

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges

Eigentum

Internationales Büro



(43) Internationales

Veröffentlichungsdatum

4. April 2013 (04.04.2013)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer

WO 2013/045250 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

G01J 3/28 (2006.01) G02B 21/00 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2012/067421

(22) Internationales Anmeldedatum:

6. September 2012 (06.09.2012)

(25) Einreichungssprache:

Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache:

Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:

102011083718.3

29. September 2011 (29.09.2011) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): SCHICK, Anton [DE/DE]; Riemerweg 2, 84149 Velden (DE).

(74) Gemeinsamer Vertreter: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT; Postfach 22 16 34, 80506 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,

AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

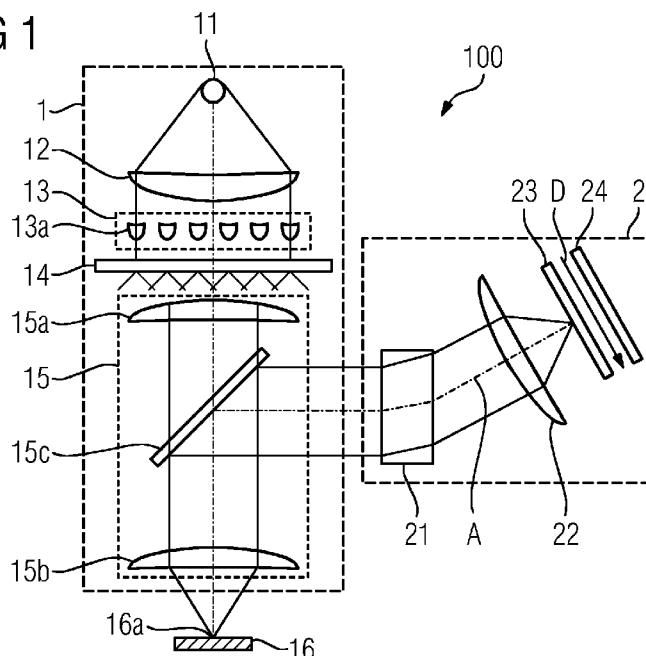
Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

(54) Title: CONFOCAL SPECTROMETER AND METHOD FOR IMAGING IN A CONFOCAL SPECTROMETER

(54) Bezeichnung : KONFOKALES SPEKTROMETER UND VERFAHREN ZUR BILDGEBUNG IN EINEM KONFOKALEN SPEKTROMETER

FIG 1



(57) Abstract: The invention relates to a confocal spectrometer, with a broadband light source, a first aperture device with a first slit grid of a main slit direction arranged in front of the light source, which aperture device is designed to produce a slit-shaped pattern of the light source, a first imaging optical unit, which is designed to focus the slit-shaped pattern of the light source on an object to be imaged, and a detector system which has a detector apparatus designed to capture the light reflected by the object for generating a spectrally resolved image of the object, a second imaging optical unit, which is designed to focus the reflected light onto the detector apparatus, and a dispersion element, which is arranged in front of the second imaging optical unit and which is designed to spectrally disperse the light reflected by the object along a dispersion axis perpendicular to the optical axis of the second imaging optical unit.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein konfokales Spektrometer, mit einer breitbandigen Lichtquelle,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



einer vor der Lichtquelle angeordneten ersten Blendenvorrichtung mit einem ersten Spaltraster einer Hauptspaltrichtung, welche dazu ausgelegt ist, ein spaltförmiges Muster der Lichtquelle zu erzeugen, einer ersten Abbildungsoptik, welche dazu ausgelegt ist, das spaltförmige Muster der Lichtquelle auf ein abzubildendes Objekt zu fokussieren, und einem Detektorsystem, welches eine Detektoreinrichtung, welche dazu ausgelegt ist, das von dem Objekt reflektierte Licht zum Erzeugen eines spektral aufgelösten Bildes des Objekts zu erfassen, eine zweite Abbildungsoptik, welche dazu ausgelegt ist, das reflektierte Licht auf die Detektoreinrichtung zu fokussieren, und ein Dispersionselement aufweist, welches vor der zweiten Abbildungsoptik angeordnet ist, und welches dazu ausgelegt ist, das von dem Objekt reflektierte Licht entlang einer Dispersionsachse senkrecht zu der optischen Achse der zweiten Abbildungsoptik spektral zu dispergieren.

Beschreibung

Konfokales Spektrometer und Verfahren zur Bildgebung in einem konfokalen Spektrometer

5

Die vorliegende Erfindung betrifft ein konfokales Spektrometer und ein Verfahren zur Bildgebung in einem konfokalen Spektrometer.

10 Stand der Technik

Konfokale Spektrometer arbeiten auf der Basis optischer Systeme, welche einen gemeinsamen Fokus aufweisen. Dadurch kann eine räumlich punktweise Messung gestreuten Lichts an einem abzubildenden Objekt vorgenommen werden. Bisherige einkanalierte Spektrometer nutzen in der Regel eine Zeilenkamera zur Aufnahme des Spektrums für einen Kanal. Daher ist es erst durch Rasterung der Objektoberfläche möglich, das heißt, über einen zeitlichen Scan, ein räumlich aufgelöstes Bild des Objekts zu erfassen.

Mehrkanalige Spektrometer nutzen einen Kamerachip zur zeilenförmigen Abtastung einer Oberfläche, wobei eine spektrale Auflösung auf dem Kamerachip in einer Richtung senkrecht zu der räumlichen Auflösung erfolgt. Derartige Systeme sind auch als sogenannte hyperspektrale Bildgebungssysteme ("Hyperspectral Imaging") bekannt. Auch bei diesen Systemen ist eine Rasterung der Objektoberfläche zur bildgebenden Erfassung des Objekts notwendig.

30

Die Druckschrift EP 1 984 770 B1 offenbart ein konfokales Spektroskopiesystem, wobei eine Kodierung eines Profils eines Objekts über den Spektralverlauf einer polychromatischen Lichtquelle erfolgt. Dazu wird eine Abbildungsoptik mit chromatischer Aberration verwendet, um eine wellenlängenabhängige Lage des Abbildungsfokus entlang der optischen Achse zu erzeugen.

Die Druckschrift DE 697 300 30 T2 offenbart ein konfokales spektroskopisches Abbildungssystem, bei dem Modulatormittel zur Abbildung eines Beleuchtungsmuster auf ein abzubildendes Objekt eingesetzt werden, so dass über die Beleuchtungsmustersequenz eine räumliche Auflösung des Objekts möglich ist.

Es besteht ein Bedarf an einem bildgebenden Spektrometer, welches für ein ruhendes Objekt für jeden Bildpunkt ein Spektrum des reflektierten bzw. gestreuten Lichts zur Erzeugung eines Bildkontrastes liefert.

Zusammenfassung der Erfindung

Ein Aspekt der vorliegenden Erfindung besteht daher in einem konfokalen Spektrometer, mit einer breitbandigen Lichtquelle, einer vor der Lichtquelle angeordneten ersten Blendenvorrichtung mit einem ersten Spaltraster einer Hauptspaltrichtung, welche dazu ausgelegt ist, ein spaltförmiges Muster der Lichtquelle zu erzeugen, einer ersten Abbildungsoptik, welche dazu ausgelegt ist, das spaltförmige Muster der Lichtquelle auf ein abzubildendes Objekt zu fokussieren, und einem Detektorsystem, welches eine Detektoreinrichtung, welche dazu ausgelegt ist, das von dem Objekt reflektierte Licht zum Erzeugen eines spektral aufgelösten Bildes des Objekts zu erfassen, eine zweite Abbildungsoptik, welche dazu ausgelegt ist, das reflektierte Licht auf die Detektoreinrichtung zu fokussieren, und ein Dispersionselement aufweist, welches vor der zweiten Abbildungsoptik angeordnet ist, und welches dazu ausgelegt ist, das von dem Objekt reflektierte Licht entlang einer Dispersionsachse senkrecht zu der optischen Achse der zweiten Abbildungsoptik spektral zu dispergieren.

Eine wesentliche Idee der Erfindung besteht darin, eine vollständige räumliche Auflösung zeitgleich mit einer vollständig spektralen Auflösung des Bildes eines Objekts in einem Spektrometer zu ermöglichen. Dazu wird die Konfokaltechnik mit einer Abbildungsblendenvorrichtung eingesetzt, wobei die

Blendenvorrichtung ein Spaltmuster aufweist, welches ein Spaltraster auf das gesamte Objekt projiziert. Wenn das durch das projizierte Spaltraster von dem Objekt reflektierte konfokal auf eine Detektoreinrichtung abgebildet wird, kann eine spektrale Auflösung in den Zwischenräumen des Spaltrasters erfolgen. Dies ermöglicht ein spektral dispersives Element, welches das reflektierte Licht spektral aufgelöst in die jeweiligen Spaltzwischenräume abbilden kann.

Gemäß einer Ausführungsform kann das Detektorsystem weiterhin eine zweite Blendenvorrichtung mit einem zweiten Spaltraster der Hauptspaltrichtung des ersten Spaltrasters aufweisen, welche zwischen dem Dispersionselement und der Detektoreinrichtung angeordnet ist, und welche dazu ausgelegt ist, eine spektrale Auswahl des auf die Detektoreinrichtung treffenden reflektierten Lichts zu treffen.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform kann die zweite Blendenvorrichtung entlang der Dispersionsachsenrichtung verschiebbar sein. Dies ermöglicht vorteilhafterweise die mechanische Auswahl einer abzubildenden Wellenlänge des reflektierten Lichts.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform kann das zweite Spaltraster eine Vielzahl von ersten Spalten, welche in Relation zu den Spalten des ersten Spaltrasters um eine erste vorbestimmte Distanz senkrecht zur Hauptspaltrichtung versetzt sind, und eine Vielzahl von zweiten Spalten aufweisen, welche in Relation zu den Spalten des ersten Spaltrasters um eine von der ersten Distanz verschiedene zweite vorbestimmte Distanz senkrecht zur Hauptspaltrichtung versetzt sind. Dies bietet den Vorteil, dass für bestimmte Anwendungen, in denen besondere Wellenlängen des reflektierten Lichts von Interesse sind, beispielsweise medizinische Bildgebungsverfahren in der Chirurgie oder Gewebediagnostik, eine vordefinierte Selektion einer Anzahl von Wellenlängen vorgenommen werden kann, ohne dass die zweite Blendenvorrichtung mechanisch entlang der Dispersionsachse verschoben werden muss. Dadurch können in

sehr kurzer Zeit komplette räumlich und spektral aufgelöste Bilder eines Objekts konfokal erfasst werden.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform kann die erste Blenden-
5 vorrichtung eine Vielzahl von Zylinderlinsen aufweisen, wel-
che dazu ausgelegt sind, Licht der Lichtquelle auf die Spalte
des ersten Spaltrasters abzubilden. Dies bietet den Vorteil,
dass die Lichtintensität der Lichtquelle maximal ausgenutzt
werden kann, da nahezu das gesamte Licht der Lichtquelle auf
10 das Spaltraster kollimiert werden kann.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform kann das Spektrometer
weiterhin ein Strahlteilerelement aufweisen, welches im
Strahlengang der ersten Abbildungsoptik angeordnet ist, und
15 welches dazu ausgelegt ist, das reflektierte Licht des Ob-
jekts aus dem Strahlengang der ersten Abbildungsoptik in das
Detektorsystem zu lenken. Dadurch ist in vorteilhafter Weise
eine physische Entkopplung des Detektorsystems von dem Abbil-
dungssystem möglich.

20 Gemäß einer weiteren Ausführungsform kann das Dispersionsele-
ment ein Prisma, ein Beugungsgitter, ein Interferenzfilter
oder einen akusto-optischen Modulator umfassen.

25 Gemäß einer weiteren Ausführungsform kann die Detektorein-
richtung ein CCD-Sensorarray, ein CMOS-Sensorarray oder ein
Avalanche-Photodiodenarray aufweisen. Dabei kann die Detek-
toreinrichtung dazu ausgelegt sein, reflektierte Bildpunkte
des Objekts entlang einer Arrayachse spektral aufzulösen.
30 Dies ist besonders vorteilhaft, da einzelne Bildpixel des Ob-
jekts jeweils auf ein Unterarray von Pixeln des Arrays der
Detektoreinrichtung abgebildet werden können. Mithilfe dieser
Unterarrays von Pixeln können dann sowohl räumlich als auch
spektral aufgelöste Bilder eines Objekts erstellt werden, was
35 besonders für medizinische bildgebende Anwendungen eine In-
formationsanreicherung in räumlichen Darstellungen von Objek-
ten bedeutet.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform kann die Lichtquelle eine Weißlichtquelle sein. Dadurch steht in vorteilhafterweise zu jedem Zeitpunkt der Bildgebung jede spektrale Komponente gleichermaßen im reflektierten Lichtspektrum zur Erfassung
5 zur Verfügung. Insbesondere können dadurch verschiedene Wellenlängen des reflektierten Lichtspektrums gleichzeitig erfasst werden.

Die vorliegende Erfindung schafft gemäß einem weiteren Aspekt
10 ein Verfahren zur Bildgebung in einem konfokalen Spektrometer, mit den Schritten des Abbildens einer breitbandigen Lichtquelle auf eine erste Blendenvorrichtung mit einem ersten Spaltraster einer Hauptspaltrichtung zum Erzeugen eines Spaltmusters, des Fokussierens des Spaltmusters auf ein abzubildendes Objekt, des spektralen Dispergierens des durch das
15 Objekt reflektierten Lichts entlang einer Dispersionsachse, welche senkrecht zu der Hauptspaltrichtung steht, des Fokussierens des spektral dispergierten reflektierten Lichts auf eine Detektoreinrichtung, und des Detektierens des reflektierten Lichts in der Detektoreinrichtung zum Erzeugen eines
20 spektral aufgelösten Bildes des Objekts.

Gemäß einer Ausführungsform kann das Verfahren weiterhin den Schritt des Fokussierens des spektral dispergierten reflektierten Lichts auf eine zweite Blendenvorrichtung mit einem zweiten Spaltraster der Hauptspaltrichtung des ersten Spaltrasters, welche vor der Detektoreinrichtung angeordnet ist, umfassen.
25

30 Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform kann das Verfahren den Schritt des Verschiebens der zweiten Blendenvorrichtung entlang der Dispersionsachsenrichtung zum Auswählen der Wellenlänge des detektierten Lichts umfassen. Dadurch können verschiedene Wellenlängen des reflektierten Lichtspektrums
35 gezielt während der spektroskopischen Aufnahme zur Erfassung ausgewählt werden.

Weitere Modifikationen und Variationen ergeben sich aus den Merkmalen der abhängigen Ansprüche.

Kurze Beschreibung der Figuren

5

Verschiedene Ausführungsformen und Ausgestaltungen der vorliegenden Erfindung werden nun in Bezug auf die beiliegenden Zeichnungen genauer beschrieben, in denen

- 10 Fig. 1 eine schematische Darstellung eines konfokalen Spektrometers gemäß einem Aspekt der Erfindung;
- 15 Fig. 2 eine schematische Darstellung einer Blendenvorrichtung eines konfokalen Spektrometers gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung;
- 20 Fig. 3 eine schematische Darstellung einer Abbildung eines Spaltrasters auf einer Detektoreinrichtung eines konfokalen Spektrometers gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung;
- 25 Fig. 4 eine schematische Darstellung einer Blendenvorrichtung eines konfokalen Spektrometers gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung;
- 30 Fig. 5 eine schematische Darstellung einer Abbildung eines Spaltrasters auf einer Detektoreinrichtung eines konfokalen Spektrometers gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung;
- 35 Fig. 6 eine schematische Darstellung einer Blendenvorrichtung eines konfokalen Spektrometers gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung;
- Fig. 7 eine schematische Darstellung eines Verfahrens zur Bildgebung in einem konfokalen Spektrometer gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung;

Fig. 8 eine schematische Darstellung eines konfokalen Spektrometers;

Fig. 9 eine schematische Darstellung einer Blendenvorrichtung eines konfokalen Spektrometers;

Fig. 10 eine schematische Darstellung eines konfokalen Spektrometers; und

10 Fig. 11 eine schematische Darstellung eines Verfahrens zur Bildgebung in einem konfokalen Spektrometer zeigt.

Die beschriebenen Ausgestaltungen und Weiterbildungen lassen sich, sofern sinnvoll, beliebig miteinander kombinieren. Weitere mögliche Ausgestaltungen, Weiterbildungen und Implementierungen der Erfindung umfassen auch nicht explizit genannte Kombinationen von zuvor oder im Folgenden bezüglich der Ausführungsbeispiele beschriebenen Merkmale der Erfindung.

20 Die beiliegenden Zeichnungen sollen ein weiteres Verständnis der Ausführungsformen der Erfindung vermitteln. Sie veranschaulichen Ausführungsformen und dienen im Zusammenhang mit der Beschreibung der Erklärung von Prinzipien und Konzepten der Erfindung. Andere Ausführungsformen und viele der genannten Vorteile ergeben sich im Hinblick auf die Zeichnungen. Die Elemente der Zeichnungen sind nicht notwendigerweise maßstabsgerecht zueinander gezeigt. Gleiche Bezugszeichen bezeichnen dabei gleiche oder ähnlich wirkende Komponenten. Die im Folgenden verwendete Richtungsterminologie mit Begriffen wie "oben", "unten", "rechts", "links", "vorne", "hinten" und dergleichen wird lediglich zum leichteren Verständnis der Zeichnungen eingesetzt und stellt keine Beschränkung der Allgemeinheit dar.

35 Ausführliche Beschreibung der Erfindung

Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung eines konfokalen Spektrometers 100. Das Spektrometer 100 umfasst ein Abbil-

dungssystem 1, welches dazu ausgelegt ist, Licht einer Lichtquelle 11 auf ein zu spektroskopierendes Objekt 16 zu fokussieren. Das Spektrometer 100 umfasst außerdem ein Detektorsystem 2, welches dazu ausgelegt ist, Licht, welches durch 5 das Objekt 16 gestreut und/oder reflektiert wird, zu erfassen und daraus ein Bild der Objekts 16 zu erzeugen.

Das Abbildungssystem 1 umfasst eine Lichtquelle 11. Die 10 Lichtquelle 11 kann eine breitbandige oder auch polychromatische Lichtquelle 11 sein, das heißt, eine Lichtquelle 11 die Licht über einen weiten Frequenz- bzw. Wellenlängenbereich abgibt. Beispielsweise kann die Lichtquelle 11 eine Weißlichtquelle, ein Globar, eine Nernstlampe, eine Nickel-Chrom-Wendel, eine Halogen-Gasentladungslampe, eine Xenon- 15 Gasentladungslampe, eine Superlumineszenzdiode, eine LED oder eine ähnliche polychromatische Lichtquelle sein. Weiterhin kann der spektrale Wellenlängenbereich, den das Emissionspektrum der Lichtquelle 11 umfasst, im UV-Bereich, im Bereich des sichtbaren Lichts und/oder im Infrarotbereich liegen. 20

Das von der Lichtquelle 11 emittierte Licht kann über eine Linse 12 zu einem parallelen Strahlenbündel kollimiert werden und auf eine erste Blendenvorrichtung 14 gerichtet werden. 25 Die erste Blendenvorrichtung 14 kann ein spaltförmiges bzw. schlitzförmiges Raster aufweisen. Ein Beispiel für ein derartiges spaltförmiges Raster ist schematisch in Fig. 2 dargestellt. Die erste Blendenvorrichtung 14 in Fig. 2 weist eine Struktur aus Durchgangsschlitzten 14_k auf. Die Durchgangsschlitzte können in einem spaltförmigen Muster angeordnet 30 sein, so dass zwei benachbart gelegene Durchgangsspalte 14_k und 14_{k+1} um einen lateralen vorbestimmten Abstand beabstandet sind. Die Anzahl der Durchgangsspalte 14_k kann dabei beliebig groß sein. Ebenso kann die Breite der Durchgangsspalte 14_k beliebig groß sein. Die Durchgangsspalte 14_k können eine Länge 35 aufweisen, welche der Länge des aufzulösenden Bereichs auf dem Objekt 16 entsprechen kann.

Es kann in dem Abbildungssystem 1 vorgesehen sein, dass das kollimierte Licht über Zylinderlinsen 13a in einer Zylinderlinsenanordnung 13 auf die Spalte des Spaltrasters 14_k der ersten Blendenvorrichtung 14 fokussiert werden. Dabei kann
5 jedem Durchgangsspalt 14_k jeweils eine der Zylinderlinsen 13a zugeordnet sein. Die Zylinderlinsenanordnung 13 kann beispielsweise integral mit der ersten Blendenvorrichtung 14 verbunden sein. Durch die Zylinderlinsen 13 kann ein höherer Anteil des Lichts der Lichtquelle 11 zur Projektion des
10 Spaltrasters 14_k der ersten Blendenvorrichtung 14 auf das Objekt 16 genutzt werden.

Das die erste Blendenvorrichtung 14 passierende Licht kann über eine erste Abbildungsoptik 15 auf das Objekt 16 fokussiert werden. Dabei wird das Objekt 16 auf seiner Oberfläche auf einem Fokuspunkt 16a durch das Licht der Lichtquelle 11 beleuchtet. Die Beleuchtung erfolgt in dem Muster der Spaltstruktur der ersten Blendenvorrichtung 14. Dazu können beispielsweise eine Tubusoptik 15a sowie eine Objektivlinsenvorrichtung 15b eingesetzt werden.
20

Das von dem Objekt 16 gestreute bzw. reflektierte Licht wird durch die Objektivlinsenvorrichtung 15b wieder zurück in die Abbildungsoptik 15 geführt. In der Abbildungsoptik 15 kann ein Strahlteilerelement 15c angeordnet sein, welches beispielsweise ein polarisierender Strahlteiler, ein Interferenzfilter oder ein ähnliches, einen einfallenden Lichtstrahl teilendes optisches Bauelement sein kann. Das gestreute bzw. reflektierte Licht wird über einen Strahlengang mit einer optischen Achse in das Detektorsystem 2 gelenkt.
30

Das Detektorsystem 2 weist ein spektral dispersives Element 21 auf, welches eine spektrale Aufspaltung des breitbandig reflektierten Lichts des Objekts entlang einer Dispersionsrichtung bewirkt. Die Dispersionsrichtungsachse D kann dabei senkrecht zu der optischen Achse A stehen, so dass die spektrale Information des gestreuten bzw. reflektierten Lichts entlang der Dispersionsrichtungsachse D aufgelöst ist. Das
35

Dispersionselement 21 kann beispielsweise ein Prisma, ein Beugungsgitter, ein holografisches Gitter, ein Blazegitter, einen akusto-optischen Modulator, ein Interferenzfilter oder ein ähnliches Element aufweisen.

5

Das spektral dispergierte Licht kann über eine Fokussierlinse 22 auf eine zweite Blendenvorrichtung 23 fokussiert werden. Die zweite Blendenvorrichtung 23 kann dabei insbesondere ein der ersten Blendenvorrichtung 14 ähnliches Spaltraster aufweisen. Das spektral dispergierte Licht wird durch die zweite Blendenvorrichtung 23 hindurch auf eine Detektoreinrichtung 24 abgebildet.

Es kann dabei möglich sein, als Detektoreinrichtung 24 ein eindimensionales Sensorarray, beispielsweise ein CCD-Sensorarray, ein CMOS-Sensorarray, ein Avalanche-Photodioden-Array oder eine ähnliche Zeilenmatrix an lichtempfindlichen Sensorelementen aufweisen. Die Detektoreinrichtung 24 kann in diesem Fall mit der zweiten Blendenvorrichtung 23 gemeinsam entlang der Dispersionsrichtungsachse D verschoben werden, so dass durch die zweite Blendenvorrichtung 23 jeweils ein Anteil des spektral dispergierten Lichts des Dispersionselements 21 ausgewählt und auf die Detektoreinrichtung 24 abgebildet werden kann.

25

Alternativ kann es auch möglich sein, keine zweite Blendenvorrichtung 23 zu verwenden. Dabei kann dann ein zweidimensionales Sensorarray, beispielsweise ein CCD-Sensorarray, ein CMOS-Sensorarray, ein Avalanche-Photodioden-Array oder eine ähnliche flächige Matrix an lichtempfindlichen Sensorelementen als Detektoreinrichtung 24 eingesetzt werden. Auf diese Weise kann jede Wellenlängenanteil des spektral dispergierten Lichts entlang der Arrayachse erfasst werden, die parallel zu der Dispersionsrichtungsachse D verläuft. Dazu kann das spektral dispergierte Licht über die Fokussierlinse 22 direkt auf die Detektoreinrichtung 24 fokussiert werden. Eine beispielhafte Ausführungsform einer solchen Detektoreinrichtung

24 ist in Fig. 3 zur Veranschaulichung schematisch dargestellt.

Fig. 3 zeigt eine Detektoreinrichtung 24, welche ein Array 5 24a aus Detektorpixeln aufweist. Die Detektorpixel können dabei beispielsweise einzelne Sensorelemente des Arrays 24a umfassen. Das Strahlraster 14_k der ersten Blendenvorrichtung 14 wird dabei konfokal auf das Detektorarray 24a abgebildet. Dabei entsteht beispielsweise ein Strahlmuster aus Spaltabbildungen 25_k. Die gezeigten Spaltabbildungen 25_k entsprechen dabei jeweils einer bestimmten Wellenlänge des reflektierten und spektral dispergierten Lichts. Ein Bildpunkt des Objekts 10 16 wird in ein Unterarray 26_{k,n} des Detektorarrays 24a abgebildet. In einer Hauptspaltrichtung R erfolgt dabei eine räumliche Auflösung des Objekts 16 in vertikaler Richtung, während entlang einer Arrayachse S eine spektrale Auflösung 15 erfolgen kann.

Gezeigt sind in gestrichelten Umrandung zwei Nachbarpixel 20 26_{k+1,n} und 26_{k,n+1} des Unterarrays 26_{k,n}. Der Nachbarpixel 26_{k+1,n} bildet dabei einen auf den Pixel 26_{k,n} in lateraler räumlicher Richtung folgenden Bildpunkt des Objekts 16 ab, während der Nachbarpixel 26_{k,n+1} einen auf den Pixel 26_{k,n} in vertikaler räumlicher Richtung folgenden Bildpunkt des Objekts 16 abbildet. Entlang der Arrayachse S kann innerhalb jedes Unterarrays 25 eine spektrale Auflösung des jeweiligen Bildpunkt des Objekts 16 erfolgen, da das spektral dispersive Element 21 eine spektrale Aufspaltung des Objektbilds entlang der Dispersionsrichtungsachse D verursacht, welche beispielsweise mit der Arrayachse S zusammenfallen kann. Die Auswahl des zu bestimmen spektralen Bereichs des reflektierten Lichts 30 kann beispielsweise über die elektronische Ansteuerung der jeweils entlang der Arrayachse S liegenden spektral zugeordneten Pixel innerhalb der Unterarrays 26_{k,n} erfolgen.

35

Wenn eine zweite Blendenvorrichtung 23 eingesetzt wird, wird jeweils nur derjenige spektrale Teil des spektral dispergierten Lichts auf die Detektoreinrichtung 24 gelenkt, welcher

dem lateralen Versatz der zweiten Blendenvorrichtung 23 entlang der Dispersionsrichtungsachse D im Bezug auf die Lage der ersten Blendenvorrichtung 13 entspricht. Mit anderen Worten, durch einen lateralen Versatz des Spaltrasters der zweiten Blendenvorrichtung 23 kann eine spektrale Auswahl des reflektierten Lichts getroffen werden, so dass nur ein Teil einer zweidimensionalen Detektoreinrichtung 24 beleuchtet wird.

Fig. 4 zeigt eine schematische Darstellung einer zweiten Blendenvorrichtung 23. Die zweite Blendenvorrichtung 23 kann dabei ein Spaltraster 23_k aufweisen, welches dem Spaltraster der ersten Blendenvorrichtung 14 entsprechen kann. Durch einen lateralen Versatz um eine vorbestimmte Distanz d entlang der Dispersionsrichtungsachse D kann die zweite Blendenvorrichtung 23 einen bestimmten spektral aufgespaltenen Teil des reflektierten Lichts selektieren. Durch eine Variation des Versatzes der zweiten Blendenvorrichtung 23 um verschiedene vorbestimmte Distanzen d kann das gesamte Spektrum des gestreuten bzw. reflektierten Lichts entlang der Arrayachse S eines Unterarrays $26_{k,n}$ des Detektorarrays 24a abgebildet werden.

Fig. 5 zeigt eine schematische Darstellung einer beispielhaften Abbildung eines spektralen Anteils des Bildes des Objekts 16. Beispielsweise wird eine um eine vorbestimmte Distanz d gegenüber der ersten Blendenvorrichtung 14 lateral verschobene Blendenvorrichtung 23 ein Spaltmuster 23_k auf dem Detektorarray 24a abbilden. Dieses Spaltmuster 23_k ist gegenüber dem Spaltmuster 25_k entlang der Arrayachse S verschoben und bildet gleichzeitig einen anderen spektralen Bereich des gestreuten bzw. reflektierten Lichts des Objekts auf dem Detektorarray 24a ab. Dadurch kann über die Aufweitung der Bildpunkte des Objekts 16 in Unterarrays $26_{k,n}$ der Detektoreinrichtung 24 zugleich eine räumliche Auflösung des Objekts, das heißt, eine Bildgebung, und eine spektrale Auflösung des Objekts erfolgen.

Die spektrale Bilderfassung kann beispielsweise über eine scannende laterale Versatzbewegung der Blendenvorrichtung 23 erfolgen. Alternativ kann es möglich sein, über eine elektronische Ansteuerung der Pixel der Detektoreinrichtung 24 eine spektrale Auswahl zu treffen.

Für bestimmte Anwendungen, beispielsweise im medizinischen Bereich, kann es sinnvoll sein, eine Vorauswahl an aufzulösenden spektralen Bereichen zu treffen. Fig. 6 zeigt eine schematische Darstellung einer zweiten Blendenvorrichtung 23, welche neben einem ersten Spaltraster 23_k ein zweites Spaltraster 27_k aufweist, welches gegenüber dem ersten Spaltraster 23_k um eine vorbestimmte Distanz versetzt ist. Die Anzahl der Spaltraster ist in Fig. 6 nur beispielhaft mit zwei dargestellt - es kann prinzipiell jede beliebige Anzahl von Spaltrestern zur Auswahl einer Vielzahl von aufzulösenden Wellenlängenbereichen verwendet werden. Durch die Vorauswahl der Wellenlängenbereiche ist es nicht mehr nötig, die zweite Blendenvorrichtung 23 zu bewegen, da jedes Spaltraster 23_k und 27_k den ihm zugewiesenen spektral dispergierten Wellenlängenbereich auf disjunkte Pixelbereiche des Detektorarrays 24a projizieren können. Auf diese Weise können beispielsweise eindimensionale Detektorarrays 24a mit hoher Lichtempfindlichkeit, wie zum Beispiel Avalanche-Photodiodenarrays eingesetzt werden, da ohnehin nur ein vorbestimmter Spaltbereich der Detektoreinrichtung 24 zur Erfassung des Lichts von dem Objekt 16 genutzt werden kann. Eine denkbare Anwendung ist die Erzielung von spektralem Kontrast zwischen gutartigem Gewebe und Tumorgewebe in der bildgebenden Gewebediagnostik.

Fig. 7 zeigt eine schematische Darstellung eines Verfahrens 200 zur Bildgebung in einem konfokalen Spektrometer, insbesondere in einem konfokalen Spektrometer 100, wie in Fig. 1 gezeigt. Das Verfahren 200 umfasst als ersten Schritt 201 ein Abbilden einer breitbandigen Lichtquelle auf eine erste Blendenvorrichtung mit einem ersten Spaltraster einer Hauptspalt-richtung zum Erzeugen eines Spaltmusters. Die Lichtquelle kann dabei beispielsweise ein Weißlichtquelle oder eine poly-

chromatische Lichtquelle sein. Das Abbilden der Lichtquelle kann dabei derart erfolgen, dass die Lichtquelle auf die Spalte des ersten Spaltrasters mithilfe einer Vielzahl von den Spalten zugeordneten Zylinderlinsen abgebildet wird.

5

In einem zweiten Schritt 202 erfolgt ein Fokussieren des Spaltmusters auf ein abzubildendes Objekt. In einem dritten Schritt 203 erfolgt ein spektrales Dispergieren des durch das Objekt reflektierten Lichts entlang einer Dispersionsachse, welche senkrecht zu der Hauptspaltrichtung steht. Das spektrale Dispergieren kann beispielsweise mithilfe eines Prismas, eines Beugungsgitters, eines Interferenzfilters oder eines akusto-optischen Modulators durchgeführt werden.

10 15 In einem vierten Schritt 204 kann ein Fokussieren des spektral dispergierten reflektierten Lichts auf eine Detektoreinrichtung erfolgen. Dabei kann es möglich sein, das spektral dispergierte Licht auf eine zweite Blendenvorrichtung mit einem zweiten Spaltraster der Hauptspaltrichtung des ersten Spaltrasters zu fokussieren. Es ist dabei möglich, dass ein Teilen des von dem Objekt reflektierten Lichts mit einem Strahlteilelement aus dem Strahlengang der Abbildung des Spaltmusters erfolgt.

20 25 30 35 In einem fünften Schritt 205 erfolgt ein Detektieren des reflektierten Lichts zum Erzeugen eines spektral aufgelösten Bildes des Objekts. Das Detektieren des reflektierten Lichts kann beispielsweise mit einem zweidimensionalen CCD-Sensorarray, einem CMOS-Sensorarray oder einem Avalanche-Photodiodenarray durchgeführt werden. Dabei können die reflektierten Bildpunkte des Objekts entlang einer Arrayachse spektral aufgelöst werden. Wenn eine zweite Blendenvorrichtung verwendet wird, kann es zur Auswahl der Wellenlänge des detektierten Lichts möglich sein, die zweite Blendenvorrichtung entlang der Dispersionsachsenrichtung zum Auswählen der Wellenlänge des detektierten Lichts zu verschieben. In diesem Fall kann als Detektoreinrichtung auch ein eindimensionales Sensorarray, beispielsweise ein empfindliches eindimensiona-

les Avalanche-Photodiodenarray verwendet werden, welches mit der zweiten Blendenvorrichtung zusammen entlang der Dispersionsachsenrichtung verschoben werden kann.

5 Fig. 8 zeigt eine schematische Darstellung eines konfokalen Spektrometers 300. Das Spektrometer 300 umfasst ein Abbildungssystem 1, welches dazu ausgelegt ist, Licht einer Lichtquelle 11 auf ein zu spektroskopierendes Objekt 16 zu fokussieren. Das Spektrometer 300 umfasst außerdem ein Detektorsystem 2, welches dazu ausgelegt ist, Licht, welches durch das Objekt 16 gestreut und/oder reflektiert wird, zu erfassen und daraus ein Bild der Objekts 16 zu erzeugen.
10

Das Abbildungssystem 1 umfasst eine Lichtquelle 11. Die
15 Lichtquelle 11 kann eine breitbandige oder auch polychromatische Lichtquelle 11 sein, das heißt, eine Lichtquelle 11 die Licht über einen weiten Frequenz- bzw. Wellenlängenbereich abgibt. Beispielsweise kann die Lichtquelle 11 eine Weißlichtquelle, ein Globar, eine Nernstlampe, eine Nickel-Chrom-
20 Wendel, eine Halogen-Gasentladungslampe, eine Xenon-Gasentladungslampe, eine Superlumineszenzdiode, eine LED oder eine ähnliche polychromatische Lichtquelle sein. Weiterhin kann der spektrale Wellenlängenbereich, den das Emissionspektrum der Lichtquelle 11 umfasst, im UV-Bereich, im Bereich des sichtbaren Lichts und/oder im Infrarotbereich liegen.
25

Das von der Lichtquelle 11 emittierte Licht kann über eine Linse 12 zu einem parallelen Strahlenbündel kollimiert werden
30 und auf eine erste Blendenvorrichtung 34 gerichtet werden. Die erste Blendenvorrichtung 34 kann eine strukturierte Anordnung einer Vielzahl von Durchgangslöchern, sogenannten Pinholes aufweisen. Ein Beispiel für eine derartige strukturierte Anordnung kann eine Nipkow-Scheibe sein, wie sie beispielhaft in Fig. 9 dargestellt ist.
35

Die erste Blendenvorrichtung 34 in Fig. 9 ist kreisförmig und weist eine Struktur aus Durchgangslöchern 35_k auf. Die

Durchgangslöcher 35_k können entlang kreisförmiger, konzentrischer Bahnen 36_k unterschiedlichen Durchmessers angeordnet sein, so dass zwei benachbart gelegene Durchgangslöcher 35_k und 35_{k+1} entlang des Umfangs der ersten Blendenvorrichtung 34 um einen vorbestimmten Abstand beabstandet sind. Die Anzahl der Durchgangslöcher 35_k kann dabei beliebig groß sein. Durch eine schnelle Drehung der ersten Blendenvorrichtung 34 kann das gesamte Objekt 16 über die gesamte Blendenvorrichtung 34 hinweg zeitlich abgescannt werden, da jeder Bildpunkt des Objekts 16 durch die gestaffelte Anordnung der Bahnen 36_k von mindestens einem Durchgangsloch 35_k während einer vollständigen Umdrehung der Blendenvorrichtung 34 einmal überstrichen wird. Eine Blendenvorrichtung 34 kann auch als Nipkow-Scheibe bezeichnet werden.

Es kann in dem Abbildungssystem 1 vorgesehen sein, dass das kollimierte Licht über Linsen 33a in einer Linsenanordnung 33 auf die Durchgangslöcher der ersten Blendenvorrichtung 34 fokussiert werden. Dabei kann jedem Durchgangsloch 34_k jeweils eine der Linsen 33a zugeordnet sein. Die Linsenanordnung 33 kann beispielsweise integral mit der ersten Blendenvorrichtung 34 verbunden sein. Durch die Linsen 33 kann ein höherer Anteil des Lichts der Lichtquelle 11 zur Projektion des Struktur aus Durchgangslöchern 34_k der ersten Blendenvorrichtung 34 auf das Objekt 16 genutzt werden.

Das die erste Blendenvorrichtung 14 passierende Licht kann über eine erste Abbildungsoptik 15 auf das Objekt 16 fokussiert werden. Dabei wird das Objekt 16 auf seiner Oberfläche auf einem Fokuspunkt 16a durch das Licht der Lichtquelle 11 beleuchtet. Die Beleuchtung erfolgt über eine Drehung der ersten Blendenvorrichtung 34 über das gesamte Gesichtsfeld des Objekts 16. Dazu können beispielsweise eine Tubusoptik 15a sowie eine Objektivlinsenvorrichtung 15b eingesetzt werden.

Das von dem Objekt 16 gestreute bzw. reflektierte Licht wird durch die Objektivlinsenvorrichtung 15b wieder zurück in die

Abbildungsoptik 15 geführt. In der Abbildungsoptik 15 kann ein Strahlteilerelement 15c angeordnet sein, welches beispielsweise ein polarisierender Strahlteiler, ein Interferenzfilter oder ein ähnliches, einen einfallenden Lichtstrahl 5 teilendes optisches Bauelement sein kann. Das gestreute bzw. reflektierte Licht wird über einen Strahlengang mit einer optischen Achse A in das Detektorsystem 2 gelenkt.

Das Detektorsystem 2 weist ein spektral dispersives Element 10 41 auf, welches eine spektrale Aufspaltung des breitbandig reflektierten Lichts des Objekts entlang einer Dispersionsrichtung bewirkt. Die Dispersionsrichtungsachse D kann dabei senkrecht zu der optischen Achse A stehen, so dass die spektrale Information des gestreuten bzw. reflektierten Lichts 15 entlang der Dispersionsrichtungsachse D aufgelöst ist. Das Dispersionselement 41 kann beispielsweise ein Prisma, ein Beugungsgitter, ein holografisches Gitter, ein Blazegitter, einen akusto-optischer Modulator, ein Interferenzfilter oder ein ähnliches Element aufweisen.

20 Das spektral dispergierte Licht kann über eine Fokussierlinse 22 auf eine zweite Blendenvorrichtung 43 fokussiert werden. Die zweite Blendenvorrichtung 43 kann dabei insbesondere ein der ersten Blendenvorrichtung 34 ähnliches Durchgangslochmuster 35_k aufweisen. Das spektral dispergierte Licht wird durch die zweite Blendenvorrichtung 43 hindurch auf eine Detektoreinrichtung 24 abgebildet. Die Detektoreinrichtung 24 kann beispielsweise ein zweidimensionales CCD-Sensorarray, ein CMOS-Sensorarray, ein Avalanche-Photodioden-Array oder ein ähnliche Matrix an lichtempfindlichen Sensorelementen aufweisen.

35 Die zweite Blendenvorrichtung 43 kann dabei um eine Achse B rotieren, so dass die Rotation der Durchgangslöcher mit denen der Durchgangslöcher 35_k der ersten Blendenvorrichtung 34 übereinstimmt. Dadurch kann durch das Objekt 16 reflektierte bzw. gestreute konfokal mit der ersten Blendenvorrichtung 43 abgebildet werden. Dies bedeutet, dass eine Tie-

fenselektion erfolgen kann, da nur Bildpunkte auf dem Objekt 16, welche innerhalb der Fokustiefe des Fokuspunkts 16 liegen, durch die zweite Blendenvorrichtung 43 hindurch abgebildet werden können.

5

Durch die spektrale Dispersion des Dispersionselements 41 entlang der Dispersionsachse D kann ein lateraler Versatz der zweiten Blendenvorrichtung 43 entlang dieser Dispersionsrichtungsachse D zu einer spektralen Auswahl des konfokal erfassten Lichts des Objekts 16 erfolgen. Mit anderen Worten ist zugleich mit einer vollen lateralen Auflösung des Objekts 16 zugleich eine spektrale Auflösung des Objekts 16 möglich, indem ein lateraler Versatz zwischen der ersten Blendenvorrichtung 34 und der zweiten Blendenvorrichtung 43 mit Bezug auf die optische Achse A eingestellt wird.

Alternativ besteht auch die Möglichkeit, durch Manipulation des Dispersionselements 41 eine Verschiebung des Spektrums bezüglich der optischen Achse zu erreichen. Beispielsweise kann ein Prisma 41 gedreht werden, oder ein akusto-optischer Modulator 41 entsprechend angesteuert werden.

In Fig. 10 ist in schematischer Darstellung ein weiteres konfokales Spektrometer 400 gezeigt. Das Spektrometer 400 in Fig. 10 unterscheidet sich von dem Spektrometer 300 in Fig. 8 im Wesentlichen darin, dass die erste Blendenvorrichtung 34 als gemeinsame Beleuchtungs- und Abbildungsvorrichtung genutzt wird. Dazu ist nach der ersten Blendenvorrichtung 34 eine Abbildungsoptik 45 vorgesehen, in der durch Strahlteilelemente 45a, 45b, 45c, 45d und Spiegelelemente 45e und 45f unterschiedliche Strahlengänge des einfallenden und reflektierten Lichts realisiert werden.

Dazu kann hinter der Linse 12 ein Polarisator 41 vorgesehen sein, welcher das von der Lichtquelle 11 ausgehende Licht linear polarisiert. Das einfallende Licht passiert die Strahlteiler 45a und 45b geradlinig, wenn diese polarisationsabhängige Strahlteiler, beispielsweise s-polarisierende

Strahlteiler aufweisen. Über die p-polarisierenden Strahlteiler 45c und 45d sowie die Spiegelelemente 45e und 45f wird das einfallende Licht entlang des Strahlengangs W zu dem Objekt geleitet. Mithilfe eines Lambda/4-Plättchens 46 kann eine Phasendrehung der Polarisation um 90° erfolgen.

Das von dem Objekt 16 gestreute bzw. reflektierte Licht wird durch das Lambda/4-Plättchen 46 erneut um 90° phasenverschoben, so dass das reflektierte Licht die p-polarisierenden Strahlteiler 45d und 45c ungehindert geradlinig passieren kann, und es an dem Strahlteiler 45b entlang des Strahlenweges X abgelenkt wird. Die optischen Weglängen über die Strahlengänge W und X können dabei identisch sein. Im Strahlengang X befindet sich ein spektral dispersives Element 43, beispielsweise ein Prisma, welches eine spektral Aufspaltung des reflektierten bzw. gestreuten Lichts des Objekts bewirkt. Über eine Drehung des Strahlteilers 45a kann eine spektrale Auswahl des reflektierten bzw. gestreuten Lichts vorgenommen werden, welches über die Blendenvorrichtung 34 auf einen Strahlteiler 42 geleitet und von dort durch eine Fokussierlinse 22 auf die Detektoreinrichtung 24 gelenkt wird. Alternativ kann es möglich sein, über eine Drehung des spektral dispersiven Elements 41 eine Wellenlängenselektion zur Abbildung auf die Detektoreinrichtung 24 zu erreichen.

Fig. 11 zeigt eine schematische Darstellung eines Verfahrens 500 zur Bildgebung in einem konfokalen Spektrometer, insbesondere in einem konfokalen Spektrometer 300 oder 400, wie im Zusammenhang mit den Fig. 8 bis 10 erläutert.

In einem ersten Schritt 501 erfolgt ein Abbilden einer breitbandigen Lichtquelle durch eine drehbare Blendenvorrichtung mit einer strukturierten Anordnung einer Vielzahl von Durchgangslöchern. Die Lichtquelle kann dabei eine Weißlichtquelle oder eine polychromatische Lichtquelle umfassen. Die drehbare Blendenvorrichtung kann dabei beispielsweise eine Nipkow-Scheibe umfassen. In einem zweiten Schritt 502 erfolgt ein Fokussieren der Abbildung der strukturierten Anordnung der

Vielzahl von Durchgangslöchern auf ein abzubildendes Objekt. Dabei kann das Abbilden der Lichtquelle ein Abbilden der Lichtquelle auf die strukturierte Anordnung der Vielzahl von Durchgangslöchern mithilfe einer Vielzahl von den Durchgangs-
5 löchern zugeordneten Linsen umfassen.

In einem dritten Schritt 503 erfolgt ein spektrales Disper-
gieren des durch das Objekt reflektierten Lichts mithilfe ei-
10 nes Dispersionselements, beispielsweise eines Prismas, eines
Beugungsgitters, eines Interferenzfilters oder eines akusto-
optischen Modulators. In einem vierten Schritt 504 erfolgt
ein Fokussieren des spektral dispergierten reflektierten
Lichts auf eine drehbare Blendenvorrichtung mit einer struk-
15 turierten Anordnung einer Vielzahl von Durchgangslöchern. Da-
bei kann die drehbaren Blendenvorrichtung senkrecht zur opti-
schen Achse des Spektrometers zum Auswählen der Wellenlänge
des detektierten Lichts verschoben werden. Alternativ kann
das Dispersionselement senkrecht zur optischen Achse des
20 Spektrometers zum Auswählen der Wellenlänge des detektierten
Lichts verschoben werden.

In einem fünften Schritt 505 erfolgt ein Detektieren des
durch die drehbare Blendenvorrichtung tretenden reflektierten
Lichts zum Erzeugen eines spektral aufgelösten Bildes des Ob-
25 jekts. Das Detektieren des reflektierten Lichts kann mit ei-
nem CCD-Sensorarray, einem CMOS-Sensorarray oder einem Ava-
lanche-Photodiodenarray durchgeführt werden, so dass die re-
flektierten Bildpunkte des Objekts entlang einer Arrayachse
spektral aufgelöst werden können.

30 Obschon Prinzipien, technische Effekte und Merkmale nur mit
Bezug auf eine der Figuren dargestellt und erläutert worden
sind, ist es jedoch ohne weiteres möglich, Ausgestaltungsvaria-
tionen und -modifikationen von einer in einer der Figuren
35 erläuterten Ausführungsform auf jede andere der Ausführungs-
formen der übrigen Figuren zu übertragen.

Die Erfindung betrifft ein konfokales Spektrometer, mit einer breitbandigen Lichtquelle, einer vor der Lichtquelle angeordneten ersten Blendenvorrichtung mit einem ersten Spaltraster einer Hauptspaltrichtung, welche dazu ausgelegt ist, ein
5 spaltförmiges Muster der Lichtquelle zu erzeugen, einer ersten Abbildungsoptik, welche dazu ausgelegt ist, das spaltförmige Muster der Lichtquelle auf ein abzubildendes Objekt zu fokussieren, und einem Detektorsystem, welches eine Detektor-
10 einrichtung, welche dazu ausgelegt ist, das von dem Objekt reflektierte Licht zum Erzeugen eines spektral aufgelösten Bildes des Objekts zu erfassen, eine zweite Abbildungsoptik, welche dazu ausgelegt ist, das reflektierte Licht auf die zweite Blendenvorrichtung zu fokussieren, und ein Dispersi-
15 onselement aufweist, welches vor der zweiten Abbildungsoptik angeordnet ist, und welches dazu ausgelegt ist, das von dem Objekt reflektierte Licht entlang einer Dispersionsachse senkrecht zu der optischen Achse der zweiten Abbildungsoptik spektral zu dispergieren.

Patentansprüche

1. Konfokales Spektrometer (100), mit:
einer breitbandigen Lichtquelle (11);
5 einer vor der Lichtquelle (11) angeordneten ersten Blendenvorrichtung (14) mit einem ersten Spaltraster (14_k)
einer Hauptspaltrichtung (R), welche dazu ausgelegt ist,
ein spaltförmiges Muster (25_k) der Lichtquelle (11) zu
erzeugen;
10 einer ersten Abbildungsoptik (15), welche dazu ausgelegt
ist, das spaltförmige Muster (25_k) der Lichtquelle (11)
auf ein abzubildendes Objekt (16) zu fokussieren; und
einem Detektorsystem (2), welches aufweist:
15 eine Detektoreinrichtung (24), welche dazu ausgelegt ist,
das von dem Objekt (16) reflektierte Licht zum Erzeugen
eines spektral aufgelösten Bildes des Objekts (16) zu er-
fassen;
eine zweite Abbildungsoptik (22), welche dazu ausgelegt
20 ist, das reflektierte Licht auf die Detektoreinrichtung
(24) zu fokussieren; und
ein Dispersionselement (21), welches vor der zweiten Ab-
bildungsoptik (22) angeordnet ist, und welches dazu aus-
gelegt ist, das von dem Objekt (16) reflektierte Licht
25 entlang einer Dispersionsachse (D) senkrecht zu der opti-
schen Achse (A) der zweiten Abbildungsoptik (22) spektral
zu dispergieren.
2. Spektrometer (100) nach Anspruch 1, wobei das Detektorsystem (2) weiterhin eine zweite Blendenvorrichtung (23)
30 mit einem zweiten Spaltraster (23_k) der Hauptspaltrich-
tung (R) des ersten Spaltrasters (14_k) aufweist, welche
zwischen dem Dispersionselement (21) und der Detektorein-
richtung (24) angeordnet ist, und welche dazu ausgelegt
35 ist, eine spektrale Auswahl des auf die Detektoreinrich-
tung (24) treffenden reflektierten Lichts zu treffen.
3. Spektrometer (100) nach Anspruch 2, wobei die zweite
Blendenvorrichtung (23) zur Auswahl der Wellenlänge des

auf die Detektoreinrichtung (24) treffenden reflektierten Lichts entlang der Dispersionsachsenrichtung (D) verschiebbar ist.

- 5 4. Spektrometer (100) nach einem der Ansprüche 2 und 3, wobei das zweite Spaltraster (23_k) eine Vielzahl von ersten Spalten (23_k), welche in Relation zu den Spalten des ersten Spaltrasters (14_k) um eine erste vorbestimmte Distanz senkrecht zur Hauptspaltrichtung (R) versetzt sind, und eine Vielzahl von zweiten Spalten (27_k) aufweist, welche in Relation zu den Spalten des ersten Spaltrasters (14_k) um eine von der ersten Distanz verschiedene zweite vorbestimmte Distanz senkrecht zur Hauptspaltrichtung (R) versetzt sind.
- 10 15 5. Spektrometer (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die erste Blendenvorrichtung (14) eine Vielzahl von Zylinderlinsen (13a) aufweist, welche dazu ausgelegt sind, Licht der Lichtquelle (11) auf die Spalte des ersten Spaltrasters (14_k) abzubilden.
- 20 25 6. Spektrometer (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, weiterhin mit:
einem Strahlteilerelement (15c), welches im Strahlengang der ersten Abbildungsoptik (15) angeordnet ist, und welches dazu ausgelegt ist, das reflektierte Licht des Objekts (16) aus dem Strahlengang der ersten Abbildungsoptik (15) in das Detektorsystem (2) zu lenken.
- 30 35 7. Spektrometer (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei das Dispersionselement (21) ein Prisma, ein Beugungsgitter, ein Interferenzfilter oder einen akusto-optischen Modulator umfasst.
8. Spektrometer (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei die Detektoreinrichtung (24) ein CCD-Sensorarray, ein CMOS-Sensorarray oder ein Avalanche-Photodiodenarray aufweist, und wobei die Detektoreinrichtung (24) dazu ausge-

legt ist, reflektierte Bildpunkte des Objekts (16) entlang einer Arrayachse (S) spektral aufzulösen.

9. Spektrometer (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wo-
5 bei die Lichtquelle (11) eine Weißlichtquelle ist.

10. Verfahren (200) zur Bildgebung in einem konfokalen
Spektrometer, mit den Schritten:
Abilden (201) einer breitbandigen Lichtquelle (11) auf
10 eine erste Blendenvorrichtung (14) mit einem ersten
Spaltraster (14_k) einer Hauptspaltrichtung zum Erzeugen
eines Spaltmusters (25_k);
Fokussieren (202) des Spaltmusters (25_k) auf ein abzubil-
dendes Objekt (16);
15 spektrales Dispergieren (203) des durch das Objekt (16)
reflektierten Lichts entlang einer Dispersionsachse (D),
welche senkrecht zu der Hauptspaltrichtung (R) steht;
Fokussieren (204) des spektral dispergierten reflektier-
ten Lichts auf eine Detektoreinrichtung (24); und
20 Detektieren (205) des reflektierten Lichts in der Detek-
toreinrichtung (24) zum Erzeugen eines spektral aufgelös-
ten Bildes des Objekts (16).

11. Verfahren (200) nach Anspruch 10, weiterhin mit dem
25 Schritt:

Fokussieren des spektral dispergierten reflektierten
Lichts auf eine zweite Blendenvorrichtung (23) mit einem
zweiten Spaltraster (23_k) der Hauptspaltrichtung (R) des
ersten Spaltrasters (14_k), welche vor der Detektorein-
30 richtung (24) angeordnet ist.

12. Verfahren (200) nach Anspruch 11, weiterhin mit dem
Schritt:

Verschieben der zweiten Blendenvorrichtung (23) entlang
35 der Dispersionsachsenrichtung (D) zum Auswählen der Wel-
lenlänge des detektierten Lichts.

13. Verfahren (200) nach einem der Ansprüche 10 bis 12, weiterhin mit dem Schritt:

Teilen des von dem Objekt (16) reflektierten Lichts mit einem Strahlteilelement (15c) aus dem Strahlengang der
5 Abbildung des Spaltmusters.

14. Verfahren (200) nach einem der Ansprüche 10 bis 13, wobei
das Detektieren des reflektierten Lichts mit einem CCD-
Sensorarray, einem CMOS-Sensorarray oder einem Avalanche-
10 Photodiodenarray durchgeführt wird, und wobei die reflek-
tierten Bildpunkte des Objekts (16) entlang einer Array-
achse (S) spektral aufgelöst werden.

15. Verfahren (200) nach einem der Ansprüche 10 bis 14, wobei
15 das Abbilden (201) der Lichtquelle (11) ein Abbilden der
Lichtquelle (11) auf die Spalte des ersten Spaltrasters
mithilfe einer Vielzahl von den Spalten zugeordneten Zy-
linderlinsen (13a) umfasst.

FIG 1

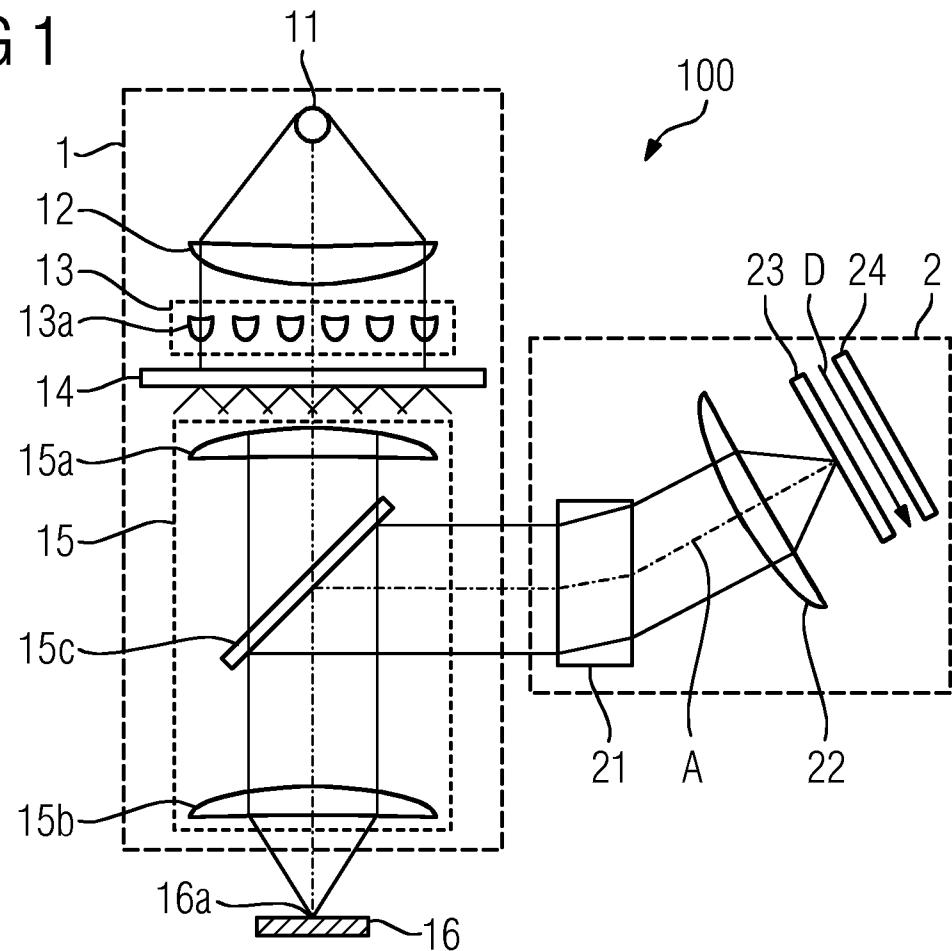


FIG 2

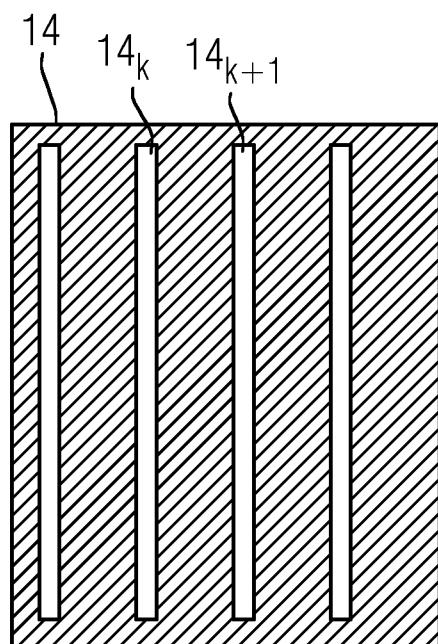


FIG 3

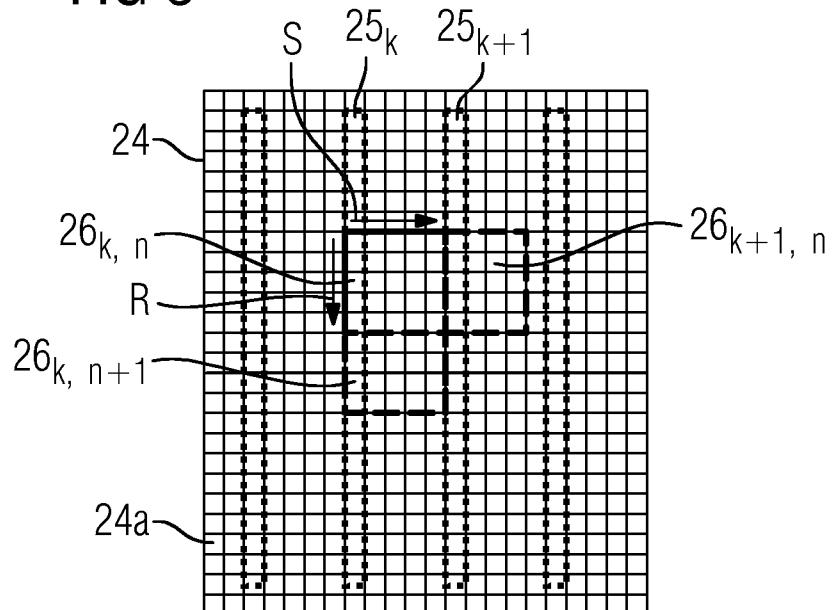


FIG 4

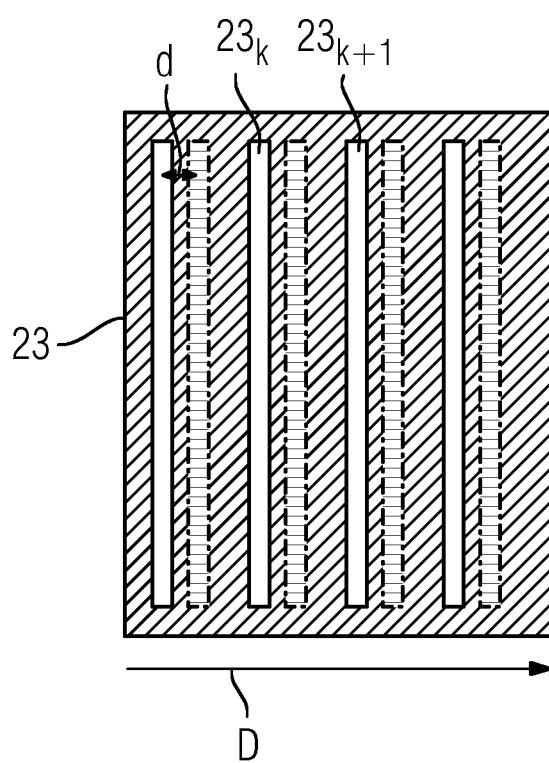


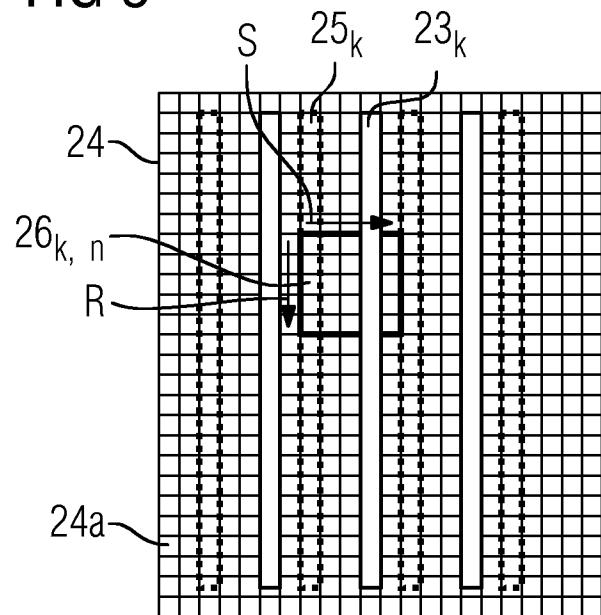
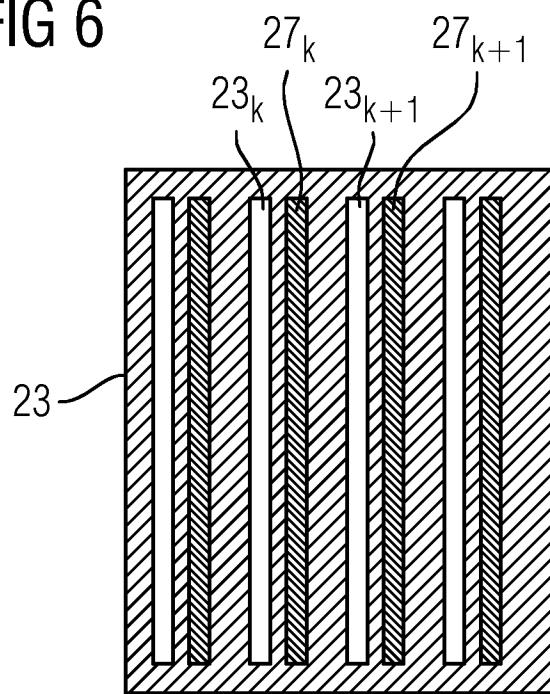
FIG 5**FIG 6**

FIG 7

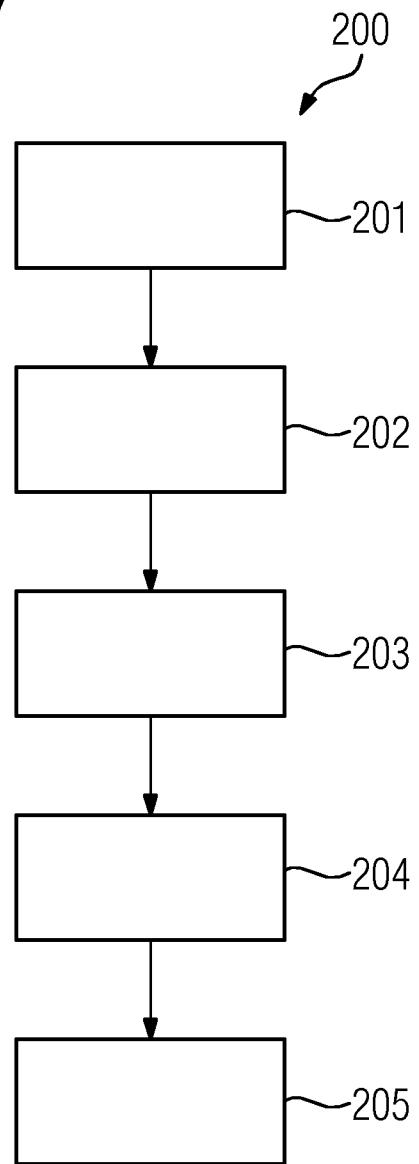


FIG 8

5/7

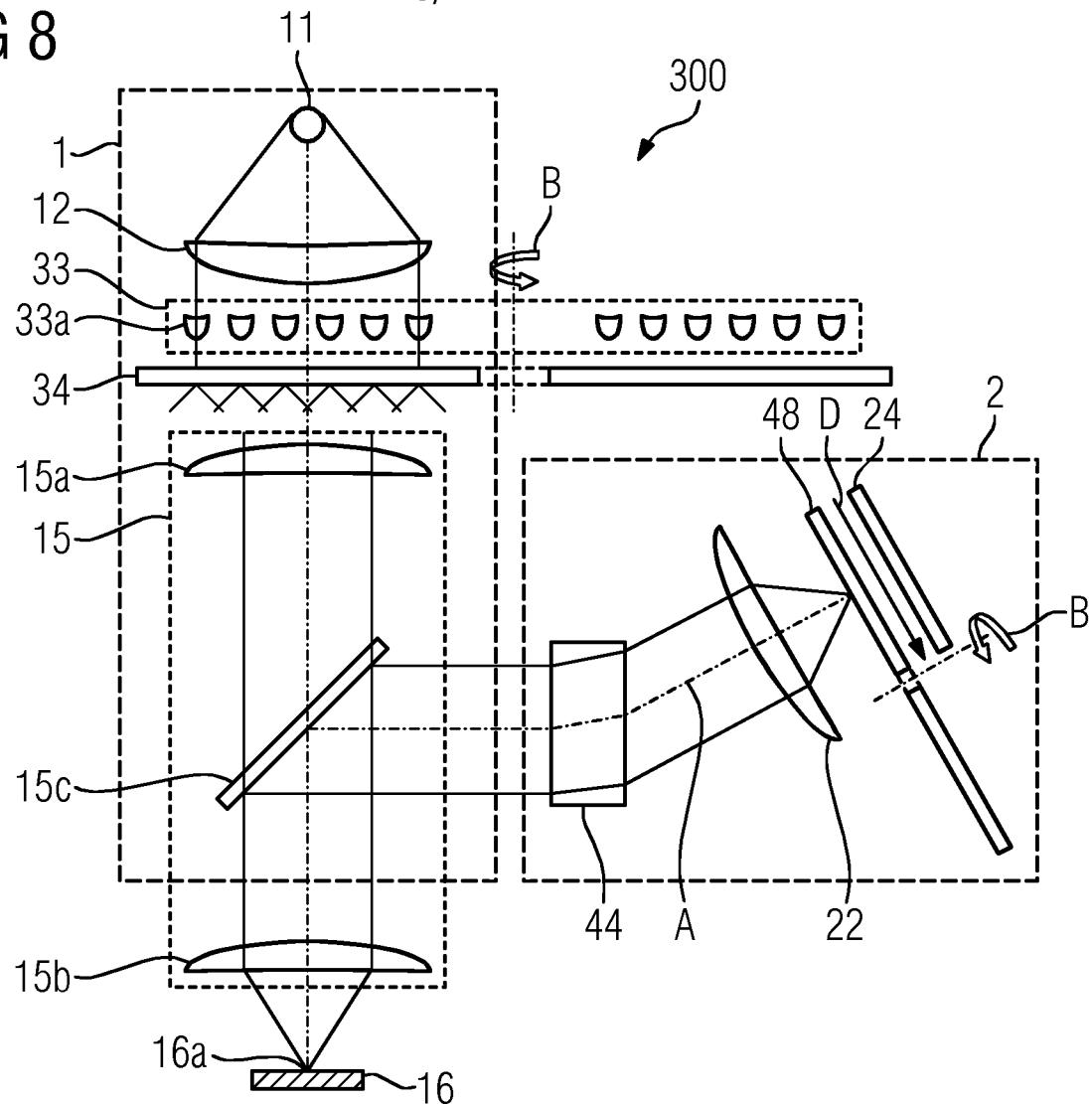


FIG 9

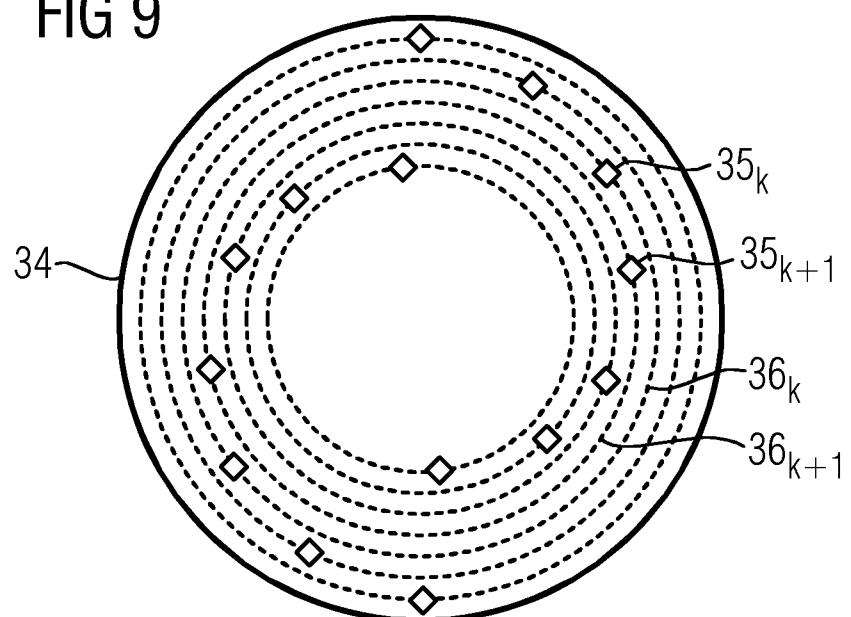


FIG 10

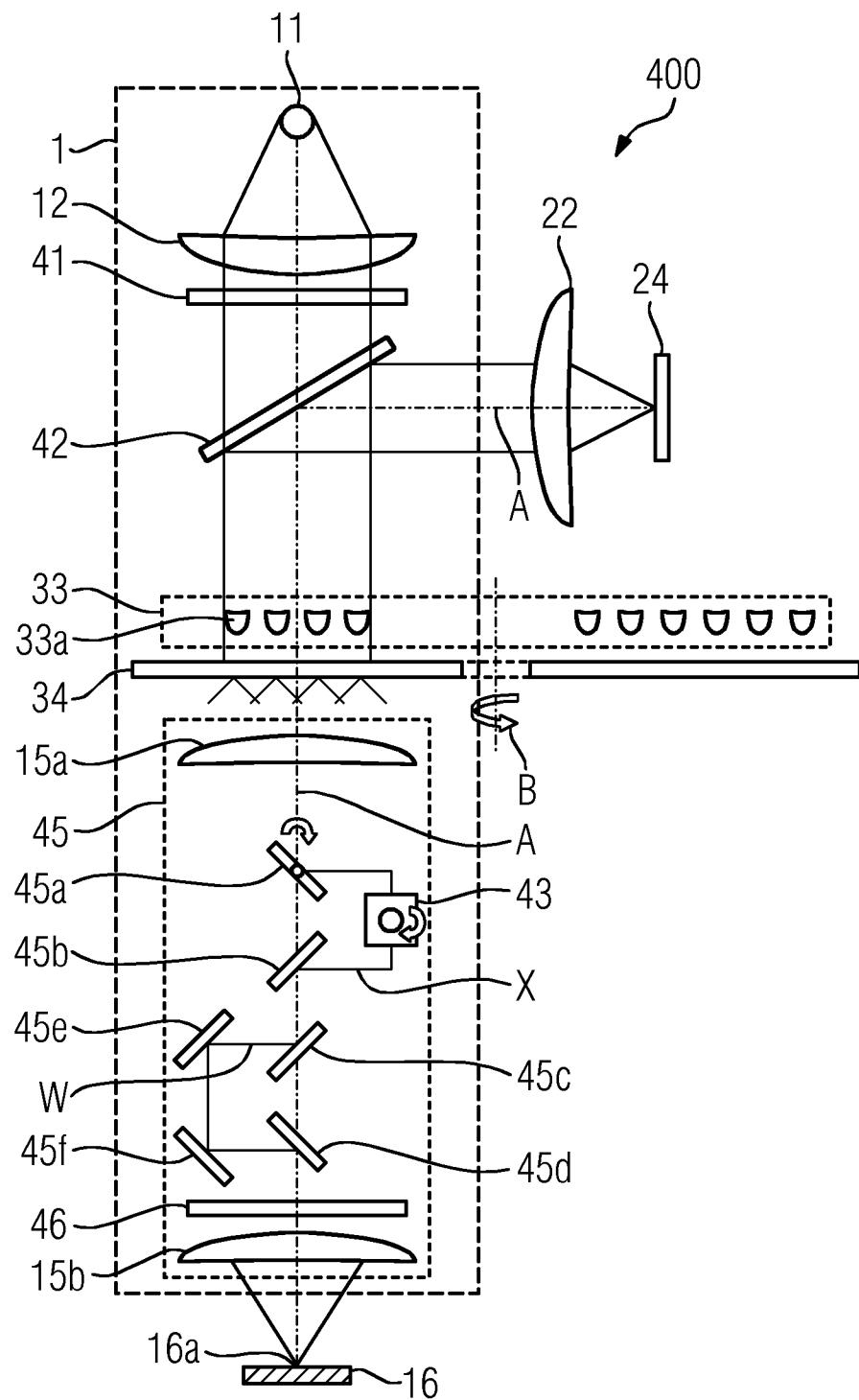
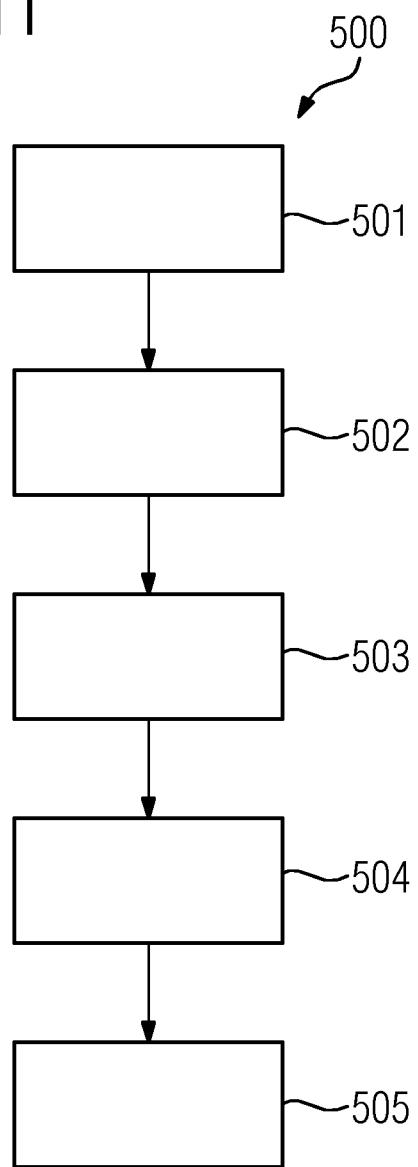


FIG 11



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2012/067421

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 INV. G01J3/28 G02B21/00
 ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
G01J G02B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 195 10 102 C1 (UHL RAINER DR [DE]) 2 October 1996 (1996-10-02) column 5, line 12 - column 6, line 35; figures 1,3,4 ----- A DE 10 2006 007172 A1 (UNIV STUTTGART [DE]) 16 August 2007 (2007-08-16) paragraphs [0059] - [0061]; figures 1,2,3 ----- A DE 10 2007 019267 A1 (DEGUDENT GMBH [DE]) 30 October 2008 (2008-10-30) paragraphs [0018], [0048]; figures 1,2 -----	1-15 1-15 1-15



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search 30 November 2012	Date of mailing of the international search report 13/12/2012
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer Hambach, Dirk

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2012/067421

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)		Publication date
DE 19510102 C1	02-10-1996	DE 19510102 C1		02-10-1996
		GB 2299235 A		25-09-1996
		US 5751417 A		12-05-1998
DE 102006007172 A1	16-08-2007	NONE		
DE 102007019267 A1	30-10-2008	AU 2008240597 A1		30-10-2008
		CA 2682297 A1		30-10-2008
		CN 101688771 A		31-03-2010
		DE 102007019267 A1		30-10-2008
		EP 2087312 A2		12-08-2009
		JP 2010525404 A		22-07-2010
		US 2010099984 A1		22-04-2010
		WO 2008129073 A2		30-10-2008

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2012/067421

A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. G01J3/28 G02B21/00
ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
G01J G02B

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 195 10 102 C1 (UHL RAINER DR [DE]) 2. Oktober 1996 (1996-10-02) Spalte 5, Zeile 12 - Spalte 6, Zeile 35; Abbildungen 1,3,4 -----	1-15
A	DE 10 2006 007172 A1 (UNIV STUTTGART [DE]) 16. August 2007 (2007-08-16) Absätze [0059] - [0061]; Abbildungen 1,2,3 -----	1-15
A	DE 10 2007 019267 A1 (DEGUDENT GMBH [DE]) 30. Oktober 2008 (2008-10-30) Absätze [0018], [0048]; Abbildungen 1,2 -----	1-15



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

30. November 2012

13/12/2012

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
 Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Hambach, Dirk

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2012/067421

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 19510102 C1	02-10-1996	DE 19510102 C1 GB 2299235 A US 5751417 A	02-10-1996 25-09-1996 12-05-1998
DE 102006007172 A1	16-08-2007	KEINE	
DE 102007019267 A1	30-10-2008	AU 2008240597 A1 CA 2682297 A1 CN 101688771 A DE 102007019267 A1 EP 2087312 A2 JP 2010525404 A US 2010099984 A1 WO 2008129073 A2	30-10-2008 30-10-2008 31-03-2010 30-10-2008 12-08-2009 22-07-2010 22-04-2010 30-10-2008