



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 60 2005 000 964 T2 2007.09.06

(12)

## Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) EP 1 617 273 B1

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **G02B 21/00 (2006.01)**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **60 2005 000 964.7**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **05 014 665.3**

(96) Europäischer Anmeldetag: **06.07.2005**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **18.01.2006**

(97) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung beim EPA: **25.04.2007**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **06.09.2007**

(30) Unionspriorität:  
**2004204920 12.07.2004 JP**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**DE, FR, GB**

(73) Patentinhaber:  
**OLYMPUS CORPORATION, Tokio/Tokyo, JP**

(72) Erfinder:  
**Mitsuhiro, Hara, Musashino-shi, Tokyo 180-0023, JP**

(74) Vertreter:  
**WUESTHOFF & WUESTHOFF Patent- und  
Rechtsanwälte, 81541 München**

(54) Bezeichnung: **Rasterlichtmikroskop**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelebt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

**Beschreibung**

## Hintergrund der Erfindung

## 1. Gebiet der Erfindung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft optische Rastermikroskopvorrichtungen.

**[0002]** Diese Anmeldung basiert auf der japanischen Patentanmeldung Nr. 2004-204920, deren Inhalt hierin einbezogen wird.

## 2. Beschreibung der verwandten Technik

**[0003]** Optische Rastermikroskopvorrichtungen mit bekannten Konstruktionen zum Anzeigen einer vergrößerten Ansicht eines zu untersuchenden Objekts sind in der japanischen Offenlegungsschrift Nr. 2003-172878 (siehe z. B. Absatz 0042 und [Fig. 2](#)) und in der japanischen Offenlegungsschrift Nr. 2001-356256 (siehe z. B. Absatz 0020 und [Fig. 2](#)) beschrieben. Die in diesen Veröffentlichungen beschriebenen optischen Rastermikroskopvorrichtungen enthalten jeweils einen relativ großen Hauptkörper des Mikroskops, der eine bewegliche Objektivlinse aufweist.

**[0004]** Eine in optischen Rastermikroskopen verwendete typische zweidimensionale Abtastvorrichtung enthält zwei Galvanometer-Spiegel, von denen jeder wippt, während er Licht unter einem Ablenkinkel von 90° ablenkt, um das Licht zweidimensional abzutasten (siehe z. B. [Fig. 2](#) der japanischen Offenlegungsschrift Nr. Hei-10-68901). In einer zweidimensionalen Abtastvorrichtung, die eine zwei Galvanometer-Spiegel enthaltende standardmäßige berührungslose Galvanometer-Spiegeleinheit verwendet, wie der oben beschriebenen Offenlegungsschrift Nr. Hei-10-68901 offenbart, ist der Ablenkinkel eines jeden der Galvanometer-Spiegel im Allgemeinen auf 90° eingestellt, um die Abtastrichtung der Abtastvorrichtung im Wesentlichen auf die Ablenkrichtung eines jeden der Galvanometer-Spiegel abzustimmen.

**[0005]** Zu anderen Unterlagen, in denen die verwandte Technik beschrieben ist, gehören: Veröffentlichungen der internationalen Patentanmeldungen WO 98/52086 und WO 03/050590, die US-Patente US 5 144 477, US 5 936 764 und US 6 211 988, das britische Patent GB 2 184 321, die Veröffentlichungen der Patentanmeldungen der USA US 2002/008904, US 2003/035208 und US 2003/214707 und die Veröffentlichungen der japanischen Patentanmeldungen JP 07-146448 und JP 10-068901.

## Kurze Zusammenfassung der Erfindung

**[0006]** Die vorliegende Erfindung stellt eine optische Rastermikroskopvorrichtung wie in einem der Ansprüche 1 bis 3 definiert bereit. Bevorzugte Merkmale der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

sche Rastermikroskopvorrichtung wie in einem der Ansprüche 1 bis 3 definiert bereit. Bevorzugte Merkmale der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

**[0007]** Die vorliegende Erfindung stellt eine optische Rastermikroskopvorrichtung bereit mit: einer Lichtquelle; einem Licht übertragenden Element zum Übertragen von Licht von der Lichtquelle; einem Hauptkörper der Vorrichtung zum Beleuchten eines Objekts mit dem vom Licht übertragenden Element übertragenen Licht; und einem Fotodetektor zur Detektion von Rücklicht, das vom Objekt über den Hauptkörper der Vorrichtung und das Licht übertragende Element zurückkommt. Der Hauptkörper der Vorrichtung enthält: ein optisches Kollimationssystem zum Wandeln des vom Licht übertragenden Element übertragenen Lichtes in kollimiertes Licht; einen Abtastspiegel zum Ablenken des vom optischen Kollimationssystem emittierten kollinierten Lichtes unter einem Ablenkinkel kleiner als 90°, um das Licht über dem Objekt abzutasten; ein optisches Fokussiersystem zum Fokussieren des vom Abtastspiegel abgetasteten Lichtes auf dem Objekt; und ein optisches Pupillen-Projektionssystem, das zwischen dem optischen Fokussiersystem und dem oben beschriebenen Abtastspiegel angeordnet ist.

**[0008]** Gemäß der vorliegenden Erfindung wird von der Lichtquelle emittiertes Licht über das Licht übertragende Element an den Hauptkörper der Vorrichtung übertragen. Dann wird das Licht vom Hauptkörper der Vorrichtung auf das Objekt gestrahlt. Vom Objekt emittiertes Rücklicht kommt über den Hauptkörper der Vorrichtung und das Licht übertragende Element zur Detektion durch den Fotodetektor zum Fotodetektor zurück. Im Hauptkörper der Vorrichtung wird von der Lichtquelle über das Licht übertragende Element übertragenes Licht durch das optische Kollimationssystem in kollimiertes Licht gewandelt und durch den Abtastspiegel durch Ändern des Ablenkwinkels zum Abtasten abgelenkt. Aus dem durch den Abtastspiegel abgetasteten Licht wird durch das optische Pupillen-Projektionssystem ein Zwischenbild gebildet und durch das optische Fokussiersystem auf dem Objekt fokussiert. Im Objekt wird Rücklicht erzeugt, das Fluoreszenz oder reflektiertes Licht enthält. Das im Objekt erzeugte Rücklicht kommt über das optische Fokussiersystem zum Hauptkörper der Vorrichtung zurück und wird durch das optische Kollimationssystem über das optische Pupillen-Projektionssystem und den Abtastspiegel auf dem Licht übertragenden Element fokussiert. Dann wird das Rücklicht über das Licht übertragende Element übertragen, durch eine Licht teilende Vorrichtung wie z. B. einen dichroitischen Spiegel getrennt und schließlich zum Fotodetektor geleitet.

**[0009]** In diesem Fall lenkt der Abtastspiegel das kollinierte Licht vom optischen Kollimationssystem

unter einem Ablenkwinkel kleiner als  $90^\circ$  in das optische Pupillen-Projektionssystem im Hauptkörper der Vorrichtung ab. Daher wird im Abtastspiegel erzeugter Astigmatismus unterdrückt. Dies verbessert die Bildqualität eines vom Fotodetektor detektierten Rücklicht-Bildes. Falls der Abtastspiegel ein berührungsloser Galvanometer-Spiegel ist, ist es zur Ablenkung des von der horizontalen Richtung bezüglich des Hauptkörpers der Vorrichtung kommenden Lichtes zum Objekt, das abwärts positioniert ist, ferner erforderlich, das Licht zuerst im Wesentlichen in horizontaler Richtung abzulenken und dann erneut nach unten abzulenken. Deshalb muss der Hauptkörper der Vorrichtung eine bestimmte Breitenabmessung in der Richtung senkrecht zur Richtung, in der Licht auf das Objekt gestrahlt wird, d. h. in diesem Fall die horizontale Richtung, haben. Weil der Ablenkwinkel durch den Abtastspiegel auf einen Winkel kleiner als  $90^\circ$  eingestellt wird, kann die Breitenabmessung des Hauptkörpers der Vorrichtung gemäß der Erfindung im Vergleich zu einem Fall, in dem der Ablenkwinkel auf  $90^\circ$  eingestellt wird, verringert werden. Daher wird verhindert, dass das Sichtfeld des Stereomikroskops blockiert wird.

**[0010]** Bei der oben beschriebenen Erfindung ist es vorzuziehen, dass die optische Rastermikroskopvorrichtung weiter ein Referenzelement zum Anbau des optischen Kollimationssystems, des Abtastspiegels und des optischen Pupillen-Projektionssystems enthält.

**[0011]** Weil die optischen Komponenten am selben Referenzelement angebaut werden, können die Montage der optischen Komponenten und Einstellungen, einschließlich der Einstellung der optischen Achse, in einfacher Weise ausgeführt werden. Aus demselben Grund kann auch die Montagepräzision der optischen Komponenten verbessert werden.

**[0012]** Ferner ist es bei der oben beschriebenen Erfindung vorzuziehen, dass das Referenzelement eine Anbauoberfläche enthält, an der der Abtastspiegel so angebaut ist, so dass an seinem Ursprung ein Ablenkwinkel kleiner als  $90^\circ$  erzielt wird.

**[0013]** Da die Anbauoberfläche mit hoher Bearbeitungsgenauigkeit gebildet werden kann, kann die Montagepräzision verbessert werden. Ferner ist bei der Einstellung der optischen Achse nur eine Feineinstellung erforderlich.

**[0014]** Des Weiteren enthält die optische Rastermikroskopvorrichtung bei der oben beschriebenen Erfindung eine Anzeige für die Abtastrichtung, die die Abtastrichtung des Abtastspiegels angibt.

**[0015]** Wenn Licht unter einem Ablenkwinkel von  $90^\circ$  durch den Abtastspiegel abgelenkt wird, können die Breitenrichtung und die Längsrichtung des Haupt-

körpers der Vorrichtung auf die Abtastrichtung des Abtastspiegels abgestimmt werden. Eine Ablenkung des Lichts durch den Abtastspiegel unter einem Winkel kleiner als  $90^\circ$  hingegen macht es schwierig, die Breitenrichtung und die Längsrichtung des Hauptkörpers der Vorrichtung auf die Abtastrichtung des Abtastspiegels abzustimmen. Zur Überwindung dieses Nachteils ist bei einer Ausführungsform eine Anzeige für die Abtastrichtung vorgesehen, um die Richtung eines Bildes des Objekts, das vom Fotodetektor detektiert worden ist, anzuzeigen.

Kurzbeschreibung der verschiedenen Ansichten der Zeichnungen

**[0016]** [Fig. 1](#) ist eine schematische Ansicht eines Mikroskopuntersuchungssystems, das eine optische Rastermikroskopvorrichtung gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung enthält.

**[0017]** [Fig. 2](#) ist eine perspektivische Ansicht des schematischen Aufbaus der optischen Rastermikroskopvorrichtung gemäß der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

**[0018]** [Fig. 3](#) ist eine Längsschnittansicht der inneren Struktur der optischen Rastermikroskopvorrichtung von [Fig. 2](#).

**[0019]** [Fig. 4](#) ist eine Schnittansicht einer Draufsicht der inneren Struktur der optischen Rastermikroskopvorrichtung von [Fig. 2](#).

**[0020]** [Fig. 5](#) ist eine Draufsicht der in [Fig. 2](#) dargestellten optischen Rastermikroskopvorrichtung.

**[0021]** [Fig. 6](#) ist eine schematische Darstellung, die eine Änderung der Breitenabmessung in Abhängigkeit von der Änderung des Einfallswinkels auf einen ersten Galvanometer-Spiegel veranschaulicht.

**[0022]** [Fig. 7](#) ist ein Graph, der die Beziehung zwischen dem Einfallswinkel auf einen Galvanometer-Spiegel und dem Astigmatismus darstellt.

**[0023]** [Fig. 8](#) ist eine schematische Darstellung, die eine geometrische Einschränkung des Einfallswinkels auf den ersten Galvanometer-Spiegel veranschaulicht.

**[0024]** [Fig. 9](#) ist ein schematisches Diagramm, das eine Modifikation einer Anzeige in der Abtastrichtung darstellt.

**[0025]** [Fig. 10](#) ist ein schematisches Diagramm, das eine andere Modifikation der Anzeige in der Abtastrichtung darstellt.

**[0026]** [Fig. 11](#) ist eine Längsschnittansicht einer Modifikation der optischen Rastermikroskopvorrich-

tung von [Fig. 2](#).

**[0027]** [Fig. 12A](#) und [Fig. 12B](#) sind eine Draufsicht bzw. eine Seitenansicht eines Beispiels für einen Abtastspiegel.

**[0028]** [Fig. 13A](#) und [Fig. 13B](#) sind eine Draufsicht bzw. eine Seitenansicht eines anderen Beispiels für den Abtastspiegel.

#### Detaillierte Beschreibung der Erfindung

**[0029]** Nunmehr wird eine optische Rastermikroskopvorrichtung gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung unter Bezugnahme auf die [Fig. 1](#) bis [Fig. 3](#) beschrieben.

**[0030]** Eine optische Rastermikroskopvorrichtung **1** gemäß dieser Ausführungsform ist in einem in [Fig. 1](#) gezeigten Mikroskopuntersuchungssystem **2** enthalten. Wie aus [Fig. 1](#) ersichtlich ist, enthält das Mikroskopuntersuchungssystem **2** einen Objekttisch **3**, auf den ein Objekt A, wie z. B. ein kleines Labortier, gelegt wird, die über dem Objekttisch **3** angeordnete optische Rastermikroskopvorrichtung **1** gemäß dieser Ausführungsform und eine über der optischen Rastermikroskopvorrichtung **1** angeordnete Stereomikroskopvorrichtung **4**.

**[0031]** Die Stereomikroskopvorrichtung **4** ist so angeordnet, dass sie auf einem sich von einer Basis **5**, auf der sich der Objekttisch **3** befindet, nach oben erstreckendem Ständer **6** vertikal beweglich ist, und sie enthält Okularabschnitte **7** zum Beobachten des Objekts A mit einer relativ kleinen Vergrößerung und einer CCD-Kamera **8**. Die CCD-Kamera **8** ist durch ein Kabel **9** mit einem ersten Monitor **10** verbunden, um die Anzeige eines erfassten Bildes auf dem ersten Monitor **10** zu ermöglichen.

**[0032]** Wie in [Fig. 1](#) dargestellt ist, enthält die optische Rastermikroskopvorrichtung **1** gemäß dieser Ausführungsform einen Hauptkörper **11** des Mikroskops, eine mit dem Hauptkörper **11** des Mikroskops verbundene Lichtquelle **12**, einen Fotodetektor **13**, eine Steuervorrichtung **14** und einen zweiten Monitor **15**.

**[0033]** Der Mikroskopauptkörper **11** ist außerdem so an einem Ständer **16**, der sich von der Basis **5** nach oben erstreckt, angeordnet, dass der Hauptkörper **11** des Mikroskops vertikal beweglich und um einen beliebigen Winkel schwenkbar ist. Der Hauptkörper **11** des Mikroskops ist durch einen Lichtwellenleiter (Licht übertragendes Element) **17** mit der Lichtquelle **12** verbunden. Ferner sind der Hauptkörper **11** des Mikroskops und die Steuervorrichtung **14** mit einem Kabel **18** und der Fotodetektor **13** und die Steuervorrichtung **14** mit einem Kabel **19** verbunden. Einer Bildverarbeitung in der Steuervorrichtung **14** un-

terzogene Bilder werden auf dem zweiten Monitor **15** angezeigt.

**[0034]** Wie aus den [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) ersichtlich ist, enthält der Hauptkörper **11** des Mikroskops ein Gehäuse **20**, das mit einem Ende des Lichtwellenleiters **17** und einer Objektivlinseneinheit (optisches Fokusiersystem) **21**, die am Gehäuse **20** angebaut ist, verbunden ist.

**[0035]** Das Gehäuse **20** enthält ein Abdeckelement **22** und ein Referenzelement **23**, das im Abdeckelement **22** befestigt ist. Das Referenzelement **23** dient als eine Basis zum Befestigen später zu beschreibender verschiedener Elemente wie zum Beispiel eines optischen Kollimationssystems, eines Abtastspiegels und eines optischen Pupillen-Projektionsystems oder zum Lagern solcher Elemente auf verschiebbare Weise.

**[0036]** Das Referenzelement **23** ist ein im Wesentlichen rechtwinkliger Block und enthält in seiner Längsrichtung (X-Richtung) ein erstes Durchgangsloch **24**, ein das erste Durchgangsloch **24** schneidendes zweites Durchgangsloch **25** und ein das zweite Durchgangsloch **25** schneidendes drittes Durchgangsloch **26**. Wie aus [Fig. 4](#) ersichtlich ist, ist eine mit einem Ende des Lichtwellenleiters **17** gekoppelte Hülse **27** mit Schrauben **27a** an der Öffnung an einem Ende des ersten Durchgangslochs **24** befestigt. Die Hülse **27** hat eine schräg geschnittene Endoberfläche **27b**, um eine Lichtemissionsoberfläche des Lichtwellenleiters **17** zu bilden, die relativ zur Längsrichtung schräg angeordnet ist. Dies verhindert, dass Licht im Lichtwellenleiter **17**, das an der Lichtemissionsoberfläche reflektiert wird, zum später zu beschreibenden Fotodetektor **13** zurückkommt. Eine Feineinstellung der Position und des Winkels der Hülse **27** ist durch Anpassen einer nach Bedarf zwischen der Hülse **27** und dem Referenzelement **23** angeordneten Ausgleichsscheibe **27c** leicht möglich.

**[0037]** Wie in den [Fig. 2](#) und [Fig. 4](#) dargestellt ist, bildet das andere Ende des ersten Durchgangslochs **24** eine Öffnung auf einer ersten geneigten Oberfläche **28**, die entlang der vertikalen Richtung (Z-Richtung) in einem Winkel kleiner als 45°, z. B. einem Winkel von 30°, bezüglich der Y-Richtung in einer Ecke an einem Ende in der Längsrichtung (X-Richtung) des Referenzelements **23**, das im Wesentlichen ein rechtwinkliger Block ist, abgeschnitten ist. Ein Ende des zweiten Durchgangslochs **25** bildet auch eine Öffnung auf der ersten geneigten Oberfläche **28**, genauer in derselben Position, in der die Öffnung des ersten Durchgangslochs **24** gebildet ist. Wie in [Fig. 4](#) gezeigt, schneidet das zweite Durchgangsloch **25** das erste Durchgangsloch **24** in einem Winkel kleiner als 90° z. B. einem Winkel von 60°. Das andere Ende des zweiten Durchgangslochs **25** bildet eine Öffnung auf einer zweiten geneigten Ober-

fläche **29**, die in einem Winkel von 45° zur Längsrichtung des zweiten Durchgangslochs **25** und zur vertikalen Richtung (Z-Richtung) abgeschnitten ist. Ferner bildet ein Ende des dritten Durchgangslochs **26** eine Öffnung auf der zweiten geneigten Oberfläche **29**, genauer in derselben Position, in der die Öffnung des zweiten Durchgangslochs **25** gebildet ist. Das dritte Durchgangsloch **26** erstreckt sich nach unten (in der Z-Richtung) und schneidet das zweite Durchgangsloch **25** in einem Winkel von ca. 90°.

**[0038]** Ein erster Galvanometer-Spiegel (Abtastspiegel) **30** und ein zweiter Galvanometer-Spiegel (Abtastspiegel) **31** sind mit Schrauben **32** auf den ersten und zweiten geneigten Oberflächen **28** bzw. **29** befestigt, um die Öffnungen der Durchgangslocher **24** bis **26** abzudecken. Die Galvanometer-Spiegel **30** und **31** können in Richtungen parallel zu ihren jeweiligen Spiegeloberflächen feineingestellt werden. Jeder der Galvanometer-Spiegel **30** und **31** ist ein eindimensionaler Galvanometer-Spiegel, der um eine einzige Achse wippen kann. Insbesondere wippt der erste Galvanometer-Spiegel **30** um eine Achse entlang der Z-Richtung und der zweite Galvanometer-Spiegel **31** wippt um eine Achse entlang der flachen XY-Oberfläche.

**[0039]** Dieser erste und zweite Galvanometer-Spiegel **30** und **31** bilden eine berührungslose Galvanometer-Spiegeleinheit. Das heißt, eine berührungslose Galvanometer-Spiegeleinheit hat mindestens zwei einander gegenüberliegende berührungslos angeordnete Spiegel und die Funktion einer zweidimensionalen Abtastung des Lichts.

**[0040]** Die Abtastspiegel **30** und **31** enthalten in den [Fig. 12A](#) und [Fig. 12B](#) gezeigte Einheiten, wenn sie z. B. durch elektromagnetisch angetriebene mikrobearbeitete Spiegel verwirklicht sind. [Fig. 12A](#) ist eine Draufsicht und [Fig. 12B](#) ist eine Seitenansicht. Insbesondere enthält jeder der Abtastspiegel **30** und **31** einen Hauptkörper **64** des Spiegels zum Reflektieren von Licht, einen Spiegelrahmen **66** zum Anbauen des Hauptkörpers **64** des Spiegels über Gelenkschnitte **65** und eine Einheit mit Magneten **67** zum Erzeugen eines Magnetfelds. Im Beispiel von [Fig. 12A](#) wippt der Hauptkörper **64** des Spiegels um die Y-Achse, um Licht in einem gewünschten Bereich in der X-Richtung abzutasten. Der Spiegelrahmen **66** weist Löcher **68** für Einstellschrauben auf. Wenn der Spiegelrahmen **66** an den geneigten Oberflächen **28** und **29** des Referenzelements **23** angebaut werden soll, kann die Position des Hauptkörpers **64** des Spiegels bezüglich des Referenzelements **23** feineingestellt werden. Ferner weist der Spiegelrahmen **66** abgeschrägte Abschnitte **69** auf, so dass er im Abdeckelement **22** kompakt untergebracht werden kann.

**[0041]** Nunmehr sei erneut auf die [Fig. 2](#) bis [Fig. 4](#) Bezug genommen, in denen die geneigten Oberflä-

chen **28** und **29** mit hoher Genauigkeit bearbeitet sind, so dass der Ablenkwinkel an den Ursprüngen der ersten und zweiten Galvanometer-Spiegel **30** und **31** genau eingestellt werden kann. Als Ergebnis können die Positionen und Winkel der Galvanometer-Spiegel **30** und **31** leicht feineingestellt werden, indem die Schrauben **32** gelöst werden, um die Dicke einer zwischen dem Galvanometer-Spiegel **30** und der geneigten Oberfläche **28** angeordneten Ausgleichsscheibe (in der Figur nicht gezeigt) und die Dicke einer zwischen dem Galvanometer-Spiegel **31** und der geneigten Oberfläche **29** angeordneten Ausgleichsscheibe nach Bedarf anzupassen.

**[0042]** Ferner ermöglicht der oben beschriebene Mechanismus zum Einstellen der Position eines Abtastspiegels den Austausch des Spiegels, wenn der Abtastspiegel defekt wird. Dadurch kann die Nutzungsdauer des Hauptkörpers der Vorrichtung verlängert werden.

**[0043]** Der Lichtwellenleiter **17** ist mit einem Mantel **33** bedeckt. Die Öffnung an einem Ende des Mantels **33** ist mit einer wasserdichten Dichtung **34** auf abdichtende Weise mit dem Gehäuse **20** gekoppelt. Ferner enthält der Mantel **33** das Kabel **18** zum Verbinden von Geräten im Hauptkörper **11** des Mikroskops wie z. B. den ersten und zweiten Galvanometer-Spiegel **30** und **31** und einen Schrittmotor mit der Steuervorrichtung **14**. Ein Steckverbinder **35** ist an einem Ende des Kabels **18** befestigt und mit einem am Referenzelement **23** angeordneten Anschluss (in der Figur nicht dargestellt) verbunden, um Signale weiterzuleiten.

**[0044]** Im ersten Durchgangsloch **24** des Referenzelements **23** ist eine Kollimationslinseneinheit **36** so gelagert, dass sie entlang der Längsrichtung des ersten Durchgangslochs **24** beweglich ist. Die Kollimationslinseneinheit **36** enthält mindestens eine Kollimationslinse **37** in einem Linsenrahmen **38**.

**[0045]** Das Referenzelement **23** enthält einen Aktor **43**, der aus einer sich parallel zum ersten Durchgangsloch **24** erstreckenden Leitspindel **40**, die in einem parallel zum ersten Durchgangsloch **24** angeordneten Loch **39** angeordnet ist, einem Schrittmotor **41** zum Drehen der Leitspindel **40** um die Längsachse und einer Mutter **42**, die auf die Leitspindel **40** geschraubt ist und mit der Drehung der Leitspindel **40** in der Richtung entlang des ersten Durchgangslochs **24** versetzt wird, besteht.

**[0046]** Statt des Schrittmotors **41** kann ein anderes Antriebsgerät wie z. B. ein Gleichstrommotor mit einem Codierer verwendet werden.

**[0047]** Das Loch **39** und das erste Durchgangsloch **24** stehen durch einen Verbindungsabschnitt **44**, mit dem die Mutter **42** und der Linsenrahmen **38** verbun-

den sind, miteinander in Verbindung.

**[0048]** Das erste Durchgangsloch **24** enthält Arbeitsbereichsdetektoren **45** zum Detektieren des Linsenrahmens **38**, wenn er ein Ende des Arbeitsbereichs des Linsenrahmens **38** erreicht. Ferner ist in dem Loch **39**, das die Leitspindel **40** enthält, jeweils ein Arbeitsbereichsdetektor **46** zum Detektieren der Mutter **42** an jedem Ende des Arbeitsbereichs der Mutter **42** angeordnet. Einer der Arbeitsbereichsdetektoren **45** oder **46** kann entfallen.

**[0049]** Außerdem ist an einem Ende des ersten Durchgangslochs **24** eine angrenzende Oberfläche **47** angeordnet, an die eine Endoberfläche des Linsenrahmens **38** angrenzt. Mit der angrenzenden Oberfläche **47** kann der Ursprung des Linsenrahmens **38** auf die folgende Weise korrekt reproduziert werden. Zuerst wird die Leitspindel **40** durch den Betrieb des Schrittmotors **41** in eine Richtung gedreht, bis die Endoberfläche des Linsenrahmens **38** mit der angrenzenden Oberfläche **47** in Kontakt ist. Dann wird die Leitspindel **40** weiter gedreht, um einen Synchronisationsverlust des Schrittmotors **41** zu bewirken. Danach wird die Leitspindel **40** um einen vorgegebenen Drehwinkel in die entgegengesetzte Richtung gedreht.

**[0050]** Wie in [Fig. 3](#) dargestellt ist, kann die Breitenabmessung des Hauptkörpers **11** des Mikroskops verringert werden, indem der Aktor **43** in einem Raum angeordnet wird, der durch Innenoberflächen des ersten Galvanometer-Spiegels **30**, des zweiten Galvanometer-Spiegels **31** und einer Pupillen-Projektionslinseneinheit **48** im Hauptkörper **11** des Mikroskops begrenzt ist. Aus diesem Grund wird das Sichtfeld der zusammen mit der optischen Rastermikroskopvorrichtung **1** verwendeten Stereomikroskopvorrichtung **4** nicht durch den Hauptkörper **11** des Mikroskops blockiert.

**[0051]** Ferner ist die Pupillen-Projektionslinseneinheit **48**, die eine Pupillen-Projektionslinse **48a** enthält, mit einer Halterung **49** in der Öffnung an einem Ende des dritten Durchgangslochs **26** befestigt. Die Pupillen-Projektionslinseneinheit **48** fokussiert einen durch den zweiten Galvanometer-Spiegel **31** auf eine Zwischenbildposition B abgelenkten Laserstrahl. Damit wird verhindert, dass der Laserstrahl als außeraxiales Licht divergiert, und außerdem ein kleiner Strahldurchmesser erzielt, um zu ermöglichen, dass der Strahl in der dünnen Objektivlinseneinheit **21** geleitet wird.

**[0052]** Ferner ist die Halterung **49** der Pupillen-Projektionslinseneinheit **48** durch Schrauben **51** an der Referenzelement **23** befestigt, wobei eine Ausgleichsscheibe **50** zwischen der Halterung **49** und dem Referenzelement **23** angeordnet ist. Die Position und der Winkel der Halterung **49** können leicht

eingestellt werden, indem die Dicke der Ausgleichsscheibe **50** nach Bedarf geändert wird.

**[0053]** Nachdem die Pupillen-Projektionslinseneinheit **48** am Hauptkörper **11** des Mikroskops angebaut ist, kann das Abdeckelement **22** über eine wasserdichte Dichtung **63** am Referenzelement **23** angebaut werden, um eine wasserdichte Abdichtung im Hauptkörper **11** des Mikroskops zu erzielen.

**[0054]** Die Objektivlinseneinheit **21** enthält eine Halterung **52** mit einem Passabschnitt, der mit der Halterung **49** der Pupillen-Projektionslinseneinheit **48** in Eingriff zu bringen ist, und mindestens eine Objektivlinse **52a**. Die Objektivlinse **52a** refokussiert das durch die Pupillen-Projektionslinseneinheit **48** gebildete Zwischenbild auf einem Objekt A. Die Objektivlinseneinheit **21** ist mit Schrauben **21a** an der Pupillen-Projektionslinseneinheit **48** befestigt.

**[0055]** Falls eine Mehrzahl Objektivlinseneinheiten **21** vorgesehen ist, kann ferner ein für jede der Objektivlinseneinheiten **21** spezifischer Identifizierungscode-Abschnitt (in der Figur nicht dargestellt) durch Abschneiden eines Teils der Endoberfläche der Halterung **52**, d. h. der Endoberfläche neben der Halterung **49**, gebildet werden, so dass der Identifizierungscode-Abschnitt jeder Objektivlinseneinheit **21**, die mit der Halterung **49** im Eingriff ist, ausgelesen werden kann.

**[0056]** Außerdem kann ein Anbausensor (in der Figur nicht dargestellt) im Gehäuse **20** angeordnet sein, um zu detektieren, ob die Objektivlinseneinheit **21** angebaut ist.

**[0057]** Das Ablenken von Licht mit den Galvanometer-Spiegeln **30** und **31** wie oben beschrieben ermöglicht es, dass das erste Durchgangsloch **24** im Wesentlichen horizontal angeordnet ist, wenn die Objektivlinseneinheit **21** in der vertikalen Richtung angeordnet ist. Dies ermöglicht eine Verringerung des Abstands von einem Ende der Objektivlinseneinheit **21** zum oberen Ende des Gehäuses **20**. Folglich kann der Abstand von der über dem Gehäuse **20** angeordneten Stereomikroskopvorrichtung **4** zum Objekt A verkürzt werden.

**[0058]** Nunmehr wird auf [Fig. 5](#) Bezug genommen, wonach eine Anzeige **53** für die Abtastrichtung, die die Abtastrichtungen der Galvanometer-Spiegel **30** und **31** angibt, auf der oberen Oberfläche des Abdeckelements **22**, das das Referenzelement **23** abdeckt, markiert ist. Weil der zweite Galvanometer-Spiegel **31** bezüglich der X-Richtung und der Y-Richtung geneigt ist, ist die Abtastrichtung des zweiten Galvanometer-Spiegels **31** ebenfalls unter einem Winkel bezüglich des Hauptkörpers **11** des Mikroskops angeordnet. Die Anzeige **53** für die Abtastrichtung enthält z. B. Pfeile **53a**, die zwei Abtastrichtun-

gen darstellen, und ein Rechteck **53b**, das einen großen Abtastbereich darstellt. Ein Bediener des Hauptkörpers **11** des Mikroskops kann sich bezüglich der Richtung vergewissern, aus der er das Objekt A beobachtet, indem er auf diese Anzeige **53** für die Abstrichtung auf der Außenoberfläche des Hauptkörpers **11** des Mikroskops blickt.

**[0059]** Ein Anbauabschnitt **54** dient zum Anbauen des Hauptkörpers **11** des Mikroskops an einen Arm **55**, der sich vom Ständer **16** erstreckt. Der Anbauabschnitt **54** ist auch am Referenzelement **23** befestigt, wobei eine wasserdichte Dichtung **56** zwischen diesem und dem Abdeckelement **22** angeordnet ist.

**[0060]** Nunmehr sei erneut auf [Fig. 1](#) Bezug genommen, in der die Lichtquelle **12** z. B. eine Laserlichtquelle ist, die selektiv Anregungslicht mit einer Mehrzahl Wellenlängen zu emittieren vermag. In der Steuervorrichtung **14** ist ein Auswahlgerät zum Auswählen der Wellenlänge der Lichtquelle **12** enthalten. Der Fotodetektor **13** ist z. B. eine Photomultiplizierer-Röhre (photomultiplier tube, PMT). Er detektiert durch einen dichroitischen Spiegel **57** auf dem Lichtweg von der Lichtquelle **12** vom Rücklicht getrennte Fluoreszenz und sendet die Fluoreszenz als Bildsignal zur Steuervorrichtung **14**.

**[0061]** Die Steuervorrichtung **14** gibt einen Befehl zum Ändern der Wellenlänge von Emissionslicht an die Lichtquelle **12** aus. Ferner gibt die Steuervorrichtung **14** einen Betriebsbefehl an den Schrittmotor **41** des Hauptkörpers **11** des Mikroskops und auch einen Ablenkwinkelbefehl an die Galvanometer-Spiegel **30** und **31** aus. Außerdem empfängt die Steuervorrichtung **14** vom Hauptkörper **11** des Mikroskops ein von den Arbeitsbereichsdetektoren **45** und **46** ausgegebenes Signal. Die Steuervorrichtung **14** empfängt auch Informationen über ein erfasstes Bild vom Fotodetektor **13**.

**[0062]** Nachstehend wird die Funktionsweise der optischen Rastermikroskopvorrichtung **1** mit dem oben beschriebenen Aufbau gemäß dieser Ausführungsform beschrieben.

**[0063]** Nunmehr sei erneut auf [Fig. 1](#) Bezug genommen. Die Beobachtung des Objekts A mit dem oben beschriebenen Mikroskopuntersuchungssystem **2** beginnt, indem das Objekt A wie z. B. ein kleines Labortier einschließlich Ratten und Mäuse auf dem Objekttisch **3** bewegungsunfähig gemacht wird. Als nächstes wird die Haut aufgeschnitten, um innere biologische Gewebe des Objekts A freizulegen, während ein Bild der Untersuchungsstelle mittels der über dem Objekttisch **3** angeordneten Stereomikroskopvorrichtung **4** auf dem ersten Monitor **10** angezeigt wird. Zu dieser Zeit ist der Hauptkörper **11** des Mikroskops der optischen Rastermikroskopvorrichtung **1** außerhalb des Sichtfelds der Stereomikroskopvorrichtung **4** angeordnet.

**[0064]** Bei der optischen Rastermikroskopvorrichtung **1** ist die entsprechende Objektivlinseneinheit **21** zur Erzielung einer gewünschten Vergrößerung mit der Pupillen-Projektionslinseneinheit **48** gekoppelt. Die Objektivlinseneinheit **21** und die Pupillen-Projektionslinseneinheit **48** sind mit einem Element wie z. B. einem O-Ring (in der Figur nicht dargestellt) abgedichtet, um zu verhindern, dass Wasser in das Innere eintritt.

**[0065]** Nach diesen Vorbereitungen wird der Hauptkörper **11** des Mikroskops der optischen Rastermikroskopvorrichtung **1** zwischen der Stereomikroskopvorrichtung **4** und dem Objekt A bewegt.

**[0066]** Gemäß der optischen Rastermikroskopvorrichtung **1** dieser Ausführungsform sind das erste Durchgangsloch **24** zum Leiten von Licht und das dritte Durchgangsloch **26** über die Galvanometer-Spiegel **30** und **31** in einem Winkel von 90° relativ zueinander angeordnet. Folglich kann das erste Durchgangsloch **24** im Wesentlichen horizontal angeordnet werden, wenn das dritte Durchgangsloch **26** und die folgende Objektivlinseneinheit **21** in der vertikalen Richtung angeordnet werden. Dies bedeutet, dass ein Laserstrahl eher aus der horizontalen Richtung auf dem Objekt A als aus der vertikalen Richtung auf das Objekt A geleitet werden kann. Dadurch die Höhe des Hauptkörpers **11** des Mikroskops zu verringern. Folglich kann der Abstand zwischen der Stereomikroskopvorrichtung **4** und dem Objekt A verkürzt werden.

**[0067]** Ferner kann sich der Bediener mittels auf der oberen Oberfläche des Abdeckelements **22** des Gehäuses **20** markierten Anzeige **53** für die Abstrichtung vergewissern, wie das Objekt A abgetastet worden ist, um das aktuelle Bild zu erzeugen. Auf diese Weise kann der Bediener den Winkel des Hauptkörpers **11** des Mikroskops in der horizontalen Richtung einstellen, um ein gewünschtes Bild des Objekts A zu erzeugen.

**[0068]** Zur Beobachtung wird das untere Ende der am Hauptkörper **11** des Mikroskops angeordneten Objektivlinseneinheit **21** auf die freigelegte Untersuchungsstelle des Objekts A gedrückt. Selbst wenn im Objekt A ein Pulsieren auftritt, unterdrückt das Ende der Objektivlinseneinheit **21** folglich das Pulsieren an der Untersuchungsstelle, damit ein Zittern des Bildes verhindert wird.

**[0069]** Die Steuereinrichtung **14**, die Lichtquelle **12**, der Fotodetektor **13** und andere Einheiten sind in der oben beschriebenen Situation aktiviert, damit die Steuereinrichtung **14** einen Wellenlängenbefehl an die Lichtquelle **12**, einen Betätigungsbefehl an den Aktor **43** und einen Ablenkwinkelbefehl an die Galva-

nometerspiegel **30** und **31** ausgeben kann.

**[0070]** Wenn ein Wellenlängenbefehl für die Lichtquelle **12** an die Lichtquelle **12** gesendet wird, gibt die Lichtquelle **12** unter Verwendung eines Wellenlängeneinstellgeräts (in der Figur nicht dargestellt) einen Laserstrahl mit einer vorgeschriebenen Wellenlänge aus.

**[0071]** Der von der Lichtquelle **12** emittierte Laserstrahl wird über den Lichtwellenleiter **17** in das Gehäuse **20** des Hauptkörpers **11** des Mikroskops übertragen. Nunmehr wird wieder auf [Fig. 4](#) Bezug genommen, wonach das Ende des Lichtwellenleiters **17** mit der Hülse **27** am Referenzelement **23** des Gehäuses **20** befestigt ist und der Laserstrahl von der Endoberfläche des Lichtwellenleiters **17** in das erste Durchgangsloch **24** emittiert wird. Da die Endoberfläche des Lichtwellenleiters **17** unter einem Winkel schräg abgeschnitten ist, wird verhindert, dass an der Endoberfläche reflektiertes Licht durch den Lichtwellenleiter **17** zum Fotodetektor **13** zurückkommt.

**[0072]** Der vom Ende des Lichtwellenleiters **17** emittierte Laserstrahl wird durch die Kollimationslinseneinheit **36** in kollimiertes Licht gewandelt und fällt auf den ersten Galvanometer-Spiegel **30** ein. Der erste Galvanometer-Spiegel **30** ist in einem Winkel größer als  $45^\circ$  z. B. einem Winkel von  $60^\circ$  relativ zur optischen Achse (X-Richtung) der Kollimationslinseneinheit **36** angeordnet. Folglich wird von der Kollimationslinseneinheit **36** eingegebenes Licht unter einem Ablenkwinkel von  $60^\circ$  abgelenkt und ausgegeben. Ferner tastet der erste Galvanometer-Spiegel **30** den Laserstrahl z. B. in der in [Fig. 4](#) gezeigten Richtung  $\xi$  gemäß dem Ablenkwinkelbefehl von der Steuervorrichtung **14** ab. Außerdem tastet der zweite Galvanometer-Spiegel **31** den Laserstrahl z. B. in der in [Fig. 4](#) gezeigten Richtung  $\eta$  gemäß dem Ablenkwinkelbefehl von der Steuervorrichtung **14** ab. Als Ergebnis wird der Laserstrahl über einem vorgegebenen Sichtfeld auf dem Objekt A zweidimensional abgetastet, wenn der durch die ersten und zweiten Galvanometer-Spiegel **30** und **31** abgelenkte Laserstrahl durch die Pupillen-Projektionslinseneinheit **48** und die Objektivlinseneinheit **21** auf das Objekt A fällt.

**[0073]** In diesem Fall werden gemäß der optischen Rastermikroskopvorrichtung **1** dieser Ausführungsform die folgenden Vorteile geboten, da das erste Durchgangsloch **24** und das zweite Durchgangsloch **25** einander unter einem Winkel kleiner als  $90^\circ$  z. B. einem Winkel von ca.  $60^\circ$  schneiden.

**[0074]** Unter der Annahme, dass der Abstand zwischen den zwei Galvanometer-Spiegeln **30** und **31** konstant ist wie in [Fig. 6](#) gezeigt, kann erstens der Abstand entlang der Richtung Y zwischen den Galvanometer-Spiegeln **30** und **31** um den Wert  $\delta$  kleiner gemacht werden, falls der erste Galvanometer-Spiegel **30** einen Ablenkwinkel von  $60^\circ$  hat, als wenn er einen Ablenkwinkel von  $90^\circ$  hat. Deshalb kann die Abmessung des Gehäuses **20** in der Richtung Y, d. h. die Breitenabmessung, verringert werden. Folglich wird das Sichtfeld der Stereomikroskopvorrichtung **4** nicht durch den Hauptkörper **11** des Mikroskops blockiert. Dadurch kann die Beobachtung mittels der optischen Rastermikroskopvorrichtung **1** mit einer hohen Vergrößerung erfolgen, während die Untersuchungsstelle mit der Stereomikroskopvorrichtung **4** beobachtet wird.

**[0075]** Zweitens wird wie in [Fig. 6](#) gezeigt der Einfallswinkel  $\theta$  des Lichts auf den ersten Galvanometer-Spiegel **30** entsprechend kleiner, wenn der Ablenkwinkel des ersten Galvanometer-Spiegels **30** kleiner als  $90^\circ$  wird. Genauer gesagt beträgt der Einfallswinkel  $45^\circ$ , falls der Ablenkwinkel  $90^\circ$  ist, wohingegen der Einfallswinkel  $30^\circ$  beträgt, falls der Ablenkwinkel  $60^\circ$  beträgt.

**[0076]** Die Beziehung zwischen dem Wert des Astigmatismus  $\alpha$  und dem Einfallswinkel  $\theta$  auf die Galvanometer-Spiegel **30** und **31** ist in [Fig. 7](#) gezeigt. Gemäß [Fig. 7](#) ist der Wert des Astigmatismus  $\alpha$  umso höher, je größer der Einfallswinkel  $\theta$  ist.

**[0077]** Da die Galvanometer-Spiegel **30** und **31** wie oben beschrieben eine Laminatkonstruktion aus metallischen und nichtmetallischen Materialien haben, ist die Ebenheit der Spiegeloberfläche schlecht, d. h. sie hat eine vorgegebene Krümmung  $r_1$ , was in einem Astigmatismus  $\alpha$  resultiert. Während die Krümmung  $r$  der Galvanometer-Spiegel **30** und **31** größer wird, muss der Einfallswinkel  $\theta$  auf die Galvanometer-Spiegel **30** und **31** kleiner sein, um denselben Wert des Astigmatismus  $\alpha$  zu erzielen.

**[0078]** Ein Einfallswinkel  $\theta$  von  $30^\circ$  auf den Galvanometer-Spiegel **30** ermöglicht deshalb im Vergleich zu einem Einfallswinkel  $\theta$  von  $45^\circ$  eine wesentliche Verringerung des Astigmatismus  $\alpha$ . Folglich kann verhindert werden, dass sich die Auflösung eines erfassten Bildes auf Grund des Astigmatismus  $\alpha$  verringert, und daher kann ein klares und hochauflösendes Bild erzeugt werden.

**[0079]** Wie aus den [Fig. 1](#) bis [Fig. 3](#) ersichtlich ist, wird der am ersten und zweiten Galvanometer-Spiegel **30** und **31** abgelenkte Laserstrahl durch die Pupillen-Projektionslinseneinheit **48** als ein Zwischenbild fokussiert und dann durch die Objektivlinseneinheit **21** erneut auf dem Objekt A fokussiert. Wenn der Laserstrahl auf dem Objekt A fokussiert wird, wird Fluoreszenz vom Objekt A emittiert und der Laserstrahl kommt einschließlich der emittierten Fluoreszenz entlang desselben Lichtwegs über die Objektivlinseneinheit **21**, die Pupillen-Projektionseinheit **48**, die ersten und zweiten Galvanometer-Spiegel **31** und **30**, die Kollimationslinseneinheit **36** und den Lichtwellen-

leiter **17** zurück. Die Fluoreszenz wird dann durch den dichroitischen Spiegel **57** vom Laserstrahl getrennt und durch den Fotodetektor **13** detektiert.

**[0080]** Wenn ein Betätigungsbefehl für den Aktor **43** an den Schrittmotor **41** gesendet wird, wird infolge der Drehung der Leitspindel **40** um den spezifizierten Drehwinkel die Mutter **42** in die Richtung entlang des ersten Durchgangslochs **24** bewegt. Wenn die Mutter **42** bewegt wird, wird der mit der Mutter **42** verbundene Linsenrahmen **38** versetzt. Die innere Kollimationslinse **37** wird ebenfalls zusammen mit dem Linsenrahmen **38** versetzt, so dass die Brennpunktposition des Laserstrahls an einem Ende der Objektivlinseneinheit **21** verstellt wird.

**[0081]** Wenn außerdem die Vergrößerung für die Untersuchung mit der optischen Rastermikroskopvorrichtung **1** geändert werden soll, wird von einem in der Figur nicht gezeigten Eingabegerät eine Vergrößerung eingegeben. Die Steuervorrichtung **14** berechnet den Betrag der Weglänge des Aktors **43** zur Erzielung der eingegebenen Vergrößerung neu und sendet einen Betätigungsbefehl an den Schrittmotor **41**. Als Folge wird die Kollimationslinseneinheit **36** entlang der Richtung der optischen Achse versetzt, um eine Änderung der Brennpunktposition des Laserstrahls am Ende der Objektivlinseneinheit **21** zu bewirken.

**[0082]** Ferner können die Einstellung und Änderung der Brennpunktposition nur durch Versetzen der Kollimationslinseneinheit **36** im Gehäuse **20** ausgeführt werden, ohne dass das Ende der Objektivlinseneinheit **21** versetzt werden muss. Dies ermöglicht eine kontinuierliche Beobachtung, während das Pulsieren des Objekts A verhindert wird. Deshalb kann ein vibrationsfreies klares Bild erfasst werden.

**[0083]** Die Anordnung des Aktors **43** ist nicht auf die in der oben beschriebenen Ausführungsform beschriebene beschränkt. Die oben beschriebene Ausführungsform wird auch auf ein allgemeines optisches Rastermikroskop angewendet, das eine Lichtquelle, ein Licht übertragendes Element, ein optisches Kollimationssystem, einen Abtastspiegel, ein optisches Fokussiersystem, ein optisches Pupillen-Projektionssystem, einen Fotodetektor, einen Aktor, eine Steuervorrichtung und ein kompaktes optisches Fokussiersystem mit kleinem Durchmesser enthält.

**[0084]** Obwohl der Ablenkinkel durch den ersten Galvanometer-Spiegel **30** in der optischen Rastermikroskopvorrichtung **1** gemäß dieser Ausführungsform auf  $60^\circ$  eingestellt ist, ist auch jeder Ablenkinkel kleiner als  $90^\circ$  (Einfallswinkel kleiner als  $45^\circ$ ) zur Verringerung des Astigmatismus wirksam. Im Wesentlichen ist ein Ablenkinkel kleiner als  $70^\circ$  vorzuziehen. Obwohl der Ablenkinkel außerdem vor-

zugsweise so nah wie möglich bei  $0^\circ$  liegen sollte, ist es unvermeidlich, Licht wegen verschiedenen geometrischen Einschränkungen wie z. B. den Größen der Galvanometer-Spiegel **30** und **31** und dem Durchmesser des Lichtwegs unter einem Ablenkinkel größer als  $0^\circ$  abzulenken.

**[0085]** Wie in [Fig. 8](#) dargestellt ist, muss z. B. die folgende Bedingungen erfüllt sein, um zu verhindern, dass der zweite Galvanometer-Spiegel **31** den Lichtweg im ersten Durchgangsloch **24** überlappt.

$$\theta \geq 0,5 \times (\alpha + \sin^{-1}(r/(d^2 + w^2/4)^{0.5}))$$

dabei ist  $2r$  der Durchmesser des Lichtwegs im ersten Durchgangsloch **24**,  $w$  ist die Breitenabmessung des zweiten Galvanometer-Spiegels **31**,  $\theta$  ist der Einfallswinkel im ersten Galvanometer-Spiegel **30**,  $d$  ist der Abstand zwischen dem ersten Galvanometer-Spiegel **30** und dem zweiten Galvanometer-Spiegel **31** und  $\alpha = \cos^{-1}(d/(d^2 + w^2/4)^{0.5})$ .

**[0086]** Des Weiteren ist in der oben beschriebenen Ausführungsform der Ablenkinkel im ersten Galvanometer-Spiegel **30** auf  $60^\circ$  eingestellt, was kleiner ist als  $90^\circ$ , und der Ablenkinkel im zweiten Galvanometer-Spiegel **31** ist auf ca.  $90^\circ$  eingestellt. Stattdessen kann der Ablenkinkel im zweiten Galvanometer-Spiegel **31** auf einen Winkel kleiner als  $90^\circ$  eingestellt werden. Obwohl diese Konstruktion in diesem Fall kompliziert wird, ist sie bei der Verringerung des Auftretens von Astigmatismus in jedem der Galvanometer-Spiegel **30** und **31** vorteilhaft.

**[0087]** Obwohl bei der oben beschriebene Ausführungsform angenommen wird, dass Licht mit den zwei Galvanometer-Spiegeln **30** und **31** abgelenkt wird, können ferner drei oder mehr Galvanometer-Spiegel verwendet werden, um das Licht abzulenken. In diesem Fall können alle Galvanometer-Spiegel einen Ablenkinkel kleiner als  $90^\circ$  oder zumindest einer der Galvanometer-Spiegel kann einen Ablenkinkel kleiner als  $90^\circ$  haben.

**[0088]** Obwohl bei der oben beschriebenen Ausführungsform die zwei einander gegenüber angeordneten eindimensionalen Galvanometer-Spiegel **30** und **31** verwendet werden, um Licht zum zweidimensionalen Abtasten abzulenken, kann außerdem z. B. der erste Galvanometer-Spiegel **30** durch einen zweidimensionalen Galvanometer-Spiegel verwirklicht werden, der um zwei aufeinander senkrecht sehende Achsen wippt, und der zweite Galvanometer-Spiegel **31** kann durch einen nicht abtastenden feststehenden Spiegel verwirklicht werden. Bei dieser Konstruktion muss der feststehende Spiegel keinen Gelenkabschnitt haben, der bei einem Abtastspiegel erforderlich ist, und kann deshalb kompakt ausgeführt werden. Dies ermöglicht eine weitere Verringerung der Abmessung in der Breitenrichtung.

**[0089]** Wenn ein zweidimensionaler Galvanometer-Spiegel verwendet werden soll, kann ferner das erste Durchgangsloch **24** so ausgeführt werden, dass es sich in einem Winkel von ca. 30° schräg nach oben erstreckt, so dass der zweidimensionale Galvanometer-Spiegel am Schnittpunkt zwischen dem ersten Durchgangsloch **24** und dem zweiten Durchgangsloch **25**, das sich nach unten erstreckt, angeordnet werden kann. Bei dieser Konstruktion kann die Abmessung in der Breitenrichtung wesentlich kleiner gemacht und der Astigmatismus verringert werden.

**[0090]** Obwohl die oben beschriebene Ausführungsform die Pfeile **53a**, die die Abtastrichtungen darstellen, und das Rechteck **53b**, das den Bildbereich darstellt, enthält, die zusammen die Anzeige **53** für die Abtastrichtung auf der oberen Oberfläche des Abdeckelements **22** des Hauptkörpers **11** des Mikroskops bilden, können Abtastrichtungen außerdem indirekt angezeigt werden, indem Anzeigelinien **58**, die die Richtung des Hauptkörpers **11** des Mikroskops angeben, auf einem Rahmen **15a** des Monitors **15** bereitgestellt werden, wie in [Fig. 9](#) gezeigt. Wie in [Fig. 10](#) gezeigt, können ferner Anzeigelinien **59**, die die Richtung des Hauptkörpers **11** des Mikroskops angeben, auf dem Monitorschirm dargestellt werden. Außerdem können diese Anzeigelinien **59** durch die optische Rastermikroskopvorrichtung **1** als ein Bild auf ein Untersuchungsbild gelegt werden. In diesem Fall können die Anzeigelinien **59** so ausgelegt sein, dass sie selektiv angezeigt und verborgen werden können.

**[0091]** Obwohl bei der oben beschriebenen Ausführungsform die Galvanometer-Spiegel **30** und **31** auf den auf der Außenoberfläche des Referenzelements **23** gebildeten geneigten Oberflächen **28** und **29** angebaut sind, können die geneigten Oberflächen **61** und **62** außerdem auf der Innenoberfläche eines Referenzelements **60** angeordnet und die Galvanometer-Spiegel **30** und **31** mit einem Kleber befestigt sein, wie in [Fig. 11](#) dargestellt ist. Bei der oben beschriebenen Ausführungsform bewegt die optische Rastermikroskopvorrichtung **1** die Kollimationslinseneinheit **36**. Im Beispiel von [Fig. 11](#) bewegt die optische Rastermikroskopvorrichtung **1** jedoch eine Hülse **28**, die den Lichtwellenleiter **17** trägt. Bei dieser Konstruktion ist die Einstellung der Brennpunktposition, während die Endoberfläche der Objektivlinseneinheit **21** in engem Kontakt mit dem Objekt A gehalten wird, auf dieselbe Weise wie bei der oben beschriebenen Ausführungsform möglich.

**[0092]** Obwohl bei dieser Ausführungsform die Abtastspiegel **30** und **31** in einer Achse abtastende, elektromagnetisch angetriebene mikrobearbeitete Spiegel sind, wie in den [Fig. 12A](#) und [Fig. 12B](#) gezeigt, kann außerdem eine zweidimensionale kardanische Spiegeleinheit (in zwei Achsen abtastender mikrobearbeiteter Spiegel) **30'** mit der in den

[Fig. 13A](#) und [Fig. 13B](#) gezeigten Konstruktion und einem feststehenden Spiegel (in der Figur nicht dargestellt) gegenüber der zweidimensionalen kardanischen Spiegeleinheit **30'** verwendet werden. Die [Fig. 13A](#) und [Fig. 13B](#) sind eine Draufsicht bzw. eine Seitenansicht der zweidimensionalen kardanischen Spiegeleinheit **30'**. In diesem Fall kann die zweidimensionale kardanische Spiegeleinheit **30'** in einer der Positionen der Abtastspiegel **30** und **31**, die bei der oben beschriebenen Ausführungsform einander gegenüberliegend angeordnet sind, angebaut sein. Der feststehende Spiegel (in der Figur nicht dargestellt) ist in der Position des anderen der Abtastspiegel **30** und **31** angeordnet.

**[0093]** Diese zweidimensionale kardanische Spiegeleinheit **30'** enthält einen Hauptkörper **64'** des Spiegels zum Reflektieren von Licht, einen inneren Spiegelrahmen **66'** zum Anbauen des Hauptkörpers **64'** des Spiegels über erste Gelenkschnitte **65'**, einen äußeren Spiegelrahmen **66''** zum Anbauen des inneren Spiegelrahmens **66'** über zweite Gelenkschnitte **65''** und eine Einheit mit Magneten **67'** zum Erzeugen eines Magnetfelds. Nunmehr sei auf [Fig. 13A](#) verwiesen, bei der der Hauptkörper **64'** des Spiegels um die Y-Achse und die X-Achse wippt, um Licht in einem gewünschten Bereich abzutasten. Daraus kann der Spiegel, der an der geneigten Oberfläche **29** oder **28** angebaut ist, die der geneigten Oberfläche **28** oder **29** gegenüberliegt, an der diese zweidimensionale kardanische Spiegeleinheit **30'** angebaut ist, durch den oben beschriebenen feststehenden Spiegel (in der Zeichnung nicht dargestellt) verwirklicht werden. Der äußere Spiegelrahmen **66''** ist mit Löchern **68'** für Einstellschrauben versehen, so dass der äußere Spiegelrahmen **66''** an der geneigten Oberfläche **28** oder **29** im Referenzelement **23** angebaut werden kann, wogegen die Position des Hauptkörpers **64''** des Spiegels bezüglich des Referenzelements **23** feineingestellt wird. Bei dieser Konstruktion ist infolge der Verwendung eines nicht abtastenden feststehenden Spiegels ein Gelenkschnitt, der normalerweise für einen Abtastspiegel nötig ist, nicht erforderlich, und deshalb kann die Größe des Spiegels verringert werden.

#### Zusätzliche Punkte

**[0094]** Auf Basis der oben beschriebenen Ausführungsform sind bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung mit den folgenden Merkmalen denkbar.

1. Optische Rastermikroskopvorrichtung mit: allen Merkmalen nach Anspruch 1, 2 oder 3.

Obwohl es eine Ablenkung des Lichts durch den Abtastspiegel unter einem Winkel kleiner als 90° schwierig macht, die Breitenrichtung und die Längsrichtung des Hauptkörpers der Vorrichtung auf die Abtastrichtung des Abtastspiegels abzustimmen, kann die Richtung eines durch den Fotodetektor detektierten Bildes des Objekts ange-

zeigt werden, indem ein Anzeigemechanismus für die Abtastrichtung vorgesehen wird.

2. Optische Rastermikroskopvorrichtung nach Punkt 1, die ferner ein Referenzelement zum Anbauen des optischen Kollimationssystems und des Abtastspiegels aufweist.

Weil die optischen Komponenten am selben Referenzelement angebaut werden, kann die Montage der optischen Komponenten und Einstellungen, einschließlich der Einstellung der optischen Achse, einfach ausgeführt werden. Aus demselben Grund kann ferner die Montagepräzision der optischen Komponenten verbessert werden.

3. Optische Rastermikroskopvorrichtung nach Punkt 2, bei der das Referenzelement eine Anbauoberfläche enthält, an der der Abtastspiegel so angebaut ist, dass ein Ablenkwinkel kleiner als 90° relativ zur optischen Achse des optischen Kollimationssystems an seinem Ursprung erzielt wird.

Da die Anbauoberfläche mit hoher Bearbeitungs- genaueit gebildet werden kann, kann die Montagepräzision verbessert werden. Ferner ist bei der Einstellung der optischen Achse nur eine Feineinstellung erforderlich.

4. Optische Rastermikroskopvorrichtung nach einem der Punkte 2 und 3, ferner einen Positionseinstellmechanismus aufweisend, damit der Abtastspiegel so am Referenzelement angebaut werden kann, dass die Position des Abtastspiegels einstellbar ist.

Der Abtastspiegel kann durch die Verwendung des Positionseinstellungsmechanismus mit hoher Genauigkeit bezüglich des Referenzelements montiert werden. Ferner kann der Abtastspiegel bei einem Ausfall ersetzt werden. Dies ist zur Verlängerung der Nutzungsdauer des Hauptkörpers der Vorrichtung vorteilhaft.

5. Optische Rastermikroskopvorrichtung nach einem der Punkte 2 bis 4, ferner einen Mechanismus zur Änderung der Brennpunktposition aufweisend, um die Brennpunktposition, die an einer Untersuchungsstelle in Richtung der optischen Achse des optischen Fokussiersystems gebildet wird, zu ändern, bei der ein Antriebsgerät zum Antrieb des Mechanismus zur Änderung der Brennpunktposition am Referenzelement angebaut ist. Weil die Brennpunktposition der beobachteten Untersuchungsstelle mittels des Mechanismus zur Änderung der Brennpunktposition geändert werden kann, kann ein Bild einer Stelle in einer gewünschten Tiefe erfasst werden, indem die Brennpunktposition geringfügig geändert wird, und ferner kann ein dreidimensionales tomographisches Bild erfasst werden, indem der Mechanismus zur Änderung der Brennpunktposition kontinuierlich geändert wird.

6. Optische Rastermikroskopvorrichtung nach Punkt 5, ferner einen Positionseinstellmechanismus aufweisend, der es ermöglicht, dass das An-

triebsgerät zum Antrieb des Mechanismus zur Änderung der Brennpunktposition so am Referenzelement angebaut werden kann, dass die Position des Antriebsgeräts einstellbar ist.

Mit dem Positionseinstellmechanismus kann das Antriebsgerät zum Antrieb des Mechanismus zur Änderung der Brennpunktposition so montiert werden, dass das Antriebsgerät vom Referenzelement gelöst werden kann. Bei einem Ausfall im Antriebsgerät kann das Antriebsgerät ersetzt werden. Dies ist zur Verlängerung der Nutzungsdauer des Hauptkörpers der Vorrichtung vorteilhaft.

7. Optische Rastermikroskopvorrichtung nach einem der Punkte 1 und 6, bei der das Antriebsgerät zum Antrieb des Mechanismus zur Änderung der Brennpunktposition in einem Raum angeordnet ist, der durch die Innenoberflächen des Abtastspiegels und des optischen Pupillen-Projektionssystems im Hauptkörper der Vorrichtung begrenzt ist.

Infolge der oben beschriebenen Anordnung des Antriebsgeräts zum Antrieb des Mechanismus zur Änderung der Brennpunktposition kann die Breitenausbildung des Hauptkörpers der Vorrichtung verringert werden. Dies ermöglicht es, die Größe des Hauptkörpers der Vorrichtung zu verringern, um ein ausreichendes Sichtfeld der zusammen mit der optischen Rastermikroskopvorrichtung zu verwendenden Stereomikroskopvorrichtung zu gewährleisten.

8. Optische Rastermikroskopvorrichtung nach einem der Punkte 2 bis 7, ferner ein Lagerungselement zum Lagern eines Endes des Licht übertragenden Elements aufweisend, wobei das Lagerungselement am Referenzelement angebaut ist. Als Folge davon, dass das Lagerungselement am Referenzelement angebaut ist, können die Montage der Komponenten und Einstellungen, einschließlich der Einstellung der optischen Achse, auf einfache Weise ausgeführt werden.

9. Optische Rastermikroskopvorrichtung nach Punkt 8, ferner einen Positionseinstellmechanismus aufweisend, damit das Lagerungselement so am Referenzelement angebaut werden kann, dass die Position des Lagerungselementes einstellbar ist.

Mit dem Positionseinstellmechanismus kann das Lagerungselement so montiert werden, dass es vom Referenzelement gelöst werden kann. Bei einem Ausfall im Licht übertragenden Element kann das Licht übertragende Element zusammen mit dem Lagerungselement ersetzt werden. Dies ist bei der Verlängerung der Nutzungsdauer des Hauptkörpers der Vorrichtung vorteilhaft.

10. Optische Rastermikroskopvorrichtung nach einem der Punkte 8 und 9, bei der eine Endoberfläche des Lagerungselementes in Bezug auf eine optische Achse schräg poliert ist, so dass sie mit einer Endoberfläche des Licht übertragenden Elements bündig ist.

Bei dieser Konstruktion wird verhindert, dass an der Endoberfläche des Licht übertragenden Elements reflektiertes Licht zum Fotodetektor zurückkommt.

11. Optische Rastermikroskopvorrichtung nach einem der Punkte 1 bis 10, ferner einen Positionseinstellmechanismus aufweisend, der es ermöglicht, dass das optische Pupillen-Projektionssystem so am Referenzelement angebaut werden kann, dass die Position des optischen Pupillen-Projektionssystems einstellbar ist.

Mit dem Positionseinstellmechanismus kann das optische Pupillen-Projektionssystem so montiert werden, dass es vom Referenzelement gelöst werden kann. Bei einem Ausfall im optischen Pupillen-Projektionssystem kann das optische Pupillen-Projektionssystem ersetzt werden. Dies ist zur Verlängerung der Nutzungsdauer des Hauptkörpers der Vorrichtung vorteilhaft.

12. Optische Rastermikroskopvorrichtung nach einem der Punkte 4 bis 11, bei der der Positionseinstellmechanismus eine Schraube ist.

13. Optische Rastermikroskopvorrichtung nach einem der Punkte 4 bis 11, bei der der Positionseinstellmechanismus eine Schraube und eine Ausgleichsscheibe enthält und die Winkeleinstellung entsprechend der Dicke der Ausgleichsscheibe möglich ist.

14. Optische Rastermikroskopvorrichtung nach einem der Punkte 2 bis 13, bei der ein Steckverbinder zum lösbar Anschließen elektrischer Verdrahtung am Referenzelement bereitgestellt ist.

15. Optische Rastermikroskopvorrichtung nach Punkt 14, ferner einen Monitor zur Anzeige eines Bildes des Objekts, das vom Fotodetektor detektiert worden ist, aufweisend, wobei die Anzeige für die Abtastrichtung mit dem Bild des Objekts kombiniert ist.

16. Optische Rastermikroskopvorrichtung nach Punkt 15, bei der die Anzeige für die Abtastrichtung selektiv angezeigt oder verborgen werden kann.

17. Optische Rastermikroskopvorrichtung nach einem der Punkte 1 bis 16, ferner einen weiteren Abtastspiegel aufweisend, wobei die beiden Abtastspiegel mikrobearbeitete Einachsen-Abtastspiegel sind, die einander gegenüberliegen und eine berührungslose Galvanometer-Spiegeleinheit bilden.

18. Optische Rastermikroskopvorrichtung nach Punkt 17, bei einer der Abtastspiegel auf einem Lichtweg in der Nähe der Lichtquelle und der andere Abtastspiegel auf einem Lichtweg in der Nähe des optischen Fokussiersystems angeordnet ist, und bei der die beiden Abtastspiegel so angeordnet sind, dass sie die folgende Bedingung erfüllen:

$$0,5 \times (\alpha + \sin^{-1}(r/(d^2 + w^2/4)^{0.5})) \leq \theta < 45^\circ;$$

dabei ist  $\theta$  der Einfallswinkel, unter dem das Licht von der Lichtquelle über das Licht übertragende Element auf den einen Abtastspiegel fällt,  $r$  ist der Strahlradius,

$w$  ist die Breite des anderen Abtastspiegels,  $d$  ist der Abstand zwischen den beiden Abtastspiegeln und

$$\alpha = \cos^{-1}(d/(d^2 + w^2/4)^{0.5}),$$

19. Optische Rastermikroskopvorrichtung nach Punkt 18, bei der der Einfallswinkel  $\theta 35^\circ$  oder weniger beträgt.

20. Optische Rastermikroskopvorrichtung nach einem der Punkte 17 bis 19, bei der die Abtastspiegel elektromagnetisch angetriebene Spiegel sind.

21. Optische Rastermikroskopvorrichtung nach einem der Punkte 1 bis 16, ferner einen feststehenden Spiegel aufweisend, der gegenüber dem Abtastspiegel angeordnet ist, wobei der Abtastspiegel ein mikrobearbeiteter Zweiachsen-Abtastspiegel ist.

Infolge der Verwendung eines nicht abtastenden feststehenden Spiegels ist ein Gelenkabschnitt, der für einen Abtastspiegel nötig ist, nicht erforderlich, und deshalb kann die Größe des Spiegels verringert werden.

22. Optische Rastermikroskopvorrichtung nach Punkt 21, bei der der Abtastspiegel auf einem Lichtweg in der Nähe der Lichtquelle und der feststehende Spiegel auf einem Lichtweg in der Nähe des optischen Fokussiersystems angeordnet ist, und bei der der Abtastspiegel und der feststehende Spiegel so angeordnet sind, dass sie die folgende Bedingung erfüllen:

$$0,5 \times (\alpha + \sin^{-1}(r/(d^2 + w^2/4)^{0.5})) \leq \theta < 45^\circ$$

dabei ist  $\theta$  der Einfallswinkel, unter dem das Licht von der Lichtquelle über das Licht übertragende Element auf den Abtastspiegel fällt,

$r$  ist der Strahlradius,

$w$  ist die Breite des feststehenden Spiegels,

$d$  ist der Abstand zwischen dem Abtastspiegel und dem feststehenden Spiegel und

$$\alpha = \cos^{-1}(d/(d^2 + w^2/4)^{0.5}).$$

23. Optische Rastermikroskopvorrichtung nach Punkt 22, bei der der Einfallswinkel  $\theta 35^\circ$  oder weniger beträgt.

**[0095]** Gemäß der vorliegenden Erfindung wird der durch den Abtastspiegel erzeugte Astigmatismus unterdrückt, um ein Bild von hoher Qualität zu erzeugen. Ferner wird Licht durch den Abtastspiegel zum Abtasten so abgelenkt, dass das Licht kompakt gefaltet wird, um die Breitenabmessung des Hauptkörpers der Vorrichtung zu verringern. Dies ermöglicht es, den Hauptkörper der Vorrichtung so anzurufen, dass ein ausreichendes Sichtfeld eines Stereomikroskops, das zusammen mit ihr zu verwenden ist, gewährleistet ist.

## Patentansprüche

1. Optische Rastermikroskopvorrichtung (1) mit:  
 einer Lichtquelle (12);  
 einem Licht übertragenden Element (17) zum Übertragen von Licht von der Lichtquelle (12);  
 einem Hauptkörper (11) der Vorrichtung zum Beleuchten eines Objekts (A) mit dem vom Licht übertragenden Element (17) übertragenen Licht, wobei der Hauptkörper (11) der Vorrichtung enthält:  
 ein optisches Kollimationssystem (36) zum Wandeln des vom Licht übertragenden Element (17) übertragenen Lichtes in kollimiertes Licht;  
 einen Abtastspiegel (30) zum Ablenken des vom optischen Kollimationssystem (36) emittierten kollimierten Lichtes unter einem Ablenkinkel kleiner als 90°, um das Objekt (A) mit dem Licht abzutasten;  
 ein optisches Fokussiersystem (21) zum Fokussieren des vom Abtastspiegel (30) abgetasteten Lichtes auf dem Objekt (A); und  
 ein optisches Pupillen-Projektionssystem (48), das zwischen dem optischen Fokussiersystem (21) und dem oben beschriebenen Abtastspiegel (30) angeordnet ist;  
 einen Fotodetektor (13) zur Detektion von Rücklicht, das vom Objekt (A) über den Hauptkörper (11) der Vorrichtung und das Licht übertragende Element (17) zurückkommt; und  
 gekennzeichnet durch  
 eine Anzeige (53) für die Abtastrichtung, die die Abtastrichtung des Abtastspiegels (30) angibt;  
 wobei die Anzeige (53) für die Abtastrichtung auf der Außenoberfläche des Hauptkörpers (11) der Vorrichtung markiert ist.

2. Optische Rastermikroskopvorrichtung (1) mit:  
 einer Lichtquelle (12);  
 einem Licht übertragenden Element (17) zum Übertragen von Licht von der Lichtquelle (12);  
 einem Hauptkörper (11) der Vorrichtung zum Beleuchten eines Objekts (A) mit dem vom Licht übertragenden Element (17) übertragenen Licht, wobei der Hauptkörper (11) der Vorrichtung enthält:  
 ein optisches Kollimationssystem (36) zum Wandeln des vom Licht übertragenden Element (17) übertragenen Lichtes in kollimiertes Licht;  
 einen Abtastspiegel (30) zum Ablenken des vom optischen Kollimationssystem (36) emittierten kollimierten Lichtes unter einem Ablenkinkel kleiner als 90°, um das Objekt (A) mit dem Licht abzutasten;  
 ein optisches Fokussiersystem (21) zum Fokussieren des vom Abtastspiegel (30) abgetasteten Lichtes auf dem Objekt (A); und  
 ein optisches Pupillen-Projektionssystem (48), das zwischen dem optischen Fokussiersystem (21) und dem oben beschriebenen Abtastspiegel (30) angeordnet ist;  
 einen Fotodetektor (13) zur Detektion von Rücklicht, das vom Objekt (A) über den Hauptkörper (11) der Vorrichtung und das Licht übertragende Element (17)

zurückkommt;  
 einen Monitor zur Anzeige eines Bildes des Objekts (A), das vom Fotodetektor (13) detektiert worden ist; gekennzeichnet durch  
 eine Anzeige (58) für die Abtastrichtung, die die Abtastrichtung des Abtastspiegels (30) angibt; wobei die Anzeige (58) für die Abtastrichtung auf dem Rahmen des Monitors gezeichnet ist.

3. Optische Rastermikroskopvorrichtung (1) mit:  
 einer Lichtquelle (12);  
 einem Licht übertragenden Element (17) zum Übertragen von Licht von der Lichtquelle (12);  
 einem Hauptkörper (11) der Vorrichtung zum Beleuchten eines Objekts (A) mit dem vom Licht übertragenden Element (17) übertragenen Licht, wobei der Hauptkörper (11) der Vorrichtung enthält:  
 ein optisches Kollimationssystem (36) zum Wandeln des vom Licht übertragenden Element (17) übertragenen Lichtes in kollimiertes Licht;  
 einen Abtastspiegel (30) zum Ablenken des vom optischen Kollimationssystem (36) emittierten kollimierten Lichtes unter einem Ablenkinkel kleiner als 90°, um das Objekt (A) mit dem Licht abzutasten;  
 ein optisches Fokussiersystem (21) zum Fokussieren des vom Abtastspiegel (30) abgetasteten Lichtes auf dem Objekt (A); und  
 ein optisches Pupillen-Projektionssystem (48), das zwischen dem optischen Fokussiersystem (21) und dem oben beschriebenen Abtastspiegel (30) angeordnet ist;  
 einen Fotodetektor (13) zur Detektion von Rücklicht, das vom Objekt (A) über den Hauptkörper (11) der Vorrichtung und das Licht übertragende Element (17) zurückkommt;  
 einen Monitor zur Anzeige eines Bildes des Objekts (A), das vom Fotodetektor (13) detektiert worden ist; gekennzeichnet durch  
 eine Anzeige (59) für die Abtastrichtung, die die Abtastrichtung des Abtastspiegels (30) angibt; wobei die Anzeige (59) für die Abtastrichtung mit dem Bild des Objekts (A) kombiniert ist.

4. Optische Rastermikroskopvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, ferner aufweisend:  
 ein Referenzelement (23) zum Anbau des optischen Kollimationssystems (36) und des Abtastspiegels (30).

5. Optische Rastermikroskopvorrichtung nach Anspruch 4, bei der das Referenzelement (23) eine Anbauoberfläche (28) enthält, an der der Abtastspiegel (30) so angebaut ist, dass ein Ablenkinkel kleiner als 90° relativ zur optischen Achse des optischen Kollimationssystems (36) an deren Ursprung erzielt wird.

6. Optische Rastermikroskopvorrichtung nach Anspruch 4, ferner einen Positionseinstellmechanismus (32) aufweisend, damit der Abtastspiegel (30) so

am Referenzelement angebaut werden kann, dass die Position des Abtastspiegels (30) einstellbar ist.

7. Optische Rastermikroskopvorrichtung nach Anspruch 4, ferner einen Mechanismus (43) zur Änderung der Brennpunktposition aufweisend, um die Brennpunktposition, die an einer Untersuchungsstelle in Richtung der optischen Achse des optischen Fokussiersystems (21) gebildet wird, zu ändern; bei der ein Antriebsgerät (41) zum Antrieb des Mechanismus (43) zur Änderung der Brennpunktposition am Referenzelement (23) angebaut ist.

8. Optische Rastermikroskopvorrichtung nach Anspruch 7, ferner einen Positionseinstellmechanismus aufweisend, der es ermöglicht, dass das Antriebsgerät (41) zum Antrieb des Mechanismus (43) zur Änderung der Brennpunktposition so am Referenzelement (23) angebaut werden kann, dass die Position des Antriebsgeräts einstellbar ist.

9. Optische Rastermikroskopvorrichtung nach Anspruch 4, ferner ein Lagerungselement (27) zum Lagern eines Endes des Licht übertragenden Elements (17) aufweisend, wobei das Lagerungselement am Referenzelement angebaut ist.

10. Optische Rastermikroskopvorrichtung nach Anspruch 4, ferner einen Positionseinstellmechanismus (50, 51) aufweisend, der es ermöglicht, dass das optische Pupillen-Projektionssystem (48) so am Referenzelement angebaut werden kann, dass die Position des optischen Pupillen-Projektionssystems (48) einstellbar ist.

11. Optische Rastermikroskopvorrichtung nach Anspruch 10, bei der der Positionseinstellmechanismus (50, 51) eine Schraube (51) und eine Ausgleichsscheibe (50) enthält und die Winkeleinstellung entsprechend der Dicke der Ausgleichsscheibe möglich ist.

12. Optische Rastermikroskopvorrichtung nach Anspruch 4, bei der ein Steckverbinder zum lösbar Anschließen elektrischer Verdrahtung am Referenzelement bereitgestellt ist.

13. Optische Rastermikroskopvorrichtung nach Anspruch 7, bei der das Antriebsgerät zum Antrieb des Mechanismus zur Änderung der Brennpunktposition in einem Raum angeordnet ist, der durch die Innenoberflächen des Abtastspiegels (30) und des optischen Pupillen-Projektionssystems (48) im Hauptkörper (11) der Vorrichtung begrenzt ist.

14. Optische Rastermikroskopvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, ferner einen weiteren Abtastspiegel (31) aufweisend, wobei die beiden Abtastspiegel (30, 31) mikrobearbeitete Einachsen-Abtastspiegel sind, die einander gegenüberliegen und

eine berührungslose Galvanometer-Spiegeleinheit bilden.

15. Optische Rastermikroskopvorrichtung nach Anspruch 14, bei der einer der Abtastspiegel (30) auf einem Lichtweg in der Nähe der Lichtquelle (12) und der andere Abtastspiegel (31) auf einem Lichtweg in der Nähe des optischen Fokussiersystems (21) angeordnet ist, und bei der die beiden Abtastspiegel (30, 31) so angeordnet sind, dass sie die folgende Bedingung erfüllen:

$$0,5 \times (\alpha + \sin^{-1}(r/(d^2 + w^2/4)^{0.5})) \leq \theta < 45^\circ;$$

dabei ist  $\theta$  der Einfallswinkel, unter dem das Licht von der Lichtquelle (12) über das Licht übertragende Element (17) auf den einen Abtastspiegel (30) fällt;  $r$  ist der Strahlradius;  $w$  ist die Breite des anderen Abtastspiegels (31);  $d$  ist der Abstand zwischen den beiden Abtastspiegeln (30, 31); und  $\alpha = \cos^{-1}(d/(d^2 + w^2/4)^{0.5})$ .

16. Optische Rastermikroskopvorrichtung nach Anspruch 15, bei der der Einfallswinkel  $\theta$   $35^\circ$  oder weniger beträgt.

17. Optische Rastermikroskopvorrichtung nach Anspruch 14, bei dem die Abtastspiegel (30, 31) elektromagnetisch angetriebene Spiegel sind.

18. Optische Rastermikroskopvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, ferner einen feststehenden Spiegel (31) aufweisend, der gegenüber dem Abtastspiegel (30) angeordnet ist, wobei der Abtastspiegel (30) ein mikrobearbeiteter Zweiachsen-Abtastspiegel ist.

19. Optische Rastermikroskopvorrichtung (1) nach Anspruch 18, bei der der Abtastspiegel (30) auf einem Lichtweg in der Nähe der Lichtquelle (12) und der feststehende Spiegel (31) auf einem Lichtweg in der Nähe des optischen Fokussiersystems (21) angeordnet ist, und bei der der Abtastspiegel (30) und der feststehende Spiegel (31) so angeordnet sind, dass sie die folgende Bedingung erfüllen:

$$0,5 \times (\alpha + \sin^{-1}(r/(d^2 + w^2/4)^{0.5})) \leq \theta < 45^\circ;$$

dabei ist  $\theta$  der Einfallswinkel, unter dem das Licht von der Lichtquelle (12) über das Licht übertragende Element (17) auf den Abtastspiegel (30) fällt;  $r$  ist der Strahlradius;  $w$  ist die Breite des feststehenden Spiegels (31);  $d$  ist der Abstand zwischen dem Abtastspiegel (30) und dem feststehenden Spiegel (31); und  $\alpha = \cos^{-1}(d/(d^2 + w^2/4)^{0.5})$ .

20. Optische Rastermikroskopvorrichtung (1) gemäß Anspruch 19, bei der der Einfallswinkel  $\theta$   $35^\circ$

DE 60 2005 000 964 T2 2007.09.06

oder weniger beträgt.

Es folgen 10 Blatt Zeichnungen

## Anhängende Zeichnungen

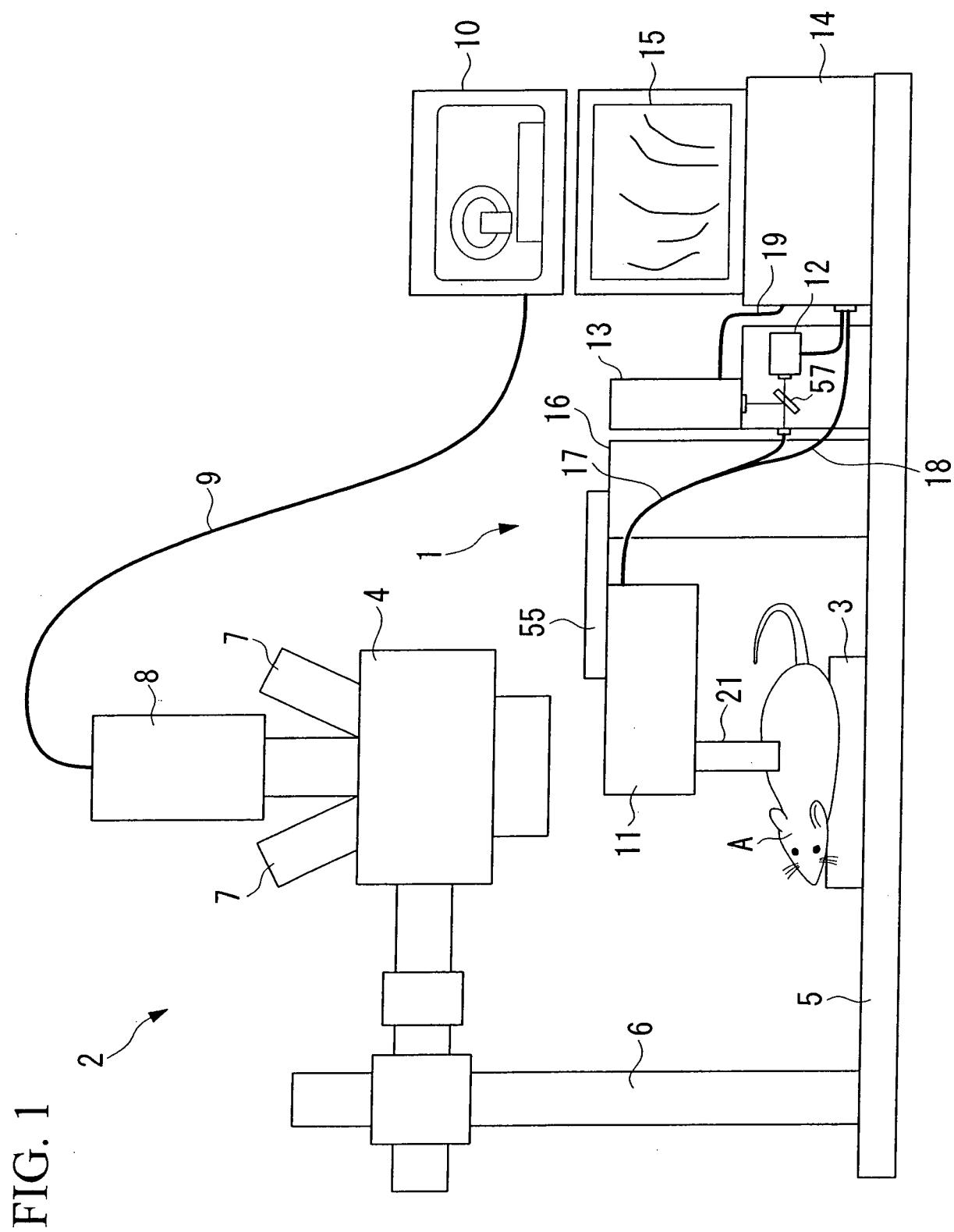


FIG. 2

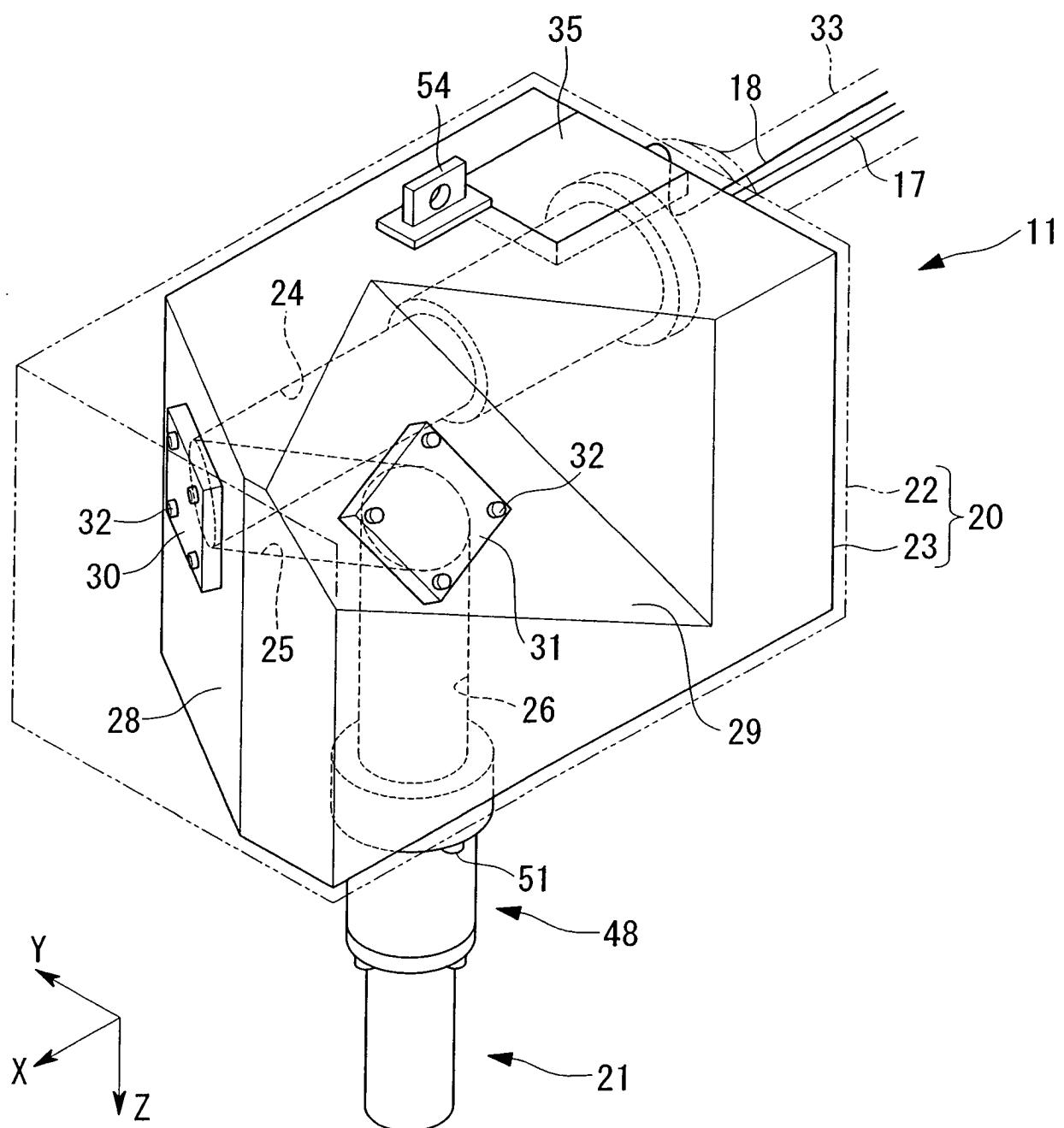


FIG. 3

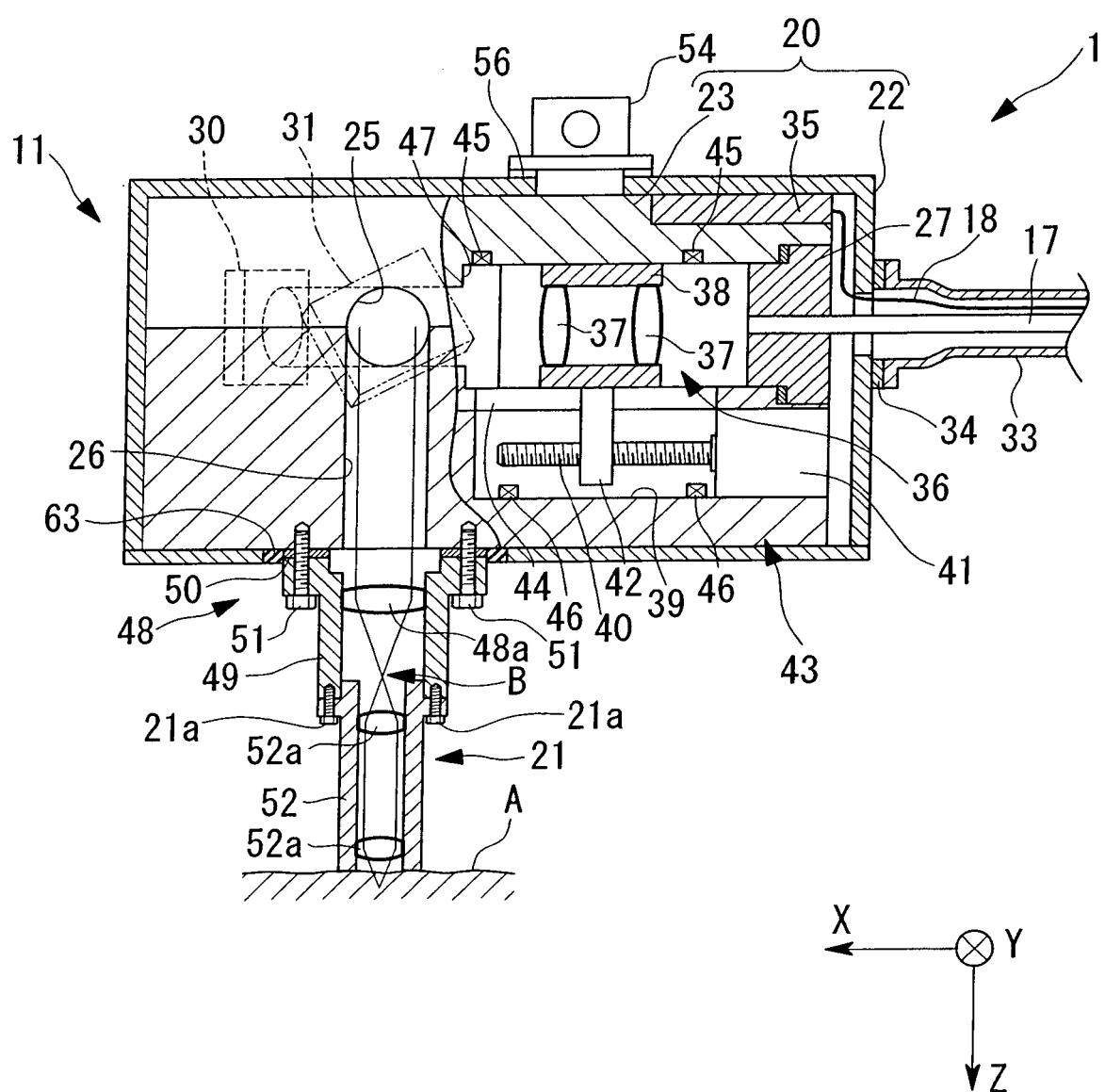


FIG. 4

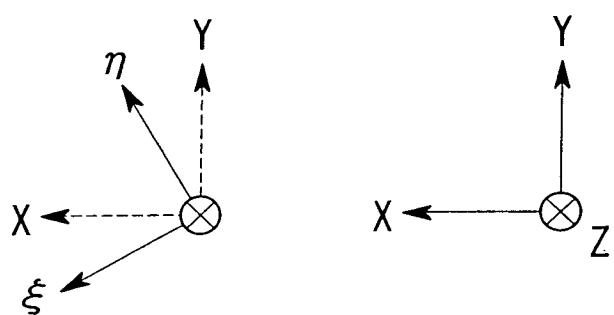
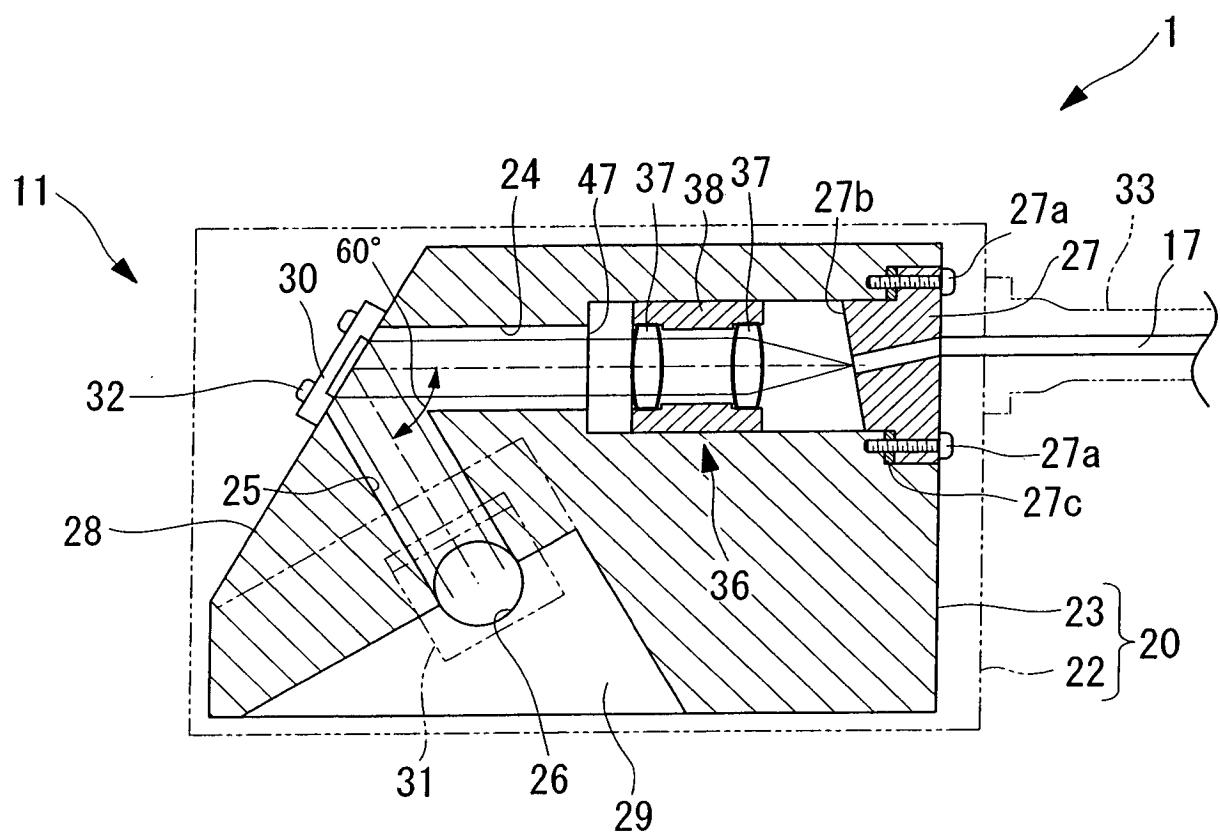


FIG. 5

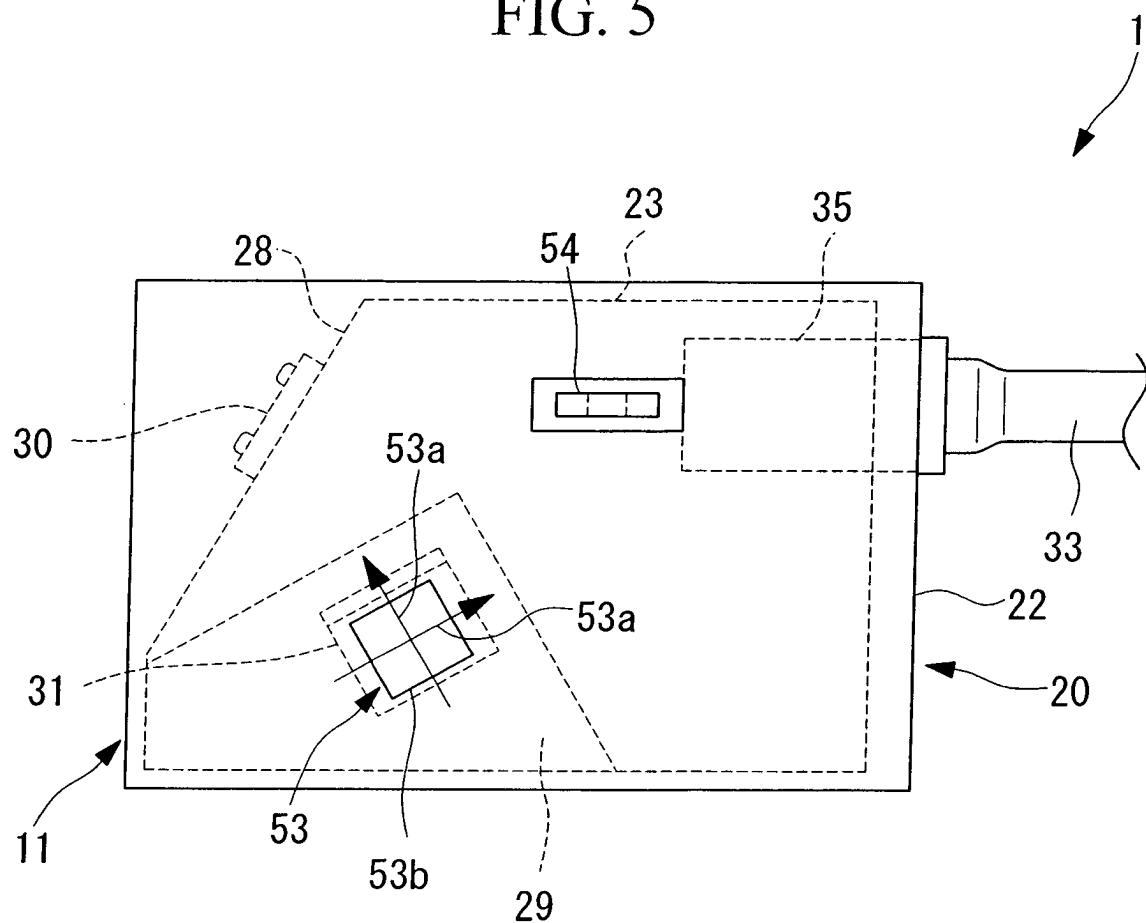


FIG. 6

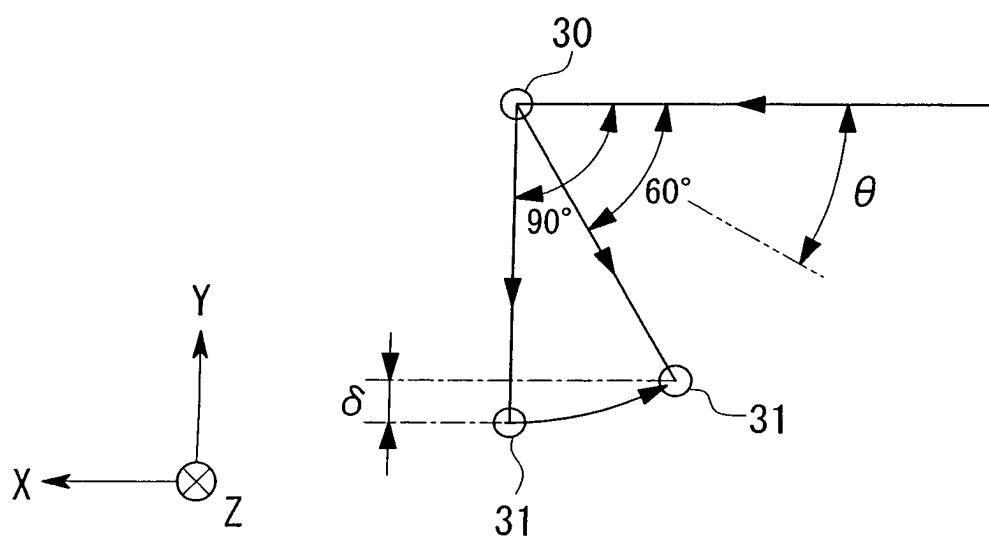


FIG. 7

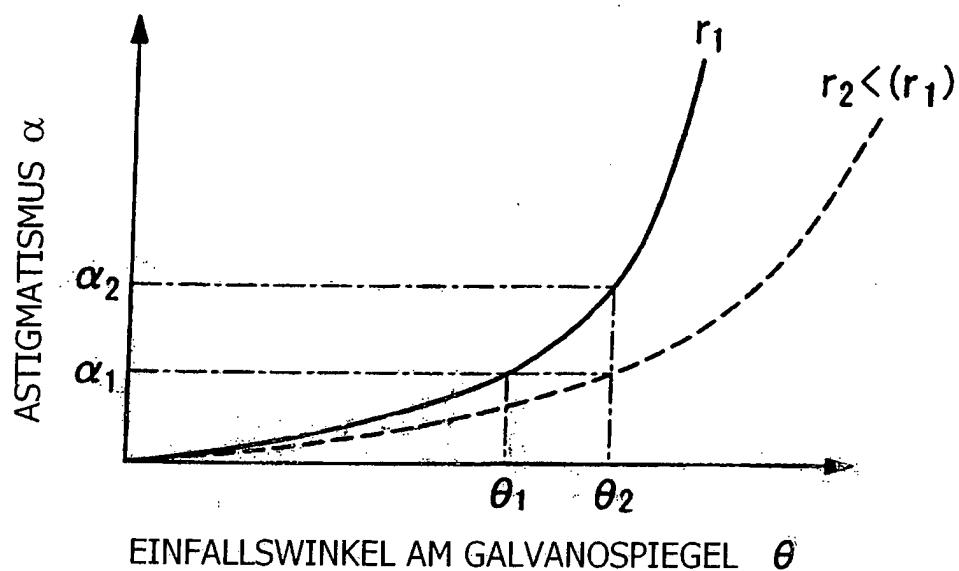


FIG. 8

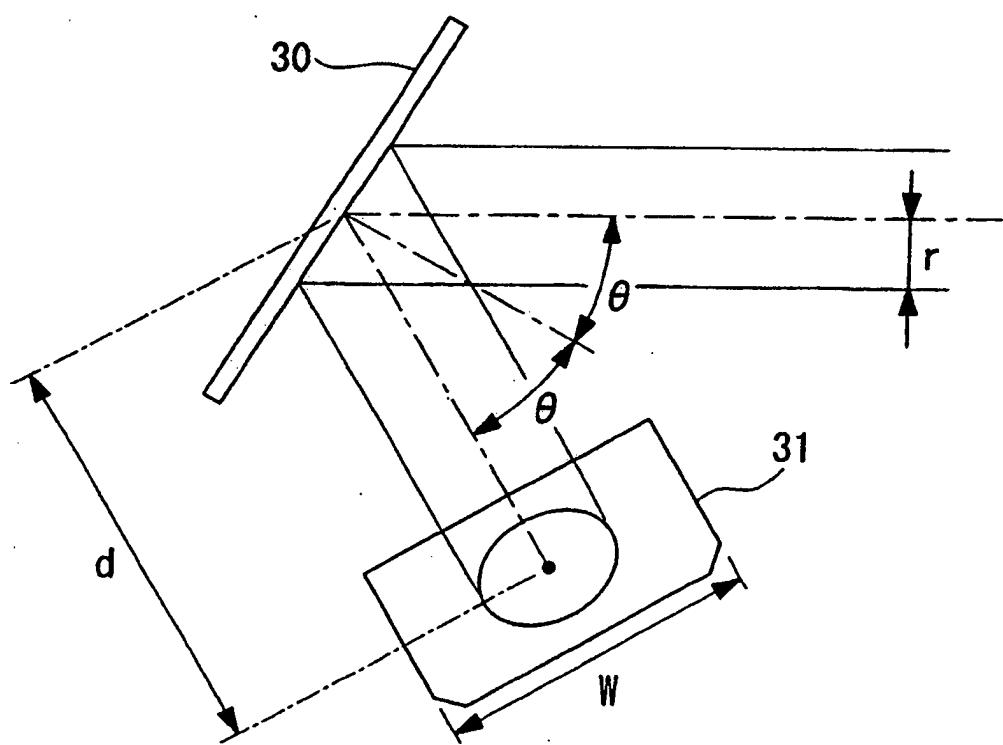


FIG. 9

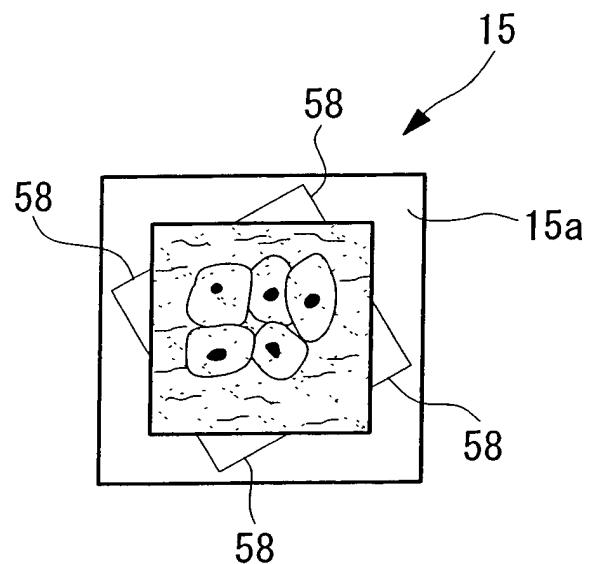


FIG. 10

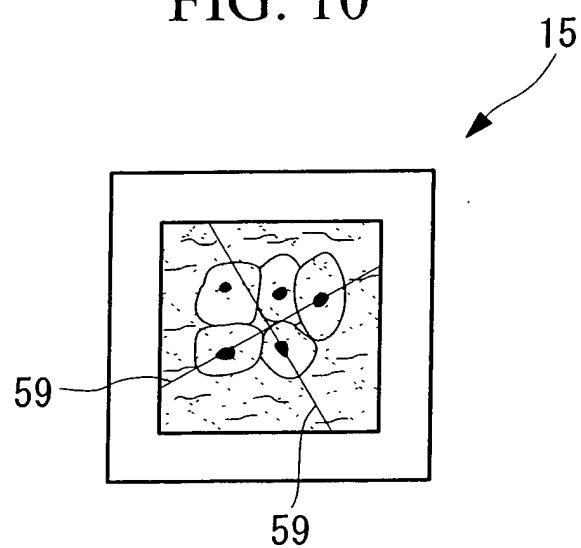


FIG. 11

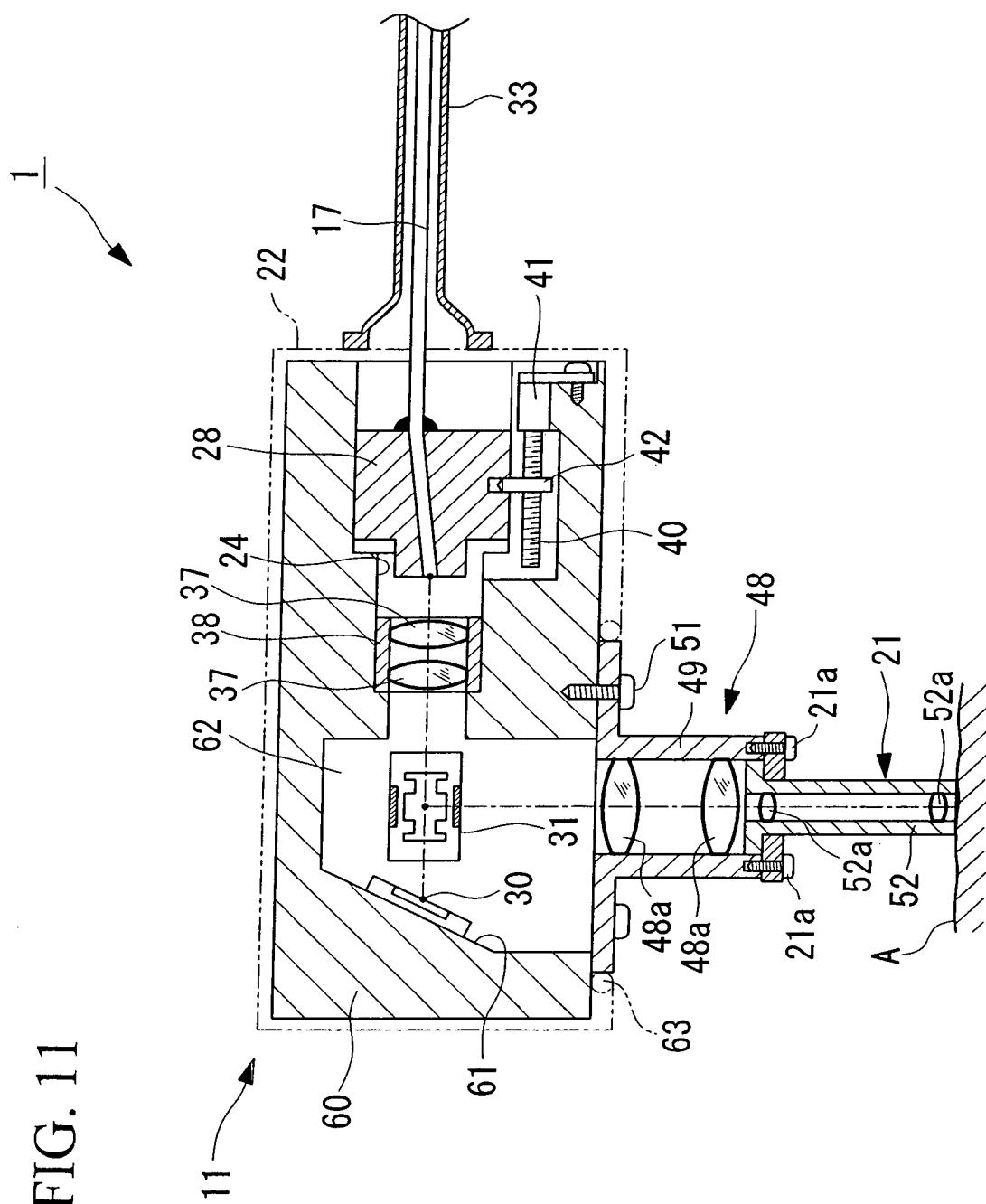


FIG. 12A

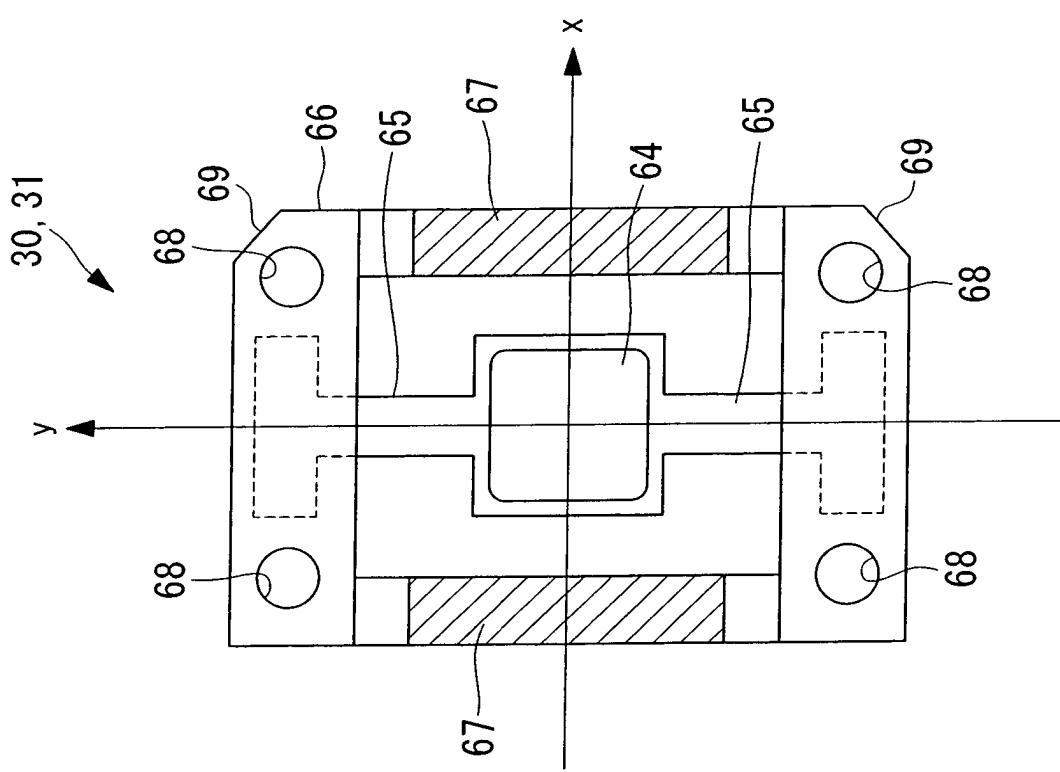


FIG. 12B

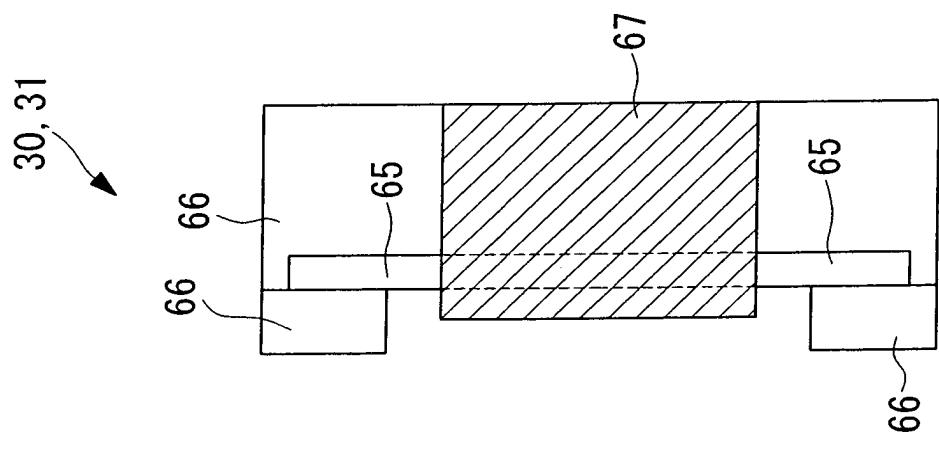


FIG. 13A

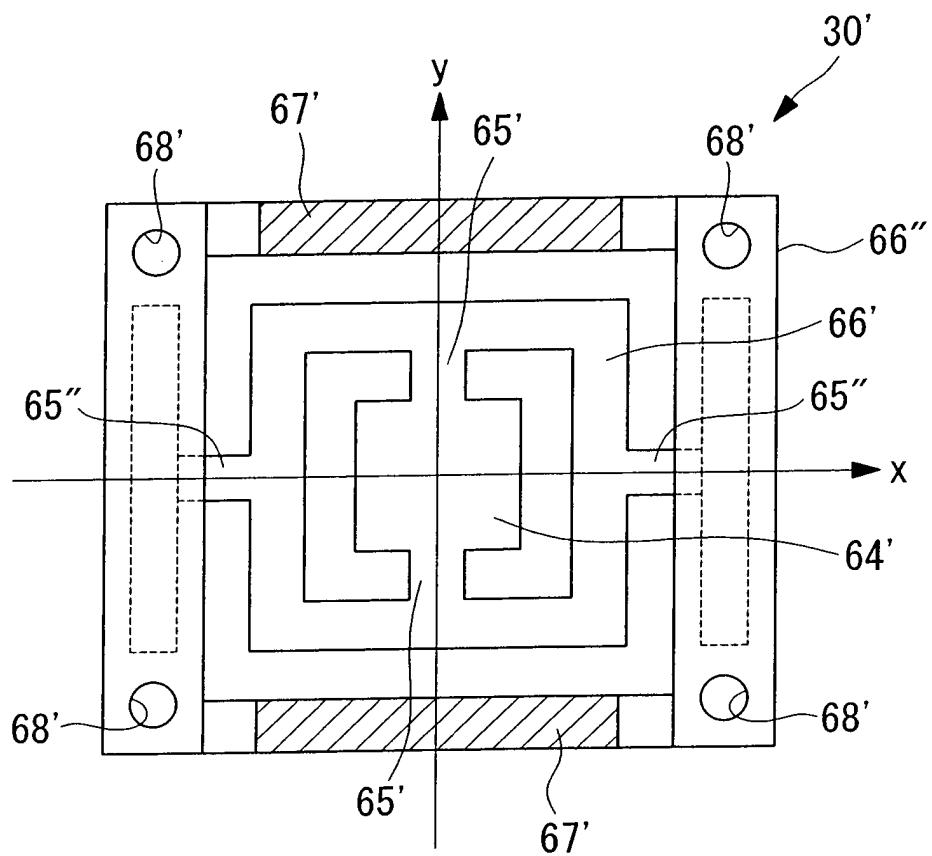


FIG. 13B

