

(19)



Deutsches
Patent- und Markenamt



(10) **DE 103 59 723 B4** 2014.03.13

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **103 59 723.9**

(22) Anmeldetag: **19.12.2003**

(43) Offenlegungstag: **14.07.2005**

(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **13.03.2014**

(51) Int Cl.: **G01N 21/47 (2006.01)**

H01L 21/66 (2006.01)

G01N 21/88 (2006.01)

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

(73) Patentinhaber:

**Vistec Semiconductor Systems GmbH, 35781,
Weilburg, DE**

(72) Erfinder:

**Kreh, Albert, 35606, Solms, DE; Backhaus,
Henning, 35578, Wetzlar, DE**

(74) Vertreter:

**Reichert, Werner F., Dipl.-Phys.Univ. Dr.rer.nat.,
93047, Regensburg, DE**

(56) Ermittelte Stand der Technik:

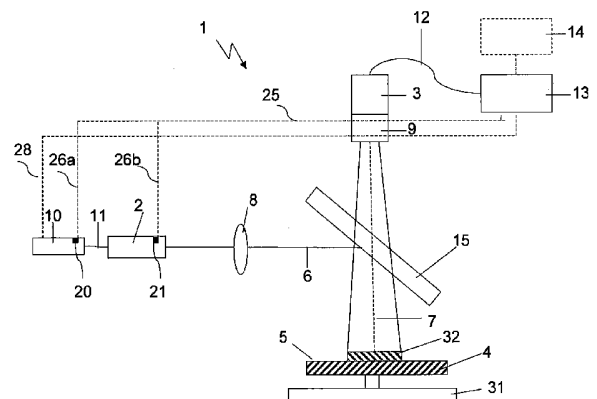
US 6 290 382 B1

US 2002 / 0 088 952 A1

EP 1 174 707 A1

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung und Verfahren zur Inspektion eines Wafers**

(57) Hauptanspruch: Vorrichtung zur Inspektion eines Wafers, mit zumindest einer stroboskopischen Aufsicht-Beleuchtungseinrichtung (2), um einen gepulsten Beleuchtungs-Lichtstrahl (6) auf eine Oberfläche (5) des Wafers (4) abzustrahlen und einen Bereich (32) auf der Oberfläche (5) des Wafers (4) zu beleuchten, und mit zumindest einer Bilderfassungseinrichtung (3), um ein Bild des jeweils beleuchteten Bereichs (32) auf der Oberfläche (5) des Wafers (4) zu erfassen, gekennzeichnet durch zumindest eine Photodetektionseinrichtung (20-22) zum Erfassen von Licht des jeweiligen Beleuchtungs-Lichtstrahls (6) und eine Steuereinrichtung (13), um einen Bilderfassungsvorgang auf der Grundlage des von der Photodetektionseinrichtung (20-22) erfassten Lichts zu steuern, wobei die Steuereinrichtung (13) ausgelegt ist, die Intensität einer vorbestimmten Anzahl von Lichtblitzen des Beleuchtungs-Lichtstrahls (6) zu mitteln und die Datenwerte des von der Bilderfassungseinrichtung (3) erfassten Bildes auf die gemittelte Intensität zu normieren.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Inspektion eines Wafers.

[0002] In der Halbleiterfertigung werden Wafer während des Fertigungsprozesses in einer Vielzahl von Prozessschritten sequenziell bearbeitet. Mit zunehmender Integrationsdichte steigen die Anforderungen an die Qualität von auf dem Wafer auszubildenden Strukturen. Zu diesem Zweck ist es von Vorteil, wenn man die Qualität auch einzelner Prozessschritte, beispielsweise von Lithographieschritten, während des Herstellungsprozesses und noch vor einem nachgeordneten Prozessschritt zuverlässig beurteilen kann. Denn wird bereits nach Ausführung eines Prozessschrittes und noch vor der Beendigung eines Fertigungsprozesses bestimmt, dass ein Wafer oder auf dem Wafer ausgebildete Strukturen fehlerhaft sind, so kann der Wafer unmittelbar ausgesondert werden, ohne dass noch nachgeordnete Prozessschritte ausgeführt werden müssen. Oder der für fehlerhaft befundene Wafer kann gesondert nachbehandelt werden, bis eine zufrieden stellende Qualität erzielt ist. In dieser Weise kann die Effizienz und Ausbeute in der Halbleiterfertigung erhöht werden.

[0003] Zur Inspektion der Oberfläche von Wafern eignen sich insbesondere optische Vorrichtungen. Es sind optische Vorrichtungen bekannt, die durch Bilderkennung verschiedenste Strukturen auf der Oberfläche eines Wafers erkennen können. Hierbei wird der Wafer üblicherweise im Hellfeld beleuchtet und mit einer Kamera (Matrix- oder Zeilenkamera) abgetastet. Bei einem häufig eingesetzten Typ von Wafer-Inspektionsvorrichtung gemäß dem Stand der Technik wird die Oberfläche des Wafers stroboskopisch beleuchtet. Dies ist beispielsweise in der amerikanischen Patentanmeldung US 2002/0088952 A1 offenbart. Ein Bereich auf der Oberfläche des Wafers wird von einem Lichtblitz beleuchtet, ein Bild wird von dem beleuchteten Bereich erfasst und Wafer und Beleuchtungs-Lichtstrahl werden für einen nächsten Bilderfassungsvorgang relativ zueinander verschoben.

[0004] Dabei können sich Intensitätsschwankungen der zur Beleuchtung verwendeten Lichtblitze störend auf die Genauigkeit der Bildauswertung auswirken. So können zur Bildauswertung Schwellenwerte vorgegeben werden, deren Überschreiten erst einen Defekt auf der Oberfläche des Wafers anzeigen soll. Schwankungen der Intensität in der Nähe des Schwellenwertes verschlechtern somit die Genauigkeit der Bildauswertung. Intensitätsschwankungen der zur Beleuchtung verwendeten Lichtblitze sind auch deshalb störend, weil sie eine unpräzise Funktionsweise der Wafer-Inspektionsvorrichtung suggerieren, beispielsweise wenn sequentiell aufgenommene Bilder miteinander verglichen werden.

[0005] Die Erfinder haben beobachtet, dass bei üblichen Blitzlichtquellen, beispielsweise Xe-Blitzlampen, Schwankungen der Intensität von Blitz zu Blitz von etwa 5% oder mehr auftreten können.

[0006] Ferner ist auf dem Gebiet der Beleuchtung und Beleuchtungsoptik zur Inspektion von Gütern in einem Verarbeitungsprozess bekannt, wie stabiles Licht einer Blitzlichtlampe erhalten werden kann. Dies offenbart die amerikanischen Patentschrift US 6,290,382 B1. Hier wird stabiles Licht einer Blitzlichtlampe mit Hilfe eines Feedback-Fotodetektors zur Steuerung der Blitzlichtlampe erhalten.

[0007] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Inspektion eines Wafers mit einer stroboskopischen Beleuchtungseinrichtung bereitzustellen, womit in einfacher und kostengünstiger Weise den Einfluss von Intensitätsschwankungen der zur Beleuchtung verwendeten Lichtblitze auf die Genauigkeit der Bilderfassung verringert werden kann.

[0008] Diese Aufgabe wird gelöst durch eine Vorrichtung nach Anspruch 1 sowie durch ein Verfahren nach Anspruch 10. Weitere vorteilhafte Ausführungsformen sind Gegenstand der rückbezogenen Unteransprüche.

[0009] Gemäß der vorliegenden Erfindung wird eine Vorrichtung zur Inspektion eines Wafers bereitgestellt, mit zumindest einer stroboskopischen Auflicht-Beleuchtungseinrichtung, um einen gepulsten Beleuchtungs-Lichtstrahl mit Lichtblitzen einer vorgegebenen Zeitdauer auf eine Oberfläche des Wafers abzustrahlen und einen Bereich auf der Oberfläche des Wafers mit zumindest einem der Lichtblitze zu beleuchten, und mit zumindest einer Bilderfassungseinrichtung, um ein Bild des jeweils beleuchteten Bereichs auf der Oberfläche des Wafers zu erfassen.

[0010] Die Vorrichtung zeichnet sich erfindungsgemäß dadurch aus, dass zumindest eine Photodetektionseinrichtung zum Erfassen von Licht des jeweiligen Beleuchtungs-Lichtstrahls und eine Steuereinrichtung vorgesehen ist, um einen Bilderfassungsvorgang auf der Grundlage des von der Photodetektionseinrichtung erfassten Lichts zu steuern.

[0011] Erfindungsgemäß wird die Intensität eines oder mehrerer Beleuchtungs-Lichtblitze detektiert und auf der Grundlage einer aus dieser Intensität abgeleiteten Größe die Bilderfassung entweder durch Normieren von erfassten Bilddaten oder durch Ändern der Zeitdauer des oder der zur Beleuchtung verwendeten Lichtblitzes bzw. Lichtblitze gesteuert. Durch diese überraschend einfache Maßnahme kann der Einfluss von Intensitätsschwankungen auf die Genauigkeit der Bilderfassung zumindest gemindert werden, ohne dass hierzu aufwändige schnelle Steu-

er- und Vergleichsschaltungen erforderlich sind, wie dies im Falle einer Steuerung von vergleichsweise hohen Blitzlampen-Strömen der Fall wäre. Somit lässt sich die Genauigkeit bei der Erfassung von Defekten bei der Waferinspektion in vorteilhaft einfacher Weise erhöhen.

[0012] Bei der stroboskopischen Auflicht-Beleuchtungseinrichtung handelt es sich bevorzugt um eine Blitzlichtquelle, beispielsweise eine Xe-Blitzlampe, oder um eine Blitzlichtquellen-Zeilenanordnung. Die Auflicht-Beleuchtungseinrichtung kann im Wesentlichen monochromatisches Licht oder farbiges Licht, insbesondere auch mit einem quasi-kontinuierlichen Spektrum, emittieren, um die Oberfläche des Wafers zu beleuchten.

[0013] Eine vorteilhaft einfache Vorrichtung lässt sich dadurch realisieren, dass die Photodetektionseinrichtung unmittelbar in der Auflicht-Beleuchtungseinrichtung vorgesehen ist, da so aufwändige optische Elemente zur Abbildung eines Teils des zur Beleuchtung verwendeten Lichts nicht benötigt werden. Beispielsweise kann die Photodetektionseinrichtung in einem Gehäuse der Auflicht-Beleuchtungseinrichtung, beispielsweise in dem oder in unmittelbarer Nähe zu dem Reflektor einer Blitzlampe, vorgesehen sein. Oder die Photodetektionseinrichtung kann in bzw. an einem Glasfaser-Leuchtfeld vorgesehen sein, beispielsweise an oder in unmittelbarer Nähe zu einer in dem Glasfaser-Leuchtfeld vorgesehenen Mattscheibe, die zur Homogenisierung des Beleuchtungs-Lichtstrahls verwendet wird.

[0014] Gemäß einer weiteren Ausführungsform kann ein Strahlteilmittel in einem Strahlengang des Beleuchtungs-Lichtstrahls zwischen der Auflicht-Beleuchtungseinrichtung und der Oberfläche des Wafers vorgesehen sein und kann die Photodetektoreinrichtung so angeordnet sein, um Licht, das von dem Strahlteilmittel von dem jeweiligen Beleuchtungs-Lichtstrahl abgeteilt wird, zu detektieren. Auf diese Weise repräsentiert die von der Intensität des Beleuchtungs-Lichtstrahls abgeleitete Größe noch exakter die tatsächliche Intensität des Beleuchtungs-Lichtstrahls. Diese Größe kann zur Steuerung der Bilderfassung verwendet werden.

[0015] In einer Hellfeld-Anordnung führen Intensitäts-Schwankungen der Lichtblitze des Beleuchtungs-Lichtstrahls bekanntlich zu einer besonders starken Beeinflussung der Bilderfassung und -auswertung. Bevorzugt ist deshalb die Bilderfassungseinrichtung in einer Hellfeld-Anordnung angeordnet.

[0016] Gemäß einer ersten Ausführungsform ist die Steuereinrichtung ausgelegt, um Datenwerte des von der Bilderfassungseinrichtung erfassten Bildes des beleuchteten Bereichs auf die Intensität von zumindest einem von der Photodetektionseinrichtung er-

fassten Lichtblitz zu normieren. Die Normierung kann durch geeignete Division oder Multiplikation der erfassten Bilddaten-Werte mit einer Größe bewerkstelligt werden, die von dem von der zumindest einen Photodetektionseinrichtung erfassten Licht des Beleuchtungs-Lichtstrahls abgeleitet wird.

[0017] Dabei kann über die Intensität einer vorbestimmten Anzahl von Lichtblitzen gemittelt werden und können die Datenwerte des von der Bilderfassungseinrichtung erfassten Bildes des beleuchteten Bereichs auf die gemittelte Intensität normiert werden.

[0018] Gemäß einer weiteren Ausführungsform kann die Steuereinrichtung ausgelegt sein, um die Zeitdauer der Lichtblitze, die von der jeweiligen Auflicht-Beleuchtungseinrichtung abgestrahlt werden, in Abhängigkeit von der Photodetektionseinrichtung erfassten Intensität zu steuern. Somit wird durch eine Änderung der Zeitdauer der Lichtblitze die insgesamt zur Beleuchtung des Bereichs auf der Waferoberfläche aufgestrahlte Lichtenergie vergleichmässigt.

[0019] Dabei kann die Steuereinrichtung ausreichend schnell ausgelegt sein, um die Zeitdauer des jeweiligen Lichtblitzes in Abhängigkeit von der von der Photodetektionseinrichtung erfassten Intensität des jeweiligen aktuellen Lichtblitzes zu steuern. Diese Ausführungsform steuert somit die Zeitdauer der Lichtblitze von Lichtblitz zu Lichtblitz.

[0020] Zweckmäßig detektiert die zumindest eine Photodetektionseinrichtung das Licht der jeweiligen Auflicht-Beleuchtungseinrichtung nicht spektral aufgelöst, weil sich so eine besonders günstige und einfache Wafer-Inspektionsvorrichtung bereitstellen lässt. Die vorliegende Erfindung ist jedoch nicht darauf beschränkt. Grundsätzlich kann die Photodetektionseinrichtung das Licht der jeweiligen Auflicht-Beleuchtungseinrichtung auch spektral aufgelöst detektieren und die Zeitdauer des jeweiligen von der Auflicht-Beleuchtungseinrichtung erzeugten Lichtblitzes auf der Grundlage der spektral aufgelösten Intensität des Lichtblitzes zu steuern. Bevorzugt werden zu diesem Zweck die Bilddaten des von der Bilderfassungseinrichtung spektral aufgelöst erfassten Bildes von der Oberfläche des Wafers auf die jeweilige spektrale Intensität des Lichtblitzes normiert, um so Intensitätsschwankungen spektral aufgelöst zu kompensieren.

[0021] Gemäß einem weiteren Gesichtspunkt der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren zur Inspektion eines Wafers bereitgestellt, mit den folgenden Schritten: Abstrahlen von zumindest einem Beleuchtungs-Lichtstrahl mit Lichtblitzen einer vorgegebenen Zeitdauer auf eine Oberfläche des Wafers und Beleuchten eines jeweiligen Bereichs; Erfassen eines Bildes des jeweils beleuchteten Bereichs auf der Oberfläche des Wafers, bei welchem Verfahren Licht

des jeweiligen Beleuchtungs-Lichtstrahls von einer Photodetektionseinrichtung detektiert wird und der Schritt des Erfassens des Bildes auf der Grundlage des von der Photodetektionseinrichtung erfassten Lichts gesteuert wird.

[0022] Nachfolgend wird die Erfindung in beispielhafter Weise und unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen beschrieben werden, woraus sich weitere Merkmale, Vorteile und zu lösenden Aufgaben ergeben werden. Es zeigen:

[0023] Fig. 1 in einer schematischen Ansicht eine Wafer-Inspektionsvorrichtung gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0024] Fig. 2 in einer schematischen Ansicht eine Wafer-Inspektionsvorrichtung gemäß einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0025] Fig. 3 in einer schematischen Ansicht eine Wafer-Inspektionsvorrichtung gemäß einer dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung; und

[0026] Fig. 4 in einer schematischen Ansicht eine Wafer-Inspektionsvorrichtung gemäß einer vierten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0027] In den Figuren bezeichnen identische Bezugszeichen identische oder im Wesentlichen gleich wirkende Elemente oder Elementgruppen.

[0028] Gemäß der Fig. 1 umfasst die Wafer-Inspektionsvorrichtung 1 eine Aufsicht-Beleuchtungseinrichtung 2 und eine als Bilderfassungseinrichtung dienende Kamera 3, beispielsweise eine Zeilen- bzw. CCD-Kamera. Die Aufsicht-Beleuchtungseinrichtung 2 strahlt einen Beleuchtungs-Lichtstrahl 6 ab, der mittels einer schematisch dargestellten Linse 8 oder eines Objektivs von der Vorderseite des teildurchlässigen Spiegels 15 auf die Oberfläche 5 des Wafers 4 reflektiert wird, um dort den Bereich 32 zu beleuchten, der nur aus Gründen der Übersichtlichkeit als erhalten dargestellt ist und der einen oder mehrere Dies auf der Oberfläche 5 des Wafers 4 umfassen kann. Gemäß der Fig. 1 fällt der Beleuchtungs-Lichtstrahl 6 im Wesentlichen senkrecht auf die Oberfläche 5 des Wafers 4 ein.

[0029] Das von dem beleuchteten Bereich 32 auf der Oberfläche 5 des Wafers 4 reflektierte Licht passiert den teildurchlässigen Spiegel 15 und wird mithilfe eines Objektivs 9 oder einer Linse auf die Kamera 3 abgebildet. Die Kamera 3 legt eine Abbildungsachse 7 fest, die bei dem dargestellten Beispiel senkrecht zur Oberfläche 5 des Wafers 4 ist und vor dem teildurchlässigen Spiegel 15 mit dem Strahlengang des Beleuchtungs-Lichtstrahls 6 zusammenfällt. Die Abbildungsachse 7 und der Beleuchtungs-Lichtstrahl 6 spannen eine Ebene auf, die in dem dargestellten

Beispiel mit der Zeichenebene zusammenfällt und in welcher die Aufsicht-Beleuchtungseinrichtung 2 und die Kamera 3 liegen. Gemäß der Fig. 1 ist die Kamera 3 in einer Hellfeld-Anordnung angeordnet, in welcher das von dem beleuchteten Bereich 32 reflektierte Licht in die Kamera 3 abgebildet wird. Grundsätzlich kann die Kamera 3 jedoch auch in einer Dunkelfeld-Anordnung angeordnet sein, beispielsweise durch Verschwenken der Kamera 3 weg von der Normalen auf die Oberfläche 5 des Wafers 4, so dass nur Streulicht oder von der Oberfläche 5 des Wafers 4 gebeugtes Licht in die Kamera 3 abgebildet wird.

[0030] Der Wafer 4 ist auf einer Wafer-Aufnahmevorrichtung 31 gehalten, beispielsweise auf einer Vakuum-Spannvorrichtung (chuck). Der Wafer 4 kann von der Wafer-Aufnahmevorrichtung 31 beweglich gehalten sein, beispielsweise drehbeweglich oder in zwei zueinander orthogonale Raumrichtungen verschiebbar, von denen die eine in der Fig. 1 in der Zeichenebene liegt und die andere senkrecht zu dieser steht.

[0031] Gemäß der Fig. 1 ist die Kamera 3 über eine Datenleitung 12 mit einem als Datenausleseeinrichtung dienenden Computer 13 verbunden, welche die erfassten Bilddaten ausliest und auswertet oder zwischenspeichert, etwa für eine spätere Bildauswertung. Die Datenausleseeinrichtung 13 ist bevorzugt ein Computer mit einer Framegrabber-Karte, um die Zeilen einer Zeilen- oder CCD-Kamera 3 periodisch oder getaktet auszulesen, beispielsweise synchron zur Auslösung eines zur Beleuchtung des beleuchteten Bereichs 32 verwendeten Blitzlichts und/oder synchron zu einer räumlichen Verstellung des Wafers 4 mittels der Wafer-Aufnahmevorrichtung 31 in Bezug auf den Beleuchtungs-Lichtstrahl 6 und die Abbildungsachse 7, was nachfolgend noch ausführlicher beschrieben werden wird.

[0032] Eine Lichtquelle (nicht dargestellt) kann unmittelbar in der Aufsicht-Beleuchtungseinrichtung 2 vorgesehen sein. Wie jedoch in der Fig. 1 schematisch gezeigt, kann der Aufsicht-Beleuchtungseinrichtung 2 auch eine externe Lichtquelle 10 zugeordnet sein, deren Licht in einen oder mehrere Lichtleiter 11 eingekoppelt und in die Aufsicht-Beleuchtungseinrichtung 2 eingekoppelt wird. Bei einer solchen Ausführungsform kann die Aufsichtbeleuchtungseinrichtung 2 auch als Glasfaser-Leuchtfeld ausgebildet sein, um einen aufgeweiteten und vergleichsweise homogenen Beleuchtungs-Lichtstrahl 6 abzustrahlen.

[0033] Als Lichtquelle 10 kann eine monochromatische oder polychromatische Lichtquelle verwendet werden. Als monochromatische Lichtquelle eignen sich insbesondere gepulst betriebene LEDs oder LED-Zeilenanordnungen. Als polychromatische Lichtquellen eignen sich insbesondere Blitzlichtlampen, beispielsweise Xe-Blitzlampen, Weißlicht-LEDs

und dergleichen. Die Lichtquelle **11** wird bevorzugt getaktet betrieben, beispielsweise synchron zu einer Bilderfassung durch die Kamera **3** und/oder zu einer Verstellung des Wafers **4** mittels der Wafer-Aufnahmevorrichtung **31** in Bezug auf den Beleuchtungs-Lichtstrahl **6** und die Abbildungsachse **7**, was nachfolgend noch ausführlicher beschrieben werden wird.

[0034] Gemäß der **Fig. 1** sind aus Gründen der Übersichtlichkeit zwei mögliche Varianten gemeinsam in ein und derselben Figur dargestellt, um dem Beleuchtungs-Lichtstrahl **6** einen Photodetektor **20** bzw. **21** zuzuordnen, um eine Intensität des Beleuchtungs-Lichtstrahls **6** zu detektieren. Gemäß einer ersten Variante ist der Photodetektor **20** unmittelbar in der Lichtquelle **10** angeordnet, um die Intensität des Beleuchtungs-Lichts direkt in der Lichtquelle **10** zu detektieren. Der Photodetektor **20** kann beispielsweise in einen Reflektor eines Blitzlampengehäuses der Lichtquelle **20** integriert sein. Eine solche Anordnung des Photodetektors **20** ermöglicht jedoch nicht die Berücksichtigung von zeitlich und/oder räumlich variierenden Verlusten beim Einkoppeln und/oder Auskoppeln von Beleuchtungs-Licht in den und/oder aus dem Lichtleiter **11** bzw. Lichtleiterbündel **11**.

[0035] Gemäß einer zweiten Variante ist der Photodetektor **21** in der Auflicht-Beleuchtungseinrichtung **2** vorgesehen. Wenn beispielsweise die Auflicht-Beleuchtungseinrichtung als Glasfaser-Leuchtfeld mit einer zugeordneten Mattscheibe zum Homogenisieren des Beleuchtungs-Lichtstrahls **6** ausgebildet ist, kann der Photodetektor **21** in bzw. an dem Glasfaser-Leuchtfeld angeordnet sein. Selbstverständlich können die beiden vorstehenden Varianten auch miteinander kombiniert werden.

[0036] Gemäß der **Fig. 1** ist der Photodetektor **20** bzw. **21** über die Signalleitung **26a** bzw. **26b** und die Signalleitung **25** mit einem weiteren Signaleingang der Datenausleseeinrichtung **13** verbunden. Die Signale der Photodetektoren **20**, **21** können analog oder digital an die Datenausleseeinrichtung **13** übermittelt werden.

[0037] Auf der Grundlage der so an die Datenausleseeinrichtung **13** übermittelten Signale des Photodetektors **20** bzw. **21** wird eine Größe, welche ein Maß für die Intensität des Beleuchtungs-Lichtstrahls **6** darstellt, ermittelt. Diese Größe wird erfindungsgemäß zur Steuerung der Bilderfassung mit Hilfe des gemäß der **Fig. 1** gleichzeitig auch als Steuereinrichtung dienenden Computers **13** verwendet, was nachfolgend noch ausführlicher beschrieben werden wird.

[0038] Gemäß einer ersten Ausführungsform einer Betriebsweise zum Steuern der Bilderfassung der Kamera **3** ermittelt der Computer **13** die Intensität der Blitzlichtimpulse der Auflicht-Beleuchtungseinrichtung **2** auf der Grundlage des von dem Photode-

tektor **20** bzw. **21** detektierten Signals. Hierzu kann das Signal für einen einzelnen Lichtblitz ausgewertet werden, beispielsweise mittels einer Torsteuerschaltung oder einer Integrationsschaltung, welche das Signal des Photodetektors **20** bzw. **21** über die zeitliche Dauer eines einzelnen Lichtblitzes aufintegriert. Oder das Signal kann für eine vorgebbare Anzahl von Lichtblitzen ausgewertet werden, beispielsweise über die vorgegebene Anzahl von Lichtblitzen aufintegriert oder gemittelt werden. Die so ermittelte Größe stellt ein Maß für die aktuelle Intensität des Beleuchtungs-Lichtstrahls **6** dar und wird dazu verwendet, um die Bilddaten des von der Kamera **3** erfassten Bildes zu normieren, beispielsweise durch Division der erfassten Bilddaten mit der so ermittelten Größe. Auf diese Weise unterliegen die Bilddaten der Kamera **3** im Wesentlichen nicht mehr dem Einfluss von Intensitätsschwankungen der Lichtblitze des Beleuchtungs-Lichtstrahls **6**.

[0039] Gemäß der **Fig. 1** ist der gleichzeitig auch als Steuereinrichtung dienende Computer **13** über eine Steuerleitung **28** mit der Lichtquelle **10** verbunden. Gemäß dieser zweiten Ausführungsform einer Betriebsweise zum Steuern der Bilderfassung der Kamera **3** ermittelt der Computer **13** die Intensität der Blitzlichtimpulse der Auflicht-Beleuchtungseinrichtung **2** auf der Grundlage des von dem Photodetektor **20** bzw. **21** detektierten Signals, wie vorstehend ausgeführt. Aus der so ermittelten Größe, die ein Maß für die Intensität des Beleuchtungs-Lichtstrahls **6** darstellt, wird von der Steuereinrichtung **13** eine Steuergröße ermittelt, die zum Steuern der Lichtquelle **10** verwendet wird. Auf der Grundlage der so ermittelten Steuergröße wird bei dieser Ausführungsform die Zeitdauer der zur Beleuchtung verwendeten Lichtblitze so gesteuert, um Intensitätsschwankungen der Lichtblitze des Beleuchtungs-Lichtstrahls zu kompensieren. Die Steuerung steuert bevorzugt die Zeitdauer eines aktuellen Lichtblitzes auf der Grundlage einer von der Intensität des aktuellen Lichtblitzes abgeleiteten Größe. Grundsätzlich kann die Zeitdauer des aktuellen Lichtblitzes jedoch auch auf der Grundlage einer von der Intensität eines oder mehrerer vorheriger Lichtblitze abgeleiteten Größe gesteuert werden, etwa für den Fall, dass nur vergleichsweise niederfrequente Intensitätsschwankungen für die Lichtquelle **10** bzw. die Auflicht-Beleuchtungseinrichtung **2** zu erwarten sind. Auf diese Weise unterliegen die Bilddaten der Kamera **3** im Wesentlichen nicht mehr dem Einfluss von Intensitätsschwankungen der Lichtblitze des Beleuchtungs-Lichtstrahls **6**.

[0040] Wenngleich in der **Fig. 1** ein Computer als Steuereinrichtung dargestellt ist, kann erfindungsgemäß eine beliebige andere Steuereinrichtung eingesetzt werden, um die Zeitdauer der Lichtblitze zu steuern. Eine solche Steuereinrichtung kann grundsätzlich auch in oder an der Lichtquelle oder Auflicht-Beleuchtungseinrichtung angeordnet sein, so dass

die in der **Fig. 1** dargestellte Signalleitung **25** bzw. Steuerleitung **28** auch weggelassen werden kann.

[0041] Die **Fig. 2** zeigt eine zweite Ausführungsform einer Wafer-Inspektionsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung. Gemäß der **Fig. 2** wird der von dem teildurchlässigen Spiegel **15** bzw. dem Strahlteiler transmittierte Teilstrahl **16** des Beleuchtungs-Lichtstrahls **6** mittels einer Linse **17** auf einen Photodetektor **22** abgebildet, dessen Ausgangssignal ein Maß für die Intensität des transmittierten Lichtstrahls **16** darstellt. Gemäß der **Fig. 2** ist der Photodetektor **22** über die Signalleitung **25** mit der Datenausleseeinrichtung **13** verbunden, die gemäß dieser Ausführungsform gleichzeitig als Steuereinrichtung zum Steuern der Bilderfassung der Kamera **3** dient. Gemäß der zweiten Ausführungsform wird die Bilderfassung der Kamera **3** in der vorstehend beschriebenen Weise entweder durch Normieren der Bilddaten der Kamera **3** oder durch Steuern der Zeitdauer der Lichtblitze der Lichtquelle **10** über die Steuerleitung **28** gesteuert.

[0042] Wie der Fachmann ohne weiteres erkennen wird, kann gemäß der **Fig. 2** die Linse **17** vor dem Photodetektor **22** auch weggelassen werden oder kann der Photodetektor auch Licht detektieren, das auf eine Referenzfläche, beispielsweise einen Abschnitt desselben Wafers oder eines anderen Referenz-Wafers, einfällt und von dieser in den Photodetektor **22** reflektiert oder gestreut wird.

[0043] Die **Fig. 3** zeigt eine dritte Ausführungsform einer Wafer-Inspektionsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung. Gemäß der **Fig. 3** ist die Auflicht-Beleuchtungseinrichtung **2** vertikal über dem Wafer **4** angeordnet und wird der Beleuchtungs-Lichtstrahl **6** von dem teildurchlässigen Spiegel **15** transmittiert, um auf die Oberfläche **5** des Wafers **4** einzufallen. Das in dem beleuchteten Bereich **32** reflektierte Licht des Beleuchtungs-Lichtstrahls **6** wird an der Vorderseite des teildurchlässigen Spiegels **15** auf die Kamera **3** reflektiert.

[0044] Gemäß der **Fig. 3** wird ein Teil des Beleuchtungs-Lichtstrahls **6** an der Rückseite des teildurchlässigen Spiegels **15** reflektiert und über die Linse **17** auf den Photodetektor **22** abgebildet, der über die Signalleitung **25** mit dem gleichzeitig als Steuereinrichtung dienenden Computer **13** in Verbindung steht. Gemäß der dritten Ausführungsform wird die Bilderfassung der Kamera **3** in der vorstehend beschriebenen Weise entweder durch Normieren der Bilddaten der Kamera **3** oder durch Steuern der Zeitdauer der Lichtblitze der Lichtquelle **10** über die Steuerleitung **28** gesteuert.

[0045] Die **Fig. 4** zeigt eine vierte Ausführungsform einer Wafer-Inspektionsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung. Gemäß der **Fig. 4** fällt der Be-

leuchtungs-Lichtstrahl **6** unter einem Einfallswinkel α auf die Oberfläche **5** des Wafers **4** ein. Das reflektierte Licht wird von dem beleuchteten Bereich **32** unter einem Winkel β relativ zu der Normalen **18** auf die Oberfläche **5** des Wafers **4** reflektiert und in die Kamera **3** abgebildet.

[0046] Gemäß der **Fig. 4** ist in dem Strahlengang des Beleuchtungs-Lichtstrahls **6** ein Strahlteiler **15**, beispielsweise eine einfache Glasplatte oder ein Glaskeil, vorgesehen, der einen Teil **16** des Beleuchtungs-Lichtstrahls **6** auf den Photodetektor **22** abbildet, der über die Signalleitung **25** mit dem gleichzeitig als Steuereinrichtung dienenden Computer **13** in Verbindung steht. Gemäß der vierten Ausführungsform wird die Bilderfassung der Kamera **3** in der vorstehend beschriebenen Weise entweder durch Normieren der Bilddaten der Kamera **3** oder durch Steuern der Zeitdauer der Lichtblitze der Lichtquelle **10** über die Steuerleitung **28** gesteuert.

[0047] Zur Inspektion der Oberfläche des Wafers wird der Wafer zunächst von der Wafer-Aufnahmevorrichtung aufgenommen. Dies erfolgt bevorzugt unter einer vorbestimmten Orientierung zu der Wafer-Inspektionsvorrichtung. Zur Ausrichtung des Wafers kann ein Wafer-Aligner oder eine vergleichbare Vorrichtung verwendet werden, die sich zur Ausrichtung an einer Markierung oder einem Wafer-Notch orientieren kann.

[0048] Anschließend wird ein Teilbereich des Wafers, der grundsätzlich auch einen einzelnen Die enthalten kann, der erfindungsgemäß aber bevorzugt mehrere Dies enthält, mit einem Lichtblitz beleuchtet. Das von der Waferoberfläche reflektierte Licht wird dann von der Bilderfassungseinrichtung erfasst und einer Bildauswertung zugeführt. Anschließend werden Wafer und Beleuchtungs-Lichtstrahl relativ zueinander bewegt, beispielsweise durch Drehen des Wafers und/oder durch inkrementelles Verschieben des Wafers oder des Beleuchtungs-Lichtstrahls. Anschließend wird ein weiteres Bild von der Waferoberfläche erfasst. Auf diese Weise wird schließlich die gesamte zu untersuchende Oberfläche des Wafers abgetastet.

[0049] Wie dem Fachmann beim Studium der vorstehenden Beschreibung ohne weiteres ersichtlich sein wird, kann der Einfallswinkel, unter dem der Beleuchtungs-Lichtstrahl auf die Oberfläche des Wafers einfällt, ohne weiteres variiert werden. Zu diesem Zweck kann der Auflicht-Beleuchtungseinrichtung und/oder der Bilderfassungseinrichtung eine Winkel-Verstelleinrichtung zum Verstellen des Einfallswinkels und/oder des Ausfallswinkels zugeordnet sein. Grundsätzlich ist von der vorliegenden Erfindung auch angedacht, die Bilderfassungseinrichtung in einer Dunkelfeld-Anordnung anzuordnen. Grundsätzlich ist von der vorliegenden Erfindung auch an-

gedacht, die Intensität des Beleuchtungs-Lichtstrahls spektral aufgelöst zu erfassen. Die so spektral aufgelösten Intensitätswerte können dazu verwendet werden, um die von der Bilderfassungseinrichtung spektral aufgelöst erfassten Bilddaten von der Oberfläche des Wafers spektral aufgelöst auf die jeweiligen Intensitätswerte zu normieren.

Bezugszeichenliste

1	Waferinspektionsvorrichtung
2	Auflicht-Beleuchtungseinrichtung
3	Bilderfassungseinrichtung/Kamera
4	Wafer
5	Oberfläche des Wafers
6	Beleuchtungs-Lichtstrahl
7	Abbildungsachse
8	Linse/Objektiv
9	Objektiv
10	Lichtquelle
11	Lichtleiterbündel
12	Datenleitung
13	Datenausleseeinrichtung
14	Monitor
15	Strahlleiterspiegel
16	abgeteilter Beleuchtungs-Lichtstrahl
17	Linse
18	Normale auf der Oberfläche 5 des Wafers 4
20	Photodetektor
21	Photodetektor
22	Photodetektor
25	Signalleitung
26a, 26b	Signalleitung
28	Steuerleitung
31	Wafer-Aufnahmevorrichtung
32	beleuchteter Bereich

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Inspektion eines Wafers, mit zumindest einer stroboskopischen Auflicht-Beleuchtungseinrichtung (2), um einen gepulsten Beleuchtungs-Lichtstrahl (6) auf eine Oberfläche (5) des Wafers (4) abzustrahlen und einen Bereich (32) auf der Oberfläche (5) des Wafers (4) zu beleuchten, und mit zumindest einer Bilderfassungseinrichtung (3), um ein Bild des jeweils beleuchteten Bereichs (32) auf der Oberfläche (5) des Wafers (4) zu erfassen, gekennzeichnet durch zumindest eine Photodetektionseinrichtung (20–22) zum Erfassen von Licht des jeweiligen Beleuchtungs-Lichtstrahls (6) und eine Steuereinrichtung (13), um einen Bilderfassungsvorgang auf der Grundlage des von der Photodetektionseinrichtung (20–22) erfassten Lichts zu steuern, wobei die Steuereinrichtung (13) ausgelegt ist, die Intensität einer vorbestimmten Anzahl von Lichtblitzen des Beleuchtungs-Lichtstrahls (6) zu mitteln und die Datenwerte des von der Bilderfassungseinrichtung (3)

erfassten Bildes auf die gemittelte Intensität zu normieren.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, bei der die Auflicht-Beleuchtungseinrichtung (10) eine Blitzlichtquelle oder eine Blitzlichtquellen-Zeilenanordnung umfasst.

3. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der die Photodetektionseinrichtung (20–22) in der Auflicht-Beleuchtungseinrichtung (2, 10) vorgesehen ist.

4. Vorrichtung nach Anspruch 3, bei der die Photodetektionseinrichtung (20, 21) in einem Gehäuse (10) der Auflicht-Beleuchtungseinrichtung oder in bzw. an einem Glasfaser-Leuchtfeld (2) vorgesehen ist.

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 oder 2, bei der ein Strahlteilmittel (15) in einem Strahlengang des Beleuchtungs-Lichtstrahls (6) zwischen der Auflicht-Beleuchtungseinrichtung (2) und der Oberfläche (5) des Wafers (4) vorgesehen ist und die Photodetektionseinrichtung (22) so angeordnet ist, um Licht (16), das durch das Strahlteilmittel (15) von dem jeweiligen Beleuchtungs-Lichtstrahl (6) abgeteilt wird, zu detektieren.

6. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der die Bilderfassungseinrichtung (3) in einer Hellfeld-Anordnung angeordnet ist.

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, bei der die Steuereinrichtung (13) ausgelegt ist, um die Zeitdauer von Lichtblitzen, die von der jeweiligen Auflicht-Beleuchtungseinrichtung (2) abgestrahlt werden, in Abhängigkeit von der von der Photodetektionseinrichtung (20–22) erfassten Intensität zu steuern.

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, bei der die Steuereinrichtung (13) ausgelegt ist, um die Zeitdauer des jeweiligen Lichtblitzes, der von der jeweiligen Auflicht-Beleuchtungseinrichtung (2) abgestrahlt wird, in Abhängigkeit von der von der Photodetektionseinrichtung (20–22) erfassten Intensität des jeweiligen Lichtblitzes zu steuern.

9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 oder 8, welche so ausgelegt ist, dass die Photodetektionseinrichtung (20–22) das Licht des jeweiligen Beleuchtungs-Lichtstrahls (6) der jeweiligen Auflicht-Beleuchtungseinrichtung (2) spektral aufgelöst detektiert und dass von der Bilderfassungseinrichtung (3) spektral aufgelöst detektierte Bilddaten auf die jeweilige spektrale Intensität des jeweiligen Beleuchtungs-Lichtstrahls (6) normiert werden.

10. Verfahren zur Inspektion eines Wafers, mit den folgenden Schritten:

Abstrahlen von zumindest einem gepulsten Beleuchtungs-Lichtstrahl (6) auf eine Oberfläche (5) des Wafers (4) und Beleuchten eines jeweiligen Bereichs (32) auf der Oberfläche (5) des Wafers (4);

Erfassen eines Bildes des jeweils beleuchteten Bereichs (32) auf der Oberfläche (5) des Wafers (4), bei welchem Verfahren

Licht des jeweiligen Beleuchtungs-Lichtstrahls (6) von einer Photodetektionseinrichtung (20-22) detektiert wird;

der Schritt des Erfassens des Bildes auf der Grundlage des von der Photodetektionseinrichtung (20-22) erfassten Lichts gesteuert wird;

bei dem die Intensität einer vorbestimmten Anzahl von Lichtblitzen des Beleuchtungs-Lichtstrahls (6) gemittelt wird; und

die Datenwerte des erfassten Bildes auf die gemittelte Intensität normiert werden.

tral aufgelöst detektierte Bilddaten auf die jeweilige spektrale Intensität des jeweiligen Beleuchtungs-Lichtstrahls (6) normiert werden.

Es folgen 4 Seiten Zeichnungen

11. Verfahren nach Anspruch 11, bei dem das Licht des jeweiligen Beleuchtungs-Lichtstrahls (6) in einem Gehäuse (10) der Auflicht-Beleuchtungseinrichtung oder in bzw. an einem Glasfaser-Leuchtfeld (2) detektiert wird.

12. Verfahren nach Anspruch 11, bei dem ein Strahlteilmittel (15), das in einem Strahlengang des jeweiligen Beleuchtungs-Lichtstrahls (6) zwischen der Auflicht-Beleuchtungseinrichtung (2) und der Oberfläche (5) des Wafers (4) angeordnet ist, Licht von dem jeweiligen Beleuchtungs-Lichtstrahl (6) abteilt und das abgeteilte Licht detektiert wird, wobei der Schritt des Erfassens des Bildes auf der Grundlage einer Intensität des abgeteilten Lichts gesteuert wird.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 13, bei dem das Bild des beleuchteten Bereichs (32) auf der Oberfläche (5) des Wafers (4) in einer Hellfeld-Anordnung erfasst wird.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 14, bei dem Datenwerte des erfassten Bildes auf die Intensität von zumindest einem Lichtblitz normiert werden.

15. Verfahren nach Anspruch 11, bei dem die Zeitdauer von Lichtblitzen, die von der jeweiligen Auflicht-Beleuchtungseinrichtung (2, 10) abgestrahlt werden, in Abhängigkeit von der Intensität des zumindest einen Lichtblitzes gesteuert wird.

16. Verfahren nach Anspruch 15, bei dem die Zeitdauer eines jeweiligen Lichtblitzes in Abhängigkeit von der erfassten Intensität des jeweiligen Lichtblitzes gesteuert wird.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 16, bei dem das Licht des jeweiligen Beleuchtungs-Lichtstrahls (6) spektral aufgelöst detektiert wird und bei dem von der Bilderfassungseinrichtung (3) spek-

Anhängende Zeichnungen

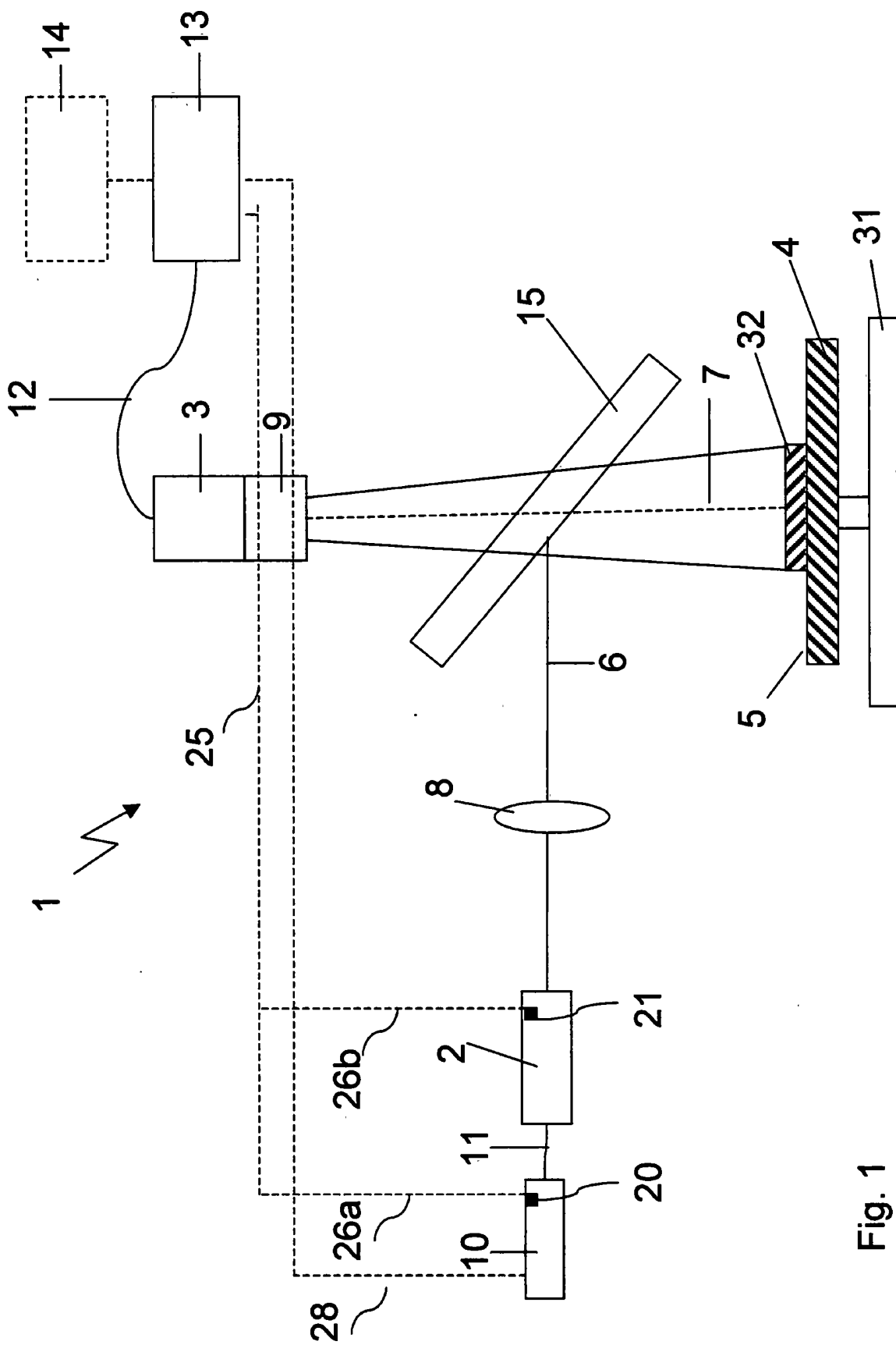


Fig. 1

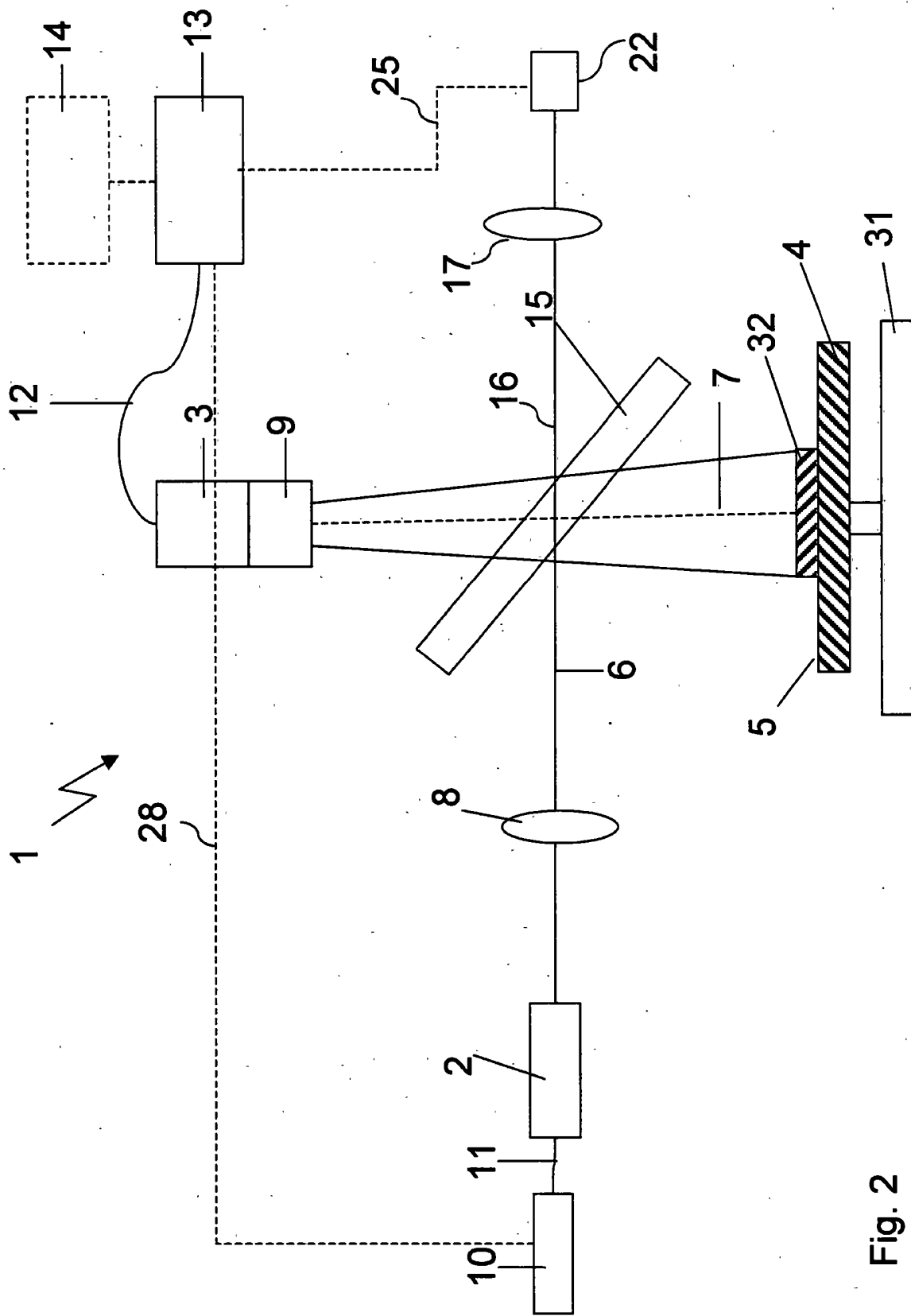


Fig. 2

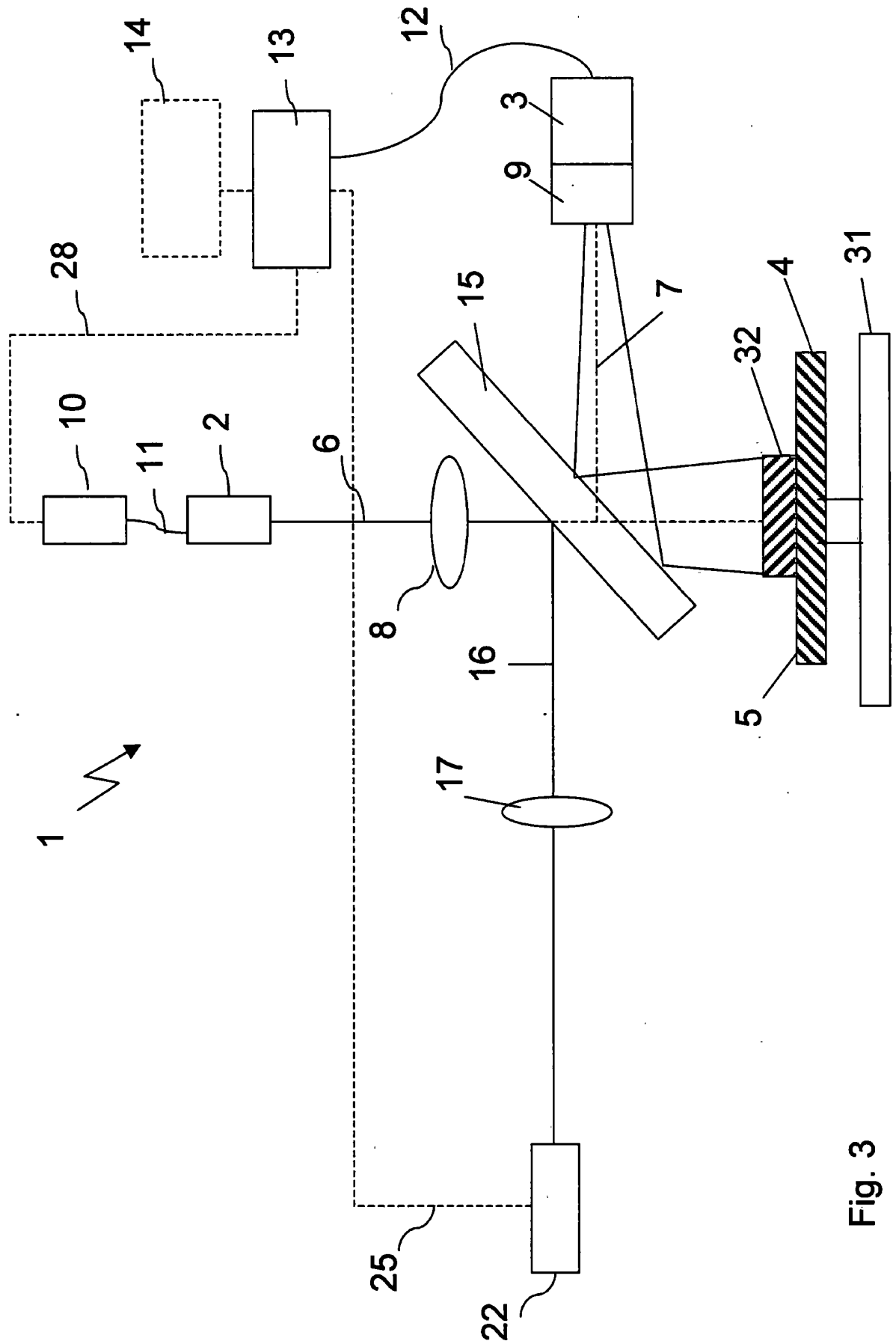


Fig. 3

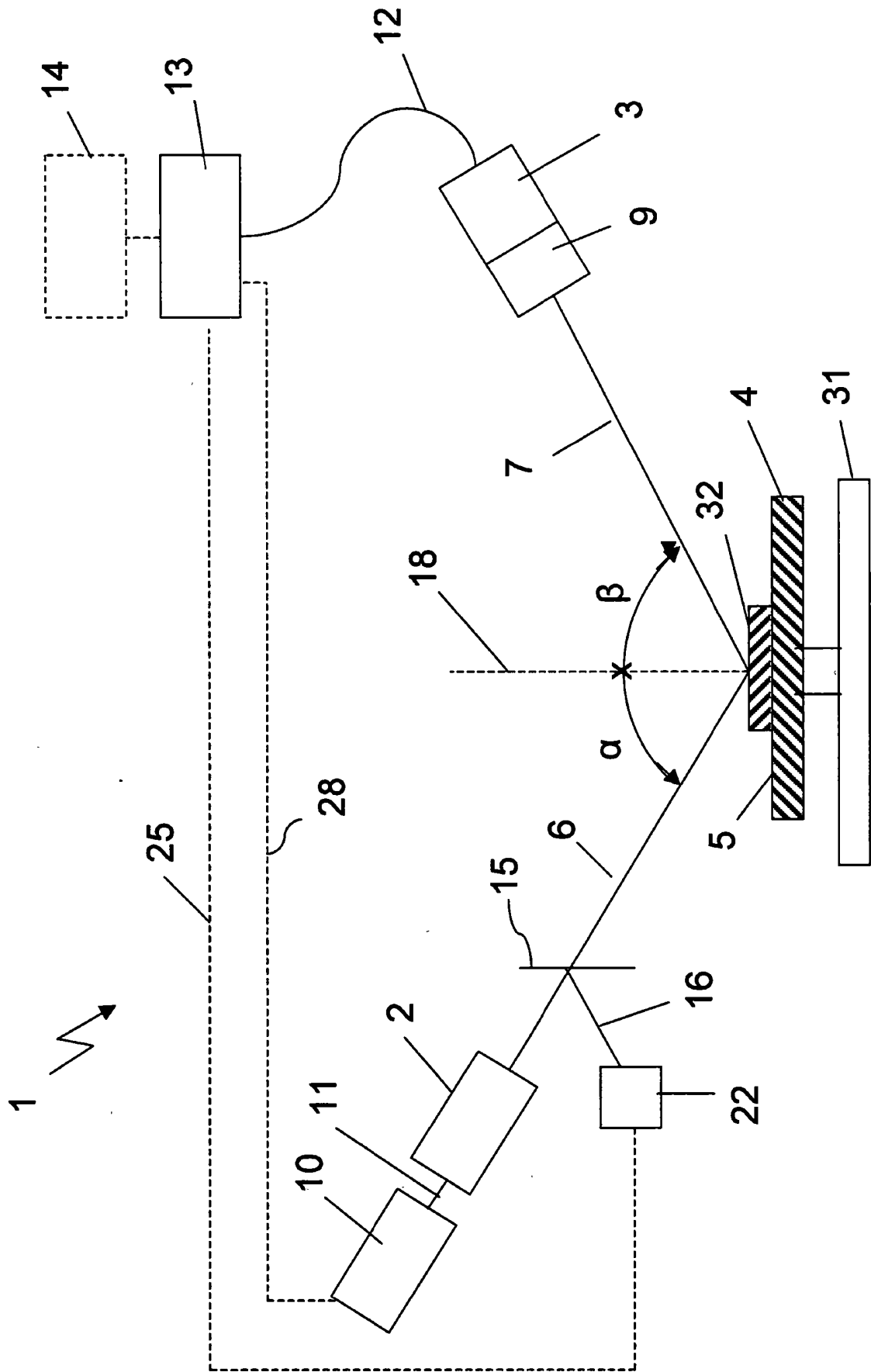


Fig. 4