

Beschreibung

Titel: Abtastvorrichtung zum Abtasten eines Objekts für den Einsatz in einem Rastermikroskop

Die Erfindung betrifft eine Abtastvorrichtung zum Abtasten eines Objekts für den Einsatz in einem Rastermikroskop. Ferner betrifft die Erfindung ein Rastermikroskop mit einer im Strahlengang des Rastermikroskops angeordneten Abtastvorrichtung.

5

Opto-mechanische Scanner in Form mikro-elektromechanischer Systeme (MEMS-Scanner) sind im Stand der Technik bekannt und werden in Laser-Rastermikroskopen, insbesondere konfokalen Laser-Rastermikroskopen, eingesetzt.

10 Beispielsweise sind aus dem Dokument US 2008/0143196 A1 und dem Dokument EP 1 719 012 B1 MEMS-Scanner bekannt, die einen mikromechanischen Spiegel um zwei senkrecht zueinander angeordnete Rotationsachsen kippen (2D-Scanner). Derartige MEMS-Scanner sind beispielsweise auch von der Firma Mirrorld Technologies, Inc. bekannt.

15

In den Dokumenten V. Milanović, "Multilevel-Beam SOI-MEMS Fabrication and Applications," IEEE/ASME Journal of Microelectromechanical Systems, vol. 13, no. 1, Seiten 19-30, Feb. 2004; V. Milanović, D. T. McCormick, G. Matus, "Gimbal-less Monolithic Silicon Actuators For Tip-Tilt-Piston Micromirror Applications," IEEE J. of Select
20 Topics in Quantum Electronics, Volume: 10, Issue: 3, May-June 2004, Seiten 462-471; Veljko Milanović, N. Siu, A. Kasturi, M. Radojičić, Y. Su, "MEMSEye for Optical 3D Position and Orientation Measurement," Proceedings of SPIE Photonics West 2011, Volume: 7930-27[4] und Veljko Milanović, Kenneth Castelino, Daniel McCormick, "Highly Adaptable MEMS-based Display with Wide Projection Angle," 2007 IEEE Int

Cont. on Microelectromechanical Systems (MEMS'07), Kobe, Japan, Jan. 25, 2007 ist die Technologie ebenfalls beschrieben.

Insbesondere schneiden sich beide Rotationsachsen dabei im Mittelpunkt des mikro-
5 mechanischen Spiegels, so dass der Drehpunkt eines abgelenkten Lichtstrahls genau
in der Spiegelmitte liegt. Diese sogenannte kardanische Aufhängung („gimbaled
mounting“) ist in der Optik weit verbreitet. Die bekannten 2D-MEMS-Scanner sind
insbesondere für Rastermikroskope geeignet, da mit ihrer Hilfe der zu rasternde La-
serstrahl in zwei vorzugsweise senkrechte Richtungen abgelenkt werden kann. Zur
10 Erzeugung eines 2D-Bildes kann der Laserstrahl mit nur einem MEMS-Scanner abge-
lenkt werden, was kostengünstig und technisch vorteilhaft ist. Bei der Nutzung von
MEMS-Scannern mit nur einer Kippachse sind hingegen mindestens zwei Scanner für
die 2D-Ablenkung notwendig. Der Einsatz derartiger Scanner in miniaturisierten,
konfokalen Rastermikroskopen ist ebenfalls bekannt, beispielsweise aus dem Doku-
15 ment US 2012/0330157 A1 und den Dokumenten Hyun-Joon Shin, et al., in Optics
Express, 2007, Vol. 15, Seiten 9113 ff, „Fiber-optic confocal microscope using MEMS
scanner“ und Hyejun Ra et al., Journal of Microelectromechanical Systems, 2007, Vol.
16, Seiten 969 ff, „Two-Dimensional MEMS Scanner for Dual-Axes Confocal
Microscopy“.

20

Figur 4 zeigt eine Prinzipskizze zur Veranschaulichung einer Reflexion eines Laser-
strahls an einem 2D-Scanner 12' gemäß dem Stand der Technik. Wie in Figur 4 ge-
zeigt, ist der 2D-Scanner 12' Bestandteil einer Scanvorrichtung 10'. Ferner ist in Figur
4 gezeigt, dass der 2D-Scanner 12' einen Scanspiegel 18' umfasst. Mit Hilfe des Scan-
25 ners 12' wird der Scanspiegel 18' um eine oder mehrere Achsen gekippt, wie es bei-
spielsweise aus dem Dokument US 2008/0143196 A1 bekannt ist. Dabei muss der
Scanner 12' sinnvollerweise so angeordnet werden, dass der erzeugte Reflexionswin-
kel α_0' zwischen dem eintreffenden Laserstrahl 110' und dem reflektierten Laserstrahl

112' in einer Scanner-Ruhestellung immer größer ist als der maximale optische Scanwinkel α_s' des Scanners 12' (siehe Figur 4). Insbesondere entspricht der maximale optische Scanwinkel α_s' einem auf den reflektierten Laserstrahl 112' in der Scanner-Ruhestellung bezogenen Drehwinkel, der zwischen dem reflektierten Laserstrahl 5 114' in einer Scanner-Arbeitsstellung und dem reflektierten Laserstrahl 112' in der Scanner-Ruhestellung gebildet wird. Um die technische Realisierung möglichst einfach zu halten, werden dabei üblicherweise Reflexionswinkel α_0' von größer oder gleich 45° , oftmals 90° , benutzt. Weitere mikro-mechanische Scanner, sogenannte deformierbare Spiegeleinheiten (DMD, „deformable mirror device“) sind beispielsweise aus dem Dokument Larry J. Hornbeck, "Deformable-Mirror Spatial Light Modulators", Proceedings of SPIE, The International Society for Optical Engineering, Volume 1150, San Diego, US, 6. - 11. August 1989 und dem Dokument US 5,096,279 A bekannt.

15 Um eine möglichst kleine Dimensionierung des Scanspiegels 18' zu erreichen, wird der Scanspiegel 18' des bekannten MEMS-Scanners 12' nach Figur 4 üblicherweise elliptisch ausgeprägt. Somit ist die projizierte Spiegelfläche in Richtung des eintreffenden und austretenden Laserstrahls 110', 112' kreisförmig. Dies hat den Vorteil, dass beide Hauptachsen 32', 34' der in Figur 4 gezeigten Ellipse kleinstmöglich gewählt werden können, um den zu rasternden Laserstrahl gerade noch vollständig zu erfassen. Diese Miniaturisierung ermöglicht insbesondere kleinstmögliche optische Aufbauten und gleichzeitig maximale Scangeschwindigkeiten, da die Trägheitsmomente des Scanspiegels 18' minimal gehalten werden können. Typischerweise muss man bei einer Anordnung des bekannten MEMS-Scanners 12' unter einem Winkel

20 25 von 45° zum eintreffenden Laserstrahl 110', bei der der Scanspiegel 18' einen Reflexionswinkel α_0' von 90° in der Scanner-Ruhestellung erzeugt, ein Verhältnis der Spiegel-Halbachsen 32', zu 34' von $1/\cos(45^\circ) = \sqrt{2}$ verwenden.

Des Weiteren ist aus dem Stand der Technik ein optischer Bildfeldrotator bekannt, wie er in hochwertigen Laser-Rastermikroskopen eingesetzt wird. Beispielsweise ist ein optischer Bildfeldrotator in dem Dokument EP 0 950 206 B1 beschrieben. Dieser bekannte Bildfeldrotator ist ein optisches Modul, welches ein rotierbares Abbe-
5 oder Dove-Prisma umfasst. Die Funktionsweise dieser Prismen ist dem Fachmann bekannt und beispielsweise in dem Dokument William L. Wolfe: Chapter 4. Nondispersive Prisms. In: Michael Bass (Ed.): Handbook of optics, Bd. 2: Devices, Measurements, and Properties. 2. Aufl. McGraw-Hill, New York 1995, ISBN 0-07-047740-X erläutert.

10

Der Einsatz einer Bildfeldrotation ist in Rastermikroskopen wichtig, damit bei rechteckigen Bildformaten stark unterschiedlicher Kantenlängen (d.h. ein möglichst kleines, an die interessierende Probenstruktur angepasstes Scanfeld) die Lage des Scanfeldes an die interessierende Probenstruktur ideal angepasst werden kann. Dies
15 ermöglicht kleine Scanfelder, die eine Proben-schonende und vor allem eine schnelle Bildaufnahme sicherstellen, da nicht interessierende Bereiche nicht abgetastet werden müssen. Als Anwendungsbeispiel sei eine einzelne Zelfaser genannt, beispielsweise eine Tubulin- oder Actinfaser, die diagonal durch die Probe läuft. Der Vorteil beim Einsatz eines optischen Bildfeldrotators ist, dass die Probe selbst nicht bewegt
20 werden muss, was die Stabilität des Mikroskops erhöht. Insbesondere wird dadurch vermieden, dass die Probe um eine beliebig zu wählende Achse rotiert werden muss, d.h. um die aktuelle Bildfeldmitte.

25

Die bekannten Bildfeldrotatoren haben jedoch den Nachteil, dass sie vergleichsweise groß dimensioniert sind. Daher sind sie insbesondere für den Einsatz in miniaturisierten Rastermikroskopen, die MEMS-Technologien nutzen, nicht geeignet. Ferner haben die bekannten Bildfeldrotatoren den Nachteil, dass sie einen vergleichsweise komplizierten Aufbau haben und hohe Kosten verursachen. Ein weiterer Nachteil der

bekanntem Bildfeldrotatoren ist, dass die Polarisations-eigenschaften des Laserstrahls nicht erhalten bleiben, was für einige Anwendungen jedoch wichtig ist.

Ausgehend von dem bekannten Stand der Technik ist es Aufgabe der Erfindung, eine
5 Abtastvorrichtung zum Abtasten eines Objekts für den Einsatz in einem Rastermikroskop anzugeben, die einen optimierten Strahlengang für einen Abtaststrahl zum Abtasten des Objekts und gleichzeitig eine Bildfeldrotation ermöglicht.

Diese Aufgabe wird durch eine Abtastvorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs
10 1 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

Durch eine Abtastvorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 1 werden ein opti-
mierter Strahlengang für einen Abtaststrahl zum Abtasten des Objekts und gleichzei-
15 tig eine Bildfeldrotation ermöglicht, da mindestens eine Abtasteinheit und mindestens eine Rotationsvorrichtung vorgesehen sind. Die Abtasteinheit dient zum zweidimensionalen Abtasten des Objekts mit Hilfe eines Lichtstrahls. Die Rotationsvorrichtung dient zum Drehen der Abtasteinheit um eine Rotationsachse, um eine Bildfeldrotation zu ermöglichen. Dabei umfasst die Abtasteinheit mindestens ein Ablenkele-
20 ment zum Ablenken eines auf das Ablenkelement auftreffenden Lichtstrahls. Ferner hat das Ablenkelement eine rotationssymmetrische Form. Vorzugsweise ist die rotationssymmetrische Form eine Kreisform. Mit Hilfe der rotationssymmetrischen Form des Ablenkelements kann eine Vorzugsrichtung bzw. ein vorbestimmter Ablenkwinkel des Abtaststrahls bereitgestellt werden, der einerseits vergleichsweise klein und an-
25 dererseits größer als ein maximaler Abtastwinkel ist. Dadurch wird ein hinsichtlich seiner Dimensionierung optimierter Strahlengang für den Abtaststrahl erreicht. Dies ermöglicht insbesondere den Einsatz der Abtastvorrichtung in miniaturisierten Rastermikroskopen. Gleichzeitig kann durch eine Drehung der Abtasteinheit um die Ro-

tationsachse eine vorteilhafte Bildfeldrotation erzeugt werden. Somit kann ein optimierter Strahlengang für einen Abtaststrahl zum Abtasten des Objekts und gleichzeitig eine Bildfeldrotation realisiert werden.

- 5 Vorzugsweise verläuft die Rotationsachse, um die die Abtasteinheit drehbar ist, senkrecht zu einer Ebene, in der sich die Abtasteinheit erstreckt. Somit kann eine Drehung der Abtasteinheit in einer Ebene derselben erreicht werden.

- 10 Vorzugsweise ist das Ablenkelement um eine erste Schwenkachse und/oder um eine zweite Schwenkachse entsprechend einem maximalen Abtastwinkel schwenkbar. Dabei verlaufen die erste Schwenkachse und die zweite Schwenkachse parallel zu einer Ebene, in der sich die Abtasteinheit erstreckt. Somit kann ein Abtaststrahl zum zweidimensionalen Abtasten des Objekts bereitgestellt werden.

- 15 Vorzugsweise verlaufen die erste Schwenkachse und die zweite Schwenkachse jeweils durch einen Mittelpunkt des Ablenkelements. Somit kann erreicht werden, dass das Ablenkelement kardänisch aufgehängt ist.

- 20 Vorzugsweise bezieht sich die rotationssymmetrische Form auf einen Mittelpunkt des Ablenkelements. Dabei verläuft die Rotationsachse, um die die Abtasteinheit drehbar ist, durch diesen Mittelpunkt des Ablenkelements. Somit kann sichergestellt werden, dass in jeder Drehstellung der Abtasteinheit eine definierte Bildfeldrotation erzeugt wird.

- 25 Vorzugsweise ist die Abtasteinheit zumindest in einem Winkelbereich von 0° bis 180° um die Rotationsachse drehbar. Bei einer Drehung der Abtasteinheit in diesem Winkelbereich können die Schwenkachsen in jede beliebige Drehstellung zwischen einer

waagerechten Drehstellung und einer senkrechten Drehstellung gebracht werden, um ein vollständiges Abtasten des Objekts zu erreichen.

Vorzugsweise ist das Ablenkelement ein reflektierendes Element zum Reflektieren eines auf dasselbe auftretenden Lichtstrahls. Dabei ist das Ablenkelement ausgebildet, um den auftreffenden Lichtstrahl polarisationserhaltend zu reflektieren. Somit kann eine unerwünschte Polarisations-eigenschaft des reflektierten Lichtstrahls, insbesondere eines Laserstrahls, vermieden werden.

10 Vorzugsweise weist die Abtasteinheit einen MEMS („microelectromechanical systems“)-Scanner oder einen DMD („deformable mirror device“)-Scanner auf. Somit kann eine für den Einsatz in miniaturisierten Rastermikroskopen geeignete Abtasteinheit (d.h. Scanner) bereitgestellt werden.

15 Vorzugsweise ist der MEMS-Scanner ein monolithischer 2D-Scanner. Somit kann mit Hilfe eines einzigen MEMS-Scanners ein zweidimensionales Abtasten des Objekts erreicht werden.

Vorzugsweise umfasst die Rotationsvorrichtung eine mit Hilfe einer Antriebseinheit antreibbare Zahnradanordnung. Dabei ist die Zahnradanordnung ausgebildet, die Abtasteinheit um die Rotationsachse zu drehen. Somit kann ein zuverlässiger Antrieb für eine Drehung der Abtasteinheit um die Rotationsachse bereitgestellt werden.

Ein weiterer Aspekt der Erfindung betrifft ein Rastermikroskop mit einer im Strahlengang des Rastermikroskops angeordneten, erfindungsgemäßen Abtastvorrichtung. Mit Hilfe der erfindungsgemäßen Abtastvorrichtung wird insbesondere ein miniaturisiertes Rastermikroskop realisiert. Beispielsweise ist das Rastermikroskop ein Laser-Rastermikroskop, vorzugsweise ein konfokales Laser-Rastermikroskop.

Vorzugsweise ist die Abtasteinheit derart angeordnet, dass der auf das Ablenkelement auftreffende Lichtstrahl in einer Ruhestellung der Abtasteinheit derart abgelenkt wird, dass der abgelenkte Lichtstrahl und der auftreffende Lichtstrahl einen
5 vorbestimmten Ablenkwinkel bilden. Dabei ist der vorbestimmte Ablenkwinkel größer als ein maximaler Abtastwinkel zum zweidimensionalen Abtasten des Objekts und kleiner als 45° . Somit kann der im Vergleich zum Stand der Technik optimierte, d.h. minimierte Strahlengang für den Abtaststrahl zum Abtasten des Objekts erreicht werden.

10

Vorzugsweise ist der vorbestimmte Ablenkwinkel kleiner oder gleich 35° , kleiner oder gleich 30° , kleiner oder gleich 25° , kleiner oder gleich 20° , kleiner oder gleich 15° oder kleiner oder gleich 10° . Somit kann die Vorzugsrichtung bzw. der vorbestimmte Ablenkwinkel des Abtaststrahls in verschiedenen Winkelbereichen bereitgestellt

15 werden.

Vorzugsweise beträgt der maximale Abtastwinkel $\pm 25^\circ$, $\pm 20^\circ$, $\pm 15^\circ$, $\pm 10^\circ$ oder $\pm 5^\circ$. Somit können verschiedene maximale Abtastwinkel für das zweidimensionale Abtasten des Objekts vorgegeben werden.

20

Vorzugsweise umfasst das Rastermikroskop eine Bilderfassungseinheit zum Erfassen eines digitalen Bildes des abgetasteten Objekts und eine Bildverarbeitungseinheit zum Verarbeiten des digitalen Bildes. Mit Hilfe der Bildverarbeitungseinheit können beispielsweise Spiegelungen und Drehungen des digitalen Bildes im Speicher eines
25 Rechners (PC) durchgeführt werden, um jede beliebige Bildlage in einer Anzeigeeinheit darzustellen.

Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der folgenden Beschreibung, die die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen im Zusammenhang mit den beigefügten Figuren näher erläutert.

5 Es zeigen:

Figur 1A eine schematische Darstellung einer Abtastvorrichtung mit einer Abtasteinheit in einer ersten Drehstellung gemäß einem Ausführungsbeispiel;

10 Figur 1B eine schematische Darstellung der Abtastvorrichtung nach Figur 1A mit der Abtasteinheit in einer zweiten Drehstellung;

Figur 2 eine schematische Seitenansicht eines Rastermikroskops mit der Abtastvorrichtung nach Figur 1A gemäß einem Ausführungsbeispiel;

15

Figur 3 eine Prinzipskizze zur Veranschaulichung einer Reflexion eines Lichtstrahls an der Abtastvorrichtung nach Figur 1A; und

20 Figur 4 eine Prinzipskizze zur Veranschaulichung einer Reflexion eines Laserstrahls an einem 2D-Scanner gemäß dem Stand der Technik.

Figur 1A zeigt eine schematische Darstellung einer Abtastvorrichtung 10 mit einer Abtasteinheit 12 in einer ersten Drehstellung gemäß einem Ausführungsbeispiel. Die Abtastvorrichtung 10 nach Figur 1A dient zum Abtasten eines Objekts 122 für den Einsatz in einem Rastermikroskop 100, wie es in Figur 2 beispielhaft dargestellt ist. Wie in Figur 1A gezeigt, umfasst die Abtastvorrichtung 10 die Abtasteinheit 12, die auf einer Rotationsvorrichtung 14 angeordnet ist. Die Abtasteinheit 12 dient zum zweidimensionalen Abtasten des Objekts 122 mit Hilfe eines Lichtstrahls. Die Rotati-

- onsvorrichtung 14 dient zum Drehen der Abtasteinheit 12 um eine Rotationsachse 16, um eine Bildfeldrotation zu erzeugen. Ferner ist in Figur 1A gezeigt, dass die Abtasteinheit 12 ein Ablenkelement 18 umfasst, das eine rotationssymmetrische Form hat. Das Ablenkelement 18 dient zum Ablenken eines auf das Ablenkelement 18 auftreffenden Lichtstrahls. In Figur 1A ist insbesondere eine erste Drehstellung der Abtasteinheit 12 gezeigt. Beispielsweise entspricht diese erste Drehstellung einem Drehwinkel von 0° . Eine Drehung der Abtasteinheit 12 um die Rotationsachse 16 ist in Figur 1A durch den Doppelpfeil R_1 schematisch dargestellt.
- 10 Bei dem Ausführungsbeispiel von Figur 1A hat das Ablenkelement 18 eine Kreisform.
- Gemäß Figur 1A umfasst die Rotationsvorrichtung 14 eine Antriebseinheit 30, mit deren Hilfe eine Zahnradanordnung antreibbar ist. Die Zahnradanordnung umfasst ein erstes Zahnrad 24 und ein zweites Zahnrad 26. Das erste Zahnrad 24 ist mit Hilfe der Antriebseinheit 30 antreibbar. Das zweite Zahnrad 26 ist mit der Abtasteinheit 12 verbunden und steht mit dem ersten Zahnrad 24 derart in Eingriff, dass beim Antrieb des ersten Zahnrads 24 die mit dem zweiten Zahnrad 26 verbundene Abtasteinheit 12 um die Rotationsachse 16 gedreht wird.
- 15
- 20 Bei dem Ausführungsbeispiel von Figur 1A verläuft die Rotationsachse 16 senkrecht zu einer Ebene P, in der sich die Abtasteinheit 12 erstreckt. Ferner verläuft die Rotationsachse 16 durch einen Mittelpunkt M des Ablenkelements 18. Dabei entspricht dieser Mittelpunkt M einem Mittelpunkt der Kreisform des Ablenkelements 18.
- 25 Wie in Figur 1A gezeigt, ist das Ablenkelement 18 um eine erste Schwenkachse 22A und um eine zweite Schwenkachse 22B schwenkbar. Mit Hilfe dieser Schwenkachsen 22A, 22B kann das Ablenkelement 18 jeweils entsprechend einem maximalen Abtastwinkel α_s geschwenkt werden, wie er in Figur 3 beispielhaft dargestellt ist. Ferner

ist in Figur 1A gezeigt, dass die beiden Schwenkachsen 22A, 22B parallel zur Ebene P verlaufen, in der sich die Abtasteinheit 12 erstreckt. Ein Schwenken des Ablenkelements 18 um die jeweilige Schwenkachse 22A, 22B ist in Figur 1A durch die Doppelpfeile R_2 bzw. R_3 schematisch dargestellt.

5

Gemäß Figur 1A umfasst die Abtasteinheit 12 einen ersten Rahmen 20A und einen zweiten Rahmen 20B. Der erste Rahmen 20A umgibt den zweiten Rahmen 20B. Der zweite Rahmen 20B ist mit dem ersten Rahmen 20a verbunden und an diesem um die zweite Schwenkachse 22B drehbar gelagert. Das Ablenkelement 18 ist mit dem zweiten Rahmen 20B verbunden und an diesem um die erste Schwenkachse 22A drehbar gelagert. Somit umfasst die Abtasteinheit 12 insbesondere eine kardanische Aufhängung zur Lagerung des Ablenkelements 18. Bei dieser kardanischen Aufhängung verlaufen die beiden Schwenkachsen 22A, 22B jeweils durch den Mittelpunkt M des Ablenkelements 18.

15

Bei dem in Figur 1A gezeigten Ausführungsbeispiel ist das Ablenkelement 18 ein reflektierendes Element zum Reflektieren eines auf dasselbe auftreffenden Lichtstrahls. Das Ablenkelement 18 dient insbesondere zur polarisationserhaltenden Reflexion des auftreffenden Lichtstrahls (wie z.B. ein Lasterstrahl). Vorzugsweise ist das Ablenkelement 18 ein Spiegel mit einer kreisförmigen Spiegelfläche.

20

Wie in Figur 1A gezeigt, ist die Abtasteinheit 12 mit einem Kabel 28 zur Signalübertragung verbunden.

25

Figur 1B zeigt eine schematische Darstellung der Abtastvorrichtung 10 nach Figur 1A mit der Abtasteinheit 12 in einer zweiten Drehstellung. Beispielsweise entspricht diese zweite Drehstellung einem Drehwinkel innerhalb eines Winkelbereichs von 0° bis 180° . Ferner kann die Abtasteinheit 12 mit Hilfe der Rotationsvorrichtung 14 auch um

größere Drehwinkel, beispielsweise größer oder gleich 180° , oder größer oder gleich 360° , gedreht werden. Insbesondere sollte die Drehung durch das mit der Abtasteinheit 12 verbundene Kabel 28 nicht beeinträchtigt werden.

- 5 Mit Hilfe der Rotationsvorrichtung 14 können insbesondere die in Figur 1A und 1B gezeigten Drehstellungen der Abtasteinheit 12 erhalten werden. Dabei sind diese Drehstellungen jeweils verschiedenen Einstellungen für die Bildfeldrotation zugeordnet.
- 10 Figur 2 zeigt eine schematische Seitenansicht eines Rastermikroskops 100 mit der Abtastvorrichtung 10 nach Figur 1A gemäß einem Ausführungsbeispiel. Das in Figur 2 gezeigte Rastermikroskop 100 ist insbesondere ein konfokales Laser-
- 15 Rastermikroskop. Wie in Figur 2 gezeigt, ist die Abtastvorrichtung 10 im Strahlengang des Rastermikroskops 100 angeordnet. Das Rastermikroskop 100 umfasst eine Laserlichtquelle 102, die einen Abtaststrahl 104 zum Abtasten des Objekts 122 erzeugt. Das Objekt 122 ist auf einem Objektisch 124 angeordnet. Zwischen der Abtastvorrichtung 10 und der Laserlichtquelle 102 ist ein Strahlteiler 108 angeordnet. Ferner sind zwischen dem Strahlteiler 108 und der Laserlichtquelle 102 Linsen 106a, 106b angeordnet, durch die der Abtaststrahl 104 verläuft. In Richtung des Abtaststrahls
- 20 104 hinter der Abtastvorrichtung 10 ist ein Spiegel 116 angeordnet, der den Abtaststrahl 104 in Richtung eines oberhalb des Objektisches 124 angeordneten Objektivs 120 reflektiert. Zwischen dem Objektiv 120 und dem Spiegel 116 ist eine Abbildungsoptik angeordnet, die durch Linsen 118a, 118b gebildet wird. Mit Hilfe dieser Abbildungsoptik wird der Abtaststrahl 104 auf eine Fokalebene 121 des Objektivs 120
- 25 abgebildet. Der von dem abgetasteten Objekt 122 ausgehende und im Wesentlichen entgegengesetzt zu dem Abtaststrahl 104 verlaufende Detektionsstrahl 126 (wie z.B. Fluoreszenzstrahlung) wird mit Hilfe eines Detektors 132 detektiert. In Richtung des Detektionsstrahls 126 hinter dem Strahlteiler 108 ist eine Detektionsoptik angeord-

net, die durch Linsen 128a, 128b und eine Lochblende 130 gebildet wird. Diese Detektionsoptik dient zur Abbildung des Objekts 122 auf den Detektor 132.

Wie in Figur 2 gezeigt, umfasst der Abtaststrahl 104 einen ersten Strahlabschnitt 110
5 in Richtung des Abtaststrahls 104 vor der Abtastvorrichtung 10 und einen zweiten Strahlabschnitt 112 (bzw. 114a, 114b) in Richtung des Abtaststrahls 104 nach der Abtastvorrichtung 10. Dabei entspricht der erste Strahlabschnitt 110 einem auf das Ablenkelement 18 der Abtasteinheit 12 auftreffenden Lichtstrahl, während der zweite Strahlabschnitt 112 bzw. 114a, 114b einem von dem Ablenkelement 18 der Abtasteinheit 12 abgelenkten Lichtstrahl entspricht. Insbesondere ist in Figur 2 das mit Hilfe der Abtasteinheit 12 durchgeführte, zweidimensionale Abtasten des Objekts 122 schematisch dargestellt. Dabei entspricht der Strahlabschnitt 112 einem in einer Ruhestellung der Abtasteinheit 12 abgelenkten Lichtstrahl, während die Strahlabschnitte 114a, 114b jeweils einem in einer Arbeitsstellung der Abtasteinheit 12 abgelenkten
10 Lichtstrahl entspricht. Ferner hat der Strahlabschnitt 112 eine Vorzugsrichtung, die durch einen vorbestimmten Ablenkwinkel α_0 (d.h. Winkel zwischen den Strahlenabschnitten 110, 112) definiert ist, während die Strahlabschnitte 114a, 114b jeweils eine Richtung haben, die durch einen maximalen Abtastwinkel α_s definiert sind. Beispielsweise entspricht der maximale Abtastwinkel α_s einem positiven oder negativen
15 Drehwinkel, der auf den Strahlenabschnitt 112 mit der Vorzugsrichtung bezogen ist. Nähere Einzelheiten zu den Winkeln α_0 bzw. α_s werden im Folgenden anhand von Figur 3 beschrieben.

Figur 3 zeigt eine Prinzipskizze zur Veranschaulichung einer Reflexion eines Lichtstrahls 104 an der Abtastvorrichtung 10 nach Figur 1a. Gemäß Figur 3 ist die Abtasteinheit 12 derart angeordnet, dass der Strahlabschnitt 110 in einer Ruhestellung der Abtasteinheit 12 derart abgelenkt wird, dass die Strahlabschnitte 110, 112 einen vorbestimmten Ablenkwinkel (d.h. α_0) bilden. Dabei ist dieser vorbestimmte Ablenkwinkel
25

kel α_0 insbesondere größer als ein maximaler Abtastwinkel (d.h. α_s) und vorzugsweise kleiner als 45° . Der vergleichsweise kleine Ablenkwinkel α_0 kann mit Hilfe des rotationssymmetrisch ausgebildeten Ablenkelements 18 erreicht werden. Für den Fall, dass das Ablenkelement 18 kreisförmig ausgebildet ist, sind die beiden Halbachsen 32, 34
5 der entsprechenden Kreisform gleich groß.

Beispielsweise ist der vorbestimmte Ablenkwinkel α_0 kleiner oder gleich 30° , vorzugsweise kleiner oder gleich 25° , wenn der maximale Abtastwinkel $\alpha_s = \pm 20^\circ$ beträgt.

10

Beispielsweise ist der vorbestimmte Ablenkwinkel α_0 kleiner oder gleich 15° , wenn der maximale Abtastwinkel $\alpha_s = \pm 10^\circ$ beträgt.

Alternativ zu dem in Figur 1A gezeigten Ausführungsbeispiel umfasst die Abtastvorrichtung beispielsweise eine erste Abtasteinheit zum eindimensionalen Abtasten des Objekts, eine zweite Abtasteinheit zum eindimensionalen Abtasten des Objekts, eine erste Rotationsvorrichtung zum Drehen der ersten Abtasteinheit und eine zweite Rotationsvorrichtung zum Drehen der zweiten Abtasteinheit. Dabei sind die erste Rotationsvorrichtung und die zweite Rotationsvorrichtung ausgebildet, um die erste Abtasteinheit und die zweite Abtasteinheit derart zu drehen, dass deren Drehbewegungen synchronisiert sind.
15
20

Ausführungsbeispiele der Erfindung schaffen einen rein optischen, kostengünstigen Bildfeldrotator in einem miniaturisierten optischen Aufbau eines Laser-Rastermikroskops 100 mittels eines 2D-Scanners 12. Im Gegensatz zu einem aus dem Stand der Technik bekannten Bildfeldrotator kann der erfindungsgemäße Bildfeldrotator miniaturisiert werden und erfordert keinen komplexen Strahlengang. Vorzugs-
25

weise wird mit Hilfe des erfindungsgemäßen Bildfeldrotators die Polarisierung des ein-
treffenden Laserstrahls 104 erhalten.

Die Erfindung hat insbesondere die folgenden Vorteile. Es wurde erkannt, dass die
5 Wahl eines vergleichsweise großen Ablenkwinkels α_0' gemäß Figur 4 nicht notwendig
ist. Im Gegensatz dazu kann der optische Scanwinkel α_s des miniaturisierten 2D-
MEMS-Scanners 12 beispielsweise kleiner als $\pm 20^\circ$, vorzugsweise kleiner als $\pm 10^\circ$,
gewählt werden. Bei der Wahl eines Reflexionswinkels α_0 in Scanner-Ruhestellung,
der nur minimal größer als der maximale Rasterwinkel α_s ist, wie beispielsweise klei-
10 ner als 25° , hat der projizierte Laserstrahl 104 auf der Spiegeloberfläche lediglich ein
Verhältnis beider Halbachsen des projizierten elliptischen Strahlprofils von etwa 1,1.
Die große Halbachse 32' des elliptischen MEMS-Spiegels 18' müsste bei optimierter,
also minimierter Größe, lediglich etwa 10% größer sein als die kleine Halbachse 34'
(siehe Figur 4). Es ist in diesem Fall von keinem nennenswerten Nachteil, runde, d.h.
15 rotationssymmetrische MEMS-Spiegel 18 mit gleichen Längen 32, 34 einzusetzen
(siehe Figur 3). Solche Spiegel an sich sind im Stand der Technik auch bekannt und
weit verbreitet. Es ist somit möglich, einerseits runde Spiegel zu nutzen und gleichzei-
tig die Kenngrößen des MEMS-Scanners (nahezu) ideal zu halten. Dies bedeutet konk-
ret eine (nahezu) minimierte Spiegelgröße, minimierte Trägheitsmomente und somit
20 maximierte Scanfrequenz.

Analoges gilt auch noch bei der Wahl leicht größerer Ablenkwinkel α_0 , beispielsweise
größer als 25° , und erst recht bei der Wahl kleinerer Ablenkwinkel α_0 .

25 Die Erfindung macht von einem 2D-Scanner Gebrauch, vorzugsweise von einem mini-
aturisierten zweiachsigen MEMS-Scanner 12. Im Gegensatz zu klassischen Scan-
Modulen, die beispielsweise auf Galvanometer-Scannern basieren, ist es ein zentraler
Vorteil bei der Nutzung des 2D-Scanners 12, dass beide Scanachsen 22a, 22b in einem

Element vereint sind und denselben Spiegel 18 durch eine kardanische oder nahezu kardanische Aufhängung kippen. Zwei separate Scaneinheiten, beispielsweise bestehend aus zwei getrennten Galvanometer-Scannern für die X- und Y-Achse, sind somit nicht mehr notwendig.

5

Darüber hinaus wurde erkannt, dass die Wahl eines runden Scanspiegels 18 in dem 2D-MEMS-Scanner 12 und die gleichzeitige Wahl kleiner Ablenkwinkel α_0 von beispielsweise kleiner als 25° die Realisierung des erfindungsgemäßen optischen Bildfeldrotators ohne komplizierte optische Elemente im Strahlengang ermöglichen. Dies ist insbesondere anhand von Figur 2 verdeutlicht.

10

Gemäß Ausführungsbeispielen führt eine Rotation des 2D-Scanners 12 um eine Rotationsachse 16, die senkrecht zur Spiegelebene P liegt und diese mittig schneidet, zu einer Bildfeldrotation des Mikroskopaufbaus, wie er in Figur 2 schematisch dargestellt ist. Eine Rotation um die Rotationsachse 16, d. h. die sogenannte Bildfeldrotation, führt insbesondere zu einer azimutalen Lageänderung der Scanachsen 22a, 22b in der Spiegelebene P. Wenn beispielsweise die Achse 22a die schnelle Scanachse ist und der Bildkoordinate X zugeordnet ist, wird diese rotiert. Im Mikroskopaufbau wird diese Scanrichtung des Laserstrahls 104 entsprechend in der Probe 122 rotiert, während die Probe 122 unbewegt bleibt.

15

20

Besonders vorteilhaft im Sinne einer idealen Scanbewegung und Bildfeldrotation ist es, wenn die Achsen 22a, 22b und 16 sich im Mittelpunkt M des Spiegels 18 schneiden (d. h. kardanisch aufgehängter Spiegel mit einem Schnittpunkt der Achsen 22a, 22b im Spiegelmittelpunkt M). Anstelle der kardanischen Aufhängung ist es auch möglich, dass die Achsen 22a, 22b sich nicht im Spiegelmittelpunkt M schneiden. Die Achse 16 sollte den Spiegel 18 jedoch im oder nahe am Mittelpunkt M des Spiegels

25

18 schneiden, um die Funktion des Scanners 12 in allen Rotationslagen sicherzustellen.

Die so erzeugte Bildfeldrotation kann aus technischen Gründen nicht beliebig oft
5 360°-Drehungen in gleicher Richtung machen, da das Kabel 28 zur Signalübertragung
zum rotierenden Scanner 12 führt und nicht beliebig viele Umdrehungen erlaubt. Es
ist aber vollkommen ausreichend für das Erreichen des gewünschten Effektes, wenn
eine Bildfeldrotation von 0° bis 180° oder von -90° bis +90° realisiert wird. Falls ge-
wünscht, können alle weiteren Bildlagen in der digitalen Darstellung (Rechner) dann
10 durch eine simple Bildverarbeitung erzeugt werden, also Spiegelungen und Drehun-
gen des digitalen Bildes im Speicher des PC. Wichtig ist lediglich, dass im opto-
mechanischen Aufbau jede Orientierung der Scanachsen 22a, 22b erreichbar ist. Dies
ist bereits bei einem abgedeckten Winkelbereich von insgesamt 180° gegeben.

15 Es sei angemerkt, dass es sich prinzipiell nicht um einen MEMS-Scanner handeln
muss, um die Erfindung zu realisieren. Vielmehr ist es lediglich Voraussetzung, dass
der Strahl 104 auf den Spiegel 18 unter jedem Bildfeldrotationswinkel vollständig
trifft, d. h. die Projektion des Strahls 104 auf den Spiegel 18 immer vollständig die
Spiegelfläche erfasst. Dies wird insbesondere dadurch erreicht, dass vergleichsweise
20 kleine Ablenkwinkel α_0 und runde Spiegelformen verwendet werden. Elliptische Spie-
gel gemäß dem Stand der Technik sollten nicht benutzt werden, da die Rotationslage
dann nicht mehr definiert ist.

Vorzugsweise ist die zum Rastern bzw. Abtasten benutzte Einheit, d. h. der Scanner
25 12, ein monolithischer 2D-Scanner, der einen einzigen Spiegel 18 in zwei vorzugswei-
se senkrechten Scanrichtungen ablenkt. Wenn die beiden Scanrichtungen auf zwei
verschieden Einheiten aufgeteilt werden, in der jeweils nur eine Scanrichtung reali-
siert ist, funktioniert die Erfindung ebenfalls durch eine Rotationsvorrichtung ent-

sprechend Figur 1a und 1b für jede einzelne dieser Einheiten. Die verschiedenen Rotationsvorrichtungen sollten dann synchronisiert zueinander rotieren.

Gemäß Ausführungsbeispielen können anstelle von Spiegeln auch andere Strahl-
5 Ablenkelemente benutzt werden. Dies können beispielsweise in MEMS-Technologie integrierte Elemente wie Linsen, Linsensysteme oder Prismen sein, die eine Strahl-
ablenkung durch laterale Verschiebung oder Verkippung erzeugen. Auch der Einsatz von deformierbaren Spiegeleinheiten (DMD, „deformable mirror device“), wie bei-
10 spielsweise in Larry J. Hornbeck, „Deformable-Mirror Spatial Light Modulators“, Proceedings of SPIE, The International Society of Optical Engineering, Volume 1150, San Diego, US, 6. - 11. August 1989 beschrieben, von auf Flüssigkristallen basierenden Lichtmodulatoren („spatial light modulator“) oder von (2D)-Scannern basierend auf akusto-optischen Rastereinheiten („acousto optic deflectors“, AOD) in Kombination mit dem erfindungsgemäßen Bildfeldrotator ist möglich. In den genannten Fällen soll-
15 te dann die entsprechende Scaneinheit gänzlich in analoger Weise rotiert werden. Da diese Ansätze jedoch relativ kostspielig und/oder technisch aufwendig sind, hat in der praktische Umsetzung die Nutzung von MEMS- oder DMD-Spiegelscannern die zentrale Bedeutung, denn das hauptsächlich verfolgte Ziel ist die Realisierung eines miniaturisierten Scanners mit ebenfalls miniaturisierter optischer Bildfeldrotation ohne
20 zusätzliche komplizierte, optische Elemente im Strahlengang.

Ausführungsbeispiele der Erfindung schaffen einen 2D-Scanner, der unter ver-
gleichsweise kleinen Ablenkwinkeln im Rastermikroskop verbaut ist und daher rotati-
onssymmetrisch (rund) sein kann. Erfindungsgemäß wird der Einsatz runder Scan-
25 spiegel ermöglicht. Damit verbunden ist die Realisierung kleiner Ablenkwinkel α_0 , die nur minimal größer als der maximale optische Scanwinkel α_s des Scanners sind. Gemäß Ausführungsbeispielen erfolgt eine Rotation der gesamten Scaneinheit. Dabei ist die Bildfeldrotationsachse senkrecht zur Spiegelebene und schneidet den Spiegelmit-

telpunkt. Ferner ist gemäß Ausführungsbeispielen der Winkelbereich der Bildfeldrotation wegen der Kabelzuführung begrenzt, was jedoch keine funktionelle Einschränkung bedeutet.

Bezugzeichenliste

	10	Abtastvorrichtung
	12	Abtasteinheit
5	14	Rotationsvorrichtung
	16	Rotationsachse
	18	Ablenkelement
	20a, 20b	Rahmen
	22a, 22b	Schwenkachse
10	24, 26	Zahnrad
	28	Kabel
	30	Antriebseinheit
	32, 34	Halbachsen
	100	Rastermikroskop
15	102	Laserlichtquelle
	104	Abtaststrahl
	106a, 106b, 118a, 118b, 128a, 128b	Linse
20	108	Strahlteiler
	110, 112, 114a, 114b	Strahlabschnitt
	116	Spiegel
25	120	Objektiv
	121	Fokalebene
	122	Objekt
	124	Objekttisch
	126	Detektionsstrahl
30	130	Lochblende

132	Detektor
α_0, α_s	Winkel
M	Mittelpunkt
P	Ebene
5	R_1 bis R_3 Richtung
	$10'$ bis $114'$, α_0' , α_s' bekannte Komponenten bzw. Winkel

Ansprüche

1. Abtastvorrichtung (10) zum Abtasten eines Objekts (122) für den Einsatz in einem Rastermikroskop (100),
5 mit mindestens einer Abtasteinheit (12) zum zweidimensionalen Abtasten des Objekts (122) mit Hilfe eines Lichtstrahls (104), und mit mindestens einer Rotationsvorrichtung (14) zum Drehen der Abtasteinheit (12) um eine Rotationsachse (16), um eine Bildfeldrotation zu erzeugen, wobei die Abtasteinheit (12) mindestens ein Ablenkelement (18) zum Ablenken eines auf das Ablenkelement (18) auftreffenden Lichtstrahls (110) umfasst,
10 wobei das Ablenkelement (18) eine rotationssymmetrische Form hat.
2. Abtastvorrichtung (10) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die
15 Rotationsachse (16), um die die Abtasteinheit (12) drehbar ist, senkrecht zu einer Ebene (P) verläuft, in der sich die Abtasteinheit (12) erstreckt.
3. Abtastvorrichtung (10) nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass
20 das Ablenkelement (18) um eine erste Schwenkachse (22a) und/oder um eine zweite Schwenkachse (22b) entsprechend einem maximalen Abtastwinkel (α_s) schwenkbar ist, und dass die erste Schwenkachse (22a) und die zweite Schwenkachse (22b) parallel zu einer Ebene (P) verlaufen, in der sich die Abtasteinheit (12) erstreckt.
- 25 4. Abtastvorrichtung (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Schwenkachse (22a) und die zweite Schwenkachse (22b) jeweils durch einen Mittelpunkt (M) des Ablenkelements (18) verlaufen.

5. Abtastvorrichtung (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass sich die rotationssymmetrische Form auf einen Mittelpunkt (M) des Ablenkelements (18) bezieht, und dass die Rotationsachse (16), um die die Abtasteinheit (12) drehbar ist, durch diesen Mittelpunkt (M) des Ablenkelements (18) verläuft.
6. Abtastvorrichtung (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Abtasteinheit (12) zumindest in einem Winkelbereich von 0° bis 180° um die Rotationsachse (16) drehbar ist.
7. Abtastvorrichtung (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Ablenkelement (18) ein reflektierendes Element zum Reflektieren eines auf dasselbe auftreffenden Lichtstrahls (110) ist, und dass das Ablenkelement (18) ausgebildet ist, um den auftreffenden Lichtstrahl (110) polarisationserhaltend zu reflektieren.
8. Abtastvorrichtung (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Abtasteinheit (12) einen MEMS-Scanner oder einen DMD-Scanner aufweist.
9. Abtastvorrichtung (10) nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass der MEMS-Scanner ein monolithischer 2D-Scanner ist.
10. Abtastvorrichtung (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Rotationsvorrichtung (14) eine mit Hilfe einer Antriebseinheit (30) antreibbare Zahnradanordnung (24, 26) umfasst, und dass die Zahnradanordnung (24, 26) ausgebildet ist, die Abtasteinheit (12) um die Rotationsachse (16) zu drehen.

11. Rastermikroskop (100) mit einer im Strahlengang des Rastermikroskops (100) angeordneten Abtastvorrichtung (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 10.
- 5 12. Rastermikroskop (100) nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Abtasteinheit (12) derart angeordnet ist, dass der auf das Ablenkelement (18) auftreffende Lichtstrahl (110) in einer Ruhestellung der Abtasteinheit (12) derart abgelenkt wird, dass der abgelenkte Lichtstrahl (112) und der auftreffende Lichtstrahl (110) einen vorbestimmten Ablenkwinkel (α_0) bilden, und
10 dass der vorbestimmte Ablenkwinkel (α_0) größer als ein maximaler Abtastwinkel (α_s) zum zweidimensionalen Abtasten des Objekts (122) und kleiner als 45° ist.
13. Rastermikroskop (100) nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass der
15 vorbestimmte Ablenkwinkel (α_0) kleiner oder gleich 35° , kleiner oder gleich 30° , kleiner oder gleich 25° , kleiner oder gleich 20° , kleiner oder gleich 15° oder kleiner oder gleich 10° ist.
14. Rastermikroskop (100) nach einem der Ansprüche 11 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass der maximale Abtastwinkel (α_s) $\pm 25^\circ$, $\pm 20^\circ$, $\pm 15^\circ$, $\pm 10^\circ$ oder \pm
20 5° beträgt.
15. Rastermikroskop (100) nach einem der Ansprüche 11 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass das Rastermikroskop (100) ein Laser-Rastermikroskop, vorzugsweise ein konfokales Laser-Rastermikroskop, ist.
25

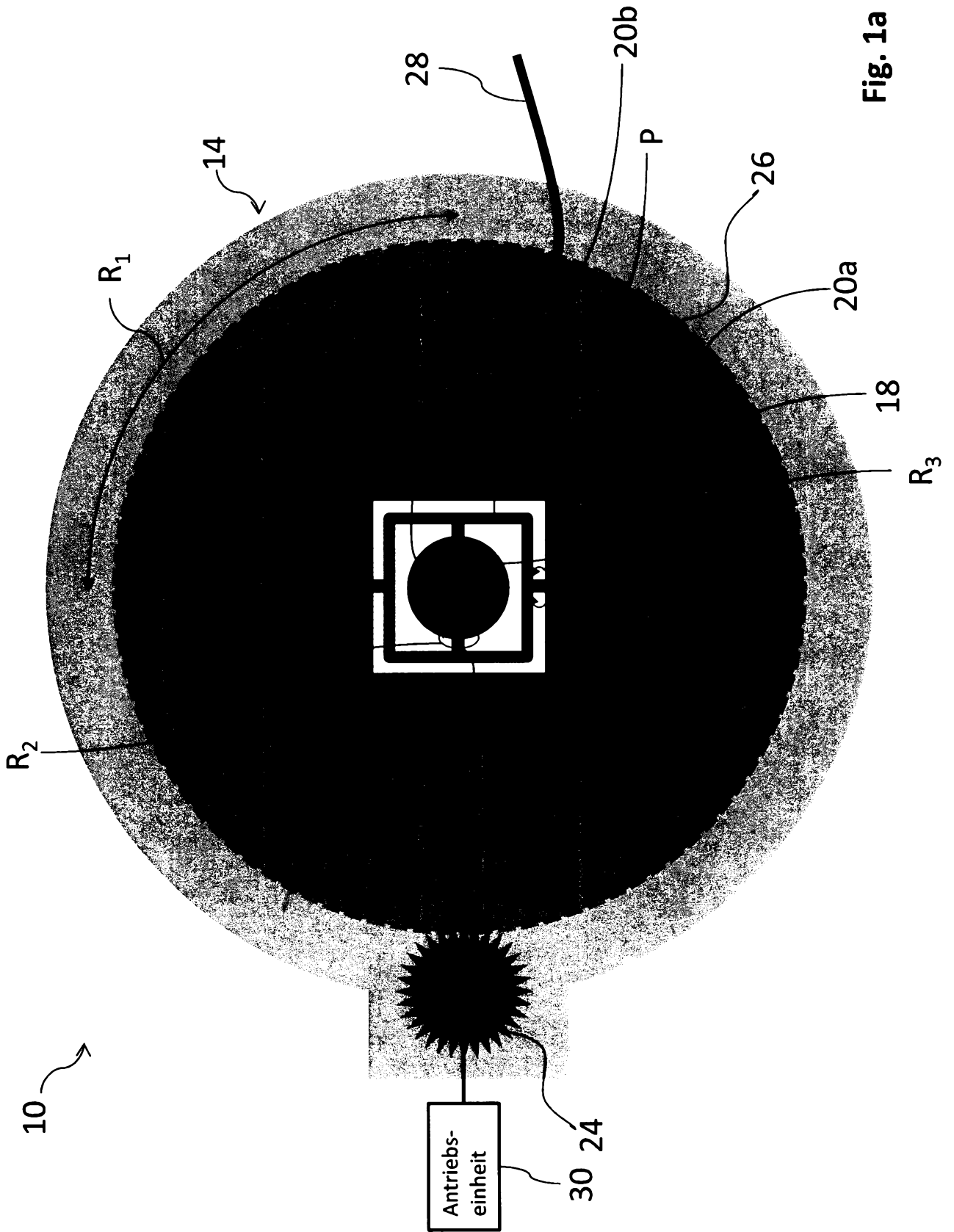


Fig. 1a

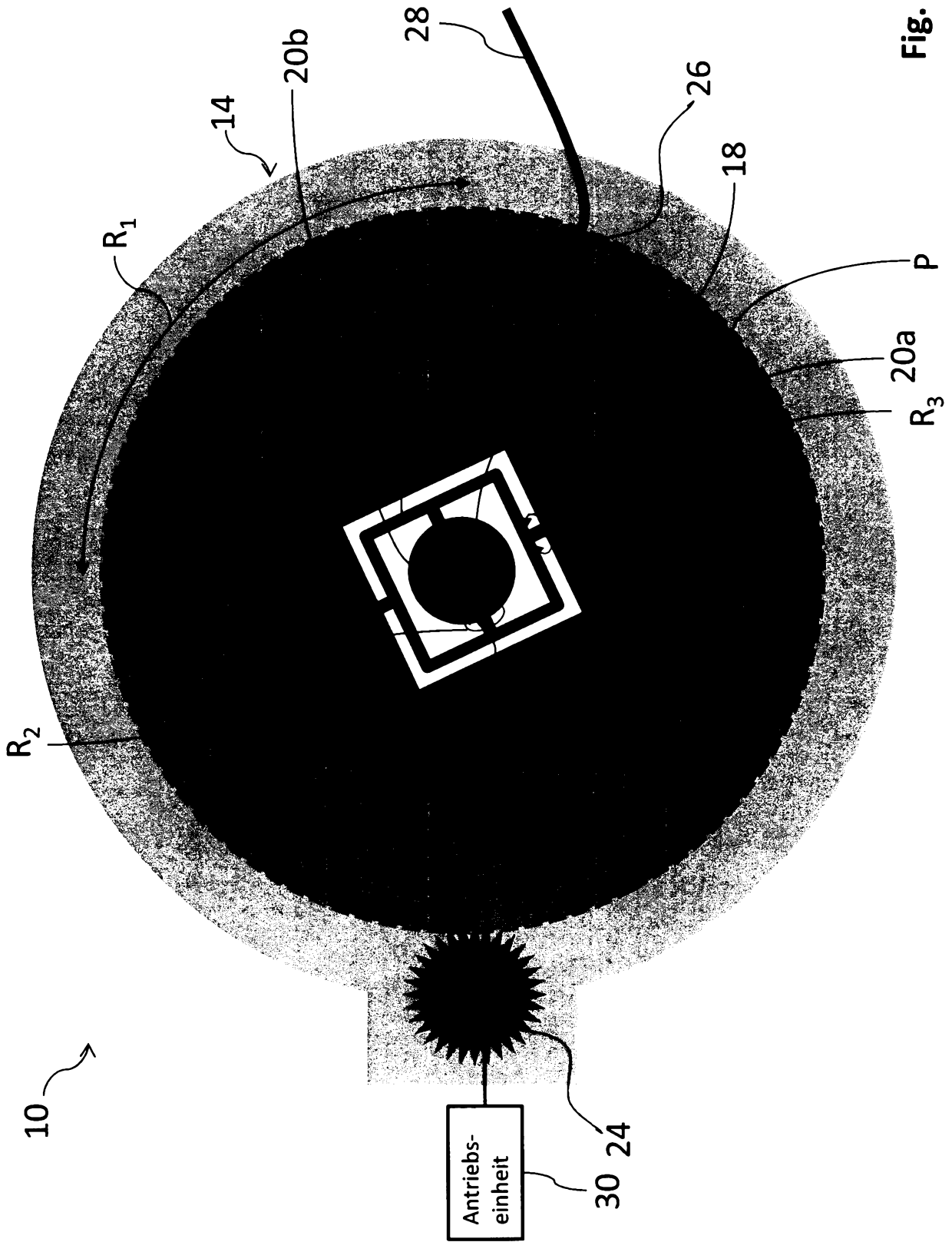


Fig. 1b

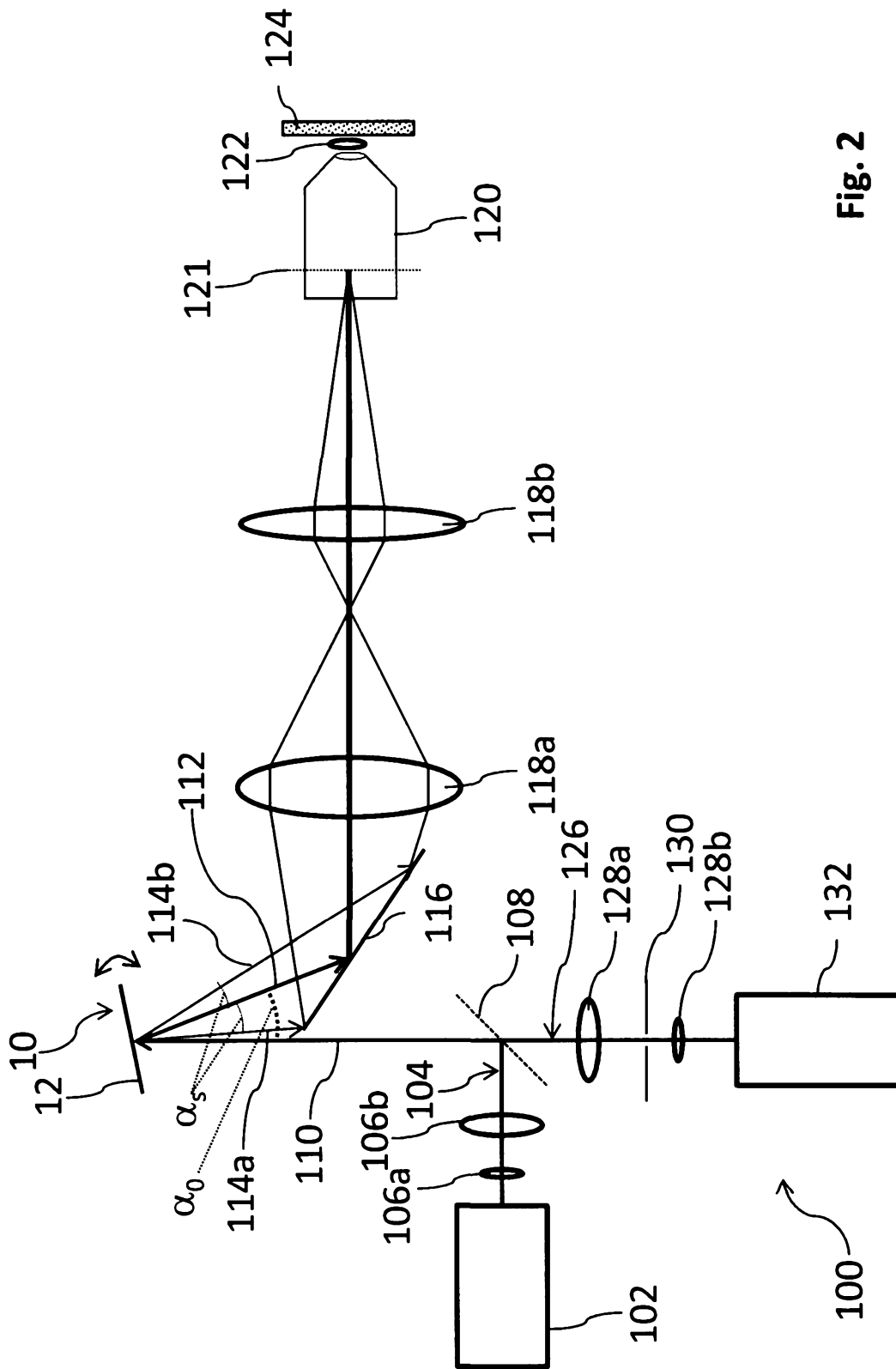


Fig. 2

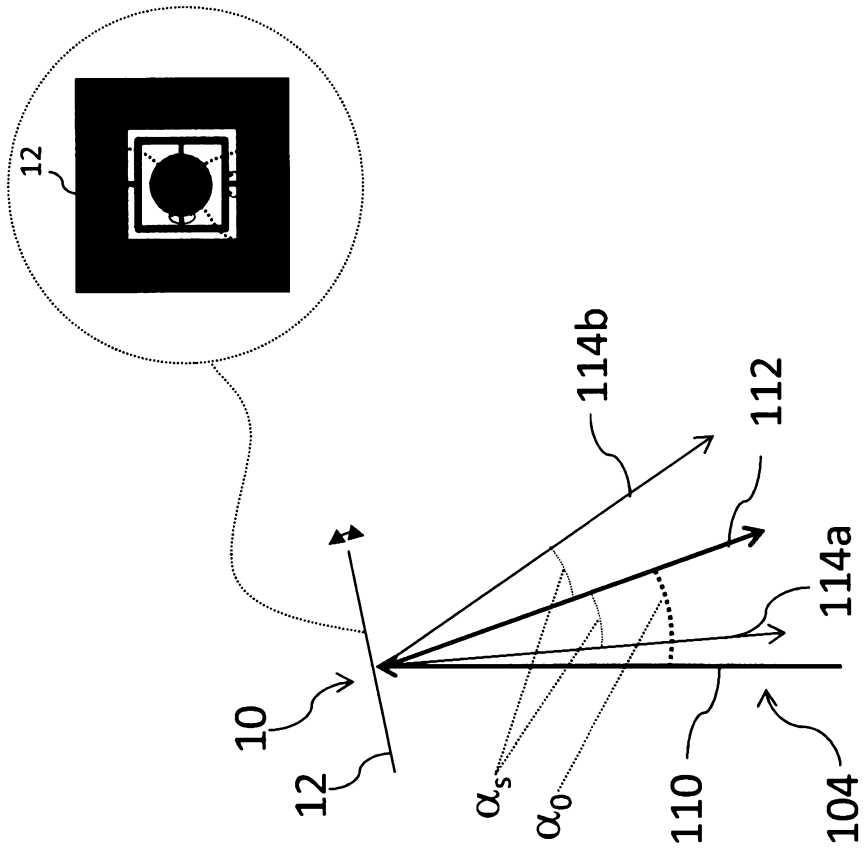


Fig. 3

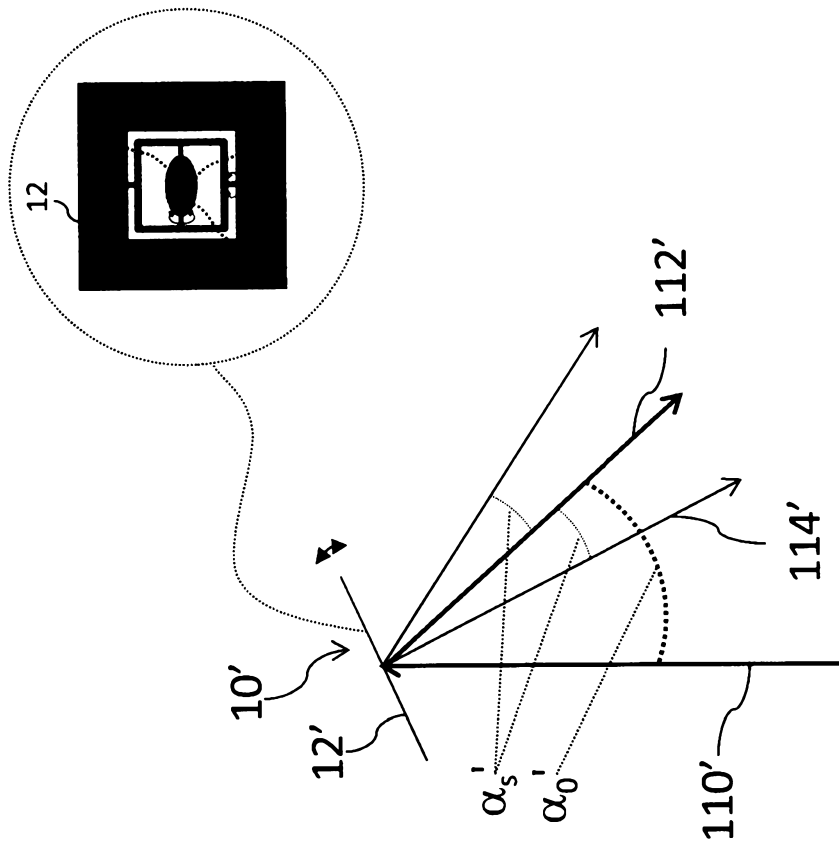


Fig. 4 (Stand der Technik)

Zusammenfassung

Eine Abtastvorrichtung (10) zum Abtasten eines Objekts (122) für den Einsatz in einem Rastermikroskop (100) umfasst mindestens eine Abtasteinheit (12) zum zwei-
5 dimensionalen Abtasten des Objekts (122) mit Hilfe eines Lichtstrahls (104) und mindestens eine Rotationsvorrichtung (14) zum Drehen der Abtasteinheit (12) um eine Rotationsachse (16), um eine Bildfeldrotation zu erzeugen. Dabei umfasst die Abtasteinheit (12) mindestens ein Ablenkelement (18) zum Ablenken eines auf das Ablenkelement (18) auftreffenden Lichtstrahls (110). Ferner hat das Ablenkelement (18)
10 eine rotationssymmetrische Form.

(Figur 1a)



RECHERCHENBERICHT

nach Artikel 35.1 a)

des luxemburgischen Gesetzes über Erfindungspatente
vom 20. Juli 1992

LO 1262
LU 92924

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
Y	DE 10 2012 019464 A1 (ZEISS CARL MICROSCOPY GMBH [DE]) 3. April 2014 (2014-04-03) * Absatz [0001] * * Absatz [0015] - Absatz [0017] * * Abbildung 1 *	1-11,15	INV. G02B21/00 G02B26/08 G02B26/10 ADD. G02B27/64
Y	DE 10 2008 054317 A1 (ZEISS CARL MICROIMAGING GMBH [DE]) 6. Mai 2010 (2010-05-06) * Absatz [0038] *	1-11,15	
A,D	US 2008/143196 A1 (SPRAGUE RANDALL B [US] ET AL) 19. Juni 2008 (2008-06-19) * Abbildungen 1-5 * * Absatz [0081] *	1-15	
A	US 2010/182667 A1 (ISHIDA DAISUKE [JP]) 22. Juli 2010 (2010-07-22) * Abbildungen 2-7 *	1-15	
A	US 6 072 625 A (KITAHARA AKIHIRO [JP] ET AL) 6. Juni 2000 (2000-06-06) * Abbildung 8 *	1-15	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) G02B
A	US 6 727 911 B1 (YAMADA ATSUSHI [JP] ET AL) 27. April 2004 (2004-04-27) * Abbildung 2 *	1-15	
Abschlußdatum der Recherche		Prüfer	
14. September 2016		Beutter, Matthias	
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze	
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet		E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist	
Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie		D : in der Anmeldung angeführtes Dokument	
A : technologischer Hintergrund		L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument	
O : mündliche Offenbarung		& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	
P : Zwischenliteratur			

2

EOB FORM 02.83 (P04C53)

**ANHANG ZUM RECHERCHENBERICHT
ÜBER DIE LUXEMBURGISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

LO 1262
LU 92924

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

14-09-2016

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102012019464 A1	03-04-2014	DE 102012019464 A1	03-04-2014
		US 2015253556 A1	10-09-2015
		WO 2014049127 A1	03-04-2014

DE 102008054317 A1	06-05-2010	DE 102008054317 A1	06-05-2010
		EP 2350726 A1	03-08-2011
		JP 5687201 B2	18-03-2015
		JP 2012507756 A	29-03-2012
		US 2011284767 A1	24-11-2011
		WO 2010060515 A1	03-06-2010

US 2008143196 A1	19-06-2008	US 2005253055 A1	17-11-2005
		US 2008042052 A1	21-02-2008
		US 2008143196 A1	19-06-2008
		US 2008143451 A1	19-06-2008
		US 2009027748 A1	29-01-2009
		US 2009134319 A1	28-05-2009

US 2010182667 A1	22-07-2010	CN 101782682 A	21-07-2010
		JP 5099020 B2	12-12-2012
		JP 2010169811 A	05-08-2010
		US 2010182667 A1	22-07-2010
		US 2013044359 A1	21-02-2013

US 6072625 A	06-06-2000	KEINE	

US 6727911 B1	27-04-2004	KEINE	



SCHRIFTLICHER BESCHEID

Dossier Nr. LO1262	Anmeldedatum (Tag/Monat/Jahr) 23.12.2015	Prioritätsdatum (Tag/Monat/Jahr)	Aktenzeichen Nr. LU92924
Internationale Patentklassifikation (IPK) INV. G02B21/00 G02B26/08 G02B26/10 ADD. G02B27/64			
Anmelder Leica Microsystems CMS GmbH			

Dieser Bescheid enthält Angaben zu folgenden Punkten:

- Feld Nr. I Grundlage des Bescheids
- Feld Nr. II Priorität
- Feld Nr. III Keine Erstellung eines Gutachtens über Neuheit, erfinderische Tätigkeit und gewerbliche Anwendbarkeit
- Feld Nr. IV Mangelnde Einheitlichkeit der Erfindung
- Feld Nr. V Begründete Feststellung hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung
- Feld Nr. VI Bestimmte angeführte Unterlagen
- Feld Nr. VII Bestimmte Mängel der Anmeldung
- Feld Nr. VIII Bestimmte Bemerkungen zur Anmeldung

Formblatt LU237A (Deckblatt) (January 2007)	Prüfer Beutter, Matthias
---	-----------------------------

SCHRIFTLICHER BESCHIED

Aktenzeichen Nr.

LU92924

Feld Nr. I Grundlage des Bescheids

1. Dieser Bescheid wurde auf der Grundlage des letzten vor dem Beginn der Recherche eingereichten Satzes von Ansprüchen erstellt.
2. Hinsichtlich der **Nucleotid- und/oder Aminosäuresequenz**, die in der Anmeldung offenbart wurde und für die beanspruchte Erfindung erforderlich ist, ist der Bescheid auf folgender Grundlage erstellt worden:
 - a. Art des Materials
 - Sequenzprotokoll
 - Tabelle(n) zum Sequenzprotokoll
 - b. Form des Materials
 - in Papierform
 - in elektronischer Form
 - c. Zeitpunkt der Einreichung
 - in der eingereichten Anmeldung enthalten
 - zusammen mit der Anmeldung in elektronischer Form eingereicht
 - nachträglich eingereicht
3. Wurden mehr als eine Version oder Kopie eines Sequenzprotokolls und/oder einer dazugehörigen Tabelle eingereicht, so sind zusätzlich die erforderlichen Erklärungen, dass die Information in den nachgereichten oder zusätzlichen Kopien mit der Information in der Anmeldung in der eingereichten Fassung übereinstimmt bzw. nicht über sie hinausgeht, vorgelegt worden.
4. Zusätzliche Bemerkungen:

SCHRIFTLICHER BESCHEID

Aktenzeichen Nr.

LU92924

Feld Nr. V Begründete Feststellung hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung

1. Feststellung

Neuheit	Ja: Ansprüche 1-15 Nein: Ansprüche
Erfinderische Tätigkeit	Ja: Ansprüche 12-14 Nein: Ansprüche 1-11, 15
Gewerbliche Anwendbarkeit	Ja: Ansprüche: 1-15 Nein: Ansprüche:

2. Unterlagen und Erklärungen:

siehe Beiblatt

Zu Punkt V

Begründete Feststellung hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung

1 Es wird auf die folgenden Dokumente verwiesen:

- D1 DE 10 2012 019464 A1 (ZEISS CARL MICROSCOPY GMBH [DE]) 3. April 2014 (2014-04-03)
- D2 DE 10 2008 054317 A1 (ZEISS CARL MICROIMAGING GMBH [DE]) 6. Mai 2010 (2010-05-06)
- D3 US 2008/143196 A1 (SPRAGUE RANDALL B [US] ET AL) 19. Juni 2008 (2008-06-19)

2 Die vorliegende Anmeldung erfüllt nicht die Erfordernisse der Patentierbarkeit, weil der Gegenstand der Ansprüche 1-11 und 15 nicht auf einer erfinderischen Tätigkeit beruht.

2.1 Dokument D1 offenbart eine Abtastvorrichtung ("Ablenkeinheit 5") zum Abtasten eines Objekts für den Einsatz in einem Rastermikroskop (siehe Par. 1), mit mindestens einer Abtasteinheit zum zweidimensionalen Abtasten des Objekts mit Hilfe eines Lichtstrahls (siehe Par. 17: "Zeilenabtastrichtung" und "Spaltenabtastrichtung") und mit mindestens einer Rotationsvorrichtung (siehe Par. 16: "einstellbar bildfelddrehendes Element, insbesondere ein drehbar gelagertes Abbe-König-Prisma,..."), um eine Bildfeldrotation zu erzeugen, wobei die Abtasteinheit mindestens ein Ablenkelement ("Ablenkeinheit 5") zum Ablenken eines auf das Ablenkelement auftreffenden Lichtstrahls umfasst.

D1 offenbart nicht, dass

- a) die Rotationsvorrichtung die Abtasteinheit um eine Rotationsachse dreht und
- b) das Ablenkelement eine rotationssymmetrische Form hat.

D2 beschäftigt sich ebenfalls mit dem Problem der Bildfeldrotation (siehe Par. 38). D2 lehrt in diesem Zusammenhang, dass eine Möglichkeit, die Bildfelddrehung zu realisieren, darin besteht, einem Bildfeldrotator, beispielsweise einem Abbe-König-Prisma, einzusetzen. Alternativ könne aber

auch der Modulator, der das Beleuchtungslicht moduliert, selbst gedreht werden. Daher würde ein Fachmann gemäß der Lehre aus D2 den Aufbau von D1 modifizieren, ohne erfinderisch tätig zu werden.

Bezüglich des Unterschieds b) ist es einem Fachmann bekannt, dass für einen zweiachsigen Modulator verschiedene Bauweisen bekannt sind. Darunter sind unter anderem MEMS-Spiegel mit zwei zueinander orthogonalen Rotationsachsen. Diese MEMS-Spiegel sind sowohl mit rechteckigen oder runden Spiegelementen bekannt (Dieses Fachwissen wird z. B. von D3, siehe Abb. 4A und 5, belegt). Da der Lichtfleck, der auf den Spiegel trifft, kleiner als die Spiegelfläche ist, ist es irrelevant, welche exakte Form das Spiegelement hat. Daher wird der Unterschied b) als eine für den Fachmann offensichtliche Designvariante angesehen.

Folglich beruht der Gegenstand des Anspruchs 1 nicht auf einer erfinderischen Tätigkeit im Hinblick auf die Kombination der Lehren der Dokumente D1 und D2 im Hinblick auf das Wissen eines Fachmanns.

- 2.2 Auch der Gegenstand der abhängigen Ansprüche 2-11 und 15 wird nicht als erfinderisch angesehen.
- 2.2.1 Die Ansprüche 2-5 beschreiben übliche Eigenschaften von 2D MEMS-Spiegeln, wie sie dem Fachmann bekannt sind und von D3 exemplarisch belegt sind (siehe Abb. 4A und 5).
- 2.2.2 Im Hinblick auf die obige Argumentation ist auch der Gegenstand der Ansprüche 8, 9, 11 und 15 direkt offensichtlich.
- 2.2.3 Bezüglich Anspruch 6 ist es für einen Fachmann offensichtlich, dass es notwendig ist, dass ein Bildfelddrehvorrichtung einen Drehbereich von 0° bis 180° aufweisen muss, um für alle möglicherweise auftretenden Objektverdrehungen geeignet zu sein. Aus Symmetriegründen braucht der Drehbereich offensichtlich nicht größer zu sein.
- 2.2.4 MEMS-Spiegel sind typischerweise Oberflächenspiegel (siehe z. B. D3: Par. 81: "bare silicon"), die im Gegensatz zu dielektrischen Spiegeln keine Polarisierungseffekte aufweisen. Daher ist auch der Gegenstand des Anspruchs 7 für einen Fachmann offensichtlich.
- 2.2.5 Für die Rotation einer optischen Komponente sind dem Fachmann verschiedene fachübliche Antriebe bekannt. Dazu gehören Getriebe, Riemenantriebe oder elektromagnetische Rotationsantriebe. Somit stellt der Gegenstand des Anspruchs 10 eine fachübliche und offensichtliche Gestaltung des Antriebs dar.

- 3 Die Anordnung der Komponenten im Rastermikroskop, wie sie in den Ansprüchen 12 bis 14 definiert ist, wird von keinem der zitierten Dokumente offenbart oder gelehrt und scheint daher eine mögliche Basis für einen gewährbaren Anspruchssatz zu bieten.