



(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2016 200 271.6**

(22) Anmeldetag: **13.01.2016**

(43) Offenlegungstag: **13.07.2017**

(51) Int Cl.: **G01N 21/77** (2006.01)

G01N 21/64 (2006.01)

G01N 33/58 (2006.01)

(71) Anmelder:

**Institut Dr. Foerster GmbH & Co. KG, 72766
Reutlingen, DE**

(72) Erfinder:

**Mittenzwey, Klaus-Henrik, Dr., 10439 Berlin,
DE; Sinn, Gert, Dr., 12045 Berlin, DE; Widmann,
Stefan, 72379 Hechingen, DE**

(74) Vertreter:

**Patentanwälte Ruff, Wilhelm, Beier, Dauster &
Partner mbB, 70174 Stuttgart, DE**

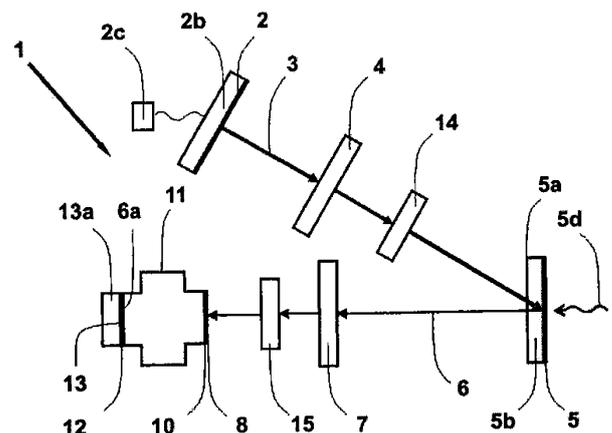
(56) Ermittelter Stand der Technik:
siehe Folgeseiten

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung zur Erzeugung und Messung einer Emission**

(57) Zusammenfassung: Vorrichtung zur Erzeugung und Messung einer Emission. Die Erfindung betrifft eine optische Vorrichtung für die Detektion von Explosivstoffen und anderen gesundheits- und umweltrelevanten Substanzen mit höherer Messsicherheit. Die Vorrichtung ist dadurch gekennzeichnet, dass eine oder mehrere Strahlungsquellen (2a) mit quasi-monochromatischer Anregungsstrahlung (3) an einem oder verschiedenen Orten in einer Strahlungsebene (2) angeordnet sind, der Indikator (5a) mit mehreren Indikatorsubstanzen (5c) in einer Indikatorebene (5) an einem oder verschiedenen Orten und/oder zu verschiedenen Zeiten zur Erzeugung der Emission (6) mit Anregungsstrahlung (3) beaufschlagbar ist, für einen oder verschiedene Orte einer Empfangsebene (8) die Emission (6) empfangbar ist, die Eintrittsebene (10) eines Spektralapparates (11) mit der in der Empfangsebene (8) empfangenen Emission (6) beaufschlagbar ist und in einer Austrittsebene (12) des Spektralapparates (11) ein oder mehrere Empfänger (13) für den Empfang der Emissionen (6a) angeordnet sind, wobei die Strahlungsebene (2), die Indikatorebene (5) und die Empfangsebene (8) definiert beabstandet sind. Die Vorrichtung ist so konfiguriert, dass die Emissionen in der Eintrittsebene (10) des Spektralapparates (11) örtlich und/oder zeitlich derart entkoppelt sind, dass die Emissionen durch den Spektralapparat (11) ohne gegenseitige Überlagerung von Emissionen auflösbar sind.



(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	10 2005 027 407	B3
DE	10 2005 027 555	B3
DE	10 2006 036 171	B4
DE	101 31 687	A1
DE	10 2004 056 787	A1
DE	10 2005 046 583	A1
DE	10 2006 048 346	A1
DE	10 2007 062 250	A1
DE	10 2011 117 320	A1
DE	20 2010 018 011	U1
DE	699 13 257	T2
GB	2 500 177	A
US	6 197 503	B1
US	6 852 986	B1
US	7 208 122	B2
US	7 369 227	B2
US	7 414 724	B2
US	8 287 811	B1
US	8 323 576	B2
US	2010 / 0 320 364	A1
US	2014 / 0 065 720	A1
US	5 589 351	A
US	6 104 945	A
EP	0 902 271	A2
EP	0 953 838	A1
EP	2 081 011	A1
WO	93/ 13 423	A1
WO	02/ 059 592	A2
WO	2003/ 031 953	A3
WO	2006/ 052 682	A2
WO	2007/ 031 203	A1
WO	2007/ 036 281	A1
WO	2008/ 043 541	A2
WO	2008/ 051 189	A2
WO	2009/ 027 102	A2
WO	2012/ 134 436	A1

BeschreibungANWENDUNGSGEBIET
UND STAND DER TECHNIK

[0001] Die Erfindung betrifft eine optische Vorrichtung zur Erzeugung und Messung einer Emission eines Indikators gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0002] Dabei kann die Emission beispielsweise durch Anregung mit Strahlung (Fluoreszenz, Phosphoreszenz) oder durch eine chemische Reaktion (Chemilumineszenz) erzeugt werden. Insbesondere betrifft die Erfindung die Erzeugung und Messung der Emission von auf Trägern aufgebrachtene Indikatorsubstanzen. Träger können z.B. Glas oder bestimmte Kunststoffe sein, auf denen die Indikatorsubstanzen (eine oder mehrere) als dünne Schicht aufgebracht sind. Indikatorsubstanzen können z.B. fluoreszenzfähige Polymermoleküle sein, deren Fluoreszenz sich nach einer Kontaktierung mit bestimmten Analyten ändert. Analyten sind Verbindungen, Stoffe oder Substanzen, über die bei einer Messung eine Aussage gemacht werden soll. Die Änderung der Fluoreszenz der Indikatorsubstanz ist ein Hinweis auf die Existenz des Analyten oder auch ein Maß für dessen Konzentration. Das System Träger und Indikatorsubstanz wird im Folgenden als Indikator bezeichnet.

[0003] Vorrichtungen dieser Art sind seit längerem bekannt und werden beispielsweise auf dem Gebiet der Detektion von Analyten wie Explosivstoffe und andere gesundheits- und umweltrelevante Substanzen (Drogen, toxische Gase u.a.) eingesetzt. Dabei wird der Indikator unter definierten Bedingungen mit dem zu untersuchenden Medium kontaktiert, das z.B. gasförmig sein kann. Befinden sich im Medium z.B. Explosivstoffe, dann können diese die Emission des Indikators ändern.

[0004] In WO 03/031953 ist eine optische Einheit dargestellt, bei der sich eine Indikatorsubstanz als Schicht auf der Strahlungsquelle für die Anregung der Emission befindet. Die Strahlungsquelle ist dabei eine GaN-LED. Diese Emission gelangt über einen optischen Filter auf einen Detektor, der die Emission in Vorwärtsrichtung erfasst.

[0005] In US 8287811 B1 wird eine optische Einheit vorgestellt, die einen Indikator mit zwei Indikatorsubstanzen auf einem gemeinsamen Träger enthält. Die beiden Indikatorsubstanzen sind auf den beiden, sich gegenüberliegenden Seiten des Trägers aufgebracht. Beide Indikatorsubstanzen werden mit derselben Wellenlänge im UV bestrahlt. Wird die eine Indikatorsubstanz mit dem Analyten kontaktiert, so tritt eine Fluoreszenzlöschung ein. Die Fluoreszenz der anderen Indikatorsubstanz wird als Referenzsignal verwendet. Die Fluoreszenzen werden in Richtung ei-

ner Linse auf einen Photomultiplier gelenkt. Vor dem Photomultiplier ist ein Filterrad mit drei Filtern angeordnet.

[0006] US 8323576 B2 beschreibt ein Gerätesystem, dessen Herzstück ein zylindrischer Festkörper ist, der z.B. aus Glas bestehen kann. Dieser Körper ist als Kapillare ausgebildet und definiert beheizbar. Die Kapillare ist zweigeteilt. Der erste Teil dient als Gaseinlass und als Adsorptions- und Desorptionsstrecke für die zu detektierenden Analyten. Ein zweiter Teil enthält eine optische Einheit mit auf der Innenwand aufgebrachtene Indikatorsubstanz. Eine Strahlungsquelle beaufschlagt über einen wellenlängenselektiven Filter den Indikator. Die Messung der Emission wird über Filter und Empfänger als Durchlichtmessung durchgeführt.

[0007] In WO 2012/134436 A1 wird ein Indikator beschrieben, der ebenfalls als Kapillare und gemeinsamer Träger für mehrere Indikatorsubstanzen ausgebildet ist. Neben der Fluoreszenz kommen auch Phosphoreszenz und Chemilumineszenz als Emissionssignale in Frage. In einem Beispiel enthält die Kapillare zwei Indikatorsubstanzen, die jeweils mit einer 405nm – LED bestrahlt werden. Die Messung der Emission erfolgt über Filter und Empfänger. Dabei dient der Indikator selbst als Lichtwellenleiter.

[0008] In WO 01/86263 A2 wird eine Vorrichtung vorgeschlagen, bei der die Anregungsstrahlung der Strahlungsquelle über einen Filter in einen Lichtwellenleiter, der als Verzweiger ausgebildet ist, einkoppelt und auf die Lichtwellenleiterendfläche geführt wird. Auf dieser Endfläche ist ein Polymer aufgebracht, das für eine Anreicherung des Analyten sorgt. Ein Teil der Emission wird von demselben Lichtwellenleiter zum Verzweiger zurückgeführt und auf einen Detektor mit Filter gelenkt. Die Vorrichtung gestattet die Aufnahme mehrerer solcher Lichtwellenleiteranordnungen. Das Gesamtsystem kann damit verschiedene Anregungsquellen, Filter, Polymere und Detektoren aufweisen.

[0009] In US 2014/0065720 A1 wird die Fluoreszenz über die Surface-Plasmon-Coupled-Emission Methode (SPCE) erzeugt. Die Fluoreszenz wird mit einem hohen Signal-Rausch-Verhältnis erfasst, so dass diese mit hoher spektraler Auflösung gemessen werden kann. Der Indikator enthält zur Durchführung der SPCE zusätzlich eine Metallschicht und eine dielektrische Schicht. Der Sensor wird mit einer Strahlungsquelle für Anregungsstrahlung dargestellt.

[0010] In WO 2008/051189 A2 wird ein Fluoreszenzsystem vorgestellt, das sowohl anregungsseitig als auch emissionsseitig zum Zweck der spektralen Auflösung mit Filterrädern ausgestattet ist. Mit einem solchen System stehen viele Anregungs- und Emissionswellenlängen zur Verfügung.

[0011] Die Geräte sind für Detektion von Analyten wie Explosivstoffe und andere gesundheits- und umweltrelevante Substanzen geeignet. Sie sind zu einem Teil mit einer hohen technischen Funktionalität ausgestattet. Zu einem anderen Teil enthalten die Geräte eine minimalisierte technische Ausstattung.

AUFGABE UND LÖSUNG

[0012] Es ergibt sich die Aufgabe, eine Vorrichtung zur Erzeugung und Messung einer Emission für den Einsatz in einem feldtauglichen (portablen) Gerät zu realisieren, die an die Applikation angepasst ist, somit weniger aufwendig und dennoch durch eine hohe Messsicherheit charakterisiert ist.

[0013] Diese Aufgabe wird durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen von Anspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben. Der Wortlaut sämtlicher Ansprüche wird durch Bezugnahme zum Inhalt der Beschreibung gemacht.

[0014] Der Begriff „quasi-monochromatische Anregungsstrahlung“ bezeichnet hierbei Anregungsstrahlung aus einem relativ engen Wellenlängenbereich, beispielsweise mit einer spektralen Bandbreite von deutlich weniger als 100 nm, wobei die spektrale Bandbreite z.B. in der Größenordnung von ca. 10 nm oder weniger 10 nm liegen kann. Die Anregungsstrahlung kann auch als „spektral aufgelöste Anregungsstrahlung“ oder als „schmalbandige Anregungsstrahlung“ bezeichnet werden. Der Begriff „Anregungswellenlänge“ bezieht sich dann auf einen relativ engen Wellenlängenbereich. Bei der Anregungsstrahlung handelt es sich somit insbesondere nicht um breitbandiges Weißlicht. Als Strahlungsquellen zur Erzeugung der Anregungsstrahlung können z.B. Lichtemittierende Dioden (LED) oder Laserdioden verwendet werden oder breitbandige Weißlichtquellen, deren Strahlung über mindestens eine wellenlängenselektiven Einrichtung (z.B. Gitter oder schmalbandiges Filter) geführt ist.

[0015] Für den angestrebten zeitlich und/oder örtlich entkoppelten Betrieb ist die Beaufschlagungsstruktur der Emissionen in der Eintrittsebene des Spektralapparats entscheidend. Wenn eine zeitliche und/oder örtliche Entkopplung erreicht wird, dann kann der Spektralapparat die unterschiedlichen Emissionen auflösen, ohne dass sich die Emissionen störend überlagern. Die Entkopplung wird durch die der Eintrittsebene vorgelagerten Komponenten bestimmt.

[0016] Der Begriff „Spektralapparat“ beschreibt in dieser Anmeldung eine optische Einheit, mit der elektromagnetische Strahlung in ihre spektralen Anteile zerlegt werden kann. Der Spektralapparat kann z.B. einen Gittermonochromator aufweisen oder durch einen Gittermonochromator gebildet sein.

[0017] Obwohl es möglich ist, mit Anregungsstrahlung nur eines einzigen (schmalbandigen) Wellenlängenbereichs zu arbeiten, werden vorzugsweise zwei oder mehr unterschiedliche Wellenlängenbereiche genutzt.

[0018] Nachfolgend werden einige Erkenntnisse erläutert, die zu der Erfindung geführt haben.

[0019] Es ist zum einen das Folgende erkannt worden. Die Änderung der Emission eines Indikators ist ein komplexer spektroskopischer Prozess, der u.a. von folgenden Faktoren oder Einflussgrößen abhängig ist: (i) Anregungsintensität; (ii) Art und Konzentration des Analyten; (iii) Anzahl der Analyten, die gleichzeitig vorliegen; (iv) Art und Konzentration der Indikatorsubstanz; (v) Alter des Indikatorsubstanz; (vi) Temperatur, Feuchte.

[0020] Diese Faktoren können eine spektrale Verschiebung eines lokalen Maximums und eine spektrale Änderung der Intensität verursachen. Die Form und die Höhe der Anregungs- und Emissionsspektren ändern sich.

[0021] Da sich solche Einflussgrößen im spektralen Verhalten der Emission wiederfinden können, erscheint es von Vorteil, die Emission bei einer größeren Anzahl von Anregungs- und Emissionswellenlängen zu erfassen als das bei vielen feldtauglichen Geräten bisher technisch üblich ist. Damit kann sich der Informationsgehalt erhöhen. Scannende Spektrometer liefern lückenlose Excitation-Emission-Matrizen mit hoher spektraler Auflösung. Diese sind allerdings für den Feldbetrieb zu aufwendig oder zu unhandlich.

[0022] In US 7208122 B2 werden fluoreszierende Polymere als Indikatorsubstanzen vorgestellt. Die Spektren weisen lokale Maxima und Minima auf, die vergleichsweise breitbandig sind mit Halbwertsbreiten um typisch 20nm. Davon ausgehend ist zum anderen erkannt worden, dass bei Verwendung von Indikatorsubstanzen mit breitbandigen Spektren eine hohe spektrale Auflösung nicht zwingend ist, um die notwendigen spektralen Informationen dennoch zu erhalten. Daraus leitet sich die Erkenntnis ab, dass die Anzahl der Wellenlängen und auch die spektrale Auflösung auf ein notwendiges Maß begrenzt werden können, ohne dass sich dabei der Informationsgehalt deutlich verringert. Die Messung wird dann über einen weiten Spektralbereich bei weniger Wellenlängen und geringerer spektraler Auflösung durchgeführt. Darüber hinaus können gemessene Spektren mit Hilfe bekannter mathematischer Methoden bis zu einem bestimmten Grad entfaltet werden, um durch die Messung bei geringerer spektraler Auflösung versteckte Informationen sichtbar zu machen mit dem Vorteil, dafür keine Optik – Komponenten einsetzen zu müssen. Das hat zusammenfassend den Vorteil,

dass eine dem entsprechende optische Einheit auch in einem feldtauglichen Gerät untergebracht werden kann, die mit optimalen Merkmalen an die Applikation angepasst ist, somit weniger aufwendig und dennoch durch eine hohe Messsicherheit charakterisiert ist.

[0023] Die Vorrichtung ist dafür ausgelegt, in Kombination mit einem Indikator genutzt zu werden, der in der Regel gesondert hergestellt wird und selbst nicht Bestandteil der Vorrichtung ist. Der Indikator wird mit der Vorrichtung verbunden bzw. gekoppelt, um eine betriebsfertige Einheit zu bilden, die dann auch den Indikator umfasst. Der Indikator wird vorzugsweise mit Hilfe einer Halte- oder Aufnahmevorrichtung mit der optischen Einheit bzw. der Vorrichtung in der Weise gekoppelt, dass die Indikatorsubstanzen exakt und definiert in der Indikatorebene positioniert sind. Der Indikator ist vorzugsweise über diese Haltevorrichtung leicht auswechselbar.

[0024] Dabei wird es als vorteilhaft angesehen, wenn der Indikator zur Erhöhung der Selektivität als Träger mehrerer Indikatorsubstanzen (Erfassung mehrerer Analyten, Reduzierung von Querempfindlichkeiten, Referenzierungsmöglichkeiten) ausgebildet ist. Alternativ oder zusätzlich kann es günstig sein, wenn der Indikator zur Reduzierung der Störung infolge Alterung der Indikatorsubstanz austauschbar ist. Des Weiteren ist bei bevorzugten Ausführungsformen vorgesehen, dass der Indikator zwecks thermischer Behandlung (Adsorption und Desorption von Analyten) ausreichend gut hermetisch von der optischen Einheit trennbar ist.

[0025] Mit einer solchen optischen Einheit kann die Änderung der Emission besser charakterisiert und damit die Signalinterpretation genauer werden. Das kann zu einer Reduzierung von Ungenauigkeiten und zur Verbesserung der Messsicherheit auf dem Gebiet der Erkennung von Explosivstoffen und anderen gesundheits- und umweltrelevanten Substanzen führen.

[0026] Durch die erfindungsgemäße Vorrichtung kann erreicht werden, dass die Emission bei einer größeren Anzahl von Anregungs- und Emissionswellenlängen erfasst werden kann als das bei vielen feldtauglichen Geräten bisher technisch üblich ist. Damit erhöht sich der Informationsgehalt. Da die Anzahl der Wellenlängen und die spektrale Auflösung im Vergleich zu scannenden Spektrometern durch die Vorrichtung begrenzt werden, kann die optische Einheit in einem feldtauglichen Gerät untergebracht werden.

[0027] Es können bevorzugt drei bis neun Anregungswellenlängen und drei bis neun Emissionswellenlängen verwendet werden. Die Anregungswellenlängen können beispielsweise im ultravioletten Spektralbereich (300nm bis 400nm) und die Emissionswellenlängen im sichtbaren Spektralbereich (400nm

bis 700nm) angesiedelt sein. Ein vollständiger Wellenlängenscan ist nicht erforderlich. Zwischen den genutzten Anregungswellenlängen eines Spektralbereichs können somit Wellenlängenbereiche liegen, die nicht genutzt werden. Zur Erzeugung der Anregungswellenlängen können Spektralstrahler, z.B. als Leuchtemitterdioden (LED), oder andere Lichtquellen in Verbindung mit wellenlängenselektiven Einrichtungen (z.B. Gitter oder Filter) genutzt werden.

[0028] Die Anzahl der Wellenlängen und auch die spektrale Auflösung werden auf ein notwendiges Maß begrenzt, ohne dass sich dabei der Informationsgehalt deutlich verringert. Die Messung wird über einen definierten Spektralbereich bei weniger Wellenlängen und geringerer spektraler Auflösung durchgeführt. Anregungs- und Emissionswellenlängen werden durch wellenlängenselektive Elemente oder Einrichtungen erzeugt. Wenn von wellenlängenselektiven Einrichtungen die Rede ist, dann ist damit gemeint, dass diese Einrichtungen wellenlängenselektive Eigenschaften aufweisen. Ein Spektralapparat (z.B. Gitter, Verlaufsfilter) ist wellenlängenselektiv, da dieser weißes Licht spektral zerlegt. Ein Filter ist wellenlängenselektiv, da dieser nur Strahlung einer bestimmten Wellenlänge durchlässt. Eine Strahlungsquelle ist wellenlängenselektiv, wenn diese nur bei bestimmten Wellenlängen Strahlung abgibt.

[0029] Der Indikator kann beispielsweise mehrere Indikatorsubstanzen aufweisen und ist vorzugsweise austauschbar, was die Selektivität erhöht und Störungen reduziert. Damit wird erreicht, dass die Änderung der Emission besser charakterisiert und dadurch die Signalinterpretation genauer werden. Das führt zu einer Reduzierung von Ungenauigkeiten und zur Verbesserung der Messsicherheit auf dem Gebiet der Erkennung von Explosivstoffen und anderen gesundheits- und umweltrelevanten Substanzen.

[0030] Die Strahlungsebene stellt die Gesamtheit aller Strahlungsquellen dar. Die Strahlungsebene kann plan oder auch gekrümmt ausgebildet sein. Eine oder mehrere Strahlungsquellen sind für die entkoppelte Abgabe von Anregungsstrahlung zuständig, wobei sich die Entkopplung auf Ort und/oder Zeit bezieht. So kann Anregungsstrahlung beispielsweise an einem Ort zu unterschiedlichen Zeiten oder an verschiedenen Orten zu einem Zeitpunkt oder auch an verschiedenen Orten zu verschiedenen Zeiten abgegeben werden. Die quasi-monochromatische (bzw. spektral aufgelöste) Anregungsstrahlung kann dabei durch wellenlängenselektive Einrichtungen oder mit deren Hilfe erzeugt werden, wie z.B. Gitter, Filter oder Spektralstrahler (LED). Spektral aufgelöste Anregungsstrahlung bedeutet also, dass dieser Strahlung eine oder mehrere definierte Wellenlängen bzw. Wellenlängenbereiche zugeordnet sind.

[0031] Jeder mit einer Strahlungsquelle belegte Ort in der Strahlungsebene repräsentiert eine bestimmte Anregungswellenlänge. Sind mehrere Strahlungsquellen angeordnet, dann stellt die Strahlungsebene damit ein Muster von Strahlungsquellen in Abhängigkeit vom Ort dar. Die Strahlungsquellen können im Blitzbetrieb arbeiten, d.h. sie sind zeitlich in definierter Weise mit einem Taktgenerator taktbar. Damit stellt die Strahlungsebene nicht nur ein Muster von Strahlungsquellen in Abhängigkeit vom Ort dar, sondern auch ein Muster in Abhängigkeit von der Zeit. Ein Muster soll immer dann vorliegen, wenn mindestens eine Abhängigkeit (Ort, Zeit) besteht. Das soll auch für jede weitere, oben erwähnte Ebene zutreffend sein.

[0032] Es ist somit auch möglich, dass in der Strahlungsebene beispielsweise eine einzige Strahlungsquelle angeordnet ist. Diese Strahlungsquelle kann die Endfläche eines Lichtwellenleiters sein, von der Anregungsstrahlung abgegeben wird. Dieser Lichtwellenleiter kann vorzugsweise auf seiner anderen Endfläche, die der Strahlungsebene vorgelagert ist, mit Anregungsstrahlung verschiedener Wellenlängen zu verschiedenen Zeiten beaufschlagt werden. Damit wird von dieser einen, in der Strahlungsebene angeordneten Strahlungsquelle Anregungsstrahlung verschiedener bzw. unterschiedlicher Wellenlängen zu verschiedenen Zeiten abgegeben.

[0033] In der Indikatorebene ist der Indikator angeordnet. Dieser besteht im Wesentlichen aus einem Träger, auf dem eine oder mehrere Indikatorsubstanzen in definierter Weise aufgebracht sind. Sind mehrere Indikatorsubstanzen nebeneinander bzw. in unterschiedlichen Bereichen angeordnet, dann stellt die Indikatorebene damit ein Muster von Indikatorsubstanzen in Abhängigkeit vom Ort dar. Die Strahlungsquellen in der Strahlungsebene sind durch geeignete Maßnahmen in der Indikatorebene abbildbar. Wenn von abbildbar die Rede ist, dann ist damit gemeint, dass die Indikatorebene zum einen in der Bildebene angeordnet sein kann. Zum anderen kann sich die Indikatorebene aber auch außerhalb davon befinden. Das kann beispielsweise dann von Vorteil sein, wenn die geometrische Ausdehnung der Anregungsstrahlung in der Indikatorebene gezielt eingestellt werden soll. Das soll auch für jede weitere, oben erwähnte Ebene zutreffend sein. Die Indikatorsubstanzen werden so durch die Anregungsstrahlung zur Emission angeregt. Die Emission der Indikatorsubstanzen wird genau an den Orten erzeugt, wo die Anregungsstrahlung auf der Indikatorebene abgebildet wird. Die Indikatorebene stellt damit nicht nur ein Muster von Indikatorsubstanzen in Abhängigkeit vom Ort dar, sondern auch ein Muster von Emissionen in Abhängigkeit von der Zeit. Dabei sind beide Muster aufeinander abstimmbare in der Weise, dass zum einen die Indikatorsubstanzen jeweils von Strahlungsquellen verschiedener Wellenlängen zur Emission angeregt

werden. Zum anderen ist die Orts- und Zeitabhängigkeit der Emissionen so eingestellt, dass damit die Eigenschaften des Spektralapparates (Art der Eintritts- und Austrittsebene sowie Art der Empfänger) berücksichtigt sind, was dazu führt, dass die spektral aufgelösten Emissionen ohne gegenseitige Überlagerung messbar sind.

[0034] Die Muster der Strahlungsquellen und der Indikatorsubstanzen sollten an die Strömungsverhältnisse bzw. an die Geometrie der Beaufschlagung des Indikators mit dem Analyten (z.B. als geführten Luftstrom) anpassbar sein und umgekehrt.

[0035] Die Emissionen in der Indikatorebene werden durch geeignete Maßnahmen in der Empfangsebene definiert abgebildet. Die Empfangsebene stellt somit ebenfalls ein Muster von Emissionen in Abhängigkeit vom Ort und/oder der Zeit dar. Ist beispielsweise nur eine Strahlungsquelle in der Strahlungsebene angeordnet, die eine einzige Indikatorsubstanz in der Indikatorebene zur Emission anregt, dann wird die Empfangsebene an einem einzigen Ort mit Emission beaufschlagt. Wenn beispielsweise, wie oben ausgeführt, die Strahlungsquelle Anregungsstrahlung zu verschiedenen Zeiten abgibt, dann stellt die Empfangsebene ein Muster von Emissionen in Abhängigkeit von der Zeit dar. Empfangsebene bedeutet, dass hier die Emissionen direkt von der Eintrittsebene des Spektralapparates oder durch andere optische Mittel empfangen werden.

[0036] Die Eintrittsebene des Spektralapparates kann beispielsweise der Spalt eines Gittermonochromators sein. Eintrittsebene kann auch bedeuten, dass hier die Öffnung für den definierten Durchgang der Emissionen in einen Filtermonochromator mit separaten Bandpassfiltern oder mit einem VerlaufsfILTER lokalisiert ist. Andere optische Mittel sollen optische Elemente sein, die zwischen der Empfangsebene und der Eintrittsebene angeordnet sind. Diese können beispielsweise als Abbildungselement ausgebildet sein und eine Abbildung der Emissionen auf die Eintrittsebene realisieren.

[0037] Mit dem Spektralapparat erfolgt die spektrale Auflösung aller Emissionen, die mit geeigneten Maßnahmen auf definierte Orte der Austrittsebene gerichtet werden. In dieser Austrittsebene sind Empfänger zur Wandlung der spektral aufgelösten Emission in elektrische Signale angeordnet. Durch die Beaufschlagung der Austrittsebene mit spektral aufgelösten Emissionen an definierten Orten und/oder zu definierten Zeiten (z.B. durch die zeitliche Taktung der Strahlungsquellen) kann erreicht werden, dass die spektral aufgelösten Emissionen von jedem Ort der Indikatorebene separat und ohne gegenseitige Überlagerung erfassbar sind. Ist, wie im obigen Beispiel dargestellt, die Empfangsebene an einem einzigen Ort mit Emission beaufschlagt, dann

kann diese beispielsweise bei einer definierten Wellenlänge mit einem Filter spektral aufgelöst und mit einem einzigen Empfänger in der Austrittsebene erfasst werden. Wird von der einen Strahlungsquelle Anregungsstrahlung bei verschiedenen Wellenlängen zu verschiedenen Zeiten abgegeben, dann kann der Empfänger die Emissionen spektral aufgelöst und separat bei den verschiedenen Anregungswellenlängen erfassen. Der Empfänger registriert in diesem Fall ein Anregungsspektrum.

[0038] Wenn eine Taktung vorgesehen ist, dann kann diese verschiedenartig durchgeführt werden. Es können beispielsweise alle Strahlungsquellen seriell nacheinander oder ein Teil davon auch gleichzeitig getaktet werden. Dabei muss stets die Bedingung eingehalten werden, dass die Beaufschlagung der Eintrittsebene mit mehreren Emissionen nicht zum selben Zeitpunkt am gleichen Ort erfolgt. Für die Empfänger wird eine örtliche und zeitliche Separierung benötigt, damit es keine Überlagerung verschiedener Spektren gibt.

[0039] Die optische Einheit ist vorzugsweise modular aufgebaut. So können beispielsweise Strahlungsquellen, Indikatoren und Empfänger ausgetauscht werden. Die spektralen Bandbreiten können ggf. geändert werden. Die optische Einheit ist auch dafür geeignet, diese mit nur einem Indikator mit einer Indikatorsubstanz und mit nur einer einzigen Strahlungsquelle bei einer einzigen Wellenlänge oder Wellenlängenbereich auszustatten. Die optische Einheit kommt ohne bewegliche Teile aus.

[0040] Das Muster der Emissionen in der Eintrittsebene des Spektralapparates ist das integrale Ergebnis aus den Mustern der Strahlungsquellen, Indikatorsubstanzen und Emissionen. Dieses Muster ist m.a.W. durch das Muster der Strahlungsquellen und der den Strahlungsquellen nachgeordneten Optik bestimmt. Das heißt, das Muster der Emissionen in der Eintrittsebene ist vorgebar durch die Strahlungsquellen, die optischen Elemente im Anregungsstrahlengang und durch die optischen Elemente im Emissionsstrahlengang.

[0041] Nachfolgend werden verschiedene Ausgestaltungen der Erfindung dargestellt, bei denen das Muster der Emissionen in der Eintrittsebene vorgebar ist zum einen durch Strahlungsquellen und abbildende Optik und zum anderen durch die Strahlungsquellen und nichtabbildende Optik. Wenn dabei von den Strahlungsquellen und der nichtabbildenden Optik die Rede ist, dann kann das zum einen heißen, dass Strahlungsquellen und nichtabbildende Optik mit abbildender Optik gekoppelt sind oder zum anderen, dass Strahlungsquellen und nichtabbildende Optik auch ohne abbildende Optik auskommen.

[0042] Abbildende Optik soll dabei bedeuten, dass die verwendeten optischen Elemente Abbildungselemente darstellen, die von einem Gegenstand eine vergrößerte, verkleinerte oder 1:1 – Abbildung erzeugen können, ohne dabei die Form bzw. das Aussehen des Gegenstandes (abgesehen von Abbildungsfehlern) zu verändern. Der Begriff „abbildend“ soll dabei nicht ausschließen, dass die Beaufschlagung einer Ebene mit abbildender Optik auch außerhalb der Bildebene sein kann. Nichtabbildende Optik soll bedeuten, dass die verwendeten optischen Elemente sogenannte Strahlformer darstellen, die die Form bzw. das Aussehen eines Gegenstandes ändern können. Der Begriff „nichtabbildend“ soll dabei nicht ausschließen, dass die Beaufschlagung einer Ebene mit nichtabbildender Optik auch teilweise abbildend sein kann.

[0043] Bei einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist das Muster der Emissionen in der Eintrittsebene des Spektralapparates durch die Strahlungsquellen und abbildende Optik im Anregungs- und Emissionsstrahlengang vorgebar. Dabei sind zwischen der Strahlungsebene und der Indikatorebene ein erstes Abbildungselement und zwischen der Indikatorebene und der Empfangsebene ein zweites Abbildungselement angeordnet. Die Strahlungsebene kann dabei außerhalb der einfachen Brennweite des Abbildungselementes und die Indikatorebene außerhalb der einfachen Brennweite des Abbildungselementes lokalisiert sein, was bei divergenter Anregungsstrahlung, z.B. LED von Vorteil ist. Damit wird erreicht, dass das erste Abbildungselement die Strahlungsebene in die Indikatorebene abbildet. Es kann aber auch möglich sein, dass die Divergenz der Anregungsstrahlung definiert dadurch eingestellt wird, indem sich die Strahlungsebene innerhalb der einfachen Brennweite befindet. Das Muster der Strahlungsquellen findet sich auf der Indikatorebene wieder und erzeugt ein entsprechendes Muster von Emissionen. Das zweite Abbildungselement bildet die Indikatorebene in die Empfangsebene ab. Das Muster der Emissionen findet sich auf der Empfangsebene wieder. Damit sind die Strahlungsebene und die Empfangsebene in definierter Weise von der Indikatorebene beabstandet. Der Indikator kann so als separates Element und als hermetisch trennbar von der optischen Einheit ausgebildet werden. Das ist dann von Vorteil, wenn der Indikator ausgewechselt werden muss, ohne dabei optische Elemente zu beschädigen oder zu verschmutzen. Außerdem ist es damit auch möglich, den Indikator zwecks Adsorption und Desorption von Analyten einer definierten Wärmebehandlung auszusetzen, ohne den Messvorgang zu stören.

[0044] Bei einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung ist die Strahlungsebene entlang und/oder zur optischen Achse des ersten Abbildungselementes justierbar. Die Indikatorebene ist entlang und/oder zu den optischen Achsen des ersten und zweiten Ab-

bildungselementes justierbar. Justierbar entlang und zur optischen Achse soll dabei heißen, dass der Abstand zwischen der Strahlungsebene und dem Abbildungselement sowie der Abstand und der Winkel zwischen Strahlungsebene und der optischen Achse des Abbildungselementes vorzugsweise stufenlos einstellbar sind. Das gilt analog für die Indikatorebene. Damit kann zum einen erreicht werden, dass verschiedene Messgeometrien, wie beispielsweise rückwärtig und in Vorwärtsrichtung realisiert werden können. Zum anderen kann die Messgeometrie so eingestellt werden, dass vom Indikator spekulär reflektierte und damit für die Emissionsmessung störende Strahlung nicht auf die Empfangsebene trifft und damit auch nicht in den Spektralapparat fällt. Weiterhin wird erreicht, dass verschiedene Muster der Emission auf der Indikatorebene realisiert werden können. So kann beispielsweise die Größe (Durchmesser) der einzelnen Elemente des Musters durch definierte Abstände der Strahlungsebene zum ersten Abbildungselement eingestellt werden. Das ist z.B. dann von Vorteil, wenn die Größe der einzelnen Elemente der Emission (entsprechen der Abbildung der einzelnen Strahlungsquellen in der Indikatorebene) auf die flächenhafte Ausdehnung der einzelnen auf den Träger aufgebracht Indikatorsubstanzen angepasst werden muss.

[0045] Nach einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist dem ersten Abbildungselement ein Anregungsfilter und dem zweiten Abbildungselement ein Emissionsfilter nachgeordnet. Mit dem Anregungsfilter kann einerseits erreicht werden, dass keine langwelligen Ausläufer der Anregungsstrahlung (deren Wellenlängen im Bereich der Emission liegen) auf die Indikatorebene fallen und von dort durch Prozesse wie Streuung und/oder spekuläre Reflexion auf die Empfangsebene gelangen und die Emissionsmessung stören. Andererseits kann mit dem Emissionsfilter erreicht werden, dass keine Anregungsstrahlung (deren kürzeren Wellenlängen nicht im Bereich der Emission liegen) durch dieselben Prozesse auf die Empfangsebene treffen. Das hat den Vorteil, dass die Emissionsmessung mit großem Signal-Rausch Verhältnis durchgeführt werden kann.

[0046] Die Eintrittsebene kann in der Empfangsebene lokalisiert sein. Dabei kann das Muster der Emissionen direkt von der Eintrittsebene empfangen werden. Das Muster der Emissionen wird durch die Anordnung der Strahlungsquellen in der Strahlungsebene bestimmt. Mit den Strahlungsquellen kann das Muster der Emissionen direkt und definiert verändert werden. Damit wird erreicht, dass das Muster in der Eintrittsebene an die Abbildungseigenschaften des Spektralapparates mit den in der Austrittsebene angeordneten Empfängern angepasst werden kann.

[0047] Die Strahlungsebene kann z.B. aus einer definierten Anzahl an Strahlungsquellen für Anregungs-

strahlung mit einer definierten Anzahl an Wellenlängen bestehen, wobei das Muster ihrer Anordnung z.B. als eindimensionale Matrix in Form einer Spalte ausgebildet sein kann. Möglich ist, dass diese Spalte mit einem Abbildungsmaßstab von 1:1 in der Indikatorebene bestehend aus einer oder mehreren Indikatorsubstanzen abgebildet wird und das daraufhin entstehende spaltenförmige Muster der Emissionen ebenfalls mit einem Abbildungsmaßstab von 1:1 in der Empfangsebene wiederum als Spalte abgebildet wird.

[0048] Es ist weiter möglich, dass der Spektralapparat beispielsweise ein Gittermonochromator sein kann, wobei seine Eintrittsebene in der Empfangsebene mit der spaltenförmig abgebildeten Emission liegt. In der Austrittsebene des Spektralapparates kann beispielsweise ein Empfängerarray mit mehreren Empfängerelementen für den Empfang der spektral aufgelösten Emissionen angeordnet sein.

[0049] Es sind auch andere Muster als die eindimensionale Matrix in Form einer Spalte in der Strahlungsebene, Indikatorebene und Empfangsebene möglich. Andere Abbildungsmaßstäbe und andere spektralselektive Elemente sind ebenfalls möglich. So können beispielsweise die Strahlungsquellen in der Strahlungsebene als rechteckige Matrix angeordnet sein, wobei die Strahlungsquellen in derselben Zeile gleiche Wellenlängen und die Strahlungsquellen in derselben Spalte unterschiedliche Wellenlängen aufweisen. Je Zeile und Spalte können bevorzugt drei bis neun Strahlungsquellen angeordnet sein. Werden weniger als drei Strahlungsquellen angeordnet, hat das in der Regel Informationsverlust zur Folge. Werden deutlich mehr als neun Strahlungsquellen angeordnet, kann die optische Einheit für den Feldbetrieb zu unhandlich werden.

[0050] Es ist weiter möglich, dass diese Matrix mit einem Abbildungsmaßstab von 1:1 in der Indikatorebene bestehend aus einer oder mehreren Indikatorsubstanzen abgebildet wird und das daraufhin entstehende matrixförmige Muster der Emissionen ebenfalls mit einem Abbildungsmaßstab von 1:1 in der Empfangsebene wiederum als Matrix abgebildet wird. Es ist weiter möglich, dass der Spektralapparat in seiner Eintrittsebene beispielsweise ein Filterarray aufweist, in dem die Filter als rechteckige Matrix angeordnet sind, wobei die Filter in derselben Zeile unterschiedliche Wellenlängen und die Filter in derselben Spalte gleiche Wellenlängen aufweisen. Dabei sind auch andere Zuordnungen möglich. So ist es möglich, dass in der Indikatorebene viele verschiedene Indikatorsubstanzen als Matrix angeordnet sind, wobei jeder Indikatorsubstanz jeweils eine optimale Anregungswellenlänge und eine optimale Emissionswellenlänge zugeordnet sind. In diesem Fall können viele verschiedene Indikatorsubstanzen verwendet werden. Die Filter können beispielsweise als se-

parate Filter oder als Verlaufsfilter ausgebildet sein. In der Austrittsebene des Spektralapparates, die dem Filterarray unmittelbar nachgeordnet sein kann, kann ein Empfängerarray bestehend aus mehreren Empfängererelementen für den Empfang der spektral aufgelösten Emissionen angeordnet sein. Jedem Empfängererelement ist dabei ein Filter zugeordnet.

[0051] Es sind weiterhin spezielle Anordnungen möglich, bei denen beispielsweise mehrere Strahlungsquellen gleicher Anregungswellenlänge verschiedene Indikatorsubstanzen beaufschlagen. Das können beispielsweise zwei LED-Strahlungsquellen sein, die bei denselben Wellenlängen, beispielsweise im ultravioletten Spektralbereich arbeiten und zwei verschiedene Indikatorsubstanzen in der Indikatorebene bestrahlen. Die Emission kann dabei bei einer einzigen Emissionswellenlänge, beispielsweise im sichtbaren Spektralbereich messbar sein. Dabei können die zwei Emissionen auf einen gemeinsamen Empfänger abbildbar sein. Da die beiden LED taktbar sind, können die Emissionen beider Indikatorsubstanzen separat, ohne störende Überlagerungen erfasst werden.

[0052] Die Strahlungsebene besteht vorzugsweise aus einer definierten Anzahl an Strahlungsquellen für Anregungsstrahlung mit einer definierten Anzahl an Wellenlängen, wobei das Muster ihrer Anordnung z.B. als rechteckige Matrix ausgebildet sein kann. Es sind auch beliebige andere Muster möglich, wie z.B. kreis- und spiralförmige oder ovale Muster. Dabei können die Strahlungsquellen, z.B. LED direkt in der Strahlungsebene angeordnet sein. Die Strahlungsquellen können auch Lichtwellenleiterendflächen sein, die in der Strahlungsebene liegen.

[0053] Über das erste Abbildungselement werden die Strahlungsquellen in der Indikatorebene abgebildet. Das kann beispielsweise eine umgekehrte Abbildung im Maßstab 1:1 sein. Dabei können auch andere Abbildungsmaßstäbe möglich sein. Für die Abbildung kann beispielsweise für alle Strahlungsquellen ein gemeinsames Abbildungselement angeordnet werden. Es ist auch möglich, dass jeder Strahlungsquelle ein separates Abbildungselement zugeordnet ist. Dabei kann das Abbildungselement aus mehreren Einzellinsen (Linsenarray) aufgebaut sein. Wie oben bereits ausgeführt, ist mit Abbildung stets gemeint, dass die Indikatorebene zum einen in der Bildebene des Abbildungselementes angeordnet sein kann. Zum anderen kann sich die Indikatorebene aber auch außerhalb davon befinden. Abbildungselemente können Einzellinsen (z.B. plankonvexe oder bikonvexe Linsen, Zerstreuungslinsen, Balllinsen) oder auch Linsengruppen sein. Möglich sind auch abbildende Spiegel. Eine Steuerung der Strahlungsrichtung ist beispielsweise bei der Abbildung der Strahlungsquellen auf der Indikatorebene sinnvoll. Das kann durch eine schräge Anordnung der Anregungsstrahlung zur

Indikatorebene oder / und durch die Anordnung der Strahlungsquellen außerhalb der optischen Achse des Abbildungselementes realisiert werden.

[0054] Die Indikatorebene enthält vorzugsweise verschiedene Indikatorsubstanzen, die z.B. als Streifen auf einem Träger aufgetragen sind. Die Indikatorsubstanzen können auch andere Muster oder Strukturen bilden, wie z.B. kreis- und spiralförmige oder ovale Muster. Die Muster der Indikatorsubstanzen können an die Muster der Strahlungsquellen angepasst werden. So ist es beispielsweise möglich, mehrere Strahlungsquellen auf eine gemeinsame Fläche in der Indikatorebene abzubilden, wobei die Fläche der dort aufgetragenen Indikatorsubstanz der bestrahlten Fläche entspricht. Es ist möglich, dass jede Indikatorsubstanz mit Anregungsstrahlung bei verschiedenen Wellenlängen beaufschlagt wird.

[0055] Über das zweite Abbildungselement werden die Emissionen der Indikatorsubstanzen in der Empfangsebene abgebildet. Das kann beispielsweise eine umgekehrte Abbildung im Maßstab 1:1 sein. Dabei können auch andere Abbildungsmaßstäbe möglich sein. Es ist möglich, dass die Abbildungsmaßstäbe für Anregungsstrahlung und Emission gleich und auch verschieden voneinander sein können. Für die Abbildung kann für alle Emissionen ein gemeinsames Abbildungselement angeordnet werden. Es ist auch möglich, dass jeder Emission ein separates Abbildungselement zugeordnet ist. Dabei kann das Abbildungselement aus mehreren Einzellinsen (Linsenarray) aufgebaut sein. Wie oben bereits ausgeführt, ist auch hier mit Abbildung stets gemeint, dass die Empfangsebene zum einen in der Bildebene des Abbildungselementes angeordnet sein kann. Zum anderen kann sich die Empfangsebene aber auch außerhalb davon befinden. Abbildungselemente können Einzellinsen (z.B. plankonvexe oder bikonvexe Linsen, Zerstreuungslinsen, Balllinsen) oder auch Linsengruppen sein. Möglich sind auch abbildende Spiegel.

[0056] Der Spektralapparat kann beispielsweise ein Gittermonochromator sein, der als Transmissions- oder Reflexionsgitter ausgebildet ist. Es sind aber auch andere spektralselektive Elemente wie z.B. separate Filter oder Verlaufsfilter möglich. Im Spektralapparat wird die Austrittsebene mit spektral aufgelöster Emission beaufschlagt. Hier kann beispielsweise ein Empfängerarray bestehend aus mehreren Empfängererelementen für den Empfang der spektral aufgelösten Emissionen angeordnet sein. Dieses Array kann z.B. die Form einer Zeile oder einer Matrix aufweisen.

[0057] Mit der folgenden Ausgestaltung der Erfindung ist das Muster der Emissionen in der Eintrittsebene des Spektralapparates durch die Strahlungsquellen und nichtabbildende Optik im Anregungsstrah-

lengang vorgebar. Dazu ist ein Strahlformer mit Anregungsstrahlung beaufschlagbar. Der Strahlformer kann in eine abbildende Optik integriert werden. Der Strahlformer kann dabei beispielsweise dem Abbildungselement nachgeordnet und der Indikatorebene vorgelagert sein. Dabei ist es möglich, dass das Muster der Strahlungsquellen in der Strahlungsebene durch die Strahlformer veränderbar ist, so dass das Muster in der Strahlungsebene nicht mit dem Muster in der Indikatorebene übereinstimmt.

[0058] Wenn von einem Strahlformer die Rede ist, dann ist damit gemeint, dass dies ein optisches Element ist, das die Eigenschaften eines Strahles bzw. einer Strahlung (Anregungsstrahlung, Emission) definiert verändern kann. Das betrifft im Allgemeinen räumliche, zeitliche und spektrale Eigenschaften. Es gibt viele verschiedene Möglichkeiten, einen Strahl zu formen: Doppelbrechende Kristalle ändern die Strahlrichtung. Mikroskopische Strukturen, die beispielsweise als Liniengitter auf einem Glasträger aufgetragen sind, können ebenfalls die Strahlrichtung ändern. Lichtwellenleiterbündel sind Leitungselemente, die auf der einen Endfläche rund ausgebildet und dort die Strahlung aufnehmen, und auf der anderen Endfläche als Spalt ausgebildet sein können und die Strahlung abgeben (Bildwandler). Strahlformer sind auch spektralselektive Elemente, die in der Lage sind, spektrale Eigenschaften der Strahlung zu ändern. Strahlformer, die als mikrostrukturierte Bauelemente (ROE = refractive optical element, DOE=diffraction optical element) aufgebaut sind, können beispielsweise unregelmäßige Intensitätsprofile in ein gleichmäßiges und steiles Profil verwandeln oder die Strahlrichtung ändern. Sogenannte Freiformoptiken (z.B. stark asymmetrische Linsen) sind Strahlformer.

[0059] Je nach Applikation kann der Strahlformer vor dem Abbildungselement und auch nach dem Abbildungselement angeordnet sein. Es können auch mehrere Strahlformer angeordnet sein. Das ist sowohl für den Anregungsstrahlengang als auch für den Emissionsstrahlengang möglich. Es ist auch möglich, dass in der optischen Einheit ausschließlich Strahlformer angeordnet sind, d.h. dass die optische Einheit ohne abbildende Optik auskommt.

[0060] So kann beispielsweise eine rechteckige Matrix bzw. Muster von Strahlungsquellen in der Strahlungsebene als Zeile in der Indikatorebene abbildbar sein, wenn der Strahlformer beispielsweise eine Zylinderlinse ist. Zylinderlinsen haben die Eigenschaft, einen Strahl in der einen Richtung zu fokussieren, in der anderen senkrecht dazu weisenden Richtung dagegen nicht. Ein Strahl mit rundem Querschnitt kann so als Linie abgebildet werden. Dabei ist es möglich, dass das Abbildungselement aus mehreren Linsen (Linsenarray) besteht, wobei jeder Strahlungsquelle eine Linse zugeordnet ist, die die divergente Strah-

lung der Strahlungsquelle kollimiert. Die Zylinderlinse kann beispielsweise mit Parallelstrahlung an verschiedenen Orten beaufschlagt werden. Dabei sind Strahlungsebene, Abbildungselement, Zylinderlinse und Indikatorebene in der Weise zueinander ausrichtbar und justierbar, dass die in den Spalten angeordneten Strahlungsquellen jeweils auf ein und denselben Ort in der Indikatorebene gebracht werden können. Es sind auch andere Strahlformer möglich, die eine rechteckige Matrix bzw. Muster von Strahlungsquellen in der Strahlungsebene als Zeile in der Indikatorebene abbilden. So sind beispielsweise mikrostrukturierte Bauelemente (DOE) dafür gut geeignet.

[0061] Durch die Formung der rechteckigen Matrix der Strahlungsquellen in eine eindimensionale Zeile kann erreicht werden, dass weniger identische Indikatorsubstanzen in der Indikatorebene und weniger Empfänger in der Austrittsebene des Spektralapparates angeordnet werden müssen.

[0062] Mit der folgenden Ausgestaltung der Erfindung ist das Muster der Emissionen in der Eintrittsebene des Spektralapparates durch die Strahlungsquellen und nichtabbildende Optik im Emissionsstrahlengang vorgebar. Dazu ist ein Strahlformer mit Emissionsstrahlung beaufschlagbar. Der Strahlformer ist vorzugsweise als Leitungselement ausgebildet. Dabei sind die Einkoppelfläche des Leitungselementes in der Empfangsebene und die Auskoppelfläche des Leitungselementes in der Eintrittsebene lokalisiert. Das Leitungselement empfängt das Muster der Emissionen und leitet dieses zur Eintrittsebene des Spektralapparates. Das Leitungselement kann bevorzugt als Lichtwellenleiterbündel ausgebildet sein. Dabei ist es möglich, die Auskoppelflächen der einzelnen Lichtwellenleiter in der Eintrittsebene anders anzuordnen als das für die entsprechenden Einkoppelflächen in der Empfangsebene der Fall ist. Das Leitungselement arbeitet in diesem Fall als Bildwandler. Damit kann erreicht werden, dass das Muster in der Empfangsebene definiert in der Eintrittsebene geändert und an die Abbildungseigenschaften des Spektralapparates mit den in der Austrittsebene angeordneten Empfängern angepasst werden kann. Dabei ist es unerheblich, wie die Strahlungsquellen in der Strahlungsebene angeordnet sind. Strahlungsebene und Eintrittsebene sind entkoppelt. Das Muster der Emissionen in der Indikatorebene kann unabhängig von den Eigenschaften des Spektralapparates gestaltet werden.

[0063] So ist es damit beispielsweise möglich, dass Strahlungsquellen und Emissionen als rechteckige Matrix und die Emissionen in der Eintrittsebene als Spalte ausgebildet sind. Die Strahlungsebene kann beispielhaft mit fünf bis neun Strahlungsquellen für Anregungsstrahlung mit fünf bis neun Wellenlängen bestückt sein. Es können auch mehr oder weniger Strahlungsquellen angeordnet sein. Es sind auch an-

dere Muster möglich, wie z.B. kreis- und spiralförmige oder ovale Muster. Dabei können die Strahlungsquellen direkt in der Aufnahme aufgenommen sein oder auch indirekt als Lichtwellenleiter, wobei deren Endflächen in der Strahlungsebene liegen können.

[0064] Über das Abbildungselement werden die Strahlungsquellen in der Indikatorebene abgebildet. Das kann beispielsweise eine umgekehrte Abbildung im Maßstab 1:1 sein. Es sind auch andere Abbildungsmaßstäbe möglich. Die Indikatorebene enthält z.B. drei verschiedene Indikatorsubstanzen, die als Streifen vertikal auf einem Träger aufgetragen sind. Es können auch mehr oder weniger Indikatorsubstanzen angeordnet sein. Im Vergleich zur Auftragung von Indikatorsubstanzen in Form von Streifen können auch andere Muster oder Strukturen erzeugt werden, wie z.B. kreis- und spiralförmige oder ovale Muster. Die Muster der Indikatorsubstanzen können an die Muster der Strahlungsquellen angepasst werden.

[0065] Jede Indikatorsubstanz kann z.B. mit Anregungsstrahlung bei drei Wellenlängen beaufschlagt werden. Es entsteht ein Muster der Anregungsstrahlung, das als Matrix ausgebildet ist. Die Anregungsstrahlung erzeugt an den Orten der Beaufschlagung Emissionen der Indikatorsubstanzen, das folglich ebenfalls als Matrix ausgebildet ist.

[0066] Die Emissionen beaufschlagen das Abbildungselement. In der Empfangsebene entsteht dadurch das Muster der abgebildeten Emission wieder in Form einer Matrix. Das kann beispielsweise eine umgekehrte Abbildung im Maßstab 1:1 sein. In der Empfangsebene sind an den Orten der Beaufschlagung die Einkoppelflächen von Lichtwellenleitern des Leitungselementes angeordnet. Das können beispielsweise insgesamt neun einzelne Lichtwellenleiter sein, die an den neun Orten der Beaufschlagung angeordnet sind. Es können auch mehrere Lichtwellenleiter an einem Ort der Beaufschlagung angeordnet sein. Das Leitungselement ist beispielsweise als Lichtwellenleiterbündel bestehend aus neun separaten Lichtwellenleitern ausgebildet. Die Einkoppelflächen der Lichtwellenleiter des Leitungselementes sind in der Eintrittsebene des Spektralapparates lokalisiert. Der Spektralapparat ist z.B. ein Gittermonochromator. Es sind aber auch andere spektralselektive Elemente wie z.B. separate Filter oder Verlaufsfilter möglich. Bei einem Gittermonochromator kann die Eintrittsebene als Spalt ausgebildet sein. Über diesen Spalt muss die Emission in den Spektralapparat einkoppeln. Deshalb sind die Einkoppelflächen der Lichtwellenleiter des Leitungselementes in Form einer Spalte angeordnet. Diese Spalte stellt die Abbildung der Emission in der Eintrittsebene des Spektralapparates dar.

[0067] Bei einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist das Muster der Emissionen in der Ein-

trittsebene des Spektralapparates durch die Strahlungsquellen und nichtabbildende Optik im Anregungs- und Emissionsstrahlengang vorgebar. Dazu sind ein Strahlformer mit Anregungsstrahlung und ein Strahlformer mit Emissionsstrahlung beaufschlagbar. Der mit Anregungsstrahlung beaufschlagbare Strahlformer kann beispielsweise eine Zylinderlinse sein. So kann beispielsweise eine rechteckige Matrix bzw. ein rechteckiges Muster von Strahlungsquellen in der Strahlungsebene als Zeile in der Indikatorebene abgebildet werden. Die Emission ist dann auch als Zeile ausgebildet. Wie bei dem Anregungsstrahlengang kann der mit Emissionsstrahlung beaufschlagbare Strahlformer beispielsweise auch eine Zylinderlinse sein. Hierbei ist diese Zylinderlinse zur Zylinderlinse im Anregungsstrahlengang vorzugsweise um 90° gedreht angeordnet.

[0068] Dabei ist es möglich, dass das Abbildungselement für Anregungsstrahlung und Emission aus mehreren Linsen (Linsenarray) besteht, wobei jeder Strahlungsquelle in der Strahlungsebene und jeder Emission in der Indikatorebene eine separate Linse zugeordnet ist, die die divergenten Strahlungen kollimieren. Die Zylinderlinsen im Anregungs- und Emissionsstrahlengang können beispielsweise mit Parallelstrahlung an verschiedenen Orten beaufschlagt werden. Dabei sind Strahlungsebene, Abbildungselemente, Zylinderlinsen und Indikatorebene in definierter Weise zueinander ausgerichtbar und justierbar. Damit ist es möglich, die als Zeile ausgebildete Emission als Punkt (mit endlicher Ausdehnung) in der Eintrittsebene abzubilden. Das hat den Vorteil, dass der Spektralapparat in einfacher Weise aufbaubar ist. Es sind hierbei auch andere Arten von Strahlformern möglich.

[0069] Mit nichtabbildender Optik ist es beispielsweise weiter möglich, über ein als Mikrolinsenarray ausgebildetes ROE (z.B. als Paar angeordnet), das zwischen der Strahlungsebene und der Indikatorebene lokalisiert ist, homogene Strahlungsprofile der Anregungsstrahlung zu erzeugen.

[0070] Damit können dann die Indikatorsubstanzen gleichmäßig über ihre Fläche bestrahlt und angeregt werden.

[0071] Zwischen der Strahlungsebene und der Indikatorebene können auch DOE – Elemente angeordnet werden, die in Trägermaterialien eingeritzte Mikrostrukturen (z.B. Linien mit sehr kleinen Abständen) aufweisen und damit definierte Interferenzeffekte erzeugen. Das kann genutzt werden, um beispielsweise die Strahlungsrichtung der Anregungsstrahlung auf engem Raum zu ändern. Das ist in analoger Weise auch für die Emissionsstrahlung möglich.

[0072] Mit mikrostrukturierten Elementen lassen sich beliebige Muster von Strahlungsquellen oder Emis-

sionen in definierte Muster von Emissionen in der Eintrittsebene des Spektralapparates erzeugen. Diese Muster können an die Eigenschaften des Spektralapparates unabhängig von dem Muster der Strahlungsquellen oder Emissionen angepasst werden. Der Spektralapparat ist somit von der ihm vorgelagerten Optik entkoppelt und kann individuell gestaltet werden.

[0073] Es ist weiterhin möglich, dass verschiedene Funktionen einiger optischer Elemente der Vorrichtung als gemeinsames optisches Bauteil ausgebildet werden. Das reduziert die Anzahl der optischen Elemente bzw. Komponenten in der Vorrichtung. Die optische Einheit wird robuster und kompakter. Dabei ist es beispielsweise auch möglich, dass die verschiedenen Funktionen aller optischen Elemente der Vorrichtung in einem einzigen optischen Bauteil integriert und zusammengefasst sind. Ein solches Bauteil kann dann beispielsweise als Spritzgussteil hergestellt werden. Als optische Elemente werden alle Komponenten in der Vorrichtung angesehen, die die Eigenschaften von Strahlung räumlich, zeitlich und spektral verändern können. Das sind vornehmlich Funktionen der Abbildung, Lenkung und Leitung sowie Formung der Strahlung.

[0074] Des Weiteren ist es möglich, dass die optische Einheit an verschiedene Messgeometrien anpassbar ist. Wenn von Messgeometrie die Rede ist, dann ist damit gemeint, dass Anregungsstrahlengang, Indikator und Emissionsstrahlengang in definierten geometrischen bzw. räumlichen Verhältnissen zueinander stehen. So können Anregungsstrahlengang und Emissionsstrahlengang in Rückwärtsgeometrie angeordnet sein. Das heißt, beide Strahlengänge liegen auf ein und derselben Seite vom Indikator. Dabei sind verschiedene Winkel der Anregung und Emission zum Lot eines plan ausgebildeten Indikators möglich. Der Indikator kann auch anders als plan ausgebildet sein. Es ist auch möglich, die Anregung auf der einen Seite des Indikators anzuordnen und die Emission auf der anderen Seite des Indikators. Auch hier sind verschiedene Winkel der Anregung und Emission zum Lot des Indikators möglich.

[0075] Im Folgenden wird eine weitere, spezielle Ausbildung der Erfindung dargestellt. Die Emission der Indikatoren kann einerseits durch Anregungsstrahlung erzeugt werden (Fluoreszenz, Phosphoreszenz). Andererseits kann die Emission auch durch chemische Reaktionen verursacht sein (Chemilumineszenz). Deshalb sind bei einer weiteren vorteilhaften Ausbildung der Erfindung in der Indikatorebene neben fluoreszenzfähigen Indikatormaterialien auch chemilumineszenzfähige Indikatormaterialien angeordnet. Das Muster der Emissionen in der Eintrittsebene des Spektralapparates ist hier durch die Strahlungsquellen, abbildende Optik und durch die Anordnung der chemilumineszierenden Indikatormaterialien

in der Indikatorebene vorgebar. Die Emission der chemilumineszierenden Substanzen wird durch eine chemische Reaktion zwischen den Analyten und den Indikatormaterialien erzeugt. Für diese Form der Lumineszenz ist somit eine Anregungsstrahlung nicht erforderlich. Die Chemilumineszenz zahlreicher Substanzen liegt dabei im ultravioletten und/oder sichtbaren Spektralbereich und ist mit einfachen optischen Mitteln messbar. Es können eine oder mehrere Indikatormaterialien in definierter Weise auf dem Träger aufgebracht sein. Dabei liegt dieser Bereich außerhalb des Bereiches, der mit Anregungsstrahlung der Strahlungsquellen für die Emission in Form der Fluoreszenz beaufschlagbar ist. Damit können die durch Analyten erzeugten Emissionen an Orten in der Empfangsebene abgebildet werden, die von mit Anregungsstrahlung erzeugten Emissionen frei sind. Es finden keine störenden Überlagerungen der verschiedenen Emissionen statt. Somit sind unterschiedliche Indikatoren, deren Emissionen einerseits durch Anregungsstrahlung und andererseits durch Analyten durch eine chemische Reaktion erzeugbar sind, in einer gemeinsamen optischen Einheit verwendbar. Damit werden die Selektivität erhöht und Störungen reduziert. Es ist aber auch möglich, in der optischen Einheit nur chemilumineszierende Indikatormaterialien zu verwenden. Strahlungsquellen für Anregungsstrahlung müssen dann nicht angeordnet werden.

KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0076] Weitere Vorteile und Aspekte der Erfindung ergeben sich aus den Ansprüchen und aus der nachfolgenden Beschreibung von bevorzugten Ausführungsbeispielen der Erfindung, die nachfolgend anhand der Figuren erläutert sind. Dabei zeigen:

[0077] Fig. 1: Vorrichtung zur Erzeugung und Messung einer Emission auf Trägern aufgebrachten Indikatormaterialien ohne Strahlformer.

[0078] Fig. 2a: Strahlungsebene mit Strahlungsquellen für Anregungsstrahlung als Spalte.

[0079] Fig. 2b: Indikatorebene mit Anregungsstrahlung als Spalte.

[0080] Fig. 2c: Empfangsebene mit Emission als Spalte.

[0081] Fig. 2d: Eintrittsebene des Spektralapparates mit Emission als Spalte.

[0082] Fig. 3a: Strahlungsebene mit Strahlungsquellen für Anregungsstrahlung als Matrix.

[0083] Fig. 3b: Indikatorebene mit Anregungsstrahlung als Matrix.

[0084] Fig. 3c: Empfangsebene mit Emission als Matrix.

[0085] Fig. 3d: Eintrittsebene des Spektralapparates mit Emission als Matrix.

[0086] Fig. 4a: Strahlungsebene mit Strahlungsquellen für Anregungsstrahlung als Spalte.

[0087] Fig. 4b: Indikatorebene mit Anregungsstrahlung als Spalte.

[0088] Fig. 4c: Empfangsebene mit Emission als Spalte.

[0089] Fig. 4d: Eintrittsebene des Spektralapparates mit Emission als Spalte.

[0090] Fig. 5: Vorrichtung zur Erzeugung und Messung einer Emission von auf Trägern aufgebracht Indikatorsubstanzen mit Strahlformer im Anregungsstrahlengang.

[0091] Fig. 6a: Strahlungsebene mit Strahlungsquellen für Anregungsstrahlung als Matrix.

[0092] Fig. 6b: Indikatorebene mit Anregungsstrahlung als Zeile.

[0093] Fig. 6c: Empfangsebene mit Emission als Zeile.

[0094] Fig. 6d: Eintrittsebene des Spektralapparates mit Emission als Zeile.

[0095] Fig. 7: Vorrichtung zur Erzeugung und Messung einer Emission von auf Trägern aufgebracht Indikatorsubstanzen mit Strahlformer im Emissionsstrahlengang.

[0096] Fig. 8a: Strahlungsebene mit Strahlungsquellen für Anregungsstrahlung als Matrix.

[0097] Fig. 8b: Indikatorebene mit Anregungsstrahlung als Matrix.

[0098] Fig. 8c: Empfangsebene mit Emission als Matrix.

[0099] Fig. 8d: Eintrittsebene des Spektralapparates mit Emission als Spalte.

[0100] Fig. 9: Vorrichtung zur Erzeugung und Messung einer Emission von auf Trägern aufgebracht Indikatorsubstanzen mit Strahlformer im Anregungs- und Emissionsstrahlengang.

[0101] Fig. 10a: Strahlungsebene mit Strahlungsquellen für Anregungsstrahlung als Matrix.

[0102] Fig. 10b: Indikatorebene mit Anregungsstrahlung als Zeile.

[0103] Fig. 10c: Empfangsebene mit Emission als Zeile.

[0104] Fig. 10d: Eintrittsebene des Spektralapparates mit Emission als Punkt

[0105] Fig. 11a: Strahlungsebene mit Strahlungsquellen für Anregungsstrahlung.

[0106] Fig. 11b: Indikatorebene mit Anregungsstrahlung.

[0107] Fig. 11c: Empfangsebene mit Emission.

[0108] Fig. 11d: Eintrittsebene des Spektralapparates mit Emission.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER AUSFÜHRUNGSBEISPIELE

[0109] Es werden im Folgenden zahlreiche Ausführungsbeispiele erfindungsgemäßer Vorrichtungen beschrieben. Da eine Vorrichtung der hier betrachteten Art neben elektrischen und elektronischen Komponenten auch optisch wirksame Komponenten enthält, um genutzte Strahlung zu generieren, zu verändern und/oder für eine Auswertung aufzuarbeiten, wird die Vorrichtung auch als optische Einheit bezeichnet. Die Vorrichtung bzw. optische Einheit ist dabei im betriebsfertig montierten Zustand mit angekoppeltem Indikator dargestellt.

[0110] In der optischen Einheit **1** (bzw. Vorrichtung **1**) sind gemäß den **Fig. 1** bis **Fig. 11d** mehrere Strahlungsquellen **2a** mit spektral aufgelöster Anregungsstrahlung **3** (also quasi-monochromatischer Strahlung unterschiedlicher Wellenlängenbereiche) an einem oder verschiedenen Orten in einer Strahlungsebene **2** angeordnet. Der Strahlungsebene **2** ist dabei in der Weise eine Indikatorebene **5** nachgeordnet, dass der Indikator **5a** mit einer oder mehreren Indikatorsubstanzen **5c** in der Indikatorebene **5** an einem oder verschiedenen Orten und/oder zu verschiedenen Zeiten zur Erzeugung der Emission **6** mit Anregungsstrahlung **3** über einen Taktgeber **2c** beaufschlagbar ist. Der Indikatorebene **5** ist in der Weise eine Empfangsebene **8** nachgeordnet, dass für einen oder verschiedene Orte der Empfangsebene **8** die Emission **6** empfangbar ist. Der Empfangsebene **8** ist in der Weise eine Eintrittsebene **10** eines Spektralapparates **11** nachgeordnet, dass die Eintrittsebene **10** des Spektralapparates **11** mit der in der Empfangsebene **8** empfangenen Emission **6** beaufschlagbar ist. In einer Austrittsebene **12** des Spektralapparates **11** sind ein oder mehrere Empfänger **13** für den Empfang spektral aufgelöster und sich nicht überlagernder Emissionen **6a** angeordnet. Dabei sind die Strah-

lungsebene **2**, die Indikatorebene **5** und die Empfangsebene **8** definiert beabstandet.

[0111] Durch die erfindungsgemäße Vorrichtung wird erreicht, dass die Emission **6** bei einer größeren Anzahl von Anregungs- und Emissionswellenlängen erfasst werden kann als das bei vielen feldtauglichen Geräten bisher technisch üblich ist. Damit erhöht sich der Informationsgehalt. Da die Anzahl der Wellenlängen und die spektrale Auflösung im Vergleich zu scannenden Spektrometern durch die Vorrichtung begrenzt werden, kann die optische Einheit **1** in einem feldtauglichen Gerät untergebracht werden.

[0112] Bei den Ausführungsbeispielen werden drei bis neun Anregungswellenlängen im ultravioletten Spektralbereich (300nm bis 400nm) und drei bis neun Emissionswellenlängen im sichtbaren Spektralbereich (400nm bis 700nm) verwendet. Ein vollständiger Wellenlängenscan ist nicht erforderlich. Vielmehr reichen schmalbandige Wellenlängenbereiche aus einem breiteren Spektrum.

[0113] Der Indikator **5a** kann beispielsweise mehrere Indikatorsubstanzen **5c** aufweisen und ist vorzugsweise austauschbar, was die Selektivität erhöht und Störungen reduziert. Damit wird erreicht, dass die Änderung der Emission **6** besser charakterisiert und dadurch die Signalinterpretation genauer werden. Das führt zu einer Reduzierung von Ungenauigkeiten und zur Verbesserung der Messsicherheit auf dem Gebiet der Erkennung von Explosivstoffen und anderen gesundheits- und umweltrelevanten Substanzen.

[0114] Die Strahlungsebene **2** stellt die Gesamtheit aller Strahlungsquellen **2a** dar. In anderen Worten: die Strahlungsquellen **2a** definieren die Strahlungsebene **2**. Die Strahlungsquellen **2a** sind für die entkoppelte Abgabe von Anregungsstrahlung **3** zuständig, wobei sich die Entkopplung auf Ort und Zeit bezieht. Dabei kann Anregungsstrahlung **3** beispielsweise an einem Ort zu unterschiedlichen Zeiten oder an verschiedenen Orten zu einem Zeitpunkt oder auch an verschiedenen Orten zu verschiedenen Zeiten abgegeben werden. Die spektral aufgelöste Anregungsstrahlung **3** wird dabei z.B. durch Spektralstrahler (LED) oder mithilfe wellenlängenselektiver Einrichtungen, wie z.B. Gitter, Filter, erzeugt.

[0115] Jeder mit einer Strahlungsquelle **2a** belegte Ort in der Strahlungsebene **2** repräsentiert eine bestimmte Anregungswellenlänge. Die Strahlungsebene **2** stellt damit ein Muster von Strahlungsquellen **2a** in Abhängigkeit vom Ort dar. Die Strahlungsquellen **2a** arbeiten im Beispielsfall im Blitzbetrieb, d.h. sie sind zeitlich in definierter Weise mit einem Taktgenerator **2c** taktbar. Damit stellt die Strahlungsebene **2** nicht nur ein Muster von Strahlungsquellen **2a** in Abhängigkeit vom Ort dar, sondern auch ein Muster in Abhängigkeit von der Zeit. Die Strahlungsebene **2**

kann plan oder auch gekrümmt ausgebildet sein. Hier liegen die Strahlungsquellen in einer gemeinsamen plan ausgebildeten Ebene.

[0116] In der Indikatorebene **5** ist der Indikator **5a** angeordnet. Dieser besteht aus einem Träger **5b**, auf dem mehrere Indikatorsubstanzen **5c** in definierter Weise, z.B. in Form nebeneinander liegender Streifen, aufgebracht sind. Die Indikatorebene **5** stellt damit ein Muster von Indikatorsubstanzen **5c** in Abhängigkeit vom Ort dar. Die Strahlungsquellen **2a** in der Strahlungsebene **2** sind durch geeignete Maßnahmen in der Indikatorebene **5** abbildbar. Die Indikatorsubstanzen **5c** werden so durch die Anregungsstrahlung **3** zur Emission angeregt. Die Emission **6** der Indikatorsubstanzen **5c** wird genau an den Orten **4a** erzeugt, wo die Anregungsstrahlung **3** auf der Indikatorebene **5** abgebildet wird. Die Indikatorebene **5** stellt damit nicht nur ein Muster von Indikatorsubstanzen **5c** in Abhängigkeit vom Ort dar, sondern auch ein Muster von Emissionen **6** in Abhängigkeit von der Zeit. Dabei sind beide Muster aufeinander abstimmbare in der Weise, dass zum einen die Indikatorsubstanzen **5c** jeweils von Strahlungsquellen verschiedener Wellenlängen zur Emission **6** angeregt werden. Zum anderen ist die Orts- und Zeitabhängigkeit der Emissionen **6** so eingestellt, dass damit die Eigenschaften des Spektralapparates **11** (Art der Eintritts- und Austrittsebene **10**, **12** sowie Art der Empfänger **13**) berücksichtigt sind, was dazu führt, dass die spektral aufgelösten Emissionen **6a** ohne gegenseitige Überlagerung messbar sind.

[0117] Die Muster der Strahlungsquellen und der Indikatorsubstanzen sind an die Strömungsverhältnisse bzw. an die Geometrie der Beaufschlagung des Indikators mit dem Analyten (z.B. als geführten Luftstrom) anpassbar und umgekehrt. Der Indikator **5a** wird mit Hilfe einer Halte- oder Aufnahmevorrichtung mit der optischen Einheit **1** in der Weise gekoppelt, dass die Indikatorsubstanzen **5c** exakt und definiert in der Indikatorebene **5** positioniert sind. Der Indikator **5a** ist über diese Haltevorrichtung leicht auswechselbar.

[0118] Die Emissionen **6** in der Indikatorebene **5** werden durch geeignete Maßnahmen in der Empfangsebene **8** definiert abgebildet. Die Empfangsebene **8** stellt ebenfalls ein Muster von Emissionen **6** in Abhängigkeit vom Ort und der Zeit dar. Empfangsebene **8** bedeutet, dass hier die Emissionen **6** direkt von der Eintrittsebene **10** des Spektralapparates **11** oder durch andere optische Mittel empfangen werden.

[0119] Mit dem Spektralapparat **11** erfolgt die spektrale Auflösung aller Emissionen **6**, die mit geeigneten Maßnahmen auf definierte Orte der Austrittsebene **12** gerichtet werden. In dieser Austrittsebene **12** sind Empfänger **13** zur Wandlung der spektral auf-

gelösten Emission **6a** in elektrische Signale angeordnet. Durch die Beaufschlagung der Austrittsebene **12** mit spektral aufgelösten Emissionen **6a** an definierten Orten und/oder zu definierten Zeiten (durch die zeitliche Taktung der Strahlungsquellen **2a**) wird erreicht, dass die spektral aufgelösten Emissionen **6a** von jedem Ort der Indikatorebene **5** separat und ohne gegenseitige Überlagerung erfassbar sind.

[0120] Die Taktung kann verschiedenartig durchgeführt werden. Beispielsweise können alle Strahlungsquellen **2a** zeitlich versetzt nacheinander (d.h. seriell) oder ein Teil davon auch gleichzeitig getaktet werden. Dabei muss stets die Bedingung eingehalten werden, dass die Beaufschlagung des oder der Empfänger **13** mit mehreren Spektren nicht zum selben Zeitpunkt am gleichen Ort erfolgt. Für die Empfänger wird eine örtliche und zeitliche Separierung vorgegeben, damit es keine Überlagerung verschiedener Spektren gibt. Die optische Einheit **1** ist modular aufgebaut. So können beispielsweise Strahlungsquellen **2a**, Indikatoren **5a** und Empfänger **13** ausgetauscht werden. Die spektralen Bandbreiten können geändert werden. Die optische Einheit **1** ist auch dafür geeignet, diese mit nur einem Indikator **5a** mit einer Indikatorsubstanz **5c** und mit nur einer einzigen Strahlungsquelle **2a** auszustatten. Die optische Einheit **1** kommt ohne bewegliche Teile aus.

[0121] In Fig. 1 ist eine Vorrichtung als optische Einheit **1** dargestellt, bei der das Muster der Emissionen **6** in der Eintrittsebene **10** des Spektralapparates **11** durch die Strahlungsquellen **2a** und abbildende Optik **4, 7** im Anregungs- und Emissionsstrahlengang vorgebar ist. Dabei sind zwischen der Strahlungsebene **2** und der Indikatorebene **5** ein erstes Abbildungselement **4** und zwischen der Indikatorebene **5** und der Empfangsebene **8** ein zweites Abbildungselement **7** angeordnet. Die Strahlungsebene **2** ist dabei außerhalb der einfachen Brennweite des Abbildungselementes **4** und die Indikatorebene **5** außerhalb der einfachen Brennweite des Abbildungselementes **7** lokalisiert. Damit wird erreicht, dass das erste Abbildungselement **4** die Strahlungsebene **2** in die Indikatorebene **5** abbildet. Das Muster der Strahlungsquellen **2a** findet sich auf der Indikatorebene **5** wieder und erzeugt ein entsprechendes Muster von Emissionen **6**. Das zweite Abbildungselement **7** bildet die Indikatorebene **5** in die Empfangsebene **8** rückwärtig ab. Das Muster der Emissionen **6** findet sich auf der Empfangsebene **8** wieder. Damit sind die Strahlungsebene **2** und die Empfangsebene **8** in definierter Weise von der Indikatorebene **5** beabstandet. Der Indikator **5a** kann so als separates Element und als hermetisch trennbar von der optischen Einheit **1** ausgebildet werden. Das ist dann von Vorteil, wenn der Indikator **5a** ausgewechselt werden muss, ohne dabei optische Elemente zu beschädigen oder zu verschmutzen. Außerdem ist es damit auch möglich, den Indikator zwecks Adsorption und Desorption von Analyten

5d einer definierten Wärmebehandlung auszusetzen, ohne den Messvorgang zu stören.

[0122] In der optischen Einheit **1** ist die Strahlungsebene **2** entlang und/oder zur optischen Achse des Abbildungselementes **4** justierbar. Die Indikatorebene **5** ist entlang und/oder zu den optischen Achsen der Abbildungselemente **4** und **7** justierbar. Justierbar entlang und zur optischen Achse soll dabei heißen, dass der Abstand zwischen der Strahlungsebene **2** und dem Abbildungselement **4** sowie der Abstand und der Winkel zwischen Strahlungsebene **2** und der optischen Achse des Abbildungselementes **4** einstellbar sind. Das gilt analog für die Indikatorebene **5**. Die Messgeometrie kann so eingestellt werden, dass vom Indikator **5a** spekulare reflektierte und damit für die Emissionsmessung störende Strahlung nicht auf die Empfangsebene **8** trifft und damit auch nicht in den Spektralapparat **11** fällt. Weiterhin wird erreicht, dass verschiedene Muster der Emission **6** auf der Indikatorebene **5** realisiert werden können. So kann beispielsweise die Größe (Durchmesser) der einzelnen Elemente des Musters durch definierte Abstände der Strahlungsebene **2** zum ersten Abbildungselement **4** eingestellt werden. Das ist dann von Vorteil, wenn die Größe der einzelnen Elemente der Emission **6** (entsprechen der Abbildung der einzelnen Strahlungsquellen **2a** in der Indikatorebene **5**) auf die flächenhafte Ausdehnung der einzelnen auf den Träger **5b** aufgebrachten Indikatorsubstanzen **5c** angepasst werden muss.

[0123] Des Weiteren ist dem Abbildungselement **4** ein Anregungsfilter **14** und dem Abbildungselement **7** ein Emissionsfilter **15** nachgeordnet. Mit dem Anregungsfilter **14** wird einerseits erreicht, dass keine langwelligen Ausläufer der Anregungsstrahlung **3** (deren Wellenlängen im Bereich der Emission **6** liegen) auf die Indikatorebene **5** fallen und von dort durch Prozesse wie Streuung und/oder spekulare Reflexion auf die Empfangsebene **8** gelangen und die Emissionsmessung stören. Andererseits wird mit dem Emissionsfilter **15** erreicht, dass keine Anregungsstrahlung **3** (deren kürzeren Wellenlängen nicht im Bereich der Emission **6** liegen) durch dieselben Prozesse auf die Empfangsebene **8** treffen. Das hat den Vorteil, dass die Emissionsmessung mit großem Signal-Rausch Verhältnis durchgeführt werden kann.

[0124] Mit der optischen Einheit **1** gemäß Fig. 1 ist die Beaufschlagung verschiedener Orte der Eintrittsebene **10** des Spektralapparates **11** durch die Strahlungsquellen **2a** und abbildende Optik **4, 7** im Anregungs- und Emissionsstrahlengang vorgebar. Dabei ist die Eintrittsebene **10** in der Empfangsebene **8** lokalisiert. Dadurch wird das Muster der Emissionen **6** direkt von der Eintrittsebene **10** empfangen. Das Muster der Emissionen **6** wird durch die Anordnung der Strahlungsquellen **2a** in der Strahlungsebene

ne **2** bestimmt. Mit den Strahlungsquellen **2a** kann das Muster der Emissionen **6** direkt und definiert verändert werden. Damit wird erreicht, dass das Muster in der Eintrittsebene **10** an die Abbildungseigenschaften des Spektralapparates **11** mit den in der Austrittsebene **12** angeordneten Empfängern **13** angepasst werden kann.

[0125] Im folgenden Beispiel ist der Spektralapparat **11** ein Gittermonochromator. Bei dem Gittermonochromator ist die Eintrittsebene **10** als Spalt ausgebildet. Über diesen Spalt muss die Emission **6** in den Spektralapparat **11** einkoppeln. Im Spektralapparat **11** ist in seiner Austrittsebene **12** ein Empfängerarray **13** für den Empfang der spektral aufgelösten Emissionen **6a** angeordnet. Dieser Empfänger **13** weist drei übereinander liegenden Zeilen auf. Jede Zeile besteht aus fünf gleich großen Elementen, z.B. mit einer Fläche von 4×4 mm. Der Empfänger **13** weist somit insgesamt **15** Empfangselemente auf. Seine Höhe beträgt damit ca. 12 mm und seine Breite 20 mm. Die spektrale Auflösung des Spektralapparates **11** erfolgt in Zeilenrichtung.

[0126] Das für den Betrieb des Spektralapparates **11** erforderliche Muster der Abbildung der Emission **10a** in der Eintrittsebene **10** wird entsprechend der Fig. 2a bis Fig. 2d wie folgt erzeugt. Es ist zum einen die Eintrittsebene **10** in der Empfangsebene **8** angeordnet. Zum anderen sind die Strahlungsquellen **2a** in der Strahlungsebene **2** gemäß Fig. 2a als Spalte (d.h. als gerade Reihe) angeordnet. Über das Abbildungselement **4** werden die Strahlungsquellen **2a** in der Indikatorebene **5** gemäß Fig. 2b abgebildet. Die Indikatorebene **5** enthält beispielhaft drei verschiedene Indikatorsubstanzen **5c**, die als nebeneinander liegende Streifen auf dem Träger **5b** horizontal aufgetragen sind. Dabei kann die Fläche der aufgetragenen Indikatorsubstanz auch der bestrahlten Fläche entsprechen. Jede Indikatorsubstanz wird mit Anregungsstrahlung bei drei Wellenlängen beaufschlagt. Es entsteht ein Muster der Anregungsstrahlung **4a**, das als Spalte ausgebildet ist.

[0127] Die Anregungsstrahlung **3** erzeugt an den Orten der Beaufschlagung Emissionen **6** der Indikatorsubstanzen **5c**, die folglich ebenfalls als Spalte ausgebildet sind. Die Emissionen **6** beaufschlagen das Abbildungselement **7**. In der Empfangsebene **8** entsteht dadurch das Muster der abgebildeten Emission **7a** gemäß Fig. 2c wieder in Form einer Spalte. Da die Empfangsebene **8** in der Eintrittsebene **10** des Spektralapparates **11** angeordnet ist, sind die Muster der abgebildeten Emission **10a** in der Eintrittsebene **10** gemäß Fig. 2d und der abgebildeten Emission **7a** identisch.

[0128] Die Abbildung der Emission **10a** in der Eintrittsebene **10** ist gemäß Fig. 2d in drei Gruppen λ_1 – λ_3 , λ_4 – λ_6 und λ_7 – λ_9 angeordnet. Jede Gruppe re-

präsentiert die Emission **6** einer Indikatorsubstanz **5c** bei drei Wellenlängen der Anregungsstrahlung **3**. Die Flächen der einzelnen abgebildeten Emissionen weisen einen Durchmesser von beispielsweise 1 mm auf, d.h. die Höhe einer Gruppe in der Eintrittsebene **10** beträgt 3 mm. Bei einem Abbildungsmaßstab des Spektralapparates **11** von 1:1 wird in der Austrittsebene **12** das Empfängerarray **13** mit spektral aufgelöster Emission **6a** beaufschlagt, die je Gruppe eine Höhe von 3 mm aufweist. Damit fällt die spektral aufgelöste Emission **6a** je Gruppe vollständig in je eine Zeile des Empfängerarrays. Bei fünf Empfängererelementen je Zeile ergeben sich fünf Emissionswellenlängen.

[0129] Durch die zeitliche Taktung der Strahlungsquellen **2a** mit dem Taktgenerator **2c** werden in jeder Gruppe die Strahlungsquellen **2a** nacheinander angesteuert. Somit gibt es keine Überlagerung verschiedener spektral aufgelöster Emissionen **6a** auf dem Empfänger **13**. In einem Messvorgang werden davon ausgehend **45** verschiedene Werte der Emission **6** von einem Indikator **5a** bestehend aus drei Indikatorsubstanzen **5c** generiert. Damit ergibt sich ein hoher Informationsgehalt für die Auswertung.

[0130] Bei der vorgebbaren Beaufschlagung verschiedener Orte der Eintrittsebene **10** durch die Strahlungsquellen **2a** und der abbildenden Optik **4**, **7** können auch andere Muster als die eindimensionale Matrix in Form einer Spalte in der Strahlungsebene **2**, Indikatorebene **5** und Empfangsebene **8** verwendet werden. Andere Abbildungsmaßstäbe und andere spektralselektive Elemente sind ebenfalls möglich. Der Spektralapparat **11** besteht im folgenden Beispiel aus spektralselektiven Filtern.

[0131] Das für den Betrieb des Spektralapparates **11** erforderliche Muster der Abbildung der Emission **10a** in der Eintrittsebene **10** wird entsprechend der Fig. 3a bis Fig. 3d wie folgt erzeugt. Die Eintrittsebene **10** ist in der Empfangsebene **8** angeordnet. Die Strahlungsquellen **2a** sind in der Strahlungsebene **2** gemäß Fig. 3a als rechteckige Matrix angeordnet. Dabei weisen die Strahlungsquellen **2** in derselben Zeile gleiche Anregungswellenlängen und die Strahlungsquellen **2** in derselben Spalte unterschiedliche Anregungswellenlängen auf. Der Einfachheit halber werden drei verschiedene Anregungswellenlängen λ_1 bis λ_3 verwendet. Über das Abbildungselement **4** werden die Strahlungsquellen **2a** in der Indikatorebene **5** gemäß Fig. 3b als Matrix abgebildet. Die Indikatorebene **5** enthält beispielhaft eine einzige Indikatorsubstanz **5c**. Die Indikatorsubstanz **5c** ist z.B. komplett auf dem Träger **5b** aufgetragen. Dabei kann die Fläche der aufgetragenen Indikatorsubstanz aber auch der bestrahlten Fläche entsprechen. Die Indikatorsubstanz wird mit Anregungsstrahlung bei drei Wellenlängen beaufschlagt. Es entsteht ein Muster der Anregungsstrahlung **4a**, das als Matrix ausgebildet ist. Die Anregungsstrahlung **3** erzeugt an den Or-

ten der Beaufschlagung Emissionen **6** der Indikatorsubstanz **5c**, die folglich ebenfalls als Matrix abgebildet sind. Die Emissionen **6** beaufschlagen das Abbildungselement **7**. In der Empfangsebene **8** entsteht dadurch das Muster der abgebildeten Emission **7a** gemäß **Fig. 3c** wieder in Form einer Matrix. Da die Empfangsebene **8** in der Eintrittsebene **10** des Spektralapparates **11** angeordnet ist, sind die Muster der abgebildeten Emission **10a** in der Eintrittsebene **10** gemäß **Fig. 3d** und der abgebildeten Emission **7a** identisch.

[0132] Der Spektralapparat **11** besteht aus spektral-selektiven Filtern, die als separate Filter oder / und als Verlaufsfiler ausgebildet sind. Diese Filter sind in der Eintrittsebene **10** des Spektralapparates **11** als Array in Form einer rechteckigen Matrix angeordnet. Die Eintrittsebene **10** ist sozusagen das Filterarray. Dabei stimmt das Muster der Filter mit dem Muster der abgebildeten Emission **10a** überein. Die Filter können beispielsweise in derselben Zeile unterschiedliche Wellenlängen und die Filter in derselben Spalte gleiche Wellenlängen aufweisen. Die Wellenlängen der Filter sind auf die Wellenlängen λ_{em} der Emission **6** abgestimmt. Da üblicherweise der Wellenlängenbereich der Emission **6** bei längeren Wellenlängen liegt als der Wellenlängenbereich der Anregungsstrahlung **3**, sind die Wellenlängen der Filter $\lambda_{em1}-\lambda_{em5}$ größer als die Wellenlängen $\lambda_1-\lambda_3$ der Anregungsstrahlung **3**. So können beispielsweise die Anregungswellenlängen $\lambda_1-\lambda_3$ im Bereich 350nm–400nm und die Emissionswellenlängen $\lambda_{em1}-\lambda_{em5}$ im Bereich 450nm–650nm angeordnet sein.

[0133] In der Austrittsebene **12** des Spektralapparates **11** ist ein Empfängerarray **13** für den Empfang der spektral aufgelösten Emissionen **6a** angeordnet. Dabei stimmt das Muster der Empfängererelemente mit dem Muster der abgebildeten Emission **10a** bzw. mit dem Muster der Filter überein. Jedem Empfängererelement ist somit ein Filter zugeordnet. Das heißt für dieses Ausführungsbeispiel, dass der Empfänger **13** aus drei übereinander liegenden Zeilen besteht, wobei jede Zeile fünf Empfängererelemente aufweist. Der Empfänger **13** weist somit insgesamt **15** Empfangselemente auf. Die spektrale Auflösung der Emission **6** im Spektralapparat **11** erfolgt in Zeilenrichtung. Jede Zeile repräsentiert eine definierte Anregungswellenlänge. Somit ergeben sich spektral aufgelöste Emissionen **6a** bei fünf verschiedenen Emissionswellenlängen und drei verschiedenen Anregungswellenlängen. In diesem Ausführungsbeispiel können die Strahlungsquellen **2a** mit dem Taktgenerator **2c** gleichzeitig angesteuert werden.

[0134] Wenn anstelle des Empfängerarrays ein einziger Empfänger verwendet wird, dann werden die Strahlungsquellen **2a** nacheinander getaktet. Wenn der Indikator **5a** mehrere Indikatortsubstanzen **5c** aufweist, dann wird dieses hier dargestellte Ausführungs-

beispiel für jede Indikatortsubstanzen separat angewendet, wobei jeder Indikatortsubstanzen **5c** ein separates Empfängererelement zugeordnet ist. Die Empfängererelemente können wiederum in einem Empfängerarray angeordnet sein.

[0135] Das nächste Ausführungsbeispiel auf den **Fig. 4a** bis **Fig. 4d** zeigt eine spezielle Anordnung für den Fall, dass die Indikatortebene **5** genau zwei verschiedene Indikatortsubstanzen **5c** aufweist. Der Spektralapparat **11** besteht aus spektral-selektiven Filtern. Das für den Betrieb des Spektralapparates **11** erforderliche Muster der Abbildung der Emission **10a** in der Eintrittsebene **10** soll wie folgt erzeugt werden. Die Strahlungsquellen **2a** sind in der Strahlungsebene **2** gemäß **Fig. 4a** als Spalte angeordnet. Dabei weisen die Strahlungsquellen **2a** gleiche Anregungswellenlängen auf. Über das Abbildungselement **4** werden die Strahlungsquellen **2a** in der Indikatortebene **5** gemäß **Fig. 4b** abgebildet. Die Indikatortebene **5** enthält zwei Indikatortsubstanzen **5c**. Dabei entspricht die Fläche der aufgetragenen Indikatortsubstanzen der bestrahlten Fläche.

[0136] In der Eintrittsebene **10** des Spektralapparates **11** entsteht das Muster der abgebildeten Emission **10a** als Spalte gemäß **Fig. 4d**. Das in der Eintrittsebene **10** lokalisierte Filterarray weist ein Muster auf, das mit dem Muster der abgebildeten Emission **10a** übereinstimmt. Die beiden Filter weisen gleiche Wellenlängen auf. In der Austrittsebene **12** des Spektralapparates **11** ist ein Empfängerarray **13** bestehend aus zwei Empfängererelementen angeordnet. Die Strahlungsquellen **2a** können mit dem Taktgenerator **2c** gleichzeitig angesteuert werden. Wenn anstelle des Empfängerarrays ein einziger Empfänger verwendet wird, dann werden die Strahlungsquellen **2a** nacheinander getaktet.

[0137] In **Fig. 5** ist eine Vorrichtung als optische Einheit **1** dargestellt, bei der das Muster der Emissionen **6** in der Eintrittsebene **10** des Spektralapparates **11** durch die Strahlungsquellen **2a** und eine nichtabbildende Optik **9a** im Anregungsstrahlengang vorgebar ist. Dabei ist ein Strahlformer **9a** mit Anregungsstrahlung **3** beaufschlagbar. Der Strahlformer **9a** ist in die abbildende Optik integriert. Der Strahlformer **9a** ist dem Abbildungselement **4** nachgeordnet und der Indikatortebene **5** vorgelagert. Strahlformer **9a**, Abbildungselement **4** und Indikatortebene **5** sind dabei zueinander justierbar und definiert beabstandet.

[0138] Der Strahlformer **9a** ist ein optisches Element, das die Eigenschaften einer Strahlung (hier die Anregungsstrahlung **3**) definiert verändern kann. Das betrifft im Allgemeinen räumliche, zeitliche und spektrale Eigenschaften. Es gibt viele verschiedene Möglichkeiten, einen Strahl zu formen. Der Strahlformer **9a** ist im Folgenden eine Zylinderlinse. Zylinderlinsen haben die Eigenschaft, einen Strahl in der einen

Richtung zu fokussieren, in der anderen senkrecht dazu weisenden Richtung dagegen nicht. Ein Strahl mit rundem Querschnitt kann so als Linie abgebildet werden.

[0139] Dazu wird das folgende Beispiel auf den **Fig. 6a** bis **Fig. 6d** erläutert. Die Strahlungsquellen **2a** sind in der Strahlungsebene **2** gemäß **Fig. 6a** als rechteckige Matrix angeordnet. Dabei weisen die Strahlungsquellen **2** in derselben Zeile gleiche Anregungswellenlängen und die Strahlungsquellen **2** in derselben Spalte unterschiedliche Anregungswellenlängen auf. Der Einfachheit halber werden drei verschiedene Anregungswellenlängen λ_1 bis λ_3 verwendet, wobei je Anregungswellenlänge fünf Strahlungsquellen angeordnet sind. Damit sind **15** Strahlungsquellen **2a** in der Strahlungsebene **2** lokalisiert.

[0140] Über das Abbildungselement **4** und den Strahlformer **9a**, der eine Zylinderlinse ist, werden die Strahlungsquellen **2a** in der Indikatorebene **5** gemäß **Fig. 6b** als Zeile abgebildet. Das Abbildungselement **4** besteht dabei aus mehreren Linsen (Linsenarray), wobei jeder Strahlungsquelle eine Linse zugeordnet ist, die die divergente Strahlung der Strahlungsquelle kollimiert. Die Zylinderlinse **9a** wird so mit Parallelstrahlung an **15** verschiedenen Orten beaufschlagt. Dabei sind Strahlungsebene **2**, Abbildungselement **4**, Zylinderlinse **9a** und Indikatorebene **5** in der Weise zueinander ausgerichtet und justiert, dass die in den Spalten angeordneten Strahlungsquellen **2** jeweils auf ein und denselben Ort in der Indikatorebene gemäß **Fig. 6b** gebracht werden. Insbesondere ist die Zylinderlinse **9a** so ausgerichtet, dass diese die Richtung der Anregungsstrahlung **3** der in der unteren und oberen Zeile angeordneten Strahlungsquellen **2a** mit λ_1 und λ_3 ändert; die Richtung der Anregungsstrahlung der in der mittleren Zeile angeordneten Strahlungsquellen mit λ_2 hingegen nicht. Jeder Ort in der Zeile ist so mit Anregungsstrahlung **3** bei drei verschiedenen Anregungswellenlängen λ_1 – λ_3 beaufschlagt. Die Indikatorebene **5** enthält in diesem Beispiel eine einzige Indikatorsubstanz **5c**. In der Eintrittsebene **10** des Spektralapparates **11** entsteht das Muster der abgebildeten Emission **10a** als Zeile gemäß **Fig. 6d**. Das in der Eintrittsebene **10** lokalisierte Filterarray weist ein Muster auf, das mit dem Muster der abgebildeten Emission **10a** übereinstimmt. Die fünf Filter weisen die Wellenlängen $\lambda_{em,1}$ – $\lambda_{em,5}$ für die Emission auf. In der Austrittsebene **12** des Spektralapparates **11** ist das Empfängerarray **13** bestehend aus fünf Empfängerelementen angeordnet.

[0141] Die Strahlungsquellen **2a** werden für die verschiedenen Anregungswellenlängen λ_1 – λ_3 mit dem Taktgenerator **2c** nacheinander angesteuert. Dabei können die Strahlungsquellen **2a** gleicher Anregungswellenlänge gleichzeitig getaktet werden. Wenn der Indikator **5a** mehrere Indikatorsubstan-

zen **5c** aufweist, dann wird dieses hier dargestellte Ausführungsbeispiel für jede Indikatorsubstanz separat angewendet, wobei jeder Indikatorsubstanz **5c** ein separates Empfängerelement zugeordnet ist. Die Empfangselemente können wiederum in einem Empfängerarray angeordnet sein.

[0142] In **Fig. 7** ist eine Vorrichtung als optische Einheit **1** dargestellt, bei der das Muster der Emissionen **6** in der Eintrittsebene **10** des Spektralapparates **11** durch die Strahlungsquellen **2a** und eine nichtabbildende Optik **9b** im Emissionsstrahlengang vorgebar ist. Dabei ist ein Strahlformer **9b** mit Emissionsstrahlung **6** beaufschlagbar. Der Strahlformer **9b** ist in die abbildende Optik integriert. Der Strahlformer **9b** ist dem Abbildungselement **7** nachgeordnet und der Eintrittsebene **10** vorgelagert. Strahlformer **9b**, Abbildungselement **7** und Eintrittsebene **10** sind dabei definiert beabstandet.

[0143] Mit der optischen Einheit **1** ist die Beaufschlagung verschiedener Orte der Eintrittsebene **10** durch die Strahlungsquellen **2a** und nichtabbildende Optik **9b** vorgebar, wobei die nichtabbildende Optik als Leitungselement **9b** ausgebildet ist. Dabei sind die Einkoppelfläche des Leitungselementes **9b** in der Empfangsebene **8** und die Auskoppelfläche des Leitungselementes **9b** in der Eintrittsebene **10** lokalisiert. Das Leitungselement **9b** empfängt das Muster der Emissionen **6** und leitet dieses zur Eintrittsebene **10** des Spektralapparates **11**. Das Leitungselement **9b** ist in diesem Beispiel als Lichtwellenleiterbündel ausgebildet. Dabei sind die Auskoppelflächen der einzelnen Lichtwellenleiter in der Eintrittsebene **10** anders angeordnet als das für die entsprechenden Einkoppelflächen in der Empfangsebene **8** der Fall ist. Das Leitungselement **9b** arbeitet in diesem Fall als Bildwandler. Damit wird erreicht, dass das Muster in der Empfangsebene **8** definiert in der Eintrittsebene **10** geändert und an die Abbildungseigenschaften des Spektralapparates **11** mit den in der Austrittsebene **12** angeordneten Empfängern **13** angepasst ist. Dabei ist es unerheblich, wie die Strahlungsquellen **2a** in der Strahlungsebene **2** angeordnet sind. Strahlungsebene **2** und Eintrittsebene **10** sind entkoppelt. Das Muster der Emissionen **6** in der Indikatorebene **5** kann unabhängig von den Eigenschaften des Spektralapparates **11** gestaltet werden.

[0144] Dazu wird das folgende Beispiel auf den **Fig. 8a** bis **Fig. 8d** erläutert. **Fig. 8a** zeigt die Strahlungsebene **2** mit neun Strahlungsquellen **2a** für Anregungsstrahlung **3** mit neun Wellenlängen λ_1 bis λ_9 . Das Muster der Strahlungsquellen ist als rechteckige Matrix ausgebildet. Über das Abbildungselement **4** werden die Strahlungsquellen **2a** in der Indikatorebene **5** gemäß **Fig. 8b** abgebildet. In diesem Ausführungsbeispiel ist das eine umgekehrte Abbildung im Maßstab 1:1. Die Indikatorebene **5** enthält beispielhaft **3** verschiedene Indikatorsubstanzen **5c**, die als

Streifen vertikal auf dem Träger **5b** aufgetragen sind. Jede Indikatorsubstanz wird mit Anregungsstrahlung bei drei Wellenlängen beaufschlagt. Es entsteht ein Muster der Anregungsstrahlung **4a**, das als Matrix ausgebildet ist. Die Anregungsstrahlung **3** erzeugt an den Orten der Beaufschlagung Emissionen **6** der Indikatorsubstanzen **5c**, das folglich ebenfalls als Matrix ausgebildet ist.

[0145] Die Emissionen **6** beaufschlagen das Abbildungselement **7**. In der Empfangsebene **8** entsteht dadurch das Muster der abgebildeten Emission **7a** gemäß **Fig. 8c** wieder in Form einer Matrix. Das ist in diesem Beispiel ebenfalls eine umgekehrte Abbildung im Maßstab 1:1. In der Empfangsebene **8** sind an den Orten der Beaufschlagung die Einkoppelflächen von Lichtwellenleitern des Leitungselementes **9b** angeordnet. Das sind hier insgesamt neun einzelne Lichtwellenleiter, die an den neun Orten der Beaufschlagung angeordnet sind. Das Leitungselement **9b** ist als Lichtwellenleiterbündel bestehend aus neun separaten Lichtwellenleitern ausgebildet. Die Auskoppelflächen der Lichtwellenleiter des Leitungselementes **9b** sind in der Eintrittsebene **10** des Spektralapparates lokalisiert. Der Spektralapparat **11** ist in diesem Beispiel ein Gittermonochromator. Bei dem Gittermonochromator ist die Eintrittsebene als Spalt ausgebildet. Über diesen Spalt muss die Emission **6** in den Spektralapparat **11** einkoppeln. Deshalb sind die Auskoppelflächen der Lichtwellenleiter des Leitungselementes **9b** in Form einer Spalte angeordnet. Diese Spalte stellt gemäß **Fig. 8d** die Abbildung der Emission **10a** in der Eintrittsebene **10** des Spektralapparates **11** dar.

[0146] In **Fig. 9** ist eine Vorrichtung als optische Einheit **1** dargestellt, bei der das Muster der Emissionen **6** in der Eintrittsebene **10** des Spektralapparates **11** durch die Strahlungsquellen **2a** und die nicht-abbildende Optik **9a, 9b** im Anregungs- und Emissionsstrahlengang vorgebar ist. Dabei sind der Strahlformer **9a** mit Anregungsstrahlung **3** und ein Strahlformer **9b** mit Emissionsstrahlung **6** beaufschlagbar. Der Strahlformer **9a** ist wie im Beispiel gemäß **Fig. 5** in die abbildende Optik integriert. Der Strahlformer **9a** ist dem Abbildungselement **4** nachgeordnet und der Indikatorebene **5** vorgelagert. Strahlformer **9a**, Abbildungselement **4** und Indikatorebene **5** sind dabei zueinander justierbar und definiert beabstandet. Der Strahlformer **9b** ist ebenfalls in die abbildende Optik gemäß **Fig. 9** integriert. Der Strahlformer **9b** ist dem Abbildungselement **7** nachgeordnet und der Eintrittsebene **10** vorgelagert. Strahlformer **9b**, Abbildungselement **7** und Indikatorebene **5** sind dabei zueinander justierbar und definiert beabstandet.

[0147] Der Strahlformer **9a** ist im Folgenden eine Zylinderlinse. Der Strahlformer **9b** ist ebenfalls eine Zylinderlinse. Dazu wird das folgende Beispiel auf den **Fig. 10a** bis **Fig. 10d** erläutert. Wie im Beispiel in

Fig. 6a sind die Strahlungsquellen **2a** in der Strahlungsebene **2** gemäß **Fig. 10a** als rechteckige Matrix angeordnet und weisen die gleichen Strahlungsquellen mit denselben Anregungswellenlängen λ_1 bis λ_3 auf. Damit sind auch in diesem Beispiel **15** Strahlungsquellen **2a** in der Strahlungsebene **2** lokalisiert. Über das Abbildungselement **4** und den Strahlformer **9a**, der eine Zylinderlinse ist, werden die Strahlungsquellen **2a** in der Indikatorebene **5** gemäß **Fig. 10b** als Zeile abgebildet. Jeder Ort in der Zeile ist so mit Anregungsstrahlung **3** bei drei verschiedenen Anregungswellenlängen λ_1 – λ_3 gemäß **Fig. 10b** beaufschlagt. Die Indikatorebene **5** enthält in diesem Beispiel fünf verschiedene Indikatorsubstanzen **5c**, die als Streifen in **Fig. 10b** sichtbar sind. Die Flächen der Indikatorsubstanzen **5c** können dabei auch an die Flächen der Beaufschlagung mit Anregungsstrahlung **3** angepasst sein.

[0148] Über das Abbildungselement **7** und den Strahlformer **9b**, der eine Zylinderlinse ist, werden die Emissionen **6** gemäß **Fig. 10c** als Punkt (mit endlicher Fläche) in der Empfangsebene **8** abgebildet. Das Abbildungselement **7** besteht dabei aus mehreren Linsen (Linsenarray als Zeile ausgebildet), wobei jeder Indikatorsubstanz **5c** in der Indikatorebene und damit jeder Emission **6** eine Linse zugeordnet ist, die die divergente Strahlung der Emission kollimiert. Die Zylinderlinse **9b** wird so mit Parallelstrahlung an fünf verschiedenen Orten als Zeile beaufschlagt. Dabei sind Indikatorebene **5**, Abbildungselement **7**, Zylinderlinse **9b** und Emissionsebene **8** in der Weise zueinander ausgerichtet und justiert, dass die als Zeile ausgebildeten Emissionen **6** auf ein und denselben Ort **7a** in der Emissionsebene **8** gemäß **Fig. 10c** gebracht werden. Insbesondere ist die Zylinderlinse **9b** so ausgerichtet, dass diese die Richtung der Emissionen **6** der beiden linken und rechten Indikatorsubstanzen **5c** auf **Fig. 10b** ändert, die Richtung der Emission der mittig angeordneten Indikatorsubstanz hingegen nicht. Die Zylinderlinse **9b** ist gegenüber der Zylinderlinse **9a** um 90° gedreht angeordnet.

[0149] Der Spektralapparat **11** ist in diesem Beispiel ein Gittermonochromator. Bei dem Gittermonochromator ist die Eintrittsebene **10** punktförmig bzw. kreisförmig mit definierter Fläche ausgebildet. Über diese Öffnung koppelt die Emission **6** in den Spektralapparat **11** ein. Die Empfangsebene **8** mit der dort abgebildeten Emission **6** und die Eintrittsebene **10** sind an demselben Ort lokalisiert. Im Gittermonochromator erfolgt die spektrale Auflösung der Emission **6**, die zeilenförmig ausgebildet ist. In der Austrittsebene **12** des Gittermonochromators **11** ist das Empfängerarray **13** angeordnet, das ebenfalls zeilenförmig ausgebildet und an die spektrale Auflösung der Emission **6** angepasst ist.

[0150] Die Strahlungsquellen **2a** werden für die verschiedenen Anregungswellenlängen λ_1 – λ_3 mit dem

Taktgenerator **2c** in der Weise nacheinander angesteuert, dass jeweils nur eine einzige Indikatorsubstanz **5c** in der Indikatorebene **5** mit Anregungsstrahlung **3** bei nur einer einzigen Wellenlänge beaufschlagt wird. Damit wird erreicht, dass die spektral aufgelösten Emissionen separat, ohne sich störend zu überlappen, gemessen werden können.

[0151] In einem weiteren Beispiel (**Fig. 11**) sind in der Indikatorebene **5** neben fluoreszenzfähigen Indikatorsubstanzen **5c** auch chemilumineszenzfähige Indikatorsubstanzen **5c** angeordnet, deren Emission **6** durch die Analyten **5d** selbst erzeugbar ist. Die Emission **6** (Chemilumineszenz) wird durch eine chemische Reaktion zwischen den Analyten **5d** und den chemilumineszenzfähigen Indikatorsubstanzen **5c** erzeugt. Das Muster der Emissionen **6** in der Eintrittsebene **10** des Spektralapparates **11** ist durch die Strahlungsquellen **2a**, abbildende Optik **4, 7** und durch die Anordnung der chemilumineszierenden Indikatorsubstanzen in der Indikatorebene **5** vorgebar.

[0152] Ein entsprechendes Beispiel ist auf den **Fig. 11a** bis **Fig. 11d** ersichtlich. Der Spektralapparat **11** ist ein Gittermonochromator. Das für den Betrieb des Spektralapparates **11** erforderliche Muster der Abbildung der Emission **10a** in der Eintrittsebene **10** wird entsprechend der **Fig. 11a** bis **Fig. 11d** wie folgt erzeugt. Es ist zum einen die Eintrittsebene **10** in der Empfangsebene **8** angeordnet. Zum anderen sind sechs Strahlungsquellen **2a** für Anregungsstrahlung **3** mit sechs Wellenlängen λ_1 bis λ_6 in der Strahlungsebene **2** gemäß **Fig. 11a** als Spalte angeordnet. Über das Abbildungselement **4** werden die Strahlungsquellen **2a** in der Indikatorebene **5** gemäß **Fig. 11b** abgebildet. Die Indikatorebene **5** enthält drei verschiedene Indikatorsubstanzen **5c**, die als Streifen auf dem Träger **5b** horizontal aufgetragen sind. Dabei werden die beiden unteren Indikatorsubstanzen **5c** mit Anregungsstrahlung **3** bei jeweils drei Wellenlängen beaufschlagt. Dabei kann die Fläche der aufgetragenen Indikatorsubstanz auch der bestrahlten Fläche entsprechen. Es entsteht ein Muster der Anregungsstrahlung **4a**, das als Spalte ausgebildet ist. Der obere Streifen des Indikators **5a** ist nicht mit Anregungsstrahlung **3** beaufschlagbar. Dieser Streifen enthält eine Indikatorsubstanz **5c**, deren Emission **6** durch die Analyten **5d** selbst erzeugbar ist. Die Emission **6** (Chemilumineszenz) wird durch eine chemische Reaktion zwischen den Analyten **5d** und der Indikatorsubstanz **5c** im oberen Streifen des Indikators **5a** erzeugt. Ist der obere Streifen in **Fig. 11b** vollständig mit einer Indikatorsubstanz **5c** für Chemilumineszenz belegt und wird diese Fläche komplett mit dem Analyten **5d** kontaktiert, dann entsteht die Emission **6** über die komplette Fläche. Die Anregungsstrahlung **3** erzeugt an den Orten der Beaufschlagung Emissionen **6** der Indikatorsubstanzen **5c**, die als Spalte auf den beiden unteren Streifen ausgebil-

det sind. Die Emissionen **6** beaufschlagen das Abbildungselement **7**. In der Empfangsebene **8** ist am Ort der Abbildung für die Chemilumineszenz eine Spaltblende angeordnet, mit der das Feld bzw. die Bildgröße zum Zweck des optimalen Betriebes des Gittermonochromators **11** begrenzt wird. Eine andere Möglichkeit der Begrenzung besteht darin, die Indikatorsubstanz für Chemilumineszenz als Spalt auf dem Träger **5b** aufzutragen. In der Empfangsebene **8** entsteht dadurch das Muster der abgebildeten Emission **7a** gemäß **Fig. 11c**. Da die Empfangsebene **8** in der Eintrittsebene **10** des Spektralapparates **11** angeordnet ist, sind die Muster der abgebildeten Emission **10a** in der Eintrittsebene **10** gemäß **Fig. 11d** und der abgebildeten Emission **7a** identisch. Die Muster der Indikatorsubstanzen **5c** und Muster der abgebildeten Anregungsstrahlung **4a** sind aufeinander abgestimmt. Die Muster können z.B. identisch sein. Das hat den Vorteil, dass nur an den Orten des Trägers **5b** Indikatorsubstanzen **5c** aufgetragen sind, die von Anregungsstrahlung **3** beaufschlagt sind. Die Muster der Indikatorsubstanzen **5c** und Muster der abgebildeten Emission **7a** in der Empfangsebene **8** sind aufeinander abgestimmt. Die Muster können z.B. identisch sein. Das hat den Vorteil, dass nur an den Orten des Trägers **5b** Indikatorsubstanzen **5c** aufgetragen sind, deren Emission **6** in der Empfangsebene **8** abgebildet werden.

[0153] Es gibt somit zahlreiche Möglichkeiten der praktischen Realisierung des hier beschriebenen Konzepts. Die bildlich dargestellten Varianten können z.B. wie folgt charakterisiert werden.

[0154] Das Ausführungsbeispiel der **Fig. 2a** bis **Fig. 2d** zeichnet sich dadurch aus, dass die Strahlungsquellen in der Strahlungsebene als gruppierte Spalte angeordnet sind und die Emissionen die Eintrittsebene als gruppierte Spalte beaufschlagen, wobei die Abgabe von Anregungsstrahlung innerhalb einer Gruppe der Strahlungsquellen zu unterschiedlichen Zeiten erfolgt.

[0155] Das Ausführungsbeispiel der **Fig. 3a** bis **Fig. 3d** zeichnet sich dadurch aus, dass die Strahlungsquellen in der Strahlungsebene als rechteckige Matrix angeordnet sind und die Emissionen die Eintrittsebene als rechteckige Matrix beaufschlagen, wobei die Abgabe von Anregungsstrahlung zu gleichen oder/und unterschiedlichen Zeiten erfolgt.

[0156] Das Ausführungsbeispiel der **Fig. 4a** bis **Fig. 4d** zeichnet sich dadurch aus, dass die Strahlungsquellen in der Strahlungsebene als Spalte angeordnet sind und die Emissionen die Eintrittsebene als Spalte beaufschlagen, wobei die Abgabe von Anregungsstrahlung zu gleichen oder/und unterschiedlichen Zeiten erfolgt.

[0157] Das Ausführungsbeispiel der **Fig. 6a bis Fig. 6d** zeichnet sich dadurch aus, dass die Strahlungsquellen in der Strahlungsebene als rechteckige Matrix angeordnet sind und die Emissionen die Eintrittsebene als Zeile beaufschlagen, wobei die Abgabe von Anregungsstrahlung innerhalb einer Spalte der Strahlungsquellen zu unterschiedlichen Zeiten erfolgt.

[0158] Das Ausführungsbeispiel der **Fig. 8a bis Fig. 8d** zeichnet sich dadurch aus, dass die Strahlungsquellen in der Strahlungsebene als rechteckige Matrix angeordnet sind und die Emissionen die Eintrittsebene als gruppierte Spalte beaufschlagen, wobei die Abgabe von Anregungsstrahlung innerhalb einer Spalte der Strahlungsquellen zu unterschiedlichen Zeiten erfolgt.

[0159] Das Ausführungsbeispiel der **Fig. 10a bis Fig. 10d** zeichnet sich dadurch aus, dass die Strahlungsquellen in der Strahlungsebene als rechteckige Matrix angeordnet sind und die Emissionen die Eintrittsebene als Punkt beaufschlagen, wobei die Abgabe von Anregungsstrahlung innerhalb der Matrix der Strahlungsquellen zu unterschiedlichen Zeiten erfolgt.

[0160] In jedem dieser Fälle wird stets die Bedingung eingehalten, dass die Beaufschlagung der Eintrittsebene **10** mit mehreren Emissionen **6** nicht zum selben Zeitpunkt am gleichen Ort erfolgt. Für die Beaufschlagung der Eintrittsebene des Spektralapparats mit Emissionen **6** an einem oder verschiedenen Orten und/oder zu verschiedenen Zeiten werden u.a. Abbildungselemente, Strahlformer und/oder Taktgeber geeignet angeordnet und betrieben.

[0161] Die optische Einheit mit angekoppeltem Indikator befindet sich in einem nicht näher dargestellten robusten Gehäuse mit Display. Dieses Gehäuse ist auch in der Lage, eine Adsorptions- und Desorptionsvorrichtung zur Führung des Analyten, Elektronik sowie eine autonome, nicht leitungsgebundene Energieversorgung (Batterie oder Akku) aufzunehmen. Das komplette System ist als kompaktes handgehaltenes (handheld) Gerät ausgebildet, das weitestgehend unanfällig gegenüber Störungen durch Stoß und Vibrationen ist. Es ist staub- und wasserdicht und über einen großen Temperaturbereich betriebssicher zu betreiben.

2c Taktgenerator für den Blitzbetrieb bzw. für die Taktung der Strahlungsquellen
3 quasi-monochromatische (spektral aufgelöste) Anregungsstrahlung
4 Abbildungselement für definierte Abbildung der Anregungsstrahlung (**3**)
4a Abbildung der Anregungsstrahlung (**3**) in der Indikatorebene (**5**)
5 Indikatorebene mit abgebildeter und spektral aufgelöster Anregungsstrahlung (**3**)
5a Indikator in der Indikatorebene (**5**)
5b Träger
5c Indikatorsubstanzen
5d Analyten
6 Emission (Emissionsstrahlung) des Indikators (**5a**)
6a spektral aufgelöste Emission
7 Abbildungselement für definierte Abbildung der Emissionsstrahlung (**6**)
7a Abbildung der Emission (**6**) in der Empfangsebene (**8**)
8 Empfangsebene mit abgebildeter und nicht spektral aufgelöster Emission (**6**)
9a Strahlformer für Anregungsstrahlung
9b Strahlformer für Emission
10 Eintrittsebene Spektralapparat (**11**)
10a Abbildung der Emission (**6**) in der Eintrittsebene (**10**) des Spektralapparates (**11**)
11 Spektralapparat für spektrale Auflösung der abgebildeten Emission (**7a**)
12 Austrittsebene Spektralapparat (**11**)
13 Empfänger
13a Aufnahme für Empfänger **13**
14 Anregungsfilter
15 Emissionsfilter

Bezugszeichenliste

1 optische Einheit
2 Strahlungsebene mit an verschiedenen Orten lokalisierten Strahlungsquellen (**2a**)
2a Strahlungsquellen für Anregungsstrahlung (**3**) in der Strahlungsebene (**2**)
2b Aufnahme für Strahlungsquellen **2a**

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

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

Zitierte Patentliteratur

- WO 03/031953 [0004]
- US 8287811 B1 [0005]
- US 8323576 B2 [0006]
- WO 2012/134436 A1 [0007]
- WO 01/86263 A2 [0008]
- US 2014/0065720 A1 [0009]
- WO 2008/051189 A2 [0010]
- US 7208122 B2 [0022]

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Erzeugung und Messung der Emission (6) eines Indikators (5a), der einen Träger (5b) und mindestens eine mit Analyten (5d) beaufschlagbare Indikatorsubstanz (5c) aufweist, mit mindestens einer Strahlungsquelle (2a) für Anregungsstrahlung (3) und mindestens einem Empfänger (13) für die Messung der Emission (6),

dadurch gekennzeichnet, dass

eine oder mehrere Strahlungsquellen (2a) mit quasi-monochromatischer Anregungsstrahlung (3) an einem oder verschiedenen Orten in einer Strahlungsebene (2) angeordnet sind,

der Indikator (5a) mit mehreren Indikatorsubstanzen (5c) in einer Indikatorebene (5) an verschiedenen Orten und/oder zu verschiedenen Zeiten zur Erzeugung der Emission (6) mit Anregungsstrahlung (3) beaufschlagbar ist,

für einen oder verschiedene Orte einer Empfangsebene (8) die Emission (6) empfangbar ist,

die Eintrittsebene (10) eines Spektralapparates (11) mit der in der Empfangsebene (8) empfangenen Emission (6) beaufschlagbar ist und

in einer Austrittsebene (12) des Spektralapparates (11) ein oder mehrere Empfänger (13) für den Empfang von Emissionen (6a) angeordnet sind, wobei die Strahlungsebene (2), die Indikatorebene (5) und die Empfangsebene (8) definiert beabstandet sind und

die Vorrichtung so konfiguriert ist, dass die Emissionen in der Eintrittsebene (10) des Spektralapparates (11) örtlich und/oder zeitlich derart entkoppelt sind, dass die Emissionen durch den Spektralapparat (11) ohne gegenseitige Überlagerung von Emissionen auflösbar sind.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vorrichtung dafür eingerichtet ist, drei bis neun Anregungswellenlängen und drei bis neun Emissionswellenlängen zu verwenden.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Strahlungsquellen (2a) für eine örtlich und/oder zeitlich entkoppelte Abgabe von Anregungsstrahlung konfiguriert sind in der Weise, dass Anregungsstrahlung an einem Ort zu unterschiedlichen Zeiten oder an verschiedenen Orten zu einem Zeitpunkt oder an verschiedenen Orten zu verschiedenen Zeiten abgegeben wird.

4. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass in der Strahlungsebene (2) mehrere Strahlungsquellen (2a) angeordnet sind, so dass die Strahlungsebene ein Muster von Strahlungsquellen in Abhängigkeit vom Ort aufweist und/oder dass Strahlungsquellen (2a) der Strahlungsebene zeitlich in definierter Weise taktbar sind, so dass die Strahlungsquellen ein Muster

von Strahlungsquellen in Abhängigkeit von der Zeit darstellen.

5. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch einen Taktgeber (2c) zum Ansteuern von Strahlungsquellen (2a), wobei der Taktgeber derart konfiguriert ist, dass alle Strahlungsquellen seriell nacheinander oder dass ein Teil der Strahlungsquellen gleichzeitig getaktet wird.

6. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Strahlungsebene (2) aus einer definierten Anzahl mehrerer Strahlungsquellen (2a) für Anregungsstrahlung mit einer definierten Anzahl an Wellenlängen besteht, wobei das Muster ihrer Anordnung als eindimensionale Matrix in Form einer Spalte oder als zweidimensionale Matrix ausgebildet ist.

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Strahlungsquellen (2a) in der Strahlungsebene (2) eine rechteckige Matrix mit Zeilen und Spalten bilden, wobei die Strahlungsquellen in derselben Zeile gleiche Wellenlängen und die Strahlungsquellen in derselben Spalte unterschiedliche Wellenlängen aufweisen und/oder wobei in jeder Zeile und jeder Spalte drei bis neun Strahlungsquellen angeordnet sind.

8. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass zwischen der Strahlungsebene (2) und der Indikatorebene (5) ein erstes Abbildungselement (4) und/oder dass zwischen der Indikatorebene (5) und der Empfangsebene (8) ein zweites Abbildungselement (7) angeordnet ist.

9. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Strahlungsebene (2) entlang und/oder zur optischen Achse des Abbildungselementes (4) sowie die Indikatorebene (5) entlang und/oder zu den optischen Achsen der Abbildungselemente (4) und (7) justierbar sind.

10. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass dem Abbildungselement (4) ein Anregungsfilter (14) und dem Abbildungselement (7) ein Emissionsfilter (15) nachgeordnet sind.

11. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch einen Strahlformer (9a), der mit Anregungsstrahlung (3) beaufschlagbar ist und/oder durch einen Strahlformer (9b), der mit Emissionsstrahlung (6) beaufschlagbar ist.

12. Vorrichtung nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Muster der Strahlungsquellen in der Strahlungsebene durch den Strahlformer

(9a) im Anregungsstrahlengang so veränderbar ist, dass das Muster in der Strahlungsebene nicht mit dem Muster in der Indikatorebene übereinstimmt und/oder dass ein Muster in der Indikatorebene durch den Strahlformer (9b) im Emissionsstrahlengang so veränderbar ist, dass das Muster in der Eintrittsebene nicht mit dem Muster in der Indikatorebene übereinstimmt.

13. Vorrichtung nach Anspruch 11 oder 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Strahlformer ein Lichtwellenleiterbündel oder eine Zylinderlinse aufweist.

14. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass:

(a) die Strahlungsquellen in der Strahlungsebene als gruppierte Spalte angeordnet sind und die Emissionen die Eintrittsebene als gruppierte Spalte beaufschlagen, wobei die Abgabe von Anregungsstrahlung innerhalb einer Gruppe der Strahlungsquellen zu unterschiedlichen Zeiten erfolgt,

oder

(b) die Strahlungsquellen in der Strahlungsebene als rechteckige Matrix angeordnet sind und die Emissionen die Eintrittsebene als rechteckige Matrix beaufschlagen, wobei die Abgabe von Anregungsstrahlung zu gleichen oder / und unterschiedlichen Zeiten erfolgt,

oder

(c) die Strahlungsquellen in der Strahlungsebene als Spalte angeordnet sind und die Emissionen die Eintrittsebene als Spalte beaufschlagen, wobei die Abgabe von Anregungsstrahlung zu gleichen oder / und unterschiedlichen Zeiten erfolgt,

oder

(d) die Strahlungsquellen in der Strahlungsebene als rechteckige Matrix angeordnet sind und die Emissionen die Eintrittsebene als Zeile beaufschlagen, wobei die Abgabe von Anregungsstrahlung innerhalb einer Spalte der Strahlungsquellen zu unterschiedlichen Zeiten erfolgt,

oder

(e) die Strahlungsquellen in der Strahlungsebene als rechteckige Matrix angeordnet sind und die Emissionen die Eintrittsebene als gruppierte Spalte beaufschlagen, wobei die Abgabe von Anregungsstrahlung innerhalb einer Spalte der Strahlungsquellen zu unterschiedlichen Zeiten erfolgt;

oder

(f) die Strahlungsquellen in der Strahlungsebene als rechteckige Matrix angeordnet sind und die Emissionen die Eintrittsebene als Punkt beaufschlagen, wobei die Abgabe von Anregungsstrahlung innerhalb der Matrix der Strahlungsquellen zu unterschiedlichen Zeiten erfolgt,

wobei in jedem der Fälle (a) bis (f) stets die Bedingung eingehalten wird, dass die Beaufschlagung der Eintrittsebene (10) mit mehreren Emissionen (6) nicht zum selben Zeitpunkt am gleichen Ort erfolgt.

15. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass in der Indikatorebene (5) Indikatorsubstanzen (5c) angeordnet sind, deren Emission (6) durch die Analyten (5d) erzeugbar ist.

Es folgen 6 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

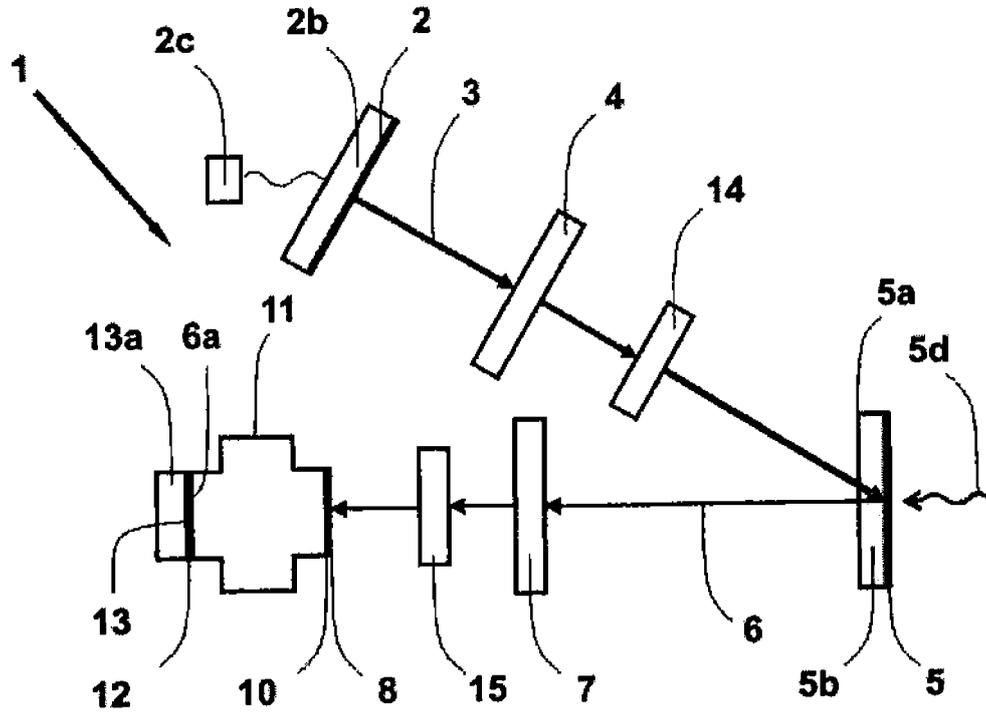


Fig.1

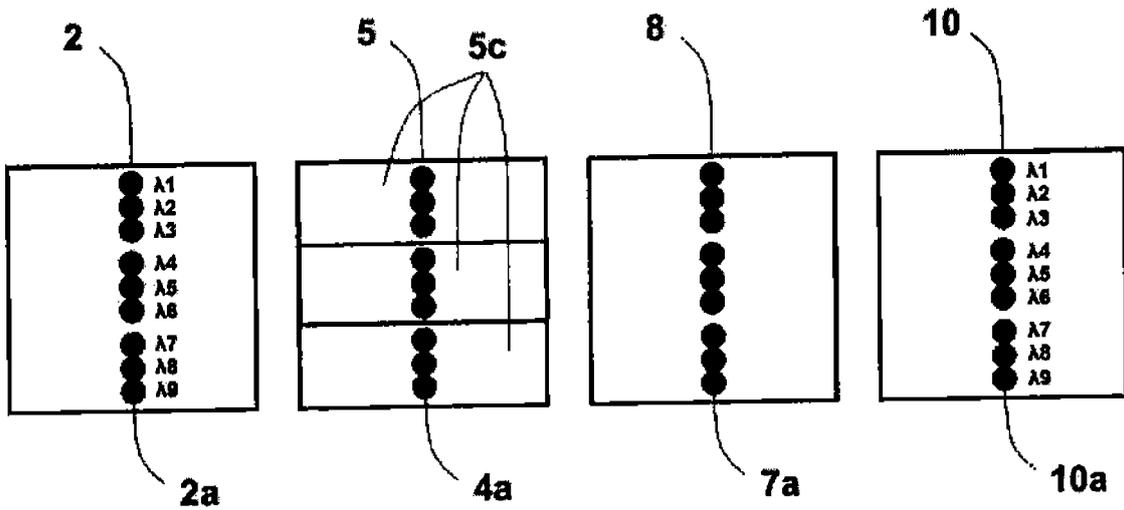
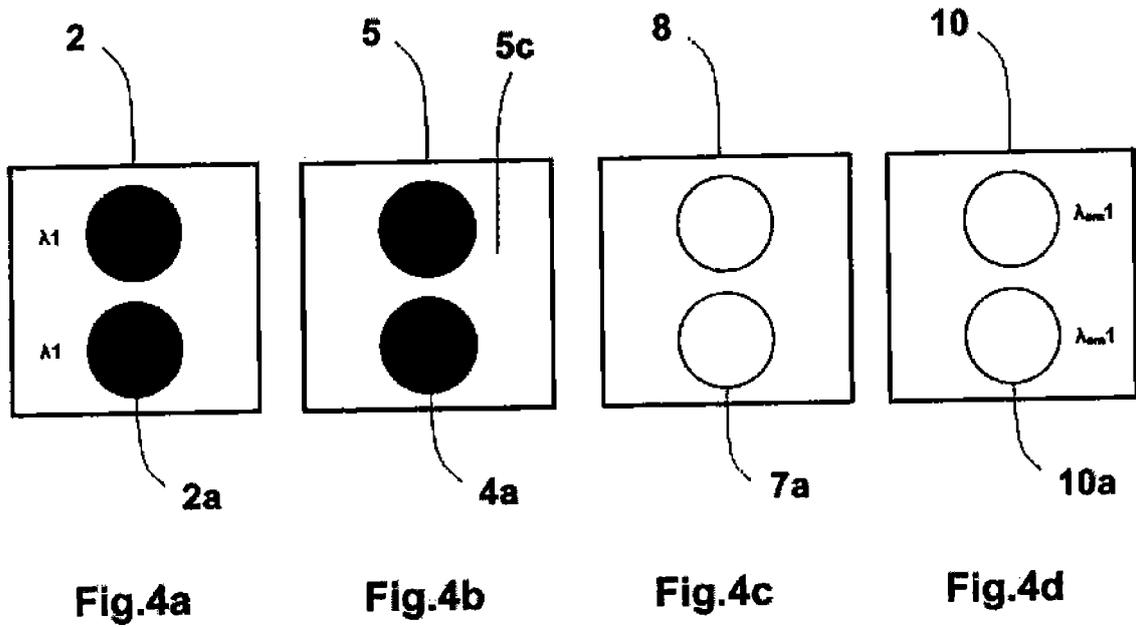
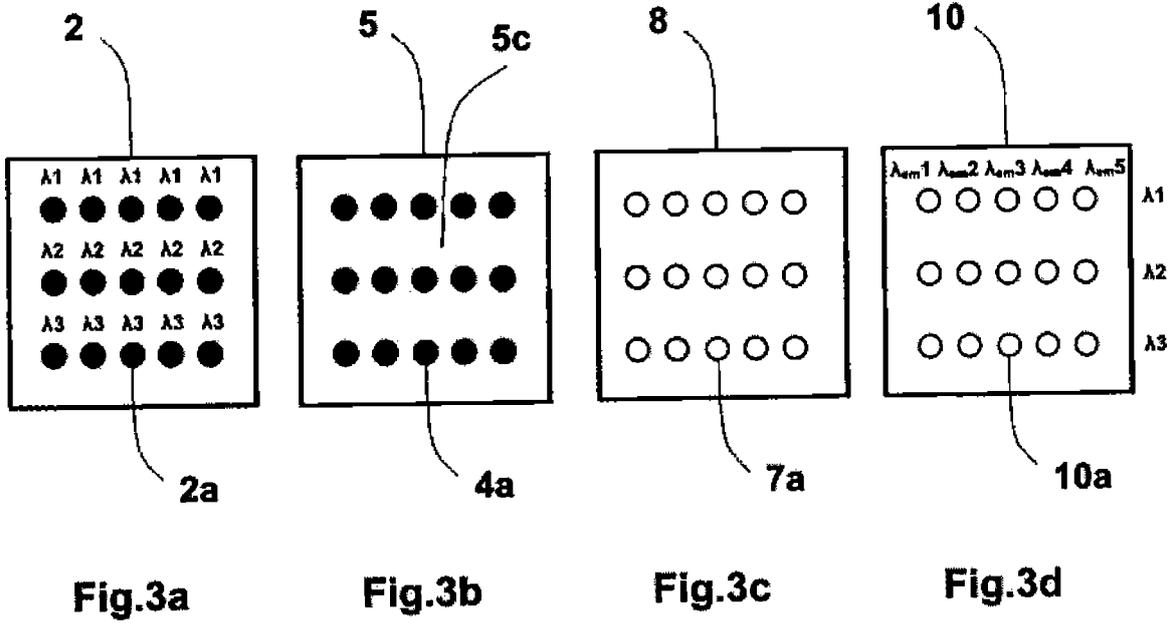


Fig.2a

Fig.2b

Fig.2c

Fig.2d



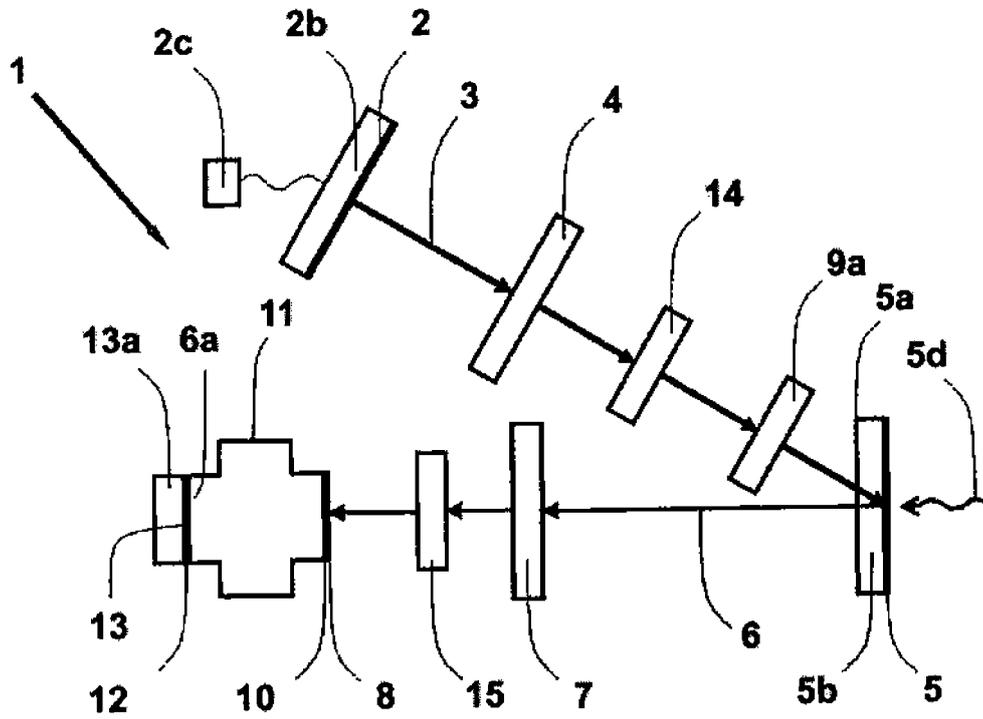


Fig.5

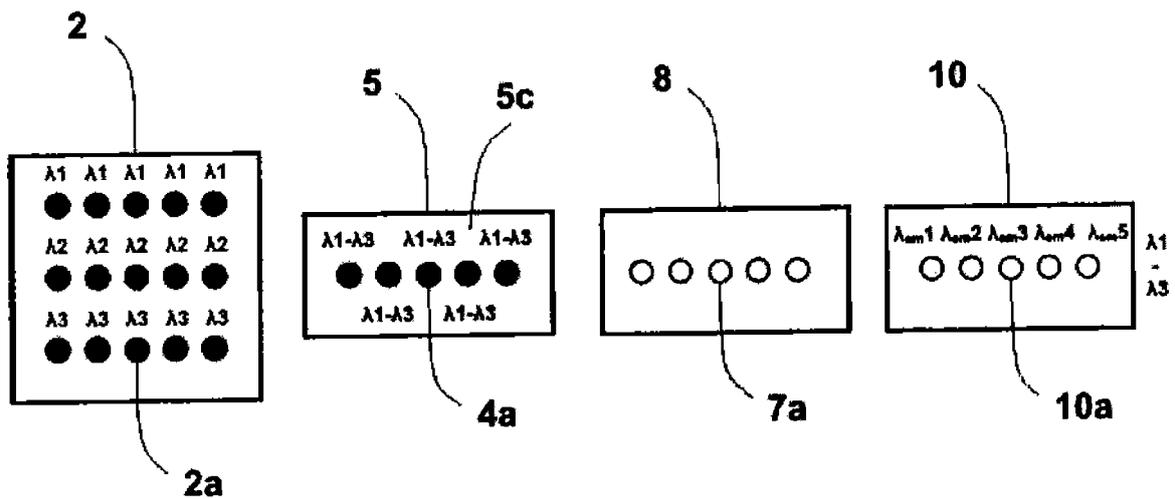


Fig.6a

Fig.6b

Fig.6c

Fig.6d

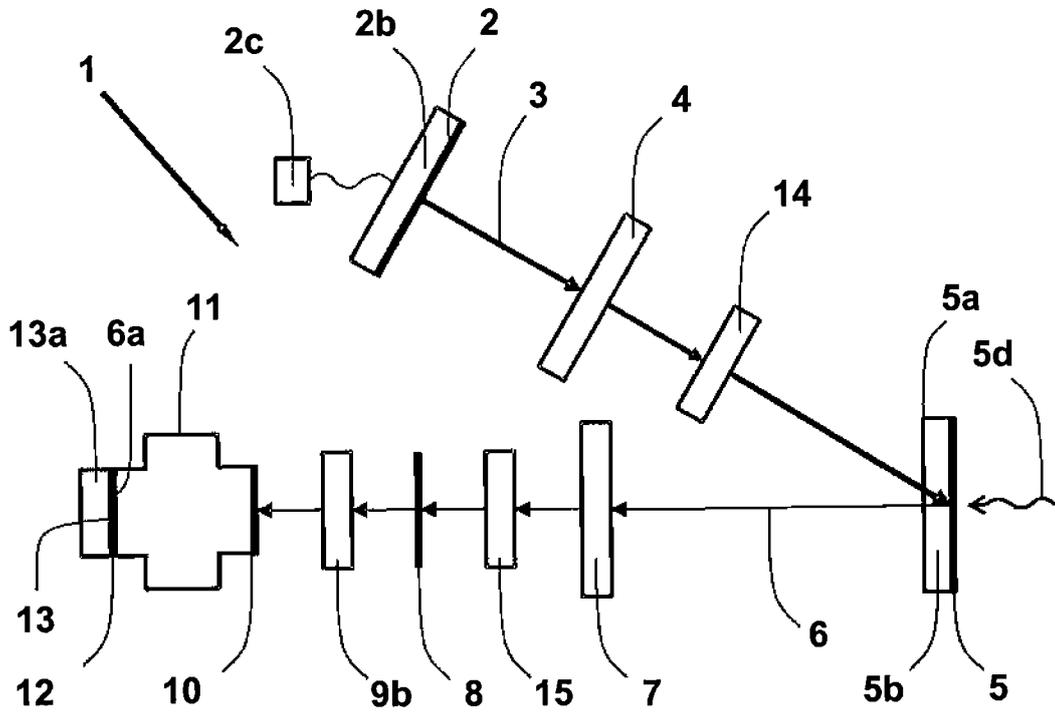


Fig.7

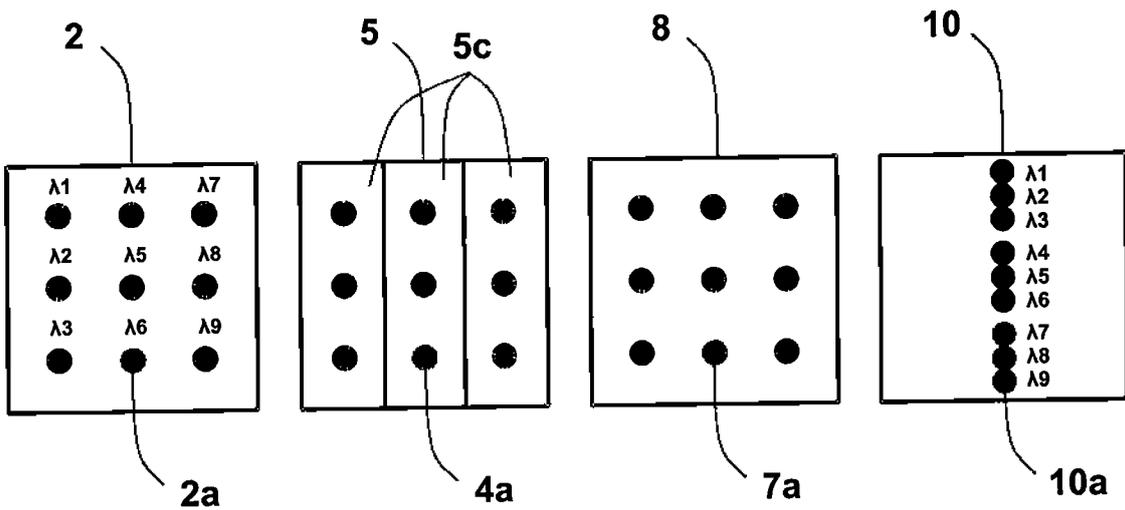


Fig.8a

Fig.8b

Fig.8c

Fig.8d

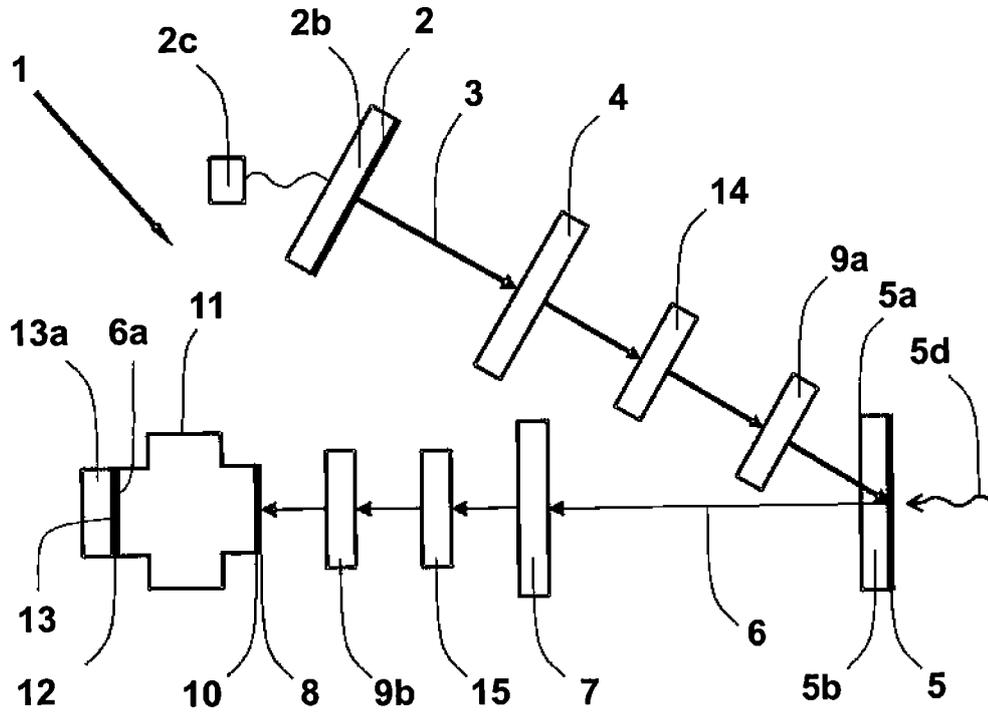


Fig.9

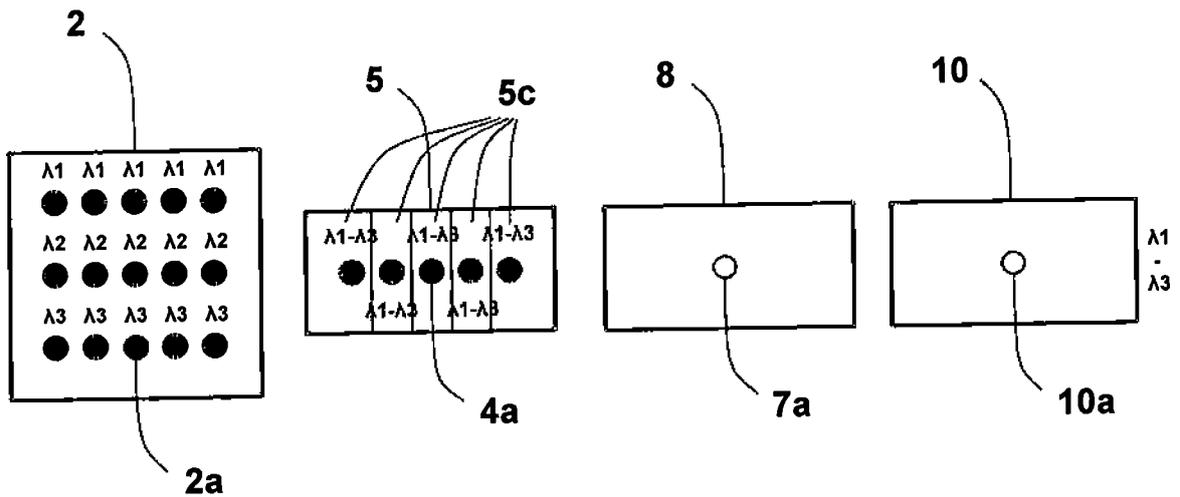


Fig.10a

Fig.10b

Fig.10c

Fig.10d

