBR) durchgeführt. Fehler bei der Breite der Randentlackung kommen von ungenauem Ausrichten der entsprechenden Entlackungsvorrichtungen relativ zum Wafer. Weitere Fehlerquellen liegen der ungenauen Ausrichtung der Beleuchtungseinrichtungen relativ zum Wafer bei der Belichtung des Fotolacks. Dabei führt eine zu große Randentlackung zur Verringerung des nutzbaren Waferbereichs und damit zum Verlust von produzierten Chips. Eine zu geringe Randentlackung kann im Randbereich des Wafers zu einer Verunreinigung der nachfolgend aufgebrachten Resistschichten oder anderer Strukturen führen. Da in beiden Fällen die Produktivität des Fertigungsprozesses gemindert ist, wird, neben vielen anderen Defekten, auch die Randentlackung während des

Fertigungsprozesses fortlaufend kontrolliert. Dabei wird die Breite der Randentlackung kontrolliert als auch überprüft, ob eine Randentlackung überhaupt stattgefunden hat.

Es sind Einrichtungen bekannt, die durch Bilderkennung verschiedenste Strukturen auf der Oberfläche eines Wafers erkennen. Hierbei wird der Wafer im Hellfeld beleuchtet und mit einer Kamera (Matrix- oder Zeilenkamera) abgescannt.

Eine solche Inspektionsmaschine der Firma KLA-Tencor Corporation wird in dem Artikel „Lithography Defects: Reducing and Managing Yield Killers through Photo Cell Monitoring" by Ingrid Peterson, Gay Thompson, Tony DiBiase and Scott Ashkenaz, Spring 2000, Yield Management Solutions, beschrieben. Die dort beschriebene Wafer-Inspektionseinrichtung arbeitet mit einer Auflicht-Beleuchtungseinrichtung, welche mit einer Hellfeldbeleuchtung Mikrodefekte mit geringem Kontrast untersucht.

Bei den bekannten Vorrichtungen zur Wafer-Inspektion kann die Bildverarbeitung keine einfache Unterscheidung zwischen der Randentlackung (EBR) und anderen im Bild vorhandenen Rändern machen. Diese anderen Ränder stammen von vorherigen Prozessschritten. Alle Ränder sind in einer Hellfeldbeleuchtung farblich bzw. im Grauwert unterschiedlich. Da die unterschiedlichen Ränder sich zum Teil auch kreuzen oder überschneiden, ändern sich auch der Farbton bzw. der Grauwert der Ränder. Es ist daher mit einer Bildverarbeitung sehr schwierig bis unmöglich, die Randentlackung auf diese Weise herauszufiltern. Auch eine visuelle Betrachtung durch einen Betrachter führt zu keinen besseren Ergebnissen, da auch das menschliche Auge die Zuordnung der verschiedenen Ränder und der beobachteten Farbtöne bzw. Grauwerte zu den verschiedenen Prozessschritten nicht leisten kann.

Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Vorrichtung anzugeben, mit welcher der durch die Randentlackung erzeugte Rand zuverlässig sichtbar gemacht wird, so dass er von anderen, auf dem Wafer sichtbaren Rändern unterscheidbar ist.

Diese Aufgabe wird gelöst durch eine Vorrichtung zur Wafer-Inspektion mit einer Auflicht-Beleuchtungseinrichtung mit einer Beleuchtungsachse und einer Abbildungseinrichtung mit einer Abbildungsachse, welche beide gegeneinander geneigt und auf einen zu inspizierenden Bereich der Oberfläche eines Wafers gerichtet sind. Eine Abbildungsebene ist dadurch definiert, dass sie in Hellfeldbeleuchtungs-Einstellung der Vorrichtung von der Beleuchtungsachse und der Abbildungsachse aufgespannt wird. Erfindungsgemäß zeichnet sich die Vorrichtung dadurch aus, dass die Beleuchtungsachse aus der Abbildungsebene um einen Dunkelfeldwinkel $\gamma > 0$ herausgedreht so angeordnet ist, dass in dem zu inspizierenden Bereich eine Dunkelfeldbeleuchtung besteht.

Dabei erreicht man beim Überschreiten der 0°-Einstellung einen Übergang von der Hellfeldbeleuchtung zur Dunkelfeldbeleuchtung. Die Qualität der Dunkelfeldbeleuchtung nimmt für größere Dunkelfeldwinkel γ zu. Die Wahl des Dunkelfeldwinkels γ hängt dabei insbesondere von dem Streuverhalten der Oberflächenstruktur und den Oberflächenmaterialien des Wafers bzw. bereits strukturierten oder belackten Wafers ab.

Mit dieser Vorrichtung lassen sich auf dem gesamten Wafer insbesondere solche, vorwiegend kleine Strukturen besonders gut inspizieren, die sich durch geringe Höhenunterschiede gegenüber dem Untergrund oder der Umgebung auszeichnen und die mit dem aus dem Stand der Technik bekannten Hellfeld-Beleuchtungsaufbau nicht oder nur sehr schlecht detektierbar waren. So können beispielsweise Randausbrüche und Randunregelmäßigkeiten des Waferrandes untersucht werden. Weiterhin können mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung auf dem Wafer aufgebrachte Identifikationscodes untersucht werden.

Mit der auf diese Weise erzielten Dunkelfeldbeleuchtung kann im Randbereich des Wafers der Rand der EBR zuverlässig sichtbar gemacht werden, da er sich im Bild als wesentlich hellere Linie abzeichnet als die Ränder von vorangegangenen Prozessschritten. Bei der Justierung der Vorrichtung, erweist es sich als besonders vorteilhaft, wenn sich die Beleuchtungsachse

und die Abbildungsachse in dem Auftreffpunkt, in dem die Abbildungsachse auf den Wafer trifft, schneiden. Allerdings wird auch in denjenigen Fällen, in denen die Beleuchtungsachse etwas außerhalb des Auftreffpunktes verläuft, auch noch eine akzeptable Dunkelfeldbeleuchtung erzeugt. Entscheidend ist, dass noch Licht aus dem beleuchteten Bereich der Waferoberfläche in den Abbildungsstrahlengang gelangt. Die jeweilige Einstellung hängt jeweils von den Eigenschaften der untersuchten Oberfläche ab (Streuverhalten, Material, Strukturen etc.)

Ebenso kann die Abbildungsebene grundsätzlich gegenüber der Waferoberfläche geneigt sein. Konstruktiv erweist es sich jedoch als einfacher, wenn die Abbildungsebene senkrecht auf der Waferoberfläche steht, da dadurch die Justierung der Vorrichtung einfacher ist.

Auch für die Ausrichtung der Abbildungsachse relativ zum Wafer bestehen verschiedene Möglichkeiten. So kann beispielsweise die Abbildungsachse mit einer Wafernormalen durch den Auftreffpunkt zusammenfallen, das heißt, dass die Abbildungsachse mit der Wafernormalen kollinear verläuft. Anschaulich heißt dies, die Abbildungsachse der Abbildungseinrichtung, beispielsweise einer Kamera, ist senkrecht von oben auf den Wafer gerichtet. Dies kann auch realisiert werden, indem die Abbildungseinrichtung selbst seitlich angeordnet ist und der Abbildungsstrahlengang mit der Abbildungsachse seitlich über ein optisches Einkoppel-Element (z.B. Spiegel, Prismen etc.) in die Vorrichtung eingekoppelt wird. Durch das Einkoppel-Element wird dann die Abbildungsachse so umgelenkt, dass sie kollinear mit der Wafernormalen verläuft.

Ebenso ist es möglich, die Abbildungsachse gegenüber der Wafernormalen durch den Auftreffpunkt um einen Abbildungswinkel $\beta > 0$ geneigt anzuordnen. In diesem Fall erhält man die besten Abbildungseigenschaften, wenn der Abbildungswinkel β gleich dem Beleuchtungswinkel α ist, wobei in dieser Ausgestaltung der Vorrichtung der Beleuchtungswinkel α durch die Neigung der Beleuchtungsachse gegenüber der Wafernormalen durch den Auftreffpunkt definiert ist.

Es hat sich gezeigt, dass eine gute Darstellung des zuvor randentlackten Fotolackes (EBR-Randes) im Dunkelfeld erzielt wird, wenn der Dunkelfeldwinkel γ, um den die Beleuchtungsachse aus der Abbildungsebene herausgedreht ist, vorzugsweise Werte zwischen 5° und 45° annimmt, d.h. wenn gilt $5° < \gamma \leq 45°$.

Die Beleuchtungseinrichtung kann sowohl mit einer polychromatischen als auch mit einer monochromatischen Lichtquelle ausgestattet sein. So kann die Lichtquelle beispielsweise eine Quecksilberdampfdrucklampe oder eine Kaltlichtquelle mit einem angekoppelten Faserbündel zur Übertragung des Lichts sein. Auch die Verwendung einer LED oder eines Lasers mit Strahlaufweitung ist denkbar. Es ist sowohl ein divergenter als auch konvergenter Beleuchtungsstrahlengang verwendbar. In einer bevorzugten Ausführungsform wird ein telezentrischer Beleuchtungsstrahlengang bevorzugt, wobei geringfügige Abweichungen von der streng telezentrischen Strahlenführung ohne Verlust an der Beleuchtungsqualität zulässig sind.

Die Abbildungseinrichtung besteht üblicherweise aus einem Objektiv und einer danach angeordneten Kamera oder einer Kamerazeile, auf welche der zu inspizierende Bereich abgebildet wird. In Abhängigkeit von dem Abbildungsmaßstab, der durch das Objektiv vorgegeben wird, können daher unterschiedlich große Bereiche mit dem Kamerabild inspiziert werden.

Zur Inspektion von Waferdefekten im Bereich des Waferrandes wird vorzugshalber eine Abbildungseinrichtung verwendet, die ein Objektiv und eine Zeilenkamera umfasst. Eine optimale Dunkelfeld-Darstellung des Lackrandes von randentlachten Fotolackschichten wird erzielt, wenn die Dunkelfeldbeleuchtung durch Neigung der Auflicht-Beleuchtungseinrichtung von dem Mittenbereich des Wafers in Richtung zum Waferrand erfolgt.

Als Bezugspunkt zur Lokalisierung von beobachteten Defekten können Alignmentmarken auf dem Wafer oder markante Randstrukturen, wie der sogenannte Flat oder Notch, benutzt werden. Zur Vereinfachung jedoch wird vorzugsweise der Waferrand selbst benutzt. Um diesen Waferrand besser sichtbar zu machen, wird in einer besonders vorteilhaften Ausführungsform

der Vorrichtung zusätzlich eine Waferunterseiten-Beleuchtungseinrichtung angeordnet, die unterhalb des Wafers im Bereich des Waferrandes positioniert wird. Diese Waferunterseiten-Beleuchtungseinrichtung strahlt von unten über den Waferrand hinaus und beleuchtet die Abbildungseinrichtung. Auf diese Weise zeichnet sich im Kamerabild, bzw. in der Kamerazeile, ein deutlicher Hell-/Dunkelübergang ab, der den Waferrand exakt wiedergibt.

Um eine Inspektion des gesamten Waferrandes durchführen zu können, wird der Wafer auf eine Aufnahme-Einrichtung aufgelegt, welche um ihre Mitte drehbar ist. Zur automatisierten Inspektion des Waferrandes ist diese Aufnahme-Einrichtung mit einem motorischen Antrieb gekoppelt, der eine exakte Drehung der Aufnahme-Einrichtung vornimmt. Zur automatischen Inspektion des Randbereichs des Wafers ist der Vorrichtung eine Datenausleseeinrichtung zugeordnet, welche die Bilddaten der Zeilenkamera während der Drehbewegung des Wafers auf der Aufnahme-Einrichtung sequenziell ausliest. Dabei steuert ein Computer, der mit der Vorrichtung verbunden ist, den motorischen Antrieb und die Datenausleseeinrichtung. Alternativ ist ein Encoder vorgesehen, der die Kamera und/oder die Datenauslese-Einrichtung (z.B. Framegrabber) triggert

Aus den während der Drehung des Wafers sequenziell aufgenommenen Bilddaten können dann mit dem Computer verschiedene Kenngrößen oder Defekte bestimmt werden. So kann beispielsweise die Lage des sogenannten Waferflats oder auch die Lage des sogenannten Wafernotches auf dem Waferrand bestimmt werden.

Zur Bestimmung der Lage und Qualität der Randentlackung (EBR) des Wafers wird der Wafer mindestens einmal um 360° gedreht. Die während dieser Drehung sequenziell aufgenommenen Bilddaten werden ausgewertet, wobei die hellste Linie im Bild (bzw. das hellste Pixel im Bild bei einer Zeilenkamera) die Lage des EBR-Randes auszeichnet. Im Gegensatz dazu erscheinen die Ränder vorangegangener Prozessschritte nur als intensitätsschwache Linien bzw. Pixel der Zeilenkamera. Aus der Lage des EBR-Randes relativ zum Waferrand, der durch die Waferunterseiten-

Beleuchtungseinrichtung sichtbar gemacht wird, können das Maß der Randentlackung bzw. ihre Abweichungen von den Sollwerten relativ zum Waferrand bestimmt werden.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung wird nachfolgend anhand der schematischen Zeichnungen genauer erläutert. Die Figuren zeigen im einzelnen:

Fig. 1: Eine Aufsicht auf eine Vorrichtung zur Waferinspektion im gesamten Waferbereich;

Fig. 2: Eine Seitenansicht einer Vorrichtung zur Waferinspektion auf dem gesamten Waferbereich;

Fig. 3: Eine Aufsicht auf eine Vorrichtung zur Waferinspektion des Waferrandes bzw. der Randentlackung;

Fig. 4: Eine Seitenansicht einer Vorrichtung zur Waferinspektion des Waferrandes bzw. der Randentlackung;

Fig. 5: Eine gegenüber Fig. 4 um 90° verdrehte Seitenansicht auf eine Vorrichtung zur Waferinspektion des Waferrandes bzw. der Randentlackung;

Fig. 6: Eine räumliche Anordnung einer Vorrichtung zur Waferinspektion im Bereich des Waferrandes bzw. zur Inspektion der Randentlackung.

Um die Darstellung zu vereinfachen wurde in den nachfolgend gezeigten Beispielen eine Abbildungsachse gewählt, die senkrecht auf der Waferoberfläche steht. Dies erweist sich nicht nur zeichnerisch als einfacher, sondern auch konstruktiv, da die Vorrichtung einfacher zu justieren ist.

Fig. 1 zeigt eine Vorrichtung 1 zur Waferinspektion mit einem zu inspizierenden Wafer 2. Der Wafer 2 ist auf eine Aufnahme-Einrichtung 3 (in dieser Darstellung verdeckt) aufgelegt, die den Wafer 2 mittels Vakuumansaugung festhält. Das benötigte Vakuum wird der Aufnahme-

Einrichtung 3 mittels einer Vakuumleitung 4 zugeführt, die mit einem nicht dargestellten Vakuumsystem zur Erzeugung des Vakuums verbunden ist.

Auf einen zu inspizierenden Bereich des Wafers 2 ist eine Auflicht-Beleuchtungseinrichtung 5 gerichtet, die ihr Licht über ein Lichtleiterbündel 6 von einer Lichtquelle 7 zugeführt bekommt. Die Auflicht-Beleuchtungseinrichtung 5 ist gegenüber der Oberfläche des Wafers 2 geneigt angeordnet. An einem verschiebbaren Tragelement 8 ist eine Abbildungseinrichtung 9 angeordnet. Die Abbildungseinrichtung 9 weist eine Abbildungsachse 10 auf. Im Auftreffpunkt 11 dieser Abbildungsachse 10 auf dem Wafer 2 ist eine Wafernormale 12 definiert, also eine Konstruktionslinie, die im Auftreffpunkt 11 senkrecht auf dem Wafer 2 steht. In der Darstellung fallen die Wafernormale 12 und der Auftreffpunkt 11 aufeinander.

In der gezeigten Ausführungsform der Vorrichtung zur Waferinspektion ist die Abbildungsachse 10 gegenüber der Wafernormalen 12 geneigt, d.h. die Abbildungseinrichtung 9 ist gegenüber der Oberfläche des Wafers 2 geneigt angeordnet. Dadurch spannen die Abbildungsachse 10 und die Wafernormale 12 eine Ebene 13 auf, die durch eine gestrichelte Linie in der Aufsicht dargestellt ist. Diese Ebene 13 entspricht derjenigen Abbildungsebene, die in Hellfeld-Einstellung der Vorrichtung von der Abbildungsachse 10 und der Beleuchtungsachse 14 aufgespannt werden.

Die Auflicht-Beleuchtungseinrichtung 5 weist eine Beleuchtungsachse 14 auf, welche erfindungsgemäß gegenüber der Ebene 13 um den Beleuchtungswinkel α geneigt ist. In der dargestellten Ausführungsform der Vorrichtung zur Waferinspektion trifft die Beleuchtungsachse 14 im Auftreffpunkt 11 auf den Wafer 2 auf, also an derselben Stelle, an der auch die Abbildungsachse 10 auf den Wafer 2 trifft. Daher ist im vorliegenden Fall der Beleuchtungswinkel α als die Neigung der Beleuchtungsachse 14 gegenüber der Wafernormalen 12 definiert. Die Einstellung des Beleuchtungswinkels α erfolgt mittels der α-Verstelleinrichtung 24, an der die Auflicht-Beleuchtungseinrichtung angebracht ist. Die α-Verstelleinrichtung 24 ist an einer γ-Verstelleinrichtung 24 befestigt, welche wiederum an der

Tragschiene 15 angeordnet ist. Als vorteilhaft erweist es sich, wenn der Abbildungswinkel β gleich dem Beleuchtungswinkel α ist. Es wird jedoch auch etwas unterschiedliche Beleuchtungswinkel α und Abbildungswinkel β noch eine gute Abbildung erzielt.

Der Beleuchtungswinkel α ist in Fig. 1 nicht direkt ersichtlich, sondern ist nur dadurch angedeutet, dass von der Auflicht-Beleuchtungseinrichtung 5 ein Teil des schräg gestellten Gehäuses erkennbar ist. Deutlich sichtbar ist jedoch, dass die Beleuchtungsachse 14 durch Drehung um die Wafernormale 12 um einen Dunkelfeldwinkel γ aus der Ebene 13 herausgedreht ist.

Durch geeignete Wahl des Dunkelfeldwinkels $\gamma > 0$ wird in dem zu inspizierenden Bereich auf der Oberfläche des Wafers 2 eine Dunkelfeldbeleuchtung erzeugt. Die Einstellung des Dunkelfeldwinkels γ erfolgt mittels der γ-Verstelleinrichtung 24, die ein Schwenken der Auflicht-Beleuchtungseinrichtung 5 um die Wafernormale 12 erlaubt. Versuche haben gezeigt, dass grundsätzlich eine Einstellung des Dunkelfeldwinkels γ im Bereich $0° < \gamma \leq 50°$ eine Dunkelfeldbeleuchtung erzielt. Besonders gute Einstellungen des Dunkelfelds erhält man dabei durch Wahl des Dunkelfeldwinkels γ mit Winkellagen im Bereich $10° \leq \gamma \leq 25°$. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel wurde ein Dunkelfeldwinkel $\gamma = 20°$ gewählt.

Um verschiedene Bereiche des Wafers 2 inspizieren zu können, ist die Abbildungseinrichtung 9 durch Verschieben des Tragelementes 8 über der Waferoberfläche verschiebbar. Da die Abbildungseinrichtung 9 und die Beleuchtungseinrichtung 5 über eine gemeinsame, verstellbare Tragschiene 15 starr miteinander verbunden sind, wird durch Verschieben des Tragelements 8 die gesamte Vorrichtung 1 über der Oberfläche des Wafers 2 an den gewünschten, zu inspizierenden Bereich verschoben. Um das Aufsuchen beliebiger, zu inspizierender Bereiche der Waferoberfläche des Wafers 2 zu erleichtern, ist zusätzlich der Wafer 2 auf der nicht dargestellten Aufnahme-Einrichtung 3 drehbar gelagert. Die Drehbewegung ist durch einen gebogenen Doppelpfeil symbolisch angedeutet. Üblicherweise liegt dabei der

Wafer 2 durch Vakuumansaugung auf der Aufnahme-Einrichtung 3 fest auf, und die Aufnahme-Einrichtung 3 an sich ist drehbar ausgebildet.

Durch geeignetes Verschieben des Tragelementes 8 können somit die Auflicht-Beleuchtungseinrichtung 5 und die Abbildungseinrichtung 9 gemeinsam verschoben und daher beliebige, zu inspizierende Bereiche auf dem Wafer 2 untersucht werden. Die jeweils aufgenommenen Bilddaten der Abbildungseinrichtung 9, die beispielsweise aus einem Objektiv und einer Kamera besteht, werden über eine Daten-Leitung 16 an eine Datenauslese-Einrichtung 17 übertragen.

Fig. 2 zeigt in Seitenansicht eine Vorrichtung 1 zur Waferinspektion. Auf dem unteren Teil eines Stativs 20 ist eine Aufnahme-Einrichtung 3 angeordnet, auf der ein Wafer 2 aufgelegt ist. Die Aufnahme-Einrichtung 3 wird mittels einer Vakuumleitung 4 mit Vakuum versorgt, so dass der Wafer 2 angesaugt werden kann. Die Aufnahme-Einrichtung 3 ist um ihre vertikale Achse drehbar, was durch einen Doppelpfeil angedeutet ist. Auf diese Weise kann der Wafer 2 ebenfalls gedreht werden.

Auf einen zu inspizierenden Bereich der Oberfläche des Wafers 2 ist eine Abbildungseinrichtung 9, bestehend aus einem Objektiv 18 und einer Kamera 19, gerichtet. Die Abbildungseinrichtung 9 weist eine Abbildungsachse 10 auf, die gegenüber der Oberfläche des Wafers 2 geneigt ist und die Waferoberfläche im Auftreffpunkt 11 trifft. Eine Konstruktionslinie, die in diesem Auftreffpunkt 11 senkrecht auf der Oberfläche des Wafers 2 steht, ist als Wafernormale 12 definiert. Die Neigung der Abbildungsachse 10 gegenüber dieser Wafernormalen 12 definiert den Abbildungswinkel β.

Eine Auflicht-Beleuchtungseinrichtung 5 ist ebenfalls auf den zu inspizierenden Bereich der Waferoberfläche gerichtet. Die Auflicht-Beleuchtungseinrichtung 5 besitzt eine Beleuchtungsachse 14, die um einen Beleuchtungswinkel α gegenüber der Wafernormalen 12 geneigt ist. Es ist zu beachten, dass die Abbildungsachse 10 und die Wafernormale 12 eine Ebene 13 aufspannen, die in der Darstellung mit der Zeichnungsebene übereinstimmt. Diese Ebene 13 entspricht derjenigen Abbildungsebene, die in

Hellfeld-Einstellung der Vorrichtung von der Abbildungsachse 10 und der Beleuchtungsachse 14 aufgespannt werden.

Da die Beleuchtungsachse 14 der Auflicht-Beleuchtungseinrichtung 5 aus dieser Ebene 13 um den Dunkelfeldwinkel γ herausgedreht ist, so wie es in Fig. 1 dargestellt ist, entspricht der in Fig. 2 gezeichnete Beleuchtungswinkel α maßstäblich nicht dem tatsächlichen Beleuchtungswinkel. Vielmehr ist der in der Zeichnungsebene dargestellte Beleuchtungswinkel α durch Projektion der tatsächlichen räumlichen Lage der Beleuchtungsachse 14 verkürzt.

Die Auflicht-Beleuchtungseinrichtung 5 ist mittels der γ-Verstelleinrichtung 25 und die Abbildungseinrichtung 9 ist mittels einer Justierschiene 21 an der Tragschiene 15 angeordnet, welche mit dem Tragelement 8 starr verbunden ist. In der hier gezeigten vorteilhaften Ausführungsform der Vorrichtung kann die räumliche Lage der Abbildungseinrichtung 9 mittels der Justierschiene 21 variiert und festgestellt werden, so dass unterschiedliche Abbildungswinkel β einstellbar sind.

Durch geeignete Wahl des Beleuchtungswinkels α und des Dunkelfeldwinkels γ kann der Benutzer der Vorrichtung daher die Dunkelfeldbeleuchtung an sein jeweiliges Problem, z. B. an die Größe, Höhe oder optischen Eigenschaften (wie Kontrast, Reflektivität, etc.) der zu unersuchenden Strukturen anpassen. Damit ist insbesondere die Untersuchung von kontrastarmen Strukturen wesentlich besser möglich als mit bisher bekannten Hellfeld-Beleuchtungseinrichtungen.

Die Tragschiene 15 mit der daran befestigten Abbildungseinrichtung 9 ist starr mit einem verschiebbaren Tragelement 8 verbunden, das an dem senkrechten Teil des Stativs 20 befestigt ist. Die Auflicht-Beleuchtungseinrichtung 5 ist an einer γ-Verstelleinrichtung (hier nicht gezeigt) angeordnet, welche ebenfalls starr mit dem Tragelement 8 verbunden ist. Das Tragelement 8 ist horizontal verschiebbar, so dass die Einheit aus Auflicht-Beleuchtungseinrichtung 5 und Abbildungseinrichtung 9 gemeinsam verschoben werden kann.

Auf diese Weise kann durch Verschieben des Tragelementes 8 der Auftreffpunkt 11 und somit der Dunkelfeld-Bereich auf beliebige zu inspizierende Bereiche der Oberfläche des Wafers 2 positioniert werden. Um das Auffinden gewünschter, zu inspizierender Bereiche zu erleichtern, kann der Wafer 2 mittels der drehbaren Aufnahmevorrichtung 3 um eine vertikale Achse gedreht werden. Die während der Inspektion von der Kamera erzeugten Bilddaten werden über eine Daten-Leitung 16 zu einer Datenauslese-Einrichtung 17 übertragen. Dort stehen sie für eine weitere Bearbeitung und Auswertung, z. B. mittels eines Computers, zur Verfügung.

Fig. 3 zeigt eine Aufsicht auf eine Vorrichtung 1 zur Waferinspektion, bei der der zu inspizierende Bereich im Bereich des Waferrandes liegt.

Der Wafer 2 ist auf eine Aufnahme-Einrichtung 3 (in dieser Darstellung verdeckt) aufgelegt, die den Wafer 2 mittels Vakuumansaugung festhält. Das benötigte Vakuum wird der Aufnahme-Einrichtung 3 mittels einer Vakuumleitung 4 zugeführt.

Auf den zu inspizierenden Bereich des Waferrandes 23 des Wafers 2 ist eine Auflicht-Beleuchtungseinrichtung 5 gerichtet, die ihr Licht über ein Lichtleiterbündel 6 von einer Lichtquelle 7 zugeführt bekommt. Die Auflicht-Beleuchtungseinrichtung 5 ist gegenüber der Oberfläche des Wafers 2 geneigt angeordnet. An einem verschiebbaren Tragelement 8 ist mittels einer Tragschiene 15 eine Abbildungseinrichtung 9 angeordnet. Die Abbildungseinrichtung 9 weist eine Abbildungsachse 10 auf. Im Auftreffpunkt 11 dieser Abbildungsachse 10 auf dem Wafer 2 ist die Wafernormale 12 definiert, also eine Konstruktionslinie, die im Auftreffpunkt 11 senkrecht auf dem Wafer 2 steht. In der hier gezeigten Darstellung fallen die Wafernormale 12 und der Auftreffpunkt 11 aufeinander. Eine optimale Dunkelfeld-Darstellung des Lackrandes von randentlackten Fotolackschichten wird dadurch erzielt, dass die Auflicht-Beleuchtungseinrichtung 5 von dem Mittenbereich des Wafers 2 in Richtung zum Waferrand 23 gerichtet ist.

In der gezeigten Ausführungsform der Vorrichtung zur Waferinspektion ist die Abbildungsachse 10 gegenüber der Wafernormalen 12 um den

Abbildungswinkel β geneigt, d.h. die Abbildungseinrichtung 9 ist gegenüber der Oberfläche des Wafers 2 geneigt angeordnet. Dadurch spannen die Abbildungsachse 10 und die Wafernormale 12 eine Ebene 13 auf, die durch eine gestrichelte Linie in der Aufsicht dargestellt ist. Diese Ebene 13 entspricht derjenigen Abbildungsebene, die in Hellfeld-Einstellung der Vorrichtung von der Abbildungsachse 10 und der Beleuchtungsachse 14 aufgespannt werden.

Die Auflicht-Beleuchtungseinrichtung 5 weist eine Beleuchtungsachse 14 auf, welche erfindungsgemäß gegenüber der Wafernormalen 12 um den Beleuchtungswinkel α geneigt und um den Dunkelfeldwinkel γ aus der Ebene 13 herausgedreht ist. In der dargestellten Ausführungsform der Vorrichtung zur Waferinspektion trifft die Beleuchtungsachse 14 im Auftreffpunkt 11 auf den Wafer 2 auf, also an derselben Stelle, an der auch die Abbildungsachse 10 auf den Wafer 2 trifft. Daher ist im vorliegenden Fall der Beleuchtungswinkel α als die Neigung der Beleuchtungsachse 14 gegenüber der Wafernormalen 12 definiert. Im dargestellten Beispiel ist der Beleuchtungswinkel α gleich dem Abbildungswinkel β. Der Beleuchtungswinkel α ist in Fig. 3 nicht direkt ersichtlich, sondern ist nur dadurch angedeutet, dass von der Auflicht-Beleuchtungseinrichtung 5 ein Teil des schräg gestellten Gehäuses erkennbar ist. Deutlich sichtbar ist jedoch, dass die Beleuchtungsachse 14 um einen Dunkelfeldwinkel γ aus der Ebene 13 herausgedreht ist.

Durch geeignete Wahl des Dunkelfeldwinkels $\gamma > 0$ wird in dem zu inspizierenden Bereich auf der Oberfläche des Wafers 2 eine Dunkelfeldbeleuchtung erzeugt. Die Einstellung des Dunkelfeldwinkels γ erfolgt mittels der γ-Verstelleinrichtung 25, die ein Schwenken der Auflicht-Beleuchtungseinrichtung 5 um die Wafernormale 12 erlaubt.

Versuche haben gezeigt, dass grundsätzlich eine Einstellung des Dunkelfeldwinkels γ im Bereich $\gamma > 0°$ eine Dunkelfeldbeleuchtung erzielt. Dabei erreicht man beim Überschreiten der 0°-Einstellung einen Übergang von der Hellfeldbeleuchtung zur Dunkelfeldbeleuchtung. Die Qualität der Dunkelfeldbeleuchtung nimmt für größere Dunkelfeldwinkel γ zu. Eine gute

Darstellung von Strukturen im Dunkelfeld erhält man dabei durch Wahl des Dunkelfeldwinkels γ mit Winkellagen im Bereich $5° \leq \gamma \leq 40°$. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel wurde ein Dunkelfeldwinkel $\gamma = 20°$ gewählt.

Mit der hier beschriebenen Ausgestaltung der Vorrichtung zu Waferinspektion kann insbesondere der Randbereich des Wafers 2 und damit auch die Randentlackung von Fotolackschichten überprüft werden. Dabei wird die Lage der Außenkante der nach der Randentlackung verbliebenen Fotolackschicht bestimmt. Die Lage der Kante dieser Lackschicht wird jeweils relativ zu einem Bezugspunkt angegeben. So kann beispielsweise die Position dieser Kante im Kamerabild in Relation zum ersten Pixel des Bildes bzw. zum ersten Pixel der jeweiligen Bildzeile angegeben werden. Alternativ ist es denkbar, einen mechanischen Anschlag für die Waferauflage oder evtl. eine zusätzliche Alignmentmarke auf dem Wafer 2 als Bezugspunkt zu wählen.

Als besonders vorteilhaft hat es sich jedoch erwiesen, die Lage der Fotolackkante relativ zum Waferrand 23 anzugeben. Dazu ist eine exakte Bestimmung des Waferrandes 23 des Wafers 2 im Bild der Abbildungseinrichtung 9 erforderlich. Dies kann bei kontrastschwachen Bildern unter Umständen schwierig werden.

Dazu weist die in Fig. 3 dargestellte Ausführungsform eine zusätzliche Waferunterseiten-Beleuchtungseinrichtung 22 auf, die unterhalb des Wafers 2 in seinem Randbereich angeordnet ist. Durch die dadurch erzeugte Hintergrundbeleuchtung von der Unterseite des Wafers 2 wird im Kamerabild entlang des abgebildeten Waferrands 23 ein markanter Hell-/Dunkelübergang erzeugt. Damit liefert die Waferunterseiten-Beleuchtungseinrichtung 22 eine exakte Darstellung des Waferrands 23 im Bild. Die Bestimmung der Kante des randentlackten Fotolacks erfolgt dann durch Bestimmung der hellsten Linie im Bild jeweils bezogen auf das Bild des Waferrands 23. Der Abstand der Lackkante zum Waferrand 23 ist dann ein Maß für die Randentlackung. Zusätzlich kann geprüft werden, ob die Randentlackung überhaupt erfolgt ist bzw. ob sie vollständig erfolgt ist. Die gemessenen Werte der Randentlackung können dann mit den Produktionssollvorgaben der Halbleiterhersteller

verglichen werden. Bei Abweichungen können die Fertigungsprozesse entsprechend angepasst werden, um eine optimale Ausbeute im Fertigungsprozess sicherzustellen.

Fig. 4 zeigt eine Seitenansicht einer Vorrichtung zur Waferinspektion, wie sie in Fig. 3 bereits dargestellt wurde.

Auf dem unteren Teil eines Stativs 20 ist eine Aufnahme-Einrichtung 3 angeordnet, auf der ein Wafer 2 aufgelegt ist. Die Aufnahme-Einrichtung 3 wird mittels einer Vakuumleitung 4 mit Vakuum versorgt, so dass der Wafer 2 angesaugt werden kann. Die Aufnahme-Einrichtung 3 ist um ihre vertikale Achse drehbar, was durch einen Doppelpfeil angedeutet ist. Auf diese Weise wird der Wafer 2 ebenfalls mitgedreht.

Auf einen zu inspizierenden Randbereich der Oberfläche des Wafers 2 ist eine Abbildungseinrichtung 9, bestehend aus einem Objektiv 18 und einer Kamera 19, gerichtet. Die Abbildungseinrichtung 9 weist eine Abbildungsachse 10 auf, die gegenüber der Oberfläche des Wafers 2 geneigt ist und die Waferoberfläche im Auftreffpunkt 11 trifft. Eine Konstruktionslinie, die in diesem Auftreffpunkt 11 senkrecht auf der Oberfläche des Wafers 2 steht, ist als Wafernormale 12 definiert. Die Neigung der Abbildungsachse 10 gegenüber dieser Wafernormalen 12 definiert den Abbildungswinkel β.

Eine Auflicht-Beleuchtungseinrichtung 5 ist ebenfalls auf den zu inspizierenden Randbereich der Waferoberfläche gerichtet. Die Auflicht-Beleuchtungseinrichtung 5 besitzt eine Beleuchtungsachse 14, die um einen Beleuchtungswinkel α gegenüber der Wafernormalen 12 geneigt ist. Dabei ist in der vorliegenden Ausführungsform der Vorrichtung der Beleuchtungswinkel α gleich dem Abbildungswinkel β.

Es ist zu beachten, dass die Abbildungsachse 10 und die Wafernormale 12 eine Ebene 13 aufspannen, die in der Darstellung mit der Zeichnungsebene übereinstimmt. Diese Ebene 13 entspricht derjenigen Abbildungsebene, die in Hellfeld-Einstellung der Vorrichtung von der Abbildungsachse 10 und der Beleuchtungsachse 14 aufgespannt werden. Da die Beleuchtungsachse 14

der Auflicht-Beleuchtungseinrichtung 5 erfindungsgemäß um einen Dunkelfeldwinkel γ aus dieser Ebene 13 herausgedreht ist, so wie es in Fig. 1 dargestellt ist, entspricht der in Fig. 4 gezeichnete Beleuchtungswinkel α maßstäblich nicht dem tatsächlichen Beleuchtungswinkel α. Vielmehr ist der in der Zeichnungsebene dargestellte Beleuchtungswinkel α durch Projektion der tatsächlichen räumlichen Lage der Beleuchtungsachse 14 verkürzt.

Wie bereits zu Fig. 3 beschrieben wird durch geeignete Wahl des Dunkelfeldwinkels $\gamma > 0$ in dem zu inspizierenden Randbereich auf der Oberfläche des Wafers 2 eine Dunkelfeldbeleuchtung erzeugt. Damit kann der Benutzer der Vorrichtung die Dunkelfeldbeleuchtung an sein jeweiliges Problem, z. B. an die Größe, Höhe oder optischen Eigenschaften (wie Kontrast, Reflektivität, etc.) der zu untersuchenden Strukturen anpassen. Damit ist insbesondere die Untersuchung von kontrastarmen Strukturen wesentlich besser möglich als mit bisher bekannten Hellfeld-Beleuchtungseinrichtungen.

Die Auflicht-Beleuchtungseinrichtung 5 ist mittels einer γ-Verstelleinrichtung (hier nicht gezeigt) und die Abbildungseinrichtung 9 ist mittels einer Justierschiene 21 an der Tragschiene 15 angeordnet, welche mit dem Tragelement 8 starr verbunden ist. In der hier gezeigten vorteilhaften Ausführungsform der Vorrichtung kann die räumliche Lage der Abbildungseinrichtung 9 mittels der Justierschiene 21 variiert und festgestellt werden, so dass unterschiedliche Abbildungswinkel β einstellbar sind.

Die Tragschiene 15 ist an einem verschiebbaren Tragelement 8 angeordnet, das an dem senkrechten Teil des Stativs 20 befestigt ist. Das Tragelement 8 ist horizontal verschiebbar, so dass die Einheit aus Auflicht-Beleuchtungseinrichtung 5 und Abbildungseinrichtung 9 gemeinsam verschoben werden kann.

Durch horizontales Verschieben des Tragelements 8 kann der Auftreffpunkt 11 und zugleich der Beleuchtungsbereich auf beliebige zu inspizierende Randbereiche Wafers 2 positioniert werden bzw. an unterschiedlich große

Waferdurchmesser angepasst werden. Um das Auffinden gewünschter, zu inspizierender Randbereiche zu erleichtern, kann zusätzlich der Wafer 2 mittels der drehbaren Aufnahmevorrichtung 3 um eine vertikale Achse gedreht werden. Die während der Inspektion von der Kamera erzeugten Bilddaten werden über eine Daten-Leitung 16 zu einer Datenauslese-Einrichtung 17 übertragen. Dort stehen sie für eine weitere Bearbeitung und Auswertung, beispielsweise mittels eines Computers (nicht abgebildet), zur Verfügung.

In der hier gewählten Darstellung ist deutlich sichtbar, dass die Waferunterseiten-Beleuchtungseinrichtung 22 unterhalb des Wafers 2 und zugleich auf der Abbildungsachse 10 angeordnet ist. Damit ist die Waferunterseiten-Beleuchtungseinrichtung 22 so unter dem Wafer 2 positioniert, dass sie direkt auf die Kamera 19 abgebildet wird. Für die Inspektion des Waferrandes erweist es sich als vorteilhaft, wenn als Kamera 19 eine Zeilenkamera und als Waferunterseiten-Beleuchtungseinrichtung 22 eine LED-Zeile mit vorgesetzter Fresnel-Linse verwendet wird. Durch exakte Justierung der LED-Zeile unter dem Wafer 2 ist es möglich, dass sie direkt und in exakter Ausrichtung auf die Zeile der Zeilenkamera 19 abgebildet wird.

In Kombination mit der Kamera 19 können verschiedenste Objektive 18 verwendet werden, sowohl telezentrische als auch nicht telezentrische Objektive. Ein Beispiel für ein nicht telezentrisches Objektiv ist das Objektiv Rodagon® 1:4/60 mm von Fa. Rodenstock, Germany, mit einer Brennweite F = 60 mm, einem Objektfeld von ca. 0,028 mm x 57 mm, Abbildungsmaßstab M = 1:2. Ein Beispiel für ein telezentrisches Objektiv ist das Objektiv Sill S5LPJ2005, von der Fa. Sill Optics, Wendelstein, Germany.

Durch die Wahl des Objektivs und des Abbildungsmaßstabes können verschiedene Parameter für die Anwendung optimiert werden. Gegebenenfalls sind zur Optimierung der Dunkelfeldbeleuchtung noch Filter und Blenden (nicht dargestellt) in den Strahlengang einzufügen.

Das hier beschriebene Beispiel einer Vorrichtung zur Waferinspektion weist als Auflicht-Beleuchtungseinrichtung 5 eine polychromatische Kaltlichtquelle mit Faseroptik und einen telezentrischen Strahlenverlauf auf. Ein einfach zu

justierender Aufbau ergibt sich dadurch, dass der Beleuchtungswinkel α gleich dem Abbildungswinkel β gewählt wird. Jedoch ist dies prinzipiell für die Ausgestaltung einer guten Dunkelfeldbeleuchtung des zu inspizierenden Bereichs auf dem Wafer 2 nicht erforderlich, da auch für andere Winkelverhältnisse eine gute Dunkelfeldbeleuchtung erzielt wird.

Eine vollständige Inspektion des gesamten Waferrandes 23 bzw. des in seiner Nähe befindlichen Lackrandes (nach Randentlackung) erfolgt, indem die Zeilenkamera 19 so zur Oberfläche des Wafers 2 positioniert wird, dass ein Randbereich, der radial auf dem Wafer 2 verläuft, auf die Kamerazeile abgebildet wird. Vorzugsweise ist bei dieser Anordnung der Abbildungswinkel $\beta > 0°$, wie in der Darstellung gezeigt.

Zur Inspektion des gesamten Waferrandes 23 wird der Wafer 2 durch Drehung der Aufnahme-Einrichtung 3 um ihre vertikale Drehachse gedreht. Während einer 360°-Drehung liest die Datenauslese-Einrichtung 17, beispielsweise ein Computer mit einem Frame Grabber, die Zeilenkamera des Wafers 2 mehrfach, z.B. in gleichen Abständen, aus. Die Bilddaten werden dann mit einer speziellen Software ausgewertet und daraus jeweils die Lage der Fotolackkante in Bezug zum Waferrand 23 bestimmt. Mit demselben Verfahren kann auch die Lage des Wafer-Flats bzw. des Wafer-Notches bestimmt werden.

Fig. 5 zeigt die in Fig. 4 dargestellte Vorrichtung zur Waferinspektion in einer Seitenansicht, die um 90° weitergedreht ist. Dieselben Vorrichtungselemente sind dabei mit denselben Bezugsziffern bezeichnet.

Eine Abbildungseinrichtung 9 und eine erfindungsgemäß geneigt angeordnete Beleuchtungseinrichtung 5 sind auf einen zu inspizierenden Bereich eines Wafers 2 im Bereich seines Waferrandes 23 gerichtet. Deutlich sichtbar ist die Positionierung der Waferunterseiten-Beleuchtungseinrichtung 22 unterhalb des Waferrandes 23. Die Waferunterseiten-Beleuchtungseinrichtung 22 ist dabei so ausgerichtet, dass sie den Wafer 2 von unten beleuchtet und dabei über seinen Waferrand 23 hinausstrahlt. Das über den Waferrand 23 hinausstrahlende Licht wird von der Abbildungseinrichtung 9 erfaßt, so dass

im erzeugten Bild die Kante des Waferrandes 23 als markanter Hell-/Dunkelübergang erscheint. Die Auswertung erfolgt dann wie bei Fig. 4 bereits beschrieben.

Fig. 6 zeigt eine räumliche Anordnung einer Vorrichtung zur Waferinspektion, wie sie bereits in den Figuren 3, 4 und 5 beschrieben wurde. Gleiche Vorrichtungselemente sind dabei mit gleichen Bezugsziffern bezeichnet. Auch hier sind die Abbildungseinrichtung 9 und die erfindungsgemäß geneigte Auflicht-Beleuchtungseinrichtung 5 auf einen zu inspizierenden Bereich des Wafers 2 im Bereich seines Waferrandes 23 gerichtet. Eine Waferunterseiten-Beleuchtungseinrichtung 22 beleuchtet den Wafer 2 von unten. Die von der Abbildungseinrichtung 9 aufgenommenen Bilddaten werden über eine Daten-Leitung 16 auf eine Datenauslese-Einrichtung 17 übertragen. Diese ist im vorliegenden Beispiel als ein Computer ausgebildet.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Waferinspektion kann als separate Inspektionseinheit in den Fertigungsprozess eingebaut werden. Es ist aber auch denkbar, die erfindungsgemäße Vorrichtung in ein bereits vorhandenes Wafer-Inspektionssystem zu integrieren. Dazu wird beispielsweise eine automatisierte Handhabungseinrichtung zum halb- oder vollautomatischen Auflegen und wieder Entfernen von zu untersuchenden Wafern 2 in die Vorrichtung vorgesehen.

Bezugszeichenliste

1) Vorrichtung zur Wafer-Inspektion
2) Wafer
3) Aufnahme-Einrichtung
4) Vakuumleitung
5) Auflicht-Beleuchtungseinrichtung
6) Lichtleiterbündel
7) Lichtquelle
8) verschiebbares Tragelement
9) Abbildungseinrichtung
10) Abbildungsachse
11) Auftreffpunkt
12) Wafernormale
13) Abbildungsebene
14) Beleuchtungsachse
15) Tragschiene
16) Daten-Leitung
17) Datenauslese-Einrichtung
18) Objektiv
19) Kamera
20) Stativ
21) Justierschiene
22) -Waferunterseiten-Beleuchtungseinrichtung
23) Waferrand
24) -α-Verstelleinrichtung
25) -γ-Verstelleinrichtung

α = Beleuchtungswinkel

β = Abbildungswinkel

γ = Dunkelfeldwinkel

Patentansprüche

1) Vorrichtung zur Wafer-Inspektion mit einer Auflicht-Beleuchtungseinrichtung mit einer Beleuchtungsachse und einer Abbildungseinrichtung mit einer Abbildungsachse, welche beide gegeneinander geneigt und auf einen zu inspizierenden Bereich der Oberfläche eines Wafers gerichtet sind, wobei eine Abbildungsebene dadurch definiert ist, dass sie in Hellfeldbeleuchtungs-Einstellung der Vorrichtung von der Beleuchtungsachse und der Abbildungsachse aufgespannt wird
dadurch gekennzeichnet,
dass die Beleuchtungsachse aus der Abbildungsebene um einen Dunkelfeldwinkel $\gamma > 0$ herausgedreht so angeordnet ist, dass in dem zu inspizierenden Bereich eine Dunkelfeldbeleuchtung besteht.

2) Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass sich die Beleuchtungsachse und die Abbildungsachse in dem Auftreffpunkt der Abbildungsachse auf dem Wafer schneiden.

3) Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Abbildungsebene orthogonal zur Waferoberfläche steht.

4) Vorrichtung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Abbildungsebene orthogonal zur Waferoberfläche steht und sich die Beleuchtungsachse und die Abbildungsachse in dem Auftreffpunkt der Abbildungsachse auf dem Wafer schneiden.

5) Vorrichtung nach Anspruch 4 , **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Wafernormale durch den Auftreffpunkt definiert ist, mit der die Abbildungsachse kollinear verläuft.

6) Vorrichtung nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Abbildungsachse gegenüber der Wafernormalen durch den Auftreffpunkt um einen Abbildungswinkel $\beta > 0$ geneigt ist.

7) Vorrichtung nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Neigung der Beleuchtungsachse gegenüber der Wafernormalen durch den Auftreffpunkt einen Beleuchtungswinkel α definiert und dass der Abbildungswinkel β gleich dem Beleuchtungswinkel α ist.

8) Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Dunkelfeldwinkel γ Werte im Bereich $0° < \gamma \leq 50°$ annimmt.

9) Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Dunkelfeldbeleuchtung durch Neigung der Auflicht-Beleuchtungseinrichtung von dem Mittenbereich des Wafers in Richtung zum Waferrand erfolgt

10) Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Beleuchtungseinrichtung eine polychromatische Lichtquelle umfasst.

11) Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Beleuchtungseinrichtung eine monochromatische Lichtquelle umfasst.

12) Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Abbildungseinrichtung ein Objektiv und eine Kamera umfasst.

13) Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Abbildungseinrichtung ein Objektiv und eine Zeilenkamera umfasst.

14) Vorrichtung nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass der zu inspizierende Bereich am Waferrand liegt und dass unterhalb des Waferrandes zusätzlich eine Waferunterseiten-Beleuchtungseinrichtung angeordnet ist, welche von unten über den Waferrand hinaus die Abbildungseinrichtung beleuchtet.

15) Vorrichtung nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Aufnahme-Einrichtung zum Auflegen des Wafers vorgesehen ist, welche um ihre vertikale Achse drehbar ist.

16) Vorrichtung nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Aufnahme-Einrichtung ein motorischer Antrieb zum Drehen der Aufnahme-Einrichtung zugeordnet ist.

17) Vorrichtung nach einem der Ansprüche 14 oder 15 , **dadurch gekennzeichnet**, dass ihr eine Datenauslese-Einrichtung zugeordnet ist, welcher die Bilddaten der Zeilenkamera während der Drehbewegung des Wafers sequenziell ausliest, und dass ein Computer mit der Vorrichtung verbunden ist, der die Datenauslese-Einrichtung steuert.

18) Vorrichtung nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Computer nach einer Drehung des Wafers um mindestens 360° aus den sequenziell aufgenommenen Bilddaten die Qualität und/oder das Maß bzw. die Lage des Randes von randentlackten Fotolackschichten, die sogenannte EBR, relativ zum Waferrand bestimmt.

19) Vorrichtung nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Computer aus den sequenziell aufgenommenen Bilddaten die Lage des sogenannten Flats auf dem Waferrand bestimmt.

20) Vorrichtung nach Anspruch 16**, dadurch gekennzeichnet**, dass der Computer aus den sequenziell aufgenommenen Bilddaten die Lage des sogenannten Notchs auf dem Waferrand bestimmt.

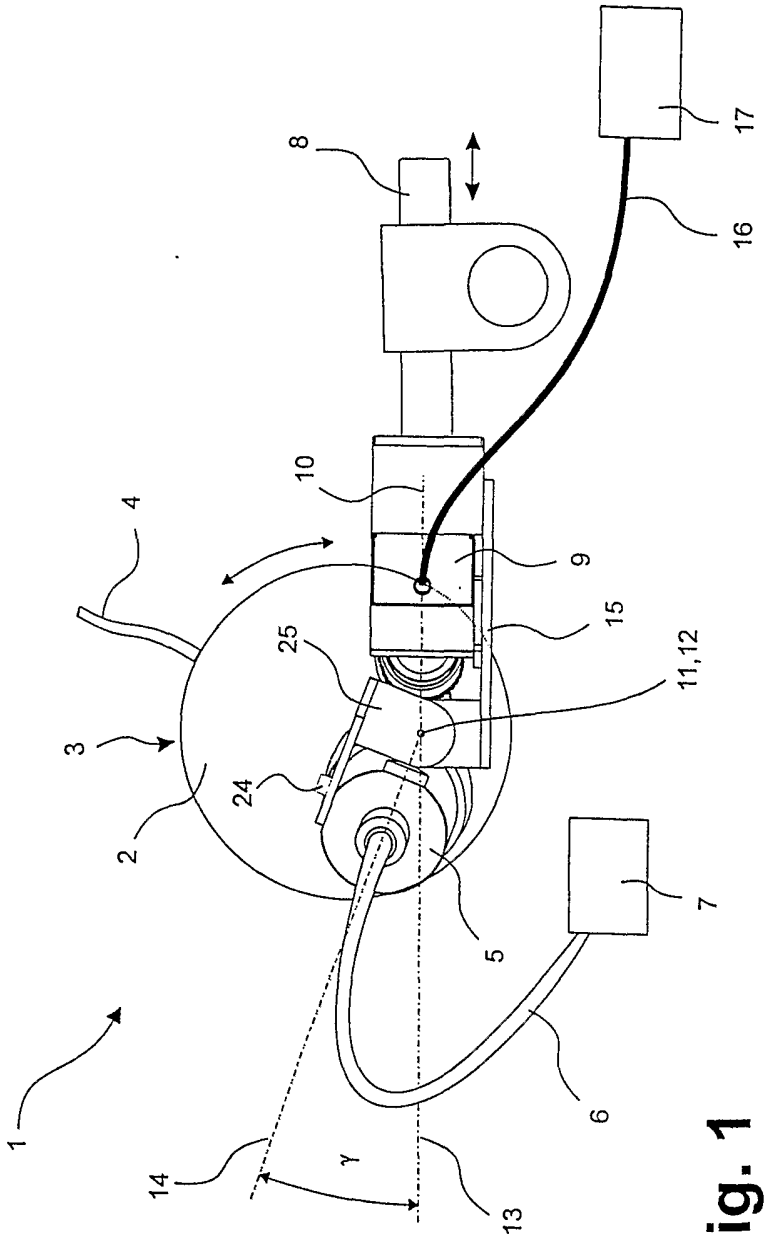


Fig. 1

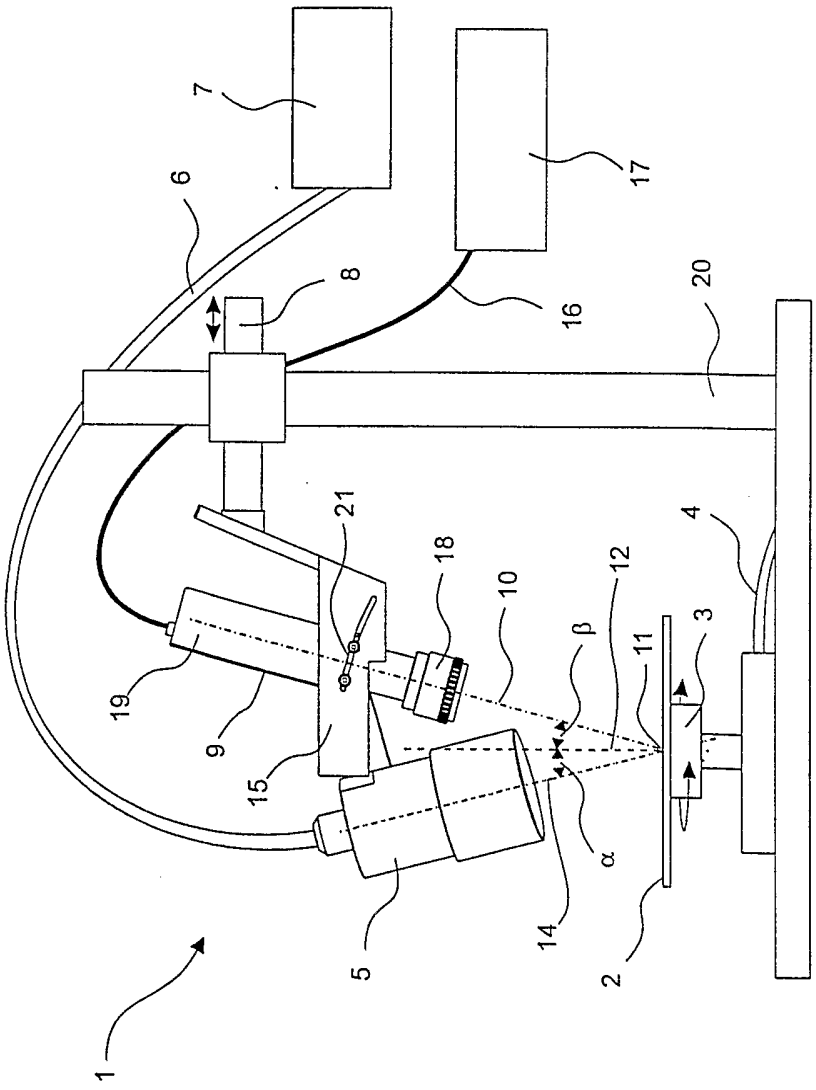


Fig. 2

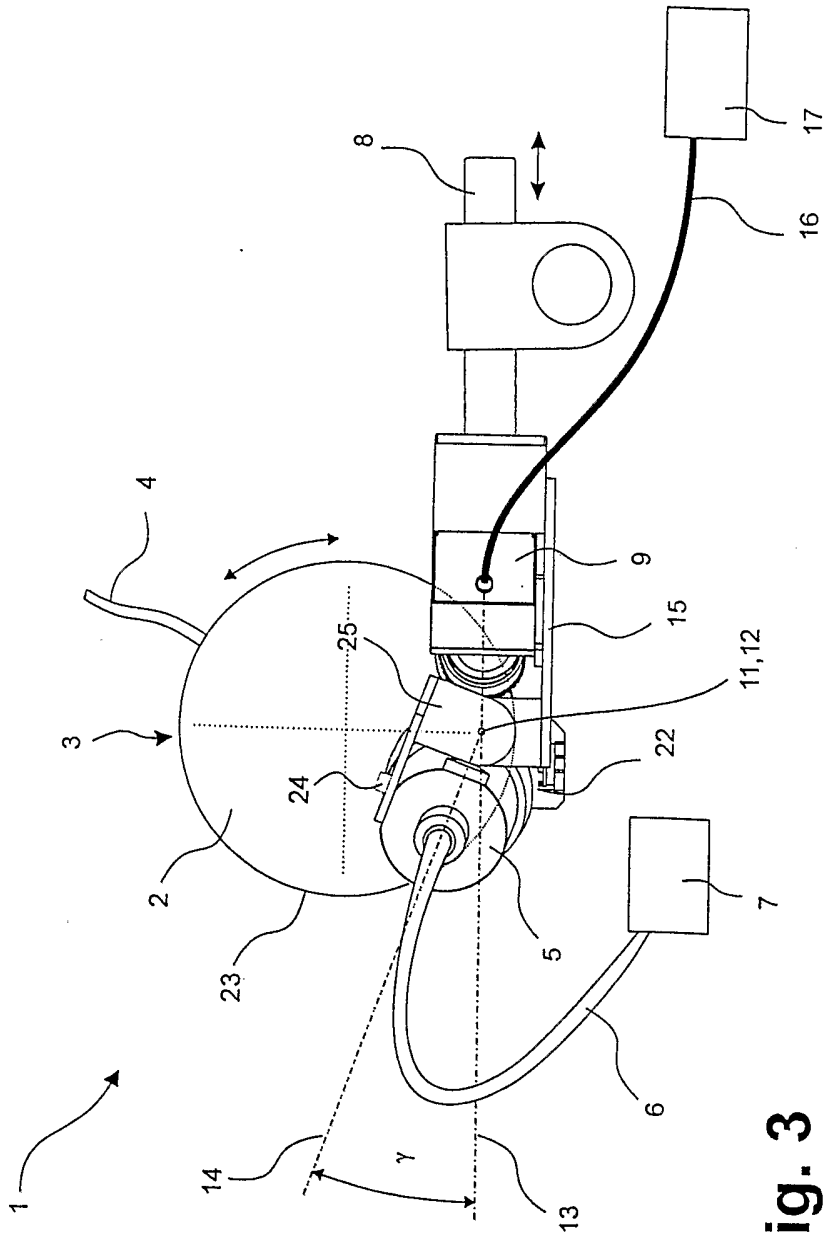


Fig. 3

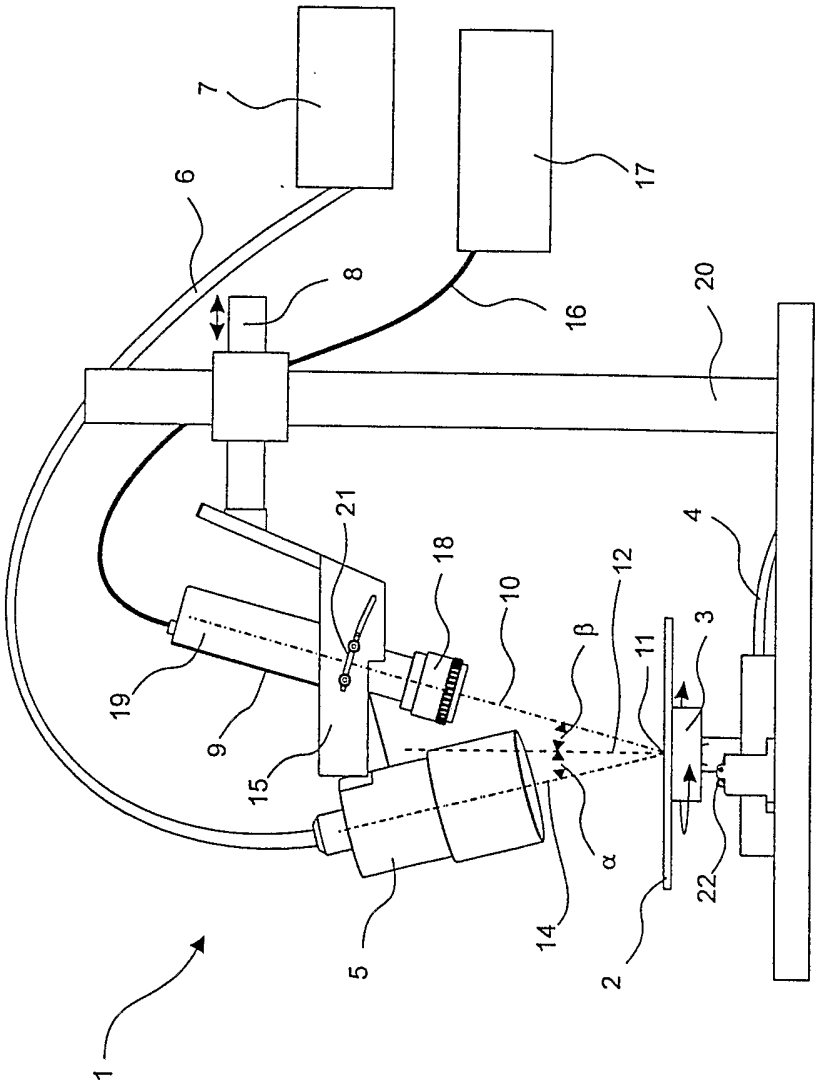
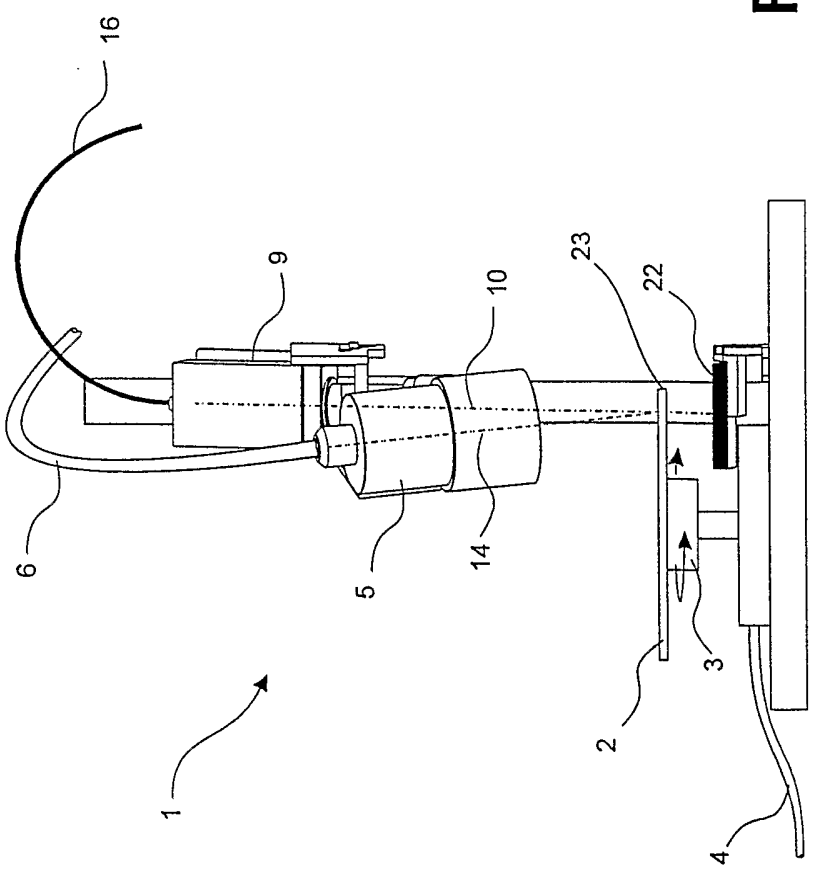


Fig. 4

Fig. 5



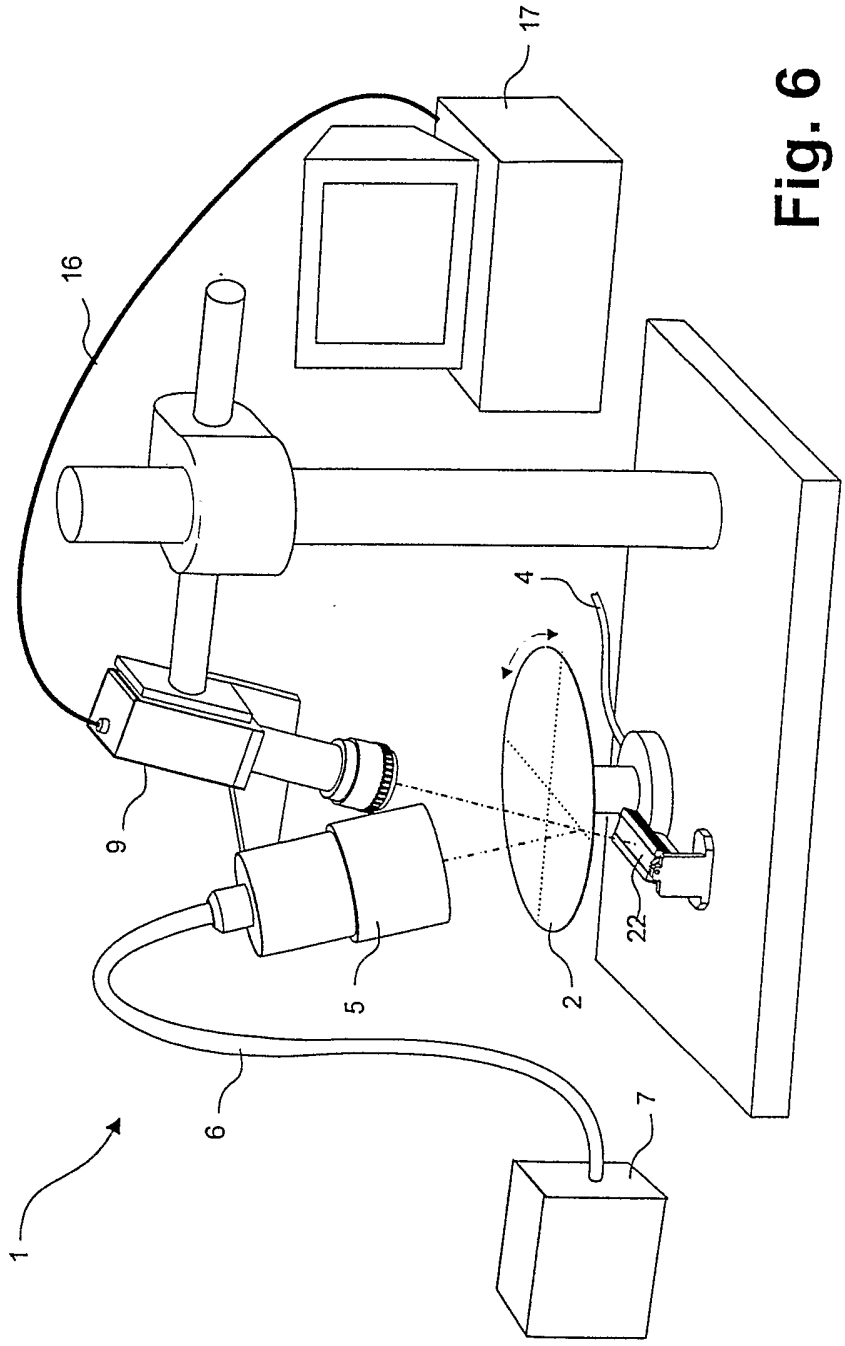


Fig. 6