



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2016 225 344.1**

(22) Anmeldetag: **16.12.2016**

(43) Offenlegungstag: **21.06.2018**

(51) Int Cl.: **G01J 3/12 (2006.01)**

(71) Anmelder:  
**Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der  
angewandten Forschung e.V., 80686 München, DE**

(74) Vertreter:  
**Schoppe, Zimmermann, Stöckeler, Zinkler,  
Schenk & Partner mbB Patentanwälte, 81373  
München, DE**

(72) Erfinder:  
**Grüger, Heinrich, 01109 Dresden, DE; Knobbe,  
Jens, 01129 Dresden, DE; Pügner, Tino, 01127  
Dresden, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

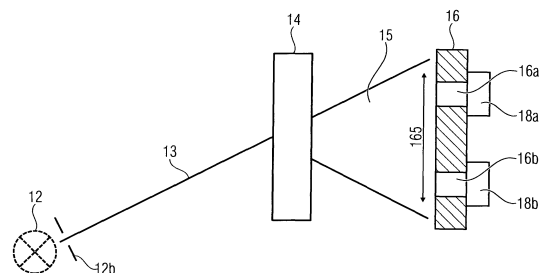
<b>DE</b>	<b>44 34 814</b>	<b>A1</b>
<b>US</b>	<b>9 488 577</b>	<b>B2</b>
<b>EP</b>	<b>3 104 147</b>	<b>A1</b>

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.**

(54) Bezeichnung: **System zur Analyse von elektromagnetischer Strahlung und Bauelement zur Herstellung desselben**

(57) Zusammenfassung: Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung schaffen einen Polychromator, mit einem Substrat und einem optisch spektralzerlegend wirkenden Funktionselement. Das optisch spektralzerlegend wirkenden Funktionselement ist ausgebildet, um eine von einer Eintrittsöffnung stammende elektromagnetische Strahlung, z.B. von einer optionalen Strahlenquelle an einer Probe reflektiertes Licht spektral zu zerlegen, sodass ein spektral zerlegtes Spektrum erhalten wird, und um das spektral zerlegte Spektrum auf einen räumlichen Bereich des Substrats abzubilden. Das Substrat weist zumindest zwei transparente Zonen an unterschiedlichen Positionen in dem räumlichen Bereich auf, sodass an den zwei transparente Zonen zwei unterschiedliche Spektralanteile des Spektrums detektierbar sind.



## Beschreibung

**[0001]** Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung beziehen sich auf einen Polychromator und dessen Herstellungsverfahren. Bevorzugte Ausführungsbeispiele beziehen sich auf ein System zur Analyse von elektromagnetischer Strahlung und Bauelementen zur Herstellung derselben.

**[0002]** Spezifische Stoffeigenschaften, beispielsweise die Kohlendioxidkonzentration von Atemluft, die Feuchtigkeit von Holz oder Papier oder die Zusammensetzung von Kunststoffen, können vielfach mit vergleichsweise einfachen optischen Verfahren, z.B. unter Zuhilfenahme eines Polychromators analysiert werden. In sehr vielen Anwendungsfällen wird zur Steuerung eines Ablaufs oder Prozesses eine vergleichsweise einfache Information benötigt. Die Steuerung der Trocknung von Rohpapier oder die Brennwertbestimmung von Holz bzw. Holzpellets basiert auf der Feuchtigkeitsbestimmung. Ebenso wie die Kohlendioxidgehaltbestimmung in Luft können spektralanalytische Systeme in diesen Anwendungsfällen bereits durch die Auswertung von nur zwei Spektralbanden - einer Messbande und einer Referenzbande - präzise Messwerte liefern.

**[0003]** Typisch für diese Anwendungen und viele weitere Anwendungsbeispiele ist die kritische Kostensituation für das System. Kostengünstige Systeme tragen wesentlich zur günstigen Herstellung bei. Relevant sind die jeweiligen Gesamtkosten für den Einsatz („TCO - Total Cost of Ownership“) inklusive der Wartungs- und Betriebskosten. Technisch sind oftmals Lösungen verfügbar, die jedoch langfristig zu aufwändig sind. Beispielsweise sind handelsübliche Nahinfrarot-Spektrometer wegen der hohen Investitionskosten problematisch; andere Ansätze beispielsweise basierend auf optischen Filtern oder LED Lichtquellen sind oftmals nur begrenzt zuverlässig oder langzeitstabil.

**[0004]** Erstrebenswert ist ein Systemansatz, der gekennzeichnet durch wenig Aufwand bei der Herstellung und beim Betrieb, zuverlässig und langzeitstabil einfache spektralanalytische Messaufgaben erfüllt. Die Auswahl der berücksichtigten Spektralbanden sollte im Rahmen des Fertigungsprozesses einfach anpassbar sein, die Variabilität muss möglichst groß und die Gesamtlösung klein, robust und preiswert ausfallen.

**[0005]** Der Stand der Technik offenbart zahlreiche Verfahren für die Erfassung der chemischen Zusammensetzung. Bereitgestellte Probleme in gasförmiger, flüssiger oder gelöster Form können durch chromatographische Verfahren analysiert werden. Die Messung ist im Allgemeinen zerstörend.

**[0006]** Röntgenographische Verfahren, beispielsweise Röntgenfluoreszenzanalysen (XRF) oder Atom-Absorptionsspektroskopie (AAS) sind sehr aufwändig und mit möglichen Gesundheitsrisiken verbunden.

**[0007]** Optische Spektroskopie ist ein verbreitetes Verfahren sowohl für die Nutzung im Labor als auch für die Messung vor Ort. Komplexe spektralanalytische Messaufgaben werden in der Regel durch den Einsatz von Spektrometern gelöst. Diese sind in vielfältigen Varianten und für verschiedene Spektralbereiche verfügbar. Speziell der für die Analyse von organischen Verbindungen und Wasser wichtige Bereich der nahinfraroten und infraroten Wellenlängen sind Spektrometer jedoch teuer und oftmals für den Einsatz im Feld und in der Produktion zu empfindlich. Miniaturisierte Varianten von Spektrometern, die vorwiegend auf Konstruktionen mit feststehendem Gitter und einer Detektorzeile basieren, können diesen Nachteil reduzieren, sind aber für zahlreiche Anwendungen immer noch zu teuer.

**[0008]** Systemansätze auf Basis von Interferometern, sogenannte Fabry-Perrot Filter, sind oftmals kritisch bezüglich im Einsatz auftretender Vibrationen. Andere Lösungsansätze, die spektrale Filter verwenden, weisen Nachteile bezüglich der Zuverlässigkeit und Langzeitstabilität auf. Dies gilt auch für Ansätze, in denen Licht verschiedener Wellenlängen, beispielsweise durch ausgewählte LEDs, erzeugt wird.

**[0009]** Der Stand der Technik beschreibt auch sogenannte Polychromatoren, die ähnlich den Spektrometern das einfallende Licht in spektrale Bestandteile aufspalten, dann aber nur an ausgewählten Stellen des Spektrums erfassen, indem jeweils ein Einzeldetektor hinter einem passend ausgeführten Spalt zur Aperturbegrenzung an der entsprechende Stelle positioniert wird. Derartige Systeme wurden bislang vorwiegend im Bereich sehr hoher Auflösungen mit sehr großer Bauform verwendet. Die Miniaturisierung ist durch den bisher erforderlichen Justageaufwand zum Erreichen der notwendigen Präzision begrenzt.

**[0010]** Deshalb besteht der Bedarf nach einem verbesserten Ansatz. Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Polychromator zu schaffen, das einen verbesserten Kompromiss bezüglich kompakter Ausführung, Robustheit und Herstellbarkeit aufweist.

**[0011]** Die Aufgabe wird durch die unabhängigen Patentansprüche gelöst.

**[0012]** Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung schaffen einen Polychromator, mit einem Substrat und einem optisch spektralzerlegend wirkenden Funktionselement, wie z. B. ein Gitter oder ein Prisma. Das optisch spektralzerlegend wirkenden Funktionselement ist ausgebildet, um eine von einer Ein-

trittsöffnung stammenden elektromagnetische Strahlung, z.B. von einer Probe reflektiertes Licht einer geeigneten Lichtquelle, spektral zu zerlegen, sodass ein spektral zerlegtes Spektrum erhalten wird, und um das spektral zerlegte Spektrum auf einen räumlichen Bereich des Substrats zu lenken. Das Substrat weist zumindest zwei transparente Zonen an unterschiedlichen Positionen in dem räumlichen Bereich auf, sodass an den zwei transparenten Zonen, wie z. B. (Apparatur-) Blenden zwei unterschiedliche Spektralanteile des Spektrums detektierbar sind. Den zwei transparenten Zonen können hierzu zwei Detektoren zugeordnet sein. Durch dieses Ausführungsbeispiel ist eine Auswertung von einem Spektrum mit einer geringen Anzahl von Spektralbanden möglich, wobei durch den Einsatz eines Substrats, in welches die transparente Zonen (Spalte oder Pinholes), z. B. mittels Lithographie, eingebracht sind, eine kostengünstige Herstellung erzielt werden kann. Dieser Fertigungsprozess ist nicht nur kostengünstig, sondern auch zuverlässig und sehr präzise, um die genauen Positionen für die gewünschten Spektralbanden herzustellen.

**[0013]** Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass unter Zuhilfenahme eines Substrats, bevorzugt eines einteilig ausgeführten Substrats, wie z. B. einem Halbleitersubstrat, welches mit Halbleiterherstellungstechnologien bearbeitbar ist, sehr exakt Abstände von zwei transparente Zonen (Öffnung, Durchbruch), insbesondere zwei Aperturöffnungen, eingestellt werden können. Bei Einsatz dieses so hergestellten Substrats in Kombination mit einem optisch spektralzerlegend wirkenden Funktionselement, wie z. B. einem periodischen Element, kann also eine Vorrichtung bzw. ein Polychromator genau auf zwei charakteristische Spektralanteile eingestellt werden, so dass mit kostengünstigen, aber dennoch hochpräzisen und folglich auch hochgenauen Mitteln eine Vorrichtung zur Auswertung von einem Spektrum mit zwei oder mehr Spektralbanden erhalten wird. Je nach dem gewählten Abstand kann also eine veränderte Vorrichtung geschaffen werden, um ein verändertes Spektrum zu untersuchen bzw. die Vorrichtung auf andere auszuwertende Spektralanteile zu optimieren.

**[0014]** Wie bereits angedeutet, ist den zumindest zwei unterschiedlichen Positionen je eine Wellenlänge zugeordnet, wobei entsprechend weiteren Ausführungsbeispielen der Abstand zumindest so gewählt ist, dass er mindestens einem spektralen Wellenlängenabstand entspricht.

**[0015]** Entsprechend weiteren Ausführungsbeispielen können statt der je zwei transparente Zonen auch drei transparente Zonen in Kombination mit drei Detektoren oder auch mehr transparente Zonen in Kombination mit mehr Detektoren vorgesehen sein, so

dass auch ein Spektrum mit mehr als zwei Spektralbanden gut detektierbar ist.

**[0016]** Entsprechend weiteren Ausführungsbeispielen kann an der Eintrittsöffnung eine Strahlenquelle mit einem optionalen Strahlenformer, wie z. B. einer Blende, Mikrolinse oder anderen Aperturöffnungen versehen sein. Hierbei ist es ebenfalls entsprechend einem weiteren Ausführungsbeispiel bevorzugt, dass der Strahlformer bzw. die Blende in dem einen Substrat angeordnet ist. Um dann aus der Ebene heraus den Lichtstrahl zu emittieren, so dass der in derselben Ebene wieder in aufgefächerter Form aufgefunden wird, erfolgt die Auffächerung unter Zuhilfenahme des spektral wirkenden Funktionselements beispielsweise in Reflexion. Für das hier angebrachte Ausführungsbeispiel mit dem einen Substrat, in welchem auch die transparente Zone vorgesehen ist, sind dann weitere Reflexionsmittel (weitere optische Funktionselemente) vorgesehen, die den Strahl (elektromagnetische Strahlung) beispielsweise nach oder vor der Auffächerung wieder zurückreflektieren. Entsprechend einer bevorzugten Variante sind die spektralzerlegend wirkenden Funktionselemente als reflektives Gitter ausgeführt, wobei dann die elektromagnetische Strahlung vor und nach der Auffächerung reflektiert wird, so dass er zurück auf das eine Substrat gelenkt werden kann.

**[0017]** Entsprechend einem weiteren Ausführungsbeispiel können auch sogenannte „Duplizierungsmittel“, beispielsweise die Nutzung eines senkrecht beleuchteten Gitters und die Beugung des Lichts in entgegengesetzte Raumwinkel entsprechend einer positiven und negativen Beugungsordnung gemäß der Gittergleichung, vorgesehen sein, so dass der eine Strahl auf zwei räumliche Bereiche aufgefächert wird, nämlich auf einen ersten sowie einen weiteren räumlichen Bereich. Sowohl in dem ersten als auch in dem weiteren räumlichen Bereich weist das Substrat ein oder mehrere transparente Zonen auf, so dass bei Zuordnung von bestimmten Spektralanteilen zu den jeweiligen Positionen so zusätzliche Spektralanteile für zusätzliche Spektrallinien untersucht werden können. Dies ist insbesondere dann vorteilhaft, wenn die zu untersuchenden Spektrallinien sehr nah beieinander liegen, so dass es im Regelfall bei einer kompakten Vorrichtung nicht mehr möglich wäre, die einzelnen Spektrallinien aufzulösen. Deshalb weist entsprechend bevorzugten Ausführungsbeispielen die transparente Zone in dem weiteren Bereich eine derartige Position auf, so dass der zu detektierende Spektralanteil zwischen den zwei Spektralanteilen (zugehörig zu den mindestens zwei transparenten Zonen in dem ersten Bereich) liegt. Entsprechend einer bevorzugten Variante umfasst die Vorrichtung nur ein Substrat, in welchem die transparenten Zonen für den ersten Bereich und den weiteren Bereich vorgesehen sind. Hierbei kann in bevorzugter Weise auch eine Blende zwischen den zwei Bereichen vorgese-

hen sein, durch welche die Strahlenquelle die elektromagnetische Strahlung emittiert. Bei diesem Ausführungsbeispiel kommen dann wiederum Spiegel zum Einsatz.

**[0018]** Entsprechend einem weiteren bevorzugten Ausführungsbeispiel umfasst das eine Substrat auch die spektralaufspaltend wirkenden Funktionsmittel. Hierdurch kann dann sichergestellt werden, dass jegliche Positionierungen zueinander exakt mittels hochstandardisierten Halbleiterherstellungsverfahren herstellbar sind.

**[0019]** Ein weiteres Ausführungsbeispiel bezieht sich auf ein Herstellungsverfahren des oben erläuterten Polychromators. Das Verfahren umfasst insbesondere den Schritt des Formens des Substrats, so dass zumindest zwei transparente Zonen ausgebildet werden sowie das Anordnen des Substrats in dem räumlichen Bereich, so dass die zumindest zwei transparenten Zonen an unterschiedlichen Positionen entlang des räumlichen Bereichs angeordnet sind. Entsprechend einer optionalen Variante kann der Schritt des Formens durch Lithographieschritte oder zumindest einem Lithographieschritt oder den Schritt des Laserschneidens oder Ätzens unterstützt werden. Entsprechend einem Ausführungsbeispiel umfasst das Verfahren auch noch den Schritt des Vereinzelns des Substrats als eine Vielzahl von zusammenhängenden Substraten (Wafer).

**[0020]** Weiterbildungen sind in den Unteransprüchen definiert. Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden anhand der beiliegenden Zeichnungen erläutert. Es zeigen:

**Fig. 1a** ein schematisches Blockdiagramm eines Polychromators gemäß einem Basisausführungsbeispiel;

**Fig. 1b, Fig. 1c** schematische Blockdiagramme des Substrats mit den zwei transparenten Zonen in einer Draufsicht und Schnittdarstellung;

**Fig. 1d** eine schematische Darstellung des Substrats mit den zwei transparenten Zonen, auf welches ein aufgefächertes Strahl projiziert ist;

**Fig. 2a** eine schematische Darstellung eines Polychromators gemäß einem erweiterten Ausführungsbeispiel;

**Fig. 2b** eine schematische Darstellung eines Polychromators gemäß einem veränderten erweiterten Ausführungsbeispiel;

**Fig. 2c** eine schematische Darstellung eines Polychromators gemäß noch einem weiteren erweiterten Ausführungsbeispiel;

**Fig. 3** eine schematische Darstellung eines Polychromators mit zwei Projektionsbereichen gemäß einem Ausführungsbeispiel;

**Fig. 4** eine schematische Darstellung eines Polychromators mit zwei Projektionsbereichen und einer Linsenoptik gemäß einem Ausführungsbeispiel; und

**Fig. 5** ein schematisches Diagramm einer Absorptionsrate aufgetragen über die Wellenlänge zur Illustration von der Spektroskopie unter Zuhilfenahme von wenigen Spektralbanden.

**[0021]** Bevor nachfolgend Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung anhand der beiliegenden Zeichnungen erläutert werden, sei darauf hingewiesen, dass gleichwirkende Elemente und Strukturen mit den gleichen Bezugszeichen versehen sind.

**[0022]** **Fig. 1** zeigt einen Polychromator **10** mit beispielsweise einem Gehäuse. In dem Gehäuse ist eine optionale Strahlenquelle **12**, ein optisch spektralzerlegend wirkendes Funktionselement **14**, wie z. B. ein Gitter, sowie ein Substrat **16** mit zwei Detektoren **18a** und **18b** vorgesehen. Die Funktionsblöcke sind so zueinander ausgerichtet, dass ein von der Strahlenquelle **12** emittierte elektromagnetische Strahlung **13** über das spektralzerlegend wirkende Funktionselement **14** zu dem Substrat **16** und dann zu den Detektoren **18a** und **18b** gelangt. Bei diesem Ausführungsbeispiel sind alle vier genannten Elemente in einer Reihe angeordnet, d. h. also, dass hier ohne Reflexion, sondern nur in Transmission gearbeitet wird.

**[0023]** Die optionale Strahlenquelle **12**, die vor einer Eintrittsöffnung **12b** für den Strahl **13** (elektromagnetische Strahlung) angeordnet ist, kann beispielsweise eine Lichtquelle sein, die eine Probe oder eine Gas säule beleuchtet, deren rückgestreutes bzw. transmittiertes Licht in den Polychromator fällt. Alternativ kann auch nur eine Eintrittsöffnung vorgesehen sein, über welche die elektromagnetische Strahlung bzw. das Licht beliebiger Herkunft in den Polychromator **10** eindringt. Unter einer Eintrittsöffnung wird nicht nur eine „mechanische“ Öffnungen, sondern auch eine optische Öffnungen, z.B. Chrom auf Glassubstrat mit strukturiertem Spalt, also allgemein eine transparente Zone verstanden. Eine transparente Zone **12b** bzw. **16a/16b** ist ein Bereich, dessen Licht-/Strahlungsdurchlässigkeit höher ist, als die der Umgebung. Das Licht umfasst einen breiten Spektralbereich, z. B. von 780 nm bis 6000 nm.

**[0024]** In dem Element **14** erfolgt die spektrale Aufspaltung des Strahls **13** durch ein geeignetes Mittel, wie z. B. ein Gitter oder ein Prisma. Infolge der Aufspaltung fällt das aufgefächerte Spektrum, d.h. in unterschiedlichen Raumwinkeln in eine Bildebene bzw. in einen Bereich des Substrats **16**. In anderen Worten heißt das, dass die unterschiedlichen Spektralanteile mit unterschiedlichen Raumwinkeln auf das Substrat **16** abgebildet werden. Unter einem optisch spektralzerlegend wirkenden Funktionselement **14** wird ein Element verstanden, das ausgebildet ist, einen Fre-

quenzbereich, wie z.B. ein sichtbarer Bereich und/oder ein infraroter Spektralbereich und/oder ein ultravioletter Spektralbereich, frequenzselektiv in unterschiedliche Raumwinkel abzubilden / abzulenken.

**[0025]** Dieser (erste) Bereich des Substrats **16**, z.B. aus Silizium oder einem anderen Halbleitermaterial mit und ohne lateralen Strukturen (BSOI Wafer), ist mit dem Bezugszeichen 16s versehen und repräsentiert die Verteilung der Intensität aller Funktionen der Wellenlänge. Eine Auswahl des Zielbereichs ist je durch die Festlegung von räumlichen Koordinaten möglich, die mit der jeweils minimal und maximal zu betrachtenden Wellenlänge einer Spektralbande korrelieren. Das Substrat **16** umfasst mehrere unterschiedliche Banden, wie z. B. die zwei Banden, die den Blenden **16a** und **16b** zugeordnet sind. Je nach räumlicher Anordnung dieser transparente Zonen bzw. Blenden **16a** und **16b** können unterschiedliche spektrale Banden bzw. Spektralanteile / Spektrallinien untersucht werden. Die Abmessungen (Durchmesser und Breite der Blenden **16a** und **16b** können variieren, so dass es nicht zwingend notwendig ist, dass diese identische Abmessungen aufweisen). Wichtig für die Positionierung der Blenden **16a** und **16b** ist, dass diese exakt für die festgelegten Spektralbanden bzw. spektrale (Atom- oder Molekül-Übergänge) angeordnet sind.

**[0026]** Die Herstellung dieses Substrats **16** erfolgt beispielsweise unter Zuhilfenahme von Prozessen aus der Halbleiterherstellung bzw. allgemein mikrosystemtechnischen Herstellungsverfahren, umfassend beispielsweise Lithographieschritte. Durch derartige Herstellungstechnologien ist es garantiert, dass eine präzise Positionierung der zumindest zwei Spalten **16a** und **16b** (Aperturblenden) erfolgt. Durch derartige Herstellungsverfahren kann den extremen Präzisionsanforderungen für Lage und Breite der Spalte **16a** und **16b** Genüge getan werden, wobei die Technologie auch mit dem Miniaturisierungs-Systemansatz zur Erzielung sehr kleiner Baugrößen bzw. einer kompakten Bauform einhergeht. Mit normalen Mitteln der Feinwerktechnik ist ein solches System schwer bzw. nicht wirtschaftlich realisierbar.

**[0027]** Optionale Detektoren **18a** und **18b** sind hinter den Spalten **16a** und **16b** angeordnet, d. h. also diesen zugeordnet, so dass sie die aufgefächerte elektromagnetische Strahlung **15**, der durch die transparente Zonen **16a** und **16b** fällt, detektieren können. Die Detektoren können beispielsweise gleichartig oder unterschiedlich sein und ausgebildet, um die Strahlung zumindest in dem der Position der transparente Zonen **16a** und **16b** zugeordneten Bereich zu detektieren.

**[0028]** Entsprechend weiteren Ausführungsbeispielen sei darauf hingewiesen, dass die Positionsabweichung der Spalte **16a** und **16b** deutlich geringer ist als

die Abmessung der Spalte, d. h. also die Breite derselben an sich. Alternativ wäre auch eine Spezifizierung der resultierenden Ungenauigkeit für Breite bzw. Position bezogen auf die Wellenlänge der zu analysierenden Spektralbanden möglich.

**[0029]** Ein weiteres Ausführungsbeispiel bezieht sich auf ein Herstellungsverfahren, insbesondere zur Herstellung des Substrats. Dieses wird, wie oben bereits angedeutet, mittels mikrosystemtechnischen Herstellungsverfahren, wie z. B. Lithographie oder Laserschneiden hergestellt. In der Halbleiterherstellungstechnik sind auch weitere Verfahren bekannt, mittels derer geeignete Substrate von der Vorder- und/oder Rückseite her durch chemisches Ätzen strukturiert umgeformt werden können. Mittels Tiefätzen von Siliziumsubstraten (Wafern) wurden freistehende Strukturen, Diffraktionsgitter und Spalte erfolgreich hergestellt. Basierend auf deren Bauelemente wurden erfolgreich Spektralapparate, d. h. sogenannte „Scanning Grating Spektrometer“, realisiert (vgl. Tino Pügner, Jens Knobbe, Heinrich Grüger; „Near-Infrared Grating Spectrometer for Mobile Phone Applications“; Applied Spectroscopy **2016**, Vol. 70(5) 734-745). In einem nächsten Schritt wird dann das Substrat **16** innerhalb der Vorrichtung **10** entsprechend positioniert, z. B. gegenüber dem Funktionselement **14**, so dass die Positionen der transparenten Zonen **16a** und **16b** mit der entsprechend gewünschten Spektralbande zusammenfallen.

**[0030]** An dieser Stelle sei auch angemerkt, dass das Verfahren zusätzliche Schritte, wie z. B. das Verändern der so prozessierten Substrate aus einer Vielzahl von zusammenhängenden Substraten (in einem Wafer) umfassen kann. Bezug nehmend auf **Fig. 1b** bis **Fig. 1d** wird nun ein mögliches Ausführungsbeispiel für das Substrat **16** erläutert.

**[0031]** **Fig. 1b** zeigt eine Draufsicht auf das Substrat **16** mit den zwei quer zu der Längsausdehnung angeordneten Spalten **16a** und **16b**, die ein Länge-Breite-Verhältnis von 5:1 oder 3:1 aufweisen können. Die Spalten **16a** und **16b** sind, wie insbesondere aus **Fig. 1c** hervorgeht, in einem Abstand  $a_{16ab}$  angeordnet, der, je nach zu detektierenden Spektralbanden variieren kann und im Bereich von 10  $\mu\text{m}$  bis 10 mm liegt. Je nach Ausgestaltung des Systems korrespondiert dieser geometrische Abstand mit einem spektralen Abstand im Bereich von 1 nm bis 10000 nm. Die Breite je Spalt **16a** und **16b** kann beispielsweise mit einer spektralen Bandenbreite von +/- 30 nm bis +/- 50 nm korrespondieren.

**[0032]** Den Spalten **16a** und **16b** sind die Detektoren **18a** und **18b** zugeordnet, die sich, wie insbesondere aus **Fig. 1b** hervorgeht, nicht zwingend über die gesamte Länge des Spalts **16a** und **16b** erstrecken müssen. Wie insbesondere aus **Fig. 1c** hervorgeht, können die Detektoren **18a** und **18b** hinter den Spal-

ten **16a** und **16b** unter Zuhilfenahme eines Bonddrahtes **26** mit einer Leitbahnstruktur auf dem Substrat **18** elektrisch verbunden werden. Die Detektoren **18a** und **18b** entweder auf das Substrat **26b** geklebt oder anderweitig befestigt. Die Anordnung ist jedenfalls so gewählt, dass der aufgefächerte Lichtstrahl, der in **Fig. 1d** anhand von den zwei Spektralanteile **15a** und **15b** dargestellt ist, nach Passieren der transparente Zonen **16a** und **16b** auf die Detektoren **18a** und **18b** trifft.

**[0033]** Nachfolgend werden Bezug nehmend auf **Fig. 2a** bis **Fig. 2d** drei unterschiedliche Ausführungsbeispiele zur Anordnung von Lichtquelle, Substrat mit Detektoren und Gitter als spektralzerlegend wirkendes Funktionselement erläutert.

**[0034]** **Fig. 2a** zeigt einen Polychromator **10'** mit einer Strahlenquelle **12'**, die mit einer Blende **12b** versehen ist, dem Substrat **16** mit den dahinter angeordneten Detektoren **18a** und **18b** sowie einem spektralzerlegend wirkenden Funktionselement **14'**, hier einem reflektierenden Gitter. Alle diese Elemente **12'**, **12b**, **14'**, **16**, **18a** und **18b** sind nebeneinander in bzw. auf einer Ebene angeordnet. Diese Ebene ist mit dem Bezugszeichen **30'** versehen.

**[0035]** Gegenüber von der Ebene **30'** bzw. den Einheiten **12'**, **12b**, **14'** und **16** sind Reflexionsmittel (optische Funktionselemente) **32'** vorgesehen. Diese Reflexionsmittel **32'** umfassen in diesem Ausführungsbeispiel zwei gekrümmte (Parabol-) Spiegelflächen **32a'** und **32b'**, die so ausgerichtet sind, dass der Lichtstrahl **13** von der Quelle **12'** über das Gitter **14'** als von dem Gitter **14'** aufgefächertes Lichtstrahl **15** auf das Substrat **16** bzw. in den räumlichen Bereich **16s** reflektiert wird, in welchem die transparente Zonen **16a** und **16b** angeordnet sind, weitergelenkt wird. An dieser Stelle sei angemerkt, dass der abgebildete Bereich **12s** ist nur sehr streng genommen „räumlich“ (im Bereich einer Substratdicke), das Verhältnis von Dicke zu lateralen Abmessungen ist jedoch in diesem Fall sehr klein, also eine Fläche. Die Abbildung findet sinnvoll nur im Bereich einer optischen Schärfentiefe statt. Die spektral selektive Ablenkung der Strahlung hingegen geht in der Regel in unterschiedliche Raumbereiche (ohne notwendigerweise fokussiert zu sein).

**[0036]** Im Detail wird der Lichtstrahl **13** (Kegel) durch die reflektierende Fläche **32a'** reflektiert, während der aufgefächerte Lichtkegel **15** durch die Fläche **32b'** reflektiert wird, wobei eine Bündelung erfolgen kann. Der Lichtkegel **15** umfasst die spektral aufgefächerten Lichtstrahlen (Spektralanteile) **15a** und **15b**, die beide frequenzselektiv an unterschiedliche Positionen des Substrats **16** im Bereich **16s** projiziert werden. Ein Vorteil der Reflexionsmittel **32'** ist neben der bei Gittern vorteilhaften Bündelung, dass sowohl die Strahlenquelle **12'** mit der Blende **12b**, das Gitter **14'**

und auch das Substrat **16** auf einer Ebene **30** angeordnet sind, was die exakte Positionierung signifikant verbessert.

**[0037]** Entsprechend Ausführungsbeispielen wird das reflektierende Element **32'** durch Seitenteile **34'** im entsprechenden Abstand gehalten. An der lateralen Position des Gitters **14'** weist das reflektierende Element **32'** eine Aussparung auf, da hier keine Reflexion erfolgt.

**[0038]** **Fig. 1b** zeigt einen weiteren Polychromator **10''**, das sich von dem Polychromator **10'** dadurch unterscheidet, dass das Substrat **16''** in dem Bereich **16s** drei transparente Zonen **16a**, **16b** und **16c** aufweist, hinter denen drei Detektoren **18a** bis **18c** angeordnet sind. Wie zu erkennen ist, ist es nicht zwingend notwendig, dass die transparente Zonen **16a** und **16b** voneinander gleich beabstandet sind, so dass es ausreichend ist, dass diese drei transparente Zonen **16a** bis **16c** innerhalb des Bereichs **16s** angeordnet sind.

**[0039]** An dieser Stelle sei angemerkt, dass hier in dem aufgefächerten Strahlenspektrum **15** drei Spektralanteile mit den Bezugszeichen **15a** bis **15c** markiert sind, die den aufgespaltenen Strahl **13** zu den Detektoren **18a** bis **18c** weiterleiten. Weitere Änderungen, z. B. an dem Reflexionsmittel **32'** bzw. dem Gitter **14'** oder der Strahlenquelle **12'** sind hier nicht zwingend notwendig.

**[0040]** **Fig. 1c** zeigt ausgehend von dem Ausführungsbeispiel **10'** eine weitere Variante, nämlich das Polychromator **10'''**, bei welchem durch die Unterbrechung in dem Substrat **16'''** bzw. den Reflexionsmitteln **32'''** insbesondere im Bereich des Reflektors **32b'''** angedeutet ist, dass sowohl der Reflektor **32b'''** als auch das Substrat **16'''** weiterverlängert sein kann, so dass beispielsweise die transparente Zonen **16a** und **16b** weiter voneinander beabstandet sind, um einen breiteren Wellenlängenbereich mit dem geometrischen Bereich **16s'''** abzudecken bzw. den Wellenlängenbereich besser aufzulösen.

**[0041]** Nachfolgend werden drei konkrete Anwendungen für die oben erläuterten Polychromator diskutiert.

**[0042]** 1. Gasanalyzesystem (z.B. NDIR, non dispersive Infrarot) : Konzentrationsmessungen, insbesondere solche die Absolutwerte (vol.-%) liefern, können durch Absorptionsmessungen entlang einer Gassäule erfolgen. Für Anwendungen in der Gasanalyse ist eine Lichtweg bekannter Länge, mittels dessen die spezifische Absorption eines Gases, beispielsweise  $\text{CO}_2$ , in Luft erfasst wird, relevant.

**[0043]** In einer Anordnung gemäß **10**, **10'**, **10''**, **10'''** wird eine Gassäule mit dem Licht einer entsprechend

ausgeführten Lichtquelle **12**, **12'**, beispielsweise einer Halogenlampe, beleuchtet und durch den Polychromator analysiert. Durch die Stellung des Gitters **14**, **14'** und die Position bzw. Breite der Spalte **16a**-**16c** werden die Spektralbanden bei 3910 nm und 4220 nm, jeweils mit einer Breite von +/- 30 nm bis +/- 50 nm ausgewählt und die Intensität durch einen Infrarot-Detektor, vorzugsweise ein pyroelektrisches Element oder eine Thermosäule erfasst und in ein elektrisches Signal umgewandelt. Die Signale werden von einem elektronischen Auswerteschaltkreis erfasst und in einer Datenverarbeitungseinrichtung ausgewertet. Anhand der erfassten Intensitäten ist eine quantitative Aussage über den Kohlendioxidgehalt der analysierten Luft möglich. Im Anwendungsfall der Raumluftüberwachung ist hierdurch eine Empfehlung zum Durchführen einer Lüftung oder die Steuerung einer entsprechenden Lüftungseinrichtung vorteilhaft möglich.

**[0044]** 2. Nahinfrarot Wassergehaltsmessung: Im Bereich der Erfassung des Wassergehalts bzw. Trocknungsgrades von Holz, Kartonage und Papier werden typischerweise Spektralbanden an drei Wellenlängen verwendet, wobei neben einer Wasserbande eine Bande zur Referenz und eine weitere mit Kohlenwasserstoffen korrelierte Bande verwendet wird. Diese Banden können im sogenannten Nahinfrarotbereich zwischen 780 nm und 2500 nm liegen. Die Messung erfolgt in Reflexion, die Probe wird mittels einer geeigneten Lichtquelle beleuchtet und das rückgestreute Licht vom Analysesystem untersucht. Mit einem Systemansatz gemäß **10-10''''** werden die Spalte im Bauelement **16-16''''** so platziert, dass sie mit den Spektralbanden korrespondieren. Drei Fotodioden in InGaAs Technologie werden zur Erfassung der Intensität verwendet.

**[0045]** Vorteilhaft gegenüber einer alternativen Lösung, die mit dem Stand der Technik offenbart wird und drei Infrarot-LEDs zur spektral unterschiedlichen Beleuchtung der Probe verwendet, ist die Möglichkeit, durch die Lage und die Breite der Spalte, die spektralen Übergänge gemäß ihrer Natur präzise berücksichtigen zu können und nicht auf die technologisch gegebenen Emissionslinienbreiten von LEDs angewiesen zu sein. Zudem wird das Problem der spektralen Langzeitdrift von Infrarot-LEDs gelöst.

**[0046]** 3. Nahinfrarotanalyse von Kunststoffen: Die Absorptionsspektren zahlreicher gebräuchlicher Kunststoffe, wie Polyethylen (PE), Polypropylen (PP), Polystyrol (PS), Polycarbonat (PC), Polyethylenterephthalat (PET) und anderer unterscheiden sich speziell im Bereich der C-C und C-H Banden zwischen 1650 nm und 1780 nm. Basierend hierauf ist eine Erkennung verschiedener Kunststoffe durch eine Spektralanalyse möglich. Beispielsweise im Bereich der Wareneingangsprüfung und des Recycling sind derartige Analysen sehr wichtig. Entsprechende Sys-

temansätze wurden in verkleinerter Bauform für den mobilen Einsatz als tragbare Geräte bereitgestellt (z.B. Phazir von Polychromix / Thermo Fischer), wobei der erreichte Miniaturisierungsgrad und die Systemkosten noch erhebliches Optimierungspotenzial ausweisen. Für diese im Vergleich zu den vorangegangenen Anwendungsbeispielen deutlich komplexere Aufgabenstellung, ist möglicherweise die Auswertung dicht benachbarter Spektrallinien vorteilhaft. Bedingt durch die physischen Gegebenheiten bei der Realisierung des erfindungsgemäßen Ansatzes, insbesondere die Baugröße von Detektoren und der daraus resultierende Mindestabstand benachbarter Banden, kann es vorteilhaft sein, eine besondere Ausgestaltung des Systems zu verwenden, die zwei getrennte Raumbereiche für die Platzierung von Austrittspalt-Bauelementen und Detektoren vorsieht, die durch Verwenden der positiven und der negativen ersten Beugungsordnung adressiert werden können (nur möglich unter Verwendung eines Gitters als diffraktives Element, vorteilhaft, wenn symmetrisch - beispielsweise in Si geätztes V-stufen Gitter).

**[0047]** Die Auswahl der jeweiligen charakteristischen Spektralbereiche ist beispielsweise anhand von **Fig. 5** illustriert. **Fig. 5** zeigt drei markierte Bereiche, in welchen die Wellenlängen detektiert werden, um eine gute Analyse mittels des Polychromators durchzuführen. Zusätzlich ist zu den markierten Wellenlängen auch eine Mehrzahl an Graphen dargestellt, die unterschiedlichen Absorptionsraten zugeordnet sind und folglich auch in unterschiedliche Absorptionsraten resultieren.

**[0048]** **Fig. 3** zeigt eine weitere Variante eines Polychromators, nämlich den Polychromator **10''''**. Bei diesem Polychromator **10''''** sind zwei geographische Untersuchungsbereiche **16s** und **16s''''** an zwei Seiten ausgehend von der Strahlenquelle **12''''** vorgesehen. In diesem Ausführungsbeispiel ist jedoch zwischen der Strahlenquelle **12''''** und dem ersten oder zweiten Bereich **16s** bzw. **16s''''** ein einzelnes spektralzerlegendes Funktionselement **14a''''** und **14b''''** angeordnet. Die zwei Funktionselemente / Gitter **14a''''** und **14b''''** gehören entsprechend Ausführungsbeispielen zusammen. Zwischen diesen zwei Gitterteilen **14a''''** und **14b''''** ist die Blende **12b''''** der Strahlenquelle **12''''** angeordnet. Der Strahl **13''''** wird von der Blende **12b''''** zu den ersten Reflexionsmitteln **32a''''** emittiert und mittels den Reflexionsmitteln **32a''''** zu den zwei spektralzerlegend wirkenden Elementen **14a''''** und **14b''''** reflektiert. Diese sind ebenfalls reflektiv ausgelegt, so dass der nun aufgefächerte Spektralanteil (vgl. **15a''''** und **15b''''**) von den Elementen **14a''''** und **14b''''** zu dem Reflektor **32b''''** reflektiert werden, der dem Bereich **16s** zugeordnet ist. Analog hierzu wird der aufgefächerte Strahl von den Elementen **14a''''** und **14b''''** mittels des Reflektors **32c''''** reflektiert.

**[0049]** In dem Bereich **16s** sind die transparente Zonen **16a** und **16b** vorgesehen, während in dem Bereich **16s''''** die Öffnung **16c''''** vorgesehen ist. Wie bereits anhand der transparente Zonen **16a** und **16b** zu erkennen ist, liegen diese transparente Zonen sehr nah beieinander, so dass die zugehörigen Detektoren **18a** und **18b** fast unmittelbar nebeneinander angeordnet sind. Um nun einen Spektralanteil (Wellenlänge) abzutasten, die zwischen den Spektralanteilen zugehörig zu den transparenten Zonen **16a** und **16b** liegt, muss entweder der Strahl weiter aufgefächert werden oder, wie hier geschehen, der emittierte Strahl dupliziert werden, so dass eine Spektralbande zwischen den zwei Spektralbanden der transparenten Zonen **16a** und **16b** mittels der Öffnung **16c''''** detektierbar ist.

**[0050]** Da die zwei Funktionselemente / Gitter **14a''''** und **14b''''** entsprechend Ausführungsbeispielen zusammengehören, lässt sich die Struktur in anderen Worten wie folgt beschreiben. Das Gitter **14a''''** + **14b''''** ist so ausgeführt, dass mittig im Gitter **14a''''** + **14b''''** der Eintrittsspalt **12b''''** vorgesehen wird, über den gegenüberliegenden Spiegel **32a''''** wird das Licht in parallele Strahle umgewandelt, die dann senkrecht auf das Gitter **14a''''** + **14b''''** einfallen. Dies ist wichtig um die positive und negative Beugungsordnung symmetrisch auswerten zu können. Zwingend erforderlich ist die Symmetrie jedoch nicht.

**[0051]** Entsprechend bevorzugten Ausführungsbeispielen sind sowohl die transparenten Zonen **16c''''**, **12b''''** sowie die transparenten Zonen **16a** und **16b** in demselben Substrat **16''''** angeordnet. Das ist besonders vorteilhaft, da so die Abstände zwischen den einzelnen transparenten Zonen **16a** bis **16c''''** und **12b''''** exakt zueinander positionierbar sind.

**[0052]** Entsprechend weiteren Ausführungsbeispielen umfasst das Substrat **16''''**, wie hier dargestellt auch die Mittel zur spektralen Auffächerung, hier die (ebenen) Gitter **14a''''** und **14b''''** (entweder in Kombination mit Austrittsspalte **16a**, **16b** und/oder Eintrittsspalt **12b''''**). Auch bei diesem Ausführungsbeispiel ist es vorteilhaft, dass die Positionierung der Gitter **14a''''** und **14b''''** gegenüber den transparenten Zonen **16a** bis **16c''''** bzw. **12b''''** sehr exakt eingestellt werden kann.

**[0053]** Entsprechend Ausführungsbeispielen kann statt der Strahlenquelle **12''''** auch eine einfache Öffnung für von außen einfallende Strahlung vorgesehen sein.

**[0054]** An dieser Stelle sei angemerkt, dass bei allen Ausführungsbeispielen aus den **Fig. 2a** bis **Fig. 2c** sowie aus **Fig. 3** bei den spiegelnden Flächen **32a'**, **32b'**, **32b''**, **32a''''**, **32b''''** und **32c''''** immer von Parabolspiegeln ausgegangen wird, die ausgebildet sind, um die mittels Gitter spektral aufgefächerten

Strahlen auf das entsprechende Substrat **16** bzw. **16''''** zu bündeln und abzubilden. Die Spiegel **32a'**, **32b'**, **32b''**, **32a''''**, **32b''''** und **32c''''** können alternativ plan, sphärisch, parabolisch, bikonisch oder als Freiformfläche ausgeführt werden; sowohl konkav als auch konvex.

**[0055]** Bei dem Ausführungsbeispiel aus **Fig. 4** wird nun statt den Parabolspiegeln ein Linsenelement zur Bündelung benutzt.

**[0056]** **Fig. 4** zeigt einen Polychromator **10''''''**, der ein Substrat **16''''''** umfasst, in welchem die transparenten Zonen **16a**, **16b**, **12b''''''** sowie **16c''''''** vorgesehen sind. Das Substrat **16''''''** umfasst als wieder Austrittsspalte **16a**, **16b** sowie **16c''''''** plus Eintrittsspalt **12b''''''**. Die transparente Zonen **12b''''''** ist wiederum einer optionalen Strahlenquelle **12''''''** zugeordnet, während den transparenten Zonen **16a**, **16b** die Detektoren **18a** und **18b** zugeordnet sind und der Öffnung **12c''''''** der Detektor **18''''''**.

**[0057]** Gegenüber von dem Substrat **16''''''** ist das spektralaufspaltend wirkende Element **14''''''**, hier ein reflektiv ausführendes Gitter vorgesehen. In dem Zwischenbereich zwischen dem spektral aufspaltend wirkenden Element **14''''''** sowie dem Substrat **16''''''** ist ein Linsenelement **38''''''** angeordnet, dass statt der Parabolspiegel die Abbildung (Bündelung) des mittels des Funktionselements **14''''''** aufgefächerten Spektrums (vgl. **15''''''**) auf das Substrat **16''''''** durchführt.

**[0058]** Die Wirkungsweise bei der Untersuchung bzw. die Funktionsweise ist vergleichbar zu den oben erläuterten Ausführungsbeispielen, wobei nur der Strahlenverlauf etwas verändert ist. Von der Quelle **12''''** wird der Strahl **13''''''** zu dem Element **14''''''** emittiert und dann spektral zerlegt (vgl. **15''''''**) zurückreflektiert. In dem aufgefächerten Spektrum **15''''''** sind die drei auf die transparenten Zonen **16a**, **16b** und **16c''''** abgebildeten Spektralanteile mit dem Bezugszeichen **15a''''''**, **15b''''''** und **15c''''''** kenntlich gemacht.

**[0059]** An dieser Stelle sei angemerkt, dass bei Verwendung eines Prismas als spektralauffächerndes Element nicht zwingend Mittel zum Bündeln vorgesehen sind. Alternativ zu dem allgemeinen Gitter oder dem Prisma können auch folgende optische (dispersiven) Elemente vorgesehen werden: Transmissionsgitter, Reflexionsgitter, geblazetes Gitter, Echelle, Echelette, ebenes Gitter, konkaves Gitter, konvexes Gitter, holografisches Gitter, Prisma.

**[0060]** Auch wenn das spektralauffächernde Element immer als ein bei Reflexion wirkendes Element beschrieben wurde kann entsprechend Ausführungsbeispielen die spektrale Auffächerung alternativ in Transmission erfolgen.



**[0061]** An dieser Stelle sei auch angemerkt, dass entsprechend weiteren Ausführungsbeispielen ein System geschaffen wird. Das System dient zur Analyse von elektromagnetischer Strahlung und besteht aus mindestens

einer Einrichtung, die elektromagnetische Strahlung in spektrale Bestandteile aufspaltet;

einer weiteren Einrichtung, die elektromagnetische Strahlung auf die Einrichtung zur Aufspaltung der Strahlung fallen lässt d.h. eine Eintrittsöffnung, die eine Apertur begrenzt, ein Spalt oder das Ende einer optischen Faser bzw. eines Lichtwellenleiters;

einem Bauelement mit einer Mehrzahl von Austrittsöffnungen (wohldefinierte Raumbereiche unterschiedlicher Strahlungsdurchlässigkeit, „Blenden“, „Spalte“);

einer Mehrzahl von Einrichtungen zu Erfassung von elektromagnetischer Strahlung;

wobei die elektromagnetische Strahlung von der entsprechenden Einrichtung zur Aufspaltung abhängig von einer spektralen Eigenschaft in verschiedene Raumwinkelbereiche abgelenkt wird;

elektromagnetische Strahlung mit unterschiedlicher spektraler Eigenschaft nach dem Passieren von Austrittsöffnungen mittelbar oder unmittelbar erfasst wird;

gekennzeichnet dadurch, dass mindestens zwei Austrittsöffnungen in einem gemeinsamen Substrat gefertigt werden.

**[0062]** Entsprechend Ausführungsbeispielen kann das System eines der folgenden Merkmale aufweisen

- mindestens zwei Austrittsöffnungen des im gemeinsamen Substrat gefertigten Bauelements bezüglich ihrer Lage, Position beziehungsweise des Abstands zueinander mit mindestens einem spektralen Wellenlängenabstand korrespondieren;

- mindestens zwei Austrittsöffnungen des im gemeinsamen Substrat gefertigten Bauelements bezüglich ihrer Lage, Position beziehungsweise des Abstands zueinander mit ausgewählten Spektralbanden bzw. spektralen (Atom- / Molekül-) Übergängen korrespondieren;

- die Breite mindestens einer Austrittsöffnung mit der spektralen Breite einer Spektralbande oder eines spektralen Übergangs korreliert ist;

- die Einrichtung zur Aufspaltung der elektromagnetischen Strahlung in ihre spektralen Bestandteile eine periodische Struktur, d.h. ein „Gitter“ ist, das als Transmissionsgitter, Reflexionsgitter vorgesehen ist, dieses Gitter mit einem sogenannten Blaze zur Erhöhung der Intensität in einer bestimmten Richtung oder Wellenlänge aus-

gestattet werden kann, ein sogenanntes Echelle- oder Echelette- Gitter verwendet wird, das Gitter als ebenes Gitter, konkaves Gitter, holografisches Gitter ausgeführt ist, eine zumindest näherungsweise sinusförmige Oberflächentopologie verwendet wird oder dass diese Einrichtung ein Prisma ist;

- das System mindestens ein strahlformendes Element enthält;

- das ein strahlformende Element und die Einrichtung zur Aufspaltung der elektromagnetischen Strahlung in einem Bauelement realisiert werden;

- in das Bauelement mit den mindestens zwei Austrittsöffnungen zusätzlich die (eine) Eintrittsöffnung vorgesehen wird.

- das Bauelement mit den mindestens zwei Austrittsöffnungen zusätzlich die Einrichtung zur Aufspaltung der elektromagnetischen Strahlung in ihre Bestandteile enthält;

- das Bauelement mit den mindestens zwei Austrittsöffnungen zusätzlich die (eine) Eintrittsöffnung und die Einrichtung zur Aufspaltung der elektromagnetischen Strahlung in ihre Bestandteile enthält;

- das Bauelement ein Gitter zur Aufspaltung der elektromagnetischen Strahlung in ihre spektralen Bestandteile enthält, welches in seiner Lage gegenüber den verbleibenden Bauelement dauerhaft verkippt werden kann, unabhängig davon, ob diese Verkipfung bei einer Montage oder einer späteren Justage erfolgt;

- die Austrittsöffnungen als Spalte im Sinne eine tatsächlich physischen Öffnung ausgeführt sind oder als Bereiche, die durch eine von der Umgebung abweichenden spektralen Transmissionscharakteristik ausgezeichnet sind; diese durch ein Ätzverfahren oder ein anderes Verfahren zum Entfernen vom Material, beispielsweise Laserschneiden oder ein (strukturiertes) Abscheideverfahren oder ein sogenanntes „Lift-off Verfahren“, d.h. flächiges Abscheiden und lokales Entfernen einer Schicht, hergestellt werden.

- mindestens zwei unterschiedliche Detektoren eingesetzt werden, die sich insbesondere in ihrer Empfindlichkeit oder der spektralen Verteilung der Empfindlichkeit oder dem spektralen Erfassungsbereich unterscheiden;

- die Abmessung der Detektoren bezüglich der Summe aus Spaltbreite und baubedingter Justageabweichung so groß gewählt wird, dass stets gewährleistet ist, dass die durch den Spalt fallende Intensität vom Detektor erfasst wird;

- das Bauelement aus Silizium oder einem anderen Halbleitermaterial gefertigt wird;

- das Bauelement aus einem Substrat mit lateraler Struktur gefertigt wird, die unterschiedliche Materialeigenschaften aufweisen; beispielsweise einem SOI oder BSOI Substrat;

- das Bauelement aus einem Substrat gefertigt wird, dass aus Schichten / Lagen unterschiedlicher optischer Eigenschaften besteht, beispielsweise einem Chrom auf Glas Substrat;

- das Bauelement aus einem organischen Material (Kunststoff) oder einem anderen duktilen Material durch Ab- oder Umformen, Pressen, Tiefziehen, Extrudieren, Spritzen oder einem artverwandtem Verfahren hergestellt wird;

- die Herstellung des Bauelements in einer Art und Weise erfolgt, dass eine Vielzahl von Bauelementen gleichzeitig hergestellt wird und diese anschließend vereinzelt werden, beispielsweise Fertigung in einem Waferverbund und anschließendes Sägen,

- ein Gitter verwendet wird, dass eine erste positive sowie eine erste negative Beugungsordnung erzeugt, diese in unterschiedliche Raumwinkel abgelenkt werden und unter Verwendung von mindestens zwei erfindungsgemäßen Bauelementen ausgewertet werden:

**[0063]** Das heißt also allgemein, dass das System dadurch gekennzeichnet ist, dass

- eine Einrichtung vorhanden ist, die einfallende elektromagnetische Strahlung in spektrale Bestandteile derart aufspaltet, dass verschiedene Wellenlängen in unterschiedliche Raumwinkel abgelenkt werden

- eine Mehrzahl von Einrichtungen vorhanden ist, die die Strahlungsintensität oder eine damit verbundene Größe erfasst und in ein auswertbares Signal umwandelt

- eine Einrichtung vorhanden ist, die aus der in verschiedene Raumwinkel aufgespaltenen Intensität durch wohldefinierte Raumbereiche unterschiedlicher Strahlungsdurchlässigkeit (Aperturblenden, Spalte) mindestens zwei Wellenlängenintervalle auf zwei verschiedene Erfassungseinrichtungen fallen lässt

- die Anordnung dieser mindestens zwei Raumbereiche keiner gesonderten Justage bedarf bzw. durch einen Herstellungsschritt / lithographischen Herstellungsschritt selbstständig eingestellt wird

### Patentansprüche

1. Polychromator (10, 10', 10'', 10''', 10''''', 10'''''''), mit folgenden Merkmalen:  
einem Substrat (16, 16'', 16''', 16''''', 16'''''''); und

einem optisch spektralzerlegend wirkenden Funktionselement (14, 14', 14a''', 14b''', 14'''''), das ausgebildet ist, um eine von einer Eintrittsöffnung (12b, 12b''') stammende elektromagnetische Strahlung (13, 13''', 13''''') spektral zu zerlegen, wobei ein spektral zerlegtes Spektrum (15, 15a''', 15b''', 15''''') erhalten wird, und um das spektral zerlegte Spektrum (15, 15a''', 15b''', 15''''') auf einen räumlichen Bereich (16s, 16s'') des Substrats (16, 16'', 16''', 16''''', 16''''''') lenken,

wobei das Substrat (16, 16'', 16''', 16''''', 16''''''') zumindest zwei transparente Zonen (16a, 16b, 16c, 16c''') an unterschiedlichen Positionen in dem räumlichen Bereich (16s, 16s'') aufweist, sodass an den zwei transparente Zonen (16a, 16b, 16c, 16c''') zwei unterschiedliche Spektralanteile (15a, 15b, 15c, 15a''', 15''''', 15a''''', 15b''''', 15c''''') des Spektrums (15, 15a''', 15b''', 15''''') detektierbar sind.

2. Polychromator (10, 10', 10'', 10''', 10''''', 10''''''') gemäß Anspruch 1, wobei den zumindest zwei transparente Zonen (16a, 16b, 16c, 16c''') zwei Detektoren (18a, 18b, 18c, 18''''') zugeordnet sind.

3. Polychromator (10, 10', 10'', 10''', 10''''', 10''''''') gemäß Anspruch 1 oder 2, wobei die zumindest zwei transparente Zonen (16a, 16b, 16c, 16c''') mit einem Abstand beabstandet sind, der mindestens einem spektralen Wellenlängenabstand von zwei charakteristischen Spektralanteilen (15a, 15b, 15c, 15a''', 15''''', 15a''''', 15b''''', 15c''''') eines spezifischen Spektrums (15, 15a''', 15b''', 15''''') entspricht.

4. Polychromator (10, 10', 10'', 10''', 10''''', 10''''''') gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei der Abstand so gewählt ist, dass die charakteristischen Spektralanteile (15a, 15b, 15c, 15a''', 15''''', 15a''''', 15b''''', 15c''''') eines spezifischen Spektrums (15, 15a''', 15b''', 15''''') detektierbar sind.

5. Polychromator (10, 10', 10'', 10''', 10''''', 10''''''') gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei das Substrat (16, 16'', 16''', 16''''', 16''''''') mindestens drei transparente Zonen (16a, 16b, 16c, 16c''') aufweist und der Polychromator (10, 10', 10'', 10''', 10''''', 10''''''') mindestens drei Detektoren (18a, 18b, 18c, 18''''').

6. Polychromator (10, 10', 10'', 10''', 10''''', 10''''''') gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei die zumindest zwei transparente Zonen (16a, 16b, 16c, 16c''') Blenden oder Spalte sind.

7. Polychromator (10, 10', 10'', 10''', 10''''', 10''''''') gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei das Substrat (16, 16'', 16''', 16''''', 16''''''') aus einem Teil besteht.

8. Polychromator (10, 10', 10'', 10''', 10''''', 10''''''') gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei das optisch spektralzerlegend wirkende Funktionselement

(14, 14', 14a''', 14b''', 14''''') ein Prisma, ein Element mit einer periodischen Struktur und/oder ein Gitter umfasst.

9. Polychromator (10, 10', 10'', 10''', 10''''', 10''''''') gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei das spektralzerlegend wirkende Funktionselement (14, 14', 14a''', 14b''', 14''''') in Reflexion oder Transmission betrieben wird.

10. Polychromator (10, 10', 10'', 10''', 10''''', 10''''''') gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei das spektralzerlegende Funktionselement (14, 14', 14a''', 14b''', 14''''') gegenüber dem Substrat (16, 16'', 16''', 16''''', 16''''''') gewinkelt angeordnet ist.

11. Polychromator (10, 10', 10'', 10''', 10''''', 10''''''') gemäß Anspruch 1, wobei die Eintrittsöffnung (12b, 12b''') mit einer Strahlenquelle (12, 12', 12''') gekoppelt ist, sodass die elektromagnetische Strahlung (13, 13''', 13''''') aus der Strahlquelle (12, 12', 12''') in den Polychromator (10, 10', 10'', 10''', 10''''', 10''''''') eingekoppelt wird.

12. Polychromator (10, 10', 10'', 10''', 10''''', 10''''''') gemäß Anspruch 11, wobei die Eintrittsöffnung (12b, 12b''') einen Strahlformer und/oder eine Blende umfasst.

13. Polychromator (10, 10', 10'', 10''', 10''''', 10''''''') gemäß Anspruch 12, wobei der Strahlformer an und/oder die Blende in dem einen Substrat (16, 16'', 16''', 16''''', 16''''''') angeordnet ist.

14. Polychromator (10, 10', 10'', 10''', 10''''', 10''''''') gemäß einem der vorherigen Ansprüche, der weitere optische Funktionselemente (32', 32a', 32b', 32b'', 32''', 32''', 32a''', 32b''', 32c''') umfasst, die ausgebildet sind, um die elektromagnetische Strahlung (13, 13''', 13''''') nach der Auffächerung abzulenken und/oder zu bündeln.

15. Polychromator (10, 10', 10'', 10''', 10''''', 10''''''') gemäß einem der vorherigen Ansprüche, das weitere optische Funktionselemente (32', 32a', 32b', 32b'', 32''', 32''', 32a''', 32b''', 32c''') umfasst, die ausgebildet sind, um die elektromagnetische Strahlung (13, 13''', 13''''') vor der Auffächerung zu reflektieren und/oder bündeln.

16. Polychromator (10, 10', 10'', 10''', 10''''', 10''''''') gemäß einem der vorherigen Ansprüche, das eine Optik (30''') umfasst, die ausgebildet sind, um die elektromagnetische Strahlung (13, 13''', 13''''') nach der Auffächerung zu bündeln.

17. Polychromator (10, 10', 10'', 10''', 10''''', 10''''''') gemäß einem der vorherigen Ansprüche, das erste Duplizierungsmittel umfasst, die ausgebildet sind, um die elektromagnetische Strahlung (13, 13''', 13''''') zu

duplizieren, so dass die duplizierte elektromagnetische Strahlung (13, 13''', 13''''') auf den räumlichen Bereich des Substrats (16, 16'', 16''', 16''''', 16''''''') und einen weiteren räumlichen Bereich des Substrats (16, 16'', 16''', 16''''', 16''''''') oder eines weiteren Substrats (16, 16'', 16''', 16''''', 16''''''') abgebildet wird; wobei zumindest eine weitere transparente Zone in dem weiteren räumlichen Bereich (16s''') des weiteren Substrats (16, 16'', 16''', 16''''', 16''''''') oder des Substrats (16, 16'', 16''', 16''''', 16''''''') vorgesehen ist.

18. Polychromator (10, 10', 10'', 10''', 10''''', 10''''''') gemäß Anspruch 17, wobei die zumindest eine weitere transparente Zone in demselben Substrat (16, 16'', 16''', 16''''', 16''''''') angeordnet ist, wie die zumindest zwei transparente Zonen.

19. Polychromator (10, 10', 10'', 10''', 10''''', 10''''''') gemäß Anspruch 18, wobei zwischen der weiteren transparenten Zone und den zumindest zwei transparenten Zonen (16a, 16b, 16c, 16c''') die Strahlenquelle (12, 12', 12''') und/oder ein Strahlformer der Strahlenquelle (12, 12', 12''') angeordnet ist.

20. Polychromator (10, 10', 10'', 10''', 10''''', 10''''''') gemäß einem der Ansprüche 17 bis 19, wobei die zumindest eine weitere transparente Zone einer Wellenlänge zugeordnet ist, die zwischen den Wellenlängen liegt, welche den zumindest zwei transparenten Zonen (16a, 16b, 16c, 16c''') zugeordnet sind.

21. Polychromator (10, 10', 10'', 10''', 10''''', 10''''''') gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei das optisch spektralzerlegend wirkenden Funktionselement (14, 14', 14a''', 14b''', 14''''') auf oder in dem einen Substrat (16, 16'', 16''', 16''''', 16''''''') angeordnet ist.

22. Polychromator (10, 10', 10'', 10''', 10''''', 10''''''') gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei das Substrat (16, 16'', 16''', 16''''', 16''''''') unterschiedliche Schichten und/oder unterschiedliche Materialien umfasst.

23. Polychromator (10, 10', 10'', 10''', 10''''', 10''''''') gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei der Polychromator (10, 10', 10'', 10''', 10''''', 10''''''') unterschiedliche Detektoren (18a, 18b, 18c, 18''') aufweist.

24. Polychromator (10, 10', 10'', 10''', 10''''', 10''''''') gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei das Substrat (16, 16'', 16''', 16''''', 16''''''') mittels Lithographie hergestellt ist.

25. Polychromator (10, 10', 10'', 10''', 10''''', 10''''''') gemäß einem der Ansprüche 2 bis 24, wobei die zwei Detektoren (18a, 18b, 18c, 18''') größer sind als der Durchmesser der transparenten Zonen.

26. Verfahren zur Herstellung eines Polychromator (10, 10', 10'', 10''', 10''''), mit einem Substrat (16, 16'', 16''', 16''''), und einem optisch spektralzerlegend wirkenden Funktionselement (14, 14', 14a''', 14b''', 14''''), das ausgebildet ist, um eine von einer Eintrittsöffnung (12b, 12b''') stammende elektromagnetische Strahlung (13, 13''', 13''''), spektral zu zerlegen, wobei ein spektral zerlegtes Spektrum (15, 15a''', 15b''', 15''''), erhalten wird, und um das spektral zerlegte Spektrum (15, 15a''', 15b''', 15'') auf einen räumlichen Bereich (16s, 16s'') des Substrats (16, 16'', 16', 16''', 16''''), zu lenken, mit folgenden Schritten:

Formen des Substrats (16, 16'', 16''', 16''''), so dass zumindest zwei transparente Zonen (16a, 16b, 16c, 16c''') an unterschiedlichen Positionen ausgebildet werden, wobei an den zwei transparente Zonen (16a, 16b, 16c, 16c''') zwei unterschiedliche Spektralanteile (15a, 15b, 15c, 15a''', 15''', 15a'', 15b''', 15c''') des Spektrums (15, 15a''', 15b''', 15''') detektierbar sind.

27. Verfahren gemäß Anspruch 26, wobei das Formen des Substrats (16, 16'', 16''', 16''''), den Unterschritt der Lithographie und/oder den Unterschritt des Laserschneidens und/oder des Ätzens aufweist.

28. Verfahren gemäß Anspruch 26 oder 27, wobei der Schritt des Formens des Substrats (16, 16'', 16''', 16''', 16''''), den Schritt des Vereinzelns des Substrats (16, 16'', 16''', 16''', 16''''), aus einer Vielzahl von zusammenhängenden Substraten (16, 16'', 16''', 16''', 16''''), aufweist.

Es folgen 9 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

10

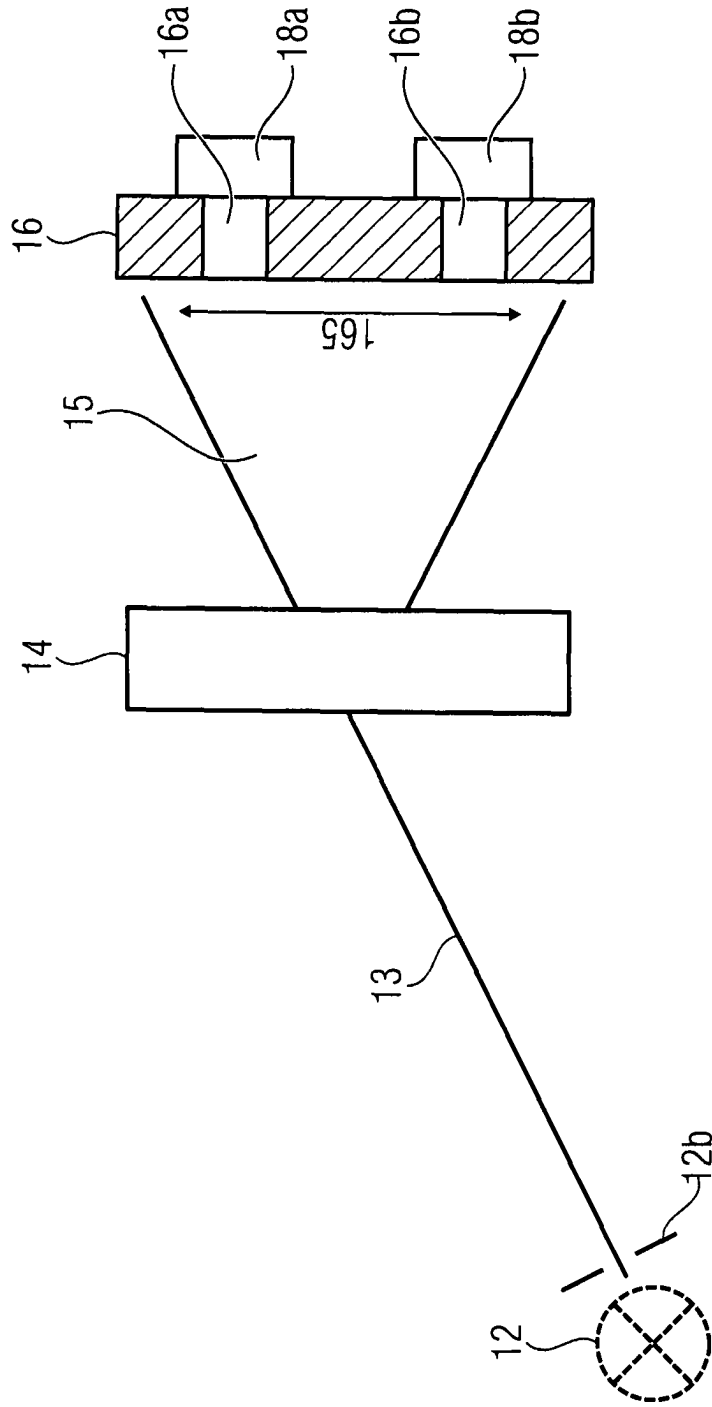


Fig. 1a

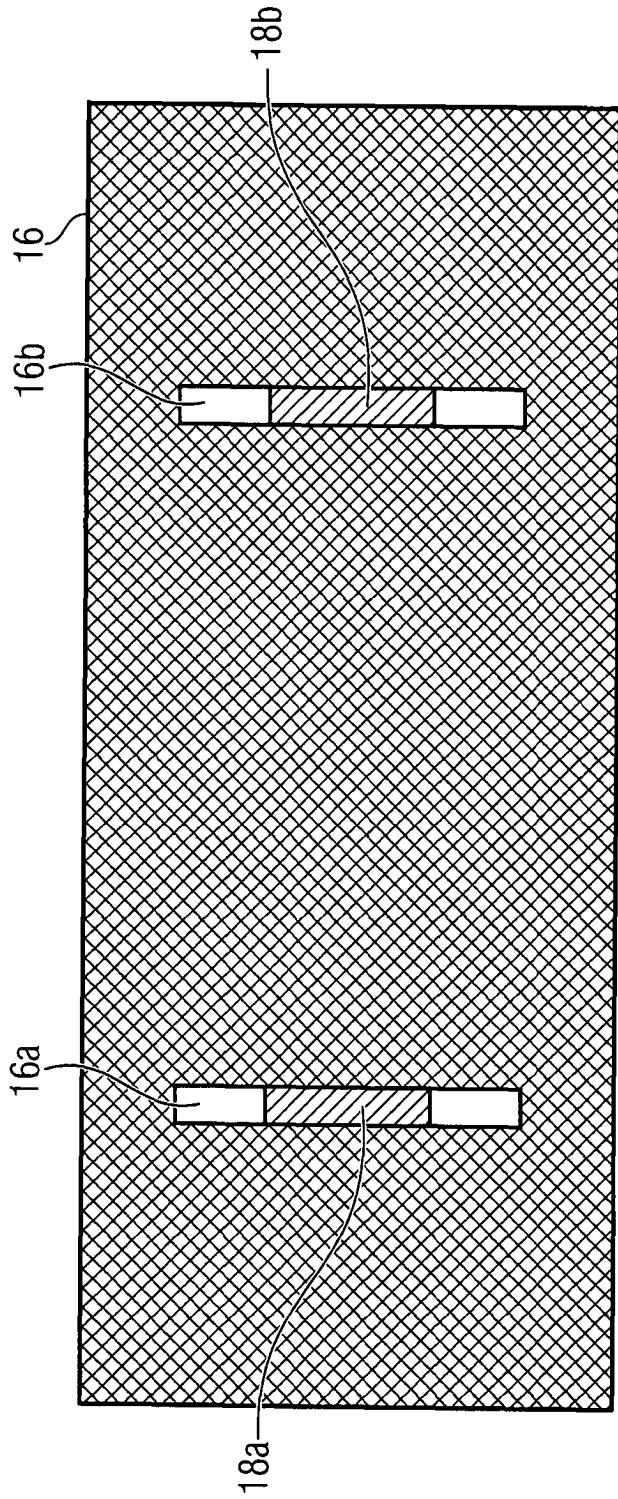


Fig. 1b

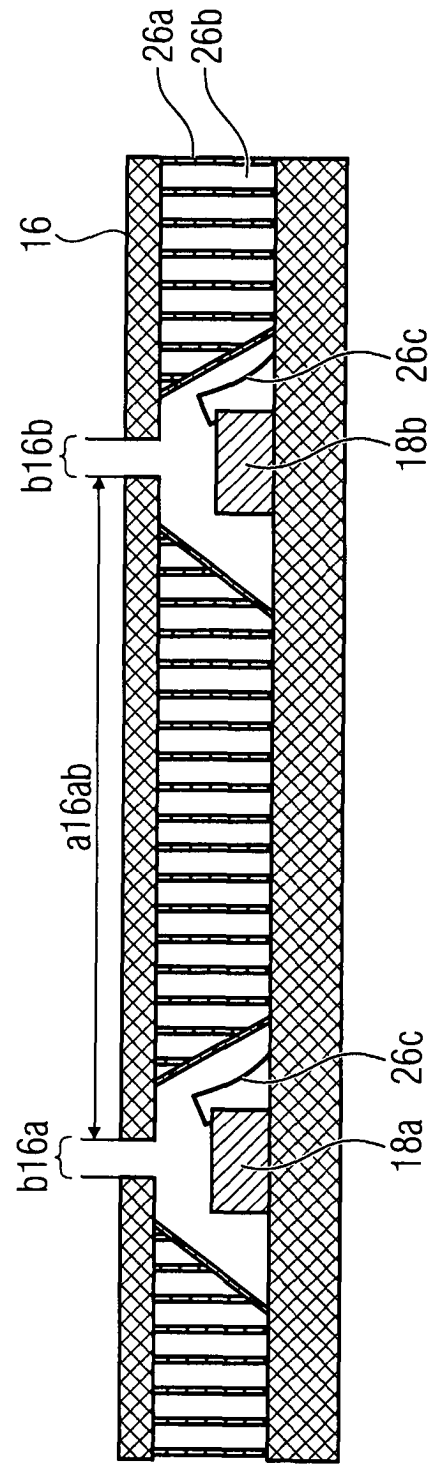


Fig. 1c

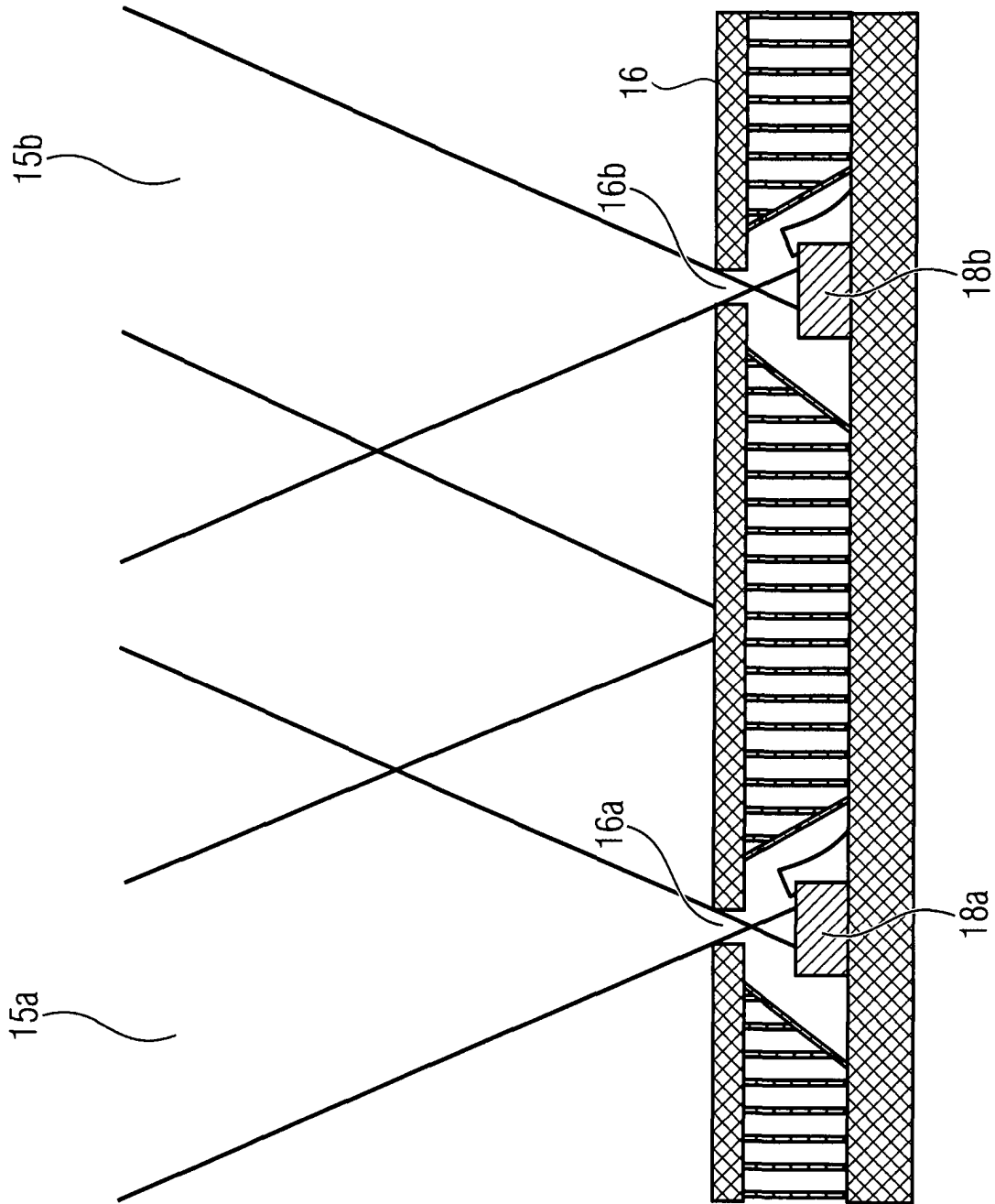


Fig. 1d

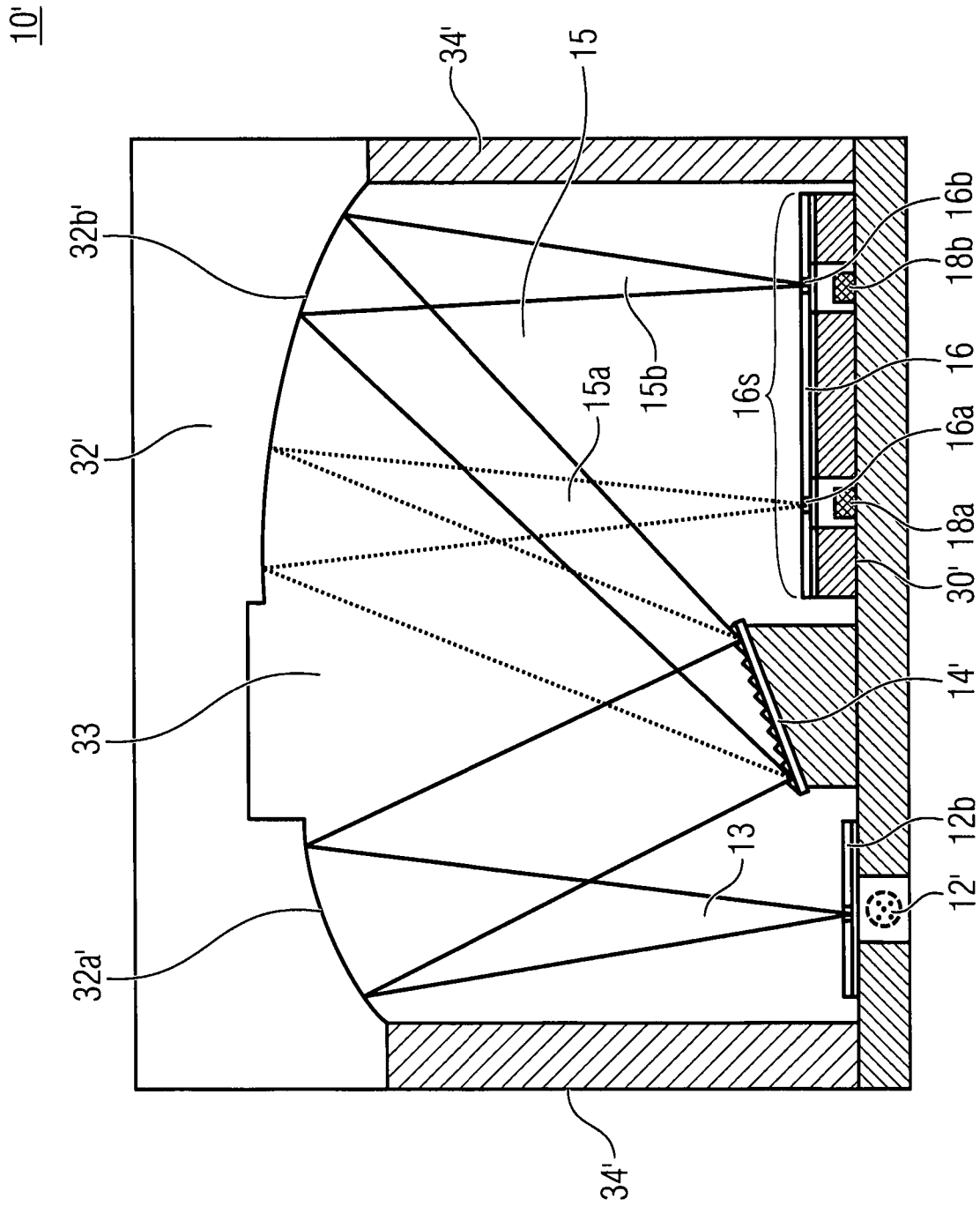


Fig. 2a



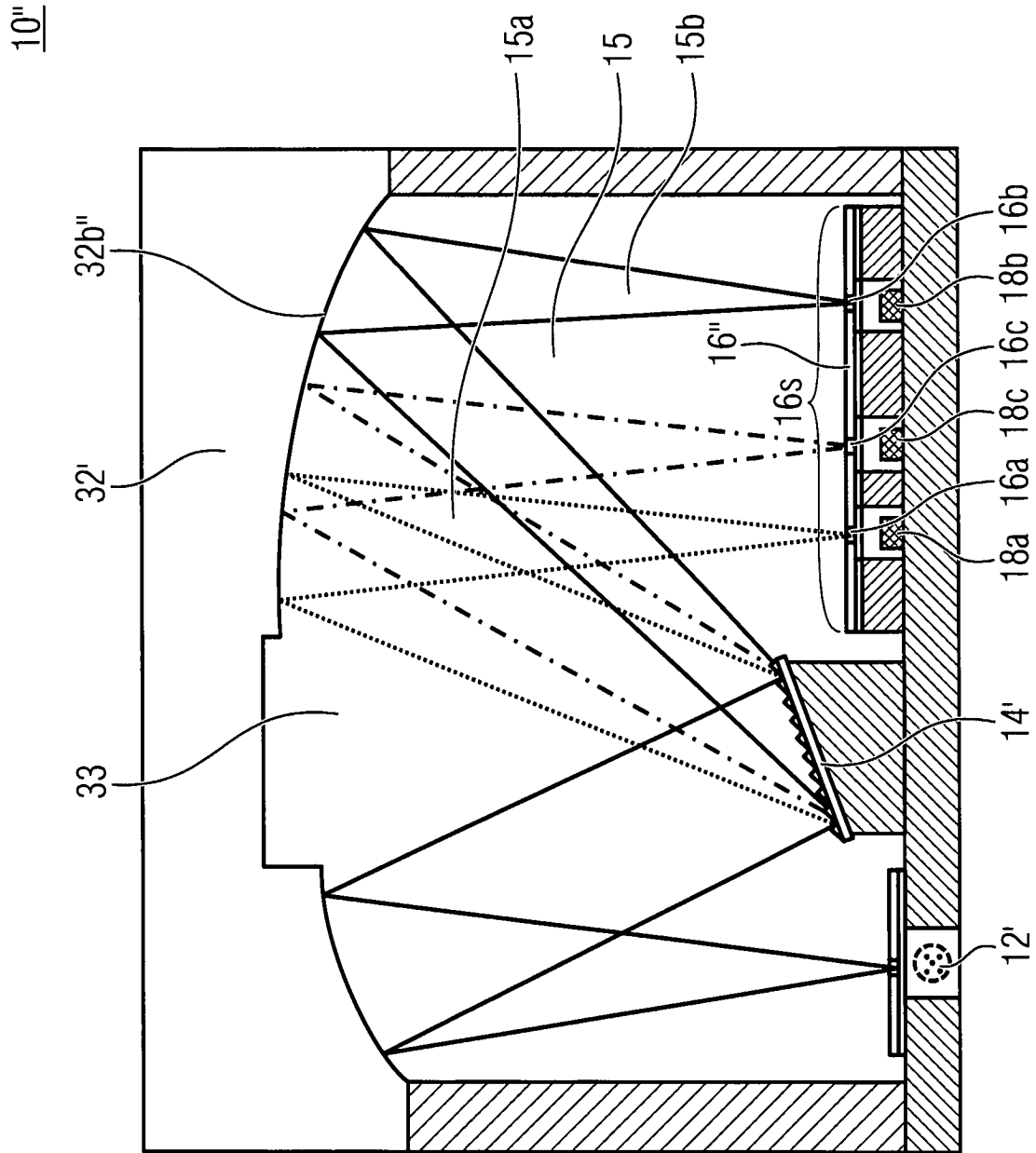


Fig. 2b

10'''

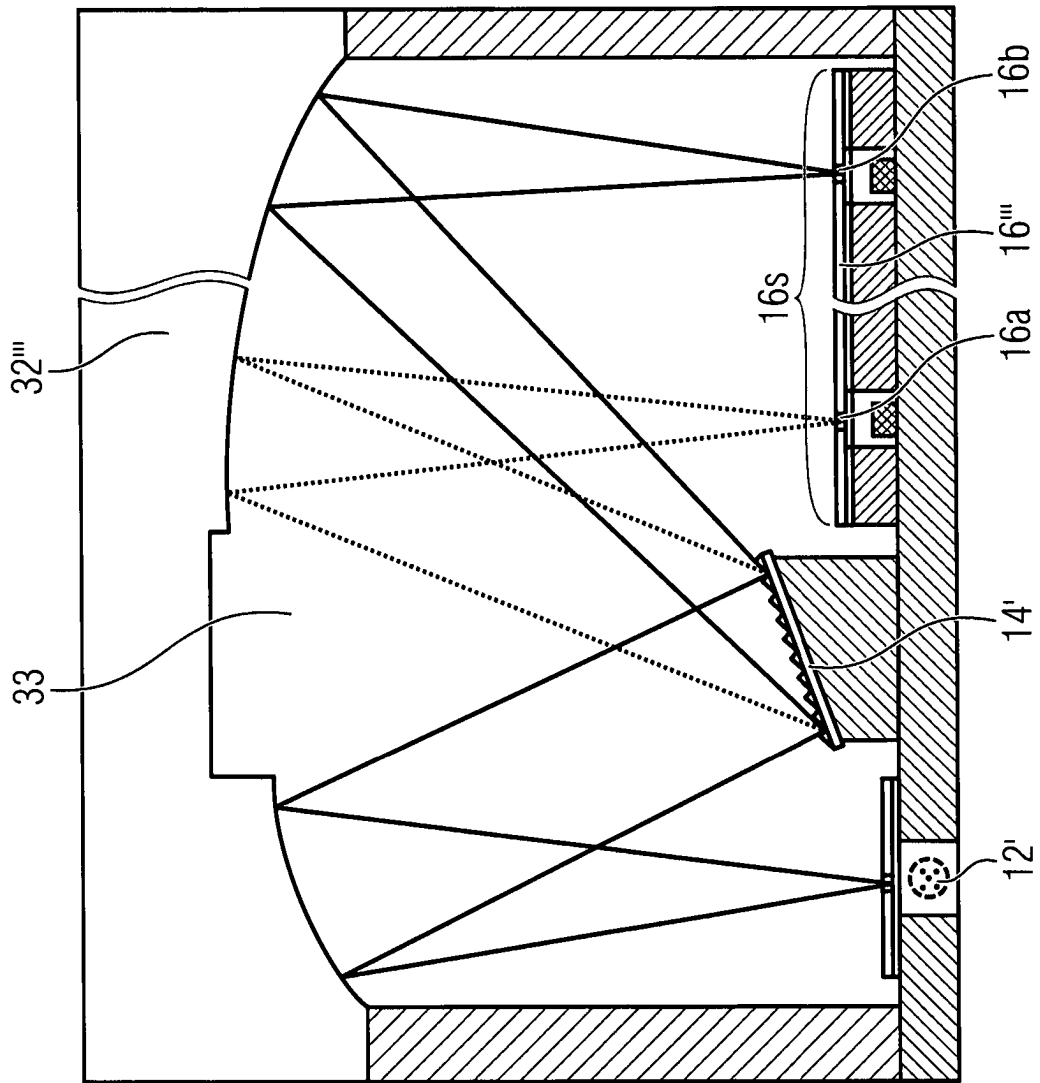


Fig. 2c

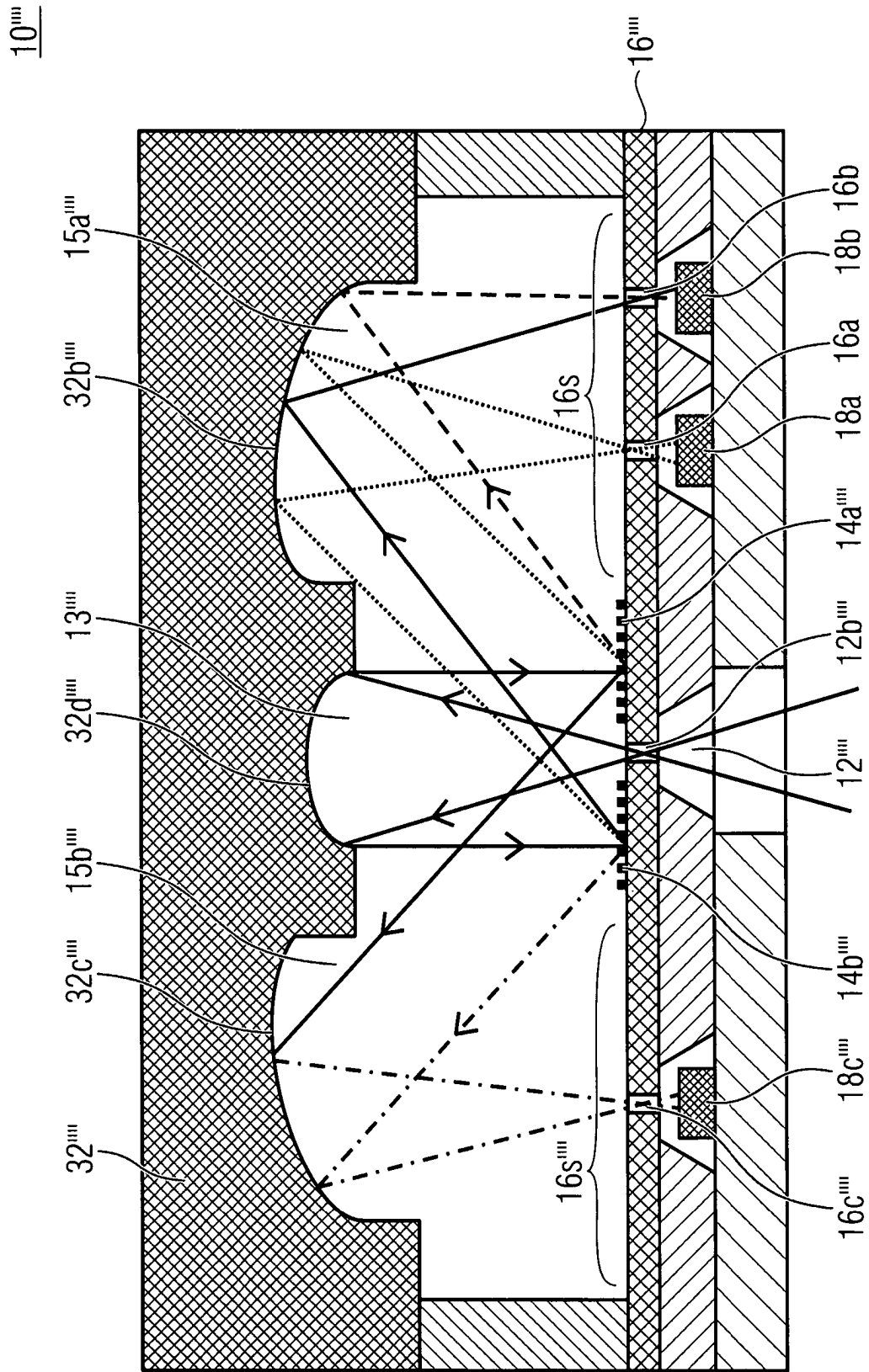


Fig. 3

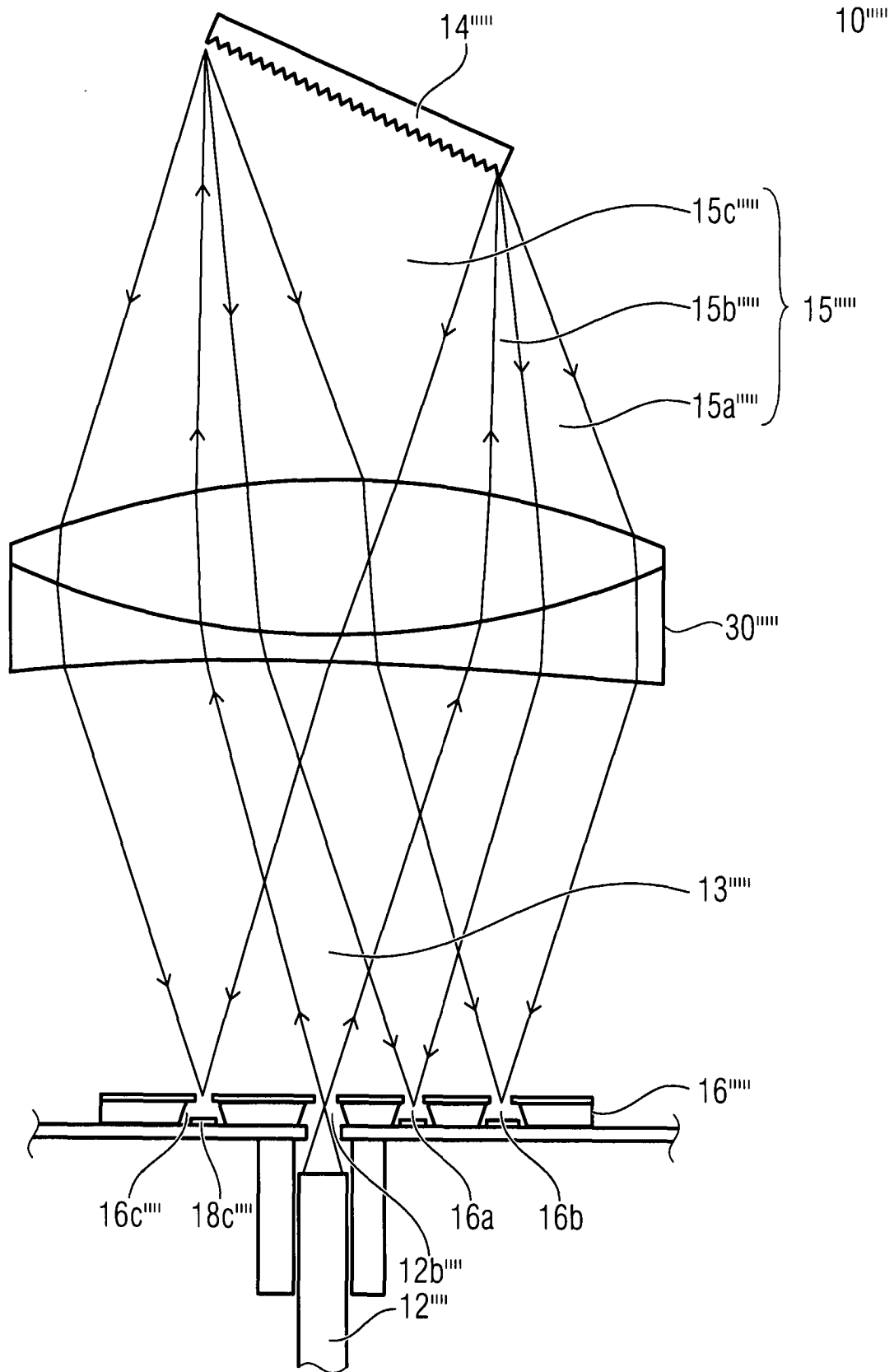


Fig. 4

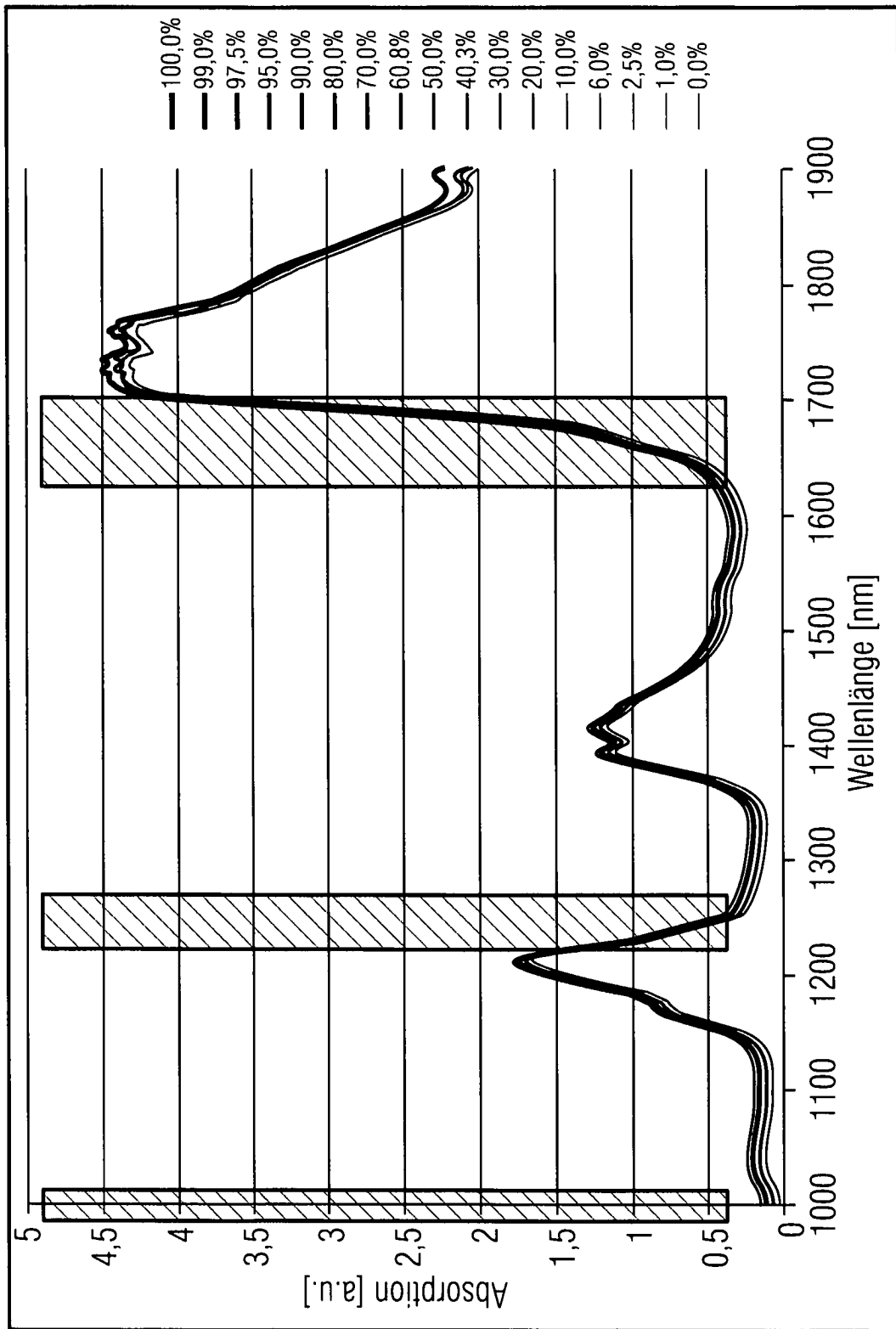


Fig. 5