



(10) **DE 20 2016 008 489 U1** 2018.04.05

(12) **Gebrauchsmusterschrift**

(21) Aktenzeichen: **20 2016 008 489.6**
(22) Anmeldetag: **13.05.2016**
(67) aus Patentanmeldung: **10 2016 108 987.7**
(47) Eintragungstag: **22.02.2018**
(45) Bekanntmachungstag im Patentblatt: **05.04.2018**

(51) Int Cl.: **G02B 21/06** (2006.01)
G02B 21/00 (2006.01)
G02B 27/28 (2006.01)
G02B 27/10 (2006.01)

(73) Name und Wohnsitz des Inhabers:
**Leica Microsystems CMS GmbH, 35578 Wetzlar,
DE**

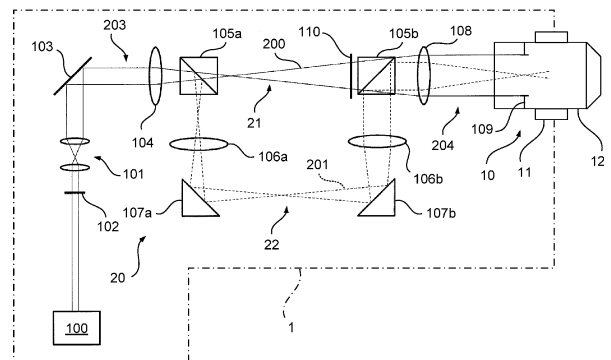
(74) Name und Wohnsitz des Vertreters:
**Kudlek & Grunert Patentanwälte Partnerschaft,
80331 München, DE**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Optisches Rastermikroskop**

(57) Hauptanspruch: Optisches Rastermikroskop (1, 2, 3), das ein Beleuchtungssystem (20) mit einem von einer Lichtquelle (100) ausgehenden Lichtquellenabschnitt (100–103), einem ersten polarisationsabhängigen Strahlteiler (105a) und einem zweiten polarisationsabhängigen Strahlteiler (105a, 105b) und einem ersten und einem zweiten optischen Kanal (21, 22) zwischen dem ersten und dem zweiten polarisationsabhängigen Strahlteiler (105a, 105b) umfasst, wobei

- der Lichtquellenabschnitt (100–103) dazu eingerichtet ist, einen ersten Beleuchtungslichtstrahl (203) mit Licht einer ersten und einer zweiten Hauptpolarisationsrichtung abzu-
strahlen,
- der erste Strahlteiler (105a) dazu eingerichtet ist, das Licht der ersten Hauptpolarisationsrichtung zumindest überwiegend in den ersten (21) und das Licht der zweiten Hauptpolarisationsrichtung zumindest überwiegend in den zweiten Kanal (22) zu führen,
- der zweite Strahlteiler (105b) dazu eingerichtet ist, aus Licht der ersten Hauptpolarisationsrichtung aus dem ersten (21) und aus Licht der zweiten Hauptpolarisationsrichtung aus dem zweiten Kanal (22) einen zweiten Beleuchtungslichtstrahl (204) zu bilden, und
- die Kanäle (21, 22) dazu eingerichtet sind, das Licht der ersten Hauptpolarisationsrichtung aus dem ersten (21) und das Licht der zweiten Hauptpolarisationsrichtung aus dem zweiten Kanal (22) mit unterschiedlichen Konvergenzwinkeln auszu-
strahlen.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein optisches Rastermikroskop gemäß dem Oberbegriff des Schutzanspruchs 1.

Stand der Technik

[0002] In der modernen Funktionsbiologie ist häufig die Untersuchung dynamischer Prozesse in biologischen Systemen von Interesse. Für diese ist eine räumliche und zeitliche Interaktions- bzw. Manipulationsmöglichkeit mikroskopischer Proben von zentraler Bedeutung. Hierzu sind Verfahren wie FRAP (Fluorescence Recovery after Photobleaching), FLIP (Fluorescence Loss in Photobleaching), Uncaging und Photoactivation bekannt. In derartigen Verfahren wird die zu untersuchende Probe zur Manipulation typischerweise mittels eines fokussierten Laserstrahls abgerastert, wobei eine (in einem orthoskopischen Strahlengang eingesetzte) Rastervorrichtung zum Einsatz kommt.

[0003] Gleichzeitig ist eine Detektion des Experimentverlaufs in einem Weitfeldmikroskop mit optischer Schnittmöglichkeit wünschenswert. Eine Möglichkeit dazu ist beispielsweise die TIRF-Mikroskopie (Total Internal Reflection Fluorescence Microscopy), bei der ein Laserstrahl in die Eintrittspupille des Objektivs fokussiert wird, um eine flächige Ausleuchtung des Objektfelds zu erhalten. Diese Ausleuchtung erfolgt unter einem einstellbaren Winkel, der durch die Position des Laserstrahls in der Eintrittspupille bestimmt ist. Bei Beleuchtung unter einem Winkel, der nicht durch die Grenzfläche zwischen dem Probendeckglas und einer wässrigen Probe propagiert, erhält man Totalreflexion und eine dünne Ausleuchtung der Grenzfläche durch evaneszente Wellen. Zur genauen Einstellung des Beleuchtungswinkels ist ein Positionskontrollsystem des Laserstrahls in der Eintrittspupille vonnöten. Auch hierzu lässt sich eine (in einem konoskopischen Strahlengang eingesetzte) Rastervorrichtung benutzen.

[0004] Zu weiteren Details sei auf einschlägige Fachliteratur verwiesen, beispielsweise bezüglich der TIRF-Mikroskopie auf D. Axelrod, Traffic 2, 764–774 (2001) und bezüglich der rasterbasierten Manipulation von mikroskopischen Proben mittels Rastersystemen konfokaler Mikroskope auf E. A. J. Reits, Nat. Cell Biol. 3, E145–E147 (2001). Zur Positionierung des Laserstrahls in der Eintrittspupille sei beispielsweise auf die DE 10 2006 033 306 A1 verwiesen.

[0005] Zur Umschaltung zwischen orthoskopischem und konoskopischem Strahlengang lässt sich beispielsweise gemäß der US 7 187 494 B2 eine Bertrandlinsenanordnung in den Strahlengang eines orthoskopischen Rastersystems fügen, um ein konoskopisches Rastersystem zu verwirklichen. Dies

hat jedoch den Nachteil, dass die mechanische Bewegung von Spiegeln, Prismen und Linsensystemen aufwendig und zudem inkompatibel mit den in der Aufgabenstellung geforderten Schaltzeiten unterhalb der relevanten biologischen Zeitskalen, z.B. von weniger als 10 ms ist.

[0006] In der US7573635B2 ist die Umschaltung mit Hilfe des Rastersystems selbst beschrieben. Das beschriebene Verfahren erfordert jedoch ein aufwendiges Spiegelsystem, weil die Rasterspiegeleinheit im konoskopischen Strahlengang mit mehreren Reflexionen genutzt wird, was ein entsprechendes System kompliziert und aufwendig in der Handhabung macht.

[0007] Aus der EP 1 752 809 B2 ist ein Vereinigungssystem für orthoskopische und konoskopische Beleuchtungsstrahlengänge bekannt, das jedoch den Nachteil besitzt, dass für eine konoskopische Beleuchtung immer nur ein Teil der Objektivpupille zugänglich ist.

[0008] Aus der DE 10 2013 222 562 A1 ist eine Beleuchtungseinrichtung bekannt, mittels derer sich ein orthoskopischer und ein konoskopischer Strahlengang bereitstellen lässt. Hierbei wird ein Ringspiegel eingesetzt. Ein zentral durch den Ringspiegel, d.h. dessen unverspiegelten Bereich oder eine entsprechende Aussparung, tretender Beleuchtungslichtstrahl wird zur Erzeugung des orthoskopischen Strahlengangs genutzt. Ein peripher auf den Ringspiegel, d.h. dessen verspiegelten Bereich, treffender Beleuchtungslichtstrahl wird zur Erzeugung des konoskopischen Strahlengangs genutzt. Es kann also auch hier jeweils nur ein Teil des Strahlengangquerschnitts zur Erzeugung des orthoskopischen Strahlengangs bzw. des konoskopischen Strahlengangs genutzt werden.

[0009] Aufgabenstellung der vorliegenden Erfindung ist vor diesem Hintergrund unter anderem, sowohl die Kontrolle eines Laserstrahls in der Pupille als auch das Abrastern eines Laserstrahls im Objektfeld eines Mikroskops durch ein und dieselbe Rastereinheit zu bewerkstelligen. Weiterhin soll die Umschaltung zwischen beiden Verwendungen der Rastereinheit schnell von statten gehen, so dass bei typischen Bildaufnahmeraten von ca. 100 Hz in mikroskopischen Lebendzelleexperimenten keine Unterbrechungen entstehen.

Offenbarung der Erfindung

[0010] Erfindungsgemäß werden ein optisches Rastermikroskop mit den Merkmalen des Schutzanspruchs 1 vorgeschlagen. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind Gegenstand der Unteransprüche sowie der nachfolgenden Beschreibung.

[0011] Der vorliegenden Erfindung liegt die grundsätzliche Idee zugrunde, in einem Rastermikroskop zu jedem Zeitpunkt sowohl einen orthoskopischen als auch einen konoskopischen Strahlengang verfügbar zu halten und die Umschaltung zwischen diesen beiden Strahlengängen mittels polarisierender Strahlteilungen zu realisieren. Auch die Kombination beider Strahlengänge wird mittels polarisationsoptischer Mittel bewerkstelligt.

[0012] Die vorliegende Erfindung schlägt vor diesem Hintergrund ein optisches Rastermikroskop vor, das ein Beleuchtungssystem mit einem von einer Lichtquelle ausgehenden Lichtquellenabschnitt, einem ersten und einem zweiten polarisationsabhängigen Strahlteiler und einem ersten und einem zweiten optischen Kanal zwischen dem ersten und dem zweiten Strahlteiler umfasst. In den Lichtquellenabschnitt des optischen Rastermikroskops ist eine Rastereinheit bekannter Art integriert, wie sie grundsätzlich bekannt ist und auch nachfolgend noch erläutert wird.

[0013] Ist hier von einem „polarisationsabhängigen Strahlteiler“ (engl. Polarizing Beam Splitter, PBS; in bestimmten Bauformen landläufig auch als „Polwürfel“ bezeichnet) die Rede, sei hierunter ein optisches Element verstanden, das Licht unterschiedlicher Polarisationsrichtungen unterschiedlich ablenkt. Beispielsweise kann ein polarisierender Strahlteiler Licht einer ersten Polarisationsrichtung unabgelenkt passieren lassen, Licht einer zweiten, unterschiedlichen Polarisationsrichtung hingegen in einem durch die Bauform und die optischen Materialien definierten Winkel ablenken. Hinsichtlich des fachmännischen Wissens zu polarisierenden Strahlteilern und die hierbei zugrunde liegenden physikalischen Grundlagen sei der Einfachheit halber auf einschlägige Fachliteratur, z.B. Bennett, J.M.: Polarizers, Kapitel 3 in: Bass, M.E. et al. (Hrsg.): Handbook of Optics. Fundamentals, Techniques & Design, Band 2, New York: McGraw-Hill, 2. Auflage 1995, verwiesen.

[0014] In dem vorgeschlagenen optischen Rastermikroskop ist der Lichtquellenabschnitt dazu eingerichtet, einen ersten Beleuchtungslichtstrahl mit Licht einer ersten und einer zweiten Hauptpolarisationsrichtung abzustrahlen.

[0015] Unter „Licht einer ersten Hauptpolarisationsrichtung“ bzw. „Licht einer zweiten Hauptpolarisationsrichtung“ wird dabei im Rahmen der vorliegenden Erfindung Licht verstanden, das überwiegend oder ausschließlich Lichtwellen umfasst, die in einer ersten Polarisationsrichtung bzw. einer zweiten Polarisationsrichtung vorliegen oder deren Polarisationsrichtungen jeweils in einem eng begrenzten Winkelbereich von beispielsweise $\pm 10^\circ$, $\pm 5^\circ$ oder $\pm 1^\circ$ liegen. Durch eine unvollständige Polarisierung können geringere Anteile auch in einer oder mehreren anderen Polarisationsrichtungen vorliegen. Die Formu-

lierung, wonach entsprechendes Licht „überwiegend oder ausschließlich“ Lichtwellen umfasst, die in der ersten Polarisationsrichtung bzw. der zweiten Polarisationsrichtung vorliegen, gibt dabei beispielsweise an, dass weniger als 25%, 10%, 5% oder 1% in einer abweichenden Polarisationsrichtung vorliegen. Die erste und die zweite Polarisationsrichtung sind orthogonal zueinander ausgerichtet. Hierbei schließt die orthogonale Ausrichtung sowohl zirkular polarisiertes Licht ein als auch linear polarisiertes Licht, das in zwei Polarisationsrichtungen vorliegt

[0016] Das Licht der ersten und der zweiten Hauptpolarisationsrichtung kann dabei gemäß der vorliegenden Erfindung gleichzeitig, d.h. zu einem Zeitpunkt in ein und demselben Beleuchtungslichtstrahl, bereitgestellt werden. Ist dies der Fall, umfasst der Beleuchtungslichtstrahl entsprechendes Beleuchtungslicht eines Polarisationszustands, der einer Linearkombination orthogonaler Hauptpolarisationsrichtungen entspricht. Der Beleuchtungslichtstrahl kann jedoch auch nacheinander mit der ersten Hauptpolarisationsrichtung und dann mit der zweiten Hauptpolarisationsrichtung abgestrahlt werden, wie auch nachfolgend erläutert. In letzterem Fall umfasst der Beleuchtungslichtstrahl in einem ersten Zeitraum Licht mit überwiegend oder ausschließlich der ersten Hauptpolarisationsrichtung und in einem zweiten Zeitraum Licht mit überwiegend oder ausschließlich der zweiten Hauptpolarisationsrichtung. Das Licht muss aber auch hier nicht notwendigerweise vollständig polarisiert sein; zur Ausblendung von Restlicht einer abweichenden Polarisationsrichtung kann beispielsweise eine unten erläuterte Anordnung mit optischen Verschlüssen verwendet werden.

[0017] Die grundsätzliche erfinderische Idee, nämlich den orthoskopischen und den konoskopischen Strahlengang gleichzeitig bereitzuhalten, wird durch die Verwendung der unterschiedlichen optischen Kanäle zwischen dem ersten und dem zweiten Strahlteiler umgesetzt. Hierzu ist vorgesehen, dass der erste Strahlteiler in dem erfindungsgemäßen Rastermikroskop dazu eingerichtet ist, das Licht des ersten Beleuchtungslichtstrahls mit der ersten Hauptpolarisationsrichtung zumindest überwiegend in den ersten Kanal und das Licht des ersten Beleuchtungslichtstrahls mit der zweiten Hauptpolarisationsrichtung zumindest überwiegend in den zweiten Kanal zu führen. An dem ersten Strahlteiler erfolgt also eine unterschiedliche „Behandlung“ des Lichts mit der ersten bzw. der zweiten Hauptpolarisationsrichtung.

[0018] Ein zwischen dem Lichtquellenabschnitt und dem ersten Strahlteiler in einem gemeinsamen Strahlengangabschnitt verlaufender Beleuchtungslichtstrahl wird also polarisationsabhängig in den ersten bzw. den zweiten Kanal überführt. Auf diese Weise lässt sich das Licht des ersten Kanals unterschiedlich zu dem Licht des zweiten Kanals beeinflussen,

beispielsweise bereits alleine durch unterschiedliche optische Längen der beiden Kanäle und/oder durch unterschiedliche optische Elemente in den beiden Kanälen.

[0019] Das erfindungsgemäß in die zwei Kanäle geführte Licht mit der ersten bzw. der zweiten Hauptpolarisationsrichtung wird anschließend wieder in einen gemeinsamen Strahlengangabschnitt geführt. Hierzu ist der zweite Strahlteiler erfindungsgemäß dazu eingerichtet, aus Licht mit der ersten Hauptpolarisationsrichtung aus dem ersten Kanal und aus Licht mit der zweiten Hauptpolarisationsrichtung aus dem zweiten Kanal einen zweiten Beleuchtungslichtstrahl zu bilden.

[0020] Wird hierbei beispielsweise mittels des Lichtquellenabschnitts in einem ersten Zeitraum der Beleuchtungslichtstrahl überwiegend oder ausschließlich mit Licht der ersten Hauptpolarisationsrichtung abgestrahlt, tritt dieses Licht überwiegend oder ausschließlich in den ersten Kanal und aus diesem in den zweiten Strahlteiler ein. Der zweite Strahlteiler bildet dann den zweiten Beleuchtungslichtstrahl überwiegend oder ausschließlich aus dem Licht aus dem ersten Kanal. Der zweite Beleuchtungslichtstrahl umfasst auf diese Weise überwiegend oder ausschließlich das Licht mit der ersten Hauptpolarisationsrichtung. In einem zweiten Zeitraum, in dem mittels des Lichtquellenabschnitts der Beleuchtungslichtstrahl überwiegend oder ausschließlich mit Licht der zweiten Hauptpolarisationsrichtung abgestrahlt wird, tritt dieses Licht über den ersten Strahlteiler überwiegend oder ausschließlich in den zweiten Kanal und aus diesem in den zweiten Strahlteiler ein. Der zweite Strahlteiler bildet auf diese Weise den zweiten Beleuchtungslichtstrahl überwiegend oder ausschließlich aus dem Licht der zweiten Hauptpolarisationsrichtung aus dem zweiten Kanal.

[0021] Wird durch den Lichtquellenabschnitt hingegen der Beleuchtungslichtstrahl derart abgestrahlt, dass er gleichzeitig Licht der ersten und der zweiten Hauptpolarisationsrichtung umfasst, tritt das Licht der ersten Hauptpolarisationsrichtung über den ersten Strahlteiler überwiegend oder ausschließlich in den ersten und das Licht mit der zweiten Hauptpolarisationsrichtung überwiegend oder ausschließlich in den zweiten Kanal über. Um zu vermeiden, dass sowohl das Licht der ersten Hauptpolarisationsrichtung als auch das Licht der zweiten Hauptpolarisationsrichtung gleichzeitig aus dem ersten und dem zweiten Kanal in den Strahlteiler eintritt und der zweite Beleuchtungslichtstrahl auf diese Weise mit der ersten Hauptpolarisationsrichtung und der zweiten Hauptpolarisationsrichtung gleichzeitig gebildet wird, was ggf. nicht erwünscht ist, können in dem ersten Kanal und/oder dem zweiten Kanal jeweils geeignete optische Verschlüsse ausgebildet sein, die jeweils entweder den ersten Kanal oder den zweiten Kanal op-

tisch blockieren. Auch auf diese Weise kann sichergestellt werden, dass mittels des zweiten Strahlteilers der zweite Beleuchtungslichtstrahl immer lediglich aus Licht einer der beiden Hauptpolarisationsrichtungen gebildet wird.

[0022] Wie bereits angesprochen, sind erfindungsgemäß die beiden genannten optischen Kanäle dazu eingerichtet, das Licht mit der ersten Hauptpolarisationsrichtung aus dem ersten Kanal und das Licht mit der zweiten Hauptpolarisationsrichtung aus dem zweiten Kanal mit unterschiedlichen Konvergenzwinkeln auszustrahlen.

[0023] Beispielsweise kann der erste Kanal dazu eingerichtet sein, das Licht der ersten Hauptpolarisationsrichtung in Form eines divergenten Lichtstrahls bzw. Lichtbündels auszustrahlen und der zweite Kanal kann dafür eingerichtet sein, das Licht mit der zweiten Hauptpolarisationsrichtung aus dem zweiten Kanal in Form eines kollimierten Lichtstrahls auszustrahlen. Hierzu sind, wie bereits erwähnt, unterschiedliche optische Weglängen und/oder optische Elemente in den beiden Kanälen vorgesehen. Grundsätzlich kann eine parallele Bereithaltung eines orthoskopischen und eines konoskopischen Strahlengangs jedoch auch auf andere Weise als hier und nachfolgend erläutert erfolgen.

[0024] Vorteilhafterweise ist in einem entsprechenden Rastermikroskop der Lichtquellenabschnitt dazu eingerichtet, den ersten Beleuchtungslichtstrahl in Form eines kollimierten Lichtbündels bereitzustellen, d.h. eine Lichtquelle wird ins Unendliche abgebildet. Durch die beiden unterschiedlichen Kanäle kann eine Rastereinheit jedoch später entweder entlang des orthoskopischen Strahlengangs in die Objektivpupille und von dort durch ein objektseitig telezentrisches Objektiv ins Unendliche abgebildet werden, wobei die Lichtquelle in die Probe (vordere Brennebene des Objektivs) abgebildet wird, oder die Rastereinheit wird entlang des konoskopischen Strahlengangs in die Probe abgebildet, wobei dann wiederum die Lichtquelle im Unendlichen bleibt.

[0025] Vorteilhafterweise ist dem ersten Strahlteiler ein erstes optisches Element vorgeschaltet, das dazu eingerichtet ist, den in Form des kollimierten Lichtbündels bereitgestellten Beleuchtungslichtstrahl in Form eines konvergenten Lichtbündels in den ersten Strahlteiler einzustrahlen. Da dieser im Rahmen der vorliegenden Erfindung vorteilhafterweise keine konvergenzbeeinflussenden Eigenschaften aufweist, wird das in Form des konvergenten Lichtbündels in den ersten Strahlteiler eingestrahlte Licht aus diesem auch konvergent in die bereits angesprochenen Kanäle geführt. Das erste optische Element kann im einfachsten Fall beispielsweise in Form einer Sammellinse, gegebenenfalls mit geeigneten optischen Korrekturmitteln, ausgebildet sein. Es fokussiert das

kollimierte Lichtbündel des Beleuchtungslichtstrahls in eine bildseitige Ebene des ersten optischen Elements. Auf diese Weise divergiert das unter Verwendung des ersten optischen Elements fokussierte Licht jenseits des Brennpunkts des ersten optischen Elements und kann auf diese Weise ohne weitere optische Beeinflussung beispielsweise aus dem ersten Kanal in Form eines divergenten Lichtbündels aus- und in den zweiten Strahlteiler eingestrahlt werden. In dem zweiten optischen Kanal kann ein entsprechendes, jenseits des Brennpunkts divergierendes Lichtbündel durch geeignete optische Elemente und Umlenkeinrichtungen umgelenkt, kollimiert, und kollimiert aus dem zweiten Kanal aus- und in den zweiten Strahlteiler eingestrahlt werden. Insbesondere kann in dem zweiten Kanal hierzu ein Teil eines Bertrandlinsensystems vorgesehen sein, wie aus der DE 10 2013 222 562 A1 bekannt. Der Rest des Bertrandlinsensystems wird vorteilhafterweise durch ein zweites, unten erläutertes optisches Element gebildet, das sich jenseits des zweiten Strahlteilers befindet, beispielsweise eine Tubuslinse.

[0026] Wie bereits erwähnt, ist vorteilhafterweise der erste Kanal dazu eingerichtet, Licht zumindest überwiegend divergent in den zweiten Strahlteiler einzustrahlen, und der zweite Kanal ist vorteilhafterweise dazu eingerichtet, Licht zumindest überwiegend kollimiert in den zweiten Strahlteiler einzustrahlen. Weil der erste Kanal überwiegend oder ausschließlich Licht mit der ersten Hauptpolarisationsrichtung führt, wird dieses aus dem ersten Kanal in Form eines divergenten Lichtbündels aus- und in den zweiten Strahlteiler eingestrahlt. Das Licht mit der zweiten Hauptpolarisationsrichtung aus dem zweiten Kanal wird hingegen in Form eines kollimierten Lichtbündels in den zweiten Strahlteiler eingestrahlt. Entsprechendes Licht kann nach dem Passieren des zweiten Strahlteilers in jeglicher gewünschter Weise optisch beeinflusst werden.

[0027] Vorteilhafterweise ist insbesondere dem zweiten Strahlteiler ein bereits erwähntes zweites optisches Element nachgeschaltet, das dazu eingerichtet ist, divergent aus dem zweiten Strahlteiler ausgestrahltes Licht (mit überwiegend oder ausschließlich der ersten Hauptpolarisationsrichtung) zu kollimieren, und divergent aus dem zweiten Strahlteiler ausgestrahltes Licht (mit überwiegend oder ausschließlich der zweiten Hauptpolarisationsrichtung) zu fokussieren. Insbesondere kann es sich bei diesem zweiten optischen Element um die Tubuslinse des Rastermikroskops handeln.

[0028] Insbesondere kann entsprechend kollimiertes Licht in ein Objektiv eingestrahlt werden, wobei der Winkel, unter dem dieses kollimierte Licht in eine hintere Objektivpupille trifft, mittels einer Rastereinheit verändert werden kann. Auf diese Weise kann eine Rasterbeleuchtung und Probenmanipulati-

on durchgeführt werden. Durch die Fokussierung des kollimierten Lichtbündels aus dem zweiten Strahlteiler in die hintere Objektivpupille kann beispielsweise eine evaneszente Beleuchtung realisiert werden, indem durch die Rastereinheit die laterale Fokusslage in der hinteren Objektivpupille beeinflusst wird. Dadurch wird der Austrittswinkel des durch das Objektiv wiederum kollimierten Lichtbündels beeinflusst, und damit der Auftreffwinkel des Lichtbündels auf die Probe bzw. die Grenzfläche zwischen Immersionsmedium bzw. Deckglas und Probe.

[0029] Besonders vorteilhaft ist die vorliegende Erfindung also im Zusammenhang mit einem optischen Rastermikroskop mit einem in einer Objektivaufnahme anbringbaren und in einer Objektivposition positionierbaren Objektiv mit einer hinteren Objektivpupille, wobei das zweite optische Element dazu eingerichtet ist, das Licht mit der zweiten Hauptpolarisationsrichtung in eine Ebene der hinteren Objektivpupille zu fokussieren. Das Licht mit der ersten Hauptpolarisationsrichtung, das durch das zweite optische Element kollimiert wird, tritt hingegen in kollimierter Form durch die hintere Objektivpupille.

[0030] Wie ebenfalls bereits erwähnt, kann durch den Lichtquellenabschnitt eine gleichzeitige Bereitstellung von Licht mit der ersten und der zweiten Hauptpolarisationsrichtung oder eine Bereitstellung von Licht mit der ersten Hauptpolarisationsrichtung in einem ersten Zeitraum und Licht mit der zweiten Hauptpolarisationsrichtung mit einem zweiten Zeitraum vorgenommen werden. In letzterem Fall erfolgt vorzugsweise eine schnelle Umschaltung zwischen Licht mit der ersten Hauptpolarisationsrichtung und Licht mit der zweiten Hauptpolarisationsrichtung durch den verwendeten Lichtquellenabschnitt.

[0031] Für eine entsprechende schnelle Umschaltung zwischen Licht mit der ersten Hauptpolarisationsrichtung und Licht mit der zweiten Hauptpolarisationsrichtung wird vorteilhafterweise ein umschaltbares Verzögerungselement eingesetzt. Dieses umschaltbare Verzögerungselement kann beispielsweise eine in den Strahlengang des Lichtquellenabschnitts einschwenkbare oder im Strahlengang rotierbar angeordnete Verzögerungsplatte, beispielsweise eine $\lambda/2$ -Platte oder mehrere entsprechender Platten, umfassen. Mit besonderem Vorteil können als Verzögerungselemente jedoch auch elektrooptische Systeme und/oder akustooptische Systeme und/oder Systeme, die auf Flüssigkristallbasis realisiert sind, zum Einsatz kommen. Entsprechende Elemente zur Bereitstellung polarisierten Lichts sind aus dem Stand der Technik grundsätzlich bekannt, so dass hierzu auf einschlägige Fachliteratur verwiesen werden kann.

[0032] Wird hingegen, wie es grundsätzlich ebenfalls möglich ist, durch den Lichtquellenabschnitt zeit-

gleich Licht mit zwei unterschiedlichen Hauptpolarisationsrichtungen abgestrahlt, beispielsweise indem Licht zweier unterschiedlich polarisierter Laser verwendet und in dem ersten Beleuchtungslichtstrahl zusammengeführt wird oder durch unzureichende Polarisation des Lichts entlang einer Hauptpolarisationsrichtung z. B. durch Unzulänglichkeiten der polarisationsoptischen Bauelemente, kann anstelle eines entsprechenden Verzögerungselements oder auch zusätzlich dazu ein schneller Verschluss in einem oder beiden der Kanäle vorgesehen sein. Immer dann, wenn Licht mit einer ersten Hauptpolarisationsrichtung aus dem ersten Kanal benötigt wird, wird in diesem Fall der zweite Kanal mit einem entsprechenden Verschluss gesperrt und umgekehrt. Entsprechende schnelle Verschlüsse können beispielsweise in Form von synchronisiert rotierenden Blenden oder Blendensegmente, Irisblenden, schnellen LCD-Einrichtungen, elektrooptischen Elementen und/oder akustooptischen Elementen ausgebildet sein.

[0033] In einem optischen Rastermikroskop gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung sind entlang des ersten Kanals optische Elemente bereitgestellt, die derart ausgebildet und angeordnet sind, dass sie ein Galilei-Fernrohr bilden, das einen oder mehrere reelle oder virtuelle Ablenkpunkte der Rastereinrichtung in die oder nahe an die Objektivpupille abbildet. Unter einem „reellen oder virtuellen Ablenkpunkt“, wird dabei ein Punkt bezeichnet, der auf einer entsprechenden Rastereinheit Licht einer Lichtquelle räumlich begrenzt („punktförmig“) ablenkt und damit einen Rasterlichtstrahl bereitstellt. Reell sind entsprechende Ablenkpunkte, wenn sie durch tatsächlich vorhandene Elemente, beispielsweise Spiegel, gebildet werden, „virtuelle“ Ablenkpunkte sind Abbildungen entsprechender Elemente im Raum.

[0034] Mit besonderem Vorteil ist das Beleuchtungssystem der vorliegenden Erfindung entnehmbar ausgebildet, wobei insbesondere der erste und der zweite Strahlteiler und der erste und der zweite Kanal, der zwischen dem ersten und dem zweiten Strahlteiler ausgebildet ist, auf einem aus dem Rastermikroskop entnehmbaren Einschub angeordnet sind. Vorteilhafterweise weist das optische Rastermikroskop Mittel zur Adaption als Teilmodul an ein Weitfeldmikroskop aufweist.

[0035] Die vorliegende Offenbarung bezieht sich auch auf ein Verfahren zur Untersuchung einer Probe mittels eines optischen Rastermikroskops, das ein Beleuchtungssystem mit einem Lichtquellenabschnitt, einem ersten und einem zweiten polarisationsabhängigen Strahlteiler und einem ersten und einem zweiten optischen Kanal zwischen dem ersten und dem zweiten Strahlteiler umfasst.

[0036] Das Verfahren sieht vor, unter Verwendung des Lichtquellenabschnitts einen ersten Beleuchtungslichtstrahl mit Licht einer ersten und einer zweiten Hauptpolarisationsrichtung abzustrahlen, unter Verwendung des ersten Strahlteilers das Licht der ersten Hauptpolarisationsrichtung zumindest überwiegend in den ersten und das Licht der zweiten Hauptpolarisationsrichtung zumindest überwiegend in den zweiten Kanal zu führen, unter Verwendung des zweiten Strahlteilers aus Licht der ersten Hauptpolarisationsrichtung aus dem ersten und aus Licht der zweiten Hauptpolarisationsrichtung aus dem zweiten Kanal einen zweiten Beleuchtungslichtstrahl zu bilden, und das Licht mit der ersten Polarisierung aus unter Verwendung des ersten Kanals und das Licht mit der zweiten Polarisierung unter Verwendung des zweiten Kanal mit unterschiedlichen Konvergenzwinkeln auszustrahlen.

[0037] Insbesondere kann in einem entsprechenden Verfahren ein Rastermikroskop eingesetzt werden, wie es zuvor beschrieben und ausführlich erläutert wurde. Zu Merkmalen und Vorteilen eines entsprechenden Verfahrens sei auf die obigen Erläuterungen ausdrücklich verwiesen.

[0038] Weitere Vorteile und Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus der Beschreibung und der beiliegenden Zeichnung.

[0039] Es versteht sich, dass die vorstehend genannten und die nachstehend noch zu erläuternden Merkmale nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar sind, ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

[0040] Die Erfindung ist anhand eines Ausführungsbeispiels in der Zeichnung schematisch dargestellt und wird im Folgenden unter Bezugnahme auf die Zeichnung beschrieben.

Figurenbeschreibung

[0041] Fig. 1 zeigt einen Strahlengang eines Rastermikroskops mit einem Beleuchtungssystem gemäß einer Ausführungsform der Erfindung in vereinfachter, schematischer Darstellung.

[0042] Fig. 2 zeigt einen Strahlengang eines Rastermikroskops mit einem Beleuchtungssystem gemäß einer Ausführungsform der Erfindung in vereinfachter, schematischer Darstellung.

[0043] Fig. 3 zeigt einen Strahlengang eines Rastermikroskops mit einem Beleuchtungssystem gemäß einer Ausführungsform der Erfindung in vereinfachter, schematischer Darstellung.

[0044] In den Figuren sind einander entsprechende Elemente mit identischen Bezugszeichen angegeben. Auf eine wiederholte Erläuterung wird der Übersichtlichkeit halber verzichtet.

Ausführliche Beschreibung der Zeichnungen

[0045] In den **Fig. 1** bis **Fig. 3** sind jeweils Strahlengänge eines Rastermikroskops mit einem Beleuchtungssystem gemäß einer Ausführungsform der Erfindung in vereinfachter schematischer Darstellung gezeigt. Die in den **Fig. 1** bis **Fig. 3** veranschaulichten Ausführungsformen umfassen dabei eine Vielzahl gemeinsamer Elemente, die nachfolgend zunächst unter Bezugnahme auf die **Fig. 1** erläutert werden. Die Erläuterungen gelten auch für die übrigen Figuren.

[0046] Ein in **Fig. 1** veranschaulichtes Rastermikroskop, das hier insgesamt stark schematisiert veranschaulicht, strichpunktiert umfasst, und mit **1** bezeichnet ist, umfasst ein in einer Objektivaufnahme **11** aufgenommenes Objektiv **12** an einer Objektivposition **10**. Objektivaufnahmen unterschiedlicher Art können vorgesehen sein, beispielsweise Objektivrevolver, lineare Objektivwechselmechanismen und dergleichen. Eine Objektivpupille des Objektivs **12** ist mit **109** bezeichnet.

[0047] Ein Beleuchtungssystem eines entsprechenden Rastermikroskops ist insgesamt mit **20** bezeichnet. Ein orthoskopischer Strahlengang ist mit **200**, ein konoskopischer Strahlengang mit **201** (gestrichelt) veranschaulicht. Der orthoskopische Strahlengang **200** und der konoskopische Strahlengang **201** verlaufen dabei über bestimmte Strecken des Beleuchtungssystems **20** bzw. eines darin realisierten Strahlengangs gemeinsam, in einem ersten optischen Kanal **21** und einem zweiten optischen Kanal **22** hingegen getrennt voneinander. Der erste Kanal **21** und der zweite Kanal **22** sind dabei jeweils zwischen einem ersten polarisationsabhängigen Strahlteiler **105a** und einem zweiten polarisationsabhängigen Strahlteiler **105b** ausgebildet.

[0048] Zur Umschaltung zwischen dem orthoskopischen und dem konoskopischen Strahlengang **201** werden zwei, beispielsweise zueinander orthogonale, Hauptpolarisationsrichtungen eines durch eine Lichtquelle **100** bereitgestellten Beleuchtungslichtstrahls genutzt. Hierzu kann eine entsprechende Lichtquelle **100** genutzt werden, die bereits entsprechend polarisiertes Beleuchtungslicht bereitstellt. Bei der Lichtquelle **100** kann es sich beispielsweise um eine Laserlichtquelle, eine polarisationserhaltende Lichtleitfaser oder ein geeignetes Polarisationselement, oder eine Lichtquelle für unpolarisiertes Licht mit einem entsprechenden Polarisationselement handeln.

[0049] Eine Umschaltung der Hauptpolarisationsrichtung eines durch eine entsprechende Lichtquelle **100** bereitgestellten Beleuchtungslichtstrahls kann durch unterschiedliche Anordnungen, die hier stark vereinfacht mit **102** veranschaulicht sind, realisiert werden. Beispielsweise kann eine entsprechende Anordnung **102** ein schnell mechanisch schaltbares Verzögerungselement (beispielsweise eine $\lambda/2$ -Platte) umfassen, das vorzugsweise an einer Stelle des Strahlengangs bzw. des Beleuchtungslichtstrahls mit geringem Strahldurchmesser und konstanter Strahlposition angeordnet ist. Beispielsweise kann ein entsprechendes Verzögerungselement bzw. eine entsprechende Anordnung **102** zwischen einem Faserkollimator und vor einem Strahlaufweitungssystem, wie hier vereinfacht mit **101** veranschaulicht, angeordnet sein.

[0050] Weitere Möglichkeiten zur Umschaltung zwischen den Hauptpolarisationsrichtungen mittels einer entsprechenden Anordnung **102** sind beispielsweise akustooptische, elektrooptische oder Flüssigkristallelemente, wie sie aus dem Stand der Technik grundsätzlich bekannt sind.

[0051] In der in **Fig. 1** veranschaulichten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung stellt ein aus der Lichtquelle **100**, der Anordnung **102**, dem Strahlaufweitungssystem **101** und einer Scaneinrichtung **103** gebildeter Lichtquellenabschnitt stets entweder Licht einer ersten oder einer zweiten Hauptpolarisationsrichtung zur Verfügung. Abweichende Ausführungsformen sind beispielsweise unter Bezugnahme auf die **Fig. 3** erläutert.

[0052] Eine Scaneinrichtung bzw. Rastereinheit **103** ist in an sich bekannter Weise ausgebildet, diese umfasst beispielsweise verkippbare Spiegel, rotierbare Prismen und/oder akustooptische Mittel wie sie grundsätzlich ebenfalls aus dem Stand der Technik bekannt sind. Insgesamt wird durch den Lichtquellenabschnitt **100** bis **103** damit ein Beleuchtungslichtstrahl, hier mit **203** veranschaulicht, bereitgestellt, der wahlweise eine erste Hauptpolarisationsrichtung oder eine zweite Hauptpolarisationsrichtung aufweist und im dargestellten Beispiel in kollimierter Form von der Rastereinheit **103** abgestrahlt wird.

[0053] Der Beleuchtungslichtstrahl **203** durchtritt anschließend ein erstes optisches Element **104** aus einer oder mehreren Linsen und wird auf diese Weise fokussiert. Der Beleuchtungslichtstrahl **203** mit der ersten oder der zweiten Hauptpolarisationsrichtung tritt fokussiert bzw. konvergent in den ersten polarisationsabhängigen Strahlteiler **105a** ein. An einer Grenzschicht des ersten polarisationsabhängigen Strahlteilers **105a** wird das Licht der zweiten Hauptpolarisationsrichtung, wie hier in Form des gestrichelten konoskopischen Strahlengangs **201** veranschaulicht reflektiert, Licht der ersten Hauptpolari-

sationsrichtung durchtritt hingegen die Grenzschicht unabgelenkt.

[0054] Auf diese Weise führt der erste polarisationsabhängige Strahlteiler **105a** das Licht mit der ersten Hauptpolarisationsrichtung in den ersten optischen Kanal **21** und das Licht mit der zweiten Hauptpolarisationsrichtung in den zweiten Kanal **22**. Jenseits eines jeweiligen Brennpunkts in dem ersten Kanal **21** bzw. dem zweiten Kanal **22** verläuft das Licht mit der ersten bzw. der zweiten Polarisierung jeweils divergent. Im dargestellten Beispiel tritt das Licht mit der ersten Hauptpolarisationsrichtung in dem ersten Kanal **21**, wie hier mit dem orthoskopischen Strahlengang **200** veranschaulicht, divergent aus dem ersten Kanal aus und in den zweiten polarisationsabhängigen Strahlteiler **105b** ein. Durch einen Verschluss **110** kann dabei verhindert werden, dass Fehllicht in den zweiten polarisationsabhängigen Strahlteiler eintritt.

[0055] In dem ersten Kanal **21** sind in der in **Fig. 1** veranschaulichten Ausführungsform keine weiteren optischen Elemente vorgesehen. In dem zweiten optischen Kanal **22** sind hingegen weitere optische Elemente **106a** und **106b** vorgesehen. Das in dem zweiten Kanal **22** verlaufende Licht mit der zweiten Polarisierung wird ferner über Umlenkelemente **107a** und **107b** umgelenkt. Mittels der optischen Elemente **106a** und **106b** wird das Licht mit der zweiten Hauptpolarisationsrichtung in dem zweiten Kanal **22** kollimiert und tritt in kollimierter Form in den zweiten polarisationsabhängigen Strahlteiler **105b** ein.

[0056] Entsprechend tritt das Licht mit der ersten Hauptpolarisationsrichtung aus dem ersten Kanal **21** nach dem Durchlaufen des zweiten polarisationsabhängigen Strahlteilers **105b** divergent aus diesem aus, das Licht mit der zweiten Hauptpolarisationsrichtung aus dem zweiten Kanal **22** tritt nach dem Durchlaufen des zweiten Kanals und des zweiten polarisationsabhängigen Strahlteilers **105b** hingegen kollimiert aus diesem aus. Unter Verwendung eines zweiten optischen Elements **108**, beispielsweise einer Tubuslinse, kann das kollimierte Licht mit der zweiten Hauptpolarisationsrichtung aus dem zweiten optischen Kanal fokussiert, das Licht mit der ersten Hauptpolarisationsrichtung aus dem ersten optischen Kanal hingegen kollimiert werden. Das zweite optische Element **108** bildet mit den bereits erläuterten optischen Elementen **106a** und **106b** eine Bertrandlinse. Durch die Ausbildung des ersten optischen Kanals **21** und des zweiten optischen Kanals **22** und die Anordnung der erläuterten Linsen kann das Licht mit der ersten Hauptpolarisationsrichtung in kollimierter Form in die hintere Objektivpupille **109** des Objektivs **12** eintreten, das Licht mit der zweiten Hauptpolarisationsrichtung kann hingegen in die hintere Objektivpupille **109** des Objektivs **12** fokussiert werden. Das zweite optische Element **108** bildet zusammen mit

dem ersten optischen Element **104** ein Galilei-Fernrohr, das den oder die durch die Scaneinrichtung **103** bedingten reellen oder virtuellen Ablenkpunkte des Beleuchtungslichtstrahls in die oder nahe der Objektivpupille **109** abbildet.

[0057] Eine Detektion von Fluoreszenzlicht einer Probe, die vor dem Objektiv **12** angeordnet ist, kann durch ein konventionelles Weitfeldfluoreszenzmikroskop erfolgen. Das Beleuchtungssystem **20** der hier erläuterten Ausführungsformen kann in einem solchen Weitfeldfluoreszenzmikroskop in den Fluoreszenzbeleuchtungsstrahlengang an einer geeigneten Stelle eingekoppelt werden und entfernbar ausgebildet sein. Besonders vorteilhaft ist es, wenn das aus den optischen Elementen **106a**, **106b** und **108** gebildete Bertrandlinsensystem eine variable Fokussierung aufweist, das an unterschiedliche mechanische Positionen der Objektivpupille **109** eine Fokussierung erlaubt, beispielsweise bei Nutzung unterschiedlicher Objektive oder einer Revolverfokussierung. Besonders vorteilhaft ist es, dass das zweite optische Element **108**, das, wie erwähnt, beispielsweise in Form einer Tubuslinse ausgebildet sein kann, in einem entsprechenden fokussierbaren Bertrandlinsensystem konstant gehalten werden kann und daher auch bei einem Wechsel des Beleuchtungssystems **20** nicht entfernt werden muss, sowie die Afokalität des Galilei-Fernrohrs bestehend aus den Elementen **104** und **108** gewahrt bleibt.

[0058] Die in **Fig. 2** veranschaulichte Ausführungsform des Rastermikroskops **2** unterscheidet sich von der in **Fig. 1** veranschaulichten Ausführungsform durch das Fehlen des Verschlusses **110**. Dieser erlaubt, wie erwähnt, in der in **Fig. 1** veranschaulichten Ausführungsform des Rastermikroskops **1** eine Ausblendung von Falschlicht aufgrund nicht idealer Lichtpolarisation. Ist dies nicht erforderlich, weil durch einen Lichtquellenabschnitt **100** bis **103** bereits ausreichend polarisiertes Licht bereitgestellt wird, kann auf diesen zusätzlichen Verschluss **110** verzichtet werden, wodurch eine einfachere mechanische Ausbildung des Mikroskops **2** möglich wird.

[0059] In der in **Fig. 3** veranschaulichten Ausführungsform des Rastermikroskops **3** ist kein variables Verzögerungselement bzw. eine entsprechende Anordnung **102**, wie sie in den in **Fig. 1** und **Fig. 2** veranschaulichten Ausführungsformen vorhanden ist, vorgesehen. Stattdessen sind sowohl in dem ersten Kanal **21** als auch in dem zweiten Kanal **22** schnelle Verschlusselemente **110** und **111** vorgesehen. Der Lichtquellenabschnitt **100** bis **103** bzw. die Lichtquelle **100** stellt in diesem Fall beispielsweise Beleuchtungslicht eines fixen Polarisationszustands bereit, der eine Lichtlinearkombination zweier orthogonaler Hauptpolarisationsrichtungen darstellt. Daher wird auch mittels des ersten polarisationsabhängigen Strahlteilers **105a** Beleuchtungslicht in beide Kanäle **21** und **22**

gelenkt. Durch die alternierende Nutzung der Verschlüsse **110** und **111** der beiden Kanäle **21** und **22** lässt sich nun selektiv ein Strahlengang blockieren und auf diese Weise Licht durch den jeweils nur einen Kanal zum Objektiv **12** führen. Selbstverständlich ist es auch möglich, durch entsprechende Ansteuerung der Verschlüsse **110** und **111** Licht durch keinen oder durch beide Kanäle **21** und **22** bereitzustellen.

Bezugszeichenliste

1, 2, 3	Rastermikroskop
10	Objektivposition
11	Objektivaufnahme
12	Objektiv
20	Beleuchtungssystem
21	erster optischer Kanal
22	zweiter optischer Kanal
100	Lichtquelle
101	Strahlaufweitungssystem
102	Verögerungselement
103	Rastereinheit
104	erstes optisches Element
105a, 105b	polarisationsabhängiger Strahlteiler
106a, 106b	weitere optische Elemente
107a, 107b	Strahlumlenkelemente
108	zweites optisches Element
109	Eintrittspupille Objektiv
110	Verschluss
111	Verschluss
200	orthoskopischer Strahlengang
201	konoskopischer Strahlengang
203	erster Beleuchtungslichtstrahl
204	zweiter Beleuchtungslichtstrahl

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

- DE 102006033306 A1 [0004]
- US 7187494 B2 [0005]
- US 7573635 B2 [0006]
- EP 1752809 B2 [0007]
- DE 102013222562 A1 [0008, 0025]

Zitierte Nicht-Patentliteratur

- D. Axelrod, Traffic 2, 764–774 (2001) [0004]
- E. A. J. Reits, Nat. Cell Biol. 3, E145–E147 (2001) [0004]
- Bennett, J.M.: Polarizers, Kapitel 3 in: Bass, M.E. et al. (Hrsg.): Handbook of Optics. Fundamentals, Techniques & Design, Band 2, New York: McGraw-Hill, 2. Auflage 1995 [0013]

Schutzansprüche

1. Optisches Rastermikroskop (1, 2, 3), das ein Beleuchtungssystem (20) mit einem von einer Lichtquelle (100) ausgehenden Lichtquellenabschnitt (100–103), einem ersten polarisationsabhängigen Strahlteiler (105a) und einem zweiten polarisationsabhängigen Strahlteiler (105a, 105b) und einem ersten und einem zweiten optischen Kanal (21, 22) zwischen dem ersten und dem zweiten polarisationsabhängigen Strahlteiler (105a, 105b) umfasst, wobei

- der Lichtquellenabschnitt (100–103) dazu eingerichtet ist, einen ersten Beleuchtungslichtstrahl (203) mit Licht einer ersten und einer zweiten Hauptpolarisationsrichtung abzustrahlen,
- der erste Strahlteiler (105a) dazu eingerichtet ist, das Licht der ersten Hauptpolarisationsrichtung zumindest überwiegend in den ersten (21) und das Licht der zweiten Hauptpolarisationsrichtung zumindest überwiegend in den zweiten Kanal (22) zu führen,
- der zweite Strahlteiler (105b) dazu eingerichtet ist, aus Licht der ersten Hauptpolarisationsrichtung aus dem ersten (21) und aus Licht der zweiten Hauptpolarisationsrichtung aus dem zweiten Kanal (22) einen zweiten Beleuchtungslichtstrahl (204) zu bilden, und
- die Kanäle (21, 22) dazu eingerichtet sind, das Licht der ersten Hauptpolarisationsrichtung aus dem ersten (21) und das Licht der zweiten Hauptpolarisationsrichtung aus dem zweiten Kanal (22) mit unterschiedlichen Konvergenzwinkeln auszustrahlen.

2. Optisches Rastermikroskop (1, 2, 3) nach Anspruch 1, bei dem der Lichtquellenabschnitt (100–103) dazu eingerichtet ist, den ersten Beleuchtungslichtstrahl (203) kollimiert abzustrahlen.

3. Optisches Rastermikroskop (1, 2, 3) nach Anspruch 2, bei dem dem ersten Strahlteiler (105a) ein erstes optisches Element (104) vorgeschaltet ist, das dazu eingerichtet ist, den Beleuchtungslichtstrahl (203) zu fokussieren und konvergent in den ersten Strahlteiler (105a) einzustrahlen.

4. Optisches Rastermikroskop (1, 2, 3) nach Anspruch 3, bei dem der erste Kanal (21) dazu eingerichtet ist, Licht zumindest überwiegend divergent in den zweiten Strahlteiler (105b) einzustrahlen, und bei dem der zweite Kanal (22) dazu eingerichtet ist, Licht zumindest überwiegend kollimiert in den zweiten Strahlteiler (105b) einzustrahlen.

5. Optisches Rastermikroskop (1, 2, 3) nach Anspruch 4, bei dem dem zweiten Strahlteiler (105b) ein zweites optisches Element (108) nachgeschaltet ist, das dazu eingerichtet ist, divergent von dem zweiten Strahlteiler (105b) abgestrahltes Licht zu kollimieren und kollimiert von dem zweiten Strahlteiler (105b) abgestrahltes Licht zu fokussieren.

6. Optisches Rastermikroskop (1, 2, 3) nach Anspruch 5, mit einem in einer Objektivaufnahme (11) anbringbaren und in einer Objektivposition (10) positionierbaren Objektiv (12) mit einer hinteren Objektivpupille (109), wobei das zweite optische Element (104) dazu eingerichtet ist, das kollimiert aus dem zweiten Strahlteiler (105b) austretende Licht in eine Ebene der hinteren Objektivpupille (109) zu fokussieren.

7. Optisches Rastermikroskop (1, 2, 3) nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem in dem zweiten Kanal (22) zumindest ein Teil eines Bertrandlinsensystems (106a, 106b) bereitgestellt ist.

8. Optisches Rastermikroskop (1, 2, 3) nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem durch das Licht der ersten Hauptpolarisationsrichtung ein orthoskopischer Strahlengang (200) und durch das Licht der zweiten Hauptpolarisationsrichtung ein konoskopischer Strahlengang (201) in dem Beleuchtungssystem (20) ausgebildet wird.

9. Optisches Rastermikroskop (1, 2, 3) nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem der Lichtquellenabschnitt (100–103) dazu eingerichtet ist, den ersten Beleuchtungslichtstrahl (203) in einem ersten Zeitraum mit Licht der ersten Hauptpolarisationsrichtung und in einem zweiten Zeitraum mit Licht mit der zweiten Hauptpolarisationsrichtung abzustrahlen.

10. Optisches Rastermikroskop (1, 2, 3) nach Anspruch 9, bei dem zum Abstrahlen des Beleuchtungslichtstrahls (203) mit Licht mit der ersten Hauptpolarisationsrichtung in dem ersten Zeitraum und mit Licht mit der zweiten Hauptpolarisationsrichtung in einem zweiten Zeitraum ein umschaltbares Verzögerungselement (102) bereitgestellt ist.

11. Optisches Rastermikroskop (1, 2, 3) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, bei dem der Lichtquellenabschnitt (100–103) dazu eingerichtet ist, den ersten Beleuchtungslichtstrahl (203) zeitgleich mit Licht der ersten und der zweiten Hauptpolarisationsrichtung abzustrahlen.

12. Optisches Rastermikroskop (1, 2, 3) nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem die Beleuchtungseinheit (20) eine Rastereinheit (103) umfasst.

13. Optisches Rastermikroskop (1, 2, 3) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei entlang des ersten Kanals (21) optische Elemente (104, 108) bereitgestellt sind, die derart ausgebildet und angeordnet sind, dass sie ein Galilei-Fernrohr bilden, das einen oder mehrere reelle oder virtuelle Ablenkpunkte der Rastereinrichtung (103) in die oder nahe an die Objektivpupille (109) abbildet.

14. Optisches Rastermikroskop (1, 2, 3) nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem in dem ersten Kanal (21) ein und/oder in dem zweiten Kanal (22) ein optischer Verschluss angeordnet ist.

15. Optisches Rastermikroskop (1, 2, 3) nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem der erste und der zweite Strahlteiler (105a, 105b) und der erste und der zweite Kanal (21, 22) auf einem aus dem Rastermikroskop (1, 2, 3) entnehmbaren Einschub angeordnet sind.

16. Optisches Rastermikroskop (1, 2, 3) nach einem der vorstehenden Ansprüche, das Mittel zur Adaption als Teilmodul an ein Weitfeldmikroskop aufweist.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

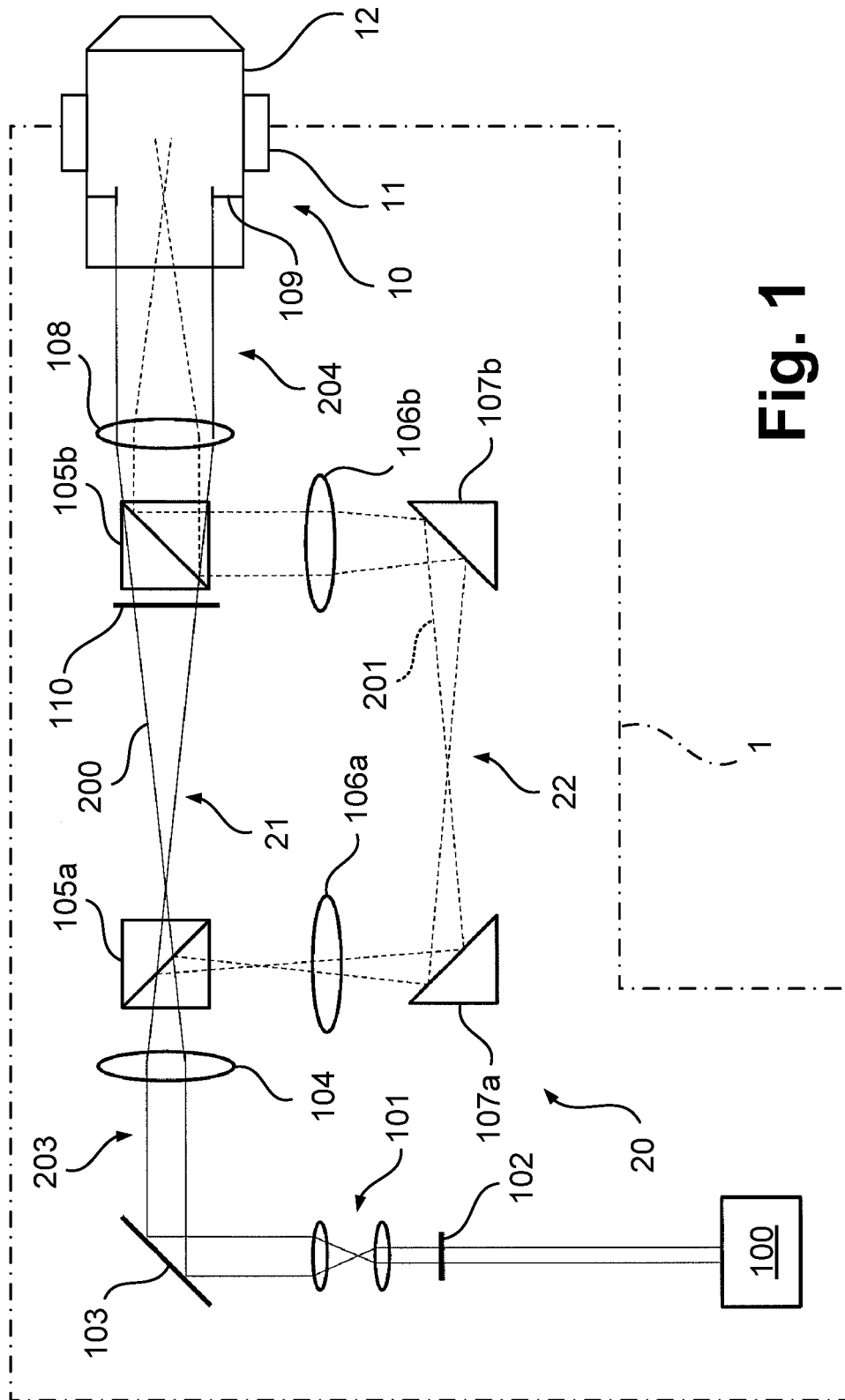


Fig. 1

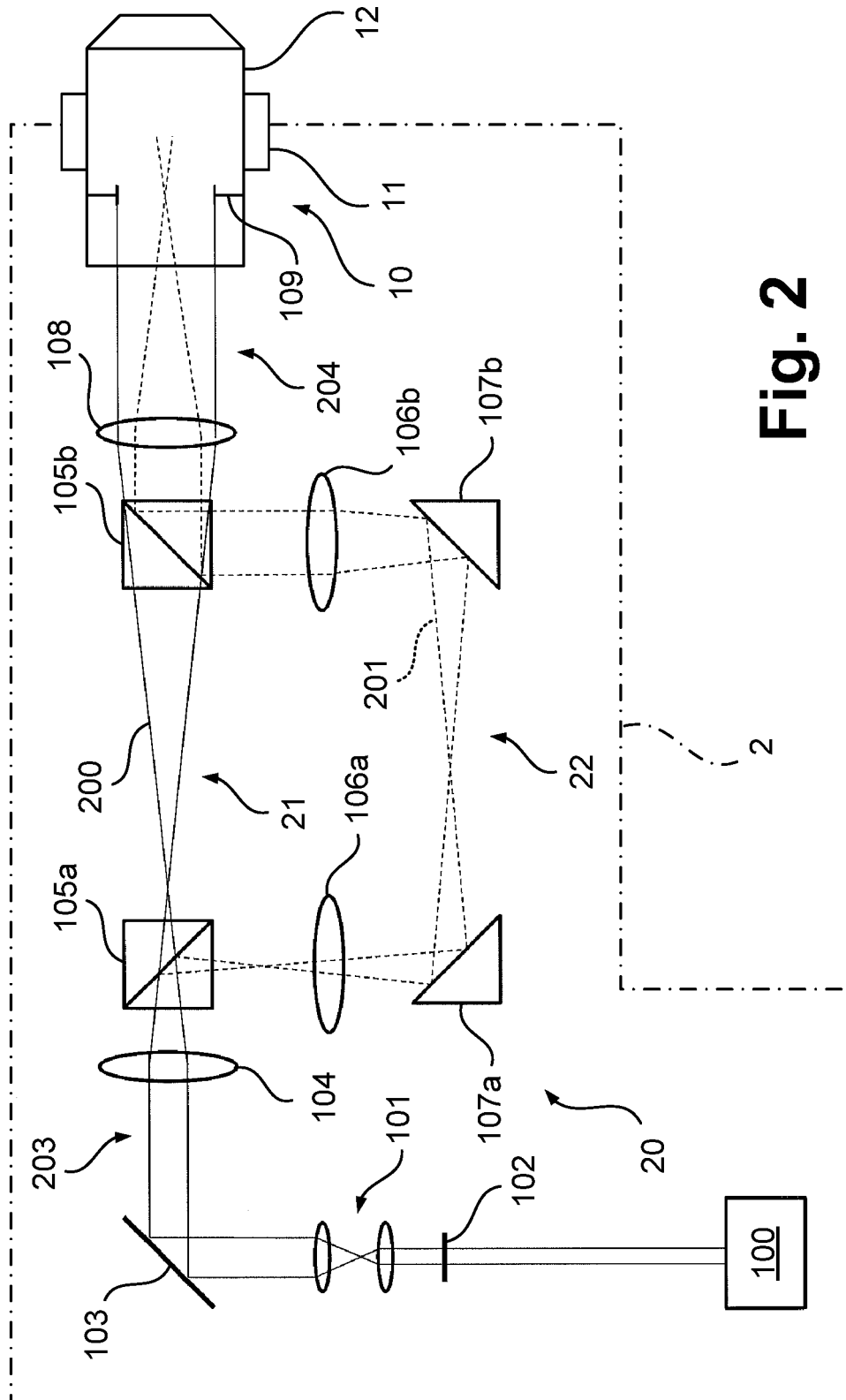


Fig. 2

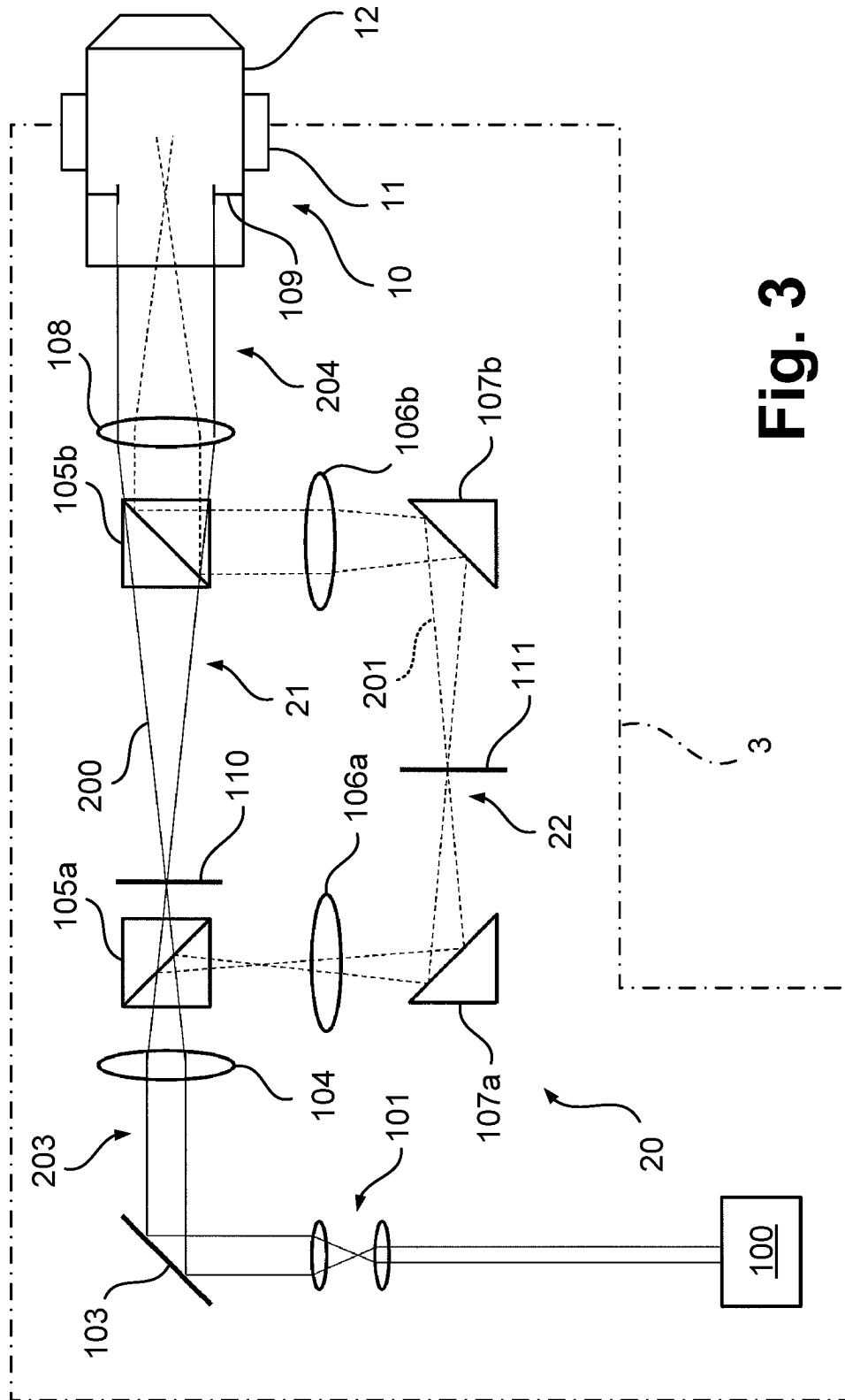


Fig. 3