



(12)

## Veröffentlichung

der internationalen Anmeldung mit der  
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2019/159627**  
in der deutschen Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2  
IntPatÜG)  
(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2019 000 783.1**  
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2019/002216**  
(86) PCT-Anmeldetag: **24.01.2019**  
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **22.08.2019**  
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung  
in deutscher Übersetzung: **05.11.2020**

(51) Int Cl.: **G02B 7/28 (2006.01)**

**G02B 7/32 (2006.01)**  
**G02B 21/26 (2006.01)**  
**G03B 13/36 (2006.01)**  
**H04N 5/225 (2006.01)**  
**H04N 5/232 (2006.01)**

(30) Unionspriorität:  
**2018-024408**      **14.02.2018**      **JP**

(71) Anmelder:  
**Riken, Wako-shi, Saitama, JP**

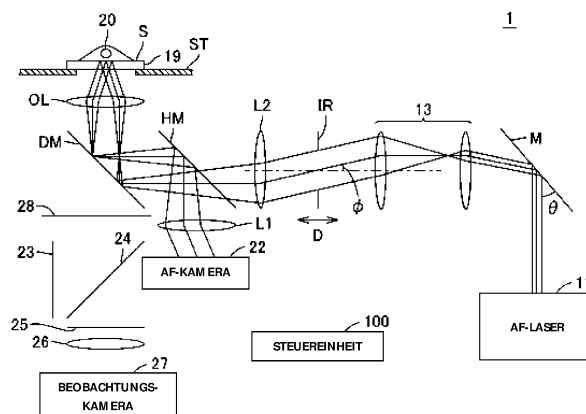
(74) Vertreter:  
**Maiwald Patentanwalts- und  
Rechtsanwalts-gesellschaft mbH, 80335 München,  
DE**

(72) Erfinder:  
**Yasui, Masato, Wako-shi, Saitama, JP; Hiroshima,  
Michio, Wako-shi, Saitama, JP; Ueda, Masahiro,  
Wako-shi, Saitama, JP**

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.**

(54) Bezeichnung: **Autofokusvorrichtung und optische Apparatur und Mikroskop mit derselben**

(57) Zusammenfassung: Eine Autofokusvorrichtung umfasst einen Tisch (ST), der ein Glaselement (19) trägt, auf dem eine Probe (20) platziert wird, ein optisches Vergrößerungssystem (L2, HM, DM, OL), das zur Beobachtung der Probe (20) verwendet wird, eine Lichtquellenvorrichtung (11, M, 13), die über das optische Vergrößerungssystem einen Lichtstrahl zur Probe (20) aussendet, eine Blende, die an einer Position gegenüber der Probe (20) des optischen Vergrößerungssystems angeordnet und so eingerichtet ist, dass sie den von der Lichtquellenvorrichtung emittierten Lichtstrahl begrenzt, und eine AF-Kamera (22), die über das optische Vergrößerungssystem einen reflektierten Lichtstrahl empfängt, der von einer Reflexionsfläche (S) reflektiert wird, nachdem der Lichtstrahl über die Blende (IR) und das optische Vergrößerungssystem ein Glaselement (19) erreicht hat. Die Lichtquellenvorrichtung emittiert den Lichtstrahl in einem von Null verschiedenen Winkel ( $\phi$ ) relativ zur Achse des optischen Vergrößerungssystems. Die Steuereinheit (100) stellt die Position des Tisches (ST) so ein, dass die Position eines aufgenommenen Bildes einer Abschirmung mit einer Zielposition übereinstimmt. Mit einer solchen Konfiguration ist es möglich, den Autofokus mit hoher Geschwindigkeit zu erreichen.



**Beschreibung**

## TECHNISCHES GEBIET

**[0001]** Die vorliegende Offenlegung betrifft eine Autofokusvorrichtung, einen optischen Apparat und ein Mikroskop mit einer solchen Autofokusvorrichtung.

## HINTERGRUND

**[0002]** Im Allgemeinen wird die Auflösung eines Mikroskops durch dessen numerische Apertur (NA) bestimmt. Wenn die numerische Apertur größer ist, ist die Auflösung des erhaltenen Bildes höher, aber die Schärfentiefe ist kürzer, so dass es schwierig ist, die Scharfeinstellung vorzunehmen.

**[0003]** Die Automatisierung von Mikroskopen mit einer großen numerischen Apertur, wie z.B. ein Bildgebungsgerät mit Superauflösung, ist nicht sehr verbreitet. Der Grund, warum die Automatisierung nicht verbreitet ist, liegt darin, dass es keine geeignete Technik gibt, die den Autofokus mit hoher Präzision, großer Reichweite und hoher Geschwindigkeit durchführen kann.

**[0004]** Konventionell gibt es viele Autofokusmethoden, und sie werden im Wesentlichen in zwei Arten eingeteilt, die im Folgenden beschrieben werden. Alle diese Autofokusmethoden haben ein Problem mit der Fokussierpräzision, dem Fokussierbereich und/oder der Fokussiergeschwindigkeit.

**[0005]** **Fig. 30** ist ein Diagramm, das eine erste Verfahrensweise nach dem Stand der Technik veranschaulicht. Die erste Verfahrensweise basiert auf dem Kontrast des von einer Kamera aufgenommenen Bildes einer Blende. Wie in **Fig. 30** dargestellt, wird bei der ersten Verfahrensweise eine Irisblende **502** an einer Position angeordnet, die konjugiert zu einer auf der Bodenfläche eines Glasbehälters **501** platzierten Probe ist, und ein Bild der Irisblende **502** wird an der Position der Probe (auf der Bodenfläche des Glasbehälters) erzeugt. Dann wird das Bild der von der Glasoberfläche reflektierten Iris von einer Kamera **503** aufgenommen. Das Bild der Probe wird fokussiert, indem eine Stufenabtastung durchgeführt wird, bei der der Glasbehälter oder das Objektiv in vertikaler Richtung bewegt wird, um das Bild der Iris zu fokussieren. Nach der ersten Verfahrensweise ist es möglich, ein Mikroskop mit einer großen numerischen Apertur mit hoher Präzision automatisch zu fokussieren.

**[0006]** Das Problem bei der ersten Verfahrensweise besteht darin, dass während des Scharfstellens die Tischabtastung erforderlich ist, was zeitaufwendig ist. Abhängig von der Geschwindigkeit des Stage-Scans dauert es normalerweise etwa zehn Sekunden. Um die Fokussierungszeit zu verkürzen, kann

die Tischabtastung durch die Verwendung eines Multifokalsystems mit zwei Kameras eliminiert werden, was zu dem Problem führen kann, dass der Bereich für die Betrachtung des Bildes der Blende schmal ist.

**[0007]** **Fig. 31** ist ein Diagramm, das eine zweite Verfahrensweise nach dem Stand der Technik veranschaulicht. Die zweite Verfahrensweise führt die Fokussierung auf der Grundlage der Position eines reflektierten Lichtstrahls auf der Glasoberfläche durch. Der Lichtstrahl einer LED **561** durchquert eine Objektivlinse **523** und trifft in einem Winkel auf eine Probe **522**. Anschließend wird der reflektierte Lichtstrahl von einer CCD-Kamera **564** erfasst. Bei der zweiten Verfahrensweise kann der Fokus konstant gehalten werden, da die Strahlposition zur Mitte hingesteuert werden kann.

**[0008]** Das Problem bei der zweiten Verfahrensweise ist, dass die Fokusgenauigkeit schlecht ist. Die schlechte Fokuspräzision wird durch die Verzerrung des optischen Systems verursacht. Wenn die Position des Lichtstrahls aufgrund der Verzerrung des optischen Systems um X abweicht, dann weicht die Position des einfallenden Lichtstrahls um X/Vergrößerung ab. Da eine solche Abweichung durch verschiedene externe Faktoren wie Wärme und Vibrationen verursacht werden kann, ist es notwendig, den Versatz jedes Mal anzupassen. Weiterhin hängen der Fokusbereich und die Fokusgenauigkeit vom Winkel ab, unter dem der Lichtstrahl auf die Glasoberfläche **S** auftrifft.

## ZITIERLISTE

## PATENTLITERATUR

PTL 1: Japanische Patentoffenlegung 2015-227940

PTL 2: Japanisches Patent 5621259

## ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

## TECHNISCHES PROBLEM

**[0009]** Auf traditionelle Weise war es schwierig, den Autofokus mit hoher Präzision, großer Reichweite und hoher Geschwindigkeit gleichzeitig durchzuführen. Diese drei Faktoren sind jedoch für die Automatisierung von Mikroskopen mit einer großen numerischen Apertur aus folgenden Gründen notwendig. Erstens, da das Mikroskop mit einer großen numerischen Apertur eine kurze Schärfentiefe hat, wird das Bild unscharf, wenn es nicht automatisch mit hoher Präzision fokussiert wird. Wenn die Fokussierungspräzision nicht über einen längeren Zeitraum beibehalten werden kann, ist es außerdem erforderlich, die Fokussierung jedes Mal durchzuführen, was den Automatisierungsgrad verringert. Zweitens kann ein Spalt zwischen der zu beobachtenden Probe und der Objektivlinse zum Zeitpunkt der Bewegung des Ti-

schies variieren. Wenn der Spalt nicht in den Fokusbereich fällt, kann der Autofokus nicht durchgeführt werden. Drittens ist es für eine effiziente Abbildung einer Probe erforderlich, die Fokussierung schnell durchzuführen. Wie oben beschrieben, ist eine Technologie zur Durchführung des Autofokus mit hoher Präzision, großer Reichweite und hoher Geschwindigkeit für die Automatisierung von Mikroskopen unerlässlich.

**[0010]** Ein Gegenstand der vorliegenden Offenlegung ist die Bereitstellung einer Autofokusvorrichtung, die in der Lage ist, den Autofokus mit hoher Präzision, großem Bereich und hoher Geschwindigkeit durchzuführen, selbst in einem Mikroskop mit großer numerischer Apertur und eines optischen Geräts und eines Mikroskops einschließlich der Autofokusvorrichtung.

**[0011]** In Bezug auf einen Aspekt stellt die vorliegende Offenlegung eine Autofokusvorrichtung bereit, die in einem optischen Apparat verwendet werden kann, der mit einem Tisch ausgestattet ist, der ein transparentes Element trägt, auf dem ein Beobachtungsobjekt platziert wird, sowie ein optisches Vergrößerungssystem, das zur Beobachtung des Beobachtungsobjekts verwendet wird. Die Autofokusvorrichtung umfasst: eine Lichtquellenvorrichtung, die über das optische Vergrößerungssystem einen Lichtstrahl zu dem Beobachtungsobjekt aussendet; eine Abschirmung, die an einer dem Beobachtungsobjekt gegenüberliegenden Position relativ zu dem optischen Vergrößerungssystem angeordnet und so eingerichtet ist, dass sie den von der Lichtquellenvorrichtung ausgesandten Lichtstrahl begrenzt; eine Lichtfassungseinheit, die über das optische Vergrößerungssystem einen reflektierten Lichtstrahl empfängt, der von einer Reflexionsoberfläche des transparenten Elements reflektiert wird, nachdem der von der Lichtquellenvorrichtung ausgesandte Lichtstrahl über die Abschirmung und das optische Vergrößerungssystem die Reflexionsoberfläche erreicht hat; und eine Steuereinheit, die die Position des Tisches oder des optischen Vergrößerungssystems steuert. Die Steuereinheit stellt die Position des Tisches oder des optischen Vergrößerungssystems auf der Grundlage eines von der Abschirmung reflektierten Lichtstrahls ein, der durch Bestrahlen des Beobachtungsobjekts mit dem Lichtstrahl erhalten wird, der von der Lichtquellenvorrichtung emittiert und durch die Abschirmung unter einer Vielzahl von verschiedenen Bedingungen begrenzt wird.

**[0012]** Vorzugsweise ist die Lichtquellenvorrichtung so eingerichtet, dass sie einen Winkel des Lichtstrahls relativ zur Abschirmung einstellt.

**[0013]** Vorzugsweise umfasst die Autofokusvorrichtung ferner ein optisches Element, das einen Teil des Lichtstrahls reflektiert, der von der Lichtquellen-

vorrichtung emittiert und durch die Abschirmung begrenzt wird. Der von der Lichtquellenvorrichtung emittierte und vom optischen Element reflektierte Lichtstrahl trifft auf das Beobachtungsobjekt auf.

**[0014]** Vorzugsweise umfasst die Autofokusvorrichtung ferner ein optisches Element, das einen Teil des von der Lichtquellenvorrichtung emittierten und durch die Abschirmung begrenzten Lichtstrahls blockiert, abschwächt oder reflektiert. Ein Teil des Lichtstrahls, der von der Lichtquellenvorrichtung emittiert wird und nicht durch das optische Element blockiert, abgeschwächt und reflektiert wird, trifft auf das Beobachtungsobjekt auf.

**[0015]** Vorzugsweise bestimmt die Steuereinheit einen Steuerzielwert aus der Position eines Reflexionsbildes der Abschirmung, das unter der Vielzahl unterschiedlicher Bedingungen erhalten wurde, und stellt die Position des Tisches oder des optischen Vergrößerungssystems entsprechend ein.

**[0016]** Noch bevorzugter bestimmt die Steuereinheit einen Steuerzielwert aus einer Lichtintensität, die durch Unterteilen des unter einer Vielzahl von verschiedenen Bedingungen erhaltenen Bildes der Abschirmung in eine Vielzahl von Abschnitten und Integrieren der Lichtintensität jedes Abschnitts erhalten wird, und stellt die Position des Tisches oder des optischen Vergrößerungssystems entsprechend ein.

**[0017]** Nach einem anderen Aspekt wird in der vorliegenden Offenlegung eine Autofokusvorrichtung bereitgestellt, die in einem optischen Gerät verwendet wird, das mit einem Tisch ausgestattet ist, der ein durchsichtiges Element trägt, auf dem ein Beobachtungsobjekt platziert wird, sowie ein optisches Vergrößerungssystem, das zur Beobachtung des Beobachtungsobjekts verwendet wird. Die Autofokusvorrichtung umfasst: eine Lichtquellenvorrichtung, die über das optische Vergrößerungssystem einen Lichtstrahl zu dem Beobachtungsobjekt aussendet; eine Abschirmung, die an einer dem Beobachtungsobjekt gegenüberliegenden Position relativ zu dem optischen Vergrößerungssystem angeordnet und so eingerichtet ist, dass sie den von der Lichtquellenvorrichtung ausgesandten Lichtstrahl begrenzt; eine Abbildungseinheit, die über das optische Vergrößerungssystem einen reflektierten Lichtstrahl empfängt, der von einer Reflexionsoberfläche des transparenten Elements reflektiert wird, nachdem der von der Lichtquellenvorrichtung ausgesandte Lichtstrahl über die Abschirmung und das optische Vergrößerungssystem die Reflexionsoberfläche erreicht hat; und eine Steuereinheit, die die Position des Tisches oder des optischen Vergrößerungssystems steuert. Die Lichtquellenvorrichtung emittiert den Lichtstrahl in einem von Null verschiedenen Winkel relativ zur Achse des optischen Vergrößerungssystems. Die Steuereinheit stellt die Position des Tisches oder des op-

tischen Vergrößerungssystems so ein, dass die Position eines von der Abbildungsvorrichtung erfassten Bildes der Abschirmung mit einer Zielposition übereinstimmt.

**[0018]** Vorzugsweise stellt die Steuereinheit die Position des Tisches oder des optischen Vergrößerungssystems so ein, dass die Position einer Blende der Abschirmung in dem von der Abbildungsvorrichtung erfassten Bild der Abschirmung mit der Zielposition übereinstimmt.

**[0019]** Vorzugsweise führt die Steuereinheit eine Bildverarbeitung an dem von der Abbildungsvorrichtung erfassten Bild durch, um die Außenseite der Blende von der Innenseite der Blende im Bild der Abschirmung zu trennen.

**[0020]** Vorzugsweise ist die Lichtquellenvorrichtung so eingerichtet, dass sie einen Winkel des Lichtstrahls relativ zur Abschirmung einstellt, und die Steuereinheit ist so eingerichtet, dass sie die Position des Tisches oder des optischen Vergrößerungssystems so einstellt, dass ein Unterschied zwischen einer ersten Position eines Bildes der Abschirmung und einer zweiten Position eines Bildes der Abschirmung gleich einem Zielwert gemacht wird, wobei die erste Position erhalten wird, wenn der Lichtstrahl von der Lichtquellenvorrichtung unter einem ersten Winkel emittiert wird, und die zweite Position erhalten wird, wenn der Lichtstrahl von der Lichtquellenvorrichtung unter einem zweiten, vom ersten Winkel verschiedenen Winkel emittiert wird.

**[0021]** Vorzugsweise ist die Lichtquellenvorrichtung so eingerichtet, dass sie einen Winkel des Lichtstrahls relativ zu der Abschirmung einstellt, und die Steuereinheit ist so eingerichtet, dass sie die Position des Tisches oder des optischen Vergrößerungssystems auf der Grundlage einer ersten Position eines Bildes der Abschirmung grob einstellt, wenn der Lichtstrahl von der Lichtquellenvorrichtung unter einem ersten Winkel emittiert wird, und die Position des Tisches oder des optischen Vergrößerungssystems auf der Grundlage einer zweiten Position eines Bildes der Abschirmung fein einstellt, wenn der Lichtstrahl von der Lichtquellenvorrichtung unter einem zweiten Winkel emittiert wird, der größer als der erste Winkel ist.

**[0022]** Vorzugsweise umfasst die Lichtquellenvorrichtung eine Lichtquelle, die einen Lichtstrahl mit hoher Linearität emittiert, und ein elektrisch-optisches Element, das so eingerichtet ist, dass es einen von der Lichtquelle emittierten Lichtstrahl empfängt und einen Einfallswinkel des von der Lichtquellenvorrichtung emittierten Lichtstrahls in Richtung der Abschirmung einstellt, und die Steuereinheit ist so eingerichtet, dass sie den Winkel des elektrisch-optischen Elements in dem Fall einstellt, wenn der Winkel des von

der Lichtquellenvorrichtung emittierten Lichtstrahls gleich dem ersten Winkel ist, der sich von dem Fall unterscheidet, wenn der Winkel des von der Lichtquellenvorrichtung emittierten Lichtstrahls gleich dem zweiten Winkel ist.

**[0023]** Vorzugsweise umfasst das optische Vergrößerungssystem eine Objektivlinse, einen Halbspiegel, eine lichtquellenseitige Abbildungslinse, die auf einem optischen Pfad eines optischen Pfades für einen durch den Halbspiegel geführten Lichtstrahl und eines optischen Pfades für einen von dem Halbspiegel reflektierten Lichtstrahl angeordnet ist, und eine kameraseitige Abbildungslinse, die auf dem anderen optischen Pfad eines optischen Pfades für einen durch den Halbspiegel geführten Lichtstrahl und eines optischen Pfades für einen von dem Halbspiegel reflektierten Lichtstrahl angeordnet ist.

**[0024]** Vorzugsweise emittiert die Lichtquellenvorrichtung einen polarisierten Lichtstrahl, und das optische Vergrößerungssystem umfasst eine Objektivlinse, eine Viertelwellenplatte, einen polarisierten Strahlteiler und eine Abbildungslinse, die zwischen der Viertelwellenplatte und dem polarisierten Strahlteiler angeordnet ist.

**[0025]** Vorzugsweise stellt die Steuereinheit die Position des Tisches oder des optischen Vergrößerungssystems auf der Grundlage der Koordinaten des Schwerpunkts der Blende im Bild der Abschirmung ein.

**[0026]** Vorzugsweise stellt die Steuereinheit die Position des Tisches oder des optischen Vergrößerungssystems auf der Grundlage der Koordinaten eines Randes der Blende im Bild der Abschirmung ein.

**[0027]** Nach noch einem anderen Aspekt stellt die vorliegende Offenbarung einen optischen Apparat bereit, der einen Tisch, ein optisches Vergrößerungssystem und eine oben beschriebene Autofokussvorrichtung umfasst.

**[0028]** Nach noch einem anderen Aspekt stellt die vorliegende Offenbarung einen optischen Apparat zur Verfügung, der einen Tisch, ein optisches Vergrößerungssystem und eine oben beschriebene Autofokussvorrichtung umfasst.

#### VORTEILHAFTE EFFEKTE DER ERFINDUNG

**[0029]** Nach der vorliegenden Offenbarung ist es möglich, den Autofokus mit hoher Präzision, großer Reichweite und hoher Geschwindigkeit durchzuführen. Nach der vorliegenden Offenbarung ist es möglich, die Automatisierung eines Mikroskops mit einer großen numerischen Apertur zu erleichtern.

## Figurenliste

**Fig. 1** ist ein Diagramm, das die Konfiguration eines optischen Systems in einem Mikroskop gemäß der vorliegenden Ausführungsform zeigt;

**Fig. 2** ist ein Blockdiagramm, in dem die von einer Steuereinheit gesteuerten Elemente dargestellt sind;

**Fig. 3** ist ein Schema, das das Prinzip des Autofokus nach einer ersten Ausführungsform veranschaulicht;

**Fig. 4** ist ein Diagramm, das ein modifiziertes Beispiel zeigt, bei dem ein Spalt verwendet wird, um die Iris in der ersten Ausführungsform zu ersetzen;

**Fig. 5** ist ein Diagramm, das die Beziehung zwischen der Schwerpunktsposition eines Bildes der Iris und der Position der Ebene veranschaulicht, wenn der Einfallswinkel  $\phi_L$  ist;

**Fig. 6** ist ein Diagramm, das die Beziehung zwischen der Schwerpunktsposition eines Irisbildes und der Position des Tisches bei einem Einfallswinkel von  $\phi_H$  ( $\phi_H > \phi_L$ ) veranschaulicht;

**Fig. 7** ist ein schematisches Diagramm, das ein optisches System in der Autofokusvorrichtung gemäß der vorliegenden Ausführungsform darstellt;

**Fig. 8** ist ein Flussdiagramm, das eine Autofokussteuerung gemäß der ersten Ausführung zeigt;

**Fig. 9** ist ein Schema, das das Prinzip der Autofokussierung gemäß einer zweiten Ausführungsform veranschaulicht;

**Fig. 10** ist ein Diagramm, das ein modifiziertes Beispiel illustriert, bei dem ein Spalt verwendet wird, um die Iris in der zweiten Ausführungsform zu ersetzen;

**Fig. 11** ist ein Flussdiagramm, das eine Autofokussteuerung gemäß der zweiten Ausführungsform illustriert;

**Fig. 12** ist ein von einer AF-Kamera aufgenommenes Bild eines Spaltes;

**Fig. 13** ist ein Schema, das die Konfiguration eines optischen Systems in einem Mikroskop gemäß einer dritten Ausführungsform zeigt;

**Fig. 14** ist ein Bild, das aufgenommen wurde, wenn der Einfallswinkel ein positiver Winkel ist;

**Fig. 15** ist ein Bild, das aufgenommen wird, wenn der Einfallswinkel ein negativer Winkel ist;

**Fig. 16** ist ein Diagramm, das die Erkennung von Kanten veranschaulicht;

**Fig. 17** ist ein Flussdiagramm, das eine Autofokussteuerung gemäß der dritten Ausführungsform darstellt;

**Fig. 18** ist ein Diagramm, das die Konfiguration eines optischen Systems in einem Mikroskop gemäß einer vierten Ausführungsform zeigt;

**Fig. 19** ist ein Diagramm, das eine Positionsbeziehung zwischen einem rotierenden Spiegel **RM1** und einem Lichtstrahl B gemäß **Fig. 18** illustriert;

**Fig. 20** ist ein Diagramm, das einen Zustand veranschaulicht, in dem der Drehspiegel **RM1** im Mikroskop **201** um  $180^\circ$  gedreht ist (**Fig. 18**);

**Fig. 21** ist ein Diagramm, das eine Positionsbeziehung zwischen dem rotierenden Spiegel **RM1** und einem Lichtstrahl B, dargestellt in **Fig. 20**, veranschaulicht;

**Fig. 22** ist ein Diagramm, das die Konfiguration eines optischen Systems in einem Mikroskop gemäß einer fünften Ausführungsform zeigt;

**Fig. 23** ist ein Diagramm, das eine Positionsbeziehung zwischen einer rotierenden Maske **RM2** und einem Lichtstrahl B, dargestellt in **Fig. 22**, illustriert;

**Fig. 24** ist ein Diagramm, das einen Zustand veranschaulicht, in dem die rotierende Maske **RM2** im Mikroskop **251**, dargestellt in **Fig. 22**, um  $180^\circ$  gedreht ist;

**Fig. 25** ist ein Diagramm, das eine Positionsbeziehung zwischen der rotierenden Maske **RM2** und dem in **Fig. 24** dargestellten Lichtstrahl B illustriert;

**Fig. 26** ist ein Diagramm, das die Konfiguration eines optischen Systems in einem Mikroskop gemäß einer sechsten Ausführungsform zeigt;

**Fig. 27** ist ein Diagramm, das eine Positionsbeziehung zwischen der Rotationsmaske **RM3** in **Fig. 26** und dem Lichtstrahl B zeigt;

**Fig. 28** ist ein Diagramm, das einen Zustand veranschaulicht, in dem eine Rotationsmaske **RM3** im Mikroskop **271** um  $180^\circ$  gedreht ist (**Fig. 26**);

**Fig. 29** ist ein Diagramm, das eine Positionsbeziehung zwischen der Rotationsmaske **RM3** und dem Lichtstrahl B, dargestellt in **Fig. 28**, illustriert;

**Fig. 30** ist ein Diagramm, das ein erstes bekanntes Verfahren veranschaulicht; und

**Fig. 31** ist ein Diagramm, das ein zweites bekanntes Verfahren veranschaulicht.

BESCHREIBUNG DER  
AUSFÜHRUNGSBEISPIELE

**[0030]** Im Folgenden werden Ausführungsformen der vorliegenden Offenbarung unter Bezugnahme auf die Zeichnungen erläutert. In den folgenden Zeichnungen werden die gleichen oder entsprechende Teile durch die gleichen Bezugszeichen bezeichnet, und ihre Beschreibung wird nicht wiederholt.

[ÜBERSICHT]

**[0031]** Die vorliegende Ausführungsform betrifft ein „Autofokusgerät mit hoher Präzision, großer Reichweite und hoher Geschwindigkeit“. **Fig. 1** ist ein Diagramm, das die Konfiguration eines optischen Systems in einem Mikroskop gemäß der vorliegenden Ausführungsform zeigt. Der Laserstrahl eines AF-Lasers **11** wird von einem elektrischen Spiegel **M** reflektiert und trifft auf eine Irisblende **IR**. Da das Iris-IR mit dem elektrischen Spiegel **M** gekoppelt ist, kann der Winkel  $\phi$  des auf das Iris-IR auftreffenden Lichtstrahls durch Einstellen des Winkels  $\theta$  des elektrischen Spiegels **M** gesteuert werden. Der Lichtstrahl des Iris-IR durchquert eine Abbildungslinse **L2** und ein Objektiv **OL** und erreicht eine Oberfläche (eine Glasfläche **S**) eines Glases **19**, auf der eine Probe **20** angeordnet ist, und wird anschließend von der Oberfläche reflektiert. Der reflektierte Lichtstrahl durchdringt die Objektivlinse **OL** und eine Abbildungslinse **L1** und wird von einer Autofokuskamera (AF-Kamera) **22** abgebildet, wodurch ein Bild der Irisblende **IR** auf der AF-Kamera **22** entsteht. Die vorliegende Ausführungsform ist dadurch gekennzeichnet, dass der Lichtstrahl geformt und in einem Winkel auf die Glasoberfläche **S** gestrahlt wird, die auf einem Tisch **ST** montiert und so eingerichtet ist, dass sie die Probe **20** trägt, und an der Position des Reflexionsbildes beobachtet wird.

**[0032]** Bei dem ersten Verfahren hingegen, das in PTL 1 offenbart ist, wird der Lichtstrahl senkrecht und ohne Winkel auf die Probe gestrahlt und die Unschärfe des Reflexionsbildes beobachtet. Die vorliegende Ausführungsform unterscheidet sich dadurch, dass der Lichtstrahl unter einem Winkel  $\phi$  eingestrahlt wird und die Position des Reflexionsbildes beobachtet wird.

**[0033]** Gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist es möglich, den Umfang der Abweichung und die Abweichungsrichtung des Brennpunktes von der Glasoberfläche **S** zu bestimmen, indem der einfallende Lichtstrahl unter einem Winkel  $\phi$  eingestrahlt wird und dann die Position des Bildes der Iris **IR** im Reflexionsbild gemessen wird, was zu einer höheren Geschwindigkeit des Autofokus führt.

**[0034]** Bei dem zweiten Verfahren, das in PTL 2 offenbart wird, wird der Lichtstrahl hingegen ungeformt eingestrahlt und die zentrale Position des Lichtstrahls

beobachtet. Die vorliegende Ausführungsform unterscheidet sich dadurch, dass das einfallende Licht durch Verwendung der Iris-IR geformt wird. Da die Form des Bildes durch das Iris-IR bestimmt wird, kann das von der Probe stammende Reflexionsbild durch eine Bildverarbeitung gelöscht werden, was zu einer höheren Präzision des Autofokus führt. Außerdem ist die Linearität des Lichtstrahls, der auf die Glasoberfläche gestrahlt wird, bei PTL 2 gering. Ist die Linearität des Lichtstrahls gering, ändert sich das Bild mit der Änderung des Fokus bemerkenswert, was es schwierig macht, den reflektierten Lichtstrahl zu lokalisieren, was den Fokusbereich verringert. Außerdem unterscheidet sich das vorliegende Verfahren dadurch, dass der Einfallswinkel angepasst werden kann. Durch die Einstellung des Einfallswinkels ist es möglich, das Gleichgewicht zwischen dem Fokusbereich und der Fokusgenauigkeit einzustellen.

**[0035]** Der Autofokusprozess der Autofokuseinrichtung gemäß der vorliegenden Ausführungsform wird im Folgenden zusammengefasst. Zunächst bestimmt der Benutzer einen Abstand zwischen einer Fokuspriorität und der Glasoberfläche **S**. Auf der Grundlage der vom Benutzer bestimmten Position wird die Blende **IR** in Richtung **D** bewegt. Dann wird der Winkel  $\theta$  des elektrischen Spiegels **M** gleich dem Einfallswinkel  $\phi_L$  gesetzt, und das Reflexionsbild des Iris-IR wird von der AF-Kamera **22** aufgenommen, um die Position des Iris-IR auf dem Bild zu bestimmen. Der Z-Tisch oder das Objektiv **OL** und ein weiteres Objektiv (vor der Kamera oder vor der Iris angeordnet) oder beide werden so bewegt, dass die Position der Iris **IR** mit einer Zielposition übereinstimmt. Der obige Vorgang wird wiederholt, bis die Differenz zwischen der Position der Iris-IR und der Zielposition kleiner oder gleich einem vordefinierten Wert ist. Nachdem der Autofokus bei dem Einfallswinkel  $\phi_L$  abgeschlossen ist, wird der Autofokus bei einem anderen Einfallswinkel  $\phi_H$ , der größer als der Einfallswinkel  $\phi_L$  ist, auf die gleiche Weise wie oben beschrieben durchgeführt. Nach dem vorliegenden Verfahren kann der Autofokus mit höherer Präzision, breiterem Bereich und höherer Geschwindigkeit als bei der herkömmlichen Methode durchgeführt werden.

[Erste Ausführungsform]

**[0036]** Die Autofokusvorrichtung gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist hilfreich, um die Automatisierung eines Mikroskops zu erleichtern. Das in **Fig. 1** dargestellte Mikroskop **1** umfasst einen Kreuztisch **ST**, eine Autofokus-Optik und eine Beobachtungsoptik.

**[0037]** Das optische Autofokussystem des Mikroskops **1** umfasst einen AF-Laser **11**, einen elektrischen Spiegel **M** und einen Kepler'schen Strahlaufläufer **13**, die eine Lichtquelle, eine Irisblende **IR**, eine Abbildungslinse **L2**, einen Halbspiegel **HM**, einen

dichroitischen Spiegel **DM**, ein Objektiv **OL**, eine Abbildungslinse **L1** und eine AF-Kamera **22** bilden.

**[0038]** Das optische Beobachtungssystem des Mikroskops **1** umfasst einen Anregungsfilter **23**, einen dichroitischen Beobachtungsspiegel **24**, einen Absorptionsfilter **25**, einen Absorptionsfilter **28**, eine Abbildungslinse **26** und eine Beobachtungskamera **27**.

**[0039]** In der Autofokus-Optik durchläuft der vom elektrischen Spiegel **M** reflektierte Laserstrahl den Strahlaufweiter **13** und tritt in das Iris-IR ein. Der Einfallswinkel  $\phi$  des Laserstrahls in das Iris-IR kann durch Einstellen des Winkels  $\theta$  des elektrischen Spiegels **M** gesteuert werden. Da das Iris-IR mit der Glasoberfläche **S** gekoppelt ist, wird das Bild des Iris-IR auf der Glasoberfläche **S** gebildet. Anschließend wird das Bild des Iris-IR reflektiert und auf die AF-Kamera **22** projiziert.

**[0040]** Der in der Beobachtungsoptik verwendete Lichtstrahl hat eine Wellenlänge, die durch den dichroitischen Spiegel **DM** für AF und den Absorptionsfilter **28** hindurchgehen kann. Konkret wird die Probe **20** mit einem Lichtstrahl bestrahlt, der durch den dichroitischen Beobachtungsspiegel **24** hindurchgeht. Dann wird die Beobachtungskamera **27** verwendet, um das Fluoreszenzlicht oder den reflektierten Lichtstrahl zu beobachten. Der Absorptionsfilter **28** absorbiert nur den Lichtstrahl der AF-Lichtquelle, um zu verhindern, dass der aus der AF-Lichtquelle austretende Lichtstrahl in die Beobachtungskamera **27** gelangt.

**[0041]** Das Mikroskop **1** umfasst ferner eine Steuereinheit **100**, die den Winkel  $\theta$  des elektrischen Spiegels **M**, die Position der Irisblende **IR** in Richtung **D** und die Position des Tisches **ST** steuert. Die Steuereinheit **100** kann anstelle der Position des Tisches **ST** die Position des Objektivs **OL** oder des anderen Objektivs (vor der Kamera oder vor der Irisblende angeordnet) oder beide steuern. Zur Erläuterung wird im Folgenden von der Annahme ausgegangen, dass die Steuereinheit **100** die Position des Tisches **ST** steuert.

**[0042]** **Fig. 2** ist ein Blockdiagramm, das die von der Steuereinheit gesteuerten Elemente darstellt. Die Steuereinheit **100** steuert eine Blendenpositionseinstelleinheit **101**, um die Position der Blende **IR** in **D**-Richtung einzustellen. Die Steuereinheit **100** steuert eine Spiegelwinkel-Einstelleinheit **102** zur Einstellung des Winkels  $\theta$  des elektrischen Spiegels **M**. Die Steuereinheit **100** steuert eine Tischpositions-Einstelleinheit **103** auf der Grundlage der Position des von der AF-Kamera **22** aufgenommenen Bildes der IR-Blende, um die Position des Tisches **ST** in **Z**-Richtung einzustellen.

**[0043]** **Fig. 3** ist ein Diagramm, das das Prinzip des Autofokus gemäß der ersten Ausführungsform veranschaulicht. Der Laserstrahl trifft auf die Probe **20** unter einem Einfallswinkel ein, der dem Einfallswinkel  $\phi$  der Irisblende **IR** entspricht. Das Bild des Iris-IR wird von der AF-Kamera **22** als Kamerabild **P1** beobachtet. Abhängig von der **Z**-Position der Glasoberfläche **S** aus der Fokusposition wird die Position des Bildes der Iris **IR** im Bild nach links oder rechts verschoben.

**[0044]** Im Bild des Iris-IR wird im Voraus eine der Fokusposition entsprechende Zielposition **XT** eingestellt und die Differenz  $dx$  zwischen der aus dem Kamerabild **P1** erhaltenen Position **X1** des Bildes des Iris-IR und der Zielposition **XT** berechnet. Die Fokusposition ist erreicht, wenn die Differenz  $dx$  gleich Null ist. Da aus der Differenz  $dx$  die Bewegungsrichtung und der Bewegungsbetrag des Tisches **ST**, der die Glasfläche **S** trägt, bestimmt werden kann, ist es möglich, den Autofokus mit hoher Geschwindigkeit durchzuführen.

**[0045]** Ein Sensor, z.B. eine geteilte Fotodiode, kann als Ersatz für die AF-Kamera **22** verwendet werden. Da jedoch die Genauigkeit der aus einem Reflexionsbild ermittelten Position des Bildes der Iris-IR-Blende verringert wird, verringert sich die Genauigkeit des Autofokus.

**[0046]** Das Bild einer Probe, wie z.B. zu beobachtende Zellen, ist aus einer Blende des Iris-IR sichtbar. Daher hängt das Bild der Blende des Iris-IR von der Probe, wie z.B. Zellen, ab, und das Reflexionsbild des Iris-IR ist nicht einheitlich. Wenn daher die Position des Bildes der Iris-IR durch Verwendung des gewichteten Schwerpunkts einer geteilten Photodiode bestimmt wird, wird der Fokus je nach dem Bild der Probe abgelenkt. Um dieses Problem zu lösen und die Präzision des Autofokus zu verbessern, ist es vorzuziehen, dass eine Bildverarbeitung (z.B. Binarisierungsverarbeitung oder Kontur-Extraktionsverarbeitung) durchgeführt wird, um das Bild so zu trennen, dass der Blendenteil weiß und der durch das Iris-IR abgeschirmte Teil schwarz ist. Dies ermöglicht einen hochpräzisen Autofokus unabhängig von der Probe.

**[0047]** **Fig. 4** ist ein Diagramm, das ein modifiziertes Beispiel illustriert, in dem ein Spalt verwendet wird, um die kreisförmige Iris in der ersten Ausführungsform zu ersetzen. Im Fall von **Fig. 3** wird die Differenz  $dx$  aus der gewichteten Schwerpunktlage des Bildes der Iris-IR berechnet. Im Falle eines Spaltes kann die Differenz  $dx$  jedoch durch direkte Verwendung der **X**-Koordinate des Bildes oder **X1**, die durch eine einfache Berechnung berechnet werden kann, berechnet werden. Die Iris-IR kann neben der Kreisform in **Fig. 3** und der Spaltform in **Fig. 4** verschiedene Formen haben, wie z.B. eine Sternform oder eine polygonale Form.

**[0048]** In der vorliegenden Ausführungsform kann der Autofokus durch Fixierung des Einfallswinkels  $\phi$  auf einen vorbestimmten Winkel ungleich Null durchgeführt werden. Nachdem der Einfallswinkel  $\phi$  fixiert ist, wird die Position des Bildes der Iris-IR gemessen. Dann wird der Tisch **ST** bewegt, um die Fokusposition so einzustellen, dass die Position des Bildes des Iris-IR mit der Zielposition übereinstimmt. Da der Autofokus ohne Änderung des Winkels des elektrischen Spiegels **M** durchgeführt wird, kann der Autofokus auf diese Weise mit hoher Geschwindigkeit durchgeführt werden, und die Antriebseinheit des elektrischen Spiegels **M** kann vor Verschleiß geschützt werden.

**[0049]** Da andererseits der Einfallswinkel  $\phi$  der Irisblende **IR** während des Autofokus geändert werden kann, ist es möglich, die Fokussiergenauigkeit und den Fokusbereich einzustellen, wird durch einen Vergleich des Falles, bei dem der Einfallswinkel  $\phi$  groß ist, mit dem Fall, bei dem der Einfallswinkel  $\phi$  klein ist, beschrieben. **Fig. 5** ist ein Diagramm, das die Beziehung zwischen der Schwerpunktsposition des Irisbildes und der Position des Tisches veranschaulicht, wenn der Einfallswinkel  $\phi_L$  ist. **Fig. 6** ist ein Diagramm, das die Beziehung zwischen der Schwerpunktsposition des Irisbildes und der Position des Tisches bei einem Einfallswinkel  $\phi_H$  ( $\phi_H > \phi_L$ ) veranschaulicht. In **Fig. 5** und **Fig. 6** stellt die horizontale Achse die Pixelposition (px) dar, die den Schwerpunkt des Bildes der Iris-IR anzeigt, und die vertikale Achse stellt die Position ( $\mu\text{m}$ ) in Z-Richtung des Tisches dar, der die Glasoberfläche, auf der die Probe platziert wird, bewegt.

**[0050]** Wenn der Einfallswinkel  $\phi = \phi_H$  (wenn der Einfallswinkel  $\phi$  größer ist), wird der Bewegungsbetrag des Lichtstrahls größer und die Fokussiergenauigkeit höher (etwa 50 nm/px). Der Fokusbereich (der Bereich für den Autofokus in Z-Richtung) wird jedoch enger, wenn der Bewegungsbetrag des Lichtstrahls zunimmt. Wenn dagegen der Einfallswinkel  $\phi = \phi_L$  (wenn der Einfallswinkel kleiner ist), wird der Bewegungsbetrag des Lichtstrahls kleiner, und die Präzision wird geringer (etwa 760 nm/px). Der Fokusbereich (der Bereich für den Autofokus in Z-Richtung) wird jedoch größer.

(Autofokus-Verfahren)

**[0051]** In der ersten Ausführungsform wird der Autofokus in einem weiten Bereich und mit hoher Präzision auf folgende Weise erreicht. Zuerst wird der Autofokusprozess unter Verwendung eines Einfallswinkels ( $\phi = \phi_L$ ) gestartet, um den Autofokus in einem größeren Bereich mit geringer Präzision durchzuführen. Dann wird der Auftreffwinkel ( $\phi = \phi_H$ ) verwendet, um den Autofokus in einem engen Bereich mit hoher Präzision durchzuführen. Auf diese Weise wird der

Autofokus in einem weiten Bereich mit hoher Präzision durchgeführt.

**[0052]** **Fig. 7** ist eine schematische Darstellung eines optischen Systems in der Autofokusvorrichtung gemäß der vorliegenden Ausführungsform. **Fig. 8** ist ein Flussdiagramm, das eine Autofokus-Steuerung entsprechend der ersten Ausführungsform zeigt.

**[0053]** Vor der Autofokussteuerung sollte der Benutzer einen Abstand zwischen einer Fokusposition und der Glasoberfläche **S** voreinstellen. Die Fokusposition steht in linearer Beziehung zur Position der Iris **IR** in Richtung der optischen Achse, und wenn die Iris **IR** an der Fokusposition der Abbildungslinse **L2** positioniert ist, ist die Glasoberfläche **S** scharf gestellt. Daher kann die Position der Blende **IR** bei **DT** auf der Grundlage des Abstands von der Glasoberfläche **S** eindeutig eingestellt werden. Die anderen voreingestellten Parameter umfassen den Winkel  $\theta_L$  des elektrischen Spiegels entsprechend der Grobsteuerung des Tisches, den Winkel  $\theta_H$  des elektrischen Spiegels entsprechend der Feinsteuerung des Tisches und die Konvergenzbestimmungswerte  $\epsilon_L$  und  $\epsilon_H$  entsprechend der jeweiligen Fokusbestimmung. Diese Parameter sind im Allgemeinen konstante Werte, die vom Entwickler des Autofokusgeräts unabhängig vom Benutzer bestimmt werden.

**[0054]** In Schritt **S1** stellt die Steuereinheit **100** die Position **D** der Blende **IR** auf eine Position **DT** ein. Dann, in Schritt **S2**, stellt die Steuereinheit **100** den Einfallswinkel  $\phi$  der Blende **IR** auf einen groben Einstellwinkel  $\phi_L$  und den Konvergenzbestimmungswert auf  $\epsilon$  ( $= \epsilon_L$ ) ein.

**[0055]** Im Schritt **S3** stellt die Steuereinheit **100** den Winkel  $\theta$  des elektrischen Spiegels **M** auf den Einfallswinkel  $\phi$  ( $= \phi_L$ ) ein. Dann, im Schritt **S4**, nimmt die Steuereinheit **100** mit der AF-Kamera **22** ein Reflexionsbild auf und berechnet die Schwerpunktsposition **X1** der IR-Blende.

**[0056]** Danach berechnet die Steuereinheit **100** in Schritt **S5** die Differenz  $dx$  ( $= X1 - XT$ ) zwischen den X-Koordinaten des Schwerpunkts, und in Schritt **S6** bewegt die Steuereinheit **100** den Tisch **ST** in Z-Richtung um einen Betrag, der der Differenz  $dx$  in Z-Richtung entspricht. Im Schritt **S7** bestimmt die Steuereinheit **100**, ob die Differenz  $dx$  kleiner als der Konvergenzbestimmungswert  $\epsilon$  ist oder nicht. Wenn  $dx$  im Schritt **S7** nicht kleiner als  $\epsilon$  ist (**NO** in **S7**), werden die Operationen der Schritte **S3** bis **S6** erneut ausgeführt.

**[0057]** Wenn in Schritt **S7** festgestellt wird, dass die Differenz  $dx$  kleiner als  $\epsilon$  ist (**JA** in **S7**), wird in Schritt **S8** bestimmt, ob die Grobfokuseinstellung durchgeführt wurde (ob der Einfallswinkel  $\phi$  gleich  $\phi_L$  ist oder nicht). Wenn festgestellt wird, dass die Grobfokusein-

stellung in Schritt **S8** durchgeführt wurde (JA in **S8**), ändert das Steuergerät **100** in Schritt **S9** den Einfallswinkel auf  $\phi = \phi_H$  und den Konvergenzbestimmungswert auf  $\varepsilon = \varepsilon_H$  und führt dann den hochpräzisen Autofokus in den Schritten **S3** bis **S7** durch. Wenn in Schritt **S8** festgestellt wird, dass es sich bei dem Vorgang nicht um die Grobfokuseinstellung handelt ( $\phi \neq \phi_L$ ), bedeutet dies, dass der hochpräzise Autofokus bereits durchgeführt wurde (NEIN in **S8**), und die Steuereinheit **100** beendet den Autofokus.

**[0058]** Gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist es möglich, durch Einstellen des Einfallswinkels  $\phi$  auf einen Winkel ungleich Null aus der Position des Bildes der Irisblende **IR** sofort die Bewegungsrichtung und den Bewegungsbetrag des Tisches zu bestimmen und somit den Autofokus mit hoher Geschwindigkeit durchzuführen.

**[0059]** Der Autofokus kann auch dann durchgeführt werden, wenn der Einfallswinkel  $\phi$  fest ist, aber durch Einstellen des Einfallswinkels  $\phi$  des auf die Probe **20** auf  $\phi_L$  und  $\phi_H$  gestrahlten Lichtstrahls mit Hilfe des elektrischen Spiegels **M** ist es möglich, die Autofokuspräzision und den Autofokusbereich einzustellen. Wenn der Einfallswinkel  $\phi$  des Iris-IR größer ist, da die Glasoberfläche **S** in vertikaler Richtung bewegt wird, variiert der Schwerpunkt des Bildes des Iris-IR auf der Glasoberfläche **S** stärker. Infolgedessen wird der Fokussierbereich kleiner, und es ist einfacher für das Bild des Iris-IR, über die AF-Kamera **22** hinauszugehen, aber die Fokuspräzision wird höher, da die Position des Bildes größer variiert. Im Gegenteil, wenn der Einfallswinkel  $\phi$  der IR-Blende kleiner ist, wird der Fokussierbereich größer, aber die Fokussiergenauigkeit wird geringer. Daher wird zunächst der Einfallswinkel  $\phi$  kleiner eingestellt, um den Autofokus in einem weiten Bereich durchzuführen, und dann der Einfallswinkel  $\phi$  größer eingestellt, um den Autofokus mit hoher Präzision durchzuführen, was es ermöglicht, den Autofokus in einem weiten Bereich mit hoher Präzision zu erreichen.

[Zweite Ausführungsform]

**[0060]** In der ersten Ausführungsform wird der Autofokus mit hoher Geschwindigkeit und in einem weiten Bereich erreicht, aber die Präzision ist anfällig für die Positionsabweichung des optischen Systems. Daher ist es jedes Mal notwendig, den Versatz vor oder während der Beobachtung zu korrigieren. In der zweiten Ausführungsform, da der Lichtstrahl aus mehreren Richtungen einfällt, um den Autofokus durchzuführen, ist die Präzision unempfindlich gegenüber der Positionsabweichung des optischen Systems, und dadurch kann der Autofokus lange Zeit stabil durchgeführt werden.

**[0061]** Der Autofokusprozess der Autofokusvorrichtung gemäß der vorliegenden Ausführungsform wird

im Folgenden zusammengefasst. Zunächst bestimmt der Anwender eine von der Glasoberfläche **S** entfernte Fokusposition. Auf der Grundlage der vom Anwender bestimmten Position wird die Blende **IR** in Richtung **D** bewegt. Dann wird der Winkel  $\theta$  des elektrischen Spiegels **M** so eingestellt, dass der Einfallswinkel  $\phi_L$  bereitgestellt wird, und das Reflexionsbild der Iris **IR** wird von der AF-Kamera **22** aufgenommen, um die Schwerpunktposition **X1** zu bestimmen. Dann wird der Winkel  $\theta$  des elektrischen Spiegels **M** so eingestellt, dass sich ein Einfallswinkel  $-\phi_L$  ergibt, und das Reflexionsbild der Blende **IR** wird von der AF-Kamera **22** aufgenommen, um die Schwerpunktposition **X2** zu bestimmen. Die Differenz  $dx$  zwischen der Schwerpunktposition **X1** und der Schwerpunktposition **X2** wird berechnet, und der Z-Tisch wird so verschoben, dass die Differenz  $dx$  gleich Null wird. Der obige Vorgang wird wiederholt, bis die Differenz  $dx$  gleich oder kleiner als ein vordefinierter Wert ist. Nachdem der Autofokus bei dem Einfallswinkel  $\phi_L$  abgeschlossen ist, wird er bei dem Einfallswinkel  $\phi_H$ , der größer als der Einfallswinkel  $\phi_L$  ist, auf die gleiche Weise wie oben beschrieben durchgeführt. Nach dem vorliegenden Verfahren kann der Autofokus mit einer höheren Präzision, einem grösseren Bereich und einer höheren Geschwindigkeit als bei der herkömmlichen Methode durchgeführt werden, und ausserdem ist es nicht notwendig, die Zielposition der Iris im Voraus festzulegen.

**[0062]** Fig. 9 ist ein Diagramm, das das Prinzip der Autofokussierung nach der zweiten Ausführungsform veranschaulicht. Der Laserstrahl **B1** trifft auf die Probe **20** unter einem Einfallswinkel ein, der dem Einfallswinkel  $\phi$  der Iris-IR entspricht. Das Bild des Iris-IR wird von der AF-Kamera **22** als Kamerabild **P1** beobachtet. Abhängig von der Z-Position der Glasoberfläche **S** aus der Fokusposition wird die Position des Bildes des Iris-IR im Kamerabild nach links oder rechts verschoben.

**[0063]** Durch Änderung des Winkels des elektrischen Spiegels **M** trifft der Laserstrahl **B2** unter einem Einfallswinkel  $-\phi$  aus der entgegengesetzten Richtung wie der Einfallswinkel  $\phi$  auf die Probe ein. Ähnlich wie im Fall des Winkels  $\phi$  ändert sich bei Änderung der Z-Position der Glasoberfläche **S** von der Fokusposition aus das Bild der Iris **IR**, die Position des Bildes der Iris **IR** ändert sich im Kamerabild. Im Gegensatz zum Fall des Winkels  $\phi$  verschiebt sich jedoch die Position des Bildes des Iris-IR in die entgegengesetzte Richtung.

**[0064]** Die Fokusposition ist erreicht, wenn die Differenz  $dx$  zwischen der Position des Bildes des Iris-IR unter dem Einfallswinkel  $\phi$  und der Position des Bildes des Iris-IR unter dem Einfallswinkel  $-\phi$  gleich Null ist. Da die Bewegungsrichtung und der Bewegungsbetrag des Tisches **ST**, der die Glasfläche **S** trägt, aus der Differenz  $dx$  zwischen der Position des Bildes der

Iris **IR** im Kamerabild **P1** und der Position des Bildes der Iris **IR** im Kamerabild **P2** bestimmt werden kann, ist es möglich, den Autofokus mit hoher Geschwindigkeit durchzuführen.

**[0065]** Ein Sensor, wie z.B. eine geteilte Fotodiode, kann als Ersatz für die AF-Kamera **22** verwendet werden. Da die Position des Bildes der IR-Blende jedoch aus einem Reflexionsbild bestimmt wird, verringert sich die Genauigkeit.

**[0066]** Das Bild einer Probe, wie z.B. zu beobachtende Zellen, ist aus einer Blende des Iris-IR sichtbar. Daher hängt das Bild der Apertur des Iris-IR von der Probe, wie z.B. Zellen, ab, und das Reflexionsbild des Iris-IR ist nicht einheitlich. Wenn daher die Position des Bildes der Iris-IR durch Verwendung des gewichteten Schwerpunkts einer geteilten Photodiode bestimmt wird, wird der Fokus je nach dem Bild der Probe abgelenkt. Um dieses Problem zu lösen und die Präzision des Autofokus zu verbessern, ist es vorzuziehen, dass eine Bildverarbeitung (z.B. Binarisierungsverarbeitung oder Kontur-Extraktionsverarbeitung) durchgeführt wird, um das Bild so zu trennen, dass das Bild der Blende weiß und das Bild des durch das Iris-IR abgeschirmten Teils schwarz ist. Dies ermöglicht einen hochpräzisen Autofokus unabhängig von der Probe.

**[0067]** Gemäß der zweiten Ausführungsform werden das unter dem Einfallswinkel  $\phi$  aufgenommene Bild und das unter dem Einfallswinkel  $-\phi$  aufgenommene Bild verwendet, um das Bild der Iris **IR** in die Zielposition **XT** zu verschieben. Bei Verwendung des unter dem Auftreffwinkel  $\phi$  und des unter dem Auftreffwinkel  $-\phi$  aufgenommenen Bildes muss der Benutzer die Zielposition **XT** des Bildes der Irisblende **IR** nicht im Voraus festlegen.

**[0068]** Gemäß der zweiten Ausführungsform können die Fokuspräzision und der Fokusbereich durch Änderung des Einfallswinkels  $\phi$  des Iris-IR während des Autofokus eingestellt werden. Da die Einstellung der Fokuspräzision und des Fokusbereichs oben mit Bezug auf die **Fig. 4** und **Fig. 5** beschrieben wurde, wird die Beschreibung nicht wiederholt.

**[0069]** **Fig. 10** ist ein Diagramm, das ein modifiziertes Beispiel illustriert, in dem ein Spalt verwendet wird, um die kreisförmige Blende in der ersten Ausführungsform zu ersetzen. Im Fall von **Fig. 9** wird die Differenz  $dx$  aus der gewichteten Schwerpunktlage des Bildes der Iris-IR berechnet. Im Falle eines Spaltes kann die Differenz  $dx$  jedoch durch direkte Verwendung der X-Koordinate des Bildes oder durch eine einfache Berechnung von  $X1$  und  $X2$  berechnet werden. Die Iris-IR kann neben der Kreisform oder der Spaltform verschiedene Formen haben, wie z.B. eine Sternform oder eine polygonale Form.

(Autofokus-Verfahren)

**[0070]** Ähnlich wie bei der ersten Ausführungsform ist es auch bei der zweiten Ausführungsform möglich, sowohl eine große Bandbreite als auch eine hohe Präzision zu erreichen. Zunächst wird der Autofokusprozess unter Verwendung eines Einfallswinkels ( $\phi = \phi_L$ ) gestartet, um den Autofokus in einem weiten Bereich mit geringer Präzision durchzuführen. Dann wird der Auftreffwinkel ( $\phi = \phi_H$ ) verwendet, um den Autofokus in einem engen Bereich mit hoher Präzision durchzuführen.

**[0071]** Gemäss der zweiten Ausführungsform wird bei dem Autofokus, der unter dem Einfallswinkel mit einem weiten Bereich und dem Autofokus, der unter dem Einfallswinkel mit einem engen Bereich durchgeführt wird, die Probe nacheinander mit einem Laserstrahl aus einer Richtung mit einem Einfallswinkel  $\phi$  der Iris **IR** und einem Laserstrahl aus der anderen Richtung mit einem Einfallswinkel  $-\phi$  auf die Iris **IR** bestrahlt und fotografiert, um den Schwerpunkt des Bildes der Iris **IR** zu bestimmen. Wenn nur der aus dem Winkel  $\phi$  reflektierte Lichtstrahl zur Fokussierung verwendet wird, ist die Position des Tisches **ST**, die bewirkt, dass die Iris-IR und die AF-Kamera miteinander gekoppelt sind, unbekannt. Daher ist es notwendig, die Schwerpunktsposition des Iris-IR im Voraus so einzustellen, dass das Iris-IR mit der AF-Kamera gekoppelt ist. Gemäß der Methode zur Berechnung der Differenz zwischen den Positionen bei den Winkeln  $\phi$  und  $-\phi$  ist es jedoch nicht notwendig, die Zielposition im Voraus festzulegen, da die Differenz Null ist, wenn das Iris-IR mit der AF-Kamera gekoppelt ist.

**[0072]** **Fig. 11** ist ein Flussdiagramm, das eine Autofokussteuerung gemäß der zweiten Ausführungsform zeigt. Ähnlich wie in der ersten Ausführungsform wird auch in der zweiten Ausführungsform die Position **DT** der Blende **IR** entsprechend dem Abstand zwischen der Fokusposition und der Glasfläche **S** bestimmt, und es werden der Winkel  $\theta_L$  des elektrischen Spiegels entsprechend der Grobstufensteuerung und der Winkel  $\theta_H$  des elektrischen Spiegels entsprechend der Feinstufensteuerung sowie die Konvergenzbestimmungswerte  $\epsilon_L$  und  $\epsilon_H$  zur Bestimmung des Fokus im Voraus bestimmt.

**[0073]** In Schritt **S11** stellt die Steuereinheit **100** die Position **D** der Blende **IR** auf **DT** ein. Dann stellt die Steuereinheit **100** in Schritt **S12** den Einfallswinkel  $\phi$  der Blende **IR** auf einen Grobeinstellwinkel  $\phi_L$  und den Konvergenzbestimmungswert  $\epsilon$  auf  $\epsilon_L$  ein.

**[0074]** Im Schritt **S13** stellt die Steuereinheit **100** den Winkel  $\theta$  des elektrischen Spiegels **M** auf den Einfallswinkel  $\phi$  ( $= \phi_L$ ) ein. Dann, im Schritt **S14**, nimmt die Steuereinheit **100** mit der AF-Kamera **22** ein Reflexionsbild auf und berechnet die Schwerpunktsposition **X1** der IR-Blende.

**[0075]** Danach ändert die Steuereinheit **100** in Schritt **S15** den Winkel  $\theta$  des elektrischen Spiegels **M** auf den Einfallswinkel  $-\phi$  ( $= -\phi_L$ ), nimmt in Schritt **S16** ein Reflexionsbild auf und berechnet die Schwerpunktsposition **X2** der IR-Blende.

**[0076]** Als nächstes berechnet die Steuereinheit **100** in Schritt **S17** die Differenz  $dx$  ( $= X1 - X2$ ) zwischen den X-Koordinaten des Schwerpunkts, und in Schritt **S18** bewegt die Steuereinheit **100** den Tisch **ST** in Z-Richtung um einen Betrag, der der Differenz  $dx$  in Z-Richtung entspricht. In Schritt **S19** bestimmt die Steuereinheit **100**, ob die Differenz  $dx$  kleiner als der Konvergenzbestimmungswert  $\epsilon$  ist oder nicht. Wenn die Differenz  $dx$  nicht kleiner als  $\epsilon$  in Schritt **S19** ist (NO in S19), werden die Operationen der Schritte **S13** bis **S18** erneut ausgeführt.

**[0077]** Wenn in Schritt **S19** festgestellt wird, dass die Differenz  $dx$  kleiner als  $\epsilon$  ist (JA in Schritt **S19**), wird in Schritt **S20** festgestellt, ob die Grobfokuseinstellung durchgeführt wurde oder nicht. Wenn in Schritt **S20** festgestellt wird, dass die Grobfokuseinstellung durchgeführt wurde (JA in **S20**), ändert das Steuergerät **100** in Schritt **S21** den Einfallswinkel auf  $\phi = \phi_H$  und den Konvergenzbestimmungswert auf  $\epsilon = \epsilon_H$  und führt dann den hochpräzisen Autofokus in den Schritten **S13** bis **S18** durch. Wenn in Schritt **S20** festgestellt wird, dass es sich bei dem Vorgang nicht um die Grobfokuseinstellung handelt ( $\phi \neq \phi_L$ ), bedeutet dies, dass der hochpräzise Autofokus bereits durchgeführt wurde (NEIN in **S20**), und die Steuereinheit **100** beendet den Autofokus.

**[0078]** Einer der Vorteile der Autofokus-Einrichtung nach der zweiten Ausführungsform besteht darin, dass die Fokusposition des Iris-IR bestimmt werden kann, ohne die Zielposition **XT** im Voraus festzulegen. Wenn nur der aus dem Winkel  $\phi$  reflektierte Lichtstrahl zur Durchführung des Fokus verwendet wird, ist die Position des Tisches **ST**, der bewirkt, dass die Iris-IR und die AF-Kamera miteinander gekoppelt sind, unbekannt. Daher ist es notwendig, die Schwerpunktsposition des Iris-IR im Kamerabild im Voraus so einzustellen, dass das Iris-IR mit der AF-Kamera gekoppelt ist. Im Gegenteil, nach der Methode zur Berechnung der Differenz zwischen den Positionen bei den Winkeln  $\phi$  und  $-\phi$ , da die Differenz null ist, wenn das Iris-IR mit der AF-Kamera gekoppelt ist, ist es nicht notwendig, die Zielposition **XT** im Voraus einzustellen.

**[0079]** Die in **Fig. 31** dargestellte konventionelle Autofokuseinstellung wird durchgeführt, indem die Glasoberfläche mit einem Lichtstrahl aus einer Richtung bestrahlt wird und eine Änderung der Position des zurückkehrenden Lichtstrahls erkannt wird. Wenn bei dieser Methode die Position der Blende oder der Kamera durch  $\Delta X$  abgelenkt wird, wird der Fokus durch „ $\Delta X/\text{Vergrößerung}$ “ abgelenkt. Wenn z.B. die Vergrö-

ßerung 100-fach ist und die IR-Blende leicht um 100  $\mu\text{m}$  in X-Y-Richtung (die Richtung orthogonal zur Achse des optischen Vergrößerungssystems) abgelenkt wird, kann die Fokusposition um 1  $\mu\text{m}$  von der optischen Achse abweichen. Bei der Einzelmolekül-Bildgebung wird das erhaltene Bild stark unscharf, wenn die Fokusposition um mehrere hundert Nanometer (nm) abgelenkt wird. Beim konventionellen Autofokus ist es daher notwendig, den Versatz jedes Mal neu einzustellen, und die Automatisierung der Beobachtung ist daher schwierig.

**[0080]** Bei der Methode nach der zweiten Ausführungsform wird die Iris aus zwei Richtungen abgebildet und der Unterschied zwischen den Positionen der Iris erkannt. Daher gibt es auch dann kein Problem, wenn die Position der Iris **IR** in X-Y-Richtung abgelenkt wird. Natürlich kann die Position der Blende **IR** in Richtung D (Richtung der optischen Achse) abgelenkt werden, wenn die Position der Blende durch  $\Delta D$  in Richtung D abgelenkt wird, lautet die Fokusposition „ $\Delta D/\text{Vergrößerung}^2$ “. Wenn z.B. die Vergrößerung 100-fach ist und die Position der Blende **IR** um 100  $\mu\text{m}$  in D-Richtung abgelenkt wird, beträgt die Abweichung der Fokusposition nur 10 nm ( $= 100 \mu\text{m}/100^2$ ). Es ist also nicht jedes Mal notwendig, den Versatz zu korrigieren, was die Automatisierung der Beobachtung ermöglicht.

**[0081]** In der zweiten Ausführungsform wird beschrieben, dass der Brennpunkt auf die Glasoberfläche **S** fokussiert ist. Der Brennpunkt kann jedoch von der Glasoberfläche **S** verschoben werden, indem die Position der Blende **IR** in Richtung D verändert wird. Der Abstand von der Glasoberfläche **S** zur Brennebene des Autofokus steht in linearer Beziehung zur Position der Iris-IR in D-Richtung. Daher kann die Fokusposition durch den Abstand von der Glasoberfläche bestimmt werden. Es ist auch möglich, die Position der Fokalebene einzustellen, ohne die Position der Blende zu verändern. In der ersten Ausführungsform wird bei einer Verschiebung der Zielposition **XT** die Fokussierung linear verändert. In der zweiten Ausführungsform wird die Fokusposition linear verändert, wenn die Differenz  $dx$  zwischen den Schwerpunkten der beiden Bilder der Irisblende auf einen Wert ungleich Null geregelt wird. Ferner kann durch Änderung der Position der Iris-IR in X-Y-Richtung (die Richtung orthogonal zur Achse des optischen Vergrößerungssystems) vermieden werden, dass der im Autofokus emittierte Lichtstrahl auf die Probe **20** auftrifft.

**[0082]** Auch in der vorliegenden Ausführungsform ist die Z-Position des Tisches zur Durchführung der Fokussierung eingestellt, aber die Objektivlinse oder die andere Linse (vor der Kamera oder vor der Irisblende angeordnet) kann zur Durchführung der Fokussierung bewegt werden.

[0083] Darüber hinaus kann die Autofokusvorrichtung der vorliegenden Ausführungsform nicht nur bei einem Mikroskop für die Forschung, sondern auch bei einem in eine industrielle Ausrüstung eingebauten Mikroskop angewendet werden.

[Dritte Ausführungsform]

[0084] Bei der ersten Ausführungsform und der zweiten Ausführungsform kann es schwierig sein, den Schwerpunkt des Bildes zu bestimmen.

[0085] Fig. 12 ist ein Bild eines von der AF-Kamera aufgenommenen Spaltes. Das Bild ist ein Bild von einem Spalt **SL**, aber es gibt viele vertikale Streifen innerhalb des Spaltes **SL** aufgrund von Interferenzen. Wie in Fig. 12 dargestellt, wird das Licht vom Spalt **SL** am linken Rand stärker gestreut als am rechten Rand, und daher ist das Reflexionsbild des Spaltes **SL** am linken Rand unscharf. Dieses Phänomen kann im Bild des Spaltes **SL** oder im Bild der Iris **IR** auftreten, wodurch es schwierig ist, die Schwerpunktlage des Spaltes **SL** oder der Iris **IR** durch Bildverarbeitung genau zu bestimmen.

[0086] Darüber hinaus wurde festgestellt, dass dieses Phänomen mit zunehmendem Einfallswinkel  $\phi$  an Bedeutung gewinnt und nur an einem Rand signifikant sichtbar ist. Es wird angenommen, dass der Grund dafür sein kann, dass der auf die Glasoberfläche auftreffende Lichtstrahl aus irgendeinem Grund gestreut wird, wenn er an der Seite des reflektierten Lichtstrahls reflektiert wird. Daher kann die nicht streuende Kante dadurch bestimmt werden, ob der Einfallswinkel  $\phi$  positiv oder negativ ist. Daher wird in der vorliegenden Ausführungsform anstelle der Bestimmung des Schwerpunktes des Bildes die Kantenposition einer Seite des Spaltbildes erfasst, um die Informationen für den Autofokus zu erhalten.

[0087] Fig. 13 ist ein Diagramm, das die Konfiguration eines optischen Systems in einem Mikroskop gemäß einer dritten Ausführungsform zeigt. Das in Fig. 13 dargestellte Mikroskop **105** umfasst einen Kreuztisch **ST**, eine Autofokus-Optik und eine Beobachtungsoptik.

[0088] Das optische Autofokussystem des Mikroskops **105** umfasst einen AF-Laser **11** und einen elektrischen Spiegel **M**, die eine Lichtquelle, einen Spalt **SL**, einen polarisierten Strahlteiler **BS**, eine Abbildungslinse **L11**, eine Linse **L12**, eine Viertelwellenlängenplatte **QR**, einen dichroitischen Spiegel **DM**, eine Objektivlinse **OL**, einen Filter **F** und eine AF-Kamera **22** bilden.

[0089] Das optische Beobachtungssystem des Mikroskops **105** umfasst einen Anregungsfilter **23**, einen dichroitischen Beobachtungsspiegel **24**, einen

Absorptionsfilter **25**, eine Abbildungslinse **26** und eine Beobachtungskamera **27**.

[0090] In der Autofokus-Optik wird der vom elektrischen Spiegel **M** reflektierte Laserstrahl verwendet, um die Informationen für die Fokussierung des Kreuztisches **ST** zu erhalten.

[0091] Der im optischen Beobachtungssystem verwendete Lichtstrahl hat eine Wellenlänge, die durch den dichroitischen AF-Spiegel **DM** hindurchgehen kann. Konkret wird die Probe **20** mit einem Lichtstrahl bestrahlt, der von einer Lichtquelle (nicht abgebildet) emittiert wird und durch den dichroitischen Beobachtungsspiegel **24** hindurchgeht. Dann wird die Beobachtungskamera **27** verwendet, um das Fluoreszenzlicht oder den reflektierten Lichtstrahl zu beobachten.

[0092] Das Mikroskop **105** umfasst ferner eine Steuereinheit **110**, die den Winkel  $\theta$  des elektrischen Spiegels **M**, die Position des Spaltes **SL** in Richtung **D** und die Position des Tisches **ST** steuert. Die Steuereinheit **110** kann anstelle der Position des Kreuztisches **ST** die Position eines oder mehrerer der Objektive **OL**, der Abbildungslinse **L11** und der Linse **L12** steuern.

[0093] Der Laserstrahl des AF-Lasers **11** wird von dem elektrischen Spiegel **M** reflektiert und tritt in den Spalt **SL** ein. Der Einfallswinkel  $\phi$  des Lichtstrahls auf den Spalt **SL** kann durch Einstellen des Winkels  $\theta$  des elektrischen Spiegels **M** gesteuert werden. Nachdem der Lichtstrahl durch den Spalt **SL** hindurchgegangen ist, wird er vom polarisierten Strahlteiler **BS** reflektiert, durchläuft die Abbildungslinse **L11** und die Viertelwellenplatte **QR**, wird dann vom dichroitischen Spiegel **DM** reflektiert und gelangt durch die Objektivlinse **OL** auf die Glasoberfläche **S** des Glases **19**, auf dem die Probe **20** platziert ist. Auf diese Weise wird das Spaltbild auf die Glasoberfläche **S** projiziert.

[0094] Das Mikroskop **105** in Fig. 13 unterscheidet sich vom Mikroskop **1** in Fig. 1 dadurch, dass der Laserstrahl durch den polarisierten Strahlteiler **BS** reflektiert wird. Der Laserstrahl wird polarisiert, wenn er vom AF-Laser **11** emittiert wird, und durch die Einstellung der Ausrichtung des AF-Lasers **11** werden nahezu 100% des Laserstrahls vom polarisierten Strahlteiler **BS** reflektiert. Durch Verwendung des polarisierten Strahlteilers **BS** kann der einfallende Laserstrahl oder der reflektierte Lichtstrahl verlustfrei von der AF-Kamera **22** erfasst werden.

[0095] Nachdem der Lichtstrahl die Oberfläche des Glases **19** erreicht hat, wird er von der Oberfläche des Glases **19** reflektiert. Nachdem der reflektierte Lichtstrahl das Objektiv **OL** durchquert hat, wird er vom dichroitischen Spiegel **DM** reflektiert, durchquert die Viertelwellenplatte **QR**, das Abbildungsobjektiv **L11**, den polarisierten Strahlteiler **BS**, den Filter **F** und das

Objektiv **L12** und bildet ein Bild auf der Autofokuskamera (AF-Kamera) **22** ab. Auf diese Weise wird das Bild des Spaltes **SL** von der AF-Kamera **22** aufgenommen.

Wenn in der Konfiguration von **Fig. 1** ein Objektiv zwischen dem dichroitischen Spiegel **DM** und dem Halbspiegel **HM** eingerichtet ist, kann der reflektierte Lichtstrahl des angeordneten Objektivs als Rauschen in die AF-Kamera **22** eintreten, so dass zwei Abbildungslinsen **L1** und **L2** angeordnet sind. Andererseits wird in der Konfiguration von **Fig. 13**, da hinter der Abbildungslinse **L11** eine Wellenplatte **QR** bereitgestellt wird, der von der Abbildungslinse **L11** reflektierte Lichtstrahl durch den polarisierten Strahlteiler **BS** blockiert und kann nicht in die AF-Kamera **22** eintreten. Daher können die Abbildungslinsen **L1** und **L2** in **Fig. 1** durch eine Abbildungslinse **L11** ersetzt werden, um die Anzahl der Linsen auf eine zu reduzieren.

**[0096]** Da außerdem die Viertelwellenplatte **QR** bereitgestellt wird, kann nur der reflektierte Lichtstrahl, der die Viertelwellenplatte **QR** passiert, durch den polarisierten Strahlteiler **BS** hindurchgehen und die AF-Kamera **22** erreichen. Ohne die Wellenplatte **QR** kann das von der Abbildungslinse **L11** zurückkommende Licht als Rauschen in die AF-Kamera **22** gelangen. Wenn die Viertelwellenlängenplatte **QR** nicht in einem bestimmten Winkel installiert ist, kann der von der Viertelwellenlängenplatte **QR** reflektierte Lichtstrahl außerdem als Rauschen in die AF-Kamera **22** eintreten.

**[0097]** Die Fokusposition kann durch Hin- und Herbewegen der Abbildungslinse **L11** oder der Linse **L12** von der Glasoberfläche verschoben werden. Da die Abbildungslinse **L11** innerhalb des Mikroskops und die Linse **L12** außerhalb des Mikroskops installiert ist, kann der Versatz bei einem tatsächlichen Autofokusmodul von außen eingestellt werden. Wenn es jedoch möglich ist, die Abbildungslinse **L11** innerhalb des Mikroskops zu steuern, kann die Linse **L12** weggelassen werden.

**[0098]** Der dichroitische Spiegel **DM** wird verwendet, um den optischen Pfad für die Autofokussierung und den optischen Pfad für die Beobachtung zu trennen. Daher ist es möglich, den Autofokus während der Beobachtung mit dem Mikroskop **105** durchzuführen. Der in der Nähe der Linse **L12** angeordnete Filter **F** ist so eingerichtet, dass er nicht autofokussierbares Licht aus dem Lichtstrahl filtert. Ohne den Filter **F** kann das Beobachtungslight in die AF-Kamera **22** eintreten, was den Autofokus während der Beobachtung beeinträchtigen kann.

**[0099]** Auch in der dritten Ausführungsform wird der durch den Spalt **SL** geformte Lichtstrahl in einem Winkel zur Glasoberfläche **S**, die auf dem Tisch **ST**

montiert ist, der die Probe **20** trägt, eingestrahlt und an der Position des Reflexionsbildes beobachtet.

**[0100]** In **Fig. 12** wird beschrieben, dass nur die Kante an einer Seite signifikant gestreut wird, und es wurde festgestellt, dass die signifikant gestreute Kante zur anderen Seite hin verändert werden kann, je nachdem, ob der Einfallswinkel  $\phi$  positiv oder negativ ist. Es wird angenommen, dass der Grund dafür sein kann, dass der auf die Glasoberfläche auftreffende Lichtstrahl aus irgendeinem Grund gestreut wird, wenn er an der Seite des reflektierten Lichtstrahls reflektiert wird. Daher kann die nicht streuende Kante dadurch bestimmt werden, ob der Einfallswinkel  $\phi$  positiv oder negativ ist.

**[0101]** **Fig. 14** ist ein Bild, das aufgenommen wurde, wenn der Einfallswinkel ein positiver Winkel ist. Wenn der Einfallswinkel ein positiver Winkel ist ( $+\phi$ ), ist die linke Kante der beiden Kanten deutlich sichtbar. **Fig. 15** ist ein Bild, das aufgenommen wurde, wenn der Einfallswinkel ein negativer Einfallswinkel ist ( $-\phi$ ). Wenn der Einfallswinkel ein negativer Winkel ist ( $-\phi$ ), ist die rechte Kante der beiden Kanten deutlich sichtbar.

**[0102]** **Fig. 16** ist ein Diagramm, das ein Kantenerkennungsverfahren veranschaulicht. Wenn z.B., wie in **Fig. 16** dargestellt, ein von der AF-Kamera **22** aufgenommenes Bild auf der linken Seite gestreut wird, werden die Pixel von der rechten Seite des Bildes abgetastet, und die Position mit einer Helligkeit, die größer als ein Schwellenwert ist, wird als Kante bestimmt. Wenn beide Kanten deutlich sichtbar sind, kann der Schwerpunkt verwendet werden. Da eine Kante gestreut ist, wird diese Methode verwendet.

**[0103]** Die Kantenerkennungsmethode ist auch dann nützlich, wenn die Objektivlinse nicht in Wasser oder Flüssigkeit eingetaucht ist. Im Falle einer in Öl eingetauchten Objektivlinse wird der Lichtstrahl zwischen der Lösung und der Glasoberfläche reflektiert. Im Gegensatz dazu wird bei einer nicht in Wasser oder Flüssigkeit eingetauchten Objektivlinse der Lichtstrahl von der unteren Oberfläche und der oberen Oberfläche des Glases reflektiert, und die Reflexionsbilder überlappen einander. Durch die Detektion der Kante auf einer Seite ist es möglich, nur die Oberseite des Glases zu erfassen, wodurch der Autofokus unabhängig von der Dicke des Glases durchgeführt werden kann.

**[0104]** Es gibt viele Bildverarbeitungsmethoden zur Kantenerkennung, eine Methode wird im Folgenden als Beispiel angeführt. Zunächst wird das Bild durch Mittelwertbildung in Y-Richtung in eindimensionale Daten umgewandelt. Um die linke Kante zu erkennen, werden die eindimensionalen Daten von der linken Seite abgetastet, um nach einer Position zu suchen, die einen vorgegebenen Schwellenwert über-

schreitet. Um den rechten Rand zu erkennen, werden die eindimensionalen Daten von der rechten Seite abgetastet, um nach einer Position zu suchen, die den Schwellenwert überschreitet (siehe **Fig. 16**). Wenn keine den Schwellenwert überschreitende Position erkannt wird, ist der Autofokus fehlgeschlagen. Da die Bildverarbeitungsmethode einfach ist, kann sie mit hoher Geschwindigkeit berechnet werden.

**[0105]** Eine weitere Methode ist die Differenzierung der eindimensionalen Daten, um die Position in X-Richtung mit einer maximalen Steigung (als linker Rand) oder mit einer minimalen Steigung (als rechter Rand) zu erkennen. In diesem Fall wird im Voraus ein Schwellenwert bestimmt, und wenn alle Pixel den Schwellenwert nicht überschreiten, ist der Autofokus fehlgeschlagen.

**[0106]** Darüber hinaus ist es möglich, einen hochpräzisen Autofokus durchzuführen, indem man ein Phänomen nutzt, bei dem der deutlich sichtbare Rand zwischen der linken und der rechten Seite umgeschaltet wird, indem man den Einfallswinkel  $\phi$  von einem positiven Winkel in einen negativen Winkel oder ein Schraubstockvisum ändert.

**[0107]** **Fig. 17** ist ein Flussdiagramm, das eine Autofokus-Steuerung gemäß der dritten Ausführungsform illustriert. Ähnlich wie bei der ersten Ausführungsform und der zweiten Ausführungsform werden bei der dritten Ausführungsform die Position DT des Abbildungsobjektivs **L11** und der Winkel  $\theta$  des elektrischen Spiegels entsprechend der von der Glasoberfläche getrennten Fokusposition bestimmt und der Konvergenzbestimmungswert  $\varepsilon$  zur Bestimmung des Fokus im Voraus festgelegt. Aus dem Konvergenzbestimmungswert kann die Fertigstellung des Autofokus bestimmt werden, wodurch verhindert werden kann, dass mit der automatischen Aufnahme begonnen wird, bevor der Autofokus abgeschlossen ist.

**[0108]** In Schritt **S101** stellt die Steuereinheit **110** die Position D des Abbildungsobjektivs **L11** auf DT, den Einfallswinkel  $\phi$  auf den Spalt **SL** und den Konvergenzbestimmungswert auf  $\varepsilon$  ein.

**[0109]** In Schritt **S102** stellt die Steuereinheit **110** den Winkel  $\theta$  des elektrischen Spiegels **M** auf einen Winkel ein, der den Einfallswinkel  $\phi$  bereitstellt. Dann, im Schritt **S103**, nimmt die Steuereinheit **110** mit Hilfe der AF-Kamera **22** ein Reflexionsbild auf und erkennt die linke Kante EL des Spaltes **SL**.

**[0110]** Danach ändert die Steuereinheit **110** im Schritt **S104** den Winkel  $\theta$  des elektrischen Spiegels **M** in einen Winkel, der den Einfallswinkel  $-\phi$  bereitstellt, und nimmt ein Reflexionsbild auf und berechnet im Schritt **S105** die rechte Kante ER des Spaltes **SL**.

**[0111]** Als nächstes berechnet die Steuereinheit **110** einen Betrag, der durch Addition eines Versatzes zur Kantenkoordinatendifferenz  $dx$  ( $= ER - EL$ ) im Schritt **S106** erhalten wird, und bewegt den Tisch **ST** in die Richtung, die dem Betrag entspricht, um den Bewegungsbetrag, der dem Betrag in Z-Richtung im Schritt **S107** entspricht. Die Steuereinheit **110** bestimmt in Schritt **S108**, ob die Differenz  $dx$  kleiner ist als der Konvergenzbestimmungswert  $\varepsilon$ . Somit kann der Benutzer oder das Hauptprogramm wissen, ob die Differenz kleiner ist als der Konvergenzwert. Statt den Tisch **ST** zu bewegen, kann die Position der Objektivlinse **OL** o.ä. eingestellt werden.

**[0112]** Wenn das Hauptprogramm ab Schritt **S108** einen Endbefehl ausgibt (JA in S108), beendet die Steuereinheit **110** den Autofokus.

**[0113]** Die Autofokuseinrichtung der dritten Ausführungsform hat die gleiche Wirkung wie die Autofokuseinrichtung der zweiten Ausführungsform. Darüber hinaus kann die Autofokusvorrichtung der dritten Ausführungsform die Präzision des Autofokus weiter verbessern. Die Probe wurde nacheinander mit einem Laserstrahl aus einer Richtung mit einem Einfallswinkel  $\phi$  in Richtung des Spaltes **SL** und einem Laserstrahl aus der anderen Richtung mit einem Einfallswinkel  $-\phi$  in Richtung des Spaltes **SL** bestrahlt und fotografiert, um die Kanten des Bildes des Spaltes **SL** zu bestimmen, die dem positiven Einfallswinkel bzw. dem negativen Einfallswinkel entsprechen. Dann wird die Differenz zwischen den Kantenpositionen berechnet, und die vertikale Position der Glasfläche **S** wird so gesteuert, dass sich die Differenz der tatsächlichen Spaltbreite annähert. Mit dieser Methode kann die Fokussierung auch dann genau durchgeführt werden, wenn eine Kante des Bildes der Iris oder des Bildes des Spaltes **SL** gestreut ist.

**[0114]** In der dritten Ausführungsform ist der Einfallswinkel  $\phi$  variabel. Ähnlich wie bei der ersten Ausführungsform kann der Einfallswinkel  $\phi$  jedoch auf einen festen, von Null verschiedenen Winkel eingestellt werden, so dass die freie Kante nur mit der Zielposition übereinstimmt. In diesem Fall ist die zur Fokussierung verwendete Kante die Kante auf der Seite, die dem positiven oder negativen Vorzeichen des Einfallswinkels  $\phi$  entspricht.

[Vierte Ausführungsform]

**[0115]** In der ersten bis dritten Ausführungsform wird der Autofokus so durchgeführt, dass der Lichtstrahl der AF-Lichtquelle mit einem festen oder variablen Einfallswinkel ungleich Null  $\phi$  auf die Vergrößerungsoptik trifft und die Fokusposition durch Veränderung der Position der Blende oder des Spaltes, die von der AF-Kamera abgebildet werden sollen, eingestellt wird.

**[0116]** Aber selbst wenn der Lichtstrahl nicht unter einem Winkel ungleich Null auf die Blende oder den Spalt auftrifft, kann der gleiche Effekt erzielt werden, indem ein Teil des Lichts nach dem Durchtritt durch die Blende oder den Spalt blockiert wird. In der vierten Ausführungsform wird ein Beispiel beschrieben, bei dem ein Teil des Lichts nach dem Durchgang durch die Iris oder den Spalt blockiert wird.

**[0117]** Fig. 18 ist ein Diagramm, das die Konfiguration eines optischen Systems in einem Mikroskop gemäß einer vierten Ausführungsform zeigt. Das in Fig. 18 dargestellte Mikroskop 201 umfasst einen Tisch, eine Autofokus-Optik und eine Beobachtungsoptik. Die Einzelheiten des Tisches und der Beobachtungsoptik sind die gleichen wie in der ersten bis dritten Ausführungsform und werden daher in Fig. 18 nicht dargestellt. Fig. 18 veranschaulicht nur das optische System für den Autofokus.

**[0118]** Das optische Autofokussystem des Mikroskops 201 umfasst eine Lichtquelle 211, einen Spalt SL oder eine Irisblende IR, einen Drehspiegel RM1, eine Abbildungslinse L211, einen dichroitischen Spiegel DM, ein Objektiv OL, einen Sensor 222 und eine Steuereinheit 210.

**[0119]** Als Sensor 222 kann die AF-Kamera in der ersten bis dritten Ausführungsform oder ein geteiltes Lichtempfangselement, bei dem die Lichtempfangsfläche geteilt ist, verwendet werden. Im Falle der Verwendung eines Lichtempfangselements vom geteilten Typ bestimmt die Steuereinheit 210 einen Steuersollwert aus der Lichtintensität, die durch Unterteilen des unter den mehreren verschiedenen Bedingungen erhaltenen Bildes der Abschirmung in mehrere Abschnitte und Integrieren der Lichtintensität jedes Abschnitts erhalten wird, und stellt die Position des Tisches oder des optischen Vergrößerungssystems entsprechend dem Steuersollwert ein.

**[0120]** Im optischen Autofokussystem wird der von der Lichtquelle ausgesandte und vom rotierenden Spiegel RM1 reflektierte Lichtstrahl verwendet, um die Information zur Fokussierung des Tisches ST zu erhalten.

**[0121]** Fig. 19 ist ein Diagramm, das eine Positionsbeziehung zwischen dem rotierenden Spiegel RM1 und dem Lichtstrahl B in Fig. 18 zeigt. Unter Bezugnahme auf die Fig. 18 und Fig. 19 ist der Drehspiegel RM1 so eingerichtet, dass er sich um eine Drehachse RA1 dreht. Der Drehspiegel RM1 umfasst zum Beispiel die Muster RP1 und RP2, die durch Aufdampfen von Aluminium auf eine transparente Glasscheibe gebildet werden. Das Muster RP1 ist so eingerichtet, dass es den Lichtstrahl, der durch den Spalt SL oder die Irisblende IR hindurchgegangen ist, auf eine andere Weise reflektiert, und das Muster RP2 ist so eingerichtet, dass es den Lichtstrahl auf eine an-

dere Weise als das Muster RP1 reflektiert. In Fig. 18 wird der Einfachheit halber das Licht der linken Hälfte und das Licht der rechten Hälfte relativ zur optischen Achse  $\phi$  reflektiert. Wenn das Licht durch das Zentrum hindurchgeht, erhöht sich die Reichweite, aber die Präzision nimmt ab. Das Reflexionsmuster wird auf der Grundlage dieser Tatsache entworfen.

**[0122]** Die Lichtquelle 211 darf keine Lichtquelle mit hoher Linearität wie z.B. ein Laser sein. Es kann zum Beispiel eine LED oder eine Quecksilberlampe sein. Daher kann der Lichtstrahl der Lichtquelle 211 aus jeder Richtung in die Iris IR oder den Spalt SL eintreten.

**[0123]** Im Beispiel von Fig. 19 trifft der Lichtstrahl B, nachdem er die Irisblende IR durchquert hat, auf das Muster RP1 des Drehspiegels RM1, und nur die Hälfte des Lichtstrahls B wird in Richtung der Abbildungslinse L211 reflektiert. Der durch die Abbildungslinse L211 hindurchgegangene Lichtstrahl wird vom dichroitischen Spiegel DM reflektiert, passiert die Objektivlinse OL, trifft auf die Glasoberfläche und wird von der Glasoberfläche reflektiert. Der reflektierte Lichtstrahl durchquert die Objektivlinse OL, wird vom dichroitischen Spiegel DM reflektiert, durchquert die Abbildungslinse und erreicht den Sensor 222.

**[0124]** Fig. 20 ist ein Diagramm, das einen Zustand veranschaulicht, in dem der Drehspiegel RM1 im Mikroskop 201, das in Fig. 18 dargestellt ist, um  $180^\circ$  gedreht ist. Fig. 21 ist ein Diagramm, das eine Positionsbeziehung zwischen dem rotierenden Spiegel RM1 und dem in Fig. 20 dargestellten Lichtstrahl B veranschaulicht.

**[0125]** Bezogen auf die Fig. 20 und Fig. 21 erreicht bei einer Drehung des Drehspiegels RM1 um  $180^\circ$  die Hälfte des Lichtstrahls, der dem im Beispiel von Fig. 18 entgegengesetzt ist, das Abbildungsobjektiv L11. Wird also der Fokus nicht erreicht, wird die Lichtempfangsposition des Sensors 222 entgegengesetzt zum Fall von Fig. 18 abgelenkt. Wenn das in dem in Fig. 18 dargestellten Zustand erhaltene Bild und das in dem in Fig. 20 dargestellten Zustand erhaltene Bild nicht übereinstimmen, wird festgestellt, dass das Bild unscharf ist. Wenn das Bild, das in dem in Fig. 18 dargestellten Zustand erhalten wurde, und das Bild, das in dem in Fig. 20 dargestellten Zustand erhalten wurde, übereinstimmen, wird festgestellt, dass das Bild scharf ist. Zum Vergleich der Positionen des Lichts im Sensor 222 kann ein geteiltes Lichtempfangselement verwendet werden.

**[0126]** In der vierten Ausführungsform wird der Drehspiegel RM1 gedreht, um das Mikroskop 201 abwechselnd zwischen dem in Fig. 18 und dem in Fig. 20 dargestellten Zustand zu wechseln, so dass zwei Bilder entstehen.

**[0127]** Wie oben erwähnt, bewirkt die Steuereinheit **210**, dass der Lichtstrahl in zwei entgegengesetzte Positionen relativ zur optischen Achse der Objektivlinse **OL** eintritt, und nimmt zu jedem Lichtstrahl ein entsprechendes Bild auf. Durch den Vergleich der erhaltenen Bilder ist es möglich, den Autofokus mit verbesserter Präzision zu erreichen. Nach dieser Methode kann der Autofokus auch dann erreicht werden, wenn die Bildposition der Iris **IR** oder des Spaltes **SL** auf dem Sensor aufgrund der Verzerrung des optischen Systems abweichend ist.

[Fünfte Ausführungsform]

**[0128]** In der vierten Ausführungsform wird ein Teil des Lichtstrahls, der die Iris oder den Spalt durchquert, vom Spiegel in Richtung Objektivlinse reflektiert. Die Fokussierung kann jedoch erreicht werden, indem ein Teil des Lichtstrahls mit einer Maske blockiert wird, anstatt einen Teil des Lichtstrahls mit einem Spiegel zu reflektieren.

**[0129]** **Fig. 22** ist ein Diagramm, das die Konfiguration eines optischen Systems in einem Mikroskop gemäß einer fünften Ausführungsform zeigt. Das in **Fig. 22** dargestellte Mikroskop **251** umfasst einen Kreuztisch, ein optisches Autofokussystem und ein optisches Beobachtungssystem. Die Einzelheiten des Tisches und der Beobachtungsoptik sind die gleichen wie bei der ersten bis dritten Ausführungsform und werden daher in **Fig. 22** nicht dargestellt. **Fig. 22** zeigt nur das optische System zur Autofokussierung.

**[0130]** Das optische Autofokussystem des Mikroskops **251** umfasst eine Lichtquelle **211**, einen Spalt **SL** oder eine Irisblende **IR**, eine Rotationsmaske **RM2**, einen Halbspiegel **HM2**, ein Abbildungsobjektiv **L211**, einen dichroitischen Spiegel **DM**, ein Objektiv **OL**, einen Sensor **222** und eine Steuereinheit **210**.

**[0131]** Ähnlich wie bei der vierten Ausführungsform kann eine AF-Kamera oder ein geteiltes Lichtempfangselement als Sensor **222** verwendet werden.

**[0132]** In der Autofokus-Optik wird der Lichtstrahl, der durch die rotierende Maske **RM2** geführt wird, verwendet, um die Informationen für die Fokussierung des Tisches **ST** zu erhalten.

**[0133]** **Fig. 23** ist ein Diagramm, das eine Positionsbeziehung zwischen der rotierenden Maske **RM2** und dem in **Fig. 22** dargestellten Lichtstrahl B veranschaulicht. In Bezug auf die **Fig. 22** und **Fig. 23** ist die Rotationsmaske **RM2** so eingerichtet, dass sie sich um eine Rotationsachse **RA2** dreht. Die Rotationsmaske **RM2** umfasst zum Beispiel die Muster **RP1** und **RP2**, die durch Aufdampfen von Aluminium auf eine transparente Glasscheibe gebildet werden. Die Muster **RP1** und **RP2** sind so eingerichtet, dass sie den Lichtstrahl blockieren, der durch den Spalt **SL**

oder die Irisblende **IR** in verschiedenen Mustern hindurchgeht. In **Fig. 23** wird eine Hälfte des Lichtstrahls blockiert. Die Muster **RP1** oder **RP2** können so eingerichtet werden, dass sie den Lichtstrahl wie ein Spiegel zur Lichtquelle hin reflektieren, solange sie in der Lage sind, einen Teil des Lichtstrahls zu blockieren. Ähnlich wie bei der vierten Ausführungsform darf die Lichtquelle **211** keine Lichtquelle mit hoher Linearität wie ein Laser sein. Daher kann der Lichtstrahl der Lichtquelle **211** aus jeder Richtung in die Iris **IR** oder den Spalt **SL** eintreten.

**[0134]** Im Beispiel von **Fig. 22** trifft der Lichtstrahl B, nachdem er die Irisblende **IR** durchquert hat, auf das Muster **RP2** der rotierenden Maske **RM2**. Eine Hälfte des Lichtstrahls B wird blockiert, und die andere Hälfte wird durch den Halbspiegel **HM2** in Richtung der Abbildungslinse **L211** reflektiert. Der durch die Abbildungslinse **L211** hindurchgegangene Lichtstrahl wird vom dichroitischen Spiegel **DM** reflektiert, passiert die Objektivlinse **OL**, trifft auf die Glasoberfläche und wird von der Glasoberfläche reflektiert. Der reflektierte Lichtstrahl durchquert die Objektivlinse **OL**, wird vom dichroitischen Spiegel **DM** reflektiert, durchquert die Abbildungslinse **L211** und erreicht den Sensor **222**.

**[0135]** **Fig. 24** ist ein Diagramm, das einen Zustand veranschaulicht, in dem die rotierende Maske **RM2** im in **Fig. 22** dargestellten Mikroskop **251** um  $180^\circ$  gedreht ist. **Fig. 25** ist ein Diagramm, das eine Positionsbeziehung zwischen der rotierenden Maske **RM2** und dem in **Fig. 24** dargestellten Lichtstrahl B veranschaulicht.

**[0136]** Bezogen auf die **Fig. 24** und **Fig. 25** erreicht bei einer Drehung der Rotationsmaske **RM2** um  $180^\circ$  die Hälfte des Lichtstrahls, der dem im Beispiel von **Fig. 22** entgegengesetzt ist, die Abbildungslinse **L11**. Wird also der Fokus nicht erreicht, wird die Lichtempfangsposition des Sensors **222** entgegengesetzt zum Fall von **Fig. 22** abgelenkt. Wenn das in dem in **Fig. 22** dargestellten Zustand erhaltene Bild und das in dem in **Fig. 24** dargestellten Zustand erhaltene Bild nicht übereinstimmen, wird festgestellt, dass das Bild unscharf ist. Wenn das Bild, das in dem in **Fig. 22** dargestellten Zustand erhalten wurde, und das Bild, das in dem in **Fig. 24** dargestellten Zustand erhalten wurde, übereinstimmen, wird festgestellt, dass das Bild scharf ist. Zum Vergleich der Positionen des Lichts im Sensor **222** kann ein geteiltes Lichtempfangselement verwendet werden.

**[0137]** In der fünften Ausführungsform wird die rotierende Maske **RM2** gedreht, um das Mikroskop **251** abwechselnd zwischen dem in **Fig. 22** und dem in **Fig. 24** dargestellten Zustand zu wechseln und so zwei Bilder zu erhalten. Anstelle der rotierenden Maske kann ein Element wie z.B. ein Flüssigkristall, das die Lichtdurchlässigkeit elektrisch steuert, als Maske

verwendet werden, um die Bilder auf ähnliche Weise zu erhalten.

**[0138]** In der fünften Ausführungsform wird das Muster der Maske zu einer Vielzahl von Mustern geformt, so dass der durchgelassene Lichtstrahl relativ zur optischen Achse des optischen Vergrößerungssystems asymmetrisch ist und der Lichtstrahl auf die Objektivlinse auftrifft und der reflektierte Lichtstrahl beobachtet wird. Daher ist es möglich, den Autofokus mit der gleichen Präzision wie bei der ersten bis vierten Ausführungsform zu erreichen.

[Sechste Ausführungsform]

**[0139]** Das Mikroskop nach einer sechsten Ausführungsform ist dem Mikroskop nach der fünften Ausführungsform insofern ähnlich, als dass eine Maske verwendet wird, jedoch mit dem Unterschied, dass zwei Abbildungslinsen erforderlich sind und ein Halbspiegel vor den beiden Abbildungslinsen bereitgestellt wird.

**[0140]** Fig. 26 ist ein Diagramm, das die Konfiguration eines optischen Systems in einem Mikroskop gemäß einer sechsten Ausführungsform zeigt. Das in Fig. 26 dargestellte Mikroskop 271 umfasst einen Tisch, eine Autofokus-Optik und eine Beobachtungsoptik. Die Einzelheiten des Tisches und der Beobachtungsoptik sind die gleichen wie bei der ersten bis dritten Ausführungsform und werden daher in Fig. 26 nicht dargestellt. Fig. 26 zeigt nur das optische System zur Autofokussierung.

**[0141]** Das optische Autofokussystem des Mikroskops 271 umfasst eine Lichtquelle 211, einen Spalt SL oder eine Irisblende IR, ein Abbildungsobjektiv L211A, ein Abbildungsobjektiv L211B, eine Rotationsmaske RM3, einen Halbspiegel HM3, einen dichroitischen Spiegel DM, ein Objektiv OL, einen Sensor 222 und eine Steuereinheit 210.

**[0142]** Ähnlich wie bei der vierten Ausführungsform kann eine AF-Kamera oder ein geteiltes Lichtempfangselement als Sensor 222 verwendet werden.

**[0143]** In der Autofokus-Optik wird der Lichtstrahl, der durch die rotierende Maske RM3 geführt wird, verwendet, um die Informationen für die Fokussierung des Tisches ST zu erhalten.

**[0144]** Fig. 27 ist ein Diagramm, das eine Positionsbeziehung zwischen der rotierenden Maske RM3 und dem in Fig. 26 dargestellten Lichtstrahl B veranschaulicht. Unter Bezugnahme auf die Fig. 26 und Fig. 27 ist die Rotationsmaske RM3 so eingerichtet, dass sie sich um eine Rotationsachse RA3 dreht. Die Rotationsmaske RM3 umfasst zum Beispiel die Muster RP1 und RP2, die durch Aufdampfen von Aluminium auf eine transparente Glasscheibe gebildet

werden. Die Muster RP1 und RP2 sind so eingerichtet, dass sie den Lichtstrahl blockieren, der den Spalt SL oder die Irisblende IR in verschiedenen Mustern durchläuft. Die Muster RP1 oder RP2 können so eingerichtet werden, dass sie den Lichtstrahl wie ein Spiegel in Richtung der Lichtquelle reflektieren, solange sie in der Lage sind, einen Teil des Lichtstrahls zu blockieren.

**[0145]** Ähnlich wie bei der vierten und fünften Ausführungsform kann die Lichtquelle 211 kein Laser sein, sondern eine Lichtquelle, die einen Lichtstrahl mit einem gewissen Grad an Linearität ausstrahlt, wie z.B. eine LED. Daher kann der Lichtstrahl der Lichtquelle 211 aus jeder Richtung in die Iris IR oder den Spalt SL eintreten.

**[0146]** Nachdem der Lichtstrahl B die Irisblende IR durchquert hat, erreicht er das Abbildungsobjektiv L211. Wie in Fig. 26 dargestellt, erreicht der Lichtstrahl, nachdem er durch die Abbildungslinse L211 hindurchgegangen ist, die rotierende Maske RM3. Eine Hälfte des Lichtstrahls B wird durch das Muster RP2 blockiert, und die andere Hälfte wird durch den Halbspiegel HM3 reflektiert. Das vom Halbspiegel HM3 reflektierte Licht wird vom dichroitischen Spiegel DM reflektiert, durchquert die Objektivlinse OL, erreicht die Glasoberfläche und wird von der Glasoberfläche reflektiert. Der reflektierte Lichtstrahl durchquert die Objektivlinse OL, wird vom dichroitischen Spiegel DM reflektiert, durchquert die Abbildungslinse L211A und erreicht den Sensor 222.

**[0147]** Fig. 28 ist ein Diagramm, das einen Zustand veranschaulicht, in dem die rotierende Maske RM3 im in Fig. 26 dargestellten Mikroskop 271 um 180° gedreht ist. Fig. 29 ist ein Diagramm, das eine Positionsbeziehung zwischen der in Fig. 28 dargestellten Rotationsmaske RM3 und dem Lichtstrahl B zeigt.

**[0148]** Bezogen auf die Fig. 28 und Fig. 29 erreicht bei einer Drehung der Rotationsmaske RM3 um 180° die Hälfte des Lichtstrahls, der dem im Beispiel von Fig. 26 entgegengesetzt ist, das Abbildungsobjektiv L11A. Wird also der Fokus nicht erreicht, wird die Lichtempfangsposition des Sensors 222 entgegengesetzt zum Fall von Fig. 26 abgelenkt. Wenn das in dem in Fig. 26 dargestellten Zustand erhaltene Bild und das in dem in Fig. 28 dargestellten Zustand erhaltene Bild nicht übereinstimmen, wird festgestellt, dass das Bild unscharf ist. Wenn das Bild, das in dem in Fig. 26 dargestellten Zustand erhalten wurde, und das Bild, das in dem in Fig. 28 dargestellten Zustand erhalten wurde, übereinstimmen, wird festgestellt, dass das Bild scharf ist. Zum Vergleich der Positionen des Lichts im Sensor 222 kann ein geteiltes Lichtempfangselement verwendet werden.

**[0149]** In der sechsten Ausführungsform wird die rotierende Maske RM3 gedreht, um das Mikroskop 271

abwechselnd zwischen dem in **Fig. 26** und dem in **Fig. 28** dargestellten Zustand zu wechseln und so zwei Bilder zu erhalten. Anstelle der rotierenden Maske kann ein Element wie z.B. ein Flüssigkristall, das die Lichtdurchlässigkeit elektrisch steuert, als Maske verwendet werden, um die Bilder auf ähnliche Weise zu erhalten.

In der sechsten Ausführungsform wird das Muster der Maske zu einer Vielzahl von Mustern geformt, so dass der durchgelassene Lichtstrahl relativ zur optischen Achse des vergrößernden optischen Systems asymmetrisch ist und der Lichtstrahl auf die Objektivlinse auftrifft und der reflektierte Lichtstrahl beobachtet wird. Daher ist es möglich, den Autofokus mit der gleichen Präzision wie bei der ersten bis fünften Ausführungsform zu erreichen.

(Zusammenfassung)

**[0150]** Schließlich werden im Folgenden die oben beschriebenen ersten bis sechsten Ausführungsformen unter Bezugnahme auf die Zeichnungen zusammengefasst.

**[0151]** In Bezug auf einen Aspekt stellt die vorliegende Offenbarung eine Autofokusvorrichtung zur Verfügung, die in einem optischen Apparat verwendet wird, der mit einem Tisch (**ST**) ausgestattet ist, der ein transparentes Element (**19**) trägt, auf dem ein Beobachtungsobjekt (**20**) platziert wird, sowie ein optisches Vergrößerungssystem (**L1, L2, HM, DM, OL**), das zur Beobachtung des Beobachtungsobjekts verwendet wird. Die Autofokusvorrichtung umfasst: eine Lichtquellenvorrichtung (**11, M, 13, 211**), die über das optische Vergrößerungssystem einen zum Beobachtungsobjekt austretenden Lichtstrahl aussendet; eine Abschirmung (**IR, SL**), die in Bezug auf das optische Vergrößerungssystem an einer dem Beobachtungsobjekt gegenüberliegenden Position angeordnet und so eingerichtet ist, dass sie den von der Lichtquellenvorrichtung ausgesandten Lichtstrahl begrenzt; eine Lichteinheitsvorrichtung (**22, 222**), die über das optische Vergrößerungssystem einen reflektierten Lichtstrahl empfängt, der von einer Reflexionsfläche des transparenten Elements reflektiert wird, nachdem der austretende Lichtstrahl die Reflexionsfläche über die Abschirmung und das optische Vergrößerungssystem erreicht hat; und eine Steuereinheit (**100, 110, 210**), die die Position des Tisches oder des optischen Vergrößerungssystems steuert. Wie in **Fig. 3, Fig. 4, Fig. 9, Fig. 10** und **Fig. 18 bis Fig. 29** dargestellt, stellt die Steuereinheit die Position des Tisches oder des optischen Vergrößerungssystems auf der Grundlage eines von der Abschirmung reflektierten Lichtstrahls ein, der durch Bestrahlen des Beobachtungsobjekts mit dem Lichtstrahl erhalten wird, der von der Lichtquellenvorrichtung emittiert und durch die Abschirmung unter einer Vielzahl verschiedener Bedingungen begrenzt wird.

**[0152]** Vorzugsweise wird, wie in den **Abb. 3, Abb. 4, Abb. 9** und **Abb. 10** dargestellt, die Lichtquellenvorrichtung so eingerichtet, dass sie einen Winkel des austretenden Lichtstrahls relativ zur Abschirmung einstellt.

**[0153]** Vorzugsweise, wie in den **Abb. 18** bis **Abb. 21** dargestellt, umfasst die Autofokusvorrichtung ferner ein optisches Element (**RM1**), das einen Teil des von der Lichtquellenvorrichtung emittierten und durch die Abschirmung begrenzten Lichtstrahls reflektiert. Der von der Lichtquellenvorrichtung emittierte und durch das optische Element reflektierte Lichtstrahl trifft auf das Beobachtungsobjekt auf.

**[0154]** Vorzugsweise, wie in den **Abb. 22** bis **Abb. 29** dargestellt, umfasst die Autofokus-Vorrichtung ferner ein optisches Element (**RM2, RM3**), das einen Teil des von der Lichtquellenvorrichtung emittierten und durch die Abschirmung begrenzten Lichtstrahls blockiert, abschwächt oder reflektiert. Ein Teil des Lichtstrahls, der von der Lichtquellenvorrichtung emittiert wird und nicht durch das optische Element blockiert, abgeschwächt und reflektiert wird, trifft auf das Beobachtungsobjekt auf.

**[0155]** Vorzugsweise bestimmt die Steuereinheit (**210**) einen Steuerzielwert aus der Position eines Reflexionsbildes der Abschirmung, das unter der Vielzahl unterschiedlicher Bedingungen erhalten wurde, und stellt die Position des Tisches oder des optischen Vergrößerungssystems entsprechend ein.

**[0156]** Noch bevorzugter bestimmt die Steuereinheit (**210**) einen Steuerzielwert, indem sie das unter der Vielzahl unterschiedlicher Bedingungen erhaltene Bild der Abschirmung in eine Vielzahl von Abschnitten unterteilt und die Lichtintensität jedes Abschnitts integriert und die Position des Tisches oder des optischen Vergrößerungssystems entsprechend einstellt.

**[0157]** Nach einem anderen Aspekt stellt die vorliegende Offenbarung eine Autofokusvorrichtung zur Verfügung, die in einem optischen Gerät verwendet wird, das mit einem Tisch (**ST**) ausgestattet ist, der ein transparentes Element (**19**) trägt, auf dem ein Beobachtungsobjekt (**20**) angeordnet ist, sowie ein optisches Vergrößerungssystem (**L1, L2, HM, DM, OL**), das zur Beobachtung des Beobachtungsobjekts verwendet wird. Die Autofokusvorrichtung umfasst: eine Lichtquellenvorrichtung (**11, M, 13, 211**), die über das optische Vergrößerungssystem einen zum Beobachtungsobjekt austretenden Lichtstrahl aussendet; eine Abschirmung (**IR**), die in Bezug auf das optische Vergrößerungssystem an einer dem Beobachtungsobjekt gegenüberliegenden Position angeordnet und so eingerichtet ist, dass sie den von der Lichtquellenvorrichtung ausgesandten Lichtstrahl begrenzt; eine Abbildungseinheit (**22**), die über das optische Vergrö-

ßerungssystem einen reflektierten Lichtstrahl empfängt, der von einer Reflexionsfläche des transparenten Elements reflektiert wird, nachdem der austretende Lichtstrahl die Reflexionsfläche über die Abschirmung und das optische Vergrößerungssystem erreicht hat; und eine Steuereinheit (100), die die Position des Tisches oder des optischen Vergrößerungssystems steuert. Die Lichtquellenvorrichtung emittiert den austretenden Lichtstrahl in einem von Null verschiedenen Winkel ( $\phi$ ) relativ zur Achse des optischen Vergrößerungssystems. Wie in den **Abb. 3** und **Abb. 4** dargestellt, stellt die Steuereinheit (100) die Position des Tisches oder des optischen Vergrößerungssystems so ein, dass die Position (X1) eines von der Abbildungsvorrichtung (22) aufgenommenen Bildes der Abschirmung mit einer Zielposition (XT) übereinstimmt.

**[0158]** Durch Einstellen des Einfallswinkels ( $\phi$ ) auf einen Winkel ungleich Null ist es also möglich, aus der Position des Bildes der Iris (IR) sofort die Bewegungsrichtung und den Bewegungsbetrag des Tisches zu bestimmen, und dadurch ist es möglich, den Autofokus mit hoher Geschwindigkeit durchzuführen.

**[0159]** Vorzugsweise, wie in **Fig. 3** dargestellt, stellt die Steuereinheit (100), wie in **Fig. 3** dargestellt, die Position des Tisches oder des optischen Vergrößerungssystems so ein, dass die Position (X1, X2) einer Blende der Blende in dem von der Abbildungsvorrichtung (22) erfassten Bild der Blende mit der Zielposition (XT) übereinstimmt.

**[0160]** Vorzugsweise führt die Steuereinheit (100) eine Bildverarbeitung an dem von der Abbildungsvorrichtung (22) erfassten Bild durch, um die Außenseite der Blende von der Innenseite der Blende in dem Bild des Schildes (IR) zu trennen. Dadurch kann ein genauer Autofokus genau durchgeführt werden, ohne durch das Bild des Beobachtungsobjekts, das innerhalb der Blende reflektiert wird, beeinträchtigt zu werden.

**[0161]** Vorzugsweise wird die Lichtquellenvorrichtung so eingerichtet, dass sie einen Winkel ( $\phi$ ) des austretenden Lichtstrahls relativ zur Abschirmung (IR) einstellt, und die Steuereinheit (100) eingerichtet ist, um die Position des Tisches oder des optischen Vergrößerungssystems so einzustellen, dass eine Differenz (dx) zwischen einer ersten Position (X1) eines Bildes der Abschirmung (IR), wenn der austretende Lichtstrahl von der Lichtquellenvorrichtung unter einem ersten Winkel ( $\phi$ ) emittiert wird, und einer zweiten Position (X2) eines Bildes der Abschirmung (IR), wenn der austretende Lichtstrahl von der Lichtquellenvorrichtung unter einem zweiten Winkel ( $-\phi$ ) emittiert wird, der sich von dem ersten Winkel unterscheidet und gleich einem Zielwert (z.B. 0) ist, gemacht wird. Dadurch ist es möglich, zu bestimmen, ob der Fokus erreicht wird, ohne die Zielposition, die

dem Brennpunkt auf dem aufgenommenen Bild entspricht, im Voraus festzulegen.

**[0162]** Vorzugsweise ist die Lichtquellenvorrichtung so eingerichtet, dass sie einen Winkel des austretenden Lichtstrahls relativ zur Abschirmung (IR) einstellt, und die Steuereinheit (100) ist so konfiguriert, dass sie die Position des Tisches oder des optischen Vergrößerungssystems auf der Grundlage einer ersten Position eines Bildes der Abschirmung (IR) grob einstellt, wenn der austretende Lichtstrahl von der Lichtquellenvorrichtung unter einem ersten Winkel emittiert wird ( $\phi_L$ ), und die Position des Tisches oder des optischen Vergrößerungssystems auf der Grundlage einer zweiten Position eines Bildes der Abschirmung (IR) fein einzustellen, wenn der austretende Lichtstrahl von der Lichtquellenvorrichtung unter einem zweiten Winkel ( $\phi_H$ ) ausgesendet wird, der größer als der erste Winkel ist ( $\phi_L$ ). Auf diese Weise kann der Autofokus in einem weiten Bereich und mit hoher Präzision erreicht werden. Vorzugsweise umfasst die Lichtquellenvorrichtung eine Lichtquelle (11), die einen ausgehenden Lichtstrahl mit hoher Linearität aussendet, und ein elektrisch-optisches Element (M), das so eingerichtet ist, dass es einen von der Lichtquelle emittierten Lichtstrahl empfängt und einen Einfallswinkel des von der Lichtquellenvorrichtung emittierten Lichtstrahls auf die Abschirmung einstellt, und die Steuereinheit (100) eingerichtet ist, um den Winkel ( $\theta$ ) des elektrischen optischen Elements (M) in dem Fall einzustellen, wenn der Winkel ( $\phi$ ) des von der Lichtquellenvorrichtung emittierten Lichtstrahls gleich dem ersten Winkel ( $\phi$  oder  $\phi_L$ ) ist, der sich von dem Fall unterscheidet, wenn der Winkel ( $\phi$ ) des von der Lichtquellenvorrichtung emittierten Lichtstrahls gleich dem zweiten Winkel ( $\phi$  oder  $\phi_H$ ) ist.

**[0163]** Vorzugsweise umfasst das optische Vergrößerungssystem eine Objektivlinse (OL), einen Halbspiegel (HM), eine lichtquellenseitige Abbildungslinse (L2), die auf einem optischen Pfad eines optischen Pfades für einen durch den Halbspiegel (HM) hindurchgegangenen Lichtstrahl und einem optischen Pfad für einen von dem Halbspiegel (HM) reflektierten Lichtstrahl angeordnet ist, und eine kameraseitige Abbildungslinse (L1), die auf dem anderen optischen Pfad eines optischen Pfades für einen durch den Halbspiegel (HM) hindurchgegangenen Lichtstrahl und einem optischen Pfad für einen von dem Halbspiegel (HM) reflektierten Lichtstrahl angeordnet ist.

**[0164]** Vorzugsweise emittiert die Lichtquellenvorrichtung einen polarisierten Lichtstrahl, und das optische Vergrößerungssystem umfasst eine Objektivlinse (OL), eine Viertelwellenplatte (QR), einen polarisierten Strahlteiler (BS) und eine Abbildungslinse (L11), die zwischen der Viertelwellenplatte (QR) und dem polarisierten Strahlteiler (BS) angeordnet ist. Mit einer solchen Konfiguration ist es möglich, den Ver-

lust der Lichtmenge aus der Lichtquellenvorrichtung zu verringern und die Anzahl der Abbildungslinsen zu reduzieren.

**[0165]** Vorzugsweise stellt die Steuereinheit (**100**) die Position des Tisches (**ST**) oder des optischen Vergrößerungssystems auf der Grundlage der Koordinaten des Schwerpunkts der Blende im Bild der Abschirmung ein.

**[0166]** Vorzugsweise stellt die Steuereinheit (**110**) die Position des Tisches (**ST**) oder des optischen Vergrößerungssystems auf der Grundlage der Koordinaten eines Randes der Blende in dem Bild des Schildes ein. In einigen Fällen kann die Kante genauer erfasst werden als der Schwerpunkt.

**[0167]** Nach einem weiteren Aspekt stellt die vorliegende Offenbarung einen optischen Apparat zur Verfügung, der einen Tisch, ein optisches Vergrößerungssystem und eine oben beschriebene Autofokus-Einrichtung umfasst.

**[0168]** Nach noch einem anderen Aspekt stellt die vorliegende Offenbarung einen optischen Apparat bereit, der einen Tisch, ein optisches Vergrößerungssystem und eine oben beschriebene Autofokusvorrichtung umfasst.

**[0169]** Es sollte verstanden werden, dass die hier vorliegenden Ausführungsformen und Beispiele zum Zweck der Illustration und Beschreibung vorliegen, aber nicht in allen Aspekten beschränkt sind. Es ist beabsichtigt, dass der Umfang der vorliegenden Erfindung nicht auf die obige Beschreibung beschränkt ist, sondern durch den Umfang der Ansprüche definiert wird und alle Änderungen umfasst, die in Bedeutung und Umfang den Ansprüchen entsprechen.

<b>101:</b>	Positionseinstelleinheit;
<b>102:</b>	Spiegelwinkel-Einstelleinheit;
<b>103:</b>	Tischpositions-Einstelleinheit;
<b>211:</b>	Lichtquelle;
<b>222:</b>	Sensor;
<b>OL:</b>	Objektivlinse;
<b>B1, B2:</b>	Laserstrahl;
<b>BS:</b>	polarisierter Strahlteiler;
<b>DM:</b>	dichroitischer Spiegel;
<b>HM:</b>	Halbspiegel;
<b>F:</b>	Filter;
<b>M:</b>	elektrischer Spiegel;
<b>QR:</b>	Wellenplatte;
<b>RM1:</b>	rotierender Spiegel;
<b>RM3:</b>	rotierende Maske;
<b>RP1, RP2:</b>	Muster;
<b>S:</b>	Glasoberfläche;
<b>SL:</b>	Schlitz;
<b>ST:</b>	Tisch

#### Bezugszeichenliste

<b>1, 105, 201, 251, 271:</b>	Mikroskop;
<b>13:</b>	Strahlaufweiter;
<b>11:</b>	AF-Laser;
<b>19:</b>	Glas;
<b>20:</b>	Probe;
<b>22:</b>	AF-Kamera;
<b>23:</b>	Anregungsfilter;
<b>24:</b>	dichroitischer
<b>25, 28:</b>	Absorptionsfilter;
<b>26, L1, L2, L11, L11A, L211, L211A, L211B:</b>	Abbildungsobjektiv;
<b>27:</b>	Beobachtungskamera;
<b>100,110,210:</b>	Steuereinheit;

**ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**Zitierte Patentliteratur**

- JP 2015227940 [0008]
- JP 5621259 [0008]

## Patentansprüche

1. Autofokusvorrichtung, die in einem optischen Gerät verwendet wird, das mit einem Tisch ausgestattet ist, der ein transparentes Element trägt, auf dem ein Beobachtungsobjekt platziert wird, und ein optisches Vergrößerungssystem, das zur Beobachtung des Beobachtungsobjekts verwendet wird, wobei die Autofokusvorrichtung umfasst:

eine Lichtquellenvorrichtung, die über das optische Vergrößerungssystem einen Lichtstrahl zum Beobachtungsobjekt aussendet;

eine Abschirmung, die in Bezug auf das optische Vergrößerungssystem gegenüber dem Beobachtungsobjekt angeordnet und so eingerichtet ist, dass sie den von der Lichtquellenvorrichtung ausgesandten Lichtstrahl begrenzt;

eine Lichterfassungseinheit, die über das optische Vergrößerungssystem einen reflektierten Lichtstrahl empfängt, der von einer Reflexionsfläche des transparenten Elements reflektiert wird, nachdem der von der Lichtquellenvorrichtung emittierte Lichtstrahl die Reflexionsfläche über die Abschirmung und das optische Vergrößerungssystem erreicht hat; und

eine Steuereinheit, die die Position des Tisches oder des optischen Vergrößerungssystems steuert, wobei die Steuereinheit die Position des Tisches oder des optischen Vergrößerungssystems auf der Grundlage eines von der Abschirmung reflektierten Lichtstrahls einstellt, der durch Bestrahlung des Beobachtungsobjekts mit dem Lichtstrahl erhalten wird, der von der Lichtquellenvorrichtung emittiert und durch die Abschirmung unter einer Vielzahl verschiedener Bedingungen begrenzt wird.

2. Autofokusvorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Lichtquellenvorrichtung so eingerichtet ist, dass sie einen Winkel des Lichtstrahls relativ zur Abschirmung einstellt.

3. Autofokusvorrichtung nach Anspruch 1, die ferner ein optisches Element umfasst, das einen Teil des von der Lichtquellenvorrichtung emittierten und durch die Abschirmung begrenzten Lichtstrahls reflektiert, wobei der von der Lichtquellenvorrichtung emittierte und von dem optischen Element reflektierte Lichtstrahl auf das Beobachtungsobjekt auftrifft.

4. Autofokusvorrichtung nach Anspruch 1, weiterhin umfassend ein optisches Element, das einen Teil des von der Lichtquellenvorrichtung emittierten und durch die Abschirmung begrenzten Lichtstrahls blockiert, abschwächt oder reflektiert, wobei ein Teil des Lichtstrahls, der von der Lichtquellenvorrichtung emittiert wird und nicht durch das optische Element blockiert, abgeschwächt und reflektiert wird, auf das Beobachtungsobjekt einfällt.

5. Autofokusvorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 4, wobei die Steuereinheit einen Steuer-

zielwert aus der Position eines Reflexionsbildes der Abschirmung bestimmt, das unter der Vielzahl von verschiedenen Bedingungen erhalten wurde, und die Position des Tisches oder des optischen Vergrößerungssystems entsprechend einstellt.

6. Autofokusvorrichtung gemäß einem der Ansprüche 2 bis 4, wobei die Steuereinheit einen Steuerzielwert aus einer Lichtintensität bestimmt, die erhalten wird, indem das Bild der Abschirmung, das unter der Vielzahl von verschiedenen Bedingungen erhalten wird, in eine Vielzahl von Abschnitten unterteilt und die Lichtintensität jedes Abschnitts integriert wird, und die Position des Tisches oder des optischen Vergrößerungssystems entsprechend einstellt.

7. Autofokusvorrichtung, die in einer optischen Vorrichtung verwendet wird, die mit einem Tisch ausgestattet ist, der ein durchsichtiges Element trägt, auf dem ein Beobachtungsobjekt angeordnet ist, und ein optisches Vergrößerungssystem, das zur Beobachtung des Beobachtungsobjekts verwendet wird, wobei die Autofokusvorrichtung umfasst:

eine Lichtquellenvorrichtung, die über das optische Vergrößerungssystem einen Lichtstrahl zum Beobachtungsobjekt aussendet;

eine Abschirmung, die in Bezug auf das optische Vergrößerungssystem gegenüber dem Beobachtungsobjekt angeordnet und so eingerichtet ist, dass sie den von der Lichtquellenvorrichtung ausgesandten Lichtstrahl begrenzt;

eine Abbildungseinheit, die über das optische Vergrößerungssystem einen reflektierten Lichtstrahl empfängt, der von einer Reflexionsfläche des transparenten Elements reflektiert wird, nachdem der von der Lichtquellenvorrichtung emittierte Lichtstrahl die Reflexionsfläche über die Abschirmung und das optische Vergrößerungssystem erreicht hat; und

eine Steuereinheit, die die Position des Tisches oder des optischen Vergrößerungssystems steuert, die Lichtquellenvorrichtung, die den Lichtstrahl unter einem von Null verschiedenen Winkel relativ zur Achse des optischen Vergrößerungssystems aussendet, und

die Steuereinheit, die die Position des Tisches oder des optischen Vergrößerungssystems so einstellt, dass die Position eines von der Abbildungsvorrichtung erfassten Bildes der Abschirmung mit einer Zielposition übereinstimmt.

8. Autofokusvorrichtung nach Anspruch 7, wobei die Steuereinheit die Position des Tisches oder des optischen Vergrößerungssystems so einstellt, dass die Position einer Blende der Abschirmung in dem von der Abbildungsvorrichtung erfassten Bild der Abschirmung mit der Zielposition übereinstimmt.

9. Autofokusvorrichtung nach Anspruch 7 oder 8, wobei die Steuereinheit eine Bildverarbeitung an dem von der Abbildungsvorrichtung erfassten Bild durch-

führt, um die Innenseite der Blende von der Außenseite der Blende im Bild des Schildes zu trennen.

10. Autofokusvorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 9, wobei die Lichtquellenvorrichtung so eingerichtet ist, dass sie einen Winkel des Lichtstrahls relativ zur Abschirmung einstellt, und die Steuereinheit so eingerichtet ist, dass sie die Position des Tisches oder des optischen Vergrößerungssystems so einstellt, dass ein Unterschied zwischen einer ersten Position eines Bildes der Abschirmung und einer zweiten Position eines Bildes der Abschirmung gleich einem Zielwert gemacht wird, wobei die erste Position erhalten wird, wenn der Lichtstrahl von der Lichtquellenvorrichtung unter einem ersten Winkel emittiert wird, und die zweite Position erhalten wird, wenn der Lichtstrahl von der Lichtquellenvorrichtung unter einem zweiten, vom ersten Winkel verschiedenen Winkel emittiert wird.

11. Autofokusvorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 9, wobei die Lichtquellenvorrichtung so eingerichtet ist, dass sie einen Winkel des Lichtstrahls relativ zur Abschirmung einstellt, und die Steuereinheit so eingerichtet ist, dass sie die Position des Tisches oder des optischen Vergrößerungssystems auf der Grundlage einer ersten Position eines Bildes der Abschirmung, das erhalten wird, wenn der Lichtstrahl von der Lichtquellenvorrichtung unter einem ersten Winkel emittiert wird, grob einstellt und die Position des Tisches oder des optischen Vergrößerungssystems auf der Grundlage einer zweiten Position eines Bildes der Abschirmung, das erhalten wird, wenn der Lichtstrahl von der Lichtquellenvorrichtung unter einem zweiten Winkel emittiert wird, der größer als der erste Winkel ist, fein einstellt.

12. Autofokusvorrichtung nach Anspruch 10 oder 11, wobei die Lichtquelleneinrichtung umfasst eine Lichtquelle, die einen Lichtstrahl mit hoher Linearität aussendet, und ein elektrisch-optisches Element, das einen von der Lichtquelle emittierten Lichtstrahl empfängt und einen Einfallswinkel des von der Lichtquellenvorrichtung emittierten Lichtstrahls auf die Abschirmung einstellt, und die Steuereinheit so eingerichtet ist, dass sie den Winkel des elektrischen optischen Elements in dem Fall einstellt, wenn der Winkel des von der Lichtquellenvorrichtung emittierten Lichtstrahls gleich dem ersten Winkel ist, der sich von dem Fall unterscheidet, wenn der Winkel des von der Lichtquellenvorrichtung emittierten Lichtstrahls gleich dem zweiten Winkel ist.

13. Autofokusvorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 12, wobei das optische Vergrößerungssystem umfasst

eine Objektivlinse,  
einen Halbspiegel,  
eine lichtquellenseitige Abbildungslinse, die auf einem optischen Pfad eines optischen Pfades für einen durch den Halbspiegel geführten Lichtstrahl und eines optischen Pfades für einen durch den Halbspiegel reflektierten Lichtstrahl angeordnet ist, und ein kameraseitiges Abbildungsobjektiv, das auf dem anderen optischen Pfad eines optischen Pfades für einen durch den Halbspiegel geführten Lichtstrahl und eines optischen Pfades für einen von dem Halbspiegel reflektierten Lichtstrahl angeordnet ist.

14. Autofokusvorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 12, wobei die Lichtquellenvorrichtung einen polarisierten Lichtstrahl aussendet, und das optische Vergrößerungssystem umfasst eine Objektivlinse,  
eine Viertelwellenplatte,  
einem polarisierten Strahlteiler, und eine Abbildungslinse, die zwischen der Viertelwellenplatte und dem polarisierten Strahlteiler angeordnet ist.

15. Autofokusvorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 12, wobei die Steuereinheit stellt die Position des Tisches oder des optischen Vergrößerungssystems auf der Grundlage der Koordinaten des Schwerpunkts der Blende im Bild des Schildes ein.

16. Autofokusvorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 14, wobei die Steuereinheit stellt die Position des Tisches oder des optischen Vergrößerungssystems auf der Grundlage der Koordinaten eines Randes der Blende im Bild des Schildes ein.

17. Optische Vorrichtung umfassend:  
den Tisch;  
das optische Vergrößerungssystem; und die Autofokusvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 16.

18. Mikroskop umfassend:  
den Tisch;  
das optische Vergrößerungssystem; und die Autofokusvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 16.

Es folgen 19 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG.1

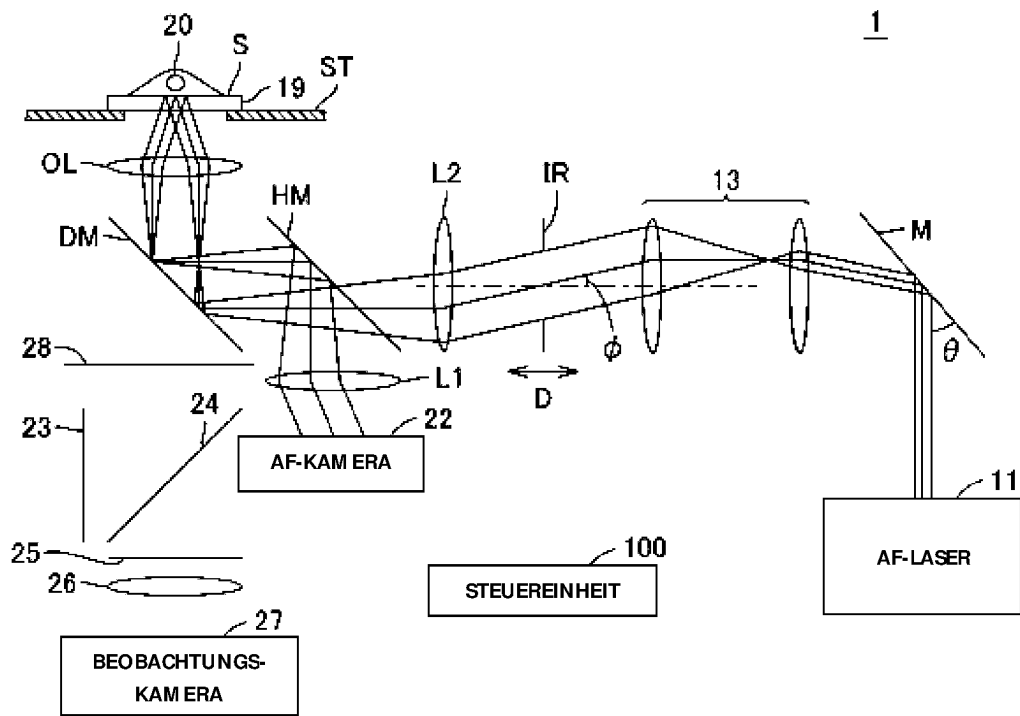


FIG.2

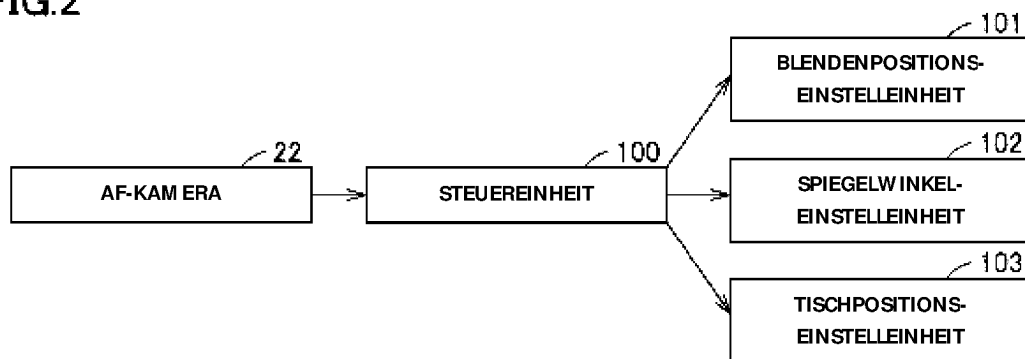


FIG.3

	FOKUSPUNKT IST HINTER DEM OBJEKT (HINTER DEM FOKUS)	FOKUSPOSITION	FOKUSPUNKT IST VOR DEM OBJEKT (VOR DEM FOKUS)
TISCH- POSITION	<p>FOKUSEBENE</p>		
KAMERABILD P1			
dx	$dx < 0$	$dx = 0$ $X1 = XT$	$dx > 0$

FIG.4

	FOKUSPUNKT IST HINTER DEM OBJEKT (HINTER DEM FOKUS)	FOKUSPOSITION	FOKUSPUNKT IST VOR DEM OBJEKT (VOR DEM FOKUS)
TISCH- POSITION	<p>FOKUSEBENE</p>		
KAMERABILD P1			
dx	$dx < 0$	$dx = 0$ $X1 = XT$	$dx > 0$

FIG.5

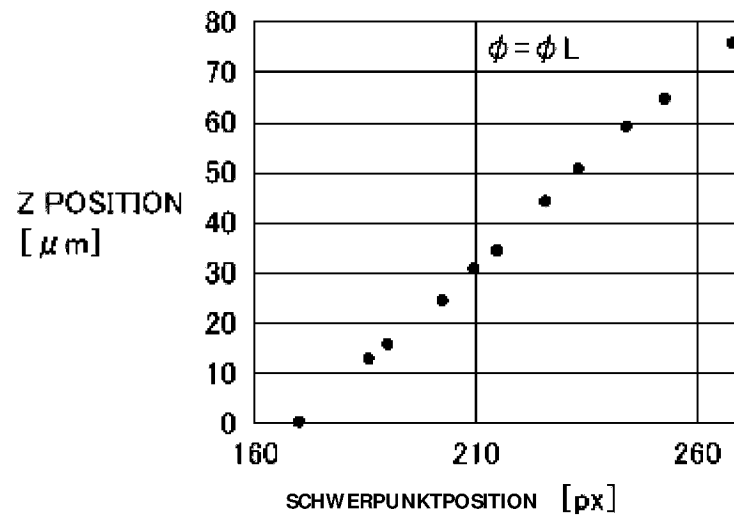


FIG.6

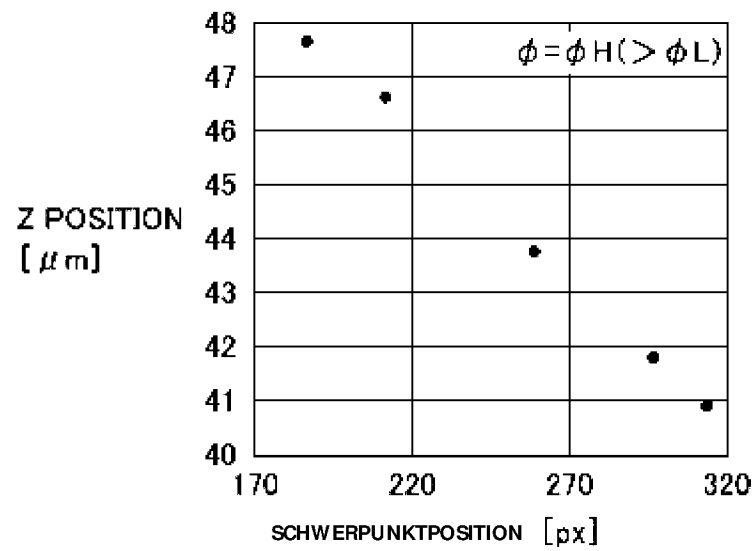


FIG.7

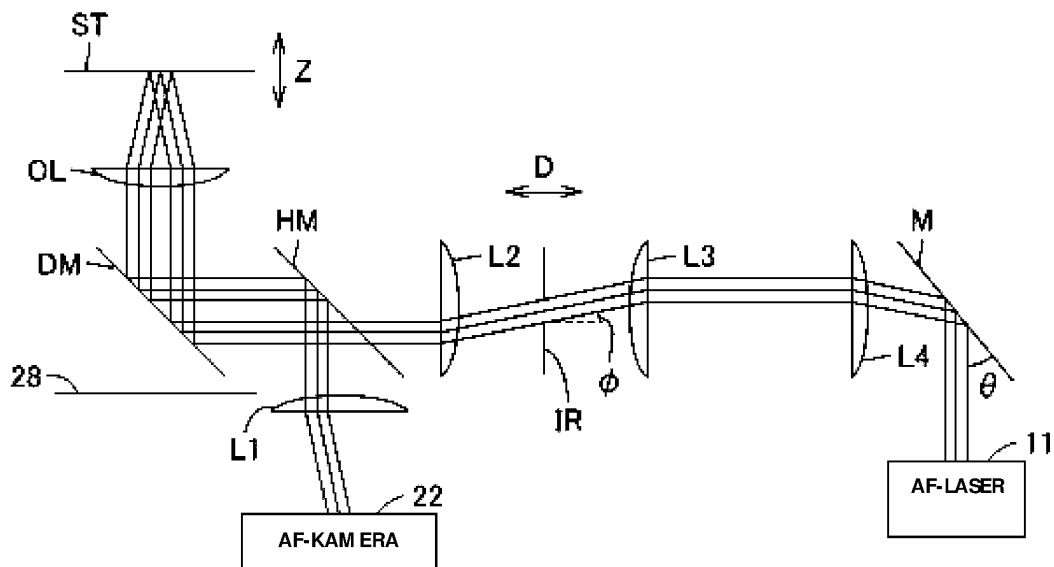


FIG.8

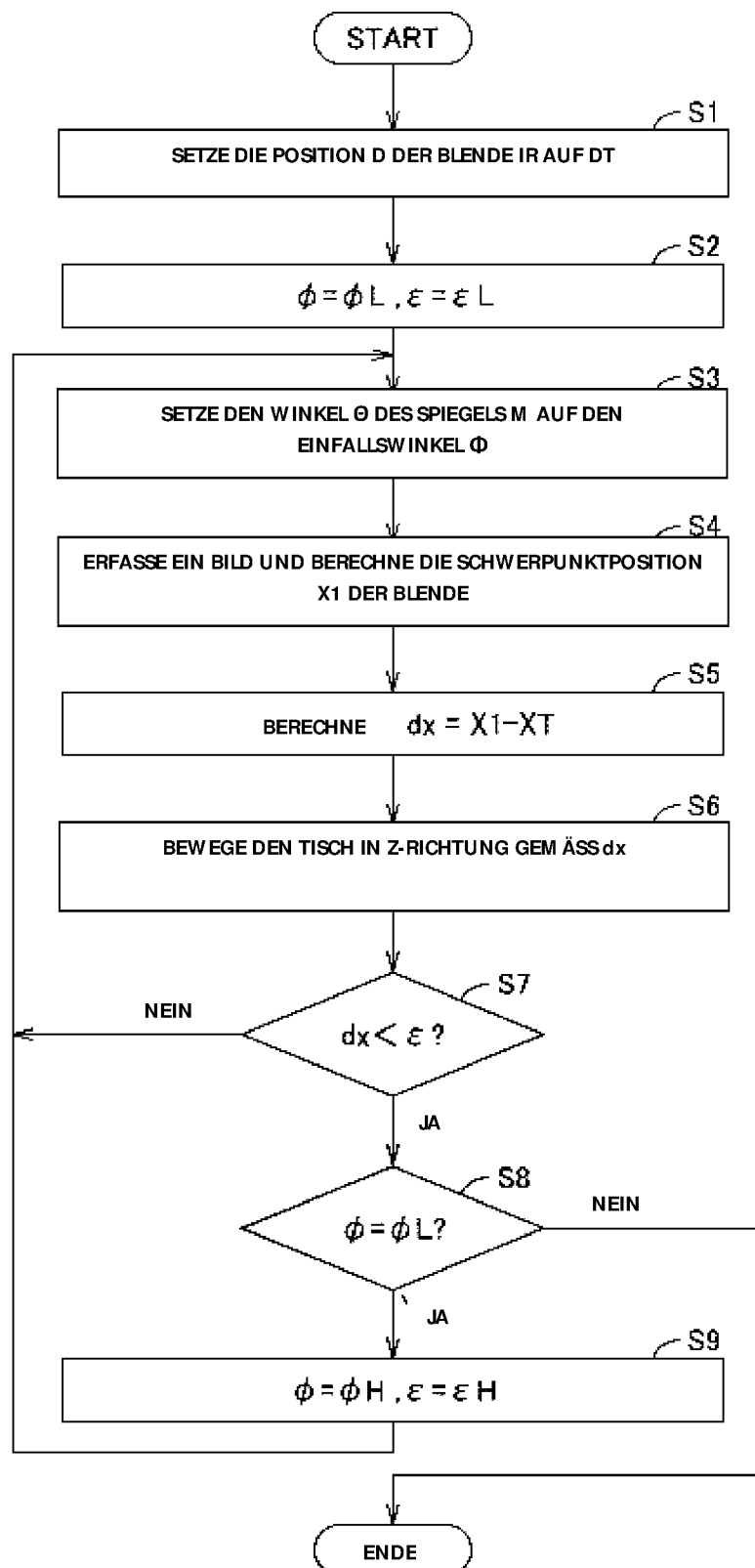


FIG.9

	FOKUSPUNKT IST HINTER DEM OBJEKT (HINTER DEM FOKUS)	FOKUSPOSITION	FOKUSPUNKT IST VOR DEM OBJEKT (VOR DEM FOKUS)
TISCH- POSITION			
KAMERABILD P1			
KAMERABILD P2			
dx		<p><math>dx=0</math> <math>X1=X2=XT</math></p>	

FIG.10

	FOKUSPUNKT IST HINTER DEM OBJEKT (HINTER DEM FOKUS)	FOKUSPOSITION	FOKUSPUNKT IST VOR DEM OBJEKT (VOR DEM FOKUS)
TISCH- POSITION			
KAMERABILD P1			
KAMERABILD P2			
dx		<p><math>dx=0</math> <math>X1=X2=X_T</math></p>	

FIG.11

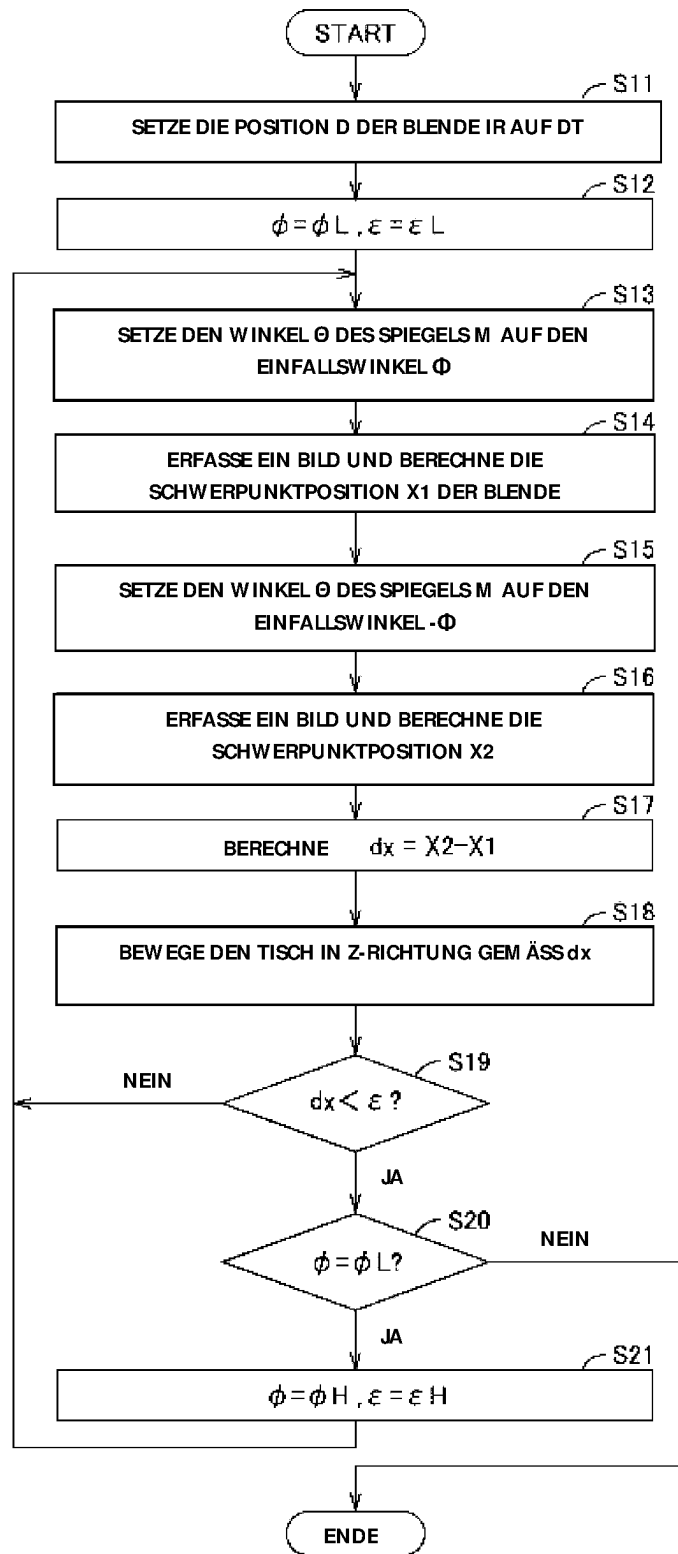


FIG.12

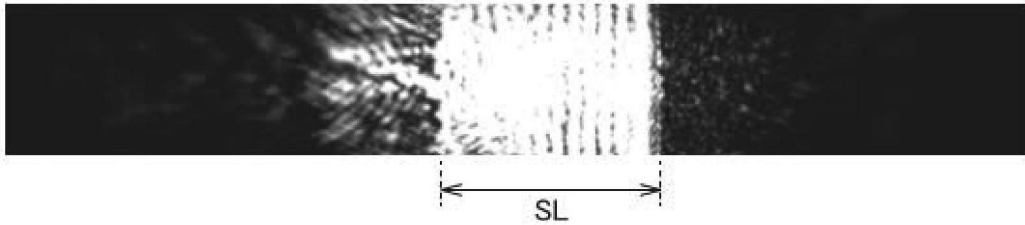


FIG.13

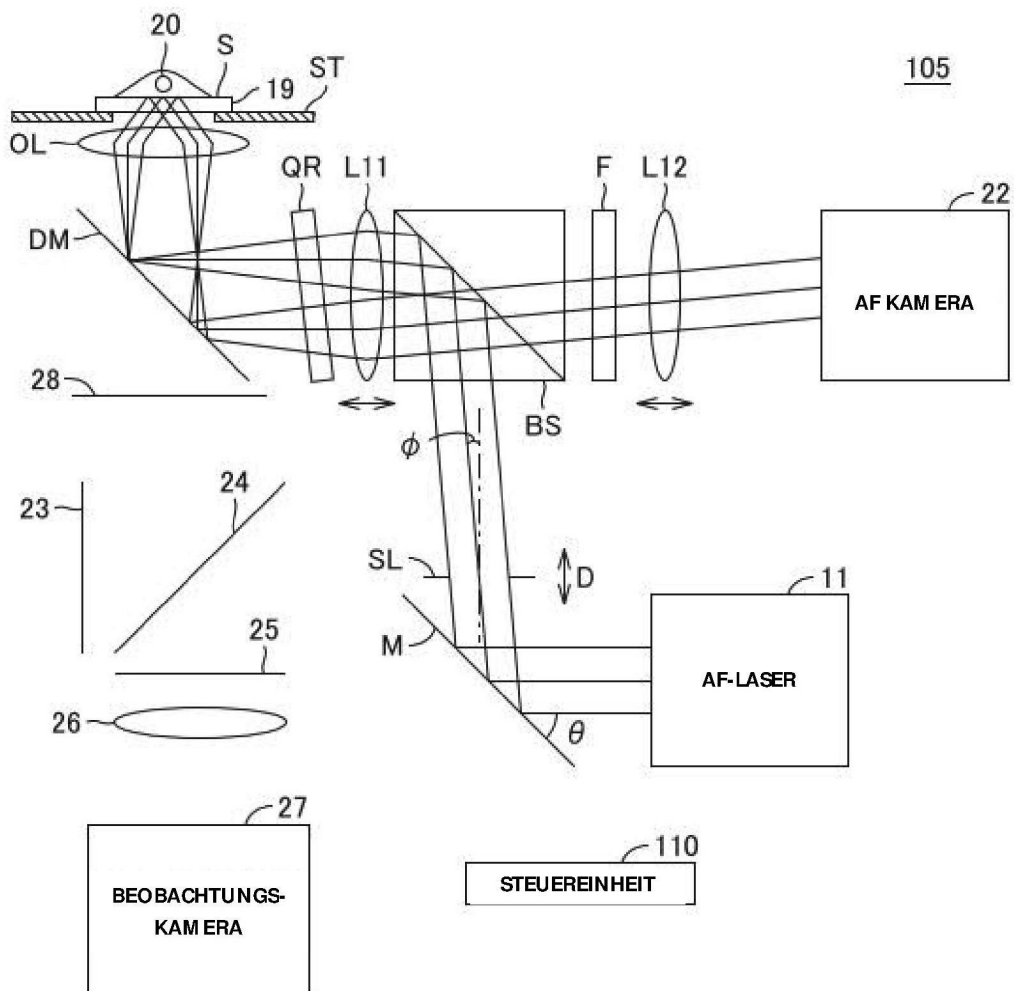


FIG.14

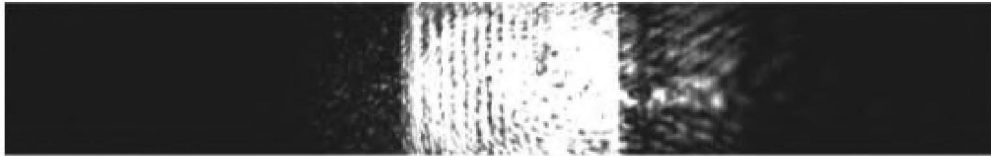


FIG.15



FIG.16

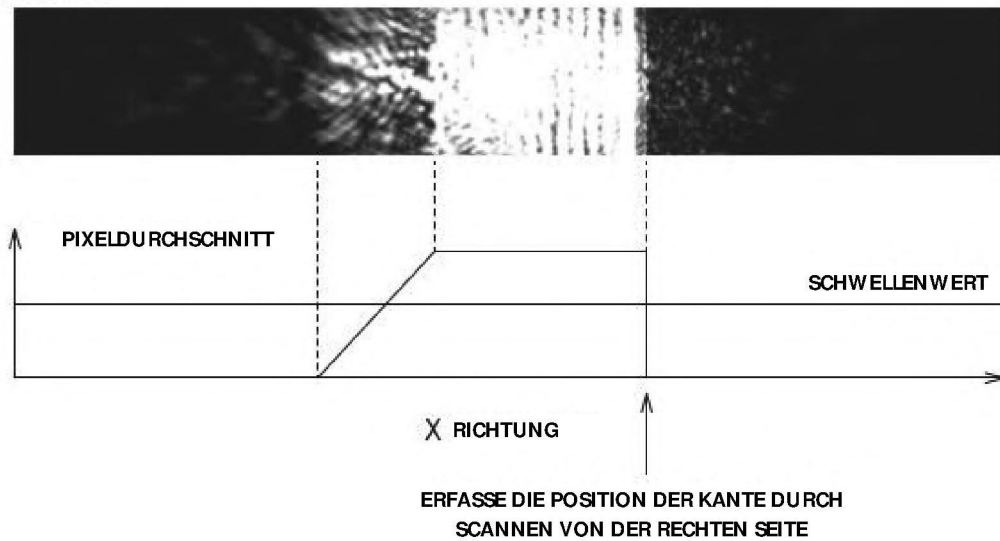


FIG.17

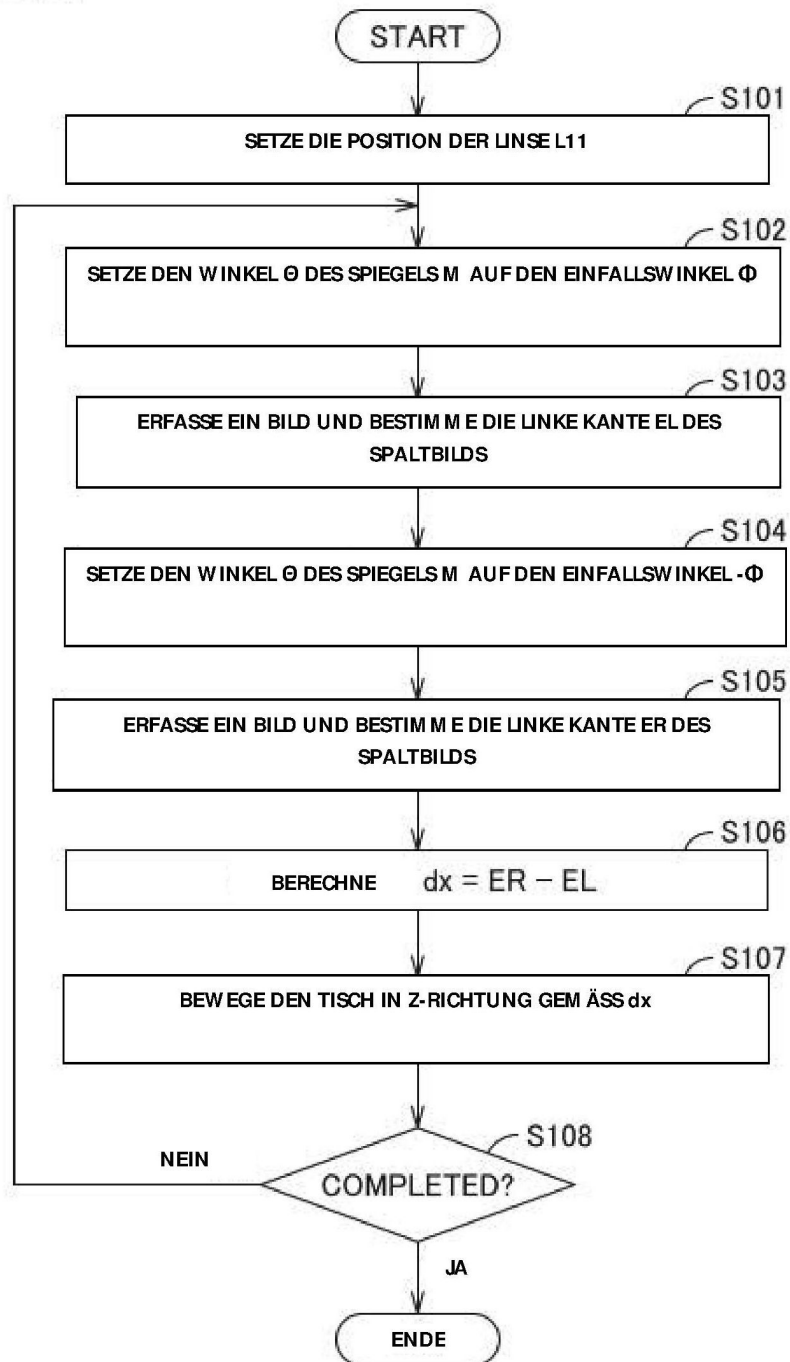




FIG.20

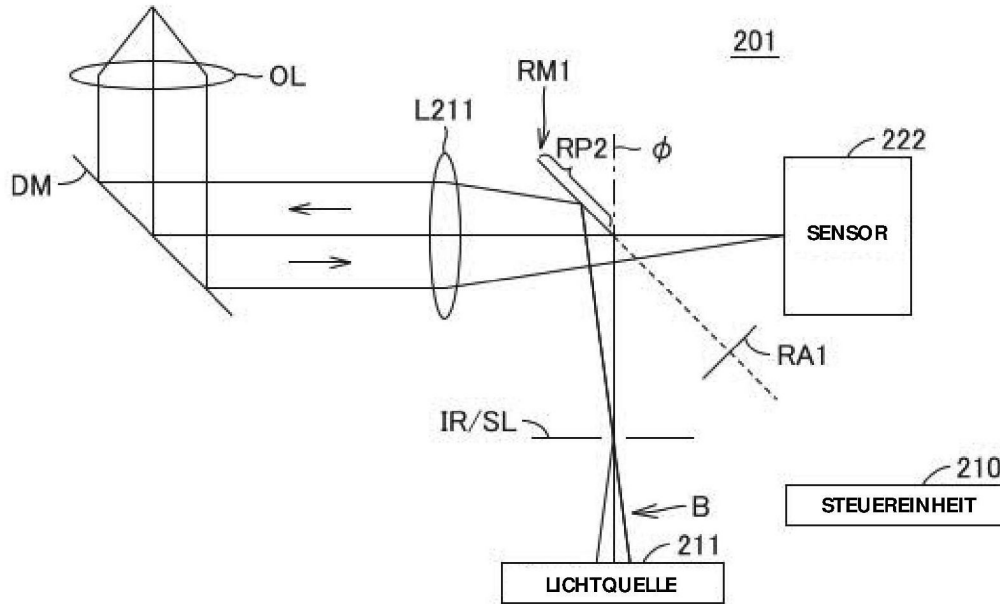


FIG.21

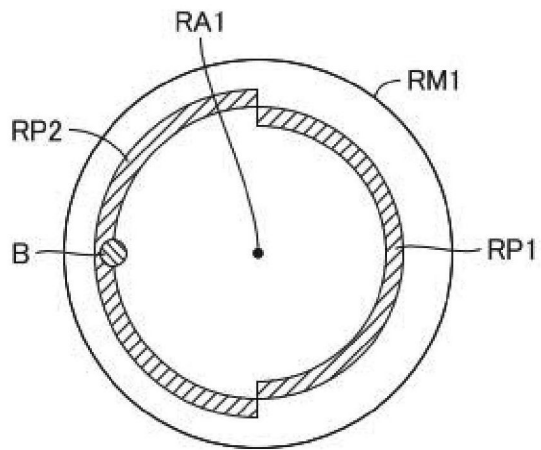


FIG.22

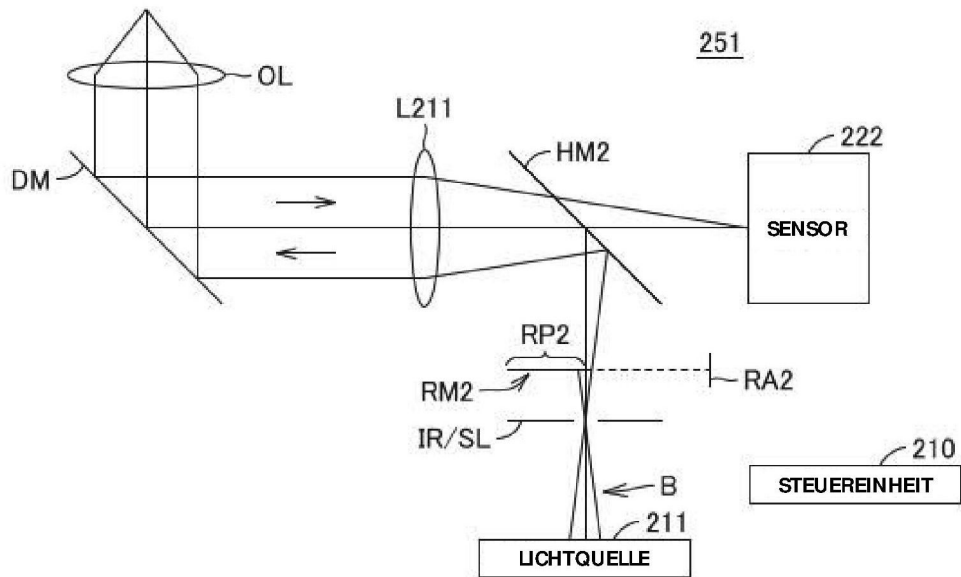


FIG.23

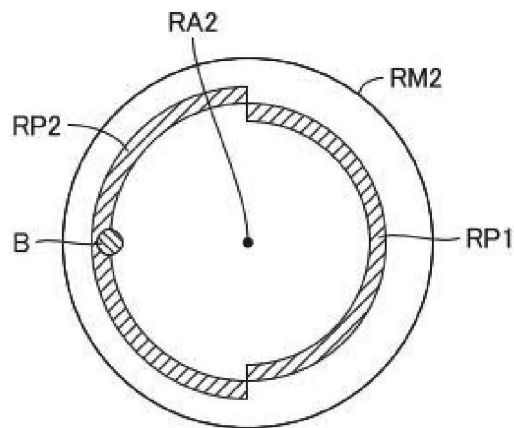


FIG.24

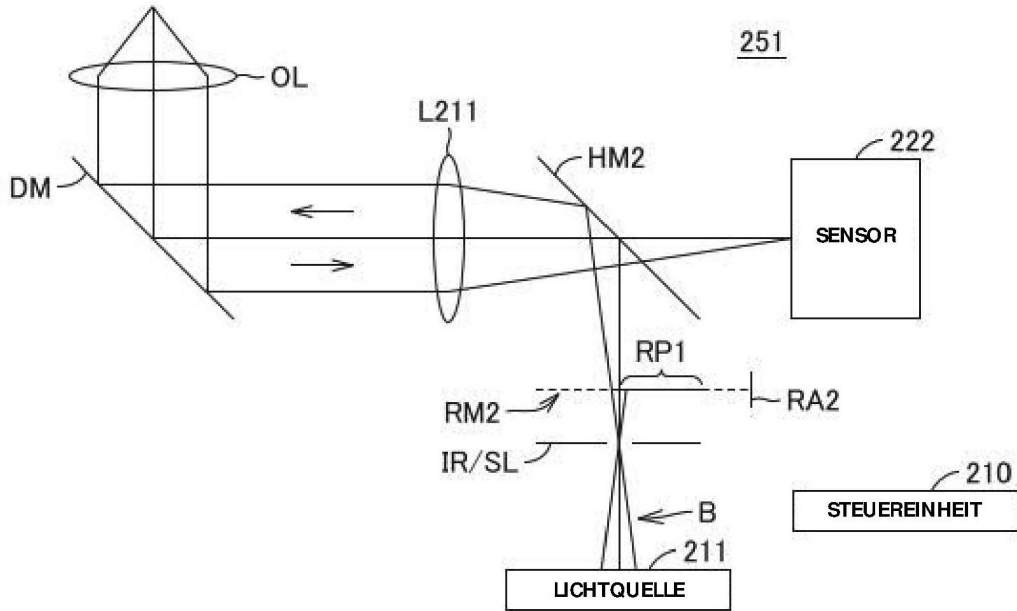


FIG.25

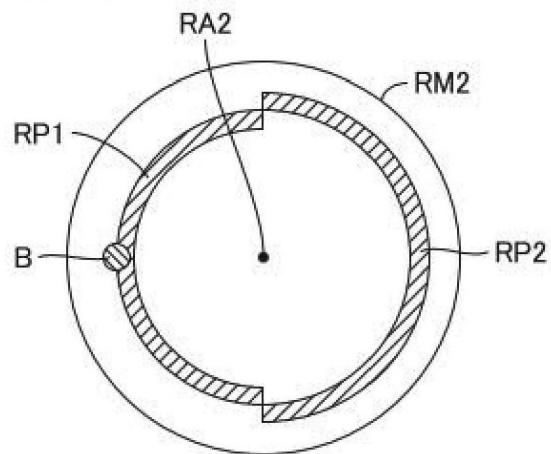


FIG.26

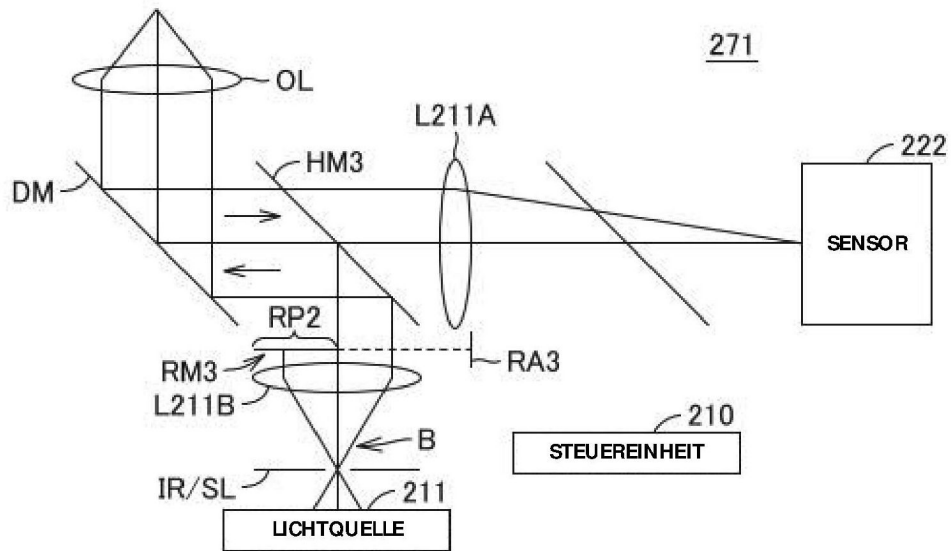


FIG.27

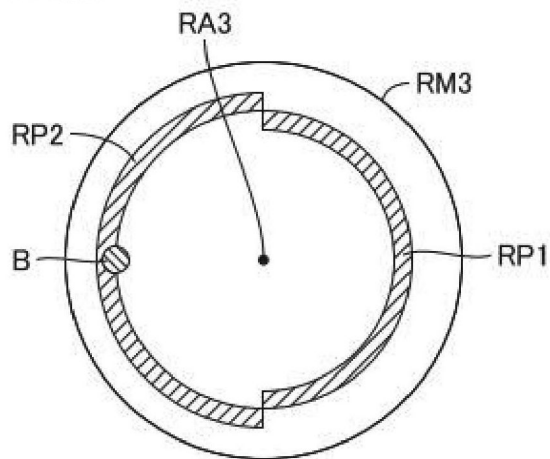


FIG.28

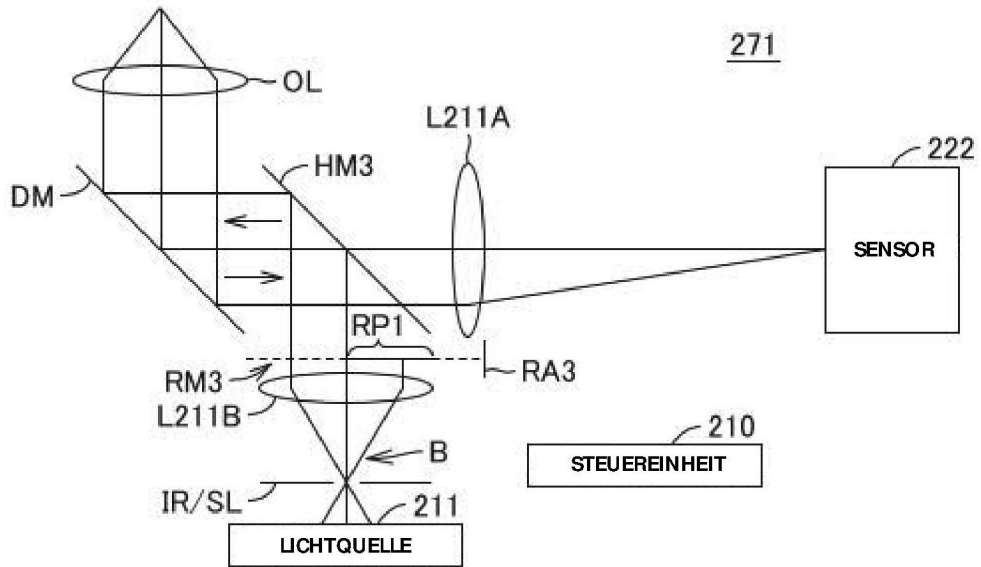


FIG.29

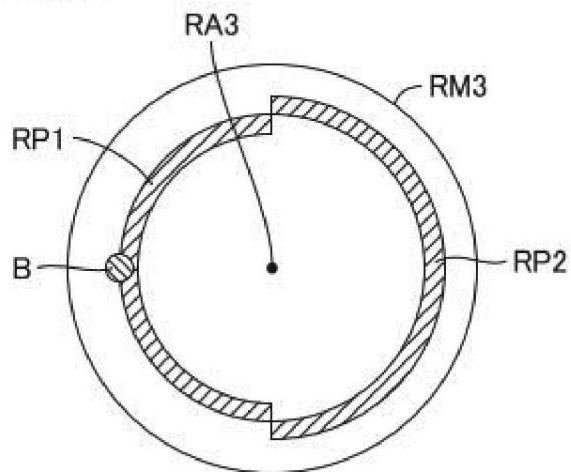


FIG.30

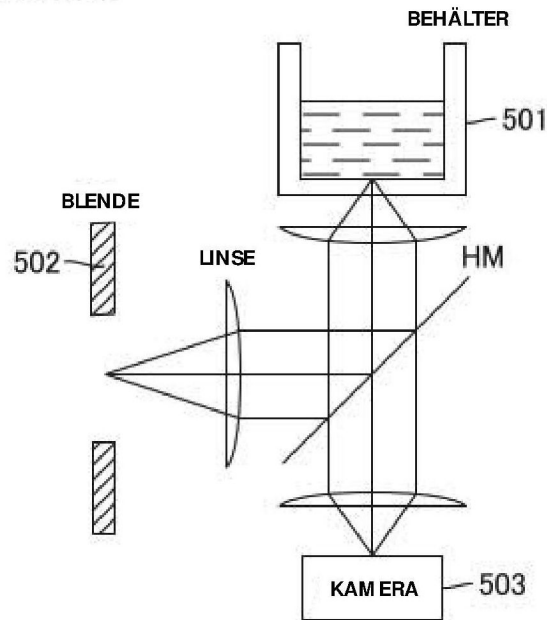


FIG.31

