



(10) **DE 10 2009 059 260 B4** 2012.10.04

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2009 059 260.1**

(22) Anmeldetag: **22.12.2009**

(43) Offenlegungstag: **23.09.2010**

(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **04.10.2012**

(51) Int Cl.: **G01B 11/14 (2006.01)**
G01B 11/24 (2006.01)

Innerhalb von drei 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).

(30) Unionspriorität:
2008-332707 26.12.2008 JP

(73) Patentinhaber:
OMRON CORPORATION, Kyoto, JP

(74) Vertreter:
Wilhelms, Kilian & Partner, 81541, München, DE

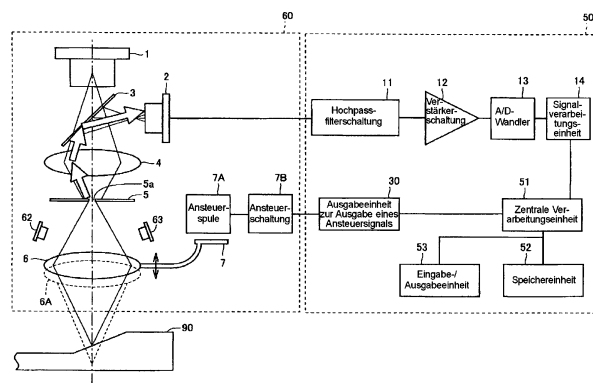
(72) Erfinder:
Suga, Takahiro, Kyoto, JP; Takimasa, Hiroaki, Kyoto, JP

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE	101 32 844	A1
JP	2007 121 122	A
JP	2002 213 914	A
JP	9 026 545	A
JP	7 113 617	A

(54) Bezeichnung: **Versetzungssensor**

(57) Hauptanspruch: Ein Versetzungssensor, umfassend:
eine Lichtprojektionseinheit (1) zum Aussenden von Licht konstanter Intensität oder von Licht, das im Zeitbereich eine bestimmte Frequenzkomponente oder eine Vielzahl von Frequenzkomponenten aufweist;
ein Lichtabschirmungselement (5) mit einer Öffnung (5a), wobei das Lichtabschirmungselement (5) wenigstens einen Teil des vor der Lichtprojektionseinheit (1) ausgesandten Lichtes abschirmt, und die Öffnung (5a) von anderen Anteilen des von der Lichtprojektionseinheit (1) ausgesandten Lichtes derart durchlaufen wird, dass ein divergierendes Lichtbündel gebildet wird;
eine Abtastfokussierungseinheit (6, 7) zum Fokussieren des durch die Öffnung (5a) hindurchgelaufenen divergierenden Lichtes in Richtung des Messobjektes (90) und zum Ändern einer Fokusposition des Lichtes in einer im Voraus bestimmten Art und Weise entlang der optischen Achse und zum Leiten reflektierten Lichtes, das von dem Messobjekt (90) reflektiert wurde, zu der Öffnung (5a) in entgegengesetzter Richtung des divergierenden Lichtbündels, wobei sich der Anteil des durch die Öffnung (5a) laufenden reflektierten Lichtes durch den Betrieb...



Beschreibung

Hintergrund der Erfindung

[0001] Diese Anmeldung basiert auf der am 26. Dezember 2008 beim japanischen Patentamt eingereichten japanischen Patentanmeldung mit der Nummer 2008-332707, deren gesamter Inhalt durch Bezug einbezogen ist.

1. Technisches Gebiet

[0002] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf einen Versetzungssensor mit einem konfokalen optischen System zur kontaktlosen Messung einer Versetzung eines Messzielobjektes.

2. Stand der Technik

[0003] Herkömmlich, wie es in der ungeprüften japanischen Patentveröffentlichung mit der Nummer 2007-121122 offenbart ist, verwendet ein Versetzungssensor ein konfokales optisches System, wobei eine Konvergenzposition des in Richtung eines Messzielobjektes ausgestrahlten Lichtes geändert wird, indem die Linse in der Richtung der optischen Achse geschwenkt wird, und eine Größe der Versetzung beruhend auf der Tatsache gemessen wird, dass eine Größe eines Lichtpunktes des empfangenden reflektierten Lichtes auf einer Lichtempfangsöffnung einen Minimumwert annimmt, wenn die Konvergenzposition mit der Oberfläche des Messobjektes übereinstimmt. In der japanischen ungeprüften Patentveröffentlichung mit der Nummer 2007-121122 ist eine Objektivlinse fixiert und andere Linsen werden zur Änderung der Konvergenzposition geschwenkt, aber die Funktion wird mit einem Aufbau zum Schwenken der Objektivlinse in [Fig. 11A](#) bis [Fig. 11D](#) zum Zwecke der Erleichterung des Verständnisses beschrieben werden.

[0004] Zuerst, unter Bezug auf [Fig. 11A](#), wird das von einer Laserdioden **151** ausgestrahlte Licht durch eine Objektivlinse **156** des Versetzungssensors in Richtung eines Messobjektes **190** konvergiert. Das an einer Oberfläche des Messobjektes **190** reflektierte Licht läuft durch die Objektivlinse **156**, über den Halbspiegel **153** und durch eine Lochblende **155a** einer Lichtabschirmungsplatte **155** und wird durch eine Fotodiode **152** empfangen. Die Lochblende **155a** ist in einer positionsmäßigen Beziehung derart angeordnet, dass sie ein Spiegelbild mit dem Lichtemissionspunkt der Laserdioden **151** unter Bezug auf eine Reflexionsoberfläche des Halbspiegels **153** darstellt. Wenn eine Konvergenzposition des durch die Objektivlinse **156** konvergierten Lichtes und die Oberfläche des Messobjektes **190** übereinstimmen, konvergiert das reflektierte Licht auf der Lichtabschirmungsplatte **155** und eine Lichtmenge, die die Lochblende **155a** durchläuft, nimmt einen Maximumwert an und fol-

lich nimmt als Ergebnis eine Lichtempfangsmenge, die durch die Fotodiode **152** empfangen wird, einen Maximumwert an.

[0005] Wenn die Konvergenzposition und die Oberfläche des Messobjektes **190** unter Bezug auf die Richtung der optischen Achse des durch die Objektivlinse **156** konvergierten Lichtes versetzt sind, konvergiert das ausgestrahlte Licht nicht auf der Oberfläche des Messobjektes **190** und erreicht das an der Oberfläche des Messobjektes **190** reflektierte Licht die Lichtabschirmungsplatte **155** über den Halbspiegel **153** in einem verbreiterten Zustand. Die Lichtmenge, die durch die Lochblende **155a** hindurchtritt, und die Lichtempfangsmenge an der Fotodiode **152** nehmen folglich ab.

[0006] Bei dem Versetzungssensor wird das Licht von der Laserdioden **151** ausgestrahlt und die Lichtempfangsmenge des reflektierten Lichtes an der Fotodiode **152** detektiert, während die Konvergenzposition des in Richtung des Messobjektes **190** ausgestrahlten Lichtes in der Richtung der optischen Achse geschwenkt wird, indem die Objektivlinse **156** in Richtung der optischen Achse geschwenkt wird.

[0007] Eine maximale Lichtempfangsmenge wird folglich gewonnen, wenn das ausgesendete Licht auf der Oberfläche des Messobjektes **190** konvergiert, so dass eine Position der Oberfläche des Messobjektes **190**, die vorher einer Position der Objektivlinse **156** entsprach, gewonnen wird, indem die Position der Objektivlinse **156** in diesem Zustand gemessen wird.

[0008] Die japanische ungeprüfte Patentveröffentlichung mit der Nummer 09-26545 offenbart einen fluoreszenten konfokalen optischen Scanner, bei dem eine Vielzahl an Lochblenden in einer Nipkow-Scheibe gebildet sind, zum Scannen eines auf dem Messobjekt konvergierenden Strahles, indem er mit einer Sammellinse, die mit jeder Lochblende der Nipkow-Scheibe kombiniert ist, gedreht wird. Bei solch einem Scanner, wie es in [Fig. 12](#) gezeigt ist, durchläuft das Licht einer Lichtquelle eine Vielzahl an zu einer Mikrolinsenscheibe **102** zusammengebaute Mikrolinsen, transmittiert einen dichroitischen Spiegel **105**, und eine Vielzahl an Lichtpunkten werden auf ein Testziel **109**, wie z. B. ein Werkstück, durch eine Vielzahl von Lochblenden, die in der Nipkow-Scheibe **103** gebildet sind, geworfen (die Vielzahl an Mikrolinsen und Lochblenden sind nicht dargestellt). Fluoreszenz wird an einem Konvergenzpunkt auf dem Messobjekt **109** erzeugt, wobei die Fluoreszenz, die eine von dem ausgestrahlten Lichtpunkt unterschiedliche Wellenlänge aufweist, durch die in der Nipkow-Scheibe **103** gebildete Lochblende läuft und durch den dichroitischen Spiegel **105** reflektiert und von dem optischen Pfad des ausgestrahlten Lichtes getrennt wird, so dass es zu einer Kamera **106** geleitet wird. Mit anderen Worten werden die Charakteristiken des dichroiti-

schen Spiegels **105** derart ausgewählt, dass die Wellenlänge des Lichtes der Lichtquelle durch den dichroitischen Spiegel **105** transmittiert und die Wellenlänge der Fluoreszenz durch den dichroitischen Spiegel **105** reflektiert wird. Eine Vielzahl der Lichtpunkte auf dem Testobjekt **109** wird gescannt, wenn sich die Mikrolinsenscheibe **102** und die Nipkow-Scheibe **103** zusammen drehen, so dass ein fokussiertes Bild (Bild, in dem nur der fokussierte Abschnitt extrahiert wird) auf Grund der Fluoreszenz mit der Kamera **106** gewonnen werden kann. Bei solch einer Vorrichtung kann Information über die Form des Messobjektes **109** erfasst werden, indem das fokussierte Bild in jeder Höhe erfasst wird, während ein Abstand zwischen dem Messobjekt **109** und der Nipkow-Scheibe **103** relativ geändert wird, weil die Konvergenzposition des Ausstrahlungslichtes nicht geschwenkt wird und fixiert ist.

[0009] Die japanische ungeprüfte Patentveröffentlichung mit der Nummer 2002-213914 beschreibt eine konfokale Versetzungsmessvorrichtung zum Zwecke der genauen Positionsmessung eines Halbleiterwafers und dergleichen, bei der eine Lochblende vorgesehen ist, Licht von einer Lichtquelle in die Lochblende eintritt und das hindurchgelaufene Licht in Richtung des Messobjektes konvergiert wird und das reflektierte Licht in Richtung der Lochblende konvergiert wird, um das hindurchgelaufene Licht zu empfangen. Auf der Messobjektseite sind das ausgestrahlte Licht und das reflektierte Licht koaxial, und das von der Lichtquelle in Richtung der Lochblende ausgestrahlte Licht und das durch die Lochblende hindurchgetretene und in eine Lichtempfangseinheit eingetretene Licht werden durch einen Strahlenteiler getrennt. Ein piezoelektrischer Antrieb wird zur Bewegung der gesamten konfokalen Versetzungsmessvorrichtung angesteuert, so dass ein festgestelltes Signallicht immer einen Maximumwert annimmt und die Versetzung gemessen wird.

[0010] Aus der Druckschrift JP 7-113617 A ist ein konfokaler Versetzungssensor mit schwingender Abtastfokussierungseinheit bekannt, der eine Filtereinheit zur Gewinnung eines filterverarbeiteten Signals, indem ein konstanter Anteil aus dem Lichtempfangssignal einer Fotodiode entfernt wird, aufweist.

[0011] Weiterhin ist aus der Druckschrift DE 101 32 844 A1 ein konfokaler Versetzungssensor bekannt, der eine gemeinsame Konfokal-Blende für Beleuchtungslicht und reflektiertes Licht aufweist. Eine Sammellinse sorgt für die Fokussierung des Beleuchtungslichtes genau in einer in der Blende gebildeten Öffnung.

Überblick

[0012] Bei dem unter Bezug auf [Fig. 11A](#) bis [Fig. 11D](#) beschriebenen Versetzungssensor wird ei-

ne Lichtempfangsmenge des durch die Lochblende **155a** laufenden und von der Fotodiode **152** empfangenen Lichtes detektiert und darauf folgend eine Position der Objektivlinse **156** in Richtung der optischen Achse, wenn die Lichtempfangsmenge einen Maximumwert annimmt, detektiert. Die Position wird unter der Annahme detektiert, dass die Oberfläche des Messobjektes **190** bei der Konvergenzposition des in Richtung des Messobjektes ausgestrahlten Lichtes, die eindeutig einer Position der Objektivlinse **156** entspricht, vorliegt.

[0013] Bei solch einem Versetzungssensor ist es wichtig, dass der Lichtemissionspunkt der Laserdioden **151**, die die Lichtquelle darstellt, und die Lochblende **155A** derart in einer positionsmäßigen Beziehung zueinander stehen, dass sie optische Spiegelbilder sind. Z. B. wie in [Fig. 11B](#) gezeigt, wenn eine Position der Lochblende **155A** um eine Entfernung X_1 von einem in [Fig. 11A](#) gezeigten Zustand versetzt wird, konvergiert das reflektierte Licht nicht auf der lichtabschirmenden Platte **155**, selbst wenn die Konvergenzposition des in Richtung des Messobjektes **190** ausgestrahlten Lichtes mit der Oberfläche des Messobjektes **190** übereinstimmt und der Lichtpunkt ist in einem verbreiterten Zustand. In diesem Fall verschiebt sich die Position der Objektivlinse **156**, bei der die Lichtempfangsmenge einen Maximumwert annimmt, von der Position der Objektivlinse **156**, bei der die Konvergenzposition mit der Oberfläche des Messobjektes **190** übereinstimmt.

[0014] Weiterhin wird in solch einem Fall die Art der Reflexion des Lichtes an der Oberfläche des Messobjektes **190** ebenfalls durch die Oberflächenrauheit der Oberfläche des Messobjektes **190** beeinflusst.

[0015] In [Fig. 11C](#) ist die Position **156A** der Objektivlinse gezeigt, in der die Lichtempfangsmenge bei um die Distanz X_1 von dem in [Fig. 11A](#) gezeigten Zustand versetzter Position der Lochblende **155A** einen Maximumwert annimmt, wenn die Oberfläche des Messobjektes **190** eine streureflektierende Oberfläche ist (Oberfläche, an der das reflektierte Licht ein diffus reflektiertes Licht wird). Das reflektierte Licht ist mit einer gestrichelten Doppelpunktlinie in der Figur gezeigt. Wenn eine Oberfläche des Messobjektes **190** eine streureflektierende Oberfläche ist, wirkt das von der Oberfläche des Messobjektes **190** reflektierte Licht als ob Licht mit dem gesamten auf der entsprechenden Oberfläche erzeugten Lichtpunkt als zerstreute Lichtquelle ausgesandt wird.

[0016] Wenn sich die Objektivlinse an einer Position befindet, in der die Konvergenzposition des ausgestrahlten Lichtes mit der Oberfläche des Messobjektes **190** übereinstimmt, verschwimmt und verbreitert sich der Lichtpunkt des reflektierten Lichtes auf der Lichtabschirmungsplatte **155**, wie es in [Fig. 11B](#) beschrieben wurde, und folglich wird ei-

ne maximale Lichtempfangsmenge nicht gewonnen. Wenn sich die Objektivlinse an einer Position befindet, an der der Lichtpunkt des an der Oberfläche des Messzielobjektes **190** reflektierten Lichtes exakt auf die Lichtabschirmungsplatte **155** abgebildet wird, wird das Verschwimmen des Bildes des Lichtpunktes, der auf der Lichtabschirmungsplatte **155** gebildet wird, auf ein Minimum unterdrückt, und die Lichtempfangsmenge groß. Daher nähert sich die Position der Objektivlinse, bei der die Lichtempfangsmenge maximal wird, der Laserdiodenseite gegenüber der Position, in der das Licht auf der Oberfläche des Messobjektes **190** konvergiert wird, bis zu der Position (Position **156A** in [Fig. 11C](#)), in der das an der Oberfläche des Messobjektes **190** reflektierte Licht auf der Lichtabschirmungsplatte **155** abgebildet wird, an. Die Position der Objektivlinse, bei der die Lichtempfangsmenge maximal wird, wird durch den Verschwimmungsgrad des Lichtpunktes auf der Lichtabschirmungsplatte **155** beeinflusst und unterscheidet sich folglich durch die numerische Apertur des optischen Systems und durch die Eigenschaft diffuser Reflexion des Messobjektes **190**. Mit anderen Worten wird die Lichtempfangsmenge, die nach Durchlaufen der Lochblende **155A** empfangen wird, ohne dass die Oberfläche des Messobjektes **190** und der Konvergenzpunkt des Lichtes übereinstimmen, maximal und die Oberfläche des Messobjektes **190** wird fälschlicherweise als an einer Position liegend (untere Seite in [Fig. 11C](#)) gemessen, die sich von der Position unterscheidet, die gemessen wird, wenn die Lochblende **155A** und der Lichtemissionspunkt der Laserdiode **151** derart in einer positionsmäßigen Beziehung stehen, dass sie optische Spiegelbilder bilden.

[0017] In [Fig. 11D](#) ist eine Position **156B** der Objektivlinse gezeigt, bei der die Lichtempfangsmenge bei um die Entfernung X_1 von dem in [Fig. 11A](#) gezeigten Zustand verschobenen Position der Lochblende **155A** maximal wird, wenn die Oberfläche des Messobjektes **190** eine Spiegeloberfläche ist. Wenn die Oberfläche des Messobjektes **190** eine Spiegeloberfläche ist, konvergiert das durch die Oberfläche des Messobjektes **190** reflektierte Licht, nachdem es an der Oberfläche des Messobjektes **190** reflektiert wurde, und wirkt als ob Licht mit solch einem Konvergenzpunkt als Lichtquelle ausgesandt wird, wenn das Licht, das von der Objektivlinse derart abstrahlt wird, dass es in Richtung einer Position konvergiert, die entfernter ist als die Oberfläche des Messobjektes **190**. Im Gegensatz dazu wird das Spiegelbild des Konvergenzpunktes an der Oberfläche des Messobjektes **190** eine virtuelle Lichtquelle des reflektierten Lichtes und wirkt, als ob Licht von der Lichtquelle des Spiegelbildes abgestrahlt wird, wenn das Licht, das von der Objektivlinse abgestrahlt wird, konvergiert, bevor es die Oberfläche des Messobjektes **190** erreicht. Wenn sie so versetzt wird, dass die Länge des optischen Pfades um die Entfernung X_1 unter Bezug auf die Position, an der die Position der Lochblen-

de **155A** dem Spiegelbild des Lichtemissionspunktes der Laserdiode **151** entspricht, wie es in [Fig. 11D](#) gezeigt ist, verlängert ist, wird die Lichtempfangsmenge maximal, wenn die Objektivlinse **159B** an einer Position ist, an der der Konvergenzpunkt P des Lichtes, das nach der Spiegelreflexion an dem Messobjekt **190** konvergiert, auf der Lichtabschirmungsplatte **155** abgebildet wird. In diesem Fall liegt die Oberfläche des Messobjektes **190** im Wesentlichen in der Mitte zwischen der Position, an der das von der Objektivlinse abgestrahlte Licht konvergiert, wenn das Messobjekt nicht vorliegt, und der Position in einer Abbildungsbeziehung unter Bezug auf die positionsversetzte Lochblende **155A**. Mit anderen Worten, wird in solch einem Fall ebenfalls die Oberfläche des Messobjektes **190** fälschlicherweise als an einer Position liegend gemessen (untere Seite in [Fig. 11D](#)), die von der Position unterschiedlich ist, die gemessen wird, wenn der Lichtemissionspunkt der Laserdiode **151** und die Lochblende **155A** in einer derartigen positionsmäßigen Beziehung stehen, dass sie optische Spiegelbilder bilden. Die Position der Objektivlinse, bei der die Lichtempfangsmenge in einem Fall, in dem das Messobjekt eine Spiegeloberfläche ist, maximal wird, wird nicht durch die numerische Apertur des optischen Systems beeinflusst und stimmt nicht notwendigerweise mit einem Fall überein, in dem das Messzielobjekt **190** eine streureflektierende Oberfläche ist.

[0018] Daher unterscheidet, wenn die Lichtquelle (Lichtemissionspunkt der Laserdiode **151** in [Fig. 11A](#) bis [Fig. 11D](#)) und die Lichtempfangsöffnung (Lochblende **155A** der [Fig. 11A](#) bis [Fig. 11D](#)) positionsversetzt sind und nicht in einer positionsmäßigen Beziehung zueinander stehen, dass sie Spiegelbilder darstellen, sich die Position des Messobjektes, bei der die Lichtempfangsmenge maximal wird, durch den Unterschied in der Oberflächenrauigkeit der Oberfläche des Messobjektes (Oberfläche des Messobjektes **190**), und ein Versetzungsmessfehler tritt auf.

[0019] Die streureflektierende Oberfläche und die Spiegeloberfläche liegen normalerweise an einem zu untersuchenden Messobjekt **190** vor und beide Komponenten, Komponente diffuser Reflexion und Komponente spiegelnder Reflexion, liegen in den meisten Fällen vor. Darüber hinaus tendiert deren Verhältnis ebenso in Abhängigkeit des Ortes auf der Oberfläche des Messobjektes **190** sich zu unterscheiden. D. h., es ist schwierig, die Versetzung der Oberfläche des Messobjektes **190** unter der Annahme zu messen, dass die Oberfläche des Messobjektes **190** nur die streureflektierende Oberfläche oder nur die Spiegeloberfläche ist, und es ist schwierig, unter der Annahme zu messen, dass das Verhältnis einheitlich ist, wenn die Komponenten beide vorliegen.

[0020] Daher ist es wichtig, die Lichtquelle und die Lichtempfangsöffnung in einer positionsmäßigen Be-

ziehung anzuordnen, dass sie Spiegelbilder in dem Versetzungssensor darstellen, um das Messobjekt, bei dem der Oberflächenzustand nicht konstant ist, genau zu messen.

[0021] Jedoch, wenn ein ausgestrahltes Licht als ein mikroskopisch konvergierender Lichtpunkt (Mikrometer-Größenordnung) angenommen wird, um die Messgenauigkeit zu verbessern, und eine Größe der Lichtempfangsöffnung in einer gleichen Größe hierzu vorgesehen wird, ist eine Genauigkeit in einer Größenordnung im Submikrometerbereich erforderlich, um die Lichtquelle und die Lichtempfangsöffnung in einer positionsmäßigen Beziehung so anzuordnen, dass sie genaue Spiegelbilder darstellen und die Aufgabe der Anpassung wird schwierig und kompliziert. Darüber hinaus kann eine Positionsversetzung aufgrund einer Temperaturänderung auftreten, selbst wenn die Anpassung durchgeführt wird. Um solche Komplikationen zu vermeiden, wird ein Abstand zwischen der Linse und der Lichtquelle und ein Abstand zwischen der Linse und der Lichtempfangsöffnung lang gemacht und ein Ablenkwinkel einer optischen Achse, der durch die Größe der positionsmäßigen Versetzung auftritt, wird klein gemacht, aber dies führt zu einem dahin gehenden Problem, dass sich die Vorrichtung vergrößert.

[0022] Bei dem in [Fig. 12](#) gezeigten konfokalen optischen Scanner gemäß der japanischen ungeprüften Patentveröffentlichung mit der Nummer 09-26545, wird die Lochblende in der Nipkow-Scheibe **103** sowohl als Lichtquelle als auch Lichtempfangsöffnung verwendet und das Problem der positionsmäßigen Versetzung der Lichtquelle und der Lichtempfangsöffnung tritt nicht auf. Solch ein konfokaler optischer Scanner wird in einem Fluoreszenz-Mikroskop verwendet, wobei nur eine sehr schwache Fluoreszenz des Objektes aus dem zurückkehrenden Licht des Ausstrahlungslichtes durch den dichroitischen Spiegel herausgetrennt und festgestellt wird, ohne in dem Hintergrundlicht unterzugehen, indem die Tatsache ausgenutzt wird, dass die Wellenlänge der Fluoreszenz, die von dem Objekt emittiert wird, von der Wellenlänge des ausgestrahlten Lichtes unterschiedlich ist. Jedoch ist bei einem Versetzungssensor die Versetzungsmessung verschiedener Messobjekte normalerweise erwünscht und das Messobjekt muss nicht notwendigerweise eine Fluoreszenz erzeugen, die eine von dem ausgesendeten Licht unterschiedliche Wellenlänge aufweist. Daher sind die Anwendungsfälle, in denen der Aufbau unter Verwendung des dichroitischen Spiegels verwendet werden kann, selten. Mit anderen Worten entsteht das Problem, dass die Versetzungsmessung verschiedener Messobjekte nicht gelöst werden kann.

[0023] In der japanischen ungeprüften Patentveröffentlichung mit der Nummer 2002-213814 kann das Problem einer positionsmäßigen Versetzung der

Lichtquelle und der Lichtempfangsöffnung nicht entstehen, weil die Lochblende einmal zwischengeschaltet ist. Jedoch existiert in solch einem Aufbau ein Hintergrundlicht, weil das zurückkehrende Licht, das erzeugt wird, wenn das ausgesandte Licht durch die Lochblende zurückgeworfen wird, in die Lichtempfangseinheit eintritt. Wenn das Messobjekt ein Objekt mit geringer Reflektivität ist, ist die reflektierte Lichtmenge, die von dem Messobjekt gewonnen wird, sehr klein und folglich geht sie in dem zurückkehrenden Licht des Hintergrundes unter und kann nicht mit zufriedenstellender Genauigkeit festgestellt werden.

[0024] Die vorliegende Erfindung ist gemacht worden, um die oben beschriebenen Probleme zu lösen, und es ist eine Aufgabe der Erfindung, einen Versetzungssensor zu schaffen, der fähig ist, die Versetzung bezüglich eines Messobjektes, das verschiedene Oberflächenzustände und Reflektivitäten aufweist, genau zu messen.

[0025] Diese Aufgabe wird mit einem Versetzungssensor gemäß Patentanspruch 1 gelöst.

[0026] Ein Versetzungssensor gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung umfasst:

eine Lichtprojektionseinheit (**1**) zum Aussenden von Licht konstanter Intensität oder von Licht, das im Zeitbereich eine bestimmte Frequenzkomponente oder eine Vielzahl von Frequenzkomponenten aufweist; ein Lichtabschirmungselement (**5**) mit einer Öffnung (**5a**), wobei das Lichtabschirmungselement (**5**) wenigstens einen Teil des vor der Lichtprojektionseinheit (**1**) ausgesandten Lichtes abschirmt, und die Öffnung (**5a**) von anderen Anteilen des von der Lichtprojektionseinheit (**1**) ausgesandten Lichtes derart durchlaufen wird, dass ein divergierendes Lichtbündel gebildet wird;

eine Abtastfokussierungseinheit (**6, 7**) zum Fokussieren des durch die Öffnung (**5a**) hindurchgelaufenen divergierenden Lichtes in Richtung des Messobjektes (**90**) und zum Ändern einer Fokusposition des Lichtes in einer im Voraus bestimmten Art und Weise entlang der optischen Achse und zum Leiten reflektierten Lichtes, das von dem Messobjekt (**90**) reflektiert wurde, zu der Öffnung (**5a**) in entgegengesetzter Richtung des divergierenden Lichtbündels, wobei sich der Anteil des durch die Öffnung (**5a**) laufenden reflektierten Lichtes durch den Betrieb der Abtastfokussierungseinheit (**6, 7**) ändert;

ein Trennelement (**3**) zum Trennen des reflektierten Lichtes, das durch die Öffnung (**5a**) gelaufen ist, von dem Licht, das von der Lichtprojektionseinheit (**1**) zu der in dem Lichtabschirmungselement (**5**) gebildeten Öffnung (**5a**) läuft;

eine Lichtempfangseinheit (**2**) zum Empfangen des reflektierten Lichtes, das durch das Trennelement (**3**) getrennt wurde, und zur Ausgabe eines einer emp-

fangenen Lichtintensität entsprechenden Lichtempfangssignals;

eine Filtereinheit (11) zur Gewinnung eines filterverarbeiteten Signals, die einen konstanten Anteil des Lichtempfangssignals oder einen Anteil des Lichtempfangssignals, der die Frequenzkomponente oder wenigstens eine der Vielzahl von Frequenzkomponenten aufweist, aus dem Lichtempfangssignal entfernt;

eine Verarbeitungseinheit (51) zur Erfassung von Information über einen Abstand zu dem Messobjekt (90) beruhend auf einer Änderung des filterverarbeiteten Signals, die durch den Betrieb der Abtastfokussierungseinheit (6, 7) auftritt.

[0027] Die Frequenzkomponente hierin bedeutet nicht die Frequenzkomponente, die der Wellenlänge des Lichtes entspricht, sondern bedeutet die Frequenzkomponente, die gewonnen wird, wenn das im Zeitbereich dargestellte Signal im entsprechenden Frequenzbereich dargestellt wird.

[0028] "Ausenden von Licht, das eine bestimmte Frequenzkomponente aufweist" bezieht sich auf ein Signal, bei dem die Intensität des auszusendenden Lichtes eine finite und definierte Frequenzkomponente oder eine finite und definierte Vielzahl von Frequenzkomponenten (beinhaltend ein kontinuierliche Frequenzen aufweisendes Frequenzband) ist. Daher ist ein Fall, in dem die Frequenzkomponente indefinit ist, weil das Intensitätssignal des auszusendenden Lichtes regellos ist oder ein Fall, in dem das Intensitätssignal finit, aber über das gesamte Frequenzband verteilt ist, z. B. wenn es über das gesamte Frequenzband des Signals, das in der Verarbeitungseinheit gehandhabt werden kann, verteilt ist, ausgeschlossen.

[0029] Das durch die Lichtprojektionseinheit ausgesendete Licht umfasst einen Gauss-verteilten Strahl, paralleles Licht, Licht einer Quelle divergierendes Lichtes, Licht, bei dem solche Lichter durch eine Linse konvergiert werden und denen eine Richtungskomponente über einen konstanten Winkelbereich zugeordnet wird, und Licht, bei dem Licht von irgendeiner Position in Richtung der Öffnung von einer großen Lichtquelle kommend, die diffuses Licht emittiert, abgegeben wird.

[0030] Die Öffnung ist ein Bereich in einem Raum zum Durchlaufen des Lichtes und umfasst eine Lochblende und einen Schlitz. „eine Öffnung aufbauend“ bedeutet die Begrenzung eines Bereiches in dem Raum zum Durchlaufen des Lichtes durch die Anordnung eines Lichtabschirmungselementes

[0031] Das Licht, das durch die Öffnung hindurch gelaufen ist, wird kein neues divergierendes Licht, wenn das auf den offenen Abschnitt ausgesendete Licht überhaupt nicht durch die Öffnung zurückgeworfen wird, d. h., wenn das gesamte in Richtung des offe-

nen Abschnittes ausgesandte Licht durch die Öffnung hindurch läuft.

[0032] Das neue divergierende Licht kann konvergiert und von der Lichtprojektionseinheit in Richtung des offenen Abschnittes ausgesendet werden und ein Teil des Strahlungslichtes durch die Öffnung auf dem offenen Abschnitt ausgeschnitten werden, oder es kann von einer Lichtquelle über einen konstanten Bereich in dem Raum in Richtung des offenen Abschnittes gespreizt ausgesendet werden, so dass das durch die Öffnung laufende Licht gespreizt wird (z. B. wenn ein großer Lichtemissionskörper verwendet wird). Wenn das Licht, das durch die Öffnung hindurchläuft, durch Beugung gespreizt wird, weil die Öffnung schmal ist, kann das von der Lichtprojektionseinheit ausgesendete Licht zu dem offenen Abschnitt als paralleles Licht ausgesendet werden.

[0033] Das divergierende Licht kann kohärentes Licht oder inkohärentes Licht sein. Das kohärente Licht umfasst einen Gauß-verteilten Lichtstrahl und einen Lichtstrahl, der hieran angenähert ist.

[0034] Die Konvergenz oder Divergenz des Lichtes braucht lediglich eine Konvergenz oder Divergenz unter Bezug auf die Komponente in einer bestimmten Richtung, die wenigstens orthogonal zu der optischen Achse des Lichtes ist, sein. Ein Fall, in dem Licht unter Bezug auf die optische Achse punktsymmetrisch konvergiert oder divergiert wird, ist ebenfalls umfasst. Wenn die Öffnung ein Schlitz ist, ist die Komponente in der bestimmten Richtung eine Richtung senkrecht zu der Längsrichtung des Schlitzes.

[0035] Der Ausdruck "in einer vorbestimmten Art und Weise" in der Beschreibung des Merkmales "die Abtastkonvergenzeinheit (Abtastfokussierungseinheit) ändert kontinuierlich eine Konvergenzposition (Fokusposition) des Lichtes in einer vorbestimmten Art und Weise" bedeutet nicht, dass die Art der Änderung der Konvergenzposition unbestimmt ist, sondern dass die Konvergenzposition sich gemäß einer im Voraus definierten Änderungsart ändert, und beinhaltet einen Fall, in dem sich die Konvergenzposition mit einer für jede Konvergenzposition vorbestimmten unterschiedlichen Geschwindigkeit ändert, zusätzlich zu einem Fall, in dem sich die Konvergenzposition mit einer konstanten Geschwindigkeit ändert. Ein Fall, in dem sich die Konvergenzposition des Lichtes mit einer vorbestimmten Geschwindigkeit für jede Position als Ergebnis davon ändert, dass die optische Komponente zur Konvergenz von Licht sich mit einer konstanten Geschwindigkeit und einem konstanten Oszillationszyklus ändert, ist ebenfalls umfasst. Die Änderungen umfassen eine Änderung in einer Richtung oder eine Änderung in einem vorbestimmten Bereich in einer hin- und herbewegenden Art und können einen Fall darstellen, in dem einma-

lig geändert oder wiederholend periodisch geändert wird.

[0036] Die Abtastkonvergenzeinheit kann durch eine Gruppe optischer Komponenten, wie z. B. eine Vielzahl von Linsen und Spiegeln, die insgesamt oder teilweise bewegt werden, oder durch eine(n) einzige(n) sich bewegende(n) Linse oder durch einen einzigen sich bewegenden Spiegel aufgebaut sein.

[0037] Das Trennelement zur Trennung des optischen Pfades beinhaltet einen Halbspiegel und einen Polarisationsstrahlenteiler. Die Beschreibung „Entfernen des Signals mit bestimmter Frequenzkomponente aus dem Lichtempfangssignal“ beinhaltet einen Fall, in dem alle Signale, die eine bestimmte Signalfrequenzkomponente aufweisen, entfernt werden, und einen Fall, in dem wenigstens einige der Signalfrequenzkomponenten entfernt werden.

[0038] Die Filterverarbeitung beinhaltet einen Frequenzfilter, wie z. B. einen Hochpassfilter, einen Tiefpassfilter und einen Bandpassfilter, aber sie kann eine Filterverarbeitung darstellen, bei der eine bestimmte Berechnung mit dem Signal im Zeitbereich durchgeführt wird. Mit anderen Worten, die Verarbeitung kann irgendeine Verarbeitung sein, die als Filterverarbeitung zur Entfernung wenigstens einiger oder aller bestimmter Signalfrequenzkomponenten dient. Die Filterverarbeitung kann das Signal entfernen, das eine Signalfrequenzkomponente des Intensitätssignals des ausgesandten Lichtes aufweist, und die Signalfrequenzkomponente, die in der Änderung der Lichtempfangsausgabe der Lichtempfangseinheit enthalten ist, die durch den Betrieb der Abtastkonvergenzeinheit auftritt, enthalten ist, selektiv durchlassen.

[0039] Gemäß der vorliegenden Erfindung kann eine Versetzungsmessung hoher Sensitivität durchgeführt werden, während das Auftreten eines Versetzungsmeßfehlers aufgrund der Oberflächenrauigkeit des Messobjektes verhindert wird, weil die Lichtquelle und die Lichtempfangsöffnung übereinstimmen und das von dem Messobjekt reflektierte Licht vermindert um den Einfluss des Rückkehrlichtes extrahiert werden kann.

[0040] Vorzugsweise sendet die Lichtprojektionseinheit Licht von einer Laserdiode aus, so dass ein Lichtpunkt, der auf dem offenen Abschnitt gebildet wird, die Öffnung umfasst.

[0041] Wenn die Laserdiode als Lichtquelle der Lichtprojektionseinheit verwendet wird, tritt ein Astigmatismus an dem Konvergenzpunkt des in Richtung des Messobjektes ausgesandten Lichtes aufgrund der Tatsache auf, dass die Laserdiode eine astigmatische Differenz aufweist, aber gemäß diesem Aspekt wird der Lichtpunkt, an dem das reflektierte Licht auf

dem offenen Abschnitt konvergiert, sehr klein, und die Lichtempfangsmenge des durch die Öffnung hindurch empfangenen Lichtes steigt an, weil der Lichtpunkt kleiner gemacht werden kann, wenn der Astigmatismus des Konvergenzpunktes des in Richtung des Messobjektes ausgestrahlten Lichtes reduziert wird.

[0042] Vorzugsweise ist die bestimmte Signalfrequenzkomponente eine Gleichstromkomponente; und die Filtereinheit entfernt die Gleichstromkomponente aus dem Lichtempfangssignal.

[0043] Das Ausstrahlungslicht mit einer Intensität, das die Gleichstromkomponente beinhaltet, braucht lediglich mit einer konstanten Intensität in Ausstrahlungszeiteinheiten, die notwendig sind, um ein einziges Versetzungsmessergebnis zu erhalten, ausgesendet werden.

[0044] Gemäß solch einem Aspekt werden die Steuerung der Intensität des ausstrahlenden Lichtes und der Aufbau der Filtereinheit vereinfacht. Vorzugsweise entfernt die Filtereinheit einen Minimumwert des Lichtempfangssignals, der erhalten wird, wenn die Konvergenzposition des Lichtes in einem vorbestimmten Bereich entlang der Richtung der optischen Achse des konvergierenden Lichtes geändert wird, aus dem Lichtempfangssignal als einen Offset-Wert.

[0045] Der vorbestimmte Bereich beinhaltet einen im Voraus als Bereich zur Änderung der Konvergenzposition in dem Versetzungssensor definierten Bereich und einen Bereich, der als Versetzungsmessbereich des Versetzungssensors für seine Spezifikation definiert wurde.

[0046] Gemäß diesem Aspekt kann der Anwender einen geeigneten Offset-Wert leicht aus dem Lichtempfangssignal entfernen.

[0047] Vorzugsweise entfernt die Filtereinheit das Lichtempfangssignal eines Zustandes, in dem das konvergierende Licht nicht auf das Messobjekt ausgesendet wird, aus dem Lichtempfangssignal als einen Offset-Wert.

[0048] Die Beschreibung „Zustandes, in dem das konvergierende Licht nicht auf das Messobjekt ausgesendet wird“ beinhaltet einen Fall, in dem das Messzielobjekt nicht in dem Änderungsbereich des Strahlungslichts vorliegt oder in dem das Messobjekt nicht in dem Versetzungsmessbereich der Spezifikation des Versetzungssensors vorliegt, und einen Fall, in dem das Messobjekt in solchen Bereichen vorliegt, aber die konvergierende Position nicht mit dem Messzielobjekt übereinstimmt und das Lichtempfangssignal ein Hintergrundniveau darstellt, weil das durch das Messobjekt reflektierte Licht im Wesentlichen nicht empfangen wird.

[0049] Gemäß solch einem Aspekt kann der Offset-Wert leicht erfasst werden. Vorzugsweise sendet die Lichtprojektionseinheit Licht linearer Polarisierung aus; ist das Lichtabschirmungselement ein Objekt mit einer Spiegelreflexionseigenschaft; und ein Polarisierungselement ist zwischen dem Trennelement zur Trennung des optischen Pfades und der Lichtempfangseinheit angeordnet, wobei das Polarisierungselement zur Entfernung eines Rückkehrlichtes, das erzeugt wird, wenn das Licht der linearen Polarisierung, das von der Lichtprojektionseinheit ausgesandt wird, durch das Lichtabschirmungselement spiegelreflektiert wird, aus dem optischen Pfad zu der Lichtempfangseinheit und zur Leitung des Lichtes mit einer Polarisationsrichtung orthogonal zu einer Polarisationsrichtung des Rückkehrlichtes zu der Lichtempfangseinheit vorgesehen ist.

[0050] Das Objekt, das eine Spiegelreflexionseigenschaft aufweist, ist ein Objekt mit einer Spiegelreflexionskomponente und beinhaltet ein Objekt, das wenigstens einen Teil des linear polarisierten einfallenden Lichtes mit einem konstanten Polarisationszustand durch Spiegelreflexion reflektiert. Dies beinhaltet ein Metallobjekt mit Spiegeloberfläche, Glas mit einer dampfphasenabgeschiedenen Schicht und ein schwarzes Objekt mit Spiegeloberfläche. Wenn das Licht linearer Polarisierung, das von der Lichtprojektionseinheit ausgesendet wird, senkrecht auf das Objekt mit der Spiegelreflexionseigenschaft auftritt, hat das reflektierte Licht eine identische Polarisationsrichtung und folglich wird ein Polarisierungselement zur Entfernung des Lichtes mit einer Polarisationsrichtung orthogonal zu der Polarisationsrichtung des ausgesendeten Lichtes einfach zwischen dem Trennelement zur Trennung des optischen Pfades und der Lichtempfangseinheit angeordnet. Wenn das Ausstrahlungslicht schräg auf das Objekt mit Spiegelreflexionseigenschaft auftrifft, muss das reflektierte Licht nicht notwendigerweise Licht mit der gleichen linearen Polarisierung sein, sondern wird eine lineare Polarisierung, indem es durch eine Phasenplatte in einem konstanten Polarisationszustand, d. h. wenn eine Phasendifferenz der Polarisationskomponenten in zwei Richtungen orthogonal zueinander konstant ist, hindurch geleitet wird, wodurch ein Polarisierungselement, das eine Phasenplatte umfasst, zur Entfernung des reflektierten Lichtes, das in Licht mit linearer Polarisierung umgewandelt wird, indem es durch die Phasenplatte hindurch geleitet wird, einfach zwischen dem Trennelement zur Trennung des optischen Pfades und der Lichtempfangseinheit angeordnet wird.

[0051] Gemäß einem solchen Aspekt kann die Lichtmenge des Rückkehrlichtes, das durch das Lichtabschirmungselement reflektiert wird und in die Lichtempfangseinheit eintritt, vermindert werden, wodurch das Rauschlicht des Hintergrundes reduziert und die

Messung des Messobjektes, das eine niedrigere Reflektivität aufweist, durchgeführt werden kann.

[0052] Vorzugsweise sendet die Lichtprojektionseinheit Licht linearer Polarisierung aus; ist das Lichtabschirmungselement ein Objekt mit Spiegelreflexionseigenschaft; und das Trennelement zur Trennung des optischen Pfades ist ein Polarisierungselement zum Transmittieren des von der Lichtprojektionseinheit ausgesendeten Lichtes mit linearer Polarisierung und zum Leiten des transmittierten Lichtes zu dem offenen Abschnitt und zum Reflektieren des Lichtes mit einer Polarisationskomponente orthogonal zu der linearen Polarisierung in eine unterschiedliche Richtung oder ein Polarisierungselement zum Reflektieren des Lichtes linearer Polarisierung, das von der Lichtprojektionseinheit ausgesendet wurde, und zum Leiten des reflektierten Lichtes zu dem offenen Abschnitt und zum Transmittieren des Lichtes mit einer Polarisationskomponente senkrecht zu der linearen Polarisierung.

[0053] Gemäß solch einem Aspekt kann der Aufbau vereinfacht werden, weil das Trennelement zur Trennung des optischen Pfades und das Polarisierungselement gemeinsam verwirklicht sind.

[0054] Vorzugsweise sendet die Lichtprojektionseinheit Licht mit der Wellenlänge λ aus; und eine $\lambda/4$ -Platte ist weiterhin zwischen dem offenen Abschnitt und dem Messobjekt angeordnet.

[0055] Gemäß solch einem Aspekt wird das Licht, das durch das Messobjekt spiegelreflektiert wird und in die Lichtempfangseinheit eintritt, in Licht mit linearer Polarisierung orthogonal zu der Polarisationsrichtung des von der Lichtprojektionseinheit ausgesendeten Lichtes und folglich durchläuft es effizient das Polarisierungselement oder das Polarisierungstrennelement. Daher kann, wenn ein Messobjekt gemessen wird, bei dem die Spiegelreflexionskomponenten der Oberfläche überwiegend vorliegen, das von dem Messzielobjekt spiegelreflektierte Licht effizient empfangen und das Rückkehrlicht, das erzeugt wird, wenn es durch das Lichtabschirmungselement reflektiert wird, effizient entfernt werden.

[0056] Vorzugsweise umfasst die Abtastkonvergierereinheit eine Objektivlinse und eine Oszillations-Kollimator-Linseneinheit, die entlang einer Richtung der optischen Achse hin- und herschwingt, wobei die Linse das von der Lichtprojektionseinheit gesendete und durch die Öffnung laufende Licht in paralleles Licht konvergiert und paralleles Licht in Richtung der Objektivlinse zu einem vorbestimmten Zeitpunkt während eines Ablaufes, den die hin- und herschwingende Linse durchführt, leitet; wobei der Sensor weiterhin aufweist: ein Gehäuse zur Aufnahme eines optischen Systems, das wenigstens die Oszillations-Kollimator-Linseneinheit und den offenen Abschnitt aufweist, ei-

ne Objektivlinsehalterung zur Halterung der Objektivlinse; wobei das Gehäuse mit einem Lichteingang/-ausgang an einer Position ausgestattet ist, die einer Linsenoberfläche der Oszillations-Kollimator-Linseneinheit auf der Seite, die der Objektivlinse am Nächsten ist, gegenüber liegt; und die Objektivlinsehalterung an dem Lichteingang/-ausgang entfernbar ist.

[0057] Die Richtung der optischen Achse in der Beschreibung „Linse, die entlang einer Richtung einer optischen Achse hin- und herschwingt“ bedeutet die optische Achse an der Position, an der die Linse, die hin- und herschwingen kann, auf der optischen Achse angeordnet ist.

[0058] Die Objektivlinsehalterung, die die Objektivlinsen, die unterschiedliche Brennweiten zueinander aufweisen, haltet, kann mehrfach angeordnet und gewechselt werden.

[0059] Gemäß einem solchen Aspekt ist die Objektivlinse entfernbar. Die Versetzungsmessung, die verschiedenen Arbeitsentfernungen entspricht (Entfernung zu dem Messobjekt) kann leicht für ein gemeinsames Gehäuse realisiert werden, indem auf eine Objektlinse mit unterschiedlicher Brennweite gewechselt wird.

[0060] Der Versetzungssensor gemäß der vorliegenden Erfindung umfasst weiterhin: eine Einstelleinheit zum Einstellen eines Niveaus minimaler Sensitivität, das einen Minimumwert des zu verarbeitenden filterverarbeitenden Signals festlegt; wobei die Verarbeitungseinheit Information über die Entfernung zu dem Messobjekt beruhend auf der Änderung eines Signals erfasst, das den Minimumwert übersteigt, der durch das Niveau minimaler Sensitivität des filterverarbeiteten Signals definiert ist.

[0061] Gemäß diesem Aspekt kann die Messung bei entferntem Einfluss des Hintergrundlichtes durchgeführt werden, selbst wenn andere Lichtanteile, die auf das Messobjekt ausgesandt werden, in der Umgebung vorliegen, indem das Niveau minimaler Sensitivität geeignet eingestellt wird, wenn die Intensität des reflektierten Lichtes des ausgesandten Lichtes selbst die höchste ist. Mit anderen Worten kann das Niveau zur Entfernung einer Rauschkomponente gemäß der Größe des Streulichtes, das von der Umgebung einfällt und der Lichtempfangsmenge, die entsprechend der Reflektivität und einem Oberflächenzustand des Messobjektes gewonnen wird, geeignet eingestellt werden.

[0062] Gemäß der vorliegenden Erfindung kann das Auftreten eines Versetzungsmessfehlers aufgrund der Oberflächenrauigkeit des Messobjektes verhindert werden, weil die Lichtquelle und die Lichtempfangsöffnung übereinstimmen und sich nicht versetzen. Darüber hinaus kann die Versetzungsmessung

durchgeführt werden, während verhindert wird, dass sich die Sensitivität verringert, weil das Verhältnis der Komponente des von dem Messobjekt reflektierten Lichtes verbessert werden kann, während die Komponente des Rückkehrlichtes reduziert wird.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0063] [Fig. 1](#) ist eine Ansicht, die schematisch den gesamten Aufbau einer ersten Ausführungsform eines Versetzungssensors gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0064] [Fig. 2](#) ist eine Ansicht, die eine Beziehung eines Linsenpositionssignals und eines Lichtempfangssignals des Versetzungssensors aus [Fig. 1](#) zeigt;

[0065] [Fig. 3A](#) bis [Fig. 3F](#) sind Ansichten, die den Einfluss beschreiben, wenn der Durchmesser des Lichtpunktes, der durch die Sammellinse auf der Blendenplatte konvergiert wird, sich unter Bezug auf den Durchmesser der Lochblende bei dem Versetzungssensor aus [Fig. 1](#) ändert;

[0066] [Fig. 4](#) ist eine Ansicht, die schematisch einen Gesamtaufbau einer zweiten Ausführungsform des Versetzungssensors der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0067] [Fig. 5A](#) bis [Fig. 5D](#) sind Ansichten, die schematisch Signale zeigen, die in der Steuerung des Versetzungssensors aus [Fig. 4](#) verarbeitet werden;

[0068] [Fig. 6](#) ist eine schematische Ansicht, die einen Gesamtaufbau einer dritten Ausführungsform des Versetzungssensors der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0069] [Fig. 7](#) ist eine Ansicht, die schematisch den Gesamtaufbau einer vierten Ausführungsform des Versetzungssensors der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0070] [Fig. 8](#) ist eine Ansicht, die schematisch einen Gesamtaufbau einer fünften Ausführungsform des Versetzungssensors der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0071] [Fig. 9](#) ist eine Ansicht, die schematisch einen Gesamtaufbau einer sechsten Ausführungsform des Versetzungssensors der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0072] [Fig. 10](#) ist eine Ansicht, die schematisch einen Gesamtaufbau einer siebten Ausführungsform des Versetzungssensors der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0073] [Fig. 11A](#) bis [Fig. 11D](#) sind Diagramme, die schematisch ein Beispiel eines Aufbaus eines optischen Systems eines herkömmlichen Versetzungs-sensors zeigen;

[0074] [Fig. 12](#) ist ein Diagramm, das schematisch ein weiteres Beispiel eines Aufbaus eines optischen Systems eines herkömmlichen fluoreszenten konfokal-optischen Scanner zeigt.

Detaillierte Beschreibung

[0075] Hiernach werden bevorzugte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung unter Bezug auf die Zeichnungen beschrieben werden. Gleiche Bezugszeichen werden gleichen Komponenten in jeder Figur zugeordnet und deren detaillierte Beschreibung wird nicht wiederholt werden

[erste Ausführungsform]

[0076] [Fig. 1](#) ist eine Ansicht, die schematisch einen gesamten Aufbau einer ersten Ausführungsform eines Versetzungssensors der vorliegenden Erfindung zeigt.

[0077] Der Versetzungssensor ist hauptsächlich durch einen Sensorkopf **60** und eine Steuerung **50** zur Steuerung des Sensorkopfes **60** aufgebaut. In dem Sensorkopf **60** wird Licht von einer Laserdiode **1**, die eine Lichtprojektionseinheit darstellt, mit konstanter Intensität in Richtung einer Lochblende (Aperturöffnung) **5a**, die in einer Blendenplatte **5** gebildet ist, durch eine Sammellinse **4** gesammelt. Ein selbstpulsierender Laser kann als Laserdiode **1** verwendet werden, um den Rückkehrlichtwiderstand zu der Laserdiode **1** zu verbessern. In diesem Fall hat die Intensitätsänderung der Selbstpulsierung eine ausreichend hohe Geschwindigkeit unter Bezug auf die Antwortgeschwindigkeit einer Fotodiode **2** und einer Schaltung der sich hieran anschließenden Stufe und folglich kann angenommen werden, dass äquivalent das Licht mit einer Intensität (konstanten Intensität in diesem Fall) mit einer Hüllkurve dessen ausgestrahlt wird. In der vorliegenden Ausführungsform ist die Lichtprojektionseinheit durch die Laserdiode **1** zur Aussendung von Licht aufgebaut, ein offener Abschnitt durch die Blendenplatte **5** aufgebaut und eine Öffnung durch die Lochblende **5a** aufgebaut. Die Lochblende **5a** hat eine kreisförmige Form. Das von der Laserdiode **1** ausgesendete Licht wird auf der Blendenplatte **5** durch die Sammellinse **4** gesammelt, so dass es die Lochblende **5a** beinhaltet. Ein Teil des gesammelten Lichtes durchläuft die Lochblende **5a** und wird zu einer Objektivlinse **6** geleitet. Das Licht wird sodann auf die Oberfläche eines Messobjektes **90** durch die Objektivlinse **6** konvergiert. Das Licht, das durch die Lochblende **5a** läuft, wird neues divergierendes Licht. Die Objektivlinse **6** wird durch einen Oszillator **7** gehalten. Eine Ansteuerspule **7A**

zur Ansteuerung des Oszillators **7** ist an einer Position in der Nähe des Oszillators angeordnet. Der Sensorkopf **60** beinhaltet eine Ansteuerschaltung **7B** zur Versorgung der Ansteuerspule **7A** mit Strom. Der Oszillator **7** schwingt periodisch, indem eine Periode der Stromzufuhr zu der Ansteuerspule **7A** und eine Periode, in der die Stromzufuhr unterbrochen ist, in einem konstanten Zyklus wiederholt werden. Die Objektivlinse **6** bewegt sich gemäß der Schwingung des Oszillators in einer Richtung, in der sie sich dem Messobjekt **90** annähert oder in einer Richtung, in der sie sich von dem Messobjekt entfernt. Eine Ausgabeeinheit **30** zur Ausgabe des Ansteuersignals steuert die Art der Stromzufuhr von der Ansteuerschaltung **7B** zu der Ansteuerspule **7A**. In der vorliegenden Ausführungsform bauen die Objektivlinse **6** als auch der Oszillator **7**, die Ansteuerspule **7A** und die Ansteuerschaltung **7B**, die die Objektivlinse **6** in der obigen Art und Weise bewegen, eine Abtastkonvergenzeinheit auf. Darüber hinaus sind eine Laserdiode **62** zur Aussendung von Licht in Richtung der Objektivlinse **6** und eine PSD (position sensitive device; position-sensitive Vorrichtung) **63** zum Empfangen des durch die Objektivlinse **6** reflektierten Lichtes angeordnet, um die Position der Objektivlinse festzustellen.

[0078] Das in Richtung des Messobjektes **90** ausgesendete Licht wird durch das Messobjekt **90** reflektiert. Das reflektierte Licht wird von der Fotodiode **2** durch die Objektivlinse **6**, die Lochblende **5a**, die Sammellinse **4** hindurch und über den Halbspiegel **3** empfangen. Hierbei werden alle Lichtanteile, die nach Durchlaufen der Lochblende **5a** durch den Halbspiegel **3** reflektiert werden, von der Fotodiode **2** empfangen. In der vorliegenden Ausführungsform werden ein Trennelement zur Trennung des optischen Pfades durch den Halbspiegel **3** und eine Lichtempfangseinheit durch die Fotodiode **2** aufgebaut. Das Lichtempfangssignal, das von der Fotodiode **2** ausgegeben wird, wird zu einer Hochpassfilter-Schaltung **11** der Steuerung **50** übertragen.

[0079] In der Steuerung **50** wird eine Gleichstromkomponente (DC) des Rückkehrlichtes aus dem von der Fotodiode **2** ausgegebenen Lichtempfangssignal von der Hochpassfilter-Schaltung **11** entfernt, um ein filterverarbeitetes Signal zu erhalten, und darauf folgend wird das Lichtempfangssignal an einen Verstärker **12** gesendet. Das Rückkehrlicht bezieht sich auf das von der Laserdiode **1** auf die Blendenplatte **5** ausgesendete Licht, wobei das Licht an anderen Abschnitten (lichtabschirmendes Element) als der Lochblende **5a** reflektiert und von der Fotodiode **2** über den Halbspiegel **3**, wie es mit einem umrissenen Pfeil in [Fig. 1](#) gezeigt ist, empfangen wird.

[0080] In der vorliegenden Ausführungsform ist eine Filtereinheit durch die Hochpassfilter-Schaltung **11** und das Trennelement zur Trennung eines optischen Pfades durch den Halbspiegel **3** aufgebaut.

[0081] In der Steuerung **50** wird das filterverarbeitete Signal durch den Verstärker **12** verstärkt und anschließend durch einen A/D-Wandler **13** in ein digitales Signal umgewandelt, geeignet durch eine Signalverarbeitungs-Schaltung **14** verarbeitet und anschließend in eine zentrale Verarbeitungseinheit **51** eingegeben. Die zentrale Verarbeitungseinheit **51** beinhaltet eine CPU (central processing unit; zentrale Verarbeitungseinheit) und führt Verarbeitungen aus und steuert die Funktionen der gesamten Steuerung **50**. Ein eingestellter Wert wird über eine Eingabe-/Ausgabe-Einheit **53** erfasst und in einer Speichereinheit **52** gespeichert, oder das Verarbeitungsergebnis wird an der Eingabe-/Ausgabe-Einheit angezeigt oder nach außen ausgegeben. In der vorliegenden Ausführungsform bildet die zentrale Verarbeitungseinheit **51** eine Verarbeitungseinheit.

[0082] Der Versetzungssensor der vorliegenden Ausführungsform ist eine Vorrichtung zur Messung der Versetzung einer Oberfläche des Messobjektes **90**. In **Fig. 1** ist eine optische Achse von der Laserdiode **1** bis zu dem Messobjekt **90** schematisch mit einer gestrichelten Linie gezeigt.

[0083] In dem Versetzungssensor der vorliegenden Ausführungsform ist die Objektivlinse **6** über einen Linsenhalterungsabschnitt **51** an dem Oszillator **7** befestigt, so dass die Position der Objektivlinse **6** mit einer zyklischen Schwingung in Richtung der optischen Achse, d. h. in Richtung, die mit einem Doppelpfeil auf dem Oszillator **7** in **Fig. 1** angezeigt ist, durch den Oszillator **7**, während die Messung durchgeführt wird, geändert wird.

[0084] In **Fig. 1** ist ein weiteres Beispiel des Zustandes der Objektivlinse **6**, die durch die Schwingung des Oszillators **7** geändert wurde, mit einer gestrichelten Linie **6A** gezeigt.

[0085] **Fig. 2** zeigt eine Beziehung zwischen einem Signal (hiernach bezeichnet als Linsenpositionssignal), das die Position der Objektivlinse **6** widerspiegelt, und einem Lichtempfangssignal, das durch die Fotodiode **2** gewonnen wird.

[0086] Die PSD **63** empfängt das reflektierende Licht des von der Laserdiode **62** in Richtung der Objektivlinse **6** ausgestrahlten Lichtes und gibt ein dessen Einfallspoint entsprechendes Signal aus. Das Signal wird von der zentralen Verarbeitungseinheit **51** abgerufen und die Position der Objektivlinse **6** wird beruhend auf der Theorie der Triangulation gewonnen. Wenn dies in Zeitserien aneinander gereiht wird, wird das Linsenpositionssignal aus **Fig. 2** gewonnen. Das Linsenpositionssignal ist ein Signal, das sich in der Art und Weise einer Sinussignalförmigkeit mit der Position (hiernach als Referenzposition bezeichnet), wenn der Oszillator **7** stationär ist, als Mittelpunkt ändert.

[0087] Wenn die Oberfläche des Messobjektes **90** mit der Konvergenzposition des durch die Objektivlinse **6** konvergierten Lichtes übereinstimmt, konvergiert das an dem Messobjekt **90** reflektierte Licht an einer Position der Lochblende **5a** über einen Pfad, der entgegengesetzt ist zu dem optischen Pfad (Lichtprojektionsspfad) von der Lochblende **5a** zu der Objektivlinse **6**. In diesem Fall erscheint periodisch ein Maximumwert (peak; Spitze) in dem Lichtempfangssignal.

[0088] In dem Beispiel aus **Fig. 2** erscheint der Peak in dem Lichtempfangssignal, wenn die Objektivlinse **6** sich an der Position P befindet. Dies bedeutet, dass die Konvergenzposition des durch die Objektivlinse **6** konvergierten Lichtes mit der Oberfläche des Messobjektes **90** übereinstimmt, wenn die Objektivlinse **6** sich an der Position P befindet.

[0089] In der vorliegenden Ausführungsform wird z. B. eine Umrechnungstabelle, die eine Beziehung zwischen der Entfernung von dem Ende des Sensorkopfes **60** zu der Konvergenzposition des in Richtung des Messobjektes **90** konvergierten Lichtes und dem Linsenpositionssignal zeigt, im Voraus gewonnen, und ein Abstand zu dem Werkstück, das an der Konvergenzposition des Lichtes liegt, wird beruhend auf der Position der Objektivlinse **6** in einem Fall, wenn der Peak in dem Lichtempfangssignal erscheint, unter Verwendung der Umrechnungstabelle gewonnen. Die Größe der Versetzung der Oberfläche des Messobjektes **90** wird durch die Größe der Versetzung der Position der Objektivlinse gewonnen.

[0090] Wenn der Versetzungssensor der vorliegenden Ausführungsform als ein Dickenmessinstrument, wenn ein Element, wie z. B. Glas, als ein Messobjekt angenommen wird, verwendet wird, erscheint bei Verstellung der Objektivlinse **6** der Peak an zwei Positionen in dem Lichtempfangssignal. Die Dicke des Elementes wird, beruhend auf einer Differenz der Positionen der Objektivlinse **6**, in einem Fall, in dem solch ein Peak gewonnen wird, erfasst.

[0091] In dem Versetzungssensor der vorliegenden Ausführungsform wird die Laserdiode **1** als Lichtprojektionseinheit verwendet und eine Spiegelachse des durch die Sammellinse **4** auf der Blendenplatte **5** gesammelten Lichtpunktes wird größer gemacht als der Durchmesser der Lochblende **5a**, so dass der Konvergenzlichtpunkt die Lochblende **5a** beinhaltet. Obwohl ein Astigmatismus an dem Konvergenzlichtpunkt auf dem Messobjekt **90** auftritt, weil ein astigmatischer Unterschied in dem Lichtemissionspunkt der Laserdiode **1** existiert, wird der Einfluss des Astigmatismus durch oben beschriebenen Aufbau auf einen kleinen Wert unterdrückt. Dies wird genauer beschrieben werden.

[0092] **Fig. 3A** bis **Fig. 3F** sind Ansichten, die den Einfluss des Astigmatismus an dem auf dem Messobjekt konvergierten Lichtpunkt beschreiben, wenn ein Verhältnis des Durchmessers des durch die Sammellinse **4** auf die Blendenplatte **5** konvergierten Lichtpunktes und der Durchmesser der Lochblende **5a** geändert wird.

[0093] **Fig. 3E** zeigt die Änderung des Durchmessers (Lichtpunktdurchmesser auf dem Werkstück) des Lichtpunktes des auf ein Messelement zur Messung des Lichtpunktdurchmessers, das als Messobjekt dient, ausgesandten Lichtes, wenn der Durchmesser der kreisförmigen Lochblende **5a** (Lochblendendurchmesser) der Lochblende unter Bezug auf den Durchmesser des Lichtpunktes (kleinere Achse des Lichtpunktes), der auf die Blendenplatte konvergiert wird, geändert wird.

[0094] Der Lichtausgang der Laserdiode **1** hat einen unterschiedlichen Öffnungswinkel in einer Richtung senkrecht zu einer aktiven Schicht (hiernach als vertikale Richtung bezeichnet) und einer Richtung horizontal (hiernach als horizontale Richtung bezeichnet) hierzu, so dass der Lichtpunkt im Allgemeinen eine elliptische Form aufweist, wenn er durch die Linse konvergiert wird. Weil der Öffnungswinkel in der vertikalen Richtung größer ist als der Öffnungswinkel in der horizontalen Richtung, hat der Lichtpunkt eine kleinere Achse in der vertikalen Richtung, wenn er mit der Linse konvergiert wird. Ein Lichtpunktdurchmesser auf der Lochblende ist die kleinere Achse des von der Laserdiode **1** ausgesandten Lichtpunktes **C**, der in einem Bereich gebildet ist, der die auf der Blendenplatte **5** gebildete Lochblende **5A** beinhaltet, wie es in **Fig. 3F** gezeigt ist.

[0095] In **Fig. 3E** stellt eine gestrichelte Linie **LA** die Dimension des Lichtpunktes auf dem Werkstück für eine zu der aktiven Schicht der Laserdiode **1** horizontalen Richtung und eine Linie **LB** die Dimension des Lichtpunktes für eine zu der aktiven Schicht der Laserdiode senkrechten Richtung dar. Die Dimension des Lichtpunktes in der vertikalen Richtung wird bei einer Referenzposition gemessen, bei der die Dimension des Lichtpunktes in der horizontalen Richtung minimal wird.

[0096] Der Unterschied in den Werten der gestrichelten Linie **LA** und der Linie **LB** gibt den Einfluss des Astigmatismus an, der durch den astigmatischen Unterschied auftritt. Wie aus **Fig. 3E** verständlich wird, je kleiner der astigmatische Unterschied ist, desto kleiner ist das Verhältnis des Lochblendendurchmessers unter Bezug auf den Lichtpunktdurchmesser auf der Lochblende (desto kleiner ist der Wert der horizontalen Achse).

[0097] **Fig. 3A** bis **Fig. 3D** zeigen jeweils einen Lichtpunkt auf dem Werkstück, die dem Lochblenden-/

Lichtpunktdurchmesser-Verhältnis auf der Lochblende entsprechen, die mit den Symbolen **A** bis **D** in **Fig. 3E** bezeichnet sind. In **Fig. 3A** bis **Fig. 3D** wird eine äußere Kontur des Lichtpunktes ausdrücklich mit einem Rahmen **F** gezeigt. In **Fig. 3A** bis **Fig. 3D** ist der Lichtpunkt in der vertikalen Richtung in **Fig. 3D** lang. Dies entspricht der großen Differenz zwischen der Linie **LB** und der gestrichelten Linie **LA** an der Position **D** in **Fig. 3E**. In **Fig. 3C** ist das vertikal/horizontal-Verhältnis des Lichtpunktes kleiner als das vertikal/horizontal-Verhältnis des Lichtpunktes in **Fig. 3D** und in **Fig. 3B** ist das vertikal/horizontal-Verhältnis des Lichtpunktes kleiner und nähert sich 1 an und in **Fig. 3A** ist das vertikal/horizontal-Verhältnis des Lichtpunktes im Wesentlichen 1.

[0098] Wenn das Verhältnis des Lochblendendurchmessers unter Bezug auf den Lichtpunktdurchmesser auf der Lochblende, wie in **Fig. 3E** gezeigt, geändert wird, wäre der Peak des in **Fig. 2** gezeigten Lichtempfangssignals breit und der Fehler, der erzeugt wird, wenn die Linsenposition festgestellt wird, groß, wenn das entsprechende Verhältnis größer als oder gleich 1 ist. Wenn das Verhältnis kleiner 1 ist, d. h., wenn der Lichtpunktdurchmesser auf der Lochblende größer ist als der Lochblendendurchmesser, wäre der Peak des Lichtempfangssignals, wie es in **Fig. 2** gezeigt ist, scharf und der bei Feststellung der Linsenposition erzeugte Fehler klein.

[0099] Bei dem Versetzungssensor der vorliegenden Ausführungsform ist der Durchmesser der kleineren Achse des Lichtpunktdurchmessers auf der Lochblende größer als der Lochblendendurchmesser. Folglich kann der Astigmatismus reduziert werden und der Abstand zu dem Messobjekt **90** und die Versetzung des Messobjektes **90** mit zufriedenstellender Genauigkeit gemessen werden. Darüber hinaus kann die Ausrichtung des durch die Sammellinse **4** auf die Blendenplatte **5** ausgesandten Lichtpunktes und der Lochblende **5a** vereinfacht werden. Obwohl die oben erwähnten Vorteile erreicht werden können, wenn der Lichtpunktdurchmesser auf der Blendenplatte **5** größer gemacht wird als der Lochblendendurchmesser, verringert sich die Intensität des durch die Objektivlinse **6** hindurch auf das Messobjekt **90** ausgestrahlten Lichtstrahles, wenn der Lichtpunktdurchmesser zu groß ist. Folglich ist die Größe des Lichtpunktdurchmessers auf der Blendenplatte **5** so festgelegt, dass der Peak im Hinblick auf die Verbreiterung der Peak-Signalform, wie sie in **Fig. 2** gezeigt ist, und auf die Größe der Rauschkomponente in Bezug auf den Peak-Wert der Signalform des Lichtempfangssignals an der Fotodiode **2** festgestellt werden kann. Das Lichtempfangssignal des Rückkehrlichtes, das mit einem umrissenen Pfeil in **Fig. 1** gezeigt ist, bildet die Gleichstromkomponente (DC) und wird folglich durch die Hochpassfilter-Schaltung **11** entfernt.

[0100] Bei dem Versetzungssensor der vorliegenden oben beschriebenen Ausführungsform wird das Licht von der Laserdiode **1** in Richtung der Lochblende **5a** der Blendenplatte **5** durch die Sammellinse **4** gesammelt, durchläuft die Lochblende **5a** und wird zu der Objektivlinse **6** geleitet. Das Licht wird an der Oberfläche des Messobjektes **90** reflektiert und durch die Fotodiode **2** durch die Objektivlinse **6**, die Blendenöffnung **5a** und die Sammellinse **4** hindurch und über den Halbspiegel **3** empfangen. D. h. in der vorliegenden Ausführungsform stellt die Lochblende **5a** die wesentliche Lichtquelle und die Blende hinsichtlich des von dem Messobjekt **90** reflektierten Lichtes dar. Die Lichtquelle und die Blende sind folglich durch das gleiche Element aufgebaut, so dass das Auftreten von Messfehlern, die durch den positionsmäßigen Versatz der Lichtquelle und der Blende verursacht werden, unterdrückt werden kann. Das Ausgabesignal der Lichtempfangseinheit (Fotodiode **2**), das sich, wie gezeigt, wie das Lichtempfangssignal in **Fig. 2** ändert, wenn die Abtastkonvergenzeinheit in Betrieb ist, durchläuft den Hochpassfilter, um hierdurch ein um die Gleichstromkomponente bereinigtes filterverarbeitetes Signal zu erhalten und Information über die Entfernung zu dem Messzielobjekt wird beruhend auf dem Peak des filterverarbeiteten Signals erfasst. Das reflektierte Licht von dem Messobjekt kann um den Einfluss des Rückkehrlichtes reduziert extrahiert werden und eine Versetzungsmessung hoher Sensitivität kann durchgeführt werden.

[0101] Die Abtastkonvergenzeinheit kann die Konvergenzposition der Objektivlinse ändern, indem die Objektivlinse in Richtung der optischen Achse, wie in der vorliegenden Ausführungsform, in Schwingung versetzt wird, oder kann das Licht mit einem Reflexionsspiegel umkehren, der in Richtung der optischen Achse des optischen Pfades von der Lichtprojektionseinheit zu dem Messzielobjekt schwingt und verursacht, dass solches Licht in die Objektivlinse eintritt, um dadurch die Länge des optischen Pfades zu ändern.

[0102] Es kann ebenfalls ein optisches System zur Vergrößerung einer Längsvergrößerung (Abbildungsvergrößerung in Richtung der optischen Achse in dem abbildenden optischen System) der Konvergenzposition auf der Messobjektseite unter Bezug auf die Lichtquellenseite (Seite der Lichtempfangseinheit) sein. Genauer kann in der vorliegenden Ausführungsform ein Aufbau angenommen werden, in dem eine Entfernung von der Lochblende **5a** der Blendenplatte **5** zu der Hauptebene der Objektivlinse **6** auf der Seite der Lochblende kürzer ist als ein Abstand von der Hauptebene der Objektivlinse **6** auf der Seite des Messobjektes zu der Konvergenzposition des in Richtung des Messobjektes ausgesandten Lichtes, in einem Zustand, in dem der Oszillator **7** innerhalb eines vorbestimmten Bereiches bewegt wird und sich die Objektivlinse, die sich hier-

durch bewegt, sich an irgendeiner Position in dem vorbestimmten Bereich befindet. Für das optische System zur Konvergenzierung des Lichtes, das durch die Lochblende **5a** in Richtung des Messobjektes **90** läuft, kann ein optisches System, das durch eine Vielzahl von Linsengruppen, die die sich innerhalb des vorbestimmten Bereichs bewegend Bewegungslinse beinhalten, aufgebaut ist, anstatt der bewegbaren Objektivlinse **6** verwendet werden, so lange eine Entfernung von der Lochblende **5a** der Blendenplatte **5** zu der Hauptebene des optischen Systems auf der Lochblendenseite **5a** kürzer gemacht wird als ein Abstand der Hauptebene des optischen Systems auf der Messobjektseite zu der Konvergenzposition des in Richtung des Messobjektes ausgesandten Lichtes in einem Zustand, in dem sich die Bewegungslinse an irgendeiner Position innerhalb des vorbeschriebenen Bereichs befindet. Im Stand der Technik ist das Verkürzen der Entfernung auf der Lichtquellenseite des optischen Systems begrenzt, weil die Lichtquelle und die Lichtempfangsöffnung an der Position der Lochblende **5a** angeordnet sind, wobei der Halbspiegel zwischen das optische System und den Anpassungsmechanismus zur Ausrichtung der Lichtquelle eingefügt ist, und die Lichtempfangsöffnung benötigt wird, aber der Schwingungsbereich der Konvergenzposition des in Richtung des Messobjektes ausgesandten Lichtes kann durch die Verwendung des optischen Systems zur Vergrößerung der axialen Vergrößerung größer gemacht werden als der Schwingungsbereich der hin- und herschwingenden Linse. Der Versetzungsmessbereich kann folglich vergrößert werden.

[Zweite Ausführungsform]

[0103] Ein Aufbau des Versetzungssensors gemäß einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist schematisch in **Fig. 4** gezeigt.

[0104] Der Versetzungssensor der vorliegenden Erfindung ist schematisch in **Fig. 4** gezeigt.

[0105] Der Versetzungssensor der vorliegenden Ausführungsform ist hauptsächlich durch die Steuerung **50** und den Sensorkopf **60** ähnlich zu der ersten Ausführungsform aufgebaut, aber der Aufbau der Steuerung **50** ist im Hinblick auf die erste Ausführungsform geändert.

[0106] Bei dem Versetzungssensor der vorliegenden Ausführungsform sind eine Tiefpunkt-Halteschaltung **22** und eine Differenzschaltung **23** als Filtereinheiten angeordnet.

[0107] Bei der Steuerung **50** der vorliegenden Ausführungsform wird das von der Fotodiode **2** eingegebene Lichtempfangssignal durch den Verstärker **21** verstärkt und darauf folgend in die Tiefpunkt-Halteschaltung **22** eingegeben. Das von der Fotodiode **2**

eingeegebene und durch den Verstärker **21** verstärkte Signal ist schematisch in [Fig. 5A](#) gezeigt.

[0108] Die Differenzschaltung **23** empfängt das Signal von der Tiefpunkt-Halte-Schaltung **22** und das Signal von dem Verstärker **21**. Die Differenzschaltung **23** gibt ein in [Fig. 5C](#) gezeigtes Signal aus, das eine Differenz zwischen dem Signal aus dem Verstärker **21** und dem Signal von der Tiefpunkt-Halte-Schaltung **22** darstellt.

[0109] Das in [Fig. 5C](#) gezeigte Signal, das durch die Differenzschaltung **23** ausgegeben wird, wird durch einen Verstärker **24** verstärkt und ein in [Fig. 6D](#) gezeigtes Signal gewonnen.

[0110] Das von dem Verstärker **24** ausgegebene Signal wird in ein digitales Signal durch den A/D-Wandler **13** umgewandelt, geeignet durch die Signalverarbeitungseinheit **14** verarbeitet und darauf folgend in die Zentralverarbeitungseinheit **51**, um ähnlich wie in der ersten Ausführungsform verarbeitet zu werden, eingegeben.

[0111] In der vorliegenden Ausführungsform ist der Tiefpunktwert, der in [Fig. 5B](#) gezeigt ist, äquivalent mit einem Zustand, in dem die Konvergenzposition des auf das Messobjekt **90** durch die Objektivlinse **6** ausgesandten Lichts nicht mit der Oberfläche des Messobjektes **90** übereinstimmt, wobei das durch die Lochblende **5a** hindurch empfangene reflektierte Licht kaum vorhanden ist, und die Lichtempfangsmenge ist die des Rückkehrlichtes des auf die Abschirmungsplatte **5** ausgesandten Lichtes, das an einem zu der Lochblende **5a** unterschiedlichen Lichtabschirmungsabschnitt reflektiert wird, wie es mit einem umrissenen Pfeil in [Fig. 4](#) gezeigt ist (ähnlich zu [Fig. 1](#)). Die Werte der zwei Peaks, die in [Fig. 5A](#) gezeigt sind, entsprechen einem Zustand, in dem die Konvergenzposition des durch die Objektivlinse **6** hindurch auf das Messobjekt **90** ausgesandten Lichtes mit der Oberfläche des Messobjektes **90** übereinstimmt, wobei die Lichtempfangsmenge die Summe der Lichtempfangsmenge des von der Oberfläche des Messobjektes **90** reflektierten Lichtes und der Lichtempfangsmenge des Rückkehrlichtes ist.

[0112] In der vorliegenden Ausführungsform wird die Lichtempfangsmenge des Rückkehrlichtes durch die Tiefpunkt-Halte-Schaltung **22** gewonnen und die Komponente des von der Oberfläche des Messobjektes **90** reflektierten Lichtes durch die Differenzschaltung **23** gewonnen, indem die Lichtempfangsmenge des Rückkehrlichtes von der Lichtempfangsmenge der Fotodiode **2** abgezogen wird. Daher kann bei dem Versetzungssensor der vorliegenden Ausführungsform das von dem Messobjekt **90** reflektierte Licht extrahiert werden, wobei das Rückkehrlicht effektiv entfernt wird, so dass die reflektierte Lichtmenge des Messobjektes **90** festgestellt werden kann, ohne dass

es in dem Rückkehrlicht untergeht, selbst wenn sie sehr schwach ist, und eine Versetzungsmessung hoher Sensitivität kann durchgeführt werden.

[0113] In der ersten und zweiten Ausführungsform sendet die Laserdiode **1** Licht konstanter Intensität aus und die Gleichstromkomponente und der konstante Wert werden durch die Filtereinheit entfernt, aber der Ansteuerstrom der Laserdiode **1** kann durch ein Signal moduliert werden, das eine bestimmte Frequenzkomponente aufweist, und eine Filterverarbeitung zur Entfernung der Komponenten mit der bestimmten Frequenz kann in der Filtereinheit durchgeführt werden. Jedoch, weil sich die Signalgröße verringert, wenn das Frequenzband der Peak-Signalfom des Lichtempfangssignals, das durch die Positionsänderung der Objektivlinse **6** auftritt, entfernt wird, ist die Frequenzkomponente des Intensitätssignals des durch die Laserdiode **1** ausgesandten Lichtes wünschenswerterweise unterschiedlich von der Frequenzkomponente der Peak-Signalfom des Lichtempfangssignals.

[0114] Darüber hinaus, als Variante der vorliegenden Ausführungsform, kann das Lichtempfangssignal im Voraus als ein Offsetwert in einem Zustand erfasst werden, in dem das Messobjekt **90** nicht vorliegt und in der Speichereinheit **52** gespeichert werden, und die Filtereinheit kann derart aufgebaut sein, dass der Offsetwert von der Lichtempfangsausgabe (Lichtempfangssignal) der Fotodiode **2** durch die Differenzschaltung abgezogen wird. In diesem Fall kann die zentrale Verarbeitungseinheit **51** den in der Speichereinheit **52** gespeicherten Offsetwert auslesen und den D/A-konvertierten Wert als Eingabe in die Differenzschaltung der [Fig. 4](#) anstatt der Ausgabe der Tiefpunkt-Halte-Schaltung **22** eingeben.

[Dritte Ausführungsform]

[0115] Ein Aufbau des Versetzungssensors gemäß einer dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist schematisch in [Fig. 6](#) gezeigt. Der Versetzungssensor der vorliegenden Ausführungsform ist hauptsächlich durch die Steuerung **50** und den Sensorkopf **60** ähnlich zu der ersten Ausführungsform aufgebaut, aber der Aufbau des Sensorkopfes **60** ist hinsichtlich der ersten Ausführungsform geändert.

[0116] Unter Bezug auf [Fig. 6](#) ist in dem Versetzungssensor der vorliegenden Ausführungsform weiterhin eine Polarisationsplatte **8**, die eine Transmissionsachse in einer zu der Polarisationsrichtung der Rückkehrlichtkomponente, die mit einem umrissenen Pfeil ähnlich zu [Fig. 1](#) gezeigt ist, unterschiedlichen Richtung aufweist, d. h. eine Richtung orthogonal hierzu, zwischen dem Halbspiegel **3** und der Fotodiode **2** angeordnet. Die Laserdiode sendet linear-polarisiertes Licht aus und die Blendenplatte **5** ist aus einem Material hergestellt, das Spiegelreflexionseigen-

schaften aufweist. Die Komponente diffuser Reflexion, die in dem Rückkehrlicht enthalten ist, wird folglich reduziert und die Spiegelreflexion wird bei konstantem Polarisationszustand beibehalten. Insbesondere, wenn das linear-polarisierte Licht senkrecht in die Blendenplatte **5** eintritt, ist die Komponente spiegelnder Reflexion des Rückkehrlichtes ebenfalls eine lineare Polarisation. Wenn es schräg eintritt, muss das reflektierte Licht keine lineare Polarisation aufweisen, aber der Polarisationszustand des gesamten reflektierten Lichtes wird keine regellose Polarisation und behält einen konstanten Polarisationszustand bei. In diesem Fall kann das reflektierte Licht unter Verwendung einer Phasenplatte in lineare Polarisation umgewandelt werden.

[0117] Die Einfallslichtmenge des Rückkehrlichtes auf die Fotodiode **2** kann reduziert werden, indem das Licht in die Fotodiode **2** eintritt, nachdem die Polarisationskomponente des Rückkehrlichtes durch die Polarisationsplatte **8** entfernt wurde. In dem Licht, das in die Fotodiode **2** eintritt, kann der Anteil des Lichtes, das eine Polarisationsrichtung orthogonal zu dem Rückkehrlicht aufweist und das an dem Messobjekt **90** reflektiert wurde und eine gestörte Polarisationsrichtung aufweist, stark eingestellt werden, so dass die Sensitivität verbessert werden kann.

[Vierte Ausführungsform]

[0118] Ein Aufbau eines Versetzungssensors gemäß einer vierten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist schematisch in [Fig. 7](#) gezeigt.

[0119] Der Versetzungssensor der vorliegenden Ausführungsform ist hauptsächlich durch die Steuerung **50** und den Sensorkopf **60** ähnlich zu der ersten Ausführungsform aufgebaut, aber der Aufbau des Sensorkopfes **60** ist unter Bezug auf die erste Ausführungsform geändert.

[0120] Unter Bezug auf die [Fig. 7](#) ist ein Polarisationsstrahlenteiler **9** in dem Versetzungssensor der vorliegenden Ausführungsform anstatt des Halbspiegels **3** in dem Versetzungssensor der ersten Ausführungsform angeordnet. Eine Transmissionsachse des zu der Fotodiode **2** übertragenen Lichtes des Polarisationsstrahlenteilers **9** ist eine Richtung orthogonal zu der Polarisationsrichtung der Rückkehrlichtkomponente, die mit einem angezeigten Pfeil gezeigt ist, ähnlich zu der Polarisationsplatte **8** in der dritten Ausführungsform.

[0121] Der Einfall des Rückkehrlichtes auf die Fotodiode **2** kann unterdrückt werden, indem das durch den Polarisationsstrahlenteiler **9** reflektierte Licht in die Fotodiode **2** eintritt. In dem Licht, das in die Fotodiode **2** eintritt, kann der Anteil des Rückkehrlichtes sehr niedrig gehalten werden und der Anteil des Lichtes, das eine Polarisationsrichtung senkrecht zu

dem Rückkehrlicht aufweist und an dem Messobjekt **90** reflektiert wurde und das eine gestörte Polarisationsrichtung aufweist, kann verstärkt werden.

[Fünfte Ausführungsform]

[0122] Ein Aufbau eines Versetzungssensors gemäß einer fünften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist schematisch in [Fig. 8](#) gezeigt.

[0123] Ähnlich zu der dritten Ausführungsform umfasst der Versetzungssensor der vorliegenden Ausführungsform eine Polarisationsplatte **8** zwischen dem Halbspiegel **3** und der Fotodiode **2** und beinhaltet eine $\lambda/4$ -Platte **10** zur Konvertierung linearer Polarisation in zirkulare Polarisation zwischen der Lochblende **5a** und dem Messobjekt **90**.

[0124] In der vorliegenden Ausführungsform ist die Polarisationsplatte **8** derart installiert, dass sie eine Transmissionsachse mit einem Winkel im Wesentlichen senkrecht zu der Polarisationsrichtung des durch die Laserdiode **1** ausgesandten Laserlichtes aufweist.

[0125] In der vorliegenden Ausführungsform wird der Einfall des Rückkehrlichtes auf die Fotodiode **2** so unterdrückt, dass es gering ist, und der Hauptanteil des reflektierten Lichtes, das an dem Messobjekt **90** spiegelreflektiert wird, wird empfangen, indem das die Polarisationsplatte **8** durchlaufende Licht in die Fotodiode **2** eintritt.

[0126] Genauer wird das an dem Messobjekt **90** reflektierte und durch die Lochblende **5a** hindurch in die Fotodiode **2** eintretende Licht, wie es mit einem gepunktet umrissenen Pfeil gezeigt ist, durch die $\lambda/4$ -Platte **10** in zirkulare Polarisation umgewandelt, bevor es durch die Objektivlinse **6** hindurch von der Lochblende **5a** aus das Messobjekt **90** erreicht, und die zirkulare Polarisation wird in lineare Polarisation senkrecht zu dem Rückkehrlicht von der Lochblende **5a** umgewandelt, indem es wiederum durch die $\lambda/4$ -Platte **10** hindurch läuft, bevor es die Fotodiode **2** durch die Objektivlinse **6** und die Lochblende **5a** hindurch, nachdem es an dem Messobjekt **90** spiegelreflektiert wurde, erreicht. D. h. das mit dem gestrichelt umrissenen Pfeil gezeigte reflektierte Licht ist senkrecht zu dem Rückkehrlicht, das mit einem durchgehend umrissenen Pfeil gezeigt ist, linear polarisiert.

[0127] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform wird in dem in die Fotodiode **2** eintretenden Licht der Anteil der Rückkehrlicht-Komponente so unterdrückt, dass er niedrig ist, und der Anteil des reflektierten Lichtes, das empfangen wird, wenn es an dem Messobjekt **90** spiegelreflektiert wird, wird erhöht, indem man das in die Fotodiode **2** eintretende Licht durch die Polarisationsplatte **8** hindurch laufen lässt, nachdem es die $\lambda/4$ -Platte **10** zweimal durchlaufen hat.

[Sechste Ausführungsform]

[0128] Ein Aufbau des Versetzungssensors gemäß einer sechsten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird schematisch in [Fig. 9](#) gezeigt.

[0129] Der Versetzungssensor der vorliegenden Ausführungsform umfasst den Polarisationsstrahlenteiler **9** anstatt den Halbspiegel **3** und die Polarisationsplatte **8** unter Bezug auf die fünfte Ausführungsform.

[0130] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform kann in dem in die Fotodiode **2** eintretenden Licht der Anteil der Rückkehrlicht-Komponente, die mit einem durchgehenden umrissenen Pfeil gezeigt ist, so unterdrückt werden, dass sie gering ist, und der Anteil des reflektierten Lichtes, das empfangen wird, wenn es an dem Messobjekt **90** spiegelreflektiert wird, das mit einem gestrichelt umrissenen Pfeil angezeigt ist, kann erhöht werden, indem man das in die Fotodiode eintretende Licht durch den Polarisationsstrahler **9** hindurch laufen lässt, nachdem es die $\lambda/4$ -Platte **10** zweimal durchlaufen hat.

[Siebte Ausführungsform]

[0131] Ein Aufbau des Versetzungssensors gemäß einer siebten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist schematisch in [Fig. 10](#) gezeigt.

[0132] Der Versetzungssensor der vorliegenden Ausführungsform wird hauptsächlich durch die Steuerung **50** und den Sensorkopf **60** ähnlich zu der ersten Ausführungsform aufgebaut, aber der Aufbau des Sensorkopfes **60** wird unter Bezug auf die erste Ausführungsform geändert.

[0133] In der vorliegenden Ausführungsform ist eine Linse **31** unter Bezug auf die erste Ausführungsform hinzugefügt. Die Linse **31** ist anstatt der Objektivlinse **6** an dem Oszillator **7** befestigt und die Position der Linse **31** wird in einer Richtung, die mit einem Doppelpfeil in [Fig. 10](#) gezeigt ist, entlang der Richtung der optischen Achse geändert. In [Fig. 10](#) ist ein Beispiel eines Zustandes der Linse **31**, die durch den Oszillator **7** geändert wurde, mit einer gestrichelten Linie **31A** gezeigt. Die Position der Objektivlinse **6** ändert sich nicht.

[0134] In dem Versetzungssensor der vorliegenden Ausführungsform bauen der Oszillator **7** zur Bewegung der Linse **31**, die Ansteuerspule **7A** und die Ansteuerschaltung **7B** eine Oszillations-Kollimator-Linseneinheit auf. Ein Gehäuse zur Aufnahme des optischen Systems, das die Oszillations-Kollimator-Linseneinheit aufweist, der Blendenplatte **5**, in der die Lochblende **5a** die Öffnung bildet ist, der Sammellinse **4** des Halbspiegels **3**, der Laserdiode **1** und der Fotodiode **2**, bildet den Sensorkopf **60**.

[0135] Der Sensorkopf **60** ist mit einem Lichteingang/-ausgang **66** an einer Position ausgebildet, die einer Linsenoberfläche auf der der Objektivlinse am nächsten liegenden Seite der aufnehmenden Oszillator-Kollimator-Linseneinheit gegenüber liegt. Ein Befestigungsabschnitt **65** zur Befestigung einer Objektivlinsehalterung ist an dem Lichteingang/-ausgang **66** gebildet, so dass die Objektivlinsehalterung **61**, die die Objektivlinse **6** aufnimmt, lösbar befestigt ist. Die Objektivlinsehalterung **61** und der Objektivlinsehalterungsbefestigungsabschnitt **65** haben ein Schraubgewinde, das ineinander passt, und können derart befestigt werden, dass die optischen Achsen übereinstimmen. Die Objektivlinsehalterung **61** und der Objektivlinsehalterungsbefestigungsabschnitt **65** können in der Richtung der optischen Achse gleitend eingepasst werden, wobei die optischen Achsen übereinstimmen, und getrennt mit einer Schraube befestigt werden, ohne dass sie das Schraubgewinde ausbilden. Weil das Licht, das aus der Oszillations-Kollimator-Linseneinheit austritt und in die Objektivlinse eintritt, im Wesentlichen paralleles Licht ist, kann eine Schwankung der Aberration, die von einer Schwankung des Abstandes der zu kombinierenden Linsen auftritt, klein gehalten werden. Mit anderen Worten, selbst wenn ein Abstand der Linsen leicht schwankt, schwankt eine Form des Konvergenzlichtpunktes des in Richtung des Messobjektes ausgesandten Lichtes nicht gravierend.

[0136] Die Linse **31** ist zwischen der Lochblende **5a** und der Objektivlinse **6** auf dem optischen Pfad von der Laserdiode **1** zu dem Messobjekt **90** angeordnet. Die Linse **31** konvertiert das Licht, das von der Laserdiode **1** ausgesandt wird und durch die Lochblende **5a** hindurchläuft, in paralleles Licht in Richtung der Objektivlinse **6**, wenn sie sich in der Mitte der Schwingung, mit der die Linse **31** durch den Oszillator **7** in Schwingung versetzt wird, befindet.

[0137] In solch einer Ausführungsform wird die Beziehung zwischen einem Linsenpositionssignal über die Position der Linse **31** und dem Lichtempfangssignal, das durch die Fotodiode **2** gewonnen wird, wie es in [Fig. 2](#) gezeigt ist, gewonnen, wenn die Position der Linse **31** unter Verwendung der Laserdiode **62** und der PSD **63** festgestellt wird, so dass die Versetzung der Oberflächenposition des Messobjektes **90** und eine Dicke des Messobjektes **90** gemessen werden kann.

[0138] In der vorliegenden Ausführungsform ist die Objektivlinse entfernbar. Darüber hinaus können eine Vielzahl an Objektivlinsehalterungen **61**, die Objektivlinsen mit verschiedenen Brennweiten aufnehmen, vorbereitet werden und ausgetauscht werden, so dass eine Arbeitsentfernung von der Objektivlinse **6** zu dem Messobjekt **90** leicht geändert werden kann.

[Achte Ausführungsform]

[0139] Ein Versetzungssensor gemäß einer achten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung hat einen Hardware-Aufbau ähnlich zu den Ausführungsformen, die bis jetzt beschrieben wurden, und unterscheidet sich in der in der Verarbeitungseinheit ausgeführten Verarbeitung.

[0140] In der vorliegenden Ausführungsform erfasst die zentrale Verarbeitungsvorrichtung **51**, die eine Verarbeitungseinheit ist, im Voraus ein Niveau minimaler Sensitivität über die Eingabe-/Ausgabeeinheit **53**, bevor die Messung ausgeführt wird, und speichert das Niveau minimaler Sensitivität in der Speichereinheit **52**. Bei der Ausführung der Messung wird eine Linsenposition, bei der die maximale Lichtempfangsmenge gewonnen wird, für die bewegte Linse beruhend auf dem filterverarbeiteten Signal, das unter Bezug auf das in der Speichereinheit **52** gespeicherte Niveau minimaler Sensitivität einen das Niveau minimaler Sensitivität übersteigenden Wert aufweist, unter Bezug auf das filterverarbeitete Signal, das von der Signalverarbeitungseinheit **14** übergeben wurde, erfasst, und ein Abstand zu der Oberfläche des Messobjektes gemessen. Die zentrale Verarbeitungseinrichtung **51**, die die Funktion der Speicherung des Niveaus minimaler Sensitivität, das durch die Eingabe-/Ausgabeeinheit **53** erfasst wurde, in der Speichereinheit **52** durchführt, die Eingabe-/Ausgabeeinheit **53** und die Speichereinheit **52** bauen eine Einstelleinheit auf.

[0141] Die Information über den Abstand zu dem Messobjekt wird beruhend auf dem Signal, das das eingegebene und eingestellte Niveau minimaler Sensitivität der filterverarbeiteten Signale übersteigt, erfasst. Ein Niveau zur Entfernung einer Rauschkomponente kann geeignet gemäß der Größe des Streulichtes, das von außen eintritt, und der Lichtempfangsmenge, die entsprechend der Reflektivität und des Oberflächenzustands des Messobjektes **90** gewonnen wird, eingestellt werden.

[0142] Z. B. kann das Streulicht geeignet entfernt werden, indem eine Anpassung auf ein minimales Niveau der Lichtempfangssensitivität entsprechend der Einsatzumgebung durchgeführt wird, selbst wenn eine Vielzahl an Öffnungen vorliegt und ein verschwommenes Licht über die Öffnungen als Streulicht eintritt.

[0143] Daher kann die Rauschkomponente entfernt werden und eine stabile Versetzungsmessung durchgeführt werden.

[Andere Varianten]

[0144] Die Aufbauelemente, wie z. B. die Hochpassfilter-Schaltung und die Tiefpunkt-Halte-Schal-

tung, die in der Steuerung **50** angeordnet sind, und der Sensorkopf **60** jeder Ausführungsform, die oben beschrieben wurde, können als Hardware durch eine entsprechende elektrische Schaltung verwirklicht werden oder können implementiert werden, wenn die zentrale Verarbeitungseinheit **51** ein vorbestimmtes Programm, d. h. Software, ausführt.

[0145] Die hierin offenbarten Ausführungsformen sind in allen Aspekten darstellend und sollten nicht als einschränkend ausgelegt werden. Der Umfang der Erfindung ist durch die Ansprüche definiert viel mehr als durch die Beschreibung der Ausführungsformen, die oben gegeben wurde, und alle Modifikationen äquivalent in der Bedeutung zu den Ansprüchen und innerhalb deren Umfang sind beabsichtigt, mit darin umfassend zu sein.

[0146] Es ist beabsichtigt, die technische Idee, die in jeder Ausführungsform beschrieben wurde, unter weitestgehender Kombination umzusetzen.

Patentansprüche

1. Ein Versetzungssensor, umfassend:
eine Lichtprojektionseinheit (**1**) zum Aussenden von Licht konstanter Intensität oder von Licht, das im Zeitbereich eine bestimmte Frequenzkomponente oder eine Vielzahl von Frequenzkomponenten aufweist;
ein Lichtabschirmungselement (**5**) mit einer Öffnung (**5a**), wobei das Lichtabschirmungselement (**5**) wenigstens einen Teil des vor der Lichtprojektionseinheit (**1**) ausgesandten Lichtes abschirmt, und die Öffnung (**5a**) von anderen Anteilen des von der Lichtprojektionseinheit (**1**) ausgesandten Lichtes derart durchlaufen wird, dass ein divergierendes Lichtbündel gebildet wird;
eine Abtastfokussierungseinheit (**6, 7**) zum Fokussieren des durch die Öffnung (**5a**) hindurchgelaufenen divergierenden Lichtes in Richtung des Messobjektes (**90**) und zum Ändern einer Fokusposition des Lichtes in einer im Voraus bestimmten Art und Weise entlang der optischen Achse und zum Leiten reflektierten Lichtes, das von dem Messobjekt (**90**) reflektiert wurde, zu der Öffnung (**5a**) in entgegengesetzter Richtung des divergierenden Lichtbündels, wobei sich der Anteil des durch die Öffnung (**5a**) laufenden reflektierten Lichtes durch den Betrieb der Abtastfokussierungseinheit (**6, 7**) ändert;
ein Trennelement (**3**) zum Trennen des reflektierten Lichtes, das durch die Öffnung (**5a**) gelaufen ist, von dem Licht, das von der Lichtprojektionseinheit (**1**) zu der in dem Lichtabschirmungselement (**5**) gebildeten Öffnung (**5a**) läuft;
eine Lichtempfangseinheit (**2**) zum Empfangen des reflektierten Lichtes, das durch das Trennelement (**3**) getrennt wurde, und zur Ausgabe eines einer empfangenen Lichtintensität entsprechenden Lichtempfangssignals;

eine Filtereinheit (11) zur Gewinnung eines filterverarbeiteten Signals, die einen konstanten Anteil des Lichtempfangssignals oder einen Anteil des Lichtempfangssignals, der die Frequenzkomponente oder wenigstens eine der Vielzahl von Frequenzkomponenten aufweist, aus dem Lichtempfangssignal entfernt;

eine Verarbeitungseinheit (51) zur Erfassung von Information über einen Abstand zu dem Messobjekt (90) beruhend auf einer Änderung des filterverarbeiteten Signals, die durch den Betrieb der Abtastfokussierungseinheit (6, 7) auftritt.

2. Versetzungssensor gemäß Anspruch 1, wobei die Lichtprojektionseinheit (1) Licht von einer Laserdiode derart aussendet, dass ein auf dem Lichtabschirmungselement (5) gebildeter Lichtpunkt die Öffnung (5a) beinhaltet;

3. Versetzungssensor gemäß Anspruch 1, wobei die Filtereinheit einen Minimumwert des Lichtempfangssignals, der gewonnen wird, wenn die Fokussposition des fokussierten Lichtes sich entlang der optischen Achse ändert, als einen Offset-Wert aus dem Lichtempfangssignal entfernt.

4. Versetzungssensor gemäß Anspruch 1, wobei die Filtereinheit (11) den konstanten Anteil des Lichtempfangssignals oder den Anteil des Lichtempfangssignals, der die Frequenzkomponente oder wenigstens eine der Vielzahl von Frequenzkomponenten aufweist, in einem Zustand, in dem das fokussierte Licht nicht auf das Messobjekt ausgesendet wird, als einen Offset-Wert aus dem Lichtempfangssignal entfernt.

5. Versetzungssensor gemäß Anspruch 1, wobei die Lichtprojektionseinheit (1) Licht linearer Polarisation aussendet;
das Lichtabschirmungselement (5) ein Objekt mit Eigenschaft spiegelnder Reflexion ist;
ein Polarisationsselement (8) zwischen dem Trennelement (3) und der Lichtempfangseinheit (2) angeordnet ist, wobei das Polarisationsselement (8) zur Entfernung des Rückkehrlichtes, das erzeugt wird, wenn das von der Lichtprojektionseinheit (1) ausgesendete Licht linearer Polarisation durch das Abschirmungselement (5) spiegelreflektiert wird, und zum Leiten des Lichtes mit einer Polarisationsrichtung orthogonal zu der Polarisationsrichtung des Rückkehrlichtes zu der Lichtempfangseinheit vorgesehen ist.

6. Versetzungssensor gemäß Anspruch 1, wobei die Lichtprojektionseinheit (1) Licht linearer Polarisation aussendet;
das Lichtabschirmungselement (5) ein Objekt mit Eigenschaft spiegelnder Reflexion ist; und
das Trennelement (3) ein Polarisationsstrennungselement zum Durchleiten des von der Lichtprojektionseinheit (1) ausgesandten Lichtes linearer Polarisati-

on und zum Leiten des durchgeleiteten Lichtes zu der Öffnung (5a) und zum Reflektieren des Lichtes mit einer Polarisationskomponente senkrecht zu der linearen Polarisation in eine unterschiedliche Richtung, oder ein Polarisationsstrennungselement zum Reflektieren des von der Lichtprojektionseinheit (1) ausgesandten Lichtes linearer Polarisation und zum Leiten des reflektierten Lichtes zu der Öffnung (5a) und zum Transmittieren des Lichtes einer Polarisationskomponente orthogonal zu der linearen Polarisation ist.

7. Versetzungssensor gemäß Anspruch 5 oder 6, wobei die Lichtprojektionseinheit (1) Licht mit einer Wellenlänge λ aussendet; und eine $\lambda/4$ -Platte (10) weiterhin zwischen der Öffnung (5a) und dem Messobjekt (90) angeordnet ist.

8. Versetzungssensor gemäß Anspruch 1, wobei die Abtastfokussierungseinheit (6, 7) umfasst, eine Objektivlinse (6) und eine Oszillations-Kollimator-Linseneinheit, die entlang der optischen Achse hin- und herschwingt, wobei die Oszillations-Kollimator-Linse das divergierende Licht in paralleles Licht fokussiert und das parallele Licht in Richtung der Objektivlinse (6) zu einem vorbestimmten Zeitpunkt während eines Ablaufes, der durch die hin- und herschwingende Oszillations-Kollimator-Linseneinheit durchgeführt wird, leitet; wobei der Sensor weiterhin aufweist: ein Gehäuse zur Aufnahme eines optischen Systems, das wenigstens die Oszillations-Kollimator-Linseneinheit und das Abschirmungselement (5) beinhaltet, einen Objektivlinsenhalter (61) zur Halterung der Objektivlinse (6); wobei das Gehäuse mit einem Lichteingang/Lichtausgang (66) an einer Position ausgestattet ist, die einer Linsenoberfläche der Oszillations-Kollimator-Linseneinheit auf der Seite, die der Objektivlinse (6) am Nächsten ist, gegenüber liegt und die Objektivlinsenhalterung an dem Lichteingang/Lichtausgang (66) entfernbar ist.

9. Versetzungssensor gemäß Anspruch 1, weiterhin aufweisend: eine Einstelleinheit zur Einstellung eines Niveaus minimaler Sensitivität, das einen Minimumwert des zu verarbeitenden filterverarbeiteten Signals festlegt, wobei die Verarbeitungseinheit (51) Information über die Entfernung zu dem Messobjekt (90) beruhend auf einer Änderung eines Signals, das den durch das Niveau minimaler Sensitivität des filterverarbeiteten Signals definierten Minimumwert übersteigt, erfasst.

Es folgen 12 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

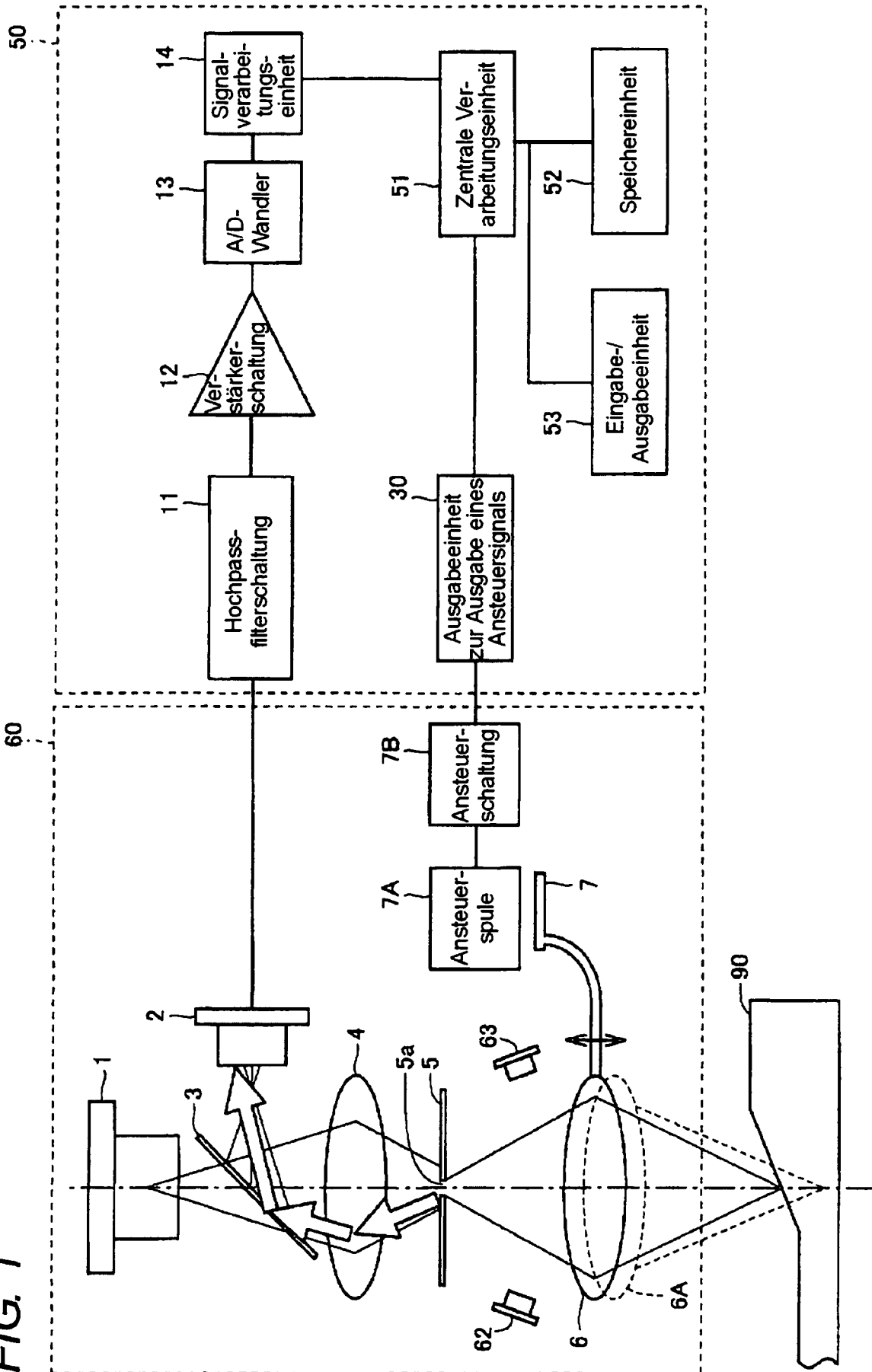


FIG. 2

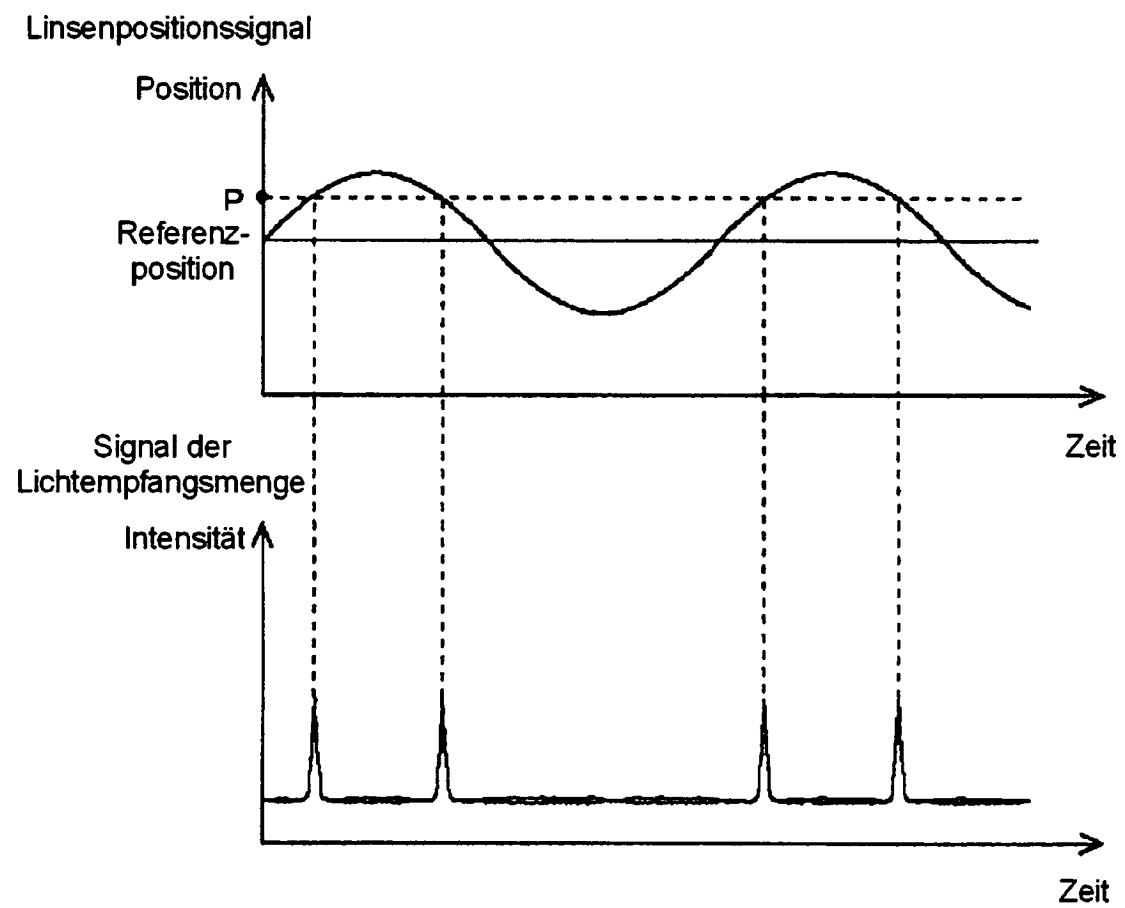


FIG. 3A

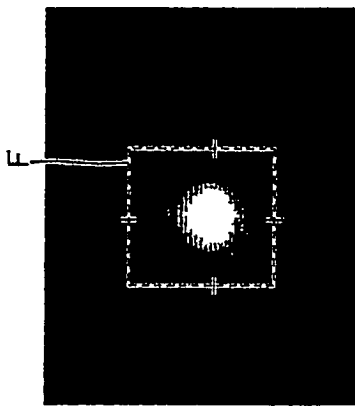


FIG. 3B

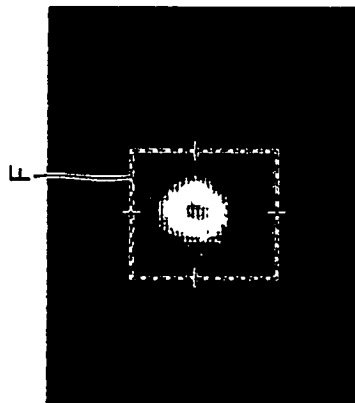


FIG. 3C

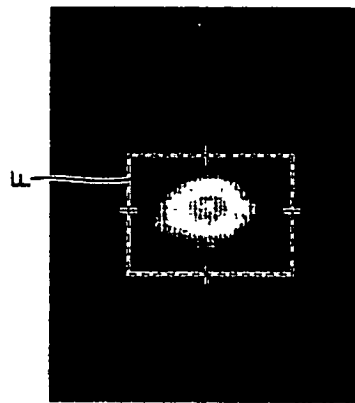


FIG. 3D

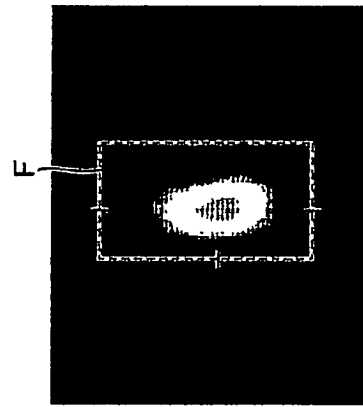
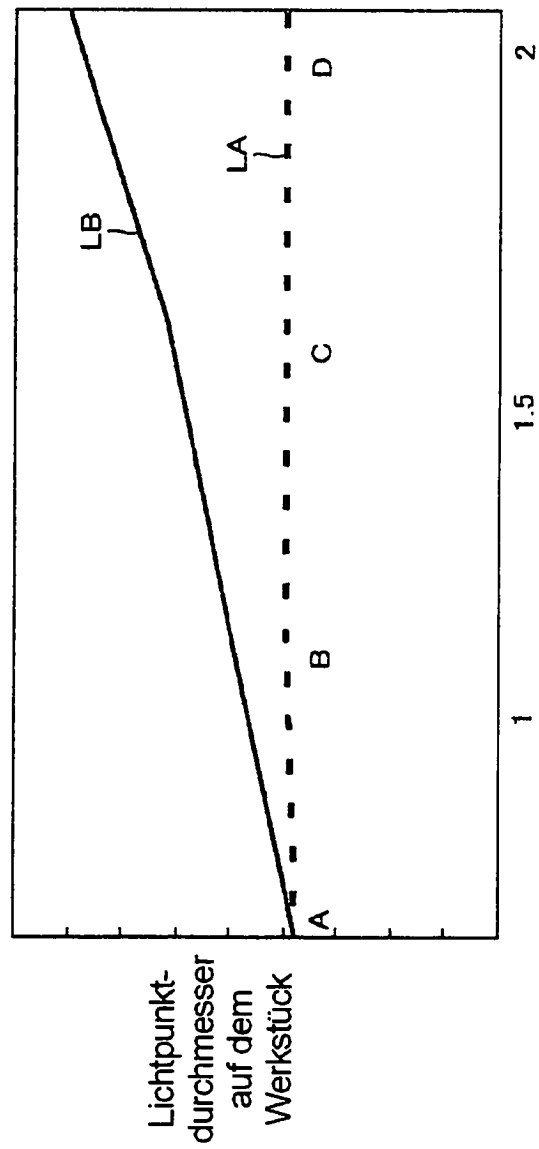


FIG. 3E Beziehung des Lochblendendurchmessers mit dem Lichtpunktdurchmesser auf dem Werkstück



Lochblendendurchmesser/Lichtpunktdurchmesser auf der Lochblende (kleinere Achse)

FIG. 3F

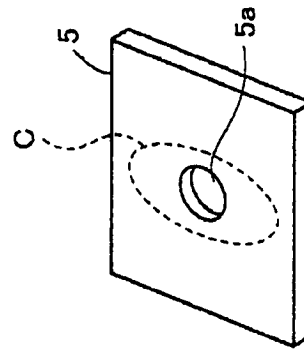


FIG. 4

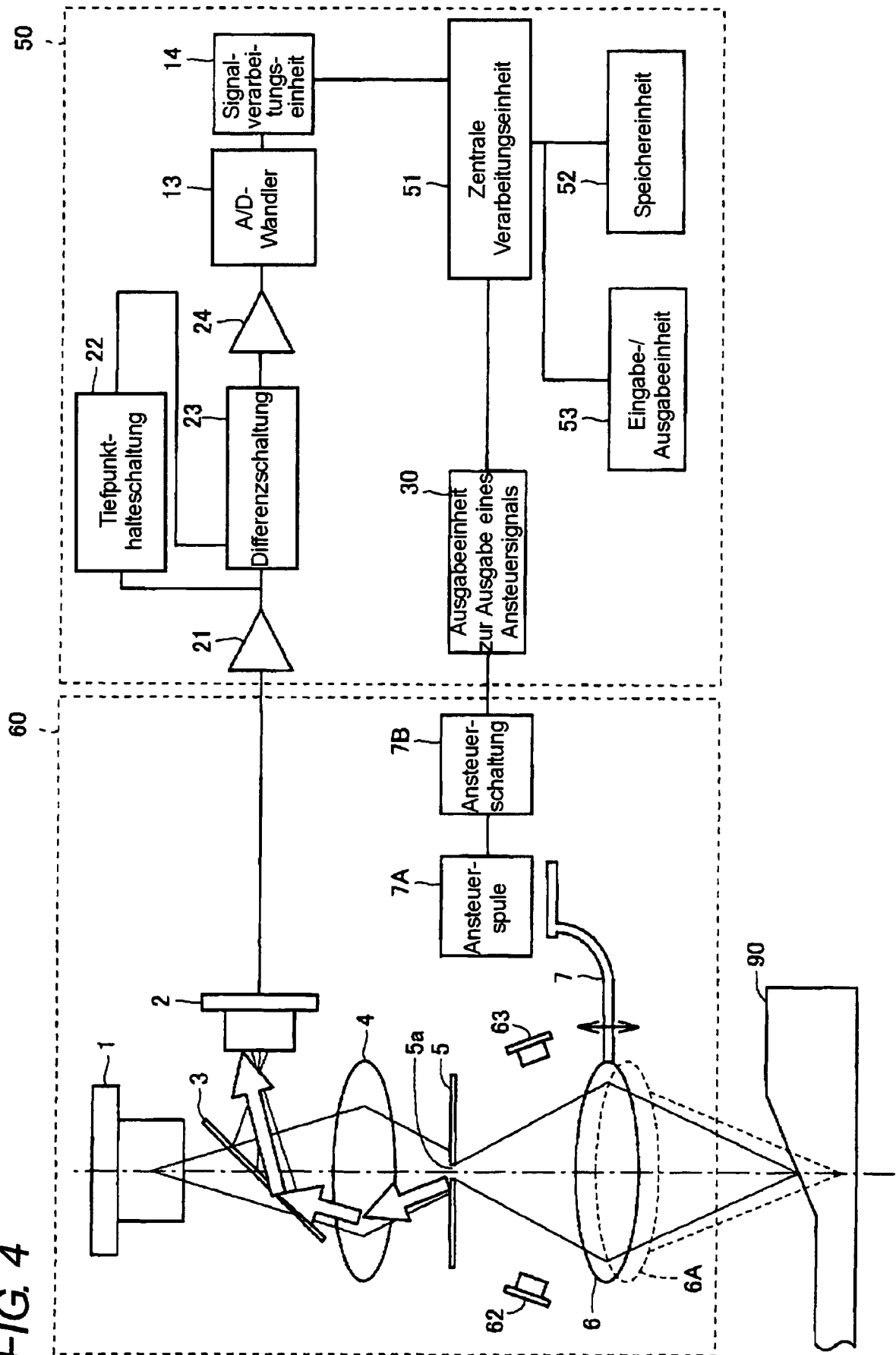


FIG. 5A

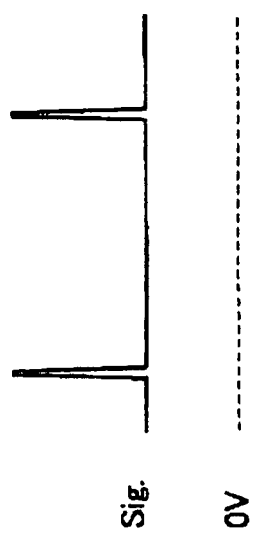


FIG. 5B

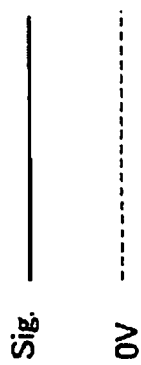


FIG. 5C



FIG. 5D



FIG. 6

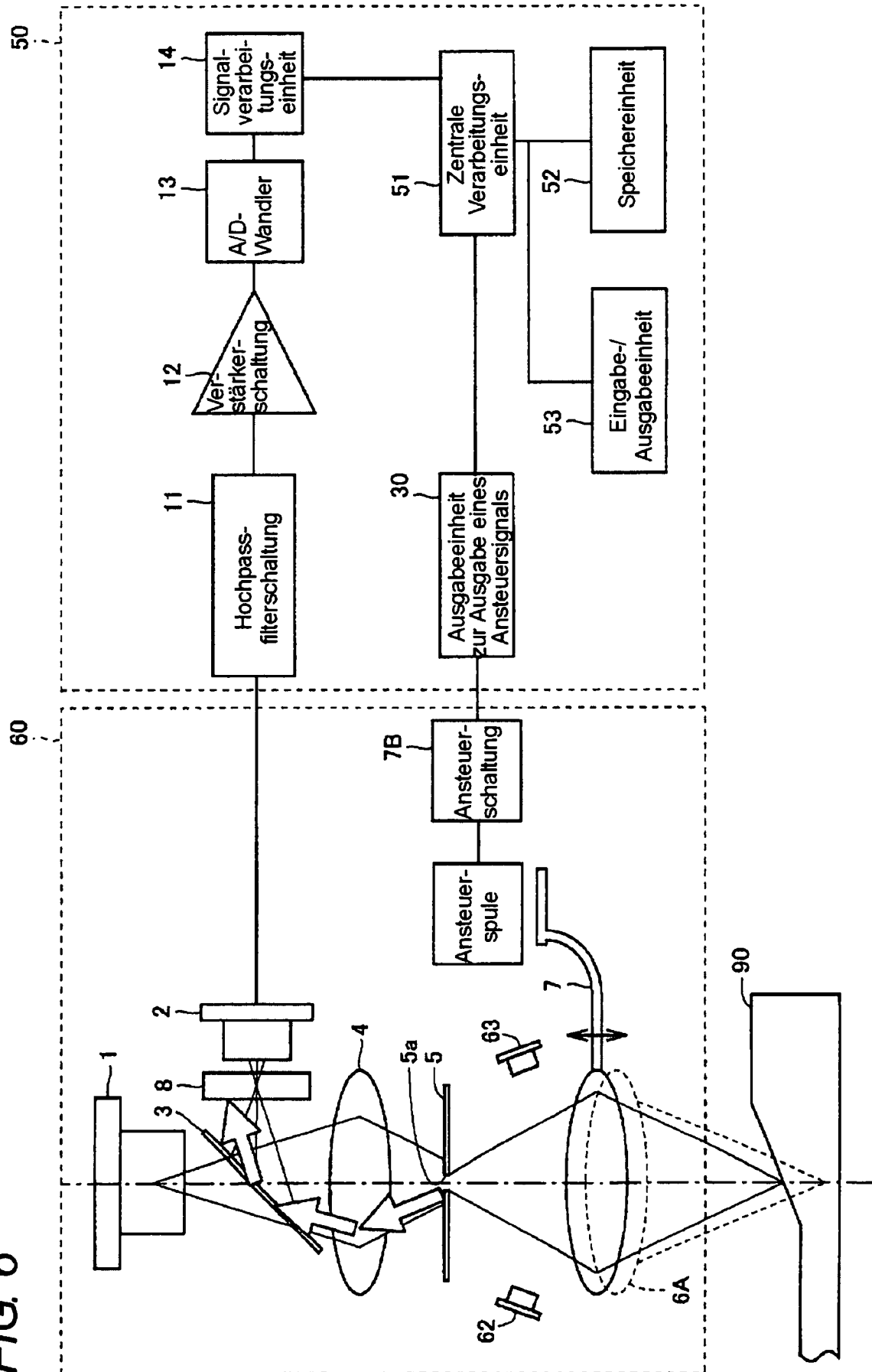


FIG. 7

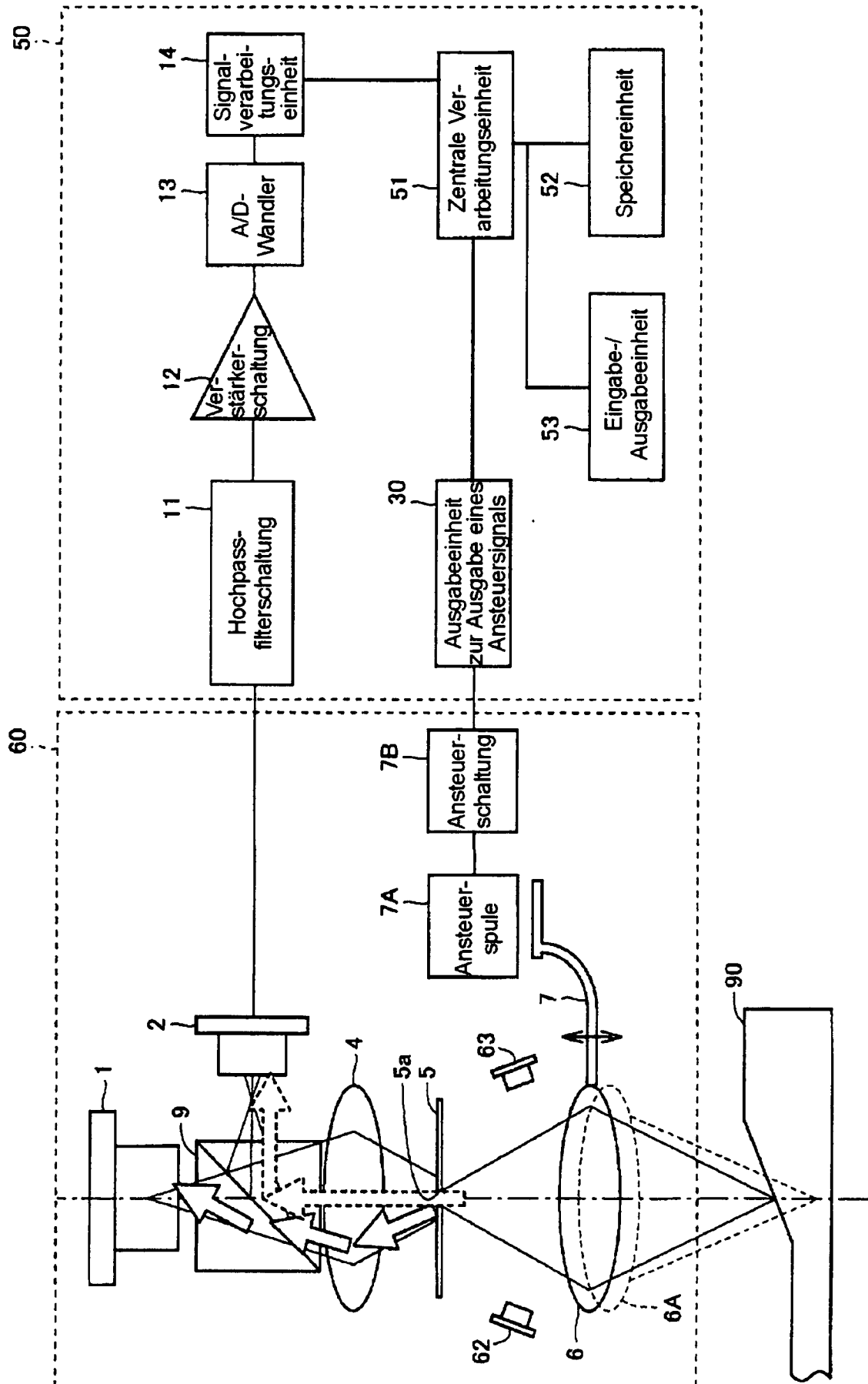


FIG. 8

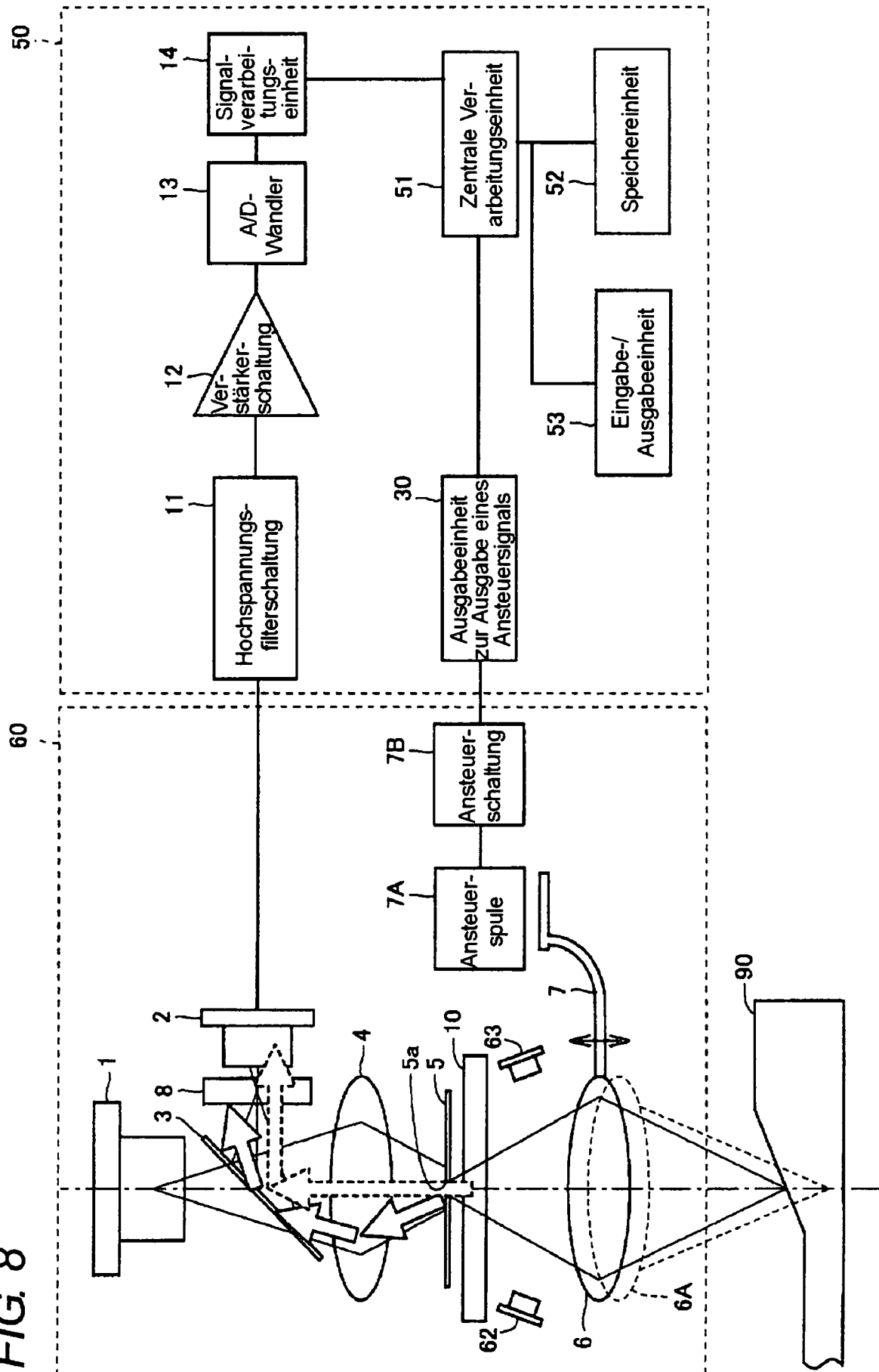


FIG. 9

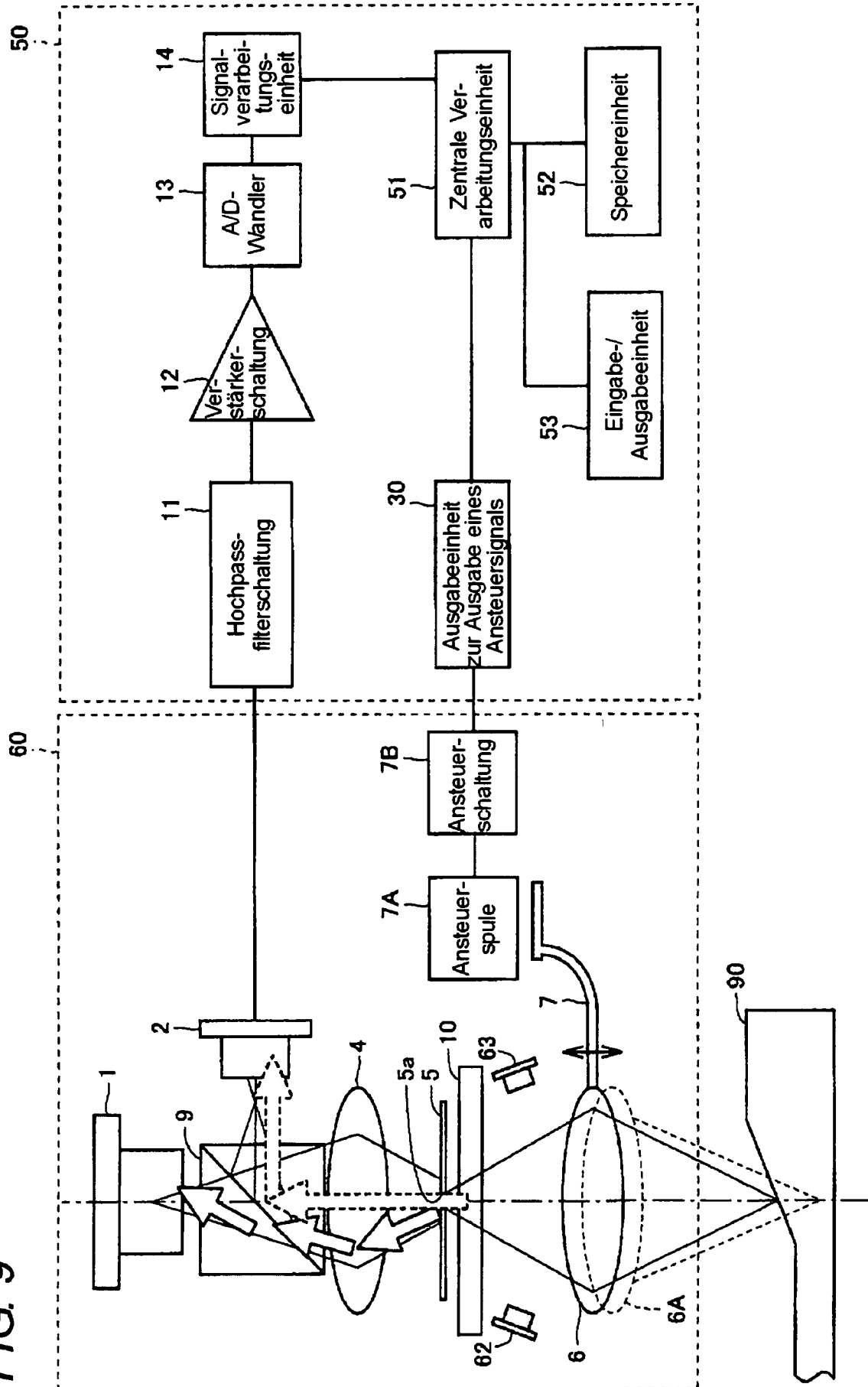


FIG. 10

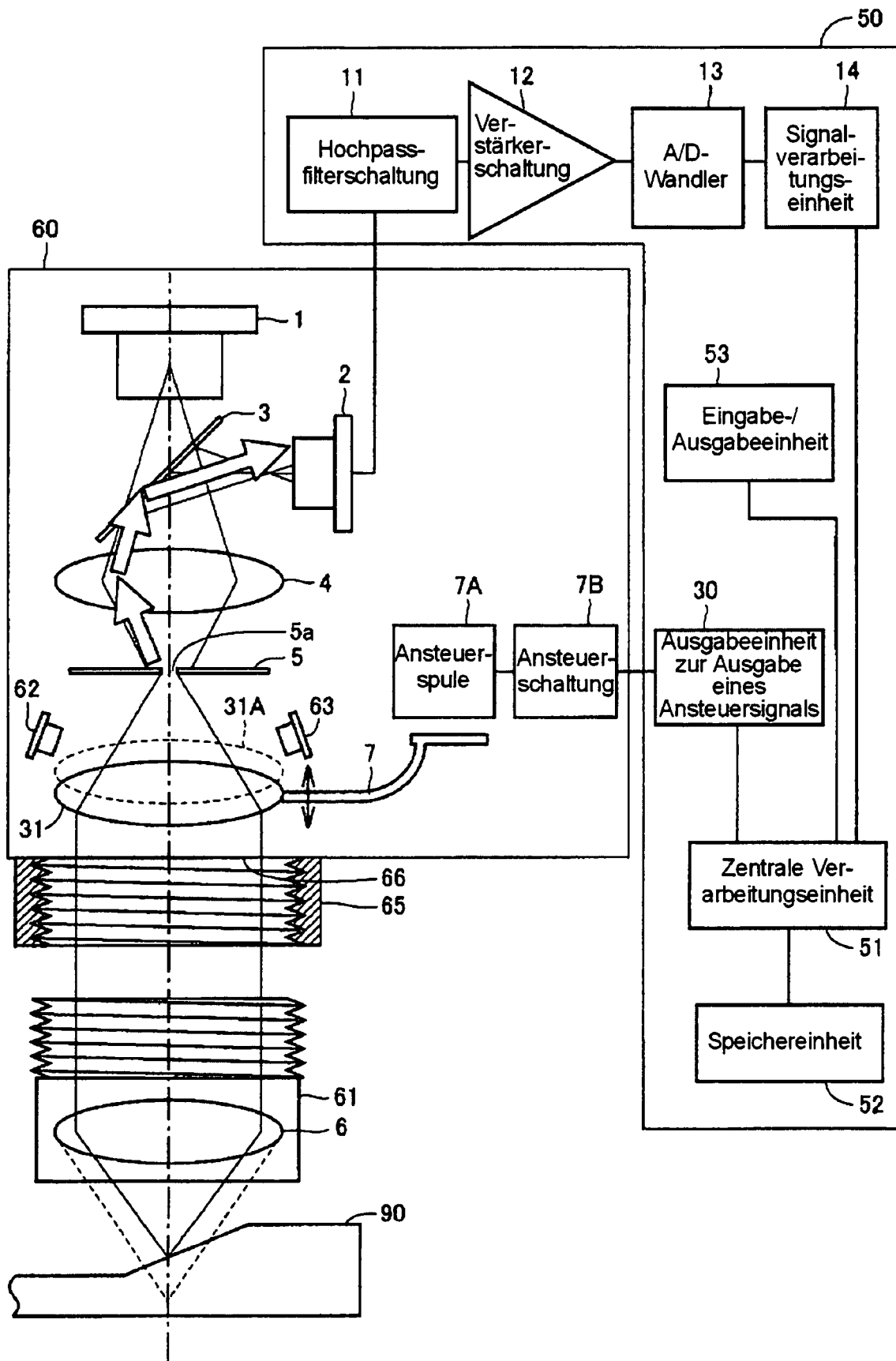


FIG.11A

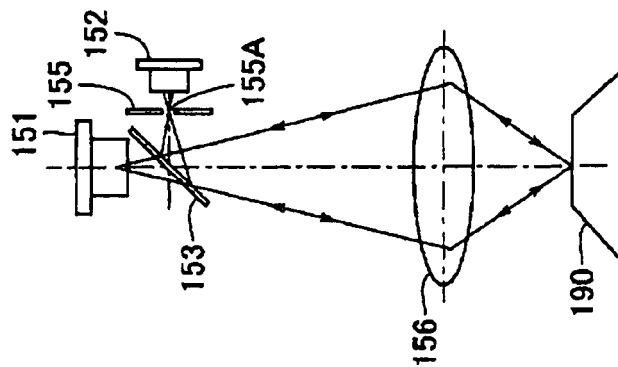


FIG.11B

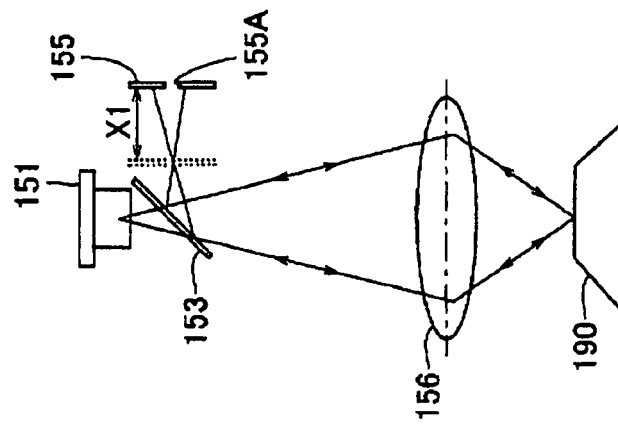


FIG.11C

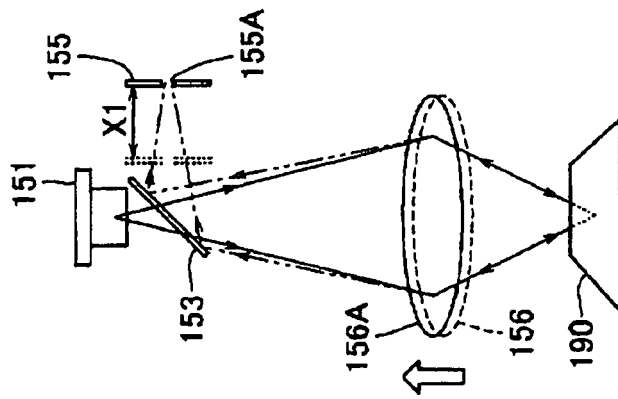


FIG.11D

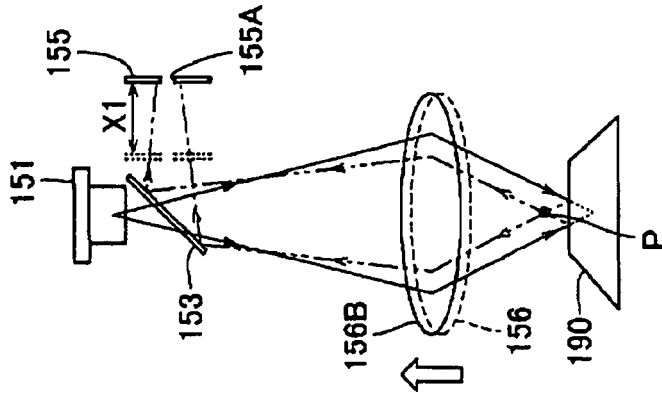


FIG. 12

