



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 699 20 581 T2** 2005.10.13

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 0 967 459 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **699 20 581.6**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **99 305 029.3**

(96) Europäischer Anmeldetag: **25.06.1999**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **29.12.1999**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **29.09.2004**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **13.10.2005**

(51) Int Cl.⁷: **G01B 11/30**

G01N 21/55, G01N 21/47

(30) Unionspriorität:

106200 26.06.1998 US

(73) Patentinhaber:

GretagMacbeth, L.L.C., New Windsor, N.Y., US

(74) Vertreter:

Schwabe, Sandmair, Marx, 81677 München

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, ES, FR, GB, IT

(72) Erfinder:

Weber, William L., Wallkill, US

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zur Charakterisierung von Oberflächeneffekten**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich im Allgemeinen auf Messung der Eigenschaft oder der Erscheinungsmerkmale einer Oberfläche und spezieller auf ein Verfahren und einen Apparat zur Charakterisierung und Unterscheidung von Farb- und Oberflächeneffekten unter Verwendung eines Spektrofotometers, das mit einer integrierenden Sphäre implementiert ist.

[0002] Die Messung der visuellen Erscheinung von Objekten ist von Interesse und von wirtschaftlichem Wert. Die Erscheinung ist aus mehreren Attributen des Objektes zusammengesetzt. Die "Farbe" wird im Allgemeinen durch die unter-oberflächen-diffuse Reflexion von Licht produziert, wo Farbmittel unterschiedliche Wellenlängen zu einem variierenden Grad absorbieren, und ist das primäre Attribut, das mit herkömmlichen Kolorimetrieinstrumenten gemessen wird. Glanz ist ein Oberflächenerscheinungsattribut, welche gewöhnlich unter Verwendung eines unterschiedlichen bzw. anderen Instruments nur für diesen Zweck gemessen wird. Andere Oberflächencharakteristiken oder -effekte, wie z.B. Oberflächenwellenformen oder Rauigkeit, beeinflussen die betrachtete Erscheinung der Probe bzw. des Musters, welche bei normalen Instrumentfarbmessungen nicht berücksichtigt werden, und können tatsächlich mit der gewünschten Messung der Farbe und/oder des Glanzes interferieren.

[0003] Spektrofotometer zur Kolorimetrie bzw. Farbmessung sind oft mit einer integrierenden Sphäre zur Messung einer Reflexionsfarbe einer Probe bzw. eines Musters ausgestattet. Diese standardisierte Geometrie schließt oft ein Mittel zur Steuerung der spiegelnden (spiegelähnlichen) Reflexion des Lichtes von der Probe bzw. des Musters ein. Oft kann das Instrument das Muster bzw. die Probe mit der eingeschlossenen spiegelnden Komponente (SCI) sowie mit der ausgeschlossenen spiegelnden Komponente (SCE) messen, welche einige Information über den Glanz und die Glätte der Probenoberfläche bzw. Musteroberfläche bereitstellt, aber diese Effekte nicht unterscheidet.

[0004] Das US-Patent Nr. 5,155,558 von Tannenbaum offenbart ein Verfahren und einen Apparat zur Analyse von Oberflächenerscheinungen, welche von der Abbildung einer Quellenaperturmaske abhängt, die von der Probe bzw. dem Muster reflektiert wird, und von der Analyse der Kantenspreizfunktion des reflektierten Bildes der Maske abhängt. Das Bild wird durch ein zweidimensionales CCD-Detektorarray empfangen. Die Kantenspreizfunktion wird unter Verwendung einer Fourier-Transformation interpretiert, um die räumlichen Frequenzen und die zugehörigen Amplituden der Probenoberfläche zu extrahieren, und zwar auf fast dem selben Weg wie die optische

Oberfläche oder das optische System herkömmlich unter Verwendung der Linienspreizfunktion analysiert wird, um die Modulationstransformationsfunktion (MTF) der Aberrationswellenfront aufzudecken. Spezieller werden viele CCD-Rahmen gefangen, während ein Mechanismus durch den Fokus abtastet, um die Empfindlichkeit der Messung für jede der unterschiedlichen räumlichen Frequenzen von Interesse zu optimieren. Ein großer Analyseumfang wird für jeden Rahmen benötigt, um eine Linienspreizfunktion bereitzustellen, von welcher die Oberflächenerscheinung bestimmt werden kann. Dementsprechend, obwohl das Verfahren und der Apparat des '558-Patentes akkurate Information über die Probenoberfläche bereitstellen kann, analysiert es bzw. er nur Oberflächeneffekte (das heißt es bzw. er misst ferner nicht selbst Farbe) und es bzw. er benötigt eine präzise gesteuerte mechanische Bewegung, mehrfache Erfassungen, einen relativ großen Datenumfang, eine relativ langsame Messzeit und relativ extensive Datenberechnungen.

[0005] Die JP-A-4-115 109 offenbart einen Oberflächenrauigkeitsmessapparat zur Messung der Rauigkeit einer Oberfläche eines Objektes, das zu messen ist, indem die Entfernung einer Weißlichtquelle basierend auf der Entfernung eines Lichtpfades von der Weißlichtquelle zu einer kolorierenden Linse und der Brennweite von der kolorierenden Linse zu dem Brennpunkt auf der Fläche eines Objektes, das zu messen ist, gefunden wird. Nachdem das Licht durch das Objekt, das zu messen ist, reflektiert wurde, gelangt das Licht durch eine Linse, wird von einem Halbspiegel reflektiert, gelangt durch ein Linsensystem und wird durch einen Empfangsteil empfangen.

[0006] Die US-A-5,661,556 offenbart ein System, wobei eine integrierende Sphäre verwendet wird. Die integrierende Sphäre ist auf einem Objekt, das zu messen ist, angeordnet. Das Objekt wird direkt durch eine Lichtquelle beleuchtet. Der reflektierte Lichtstrahl wird direkt durch einen Detektor empfangen und wird durch einen anderen Detektor, nachdem der Lichtstrahl durch einen Spiegel reflektiert wurde, empfangen. In diesem System wird eine Lichtquelle benötigt, welche fähig ist, einen Lichtstrahl mit einem bekannten Wellenlängenbereich zu produzieren, das heißt ein Laser. Überdies ist der Sensor ein Detektor, das heißt eine kommerziell zur Verfügung stehende Fotodiode.

[0007] Die DE-A-44 23 698 offenbart ein System zur Bestimmung gerichteter und gestreuter Abschnitte der Reflexion von einem Körper, wobei eine integrierende Sphäre verwendet wird, wobei zwei Empfänger und zwei Lichtquellen benötigt werden.

[0008] Es ist deshalb ein Bedarf für weitere Verbesserungen in den Verfahren und den Apparaten zur Messung von Oberflächeneffekten und/oder Oberflä-

chenerscheinungen und im Besonderen zur Messung und Unterscheidung von sowohl Farb- als auch Erscheinungsattributen einer Probe bzw. eines Musters, und zwar vorzugsweise mit einer Einzelmessung einer Probe bzw. eines Musters.

[0009] Der zuvor erwähnte Bedarf wird befriedigt und andere Vorteile werden in Übereinstimmung mit der Erfindung bereitgestellt.

[0010] Die vorliegende Erfindung stellt ein Verfahren und ein System zur Implementierung einer neuen Messmodalität zur Messung von Oberflächencharakteristiken oder -effekten sowie -erscheinungen eines Musters bzw. einer Probe. Zusätzlich ist ein Verfahren und ein Apparat zur Charakterisierung bzw. Beschreibung von Oberflächeneffekten einer Probe bzw. eines Musters bereitgestellt, um an einen Empfänger optische Strahlung, die von einer Probe bzw. einem Muster reflektiert oder gestreut wurde, zu empfangen, wobei die optische Strahlung gespiegelte Komponenten beinhaltet, die durch Wellenlängen entsprechend der chromatischen Aberration des Empfängers (z.B. chromatische Aberration einer Linse oder Zonenplatte) räumlich kodiert sind. Eine Größenordnung bzw. ein Maß der Oberflächencharakteristik wird dann bereitgestellt, indem ein Signal verarbeitet wird, welches die empfangene optische Strahlung darstellt, welches die gespiegelten Komponenten beinhaltet, die durch Wellenlängen entsprechend der chromatischen Aberration räumlich kodiert sind.

[0011] Das Maß bzw. die Größenordnung von Oberflächeneigenschaften kann ein Oberflächeneffektindex sein, der für die Oberflächenrauigkeit repräsentativ ist, und kann unabhängig von der Berechnung einer Funktion bestimmt werden, die einen räumlichen Frequenzinhalt der Oberfläche repräsentiert. Zusätzlich kann das Maß bzw. die Größenordnung der Oberflächeneigenschaften eine Funktion sein, die den räumlichen Frequenzinhalt der Oberfläche repräsentiert, wobei Funktionen davon eingeschlossen sind. Ein Erscheinungsmaß bzw. eine Erscheinungsgrößenordnung, wie z.B. eine Angabe von Glanz/Matt, "Orange Peel" bzw. "Orangenschaleneffekt" oder Gesamtfachheit bzw. Gesamtebenheit kann entsprechend der Funktion berechnet werden, die den räumlichen Frequenzinhalt der Oberfläche repräsentiert bzw. darstellt.

[0012] Entsprechend einer Ausführungsform werden die gespiegelten Komponenten für eine ideal flache bzw. ebene und glatte Probe nicht empfangen.

[0013] Vorzugsweise ist der Empfänger konfiguriert, um die Empfindlichkeit zu dem räumlichen Frequenzinhalt der Probenoberflächen bzw. Musteroberflächen entlang einer Vorzugsrichtung zu isolieren.

[0014] Das Verfahren weist ferner vorzugsweise

den Schritt auf, an einem zweiten Empfänger wird eine zweite optische Strahlung empfangen, die von der Probe bzw. dem Muster reflektiert oder gestreut wurde, wobei die zweite optische Strahlung gespiegelte Komponenten beinhaltet, die durch Wellenlängen entsprechend der chromatischen Aberration des zweiten Empfängers räumlich kodiert werden, und wobei der Verarbeitungsschritt das Verarbeiten eines zweiten Signals beinhaltet, das die zweite optische Strahlung repräsentiert.

[0015] Vorzugsweise weist das Verfahren die Schritte auf, die Größe eines zweiten Ports bzw. einer zweiten Öffnung oder einer zweiten Klappe bzw. Falle wird justiert bzw. eingestellt, der bzw. die im Wesentlichen gegenüber des zweiten Empfängers derart angeordnet ist, dass eine gespiegelte Projektion der optischen Strahlung, die durch den zweiten Empfänger empfangen wurde, den Bereich überlappt, der durch den zweiten Port bzw. die zweite Öffnung oder Klappe bzw. Falle beinhaltet ist, und zwar zu jeder von einer Vielzahl von Größen, an dem zweiten Empfänger wird für jede der Vielzahl von Größen des zweiten Ports bzw. der zweiten Öffnung oder Klappe bzw. Falle ein korrespondierendes zweites optisches Strahlungssignal empfangen, das von der Probe bzw. dem Muster reflektiert oder gestreut wurde, und das korrespondierende zweite optische Strahlungssignal wird verarbeitet, um ein Maß bzw. eine Größenordnung der Oberflächeneigenschaften bereit zu stellen.

[0016] Der Empfänger und der zweite Empfänger sind vorzugsweise beide jeweilig konfiguriert, um die Empfindlichkeit auf den räumlichen Frequenzinhalt der Probenoberfläche bzw. Musteroberfläche entlang der jeweiligen Vorzugsrichtungen der Probe bzw. des Musters zu isolieren.

[0017] In einer Ausführungsform sind die jeweiligen Vorzugsrichtungen orthogonal zueinander.

[0018] Vorteilhaft werden das optische Signal und das zweite optische Signal gleichzeitig empfangen.

[0019] Die Erfindung stellt weiter vorteilhaft einen Apparat zum Beschreiben von Oberflächeneffekten einer Probe bzw. eines Musters bereit, wie z.B. eine integrierende Sphäre, wobei ein erster Empfänger beinhaltet ist, der auf eine Probe bzw. ein Muster gerichtet ist, um eine erste optische Strahlung zu empfangen, die von der Probe bzw. dem Muster reflektiert wurde. Der erste Empfänger hat eine Optik, welche eine chromatische Aberration bereitstellt, und die erste optische Strahlung, die durch den ersten Empfänger empfangen wurde, schließt gespiegelte Komponenten ein, die durch Wellenlängen entsprechend der chromatischen Aberration räumlich kodiert sind. Der Apparat bzw. die Vorrichtung schließt ferner vorzugsweise einen Port bzw. eine Öffnung oder eine

Klappe bzw. Falle ein, die im Wesentlichen derart gegenüber dem ersten Empfänger angeordnet ist, dass eine spiegelnde bzw. gespiegelte Projektion der ersten optischen Strahlung, die durch den ersten Empfänger empfangen worden ist, den Bereich überlappt, der durch den Port bzw. die Öffnung oder die Klappe bzw. Falle beinhaltet ist. Ein Prozessor verarbeitet ein Signal, das die erste optische Strahlung darstellt, die durch den Empfänger empfangen wurde, um ein Maß bzw. eine Größenordnung von Oberflächeneigenschaften der Probe bzw. des Musters basierend auf den gespiegelten Komponenten zu erzeugen, die durch Wellenlängen entsprechend der chromatischen Aberration räumlich kodiert sind.

[0020] In Übereinstimmung mit einer Ausführungsform können sowohl Farb- als auch Oberflächeneffekte einer Probe bzw. eines Musters von einer herkömmlichen Messung charakterisiert bzw. beschrieben werden. Zusätzlich können eine Vielzahl von Empfängern parallel verwendet werden. Ein Empfänger und sein korrespondierender Port bzw. seine korrespondierende Öffnung oder Klappe bzw. Falle können konfiguriert sein, um die Empfindlichkeit auf den räumlichen Frequenzinhalt der Probenoberfläche bzw. Musteroberfläche entlang der Vorzugsrichtung bzw. vorgezogenen einen Richtung zu isolieren und mehrfache solcher Empfänger können parallel verwendet werden, um gleichzeitig Effekt- oder Erscheinungsattribute entlang unterschiedlicher Richtungen der Probe bzw. des Musters zu unterscheiden. Zusätzlich kann der Empfänger in einem SCE-Modus oder in einem SCI-Modus implementiert sein.

[0021] In einer bevorzugten Ausführungsform ist der erste Empfänger auf eine Probe bzw. ein Muster gerichtet, um die optische Strahlung zu empfangen, die durch eine Probe bzw. ein Muster reflektiert wurde, und ein Port bzw. eine Öffnung oder eine Klappe bzw. Falle wird im Wesentlichen gegenüber des ersten Empfängers angeordnet, derart, dass eine spiegelnde Projektion bzw. Spiegelprojektion der optischen Strahlung, die durch den ersten Empfänger empfangen wurde, den Bereich überlappt, der durch den Port bzw. die Öffnung oder die Klappe bzw. Falle beinhaltet ist. Die Größe des Ports bzw. der Öffnung oder der Klappe bzw. der Falle wird zu jeder von einer Vielzahl von Größen justiert bzw. eingestellt. Für jede Größe der Vielzahl von Ports bzw. Öffnungen oder Klappen bzw. Fallen empfängt der erste Empfänger ein korrespondierendes optisches Strahlungssignal, das von der Probe bzw. dem Muster reflektiert oder gestreut wurde. Der Prozessor stellt ein Maß bzw. eine Größenordnung von Oberflächeneigenschaften bzw. Oberflächencharakteristiken für die Probe bzw. das Muster basierend auf den korrespondierenden optischen Strahlungssignalen bereit.

[0022] Vorzugsweise ist das Maß bzw. die Größenordnung von Oberflächeneigenschaften bzw. Ober-

flächencharakteristiken eine Funktion, die den räumlichen Frequenzinhalt der Oberfläche repräsentiert bzw. darstellt.

[0023] Das Maß bzw. die Größenordnung von Oberflächencharakteristiken bzw. Oberflächeneigenschaften ist ein Erscheinungsmaß bzw. eine Erscheinungsgrößenordnung, die entsprechend der Funktion berechnet wurde, die den räumlichen Frequenzinhalt der Oberfläche darstellt.

[0024] Vorteilhaft ist die Erscheinungsgrößenordnung bzw. das Erscheinungsmaß eine Anzeige von glänzend/matt, "Orange Peel" bzw. "Orangenschalen effekt" oder Gesamtfachheit bzw. Gesamtebenheit.

[0025] In einer bevorzugten Ausführungsform würden die gespiegelten Komponenten nicht für eine ideal flache bzw. ebene und glatte Probe bzw. ein ideales flaches bzw. ebenes und glattes Muster empfangen werden.

[0026] In geeigneter Weise werden die Mittel zum Empfangen konfiguriert, um die Empfindlichkeit auf den räumlichen Frequenzinhalt der Probenoberfläche bzw. Musteroberfläche entlang der Vorzugsrichtung bzw. vorherrschenden einen Richtung zu isolieren.

[0027] Vorzugsweise ist der Port bzw. die Öffnung oder die Klappe bzw. Falle konfiguriert, um die Empfindlichkeit auf den räumlichen Frequenzinhalt der Probenoberfläche bzw. Musteroberfläche entlang der Vorzugsrichtung bzw. vorwiegenden einen Richtung zu isolieren.

[0028] In einer Ausführungsform weist der Apparat Mittel auf, um eine zweite optische Strahlung zu empfangen, die von der Probe bzw. dem Muster reflektiert oder gestreut worden ist, wobei die zweite optische Strahlung gespiegelte Komponenten beinhaltet, die durch Wellenlängen entsprechend der chromatischen Aberration räumlich kodiert sind und wobei die Mittel zur Verarbeitung ferner ein zweites Signal verarbeiten, das die zweite optische Strahlung darstellt.

[0029] Vorteilhaft wird ein zweiter Port bzw. eine zweite Öffnung oder Klappe bzw. Falle im Wesentlichen gegenüber dem zweiten Empfänger angeordnet, und zwar derart, dass eine gespiegelte Projektion der zweiten optischen Strahlung, die durch den zweiten Empfänger empfangen wurde, den Bereich überlappt, der durch den Port bzw. die Öffnung oder die Klappe bzw. Falle weitergeführt bzw. fortgesetzt wird.

[0030] Das Mittel zum Empfangen optischer Strahlung und das Mittel zum Empfangen der zweiten optischen Strahlung sind jeweils beide konfiguriert, um

die Empfindlichkeit auf den räumlichen Frequenzinhalt der Probenoberfläche bzw. Musteroberfläche entlang der jeweiligen vorherrschenden Richtungen bzw. Vorzugsrichtungen der Probe bzw. des Musters zu isolieren.

[0031] Vorzugsweise ist der Port bzw. die Öffnung oder Klappe bzw. Falle konfiguriert, um die Empfindlichkeit auf den räumlichen Frequenzinhalt der Probenoberfläche bzw. Musteroberfläche entlang einer ersten Vorzugsrichtung der Probe bzw. des Musters zu isolieren, und der zweite Port bzw. zweite Öffnung oder Klappe bzw. Falle ist konfiguriert, um die Empfindlichkeit auf den räumlichen Frequenzinhalt der Probenoberfläche bzw. Musteroberfläche entlang einer zweiten Vorzugsrichtung der Probe bzw. des Musters zu isolieren.

[0032] Das optische Signal und das zweite optische Signal werden gleichzeitig empfangen.

[0033] Zusätzliche Aspekte, Merkmale und Vorteile der Erfindung werden verstanden werden und werden leichter offensichtlich werden, wenn die Erfindung im Lichte der folgenden Beschreibung betrachtet wird, die in Verbindung mit den begleitenden Zeichnungen gemacht wurde, für die gilt:

[0034] [Fig. 1](#) veranschaulicht eine integrierende Sphäre, die eine klassische Konfiguration verwendet, die im Allgemeinen als Diffus/0° bezeichnet ist;

[0035] [Fig. 2](#) veranschaulicht eine integrierende Sphäre, die eine klassische SCI-Modus-Konfiguration verwendet;

[0036] [Fig. 3](#) veranschaulicht eine integrierende Sphäre, die eine klassische SCE-Modus-Konfiguration verwendet;

[0037] [Fig. 4](#) veranschaulicht schematisch eine integrierende Sphären-Konfiguration und zugehörige schematische Spiegelstrahlen bzw. gespiegelte Strahlen, um eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zu implementieren;

[0038] [Fig. 5](#) beschreibt veranschaulichend spektrale Reflexionen für Messungen an einem hypothetischen Muster bzw. an einer hypothetischen Probe mit einer ebenen, polierten Oberfläche sowie eine schematische Veranschaulichung des Abgangs der SCE-gespiegelten Reflexion $R(\lambda)_E$ (gepunktete Linie) vom ideal, der durch die chromatische Aberration der Empfängeroptik verursacht wurde, und zwar in Übereinstimmung mit einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0039] [Fig. 6](#) veranschaulicht schematisch die tatsächlichen und idealen SCI-SCE-Reflexionsdifferenzen für das hypothetische Muster bzw. die hypotheti-

sche Probe, und zwar in Übereinstimmung mit einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0040] [Fig. 7](#) veranschaulicht schematisch die Reflexionsfehlerfunktion $\varepsilon(\lambda)$, für eine typische Probe bzw. ein typisches Muster, und zwar mit einer nicht idealen Spiegeloberfläche bzw. gespiegelten Fläche, und die Nominalreflexionsfehlerfunktion $\varepsilon(\lambda)_{\text{nom}}$ für ein Kalibrationsmuster bzw. eine Kalibrationsprobe, und zwar in Übereinstimmung mit einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0041] [Fig. 8](#) veranschaulicht eine Kantenabtastrfunktion für eine Probe bzw. ein Muster, und zwar in Übereinstimmung mit einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0042] [Fig. 9A](#) veranschaulicht eine isometrische Ansicht mit bestimmten Merkmalen des Empfängers, der zur Klarheit freigelegt wurde, von einer integrierenden Sphäre, die bei der Implementierung verschiedener Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung verwendet werden kann;

[0043] [Fig. 9B](#) veranschaulicht eine ebene (Drauf-)Sicht, von der Empfängerseite der integrierenden Sphäre, und zwar mit ferner bestimmten Merkmalen des Empfängers, die zur Klarheit beachtet wurden;

[0044] [Fig. 9C](#) ist eine Querschnittsansicht der integrierenden Sphäre entlang der Linie IC-IC von [Fig. 9B](#), mit bestimmten Merkmalen des Empfängers, der zur Klarheit freigelegt wurde;

[0045] [Fig. 9D](#) ist eine Querschnittsansicht der integrierenden Sphäre entlang der Linie ID-ID von [Fig. 9B](#) mit bestimmten Merkmalen des Empfängers, der zur Klarheit freigelegt wurde;

[0046] [Fig. 9E](#) ist eine Querschnittsansicht der integrierenden Sphäre entlang der Linie von IE-IE von [Fig. 9D](#);

[0047] [Fig. 10A](#) veranschaulicht ein schematisches Schnittbild der integrierenden Sphäre von den [Fig. 9A](#) bis [Fig. 9E](#), und zwar mit schematischen Veranschaulichungen von Strahlenbündeln für die Empfänger und den zugehörigen Ports bzw. Öffnungen, so dass die Beziehung zwischen den Betrachtungsstrahlen visualisiert werden kann;

[0048] [Fig. 10B](#) zeigt eine Projektion auf eine Ebene, die parallel zu der Probenoberfläche bzw. Musteroberfläche der Empfängerbetrachtungspore bzw. Empfängerbetrachtungsöffnungen und -betrachtungssachsen ist, wie in [Fig. 10A](#) veranschaulicht ist, und zwar so, dass die gegenseitigen Beziehungen der Ports bzw. Öffnungen und Betrachtungssachsen an der hinteren Seite (das heißt oberer Abschnitt ent-

fernt von dem Probenport bzw. der Musteröffnung) der integrierenden Sphäre von den [Fig. 9A](#) bis [Fig. 9E](#) leichter visualisiert werden können;

[0049] [Fig. 11A](#) und [Fig. 11B](#) zeigen jeweils eine vereinfachte schematische Querschnittsansicht und eine Draufsichtsansicht einer integrierenden Sphäre mit einem SCI-Port bzw. einer SCI-Öffnung, die dem Empfänger (Betrachtungsstrahl) von einem SCE-Port bzw. einer SCE-Öffnung gegenüber liegt, welcher bzw. welche dem Empfänger (Betrachtungsstrahl) des SCI-Ports bzw. der SCI-Öffnung nicht gegenüber liegt;

[0050] [Fig. 12A](#) und [Fig. 12B](#) zeigen jeweils eine vereinfachte schematische Querschnittsansicht und eine Draufsichtsansicht einer integrierenden Sphäre mit einem SCI-Port bzw. einer SCI-Öffnung, die dem Empfänger (Betrachtungsstrahl) von einem SCE-Port bzw. einer SCE-Öffnung gegenüber liegt, welcher bzw. welche dem Empfänger (Betrachtungsstrahl) des SCI-Ports bzw. der SCI-Öffnung nicht gegenüber liegt; und

[0051] [Fig. 13](#) zeigt schematisch eine Implementierung bzw. Ausführung einer integrierenden Sphäre, die koaxiale Empfänger einschließt.

[0052] In Übereinstimmung mit einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird ein einzelnes spektrofotometrisches Instrument implementiert bzw. realisiert, um die kombinierten Farb- und Oberflächeneffekte einer Probe bzw. eines Musters zu messen und zu unterscheiden. Bevor eine derartige bevorzugte Ausführungsform im Detail beschrieben wird, kann die vorliegende Erfindung mit Bezug auf die [Fig. 1](#) bis [Fig. 3](#) leichter geschätzt werden, welche verschiedene veranschaulichende Messkonfigurationen für eine integrierende Sphäre 1 schematisch beschreiben, welche einen Hohlraum einschließt, der eine hochreflektierende, optisch diffuse Oberfläche 1a aufweist, die mit einer Lichtquelle 2 (z.B. Lampe), via einem Lampenport bzw. einer Lampenöffnung 3 beleuchtet wird, um die Probe (Muster) 6 am Port bzw. an der Öffnung 7 in einer herkömmlichen Art und Weise diffus zu beleuchten.

[0053] Genauer veranschaulicht [Fig. 1](#) eine klassische Konfiguration, die im Allgemeinen als Diffus/0° bezeichnet wird, in welcher ein Empfänger positioniert ist, um optische Strahlung zu empfangen, und zwar normal zu einer diffus beleuchteten Probe bzw. einem diffus beleuchteten Muster, und der erforderliche Port bzw. die erforderliche Öffnung in der integrierenden Sphäre für die Empfängeroptik schließt automatisch alle oder einen Abschnitt von dem Spiegelbeitrag bzw. gespiegelten Beitrag aus. Wie gezeigt, ist der Empfänger 20, der z.B. eine Linse 20a einschließt, die optisch an eine optische Faser 20b gekoppelt ist, zu der Probe bzw. dem Muster durch

einen Empfängerbetrachtungsort bzw. eine Empfängerbetrachtungsöffnung 5 entlang der Empfängerachse 26 gerichtet, welche koaxial mit der Probennormalen bzw. der Musternormalen 30 ist, und ist koaxial mit der zentralen Achse der integrierenden Sphäre 1 (das heißt die Achse, welche durch das Zentrum der Sphäre geht, und normal zu der Probenoberfläche bzw. Musteroberfläche ist). Ferner zur Referenz und Klarheit der Exposition bei der Beschreibung optischer Strahlung, die durch den Empfänger 20 (das heißt den Betrachtungsstrahl des Empfängers 20) empfangen wurde, sind schematische Beschreibungen von: den Betrachtungsstrahlen 26a, 26b, welche die Strahlung an den äußeren Grenzen des Betrachtungsstrahls für den Empfänger 20 darstellen; und Spiegelstrahlen 26c und 26d, welche die Spiegelstrahlen bzw. gespiegelten Strahlen sind, die zu den Betrachtungsstrahlstrahlen 26a und 26b korrespondieren; und zwar jeweilig. Von diesen Bezugslinien kann es gesehen werden, dass bei dieser Realisierung der Empfängerbetrachtungsort 5 alle außer einem kleinen Abschnitt der Spiegelkomponenten bzw. gespiegelten Komponenten von der Sicht des Empfängers 20 ausschließt. Es kann ferner gesehen werden, dass, da es gut verstanden ist, alle gespiegelten Komponenten bzw. Spiegelkomponenten durch Modifizierung des Ports bzw. der Öffnung und/oder der Empfängeroptik eliminiert werden können.

[0054] Typisch ist jedoch die optische Achse des Empfängers im Allgemeinen geneigt bzw. schräg von der Probennormalen bzw. Musternormalen (bis zu 10° für gegenwärtige Standards), um zu ermöglichen, dass die gespiegelte Reflexion bzw. Spiegelreflexion isoliert wird. Nimmt man z. B. Bezug auf [Fig. 2](#), so kann mit dem Empfänger 20, der ausreichend geneigt bzw. schräg von der Probennormalen bzw. Musternormalen 30 ist (die Neigung ist z.B. als 8° gezeigt) das gespiegelte reflektierte Licht durch die Anwesenheiten der beleuchtenden integrierenden Sphärenoberfläche bei dem Bereich eingeschlossen (SCI-Modus) sein, der durch die Spiegelprojektion bzw. gespiegelte Projektion des Betrachtungsstrahls des Empfängers 20 umgeben ist, wobei durch eine komplementäre Position 11 angezeigt ist, welcher für die geometrische Implementierung bzw. Realisierung von [Fig. 2](#) zu dem Bereich korrespondiert, der um die gespiegelte Empfängerachse 26e zentriert ist, welche die gespiegelte Projektion bzw. Spiegelprojektion (das heißt bei dem gleichen oder gegenüberliegenden Winkel von der Probennormalen bzw. Musternormalen 30) der Empfängerachse 26 ist. Alternativ, wie in [Fig. 3](#) schematisch dargestellt ist, kann das gespiegelte reflektierte Licht eliminiert sein (SCE-Modus), und zwar z.B. durch effektives Entfernen jenes Abschnittes der integrierenden Sphärenoberfläche, von wo die gespiegelten Komponenten bzw. Spiegelkomponenten entspringen würden, wobei somit bereitgestellt wird, was als ein Spie-

gel-Ausschluss-Port bzw. eine Spiegel-Ausschluss-Öffnung **13** bekannt ist. Wie es in der Technik bekannt ist, kann ein Instrument, das mit einem beweglichen Abschnitt der Sphäre ausgerüstet ist, um den SEP (Spiegel-Ausschluss-Port) „zu verbinden“ bzw. „einzustecken“, verwendet werden, um sowohl SCI als auch SCE separat zu messen. Alternativ kann ein Instrument mit zwei oder mehr Empfänger-optiken ausgerüstet sein, die z.B. eine mit einem SEP und eine andere ohne einen SEP einschließt, um SCE und SCI simultan bzw. gleichzeitig zu messen, wie es in der üblich zugeordneten US-Patentanmeldung mit der Nr. 09/097,312, die mit "Multi-Channel Integrating Sphere" betitelt ist, die am 12. Juni 1998 angemeldet wurde und in Übereinstimmung mit dem Spektrometer, das in "Novel Spectrophotometer for the Measurement of Color and Appearances", *Analytica Chimica Acta*, 1999, 380 (2-3), S. 243-261, von Palumbo und andere, offenbart ist, welche zu dem Spektrometer korrespondiert, das in der üblich zugewiesenen US-Patentanmeldung mit der Nr. 09/041,233, die mit "Concentric Spectrometer" betitelt ist, die am 12. März 1998 eingereicht wurde. Zur Klarheit der Exposition werden Ausführungsformen von einer Multikanal-Integrierenden Sphäre, wie sie in der US-Anmeldung mit der Nr. 09/097,312 offenbart sind und welche angepasst werden kann, um verschiedene Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung zu implementieren bzw. realisieren, hier nach beschrieben, die der darauf folgenden Beschreibung von verschiedenen Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung folgt.

[0055] Man hat verstanden, dass, falls die Probe bzw. das Muster eine optisch ebene und glatte Oberfläche "glänzend" aufweist, dann ist die Oberflächenreflexion völlig spiegelnd und gut definiert und somit braucht der SEP nur etwas größer zu sein als die projizierte Empfängerstrahlgröße für verlässliche SCE-Messungen (das heißt ein geringfügiger Empfang von gespiegelten Komponenten bzw. Spiegelkomponenten). Falls jedoch die Probenoberfläche bzw. Musteroberfläche nicht flach bzw. eben und glatt ist, kann die optische Strahlung, die aus der integrierenden Sphäre außerhalb des SEP entspringt bzw. entsteht, durch die Probenoberfläche bzw. Musteroberfläche zu dem Empfänger Fresnel-reflektiert sein und wird zu der gemessenen Probenfarbe bzw. Musterfarbe (welche für SCE auf nur diffuser Reflexion basieren sollte) beitragen. Dementsprechend ist der SEP gewöhnlich etwas größer als das Minimum, das durch eine ebene und glatte Oberfläche definiert ist, um einen gewissen typischen kleineren Umfang von derartigen Probenoberflächenvariationen sowie kleine Fehlausrichtungen bzw. Ausrichtungsfehler zu berücksichtigen.

[0056] In Übereinstimmung mit der vorliegenden Erfindung und wie es von dem vorhergehenden geschätzt werden wird, indem eine Serie von nominalen

SCE-Messungen als eine Funktion der SEP-Größe erfasst wird, können Informationen über die Eigenschaft der Probenoberfläche bzw. Musteroberfläche von diesen Messungen extrahiert werden, da die "abgebildete" Winkelverteilung der Oberflächenreflexionen zu dem Probenoberflächenprofil bzw. Musteroberflächenprofil verwandt ist. Solch ein Verfahren kann realisiert werden, indem z.B. ein herkömmliches Kolorimeter/Reflektometer verwendet wird, das eine integrierende Sphäre mit einem SEP-Port aufweist, der mit z.B. einem rotierbaren Aperturrad mit Öffnungen von verschiedener Größe angepasst ist, welche individuell über den SEP-Port durch Rotation des Aperturrades positioniert sein können. Spezieller anhand eines Beispiel kann eine Anzahl von Öffnungen mit unterschiedlicher Größe umfänglich um das Aperturrad positioniert werden (z.B. kreisförmige Öffnungen, die winkelig um das Zentrum des Aperturrades versetzt bzw. angeordnet sind und Zentren aufweisen, die äquidistant von dem Zentrum des Aperturrades sind) und der Bereich (die Bereiche) des Rades, welcher (welche) jede Öffnung umgibt (umgeben) und das Sphäreninnere "sieht" ("sehen"), das diffus und hochreflektierend ist. Alternativ muss das rotierbare Aperturrad keine Öffnungen aufweisen, um einen spiegelnden Ausschluss bzw. Spiegelabschluss bereitzustellen, wobei z.B. die Öffnungen durch ein Licht absorbierendes (z.B. "Schwarzes") Material ersetzt werden kann, das von dem diffusen und hochreflektierenden Material umgeben ist. In jeder derartigen Implementierung bzw. Realisierung kann eine Position des Aperturrades eine Öffnung oder einen Raum einschließen, der größer ist als der Port bzw. die Öffnung, und zwar so, dass die Portgröße bzw. Öffnungsgröße die SEP-Größe sein würde.

[0057] Es wird auch verstanden sein, dass mehr als ein derartiges Aperturrad zusammen verwendet werden kann, um zusätzliche Aperturgrößen bereitzustellen. Zum Beispiel würde ein erstes Aperturrad einen ersten monotonen bzw. gleichbleibenden Bereich von Aperturgrößen beinhalten, und ein zweites Aperturrad würde einen zweiten monotonen Bereich von Aperturgrößen beinhalten. Das erste Aperturrad würde angrenzend zwischen dem SEP-Port und dem zweiten Aperturrad sein, und würde vorzugsweise eine Apertur oder einen Raum einschließen, der größer ist als der SEP-Port, um welchen es positioniert ist, wenn das zweite Aperturrad verwendet wird, um die SEP-Aperturgröße zu etablieren. Die Achsen von verschiedenen Aperturrädern können coaxial oder separat befestigt sein. In jeder derartigen Aperturradrealisierung kann das Aperturrad (die Aperturräder) mittels eines Motors (z.B. Schrittmotor) rotiert werden, der durch einen Prozessor gesteuert wird, der in dem Spektrofotometerinstrument verwendet wird.

[0058] In einer alternativen Realisierung eines mechanisch-variablen SEP kann, anstatt einen Port bzw. eine Öffnung durch die integrierende Sphäre

aufzuweisen, welche in der Größe variabel abnehmen wird, und zwar durch Überlagerung von Aperturmasken von unterschiedlicher (kleinerer) Größe, ein Lichtklappen- bzw. Lichtfallen- oder -blenden- (z.B. "schwarzer" Stecker) Mechanismus durch die integrierende Sphärenwand zugeführt werden, und der Querschnittsbereich des Lichtfalleninneren bzw. Lichtklappeninneren der integrierenden Sphäre kann mechanisch variiert werden. Zum Beispiel kann die Lichtklappe bzw. Lichtfalle als ein "schirmartiger" Mechanismus mit einer elastischen Membranklappe bzw. -falle realisiert sein, welche einen variablen Querschnittsbereich der integrierenden Sphäreninnenoberfläche verdeckt bzw. verdunkelt, der von dem Umfang bzw. dem Ausmaß, der "geöffnet" ist, abhängt.

[0059] Dementsprechend kann es geschätzt sein, dass in Übereinstimmung mit den vorangehenden veranschaulichenden Realisierungen der vorliegenden Erfindung die Oberflächeneigenschaften der Probe bzw. des Musters von einer "abgebildeten" winkligen Verteilung der Oberflächenreflexionen, die von unterschiedlichen SEP-Größen gemessen wurden, bestimmt werden können. Es ist jedoch klar, dass diese vorangehend veranschaulichten Realisierungen, während sie fähig sind, Oberflächeneigenschaften bzw. Oberflächencharakteristiken für eine Probe bzw. ein Muster gleichzeitig mit einer Farbmessung (das heißt, falls eine Farbmessung ferner gewünscht ist) bereitzustellen, nichtsdestoweniger viele Messungen und einen mechanisch variablen SEP benötigen.

[0060] In Übereinstimmung mit einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird eine derartig "abgebildete" winklige Verteilung erhalten, um das Probenoberflächenprofil bzw. das Musteroberflächenprofil zu charakterisieren bzw. zu beschreiben, und zwar ohne dass vielfache Messungen und ein mechanisch variabler SEP benötigt wird indem die chromatische Aberrationen einer Linse oder einer Zonenplatte ausgenutzt bzw. ausgebeutet werden, z.B. um die winklige Verteilung entsprechend der Wellenlänge abzubilden.

[0061] Spezieller hat eine herkömmliche Einzelementlinse gewöhnliche chromatische Aberrationen, die aus der wellenabhängigen Variation bei dem Brechungsindex des optischen Materials resultieren. Normalerweise hat eine positive Linse eine kürzer Brennweite für kürzere Wellenlängen des Lichtes auf Grund eines höheren Brechungsindex. Dieser Effekt ist oft ein Problem, der verringert werden muss, und zwar unter Verwendung multipler Linsenelemente von zwei oder mehr Materialien, welche Kosten hinzufügen und die numerische Apertur oder "Geschwindigkeit" des optischen Systems begrenzen.

[0062] Die vorliegende Erfindung, wie vorteilhaft

ausgeführt, versucht nicht, den Effekt der chromatischen Aberration der Empfängerlinse zu reduzieren, sondern nutzt ihn stattdessen aus. Der Effekt von dieser chromatischen Aberration ist es, dass die projizierte Größe des Empfängerstrahls an dem SEP-Ort eine vorhersagbare Funktion der Wellenlänge ist. Nimmt man Bezug auf [Fig. 4](#), so wird die Größe des SEP **13** gewählt, um mit der projizierten Strahlgröße bei einer gegebenen (das heißt vorbestimmten) Wellenlänge für eine ideal flache/glatte nominale Probe (Probe nicht gezeigt) überein zu stimmen. Wie es klar ist; sind die Parameter, die bei der Auswirkung bzw. dem Einfluss auf die SEP-Größe involviert sind, das Linsenmaterial (z.B. Glas, Kunststoff usw.), die Aperturen in der Empfängeroptik, die konjugierenden Positionen und die Brennweite der Linse(n) (die gewünschte Größe des Probenbereichs bzw. Musterbereichs, der zu messen ist, beeinflusst diese Parameter). Diese Parameter stellen eine vorhersagbare Spiegel-Ebene-Bildgröße – gegenüber – Wellenlängen-Funktion bereit, welche z.B. unter Verwendung optischer Strahlverfolgung bzw. Strahlnachführung berechnet wird. In dieser veranschaulichenden Ausführungsform haben die kurzen Wellenlängen eine größere projizierte Strahlgröße bei dem SEP als es die langen Wellenlängen haben (man bemerkt, dass eine alternative Realisierung eine größere projizierte Strahlgröße für die langen Wellenlängen haben kann, und zwar verglichen mit den kurzen Wellenlängen), wie es schematisch durch ein langes Wellenlängenspiegelbild **32** und ein kurzes Wellenlängenspiegelbild **34** repräsentiert ist, welche zu den Spiegelstrahlen korrespondieren, die auf den SEP **13** projiziert sind, und zwar durch eine ideale flache/glatte Probe für Wellenlängen, die jeweilig länger und kürzer sind als die gegebenen (das heißt vorbestimmten) Wellenlängen. Ferner wird in [Fig. 4](#) zur Klarheit ein langer Wellenlängenfokus **36** und ein kurzer Wellenlängenfokus **38** identifiziert. Somit würden für eine flache/glatte Probenoberfläche bzw. Musteroberfläche die längeren Wellenlängen eine projizierte Strahlgröße aufweisen, die kleiner ist als der SEP. Irgendeine Probe bzw. irgendein Muster mit Oberflächenvariationen wird jedoch längere Wellenlängen am Anfang verursachen, um die Kante des SEP (das heißt längere Wellenlängenstrahlung, die von der integrierenden sphäreninneren Oberfläche außerhalb des SEP **13** entspringt, wird durch die Probenoberfläche bzw. Musteroberfläche in dem Betrachtungsstrahl, der durch den Empfänger **20** empfangen wird, reflektiert werden) zu "sehen" (das heißt Spiegelkomponenten bzw. gespiegelte Komponenten von der Kante des SEP zu empfangen). Für eine gegebene Wellenlänge heißt dass, dass Bedingungen für eine Spiegelkomponente bzw. gespiegelte Komponente zu dem gemessenen Signal eine Funktion der Probenoberflächencharakteristiken bzw. Probenoberflächeneigenschaften sein wird, da die projizierte Größe des Betrachtungsstrahls für eine gegebene Wellenlänge zum Teil eine Funktion der Probenoberflächencha-

rakteristiken bzw. Probenoberflächeneigenschaften ist.

[0063] Der Effekt ist ähnlich, um einen SEP mit variabler Größe zu haben, wie oben, aber hier ist die proportionale Größenvariation in einer einzelnen SCE-Messung auf Grund der chromatischen Aberration des Empfängerstrahls wellenlängen-kodiert. Falls die Probe bzw. das Muster auch mit SCI gemessen wird, dann kann viel über die Probe bzw. das Muster von diesen zwei Messungen bestimmt werden, einschließlich: Farbe, Glanz/Matt, "Orange Peel" bzw. "Orangenschaleneffekt", Gesamtfachheit bzw. Gesamtebenheit usw. Wie beschrieben ist, kann, obwohl eine derartige SCI-Messung separat unter Verwendung einer Sphäre mit einem beweglichen Abschnitt genommen wird, der selektiv einen SEP-Port verbindet, ein Instrument, das mit zwei oder mehr Empfängern ausgestattet ist, wie z.B. jene, die in der üblich zugewiesenen US-Patentanmeldung mit der Nr. 09/097,312 offenbart ist (die hierhin unten beschrieben ist, und zwar folgend einer weiteren Beschreibung der vorliegenden Erfindung), eine gleichzeitige SCE- und SCI-Messung ermöglichen, welche weiter das Verfahren vereinfacht.

[0064] Es ist klar, dass es viele Wege gibt, die erfassten Daten zu analysieren, um die Oberflächeneffekte zu erklären. Die spezifische Analyse kann von verschiedenen Faktoren abhängen, wie z.B. den Effekten, Charakteristiken bzw. Eigenschaften oder Erscheinungsattributen von Interesse. Anhand von Beispielen mit Bezug auf die [Fig. 5](#) bis [Fig. 8](#) wird ein Umriss von einigen Analysetechniken präsentiert, um die Oberflächenerscheinungseigenschaft einer Probe bzw. eines Musters von seinen gemessenen spektralen Reflexionsvermögen auszuwerten, und zwar wie folgt, wobei die aufgezählte Reihenfolge zur Klarheit der Exposition und nicht zur Begrenzung der Reihenfolge der Durchführung irgendeiner der aufgezählten Schritte oder Unterschritte von einem gegebenen aufgezählten Schritt bereitgestellt wird:

1. Die spektrale Reflexion wird zuerst aus den erfassten Daten berechnet. Dieser Prozess hängt von der Art der spektralen Messung ab, die durch das Spektrometer, Kalibrierungstechniken, Fehlerkorrekturen usw. des Instruments bereitgestellt sind. Dies führt zu spektralen Reflexionen, die hier mit $R(\lambda)_I$ für SCI-Werte und $R(\lambda)_E$ für SCE-Werte bezeichnet sind, wo λ die optische Wellenlänge darstellt. [Fig. 5](#) beschreibt veranschaulichend spektrale Reflexionen für Messungen an einer hypothetischen Probe bzw. einem hypothetischen Muster, das eine ebene, polierte Oberfläche aufweist: die ideale d/0-SCI-spektrale Reflexion (gestrichelte Linie) und die d/0-SCI-spektrale Reflexion, $R(\lambda)_I$ (Volllinie) sind gezeigt. Ferner ist eine schematische Veranschaulichung der Abweichung von der SCE-spektralen Reflexion, $R(\lambda)_E$ (gepunktete Linie), von der idealen gezeigt, das

durch die chromatische Aberration der Empfängeroptik verursacht wurde.

2. Die SCI-SCE-Differenz wird dann berechnet als: $\Delta R(\lambda) = R(\lambda)_I - R(\lambda)_E$.

3. Die Werte der SCI-SCE-Differenz $\Delta R(\lambda)$ bei dem längsten Wellenlängenbereich (die Wellenlängen in diesem Bereich, die mit $\lambda_{\max}$ bezeichnet sind) von dem Spektrum werden ausgewertet (für diesen besonderen Entwurf mit dem roten Spiegelbild bzw. gespiegelten Bild, das kleiner ist als das blaue), um zu verifizieren: a) $\Delta R(\lambda_{\max})$ ist größer als ein vorbestimmter Wert, und b) Daten für $\Delta R(\lambda)$ bilden in diesem Bereich eine adäquate Anpassung (vorbestimmte Anpassungskriterien basierend auf der Instrumentenleistung) zu den wohl bekannten Fresnel-Reflexionsgleichungen für einen Brechungsindex n der Probe bzw. des Musters, der durch die mittlere Anpassung in diesem Bereich bestimmt ist. Eine sehr diffuse Probenoberfläche wird solche Kriterien nicht erfüllen und würde nicht wie unten analysiert werden. [Fig. 6](#) veranschaulicht schematisch die tatsächlichen und idealen SCI-SCE-Reflexionsdifferenzen für die hypothetische Probe bzw. hypothetische Muster, wobei die ideale SCI-SCE-Reflexionsdifferenz, die die Fresnel-Spiegelreflexion darstellt, die für eine idealen aberrationsfreien optischen Empfänger erwartet wird.

4. $\Delta R(\lambda)$ wird von den angepassten Fresnel-Reflexionswerten $F(\lambda)$ subtrahiert, um eine Reflexionsfehlerfunktion $\varepsilon(\lambda) = F(\lambda) - \Delta R(\lambda)$ zu erhalten.

5. Eine perfekt gespiegelte Probenoberfläche bzw. Musteroberfläche wird eine nominale $\varepsilon(\lambda)$ -Funktion bereitstellen, wobei $\varepsilon(\lambda)_{\text{nom}}$ nicht Null ist, für Wellenlängen, die kürzer sind als ein spezifischer Wert, die "Übergangswellenlänge". Dieser Wellenlängenwert beginnt, wo das Spiegelbild bzw. gespiegelte Bild groß genug ist und vielleicht etwas dezentriert ist, die Kante des SEP zu schneiden, und zwar mit kürzeren Wellenlängen, die einen ansteigend größeren $\varepsilon(\lambda)_{\text{nom}}$ -Wert aufweisen. Diese Nominalfunktion kann durch Kalibrierung des Instrumentes unter Verwendung einer präzisionsebenen Fläche mit bekannten Reflexionen, wie z.B. ein optischer Qualitätsspiegel oder poliertes Glas, zuvor gefunden werden. Diese Werte für $\varepsilon(\lambda)_{\text{nom}}$ mit Wellenlängen, welche größer sind als der Übergang, werden bei der Kalibrierung Null messen bzw. ergeben, müssen aber zu bzw. für negative Werte basierend auf den Daten unterhalb der Übergangswellenlänge extrapoliert werden, die mit dem theoretischen Wissen der Fresnel-Reflexionsgesetze kombiniert sind, und zwar zusammen mit dem Wissen der spektralen Dispersion und der fokalen Konjunktion der Empfängeroptik. [Fig. 7](#) veranschaulicht schematisch die Reflexionsfehlerfunktion $\varepsilon(\lambda)$ für eine typische Probe bzw. ein typischer Muster mit einer nicht ideal gespiegelten Oberfläche und die Nominalreflexionsfehlerfunktion $\varepsilon(\lambda)_{\text{nom}}$ für eine Kalibrie-

rungsprobe bzw. ein Kalibrierungsmuster.

6. Eine einfache Verwendung der Daten ist es, die Verschiebung bei der Übergangswellenlänge von $\varepsilon(\lambda)_{\text{nom}}$ zu $\varepsilon(\lambda)$ zu betrachten bzw. zu beobachten (siehe [Fig. 7](#)). Je rauer die Probenoberfläche bzw. Musteroberfläche desto größer die Verschiebung bei der Übergangswellenlänge, die sich ergeben wird. Dementsprechend kann eine nutzbare Skala basierend auf diesem Einzelparameter (das heißt der Übergangverschiebung) oder auf einem ähnlichen Maß bzw. einer ähnlichen Größe der Abweichung von dem Nominalreflexionsfehler (z.B. Differenzen zwischen den integrierten Bereichen von $\varepsilon(\lambda)$ und $\varepsilon(\lambda)_{\text{nom}}$) für eine einfache Analyse und Charakterisierung bzw. Beschreibung der Probe bzw. des Musters erzeugt werden. Eine detailliertere Analyse dieser Daten ist jedoch möglich, um die Probenoberfläche bzw. die Musteroberfläche besser zu charakterisieren bzw. zu beschreiben (z.B. um ein Erscheinungsmaß bzw. eine Erscheinungsgrößenordnung bereitzustellen), und zwar wie folgt.

7. Die gemessene (und vorzugsweise korrigierte, wie es weiter unten beschrieben ist) Funktion $\varepsilon(\lambda)$ für die Probe bzw. das Muster hat die normalisierte Nominalfunktion $\varepsilon(\lambda)_{\text{nom}}$, die von ihr subtrahiert wird, um $E(\lambda)$ zu erhalten, welches durch die Probenoberflächen-"Imperfektionen" bzw. -"Störstellen" verursacht ist. Spezieller:

$$E(\lambda) = \varepsilon(\lambda) - k(\lambda)\varepsilon(\lambda)_{\text{nom}},$$

wo $k(\lambda)$ verwendet wird, um die Kalibrierungswerte zu den Probenwerten bzw. Musterwerten für die Reflexion einer perfekten Oberfläche zu normalisieren, und es von den Verhältnissen der Kalibrierungsstandards bekannter Reflexionen und $F(\lambda)$ gefunden wurde. Wo $E(\lambda)$ negativ ist, wird es auf Null gesetzt. Die Funktionen $\varepsilon(\lambda)$ und $\varepsilon(\lambda)_{\text{nom}}$ haben einen Strahlbereich, der in ihre Werte integriert ist. Diese Funktionen können zuvor zur Berechnung von $E(\lambda)$ unterschieden werden, und zwar mit irgendeinem Strahl, der als nicht gleichförmig via Dekonvolution bzw. Entfaltung ausgewiesen ist bzw. betrachtet wird.

8. Die Grundlinien-Wellenlängenskala λ von $E(\lambda)$ wird als Nächstes für die nichtlineare Eigenschaft der Empfängerlinsendispersion korrigiert, welche bestimmt wird aus dem Linsenmaterial (den Linsenmaterialien) und der fokalen Konfiguration, die in dem Entwurf der Empfängeroptik verwendet wurde. Dies und/oder andere Korrekturen an $E(\lambda)$ erhalten bzw. ergeben die Funktion $E'(\lambda)$, welche die Kantenabtastrfunktion des gespiegelten Bildes bzw. Spiegelbildes des Empfängerstrahls ist. [Fig. 8](#) veranschaulicht die Kantenabtastrfunktion für eine Probe bzw. ein Muster. Es kann geschätzt sein, dass die Kantenabtastrfunktionsanalyse analog zu der Modulationstransferfunktionsanalyse eines optischen Abbildungssystems ist.

9. Wie es gut bekannt ist in der optischen Testtradition und wie es an Erscheinungsmessung durch Tannenbaum (wie oben) angewendet wird, kann $E'(\lambda)$ Fourier-transformiert werden, um den räumlichen Frequenzverteilungsinhalt der Probenoberfläche bzw. Musteroberfläche radial in dem Fall eines runden SEP und einem runden Empfängerstrahl bereitzustellen.

10. Das Ergebnis kann klassifiziert und/oder mathematisch interpretiert werden, und zwar auf verschiedenen Skalen, die sich auf Erscheinung beziehen, wie z.B. Orange Peel bzw. Orangenschaleneffekt, Haze bzw. Trübung und dergleichen, und zwar auf einem ähnlichen oder dem gleichen Weg, wie er durch Tannenbaum (wie oben) beschrieben und katalogisiert ist.

[0065] Von diesen veranschaulichenden Datenanalyse-schritten kann es geschätzt sein, dass die Auswahl der SEP-Größe relativ zu der projizierten Strahlgröße einen Kompromiss präsentiert. Auf der einen Seite gibt es einen Bedarf, um genug Datenpunkte auf der Kurve von der kürzesten Wellenlänge zu der nominalen Übergangswellenlänge zu haben, um eine verlässliche Kurvenschärfe bereitzustellen, wenn auf einer polierten Oberfläche kalibriert wird, und dadurch wird eine präzise Extrapolation dieser Kurve ermöglicht. Auf der anderen Seite, falls die Übergangswellenlänge zu groß ist (z.B. kleiner SEP relativ zur Strahlgröße), dann wird der Bereich der Oberflächenrauigkeitsmessung begrenzter, da die rauerer Oberflächen die Übergangswellenlänge zu längeren Wellenlängen drücken: Sobald die Übergangswellenlänge den Bereich des Spektrometers überschreitet, ist Information verloren. Anhand eines Beispiels kann eine SEP-Größe relativ zu der Strahlgröße gewählt werden, derart, dass die Nominal-Übergangswellenlänge ungefähr bzw. grob zwischen 400 nm und 500 nm für eine ideal polierte Probenoberfläche bzw. Musteroberfläche liegt.

[0066] Es kann geschätzt sein, dass es viele alternative Verfahren zur Analyse der Daten gibt und dass das obige Verfahren als eine generelle Führung zu einem bevorzugten Verfahren dient und als solches ist es nicht gedacht, rigoros und detailliert zu sein. Es gibt viele mögliche Abänderungen bzw. Änderungen oder Korrekturen, die eingeschlossen sein können, um verschiedene Instrumentenkonfigurationen und Imperfektionen bzw. Störstellen zu berücksichtigen. Zum Beispiel kann die Analyse Korrekturen für Probendurchsichtigkeit bzw. Musterdurchsichtigkeit und/oder Gleichförmigkeit einschließen. Zusätzlich kann, wo zusätzliche Empfänger (z.B. die größere Bereichsstrahlen aufweisen) verwendet werden, die Analyse ferner Korrekturen für eine Empfängerstrahlgleichförmigkeit und für eine bessere Bestimmung der Fresnel-Reflexionswerte der Probe bzw. des Musters usw. einschließen. Als ein anderes Beispiel kann eine Konfiguration einen zusätzlichen SCE-Port

einschließen, welcher eine SEP-Größe relativ zu der Empfängerstrahlgröße aufweist (und vorzugsweise ferner die chromatische Aberration des Empfängers eliminiert hat), und zwar derart, dass die Oberflächeneffekte im Wesentlichen keine Abweichungen bei der gemessenen SCE-Reflexion über die Wellenlängen von Interesse verursacht, und das gemessene SCE-Reflexionssignal für diesen Port bzw. diese Öffnung kann statt oder zusätzlich zu der SCE-Reflexionsmessung verwendet werden, um Abweichungen vom Ideal für den SCE-Port bzw. -Öffnung zu bestimmen, welche Variationen bei der gemessenen spektralen Reflexion auf Grund der chromatischen Aberration unterworfen ist.

[0067] Zusätzlich ist es klar, dass es viele mögliche Variationen und alternative Ausführungsformen gibt, die für die Realisierung der vorliegenden Erfindung möglich sind. Verschiedene Formen oder Konfigurationen des Empfängerbetrachtungsstrahls und/oder SEP können realisiert sein, um gewisse Oberflächeneigenschaften besser zu unterscheiden und/oder um Effekte in gewisse bzw. bestimmte Richtungen zu isolieren bzw. zu trennen. Zum Beispiel kann es geschätzt sein, dass die kreisförmige SEP-Konfiguration mit einem kreisförmigen Empfängerstrahl, wie hierin beschrieben ist, nicht notwendigerweise die vorteilhafteste Konfiguration für die Empfindlichkeit der Oberflächeneigenschaftsmessung ist, da der Zentralbereich bzw. zentrale Bereich des Querschnitts des Strahls ein kleines oberflächenmoduliertes Signal bereitstellt und somit die Modulationstiefe nicht optimiert ist. Eine derartige Strahlgeometrie ist jedoch typisch für Kolorimetrie bzw. Farbmessung und ist somit einfacher durch die Industrie akzeptiert. Als ein Beispiel einer alternativen Konfiguration, welche die Modulationstiefe steigern würde, kann das Zentrum des Betrachtungsstrahls des Empfängers "ausgekernt" sein, um einen hohlen Zylinder mit einem ringförmigen Querschnitt auszubilden und der SEP kann wie eine ringförmige Öffnung (oder Klappe bzw. Falle) ausgebildet sein, und somit wird der Oberflächeneigenschaftseffekt auf die Modulation des Signals eine größere Tiefe aufweisen oder das Gegenteil. Diese letztere Konfiguration eines Empfängers und zugehörigen SEP ist besonders gut geeignet zur Realisierung als ein Koaxialempfänger, und zwar in Übereinstimmung mit der Beschreibung von Koaxialempfängern in der üblich zugewiesenen US-Patentanmeldung mit der Nr. 09/097,312 (wie hierin unten beschrieben ist, das der weiteren Beschreibung der vorliegenden Erfindung folgt). Als ein Beispiel kann der ringförmig/ausgekernte Empfänger einen koaxial angeordneten SCI-Empfänger umgeben, welcher gespiegelte Komponenten von dem kreisförmigen Bereichsinneren des kreisförmigen SEP-Ports bzw. der kreisförmigen SEP-Öffnung oder Klappe bzw. Falle empfängt.

[0068] In einer ähnlichen Variation kann der SEP als

ein längliches Rechteck mit einer geeignet angepassten Empfängerstrahlform ausgebildet sein. Eine derartige Anordnung kann konfiguriert sein, um die Empfindlichkeit auf den räumlichen Frequenzinhalt der Probenoberfläche bzw. Musteroberfläche entlang nur einer Richtung (z.B. indem die Strahlgröße relativ zu der SEP-Größe in jeder Richtung gewählt wird, derart, dass nur eine Richtung auf wellenlängen-kodierte Projektionsstrahlgrößenvariationen auf Grund von Oberflächeneffekten reagiert bzw. respondierend ist), welches die Unterscheidung von Oberflächen-texturvariationen als eine Funktion der drehenden Orientierung bzw. Drehrichtung der Probe bzw. des Musters erlaubt. Eine Serie von derartigen rechteckigen "Slats" bzw. "Stäben" kann verwendet werden mit einem "gestreiften" Strahlquerschnitt, um den Umfang des Lichtflusses zu erhöhen, der zur Verfügung steht, und um einen Strahlquerschnitt mit einem gleicheren bzw. ähnlicheren Seitenverhältnis bereitzustellen. Die Beabstandung von derartigen Slats bzw. Stäben kann gewählt werden, um die Messungsempfindlichkeit zu einem besonderen Bereich der räumlichen Frequenzen zu optimieren.

[0069] Derartige Konfigurationen, die einen rechteckigen SEP und eine rechteckige Strahlform verwenden, werden vorteilhafterweise unter Verwendung multipler bzw. mehrfacher Empfänger realisiert. Die Orientierung und/oder die Beabstandung der Slats bzw. Stäbe kann unterschiedlich für jeden Empfänger sein, um eine Charakterisierung bzw. Beschreibung von multiplen Oberflächenkomponenten mit einer Messungsbetätigung zu ermöglichen. Zum Beispiel können zwei derartig konfigurierte Empfänger dieselbe Orientierung der Rechtecklänge relativ zu einer Normalen zu der Probe bzw. dem Muster aufweisen, kann aber azimuthal um ungefähr 90° versetzt bzw. verschoben sein, um gleichzeitig den räumlichen Frequenzinhalt in orthogonale Richtungen der Probe bzw. des Musters zu messen. Alternativ kann der räumliche Frequenzinhalt in orthogonale Richtungen der Probe bzw. des Musters gleichzeitig durch zwei derartig konfigurierte Empfänger gemessen werden, welche orthogonal orientierte Beziehungen der Rechtecklängen relativ zu einer Normalen zu der Probe bzw. dem Muster aufweisen und eine gemeinsame Betrachtungsebene haben (das heißt azimuthal um ungefähr 0° oder 180° verschoben bzw. versetzt). In einer derartigen Realisierung mit 0° azimuthaler Verschiebung bzw. Versetzung können die Empfänger koaxial angeordnet sein oder können mit etwas bzw. leicht unterschiedlichen Betrachtungswinkeln angeordnet sein.

[0070] Anhand eines weiteren Beispiels von Variationen innerhalb des Bereichs der vorliegenden Erfindung, obwohl die hierin obige Ausführungsform in einem Spektrofotometer realisiert ist, um vorteilhaft Farb- und Oberflächencharakteristiken bzw. -eigenschaften in einer Einzelmessung zu unterscheiden,

kann das Verfahren der vorliegenden Erfindung durch unzählige optische Anordnungen realisiert sein, wobei sie nicht auf gleichzeitige Messung dieser Erscheinungsattribute begrenzt ist. Zusätzlich, obwohl die hierin oben beschriebene Ausführungsform für ein herkömmliches Spektrofotometer mit einer integrierenden Sphäre beschrieben ist, die eine Messkonfiguration mit diffusem Reflexionsvermögen (das heißt, in welcher die Probe bzw. das Muster diffus mit Hilfe der Sphäre beleuchtet wird und eine oder mehrere Empfängerlinsen verwendet werden, um das Licht, das von einem definierten Bereich der Probe bzw. des Musters reflektiert wird, zu sammeln), könnte das "umgekehrte" Geometrieverfahren ferner verwendet werden, um die vorliegende Erfindung zu realisieren. Das heißt, die Probe bzw. das Muster kann durch einen definierten Strahl des projizierten Lichtes beleuchtet sein, und zwar mit der integrierenden Sphäre, die verwendet wird, um das reflektierte Licht zu sammeln und um das Licht zu einem Analysierdetektor zu leiten bzw. zu richten. Als noch ein weiteres Beispiel von Variationen innerhalb des Bereichs der vorliegenden Erfindung, obwohl die oben bevorzugte Ausführungsform unter Verwendung der chromatischen Aberration mit einer SCE-Empfängerstruktur realisiert ist, kann die vorliegende Erfindung auch mit einem Empfänger im SCI-Modus realisiert sein, der eine chromatische Aberration aufweist. Zum Beispiel kann der SCI-Empfänger einen kreisförmigen Strahlquerschnitt aufweisen und der bzw. die ringförmige SEP-Port bzw. -Öffnung mit einem inneren hoch und diffus reflektierenden Zentralbereich (das heißt innerhalb der inneren Grenze des Kranzes bzw. Annulus) würde gegenüber dem SCI-Empfänger angeordnet sein, und zwar derart, dass die Peripherie des projizierten Spiegelstrahls bzw. gespiegelten Strahls für den SCI-Empfänger die innere Grenze des Kranzes bzw. Annulus überlappen würde, und zwar für Wellenlängen, die kürzer sind (oder länger sind, abhängig von dem Design) als eine gegebene (das heißt eine vorbestimmte) Wellenlänge für eine ideal ebene/glatte nominale Probe.

[0071] Über dies sind, obwohl die vorliegende Erfindung und Variationen davon hierin oben überwiegend in Verbindung mit einer bevorzugten Ausführungsform beschrieben wurde, welche die chromatische Aberration ausnutzt, viele der Aspekte, Merkmale und Variationen ferner auf eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung anwendbar, die hierin oben kurz beschrieben wurde, welche einen SEP-Port bzw. eine SEP-Öffnung mit variabler Größe verwendet. Zum Beispiel kann die Portform bzw. Öffnungsform und/oder Empfängerstrahlform geeignet entworfen sein, um die Empfindlichkeit zu dem räumlichen Frequenzinhalt entlang einer gegebenen Richtung zu isolieren bzw. trennen oder zu verbessern. Zum Beispiel kann der Port bzw. die Öffnung in der Größe in nur einer Richtung variieren oder die Strahlform und/oder Portform bzw. Öffnungsform kann

länglich sein, derart, dass isotropische Änderungen in der Portdimension bzw. Öffnungsdimension nichtsdestoweniger vorherrschend eine Richtung bzw. eine Vorzugsrichtung des Empfängerstrahls beeinflussen. Zusätzlich können multiple variable Ports bzw. Öffnungen realisiert sein und können orientiert sein, um empfindlich zu dem räumlichen Frequenzinhalt entlang unterschiedlicher Richtungen der Probe bzw. des Musters zu sein.

[0072] Wie es aus den obigen Ausführungsformen geschätzt werden kann und es weiter durch Praktizieren der vorliegenden Erfindung verstanden werden kann, sind viele Vorteile und begleitende Vorteile durch die vorliegende Erfindung bereitgestellt. Zum Beispiel stellt die vorliegende Erfindung ein Verfahren zur Messung von Oberflächeneffekten einer Probe bzw. eines Musters derart bereit, dass das Verfahren gut geeignet zur Realisierung mit einem Spektrofotometer ist, das in der Kolorimetrie bzw. Farbmessung verwendet wird. Zusätzlich erlaubt das Verfahren die Messung von und Unterscheidung zwischen Farb- und Oberflächenerscheinung mit einer Einzelmessung unter Verwendung eines Einzelinstrumentes (z.B. Spektrofotometer). Überdies benötigt eine derartige Charakterisierung bzw. Beschreibung von Farb- und Oberflächeneffekten die Erfassung eines relativ kleinen Datenumfangs und die Durchführung eines relativ kleinen Berechnungsumfangs, wobei somit eine schnelle Messung und Beschreibung bzw. Charakterisierung bereitgestellt ist bzw. gewährleistet wird. Zusätzlich kann die vorliegende Erfindung mit einem Instrument mit kleiner Größe (kompakt) und niedrigem Gewicht (z.B. transportierbar) realisiert sein, und zwar ohne dass bewegliche Teile benötigt werden, was somit zu reduzierten Instrumentkosten führt.

Multikanal integrierende Sphäre

[0073] Wie es beschrieben ist, können verschiedene Realisierungen der vorliegenden Erfindung vorteilhaft zwei oder mehr Empfänger einsetzen, welche in Übereinstimmung mit der Erfindung realisiert sein können, die durch die vorliegende US-Anmeldung mit der Nr. 09/097,312 offenbart ist. Diese Erfindung stellt eine integrierende Sphäre bereit, welche Merkmale der Fähigkeit von multiplen Messmoden (z.B. multiple SCE, SCE und SCI, multiple SCI), multiplen Ansichtsbereiche bzw. Betrachtungsbereiche für einen gegebenen Messmodus, multiplen Ansichtswinkel bzw. Betrachtungswinkel pro Messmodus und Kombinationen davon, werden hierin unten voller geschätzt werden. Es wird bemerkt, dass der Ausdruck integrierende Sphäre nicht gedacht ist, um die innere Kavität bzw. den inneren Hohlraum auf eine sphärische Form zu begrenzen, sondern verwendet wird, wie es durch einen Fachmann verstanden wird, um auf eine Klasse von Instrumenten Bezug zu nehmen, die verwendet werden, um die Lichtreflexion einer

Testprobe bzw. Testmusters zu messen; wobei unterschiedliche Formen der inneren Kavität bzw. des inneren Hohlraums realisiert sein können.

[0074] Vor der Beschreibung der veranschaulichten Ausführungsformen der Multikanal integrierenden Sphäre der Erfindung wird eine bestimmte Terminologie zum Zweck der Konsistenz und Klarheit der Exposition bei der Beschreibung der betrachteten Bedingungen (z.B. räumlich/optischer Ort, Orientierung und/oder Beziehung von, zwischen oder unter Port(s) bzw. Öffnung(en), Probe bzw. Muster, Betrachtungsstrahlen) usw.) für eine integrierend Sphäre eingeführt, welche in einer Messkonfiguration mit diffuser Reflexion verwendet wird, um diffus eine Testprobe bzw. Testmuster zu beleuchten, das an einem Probenport bzw. einer Musteröffnung angeordnet ist, und um die optische Strahlung zu empfangen, die von der Testprobe bzw. dem Testmuster in die Empfänger reflektiert wurde, die zu den Betrachtungsports bzw. Betrachtungsöffnungen der integrierenden Sphäre zugehörig sind. Herkömmliche Kolorimeter bzw. Farbmesser sind oft von umgekehrter Geometrie, das heißt mit dem Beleuchtungsstrahl, der direkt auf die Probe bzw. das Muster einfällt und den Detektionspfad, der das Licht von der Wand der integrierenden Sphäre empfängt, welche das Licht, das durch die Probe bzw. das Muster reflektiert wurde, integriert. Die Terminologie, die hierin verwendet wird, wird an die "nicht umgekehrte" Geometrie angewendet, die hierin oben entsprechend einer Messkonfiguration mit diffuser Reflexion beschrieben ist.

[0075] Wie es hierin verwendet ist, bezieht sich ein Port bzw. eine Öffnung im Allgemeinen auf einen Bereich der integrierenden Sphäre, in welcher die hochreflektierende optisch diffuse innere Oberfläche nicht anwesend ist und typisch eine Apertur einschließt, die durch die innere Wand gebildet ist. Eine Kolorimeter integrierende Sphäre schließt einen Probenport bzw. eine Musteröffnung und eine oder mehrere Ansichtsports bzw. Betrachtungsöffnungen ein und, wie es hierin unten beschrieben ist, kann ferner einen Spiegelausschlussport bzw. eine Spiegelausschlussöffnung (SEP) und/oder einen Referenzport bzw. -öffnung einschließen.

[0076] Im Allgemeinen weist ein Betrachtungsport bzw. eine Betrachtungsöffnung einen zugehörigen Empfänger auf und ist gekennzeichnet durch einen Betrachtungsstrahl, der ein Strahlenbündel der optischen Strahlung repräsentiert, die durch den zugehörigen Empfänger direkt von der optischen Strahlung empfangen wurde, die von der Probe bzw. dem Muster reflektiert wurde. Der Bereichsquerschnitt des Betrachtungsstrahls eines Empfängers an dem zugehörigen Betrachtungsport bzw. der zugehörigen Betrachtungsöffnung kann weniger oder gleich zu dem Gesamtquerschnittsbereich des Betrachtungsports bzw. der Betrachtungsöffnung selbst sein. Wo der

Portbereich bzw. Öffnungsbereich größer ist als der Empfängerbereich hat der Bereich des Ports bzw. der Öffnung, die den Empfängerabschnitt umgibt, typisch ein niedriges Reflexionsvermögen.

[0077] Ein Strahlbetrachtungswinkel bezieht sich auf den Winkel zwischen einem Strahl des Betrachtungsstrahls und der Normalen zu der Probenoberfläche bzw. Musteroberfläche, wo der Strahl die Probenoberfläche bzw. Musteroberfläche schneidet. Eine Betrachtungsstrahlebene bezieht sich auf eine Ebene, die definiert ist durch einen Strahl in dem Betrachtungsstrahl und der Normalen zu der Probenoberfläche bzw. Musteroberfläche an dem Schnittpunkt der Probenoberfläche bzw. Musteroberfläche und dem Strahl. Ein Azimutwinkel zwischen zwei Betrachtungsstrahlen wird durch einen Winkel repräsentiert, der in einer Ebene senkrecht zu der Probennormalen bzw. Musternormalen liegt, und zwar zwischen zwei Betrachtungsebenen der jeweiligen Betrachtungsstrahlen.

[0078] Im Allgemeinen kann ein Betrachtungsstrahl Strahlen einschließen, welche innerhalb eines gewissen Bereichs voneinander abweichen (das heißt nicht parallel sind) (z.B. beschreibt die Commission Internationale De L'Eclairage (CIE), Veröffentlichungsnummer 15.2 (Kolorimetrie), 1986, dass der Winkel zwischen den Betrachtungsstrahlachsen und irgendeinem Strahl des Betrachtungsstrahls sich nicht über 5° erstrecken sollte), wobei dies zu einem begrenzten bzw. endlichen Bereich von Azimutwinkeln der Betrachtungsstrahlen relativ zu einer gegebenen Ebene führt, sowie zu einen endlichen bzw. begrenzten Bereich von Betrachtungswinkeln für den Betrachtungsstrahl. Da jedoch ein Betrachtungsstrahl typisch symmetrisch um eine Betrachtungsachse (das heißt den zentralen axialen Strahl des Betrachtungsstrahls) ist, wird diese Betrachtungsachse typisch verwendet, um den (effektiven) Betrachtungswinkel für den Betrachtungsstrahl sowie den (effektiven) Azimutwinkel relativ zu dem Betrachtungsstrahl zu beschreiben.

[0079] Ferner, wie es hierin verwendet wird, wird im Allgemeinen manchmal für einen SCE-Modus gesagt, dass ein zweiter Port bzw. eine zweite Öffnung, relativ zum ersten Port bzw. zur ersten Öffnung (ferner auch als der erste Port bzw. die erste Öffnung mit einem gegenüberliegenden Port bzw. einer gegenüberliegenden Öffnung bezeichnet) ist, falls ein Spiegelbildstrahl von dem Betrachtungsstrahl des ersten Ports bzw. der ersten Öffnung der von Probenoberfläche bzw. Musteroberfläche gespiegelt wird (das heißt jeder Strahl des Strahlenbündels wird durch die Probenoberfläche bzw. Musteroberfläche spiegelnd reflektiert), im Wesentlichen durch den zweiten Port bzw. zweite Öffnung derart überlappt wird (z.B. umgeben durch), dass die gespiegelte Komponente des ersten Ports bzw. der ersten Öffnung komplett oder

effektiv ausgeschlossen ist. Alternativ ausgedrückt umgibt der zweite Port bzw. zweite Öffnung im Wesentlichen den gesamten Bereich, von welchem die optische Strahlung, die von der Probenoberfläche bzw. Musteroberfläche in dem Betrachtungsstrahl des zweiten Ports bzw. der zweiten Öffnung spiegelnd reflektiert wurde, entspringen würde, falls der zweite Port bzw. die zweite Öffnung nicht dort wäre (das heißt, falls der Bereich diffus gestreut wäre). Auf einem noch anderen Weg ausgedrückt ist der zweite Port bzw. die zweite Öffnung an einem Abschnitt der integrierenden Sphärenwand angeordnet, der im Wesentlichen zu allen spiegelnden (regulären) Komponenten für den ersten Port bzw. die erste Öffnung korrespondiert.

[0080] Dementsprechend sind zwei Ports bzw. zwei Öffnungen gegenüberliegend zueinander bezeichnet, falls der erste Port bzw. die erste Öffnung gegenüber dem zweiten Port bzw. der zweiten Öffnung (wie beschrieben) ist und der zweite Port bzw. die zweite Öffnung ferner derart gegenüber dem ersten Port bzw. der ersten Öffnung ist, dass der Spiegelbildstrahl des Betrachtungsstrahls des zweiten Ports bzw. der zweiten Öffnung, der von der Probenoberfläche bzw. Musteroberfläche im Wesentlichen durch den ersten Port bzw. die erste Öffnung überlappt wird. Es wird bemerkt, dass auf Grund eines Empfängerbereiches eines Ports bzw. einer Öffnung, der kleiner sein kann als der Bereich des Ports bzw. der Öffnung, falls zwei Ports bzw. Öffnungen einander gegenüber liegen, es nicht notwendigerweise folgt, dass die Betrachtungsstrahlen die Probenoberflächenbereiche überlappen oder dass die Betrachtungsstrahlen gleiche Betrachtungswinkel aufweisen: wobei das Spiegelbild von jedem Betrachtungsstrahl in den Extra-Empfängerbereich des gegenüberliegenden Ports bzw. der gegenüberliegenden Öffnung ragen bzw. projiziert sein kann und der Extra-Empfängerbereich des (der) Ports bzw. der Öffnung(en) ein ausreichender Bereich sein kann, um Differenzen bei den Betrachtungswinkeln und/oder betrachteten Probenoberflächenbereichen zu berücksichtigen. Zum Beispiel können angrenzende, nicht konzentrische (z.B. nicht überlappende) Probenoberflächenbereiche bzw. Musteroberflächenbereiche durch Ports bzw. Öffnungen betrachtet werden, welche einander gegenüber liegen und denselben Betrachtungswinkel aufweisen, oder ein gemeinsam überlappender Oberflächenbereich kann durch Ports bzw. Öffnungen betrachtet werden, welche einander gegenüber liegen und etwas unterschiedliche Betrachtungswinkel aufweisen.

[0081] Es kann in Übereinstimmung mit dieser Terminologie verstanden werden, dass ein zweiter Port bzw. eine zweite Öffnung relativ zu einem ersten Port bzw. einer ersten Öffnung sein kann, aber der erste Port bzw. die erste Öffnung nicht gegenüber dem zweiten Port bzw. der zweiten Öffnung liegen muss:

wobei der Betrachtungsstrahl des zweiten Ports bzw. der zweiten Öffnung, der von der Probenoberfläche bzw. Musteroberfläche gespiegelt ist, im Wesentlichen nicht durch den ersten Port bzw. die erste Öffnung überlappt sein muss, wohingegen der Betrachtungsstrahl des ersten Ports, der von der Probenoberfläche bzw. Musteroberfläche gespiegelt ist, im Wesentlichen durch den zweiten Port bzw. zweite Öffnung überlappt wird. Zum Beispiel kann der erste Port bzw. die erste Öffnung oder der zweite Port bzw. die zweite Öffnung (das heißt ihre Betrachtungsebene) azimuthal um ungefähr 180° versetzt bzw. verschoben sein, aber mit ungleichen Betrachtungswinkeln, und zwar derart, dass der zweite Port einen Bereich der inneren Oberfläche der integrierenden Sphäre umgibt, wo die reguläre Komponente für den ersten Portempfänger entspringen würde, aber der Betrachtungswinkel des zweiten Ports bzw. der zweiten Öffnung derart ist, dass der erste Port bzw. die erste Öffnung nicht bei dem Bereich angeordnet ist, von wo die Spiegelkomponente bzw. gespiegelte Komponente für den ersten Port ankommt. Alternativ können der erste und zweite Port azimuthal um ungefähr 180° versetzt bzw. verschoben sein, und zwar mit gleichen Betrachtungswinkeln, wobei aber nicht konzentrische (z.B. nicht überlappende) Probenoberflächenbereiche betrachtet werden, derart, dass der zweite Port einen Bereich der inneren Oberfläche der integrierenden Sphäre umgibt, von wo die reguläre Komponente für den ersten Portempfänger entspringen würde, aber die betrachte Probenbereichsverschiebung bzw. -versetzung derart ist, dass der erste Port bzw. die erste Öffnung nicht an dem Bereich angeordnet ist, von wo die Spiegelkomponente bzw. die gespiegelte Komponente für den ersten Port bzw. die erste Öffnung ankommt. In einer anderen veranschaulichenden Alternative können zwei Ports bzw. Öffnungen jede jeweilige Kompensation von Betrachtungswinkeln aufweisen (einschließlich gleicher Betrachtungswinkel) und können azimuthal durch irgendeinen Winkel, der nicht gleich ungefähr 180° ist, verschoben sein, und zwar mit dem projizierten Strahl des ersten Ports bzw. der ersten Öffnung, der bzw. die im Wesentlichen durch den zweiten Port bzw. die zweite Öffnung überlappt wurde, wobei die Ports bzw. Öffnungen somit nicht konzentrische (z.B. nicht überlappende) Oberflächenbereiche der Probe bzw. des Musters betrachten.

[0082] Es folgt ferner aus dieser Terminologie, dass ein zweiter Port bzw. eine zweite Öffnung als nicht gegenüberliegend zu einem ersten Port bzw. einer ersten Öffnung bezeichnet wird, falls der Betrachtungsstrahl des ersten Ports bzw. der ersten Öffnung, der von der Probenoberfläche bzw. Musteroberfläche gespiegelt wurde (das heißt die Projektion des Betrachtungsstrahls des ersten Ports bzw. der ersten Öffnung) im Wesentlichen nicht überlappt durch den zweiten Port ist, wobei der Betrachtungsstrahl des ersten Ports eine nicht unerhebliche gespiegelte

Komponente bzw. Spiegelkomponente aufweist. In Übereinstimmung mit dieser allgemeinen Terminologie zum Beschreiben gegenüberliegend angeordneter Ports bzw. Öffnungen folgt es ferner, dass zwei Ports bzw. Öffnungen nicht gegenüberliegend angeordnet sind, falls weder der Port bzw. die Öffnung relativ gegenüber einem anderen Port bzw. Öffnung ist. Zum Beispiel können die Ports bzw. Öffnungen (das heißt ihre Betrachtungsebenen) durch einen Azimutwinkel versetzt bzw. verschoben sein, der unterschiedlich von 180° ist und irgendeine Kombination von Betrachtungswinkeln aufweist, die weder der Betrachtungsstrahlprojektion der Ports bzw. der Öffnungen aufweist, die im Wesentlichen durch einen anderen Port bzw. Öffnung überlappt wurde. Alternativ kann es geschätzt werden, dass zwei nicht gegenüberliegend angeordnete Ports bzw. Öffnungen (das heißt ihre Betrachtungsebenen) nichtsdestoweniger azimuthal um ungefähr 180° versetzt bzw. verschoben sein können, falls z.B. sie ausreichend unterschiedliche Betrachtungswinkel aufweisen und/oder sie ausreichende, nicht konzentrische (z.B. nicht überlappende) Probenbereiche bzw. Musterbereiche betrachten, und zwar derart, dass die Projektion jedes Strahls im Wesentlichen nicht durch den anderen Port bzw. die andere Öffnung überlappt wird.

[0083] Es ist klar, dass die vorangehende Beschreibung der räumlichen Beziehungen zwischen den Ports bzw. Öffnungen (und ihren Betrachtungsstrahlen) eine allgemeine ist, welche von den relativen Orientierungen der Betrachtungsstrahlen mit Bezug auf die Probenebene bzw. Musterebene (z.B. ihre jeweiligen Betrachtungswinkel und Betrachtungsbereiche und ihre relative azimuthale Verschiebung bzw. Versetzung) abhängt und welche nicht von einer spezifischen integrierenden Sphären-Geometrie oder einer anderen vorbestimmten Beziehung der Betrachtungsstrahlen zueinander oder zu integrierenden Sphären-Geometrie abhängt.

[0084] Typisch und in Übereinstimmung mit einer bevorzugten Ausführungsform der multikanal-integrierenden Sphären-Erfindung, die hierin unten beschrieben ist, hat jedoch jeder Betrachtungsport bzw. jede Betrachtungsöffnung einen Betrachtungsstrahl, der zu der Probe bzw. dem Muster entlang einer Betrachtungsachse gerichtet ist, um welche der Betrachtungsstrahl symmetrisch ist und welche die Probenebene bzw. Musterebene durch eine Normale dadurch schneidet, welche eine zentrale Achse bzw. Zentralachse der integrierenden Sphäre ist (nimmt man an, dass die integrierende Sphäre eine sphärische Kavität aufweist, geht diese Zentralachse bzw. zentrale Achse durch das Zentrum der sphärischen Kavität und durch das Zentrum des Probenports bzw. der Musteröffnung). Eine derartige Symmetrie von Betrachtungsstrahlen mit Bezug auf eine gewöhnliche bzw. gemeinsame Achse vereinfacht gewisse Beschreibungen von Beziehungen zwischen oder

unter den Ports bzw. Öffnungen. Zum Beispiel, falls zwei Ports gleiche Betrachtungswinkel aufweisen und azimuthal um ungefähr 180° versetzt bzw. verschoben sind, dann sind sie zueinander gegenüberliegend. Es ist jedoch klar, dass die multikanal-integrierende Sphären-Erfindung nicht begrenzt ist auf Ports bzw. Öffnungen, die eine derartige räumliche Symmetrie mit Bezug auf eine gemeinsame bzw. herkömmliche Achse aufweist, welche relativ zu der integrierenden Sphäre kavität symmetrisch ist. Es ist ferner klar, dass die vorangehende Terminologie einfach eine gewählte Konvention bzw. Abmachung zur Klarheit der Exposition ist und dass es andere Wege zum Beschreiben der räumlichen Beziehungen zwischen oder unter Ports bzw. Öffnungen und ihren Betrachtungsstrahlen gibt.

[0085] Bezieht man sich nun auf die [Fig. 9A](#) bis [Fig. 9E](#), so ist dort eine integrierende Sphäre **51** entsprechend einer Ausführungsform der multikanal-integrierenden Sphären-Erfindung gezeigt. Spezieller: [Fig. 9A](#) beschreibt eine isometrische Ansicht einer integrierenden Sphäre entsprechend einer Ausführungsform der multikanal-integrierenden Sphären-Erfindung, und zwar mit gewissen Merkmalen des Empfängers, der zur Klarheit exponiert bzw. freigelegt wurde; [Fig. 9B](#) beschreibt eine ebene (Drauf-)Sicht von der Empfängerseite der integrierenden Sphäre ferner mit gewissen Merkmalen des Empfängers, der zur Klarheit freigelegt wurde; [Fig. 9C](#) ist eine Querschnittsansicht der integrierenden Sphäre entlang der Linie IC-IC von [Fig. 9B](#); [Fig. 9D](#) ist eine Querschnittsansicht der integrierenden Sphäre entlang der Linie ID-ID von [Fig. 9B](#); und [Fig. 9E](#) ist eine Querschnittsansicht der integrierenden Sphäre entlang der Linie IE-IE von [Fig. 9D](#).

[0086] Detaillierter schließt die integrierende Sphäre **51** zwei Hälften ein, um die Konstruktion zu erleichtern bzw. zu ermöglichen: Die zwei Hälften können geeignet maschinenhergestellt sein, um eine in die andere zu passen, und mit einem Standard-Befestigungsmechanismus geeignet gesichert sein. Die integrierende Sphäre **51** schließt eine Kavität ein, die eine hochreflektierende, optisch diffuse Oberfläche **51a** aufweist, die mit einer Lichtquelle **52** (Lampe) beleuchtet bzw. belichtet wird, welche an die integrierende Sphäre **51** in einer herkömmlichen Art und Weise unter Verwendung eines Eingangsports bzw. einer Eingangsöffnung **53** (Apertur in der integrierenden Sphäre) gekoppelt sein kann. An die Lampe wird Leistung via den Lampendrähten **132a**, **132b** und **132c** zugeführt. Anhand eines Beispiels in einer Ausführungsform der multikanal-integrierenden Sphären-Erfindung kann die Lichtquelle **52** eine gepulste Lampe von hoher Intensität, kurzer Dauer und mit einem vollen "weißen" Spektrum sein, wie z.B. eine gepulste Xenonlampe. Der Effekt ist, die Probe bzw. das Muster **56** an dem Port bzw. der Öffnung **57** diffus zu beleuchten bzw. zu belichten, und zwar in einer

herkömmlichen Art und Weise.

[0087] In der vorliegenden Ausführungsform ist die Lampe **52** extern zu der Kavität der integrierenden Sphäre **51**, wobei sie in einer Lampenkavität **130** beherbergt bzw. untergebracht ist, die an die integrierende Sphäre **51** angrenzt. Die Lampe **52** kann alternativ zumindest teilweise in der Kavität der integrierenden Sphäre **51** angeordnet bzw. platziert sein und kann im Wesentlichen intern zu der integrierenden Sphärenkavität angeordnet bzw. platziert sein, um die folgenden Vorteile zu erreichen: optische Flusseffektivität, mechanische Vereinfachung, kleine Größe und Reduktion der Portaperturen, welche eine kleinere integrierende Sphäre **51** ermöglichen, um für eine gegebene Größe eines Probenports bzw. einer Musteröffnung **57** verwendet zu werden, während bzw. solange es normgerecht für das integrierende Sphärenrendesign ist. Ferner in Übereinstimmung mit der herkömmlichen Praxis kann die Lampe extern zu der Sphäre sein und die Projektionsoptik (z.B. Linse usw.) kann verwendet werden, um den Fluss von der Lampe durch den Eingangsport bzw. die Eingangsöffnung und zu einem Spot bzw. Punkt an der entfernten Seite bzw. weiten Seite des integrierenden Sphäreninneren weiterzuleiten oder zu projizieren.

[0088] Eine Ablenkplatte bzw. -blende **54a** mit hochreflektierender optisch diffuser Oberfläche wird in einer herkömmlichen Art und Weise verwendet, um Lichtstrahlen zu blockieren, die direkt die Probe bzw. das Muster **56** beleuchten bzw. belichten (nur in den [Fig. 9C](#) und [Fig. 9D](#) gezeigt) von der Lampe oder von dem Eingangsport oder von der Eingangsöffnung **53**, falls verwendet. Ähnlich verhindert die Ablenkplatte bzw. -blende **54b**, dass Lichtstrahlen, die beim Eingangsport bzw. an der Eingangsöffnung **53** oder Lampe **52** entstehen bzw. entspringen, dass Teile der Sphärenoberfläche direkt beleuchtet bzw. belichtet werden und zwar, von wo der Spiegelfluss bzw. gespiegelte Fluss für die SCI-Empfänger entspringt bzw. herkommt.

[0089] Wie gezeigt, wird eine diffus beleuchtete Probe bzw. ein diffus beleuchtetes Muster **56** durch multiple optische Empfänger **58a–d** betrachtet (das heißt vier Empfänger in der vorliegenden Ausführungsform), wobei jeder davon einen Teil der optischen Strahlung empfängt, der von der Probe bzw. dem Muster **56** reflektiert wurde, und stellt es zu einem Sensor oder Detektor bereit, der verwendet wird, um den spektralen Inhalt der empfangenen optischen Strahlung zu analysieren. Spezieller werden multiple Betrachtungsports bzw. Betrachtungsöffnungen gezeigt, die einschließen einen Port **111a**, der gespiegelte Komponenten ausschließt (SCE), SCE-Port **111b**, Port **111c**, der gespiegelte Komponenten einschließt (SCI) und SCI-Port **111d**. Jeder Port bzw. jede Öffnung hat einen zugehörigen Empfänger, der zugehörige Empfängeroptiken (exponiert gezeigt)

entsprechend der vorliegenden Ausführungsform aufweist: SCI-Port **111a** hat einen Empfänger **58a**, der einen Aperturstopp **122a**, Linsen **124a** und Fasern **117a** einschließt; SCE-Port **111b** hat einen Empfänger **58b**, der einen Aperturstopp **122b**, eine Linse **124b** und eine Faser **117b** einschließt; SCI-Port **111c** hat einen Empfänger **58c**, der einen Aperturstopp **122c**, eine Linse **124c** und eine Faser **117c** einschließt; SCI-Port **111d** hat einen Empfänger **58d**, der einen Aperturstopp **122d**, eine Linse **124d** und eine Faser **117d** einschließt. Jeder Empfänger **58a–d** ist auf einen Probenport bzw. eine Musteröffnung **57** entlang einer korrespondierenden Betrachtungsachse von den Betrachtungsachsen **126a**, **126b**, **126c** und **126d** gerichtet, welche entsprechend der vorliegenden Ausführungsform zu einem gemeinsamen Schnittpunkt an der Oberfläche der Probe bzw. des Musters **56** konvergiert. Es ist klar, dass tatsächliche Komponenten des Empfängers abweichen können, und zwar abhängig von Designkriterien bzw. Entwurfskriterien, Anwendungen, Vorzügen usw.

[0090] Die optischen Empfänger **58a–d** der vorliegenden Ausführungsform werden mit einem selben vorbestimmten Betrachtungswinkel von der Probennormalen bzw. Musternormalen angeordnet (weniger als 10° , um mit den Standards für Kolorimetrie überein zu stimmen, 8° in der vorliegenden Ausführungsform) und jede hat seinen eigenen zugehörigen Empfängerbetrachtungsport **111a–d** in der integrierenden Sphäre **51**. Für jeden Betrachtungsmodus (das heißt SCE und SCI) haben die Empfänger zwei gegenüberliegende Winkel, die zu den zwei Probenbereichsgrößen bzw. Musterbereichsgrößen korrespondieren. Die optischen Empfänger **58a–d** und ihre jeweiligen Empfängerbetrachtungsports **111a–d** sind azimuthal versetzt bzw. verschoben, wobei dadurch vorteilhaft derselbe vorbestimmte Betrachtungswinkel von der Probennormalen bzw. Musternormalen beibehalten wird und die azimuthalen Versetzungen bzw. Verschiebung gewählt werden, um die optischen Empfänger **58a–d** bequem anzupassen (und ihre zugehörigen Betrachtungsports **111a–d**), wobei jede mit einer Kombination der gewählten Parameter entworfen wurde. Die Parameter schließen die gemessene Größe der Probenoberfläche bzw. Musteroberfläche, die gegenüberliegenden Winkel des Empfängers und den Einschluss (SCI) oder Ausschluss (SCE) des gespiegelten reflektierten Lichtes ein, wobei sie aber nicht darauf begrenzt sind. Zusätzliche und nicht exklusive Parameter (nicht verwendet in der vorliegenden Ausführungsform) schließen multiple Betrachtungswinkel und unterschiedliche Betrachtungsbereiche der Probenoberfläche bzw. Musteroberfläche ein (z.B. nicht überlappend, nicht konzentrisch).

[0091] Die integrierende Sphäre **51** schließt einen SCE-Modusempfänger und einen SCI-Modusempfänger für jeden der zwei unterschiedlich gemessenen Betrachtungsbereiche (vier Empfänger gesamt)

ein. Die zwei SCE-Empfänger **58a** und **58b** haben gleiche Betrachtungswinkel und sind azimuthal um 180° versetzt bzw. verschoben, wobei sie Betrachtungsachsen **126a** und **126b** aufweisen, welche die Probe bzw. das Muster bei einem gemeinsamen Punkt schneiden, und sind dadurch einander gegenüberliegend. Weiterhin weisen die SCE-Ports **111a** und **111b** eine geeignete Größe auf, um im Wesentlichen alle gespiegelten Strahlen für die jeweiligen gegenüberliegend zugeordneten SCE-Empfänger **58b** und **58a** auszuschließen. Die SCI-Empfänger **58c** und **58d** werden aus der Ebene ausplatziert, die durch die Betrachtungsstrahlen der SCE-Empfänger **58a** und **58b** definiert ist, und ferner bei demselben vorbestimmten Betrachtungswinkel- von der gemeinsamen Probennormalen bzw. Musternormalen, der an dem Schnittpunkt der Probe bzw. Normalen durch die Betrachtungsachsen angeordnet ist, und zwar derart, dass die gespiegelte Komponente durch den Einschluss der integrierenden Sphärenoberfläche (keine Ports) bei den Bereichen bereitgestellt ist, die die jeweiligen projizierten SCI-Empfängerbetrachtungsstrahlen schneiden.

[0092] Wie es in der Ausführungsform der multikanal-integrierenden Sphären-Erfindung beschrieben ist, die in den [Fig. 9A](#) bis [Fig. 9E](#) veranschaulicht ist, ist jeder SCE-Port entworfen, um im Wesentlichen alle gespiegelten Komponenten für den gegenüberliegenden SCE-Empfänger auszuschließen. Eine derart geteilte Anordnung von SCE-/Betrachtungsports reduziert vorteilhaft den Gesamtportbereich bzw. Gesamtöffnungsbereich, der erforderlich ist; um eine Vielzahl von SCE-Ports zu realisieren bzw. zu implementieren. Es kann jedoch geschätzt sein, dass alternative Ausführungsformen der multikanal-integrierenden Sphären-Erfindung eine separate Apertur (Port) beinhalten kann, welche keinem Empfänger zugeordnet ist und welche eine geeignete Größe aufweist und geeignet gegenüber einem SCE-Empfänger angeordnet ist, um den gespiegelten Komponentenursprung des reflektierten Lichts auszuschließen. Eine derartige Apertur ist übliche Praxis, welche als ein Port bzw. als eine Öffnung bekannt ist, die Spiegelung ausschließt (SEP, ferner auch als Lichtfalle bzw. Lichtklappe bezeichnet) und im Allgemeinen auf einen Abschnitt der inneren Oberfläche der integrierenden Sphäre bezogen ist, welche das Licht nicht reflektiert, sondern im Wesentlichen absorbiert und welcher einem SCE-Portempfänger gegenüber liegt.

[0093] Wie es häufig herkömmliche Praxis ist, schließt die integrierende Sphäre **51** vorzugsweise einen hinzugefügten Empfänger, der einen zugehörigen Referenzport **116** aufweist, welcher eine Messung der Beleuchtung bzw. Belichtung bereitstellt, welche keine direkte Reflexion von der Probe bzw. dem Muster **56** ist und vorzugsweise nicht direkt von der Lampe **52** oder dem Lampenport bzw. der Lampenöffnung **53** einfällt. Der Betrachtungsstrahl, der

via Referenzport **116** empfangen wurde, wird als Referenzstrahl bezeichnet und kann verwendet werden, um Fluktuationen der Lampe **52** zu korrigieren oder zu steuern und um den Einfluss der Reflexion der Probe bzw. des Musters **56** auf die Beleuchtung bzw. Belichtung der integrierenden Sphäre **51** zu kompensieren. In den

[0094] [Fig. 9A](#) bis [Fig. 9D](#) ist der Ort des Referenzports **116** und seine zugehörigen Empfängercharakteristiken bzw. Empfängerereigenschaften (z.B. die Betrachtungsachsenausrichtung bzw. -orientierung, gegenüberliegende Winkel) derart, dass nur das diffus reflektierte Licht von der optisch diffusen Oberfläche **51a** der integrierenden Sphäre empfangen wird. Wie gezeigt ist, um die gemeinsame Orientierung der optischen Fasern der vorliegenden Ausführungsform zu ermöglichen, ist der Referenzstrahl in geeigneter Weise durch einen gefalteten Spiegel **136** in eine optische Faser (nicht gezeigt) neu ausgerichtet bzw. neu gerichtet, die zu der Faserbefestigung **134** gekoppelt ist. Es wird geschätzt werden, dass für die multikanal-integrierende Sphären-Erfindung dieser Referenzpfad nicht betrachtet oder gezählt wird als einer der multiplen Messpfade.

[0095] Der spektrale Inhalt der optischen Strahlung, die durch jede der multiplen Empfänger gesammelt (empfangen) wurde, wird durch irgendeines von einer Vielzahl von herkömmlichen Mitteln analysiert, wie z.B. Filter oder spektroskopische Optik und geeignete Signalverarbeitung (nicht veranschaulicht). Vorzugsweise wird die optische Strahlung, die gleichzeitig (parallel) durch die multiplen optischen Empfänger **58a–d** gesammelt (empfangen) wurden, detektiert (das heißt von einem optischen zu einem elektrischen Signal konvertiert), und zwar parallel für jeden Empfänger und weiter wird es ferner parallel spektrumsweise detektiert (das heißt für jeden Empfänger bzw. Receiver wird das komplette Spektrum parallel detektiert). Zusätzlich, wie es hierin unten voll beschrieben ist, wird die optische Strahlung, die durch die multiplen optischen Empfänger **58a** bis **58d** empfangen wurden, im Wesentlichen gleichzeitig detektiert. Eine Analyse der detektierten Signale kann z.B. durchgeführt werden, um das detektierte Signal zu konditionieren bzw. aufzubereiten und die Farbe der Probe bzw. des Musters unter Verwendung von Standardformeln zu berechnen, wie es in der CIE-Publikation beschrieben ist, auf die Bezug genommen wurde, und zwar wie oben. Zur Klarheit wird bemerkt, dass, wie es hierin verwendet wird, das Empfangen der optischen Strahlung von dem Detektieren der optischen Strahlung unterschieden wird. Das erste wird verwendet, um sich auf die optische Strahlung zu beziehen, die von der Probenoberfläche bzw. Musteroberfläche gestreut/reflektiert wurde, die in einen Empfänger gekoppelt wird (durch einen Empfänger akzeptiert wird), wohingegen das letztere verwendet wird, um sich auf empfangene optische Strahlung zu

beziehen, die durch einen Detektor gefühlt bzw. abgetastet wird (z.B. zu einem elektrischen Signal konvertiert wird). Überdies, wie es hierin verwendet wird, wird Empfänger (oder Port) gesagt, um gleichzeitig optische Strahlung zu empfangen, wenn die optische Strahlung, die von der Probe bzw. dem Muster gestreut/reflektiert wurde, auf die Empfänger parallel einfällt; wobei dieser gleichzeitige Empfang nicht bedeutet, dass die gleichzeitig empfangene optische Strahlung notwendigerweise ferner gleichzeitig oder parallel detektiert wird, obwohl, wie es hierin oben und vollständiger hierin unten beschrieben ist, eine derartige gleichzeitige oder parallele Detektion im Allgemeinen vorzuziehen ist.

[0096] In einer bevorzugten Ausführungsform der multikanal-integrierenden Sphären-Erfindung ist eine derartige parallel Detektion durch ein Einzelspektrometer mit einem zweidimensionalen Detektorarray und einem segmentierten Eingangsschlitz und einem Einzelbeugungsgitter realisiert, wie es durch Palumbo und andere in der üblich zugewiesenen US-Anmeldung mit der Nr. 09/041,233 beschrieben ist, die mit "Concentric Spectrometer" betitelt ist, die am 12. März 1998 eingereicht wurde, und in dem *Analytica Chimica Acta* Artikel beschrieben ist, und zwar wie oben. Jedes Segment des Schlitzes wird durch einen korrespondierenden Empfängerpfad beleuchtet bzw. belichtet, welcher mit faseroptischen Lichtführungen **117a** bis **117d** ausgebildet bzw. ausgeführt ist. Somit können die multiplen optischen Empfänger **58a** bis **58d** bequem und vorteilhaft bei gleichzeitiger Verwendung eines einzelnen gemeinsamen bzw. herkömmlichen Spektrometers detektiert werden. Zusätzlich kann der Referenzstrahl ferner vorteilhaft parallel durch ein derartiges Multikanalspektrometer detektiert und verarbeitet werden. Es kann geschätzt sein, dass jedoch alternative Vorrichtungen und/oder Verfahren realisiert sein können, um gleichzeitig, aber nicht notwendigerweise präzise gleichzeitig bzw. simultan das optische Signal, das parallel durch die unterschiedlichen SCI-/SCE-Empfänger empfangen wurde, zu detektieren. Zum Beispiel kann die Signaldetektion unter den Kanälen zeitmultiplext sein. Alternativ müssen sogar, wo parallele Detektoren verwendet werden, die Kanäle nicht synchron abgetastet werden, z.B. kann jeder Kanal unabhängig durchgeschaltet werden und/oder eine unterschiedliche Abtastzeit aufweisen.

[0097] Bezieht man sich nun auf [Fig. 10A](#), so ist dort eine Ausschnittsansicht bzw. Schnittansicht einer schematischen integrierenden Sphäre **51** mit einer schematischen Beschreibung der Strahlenbündel **138a** bis **138d** für die korrespondierenden Empfänger **58a** bis **58d** und den zugehörigen Ports bzw. Öffnungen **111a** bis **111d** veranschaulicht, so dass die Beziehung unter den Betrachtungsstrahlen einer bevorzugten Ausführungsform visualisiert werden kann. Ferner, bezieht man sich auf [Fig. 10B](#), und zwar plat-

ziert in Relation zu [Fig. 10A](#), so ist dort gezeigt eine Projektion auf eine Ebene, die parallel zu der Probenoberfläche bzw. Musteroberfläche der Empfängerbetrachtungsports bzw. Empfängerbetrachtungsöffnungen **111a** bis **111d** ist, Betrachtungsachsen **126c** und **126d** (und ihre Projektionen) der SCI-Ports **111c** und **111d** und die Betrachtungsachsen **126a** und **126b** der SCE-Ports **111a** und **111b**, so dass die gegenseitige Beziehung der Ports bzw. Öffnungen und Betrachtungsachsen an der Rückseite bzw. hinten (das heißt der obere Abschnitt, der entfernt von dem Probenport **7** ist) der integrierenden Sphäre leicht visualisiert werden kann. Es wird bemerkt, dass in den [Fig. 10A](#) und [Fig. 10B](#) die schematische Beschreibung der Strahlenbündel die allgemeine räumliche Orientierung enthält bzw. bewahrt, aber die relative Größe der Betrachtungsstrahlen und Ports, die in den [Fig. 9A](#) bis [Fig. 9E](#) gezeigt sind, nicht einhält bzw. bewahrt. Ferner wird zum Bezug in der [Fig. 10B](#) identifiziert: ein Beispiel eines azimuthalen Verschiebungswinkels bzw. Entfernungswinkels **112** zwischen den SCI-Ports **111c** und **111d** (das heißt der Winkel zwischen den Betrachtungsebenen); eine gemeinsame Probennormale **110**, die an dem Schnittpunkt der Probe bzw. des Musters bei den Betrachtungsachsen **126a-d** angeordnet ist; einen Kreis **59**, der durch die Projektion der Schnittpunkte der Betrachtungsachsen mit demselben Betrachtungswinkel und ihrem korrespondierenden Betrachtungsport definiert ist; und zentrale Punkte bzw. Zentralpunkte **118** vom Ursprung der Spiegel-Einschluss-Betrachtungsstrahlen bzw. Betrachtungsstrahlen mit gespiegelter Einschluss an der Rückseite bzw. hinten (das heißt die interne Oberfläche entfernt von dem Probenport bzw. der Musteröffnung) der integrierenden Sphäre **51**, als würden sie von der gespiegelten Reflexionsfläche der Probe bzw. des Musters **56** reflektiert werden. Die [Fig. 10A](#) und [Fig. 10B](#) zeigen zusammen die Beziehung zwischen den Ports bzw. Öffnungen und den gespiegelten Komponenten der Strahlen, nachdem sie von der Probe bzw. dem Muster weggespiegelt werden.

[0098] Dementsprechend ist es geschätzt, dass in Übereinstimmung mit der multikanal-integrierenden Sphären-Erfindung, wobei die [Fig. 9A](#) bis [Fig. 9E](#) eine Ausführungsform einer integrierenden Sphäre mit multiplen Betrachtungsports veranschaulicht, und zwar mit all den Betrachtungsports, die gleiche Betrachtungswinkel aufweisen, die zwei SCI-Ports unterschiedliche Probenbereichsansichten aufweisen und die zwei SCE-Ports ferner zwei unterschiedliche Probenbereichsansichten aufweisen. Vorteilhaft sind die SCE-Ports gegenüberliegend angeordnet, und zwar derart, dass jeder die gespiegelten Komponenten für den Empfänger von dem anderen ausschließt, wobei somit der Gesamt-Port-Bereich der integrierenden Sphäre reduziert ist.

[0099] Es ist geschätzt, dass verschiedene alterna-

tive Realisierungen der multikanal-integrierenden Sphären-Erfindung, wie es oben beschrieben ist, möglich auf die Auswahl von verschiedenen Parametern basiert, die Arten einer gespiegelten Komponente (das heißt SCI-Modus und/oder SCE-Modus) eine Anzahl von Port bzw. Öffnungen, Betrachtungswinkel, eine azimutale Verschiebung bzw. Versetzung, eine Bereichsansicht für jeden Port bzw. jede Öffnung, gegenüberliegende Winkel bzw. entgegengesetzte Winkel und einen betrachteten Probenbereich bzw. Musterbereich für jeden Port bzw. für jede Öffnung. Die Entwicklung eines gegebenen Designs kann nicht nur von gewissen physikalischen Randbedingungen oder Führungslinien abhängen, sondern kann ferner von der Anwendung oder dem Markt abhängen. Zum Beispiel ist es bei einigen Anwendungen wünschenswert, einen großen Bereich der Betrachtung bzw. Betrachtungsbereich aufzuweisen, um einen wesentlichen Abschnitt der Probe bzw. des Musters zu messen, die eine mittlere Farbe einer Oberfläche bereitstellt, die einige Variation unter Verwendung eines Einzelmessgerätes aufweist. Es kann alternativ oder zusätzlich wünschenswert sein, einen kleinen Bereich der Betrachtung bzw. Betrachtungsbereich aufzuweisen, um eine Probe zu messen, die von kleiner Größe ist oder einen kleinen Abschnitt einer mehrfarbigen Oberfläche aufweist, wie z.B. ein gedrucktes Muster oder einen Farbbalken bzw. Colorbar auf einem Prüfblatt, oder sogar um eine kleine Skalenvariation von einer größeren gefärbten Oberfläche zu messen. Wesentlich unterschiedliche, große und kleine Betrachtungsbereiche bzw. Bereich der Betrachtungen in demselben Kolorimeter bzw. Farbmessgerät aufzuweisen, kann ferner im Allgemeinen wünschenswert sein, um eine einzelne integrierende Sphäre bereitzustellen, die für viele Anwendungen Verwendung findet (das heißt Mehrzweck) oder zur Detektierung von Variationen in einer Probe bzw. einem Muster.

[0100] Es ist klar, dass die maximale Anzahl und Größe der Ports durch den Sphärendurchmesser begrenzt ist, welcher, um mit den existierenden Standards überein zu stimmen, keinen totalen Portbereich aufweisen kann (die Summe aller Aperturen), der über einen gewissen Prozentsatz (3 bis 5%, abhängig von dem Standard der Wahl) von dem gesamten inneren Oberflächenbereich der Sphäre liegt. Wie es ferner bekannt ist, muss der Probenport bzw. die Musteröffnung etwas größer sein als der Gesamtbereich, der durch die Empfänger betrachtet wird, um eine Probendurchleuchtung zu ermöglichen bzw. zu berücksichtigen (entsprechend den existierenden Standards) und um Ausrichtungstoleranzen zu berücksichtigen.

[0101] Die Azimutwinkel werden typisch gewählt, um die Betrachtungsports bzw. Betrachtungsöffnungen voneinander und von den Abschnitten der Sphäre, die die Ursprünge des gespiegelten Lichtes für die

SCI-Empfänger aufweist, adäquat zu trennen. Diese Ursprünge des spektralen Lichtes sind Bereiche der Sphärenoberfläche, die ihren jeweiligen SCI-Empfängeraperturen gegenüber liegen, wie gespiegelt von der Probenoberfläche bzw. Musteroberfläche, und haben eine Größe, die vorzugsweise alle Strahlen einschließt, die die Empfängeroptik durch eine derartig gespiegelte Reflexion von der Probenoberfläche bzw. Musteroberfläche sammelt bzw. erfasst. Kein Port bzw. keine Öffnung sollte in jene Abschnitte der Sphärenoberfläche eindringen, so wie beschrieben. Die Lichtklappen bzw. Lichtfallen (SEP-Ports) oder andere SCE-Ports, die verwendet werden, um den gespiegelten Ursprung für die SCE-Empfänger zu entfernen, müssen ausreichend bemessen sein bzw. eine ausreichende Größe aufweisen, um vorzugsweise alle Strahlen auszuschließen, die die Empfängeroptik durch die gespiegelte Reflexion von der Probenoberfläche bzw. Musteroberfläche sammeln bzw. erfassen würde.

[0102] Die Größe der Empfängerports bzw. Empfängeröffnungen, Spiegelausschlussports und Spiegeleinschlussursprünge, die benötigt werden, sind abhängig von mehreren Parametern von jedem jeweiligen Empfängerdesign bzw. Empfängerentwurf einschließlich: die Probenbetrachtungsbereichsgröße bzw. die Probengröße des Bereiches der Betrachtung, der dem Empfänger gegenüberliegende Winkel bzw. dem Empfänger entgegengesetzte Winkel, die Apertur und fokale konjugierten Positionen eines Strahls, der die Optik bildet, falls verwendet (wie z.B. eine Linse), Aberrationscharakteristiken bzw. Aberrationseigenschaften des Strahls, der die Optik bildet, dem Rand für jeden Strahl zu den Ports (jeweilige Empfängerapertur und gespiegelter Ausschluss), wie durch die existierenden Standards und/oder Ausrichtungstoleranzen, der Größe der integrierenden Sphäre usw. vorgeschrieben.

[0103] Wie es für die hierin obige Ausführungsform beschrieben ist, existiert ein Vorteil beim Gegenüberliegen von SCE-Ports, derart, dass sie jeweils effektiv als ein Spiegelausschlussport für den Empfänger des anderen SCE-Ports agieren bzw. arbeiten. Eine derartige Anordnung reduziert die Anzahl der Ports, die für eine gegebene Anzahl von Empfängern benötigt wird und ermöglicht bzw. berücksichtigt mehr Empfänger von gegebenen Parametern, die in einer Sphäre derselben Größe verwendet werden.

[0104] In der hierin obigen Ausführungsform weisen die Achsen der Empfänger einen selben vorbestimmten Winkel von der Achse der Probennormalen bzw. Musternormalen auf und konvergieren zu einem gemeinsamen Punkt auf der Probenoberfläche bzw. Musteroberfläche, wobei der Punkt das Zentrum der Probenportapertur ausbildet. Für gewisse Anwendungen kann es jedoch Verwendung geben mit Empfängern mit unterschiedlichen Winkeln von der Achse

der Probennormalen bzw. Musternormalen und/oder mit einem nicht konvergierenden gemeinsamen Punkt auf der Probe bzw. dem Muster.

[0105] Es kann deshalb geschätzt sein, dass es viele mögliche Variationen zur Realisierung einer integrierenden Sphäre in Übereinstimmung mit der multikanal-integrierenden Sphären-Erfindung gibt. Detaillierter können sie alternativ z.B., obwohl die SCE-Ports **111a**, **111b** sich einander gegenüberliegend gezeigt sind, wie es beschrieben ist, nicht zueinander gegenüberliegend angeordnet bzw. positioniert sein, das heißt derart, dass kein Port dem Empfänger des anderen Ports gegenüber liegt (und zwar mit jedem SCE-Portempfänger mit einem gegenüberliegenden SEP), um die gespiegelte Kontaktöffnung auszuschließen (z.B. (i) SCE-Ports sind azimuthal um ungefähr 180° versetzt bzw. verschoben, aber mit ungleichen Betrachtungswinkeln, oder (ii) die SCE-Ports sind azimuthal verschoben bzw. versetzt um einen Winkel, der nicht gleich ist mit ungefähr 180° versetzt bzw. verschoben ist, und mit irgendeiner jeweiligen Kombination von Betrachtungswinkeln, und zwar einschließlich gleichen Betrachtungswinkeln).

[0106] Alternativ kann die veranschaulichende integrierende Sphäre von den [Fig. 9A](#) bis [Fig. 9E](#) zwei zusätzliche SCE-Ports einschließen, welche zueinander gegenüberliegend sind (oder einen einzelnen zusätzlichen SCE-Port mit einer gegenüberliegenden Falle bzw. Klappe). Zum Beispiel können relativ zu den gegenüberliegenden SCE-Ports **111a** und **111b** die zusätzlichen gegenüberliegenden SCE-Ports (oder zusätzlichen SCE-Port und gegenüberliegende Falle bzw. Klappe) sein: (i) azimuthal um ungefähr 0° (oder äquivalent um 180°) verschoben bzw. versetzt, aber mit unterschiedlichen Betrachtungswinkeln, wobei jeder der zusätzlichen SCE-Ports irgendeinen allgemeinen Betrachtungswinkel und/oder Betrachtungsbereich bzw. Bereich der Betrachtung aufweist, oder (ii) azimuthal um einen Winkel verschoben bzw. versetzt, der nicht gleich mit ungefähr 0° (oder äquivalent 180°) ist und irgendwelche Betrachtungswinkel aufweist, und zwar einschließlich Betrachtungswinkel, die zueinander und zu jenen der SCE-Ports **111a** und **111b** gleich sind.

[0107] Zusätzlich kann es geschätzt sein, dass es unzählige Realisierungen gibt, die mit Bezug auf die Orientierung und Anordnung der SCI-Ports möglich sind. Zum Beispiel können die SCI-Ports **111c** und **111d** alternativ um unterschiedliche azimuthale Winkel (z.B. 90°) verschoben bzw. versetzt sein und/oder mit unterschiedlichen Betrachtungswinkeln voneinander angeordnet sein und/oder modifiziert sein, um denselben Betrachtungsbereich aufzuweisen. Ferner kann ein zusätzlicher SCI-Port oder mehrere zusätzliche SCI-Ports an irgendwelchen geeigneten Stellen auf der integrierenden Sphäre hinzugefügt werden.

[0108] Bei diesen Anordnungen von zwei oder mehr SCE-Port und/oder zwei oder mehr SCI-Ports kann das Bereitstellen azimuthaler Verschiebung bzw. Versetzung (z.B. von ungefähr 90° zwischen oder unter den SCE-Ports und/oder zwischen oder unter den SCI-Ports hilfreich bzw. nützlich sein, um verschiedene Erscheinungen oder Oberflächencharakteristiken bzw. Eigenschaften (z.B. Streifenbildungen, Textur usw.) der Probe bzw. des Musters (z.B. Stoffe, Gewebe, Prägungen usw.), welche zu einer azimuthalen anisotropischen Reflexion führen können, zu messen und/oder zu betrachten bzw. zu berücksichtigen.

[0109] Als ein zusätzliches Beispiel von Variationen innerhalb des Bereichs der multikanal-integrierenden Sphären-Erfindung können, obwohl die Ausführungsform und veranschaulichenden Variationen, die hierin oben beschrieben sind, alle Betrachtungsstrahlen einschließen, die in einem gemeinsamen Punkt der Probe bzw. des Musters konvergieren, alternative Ausführungsformen realisiert werden, wobei Betrachtungsachsen der unterschiedlichen Betrachtungsstrahlen nicht alle auf einem gemeinsamen Punkt konvergieren. Zum Beispiel können die Betrachtungsachsen die Probe bzw. das Muster an unterschiedlichen Orten schneiden und die korrespondierenden Betrachtungsstrahlen können die sich überlappenden Probenbereiche bzw. Musterbereiche betrachten (z.B. einen größeren Betrachtungsbereich eines ersten Betrachtungsstrahls, der einen kleineren Betrachtungsbereich eines zweiten Betrachtungsstrahls umgibt, oder können zwei Betrachtungsbereiche betrachten, die jeweils einen gemeinsamen und einen separaten Betrachtungsbereich betrachten) oder nicht überlappende Probenbereiche bzw. Musterbereiche betrachten. Jeder Probenbereich bzw. Musterbereich kann durch mehr als einen Betrachtungsstrahl betrachtet werden. Zum Zwecke der Klarheit der Exposition betrachtet man die folgenden veranschaulichenden Portkonfigurationen mit nicht überlappenden Probenbetrachtungsbereichen bzw. Musterbetrachtungsbereichen:

(1) Ein SCI-Port liegt dem Empfänger (Betrachtungsstrahl) eines SCE-Ports gegenüber, welcher dem Empfänger (Betrachtungsstrahl) des SCI-Ports nicht gegenüber liegt. Als ein erstes Beispiel, wobei auf die [Fig. 11A](#) und [Fig. 11B](#) Bezug genommen wird, welches vereinfachte schematische Querschnittsansichten und Draufsichten von einer integrierenden Sphäre **51** mit einem Probenport **57** und einer Zentralachse bzw. zentralen Achse **68** zeigt, wobei der SCI-Port **60** und der SCE-Port **62** (das heißt ihre Betrachtungsebenen) azimuthal um ungefähr 180° verschoben bzw. versetzt sein können, aber mit ungleichen Betrachtungswinkeln (das heißt ihre jeweiligen Winkel zwischen jeder der Betrachtungsachsen **60b** und **62b** und jeder korrespondierenden Probennormalen bzw. Musternormalen, wo die jeweiligen Betrachtungsachsen die Probe bzw. das Muster

schneiden), derart, dass der SCI-Port **60** einen Bereich der inneren Oberfläche der integrierenden Sphäre umgibt, wo die reguläre Komponente für die der Betrachtungsstrahl **62a** des Empfängers des SCE-Ports **62** entspringen bzw. stammen würde, aber der SCE-Port **62** ist nicht an dem Bereich der integrierenden Sphärenoberfläche angeordnet, von welcher die gespiegelte Komponente für den Betrachtungsstrahl **60a** des Empfängers des SCI-Ports **60** entspringt bzw. herkommt. Spezieller, wie schematisch durch die SCI-gespiegelte Betrachtungsachse **60c** (welche die gespiegelte Reflexion der SCI-Betrachtungsachse **60b** ist) und die SCI-begrenzenden gespiegelten Strahlen **60d** (welche die gespiegelte Reflexion der äußeren Strahlen des Betrachtungsstrahls **60a** sind) gezeigt, ist der Ursprung der gespiegelten Komponente für den SCI-Port **60** auf einer diffusen und nochreflektierenden inneren Oberfläche der integrierenden Sphäre **51** angeordnet. Umgekehrt, wie es schematisch durch die SCE-gespiegelte Betrachtungsachse **62c** (welche die gespiegelte Reflexion der SCE-Betrachtungsachse **62b** ist) und die SCE-begrenzenden gespiegelten Strahlen **62d** (welche die gespiegelte Reflexion der äußeren Strahlen des Betrachtungsstrahls **62a** sind) beschrieben, umgibt der SCI-Port **60** den Bereich, von wo die gespiegelte Komponente für den SCE-Port **62** entspringen würde. In diesem Beispiel sind der SCI-Port **60** und der SCE-Port **62** gezeigt, während sie die nicht überlappenden Bereiche der Ansicht bzw. Ansichtsbereiche **60e** und **62e** der Probenoberfläche bzw. Musteroberfläche jeweilig betrachten.

[0110] Alternativ als ein zweites Beispiel, wobei man sich auf die [Fig. 12A](#) und [Fig. 12B](#) bezieht, können der SCI-Port **60** und der SCE-Port **62** (ihre Betrachtungsebenen) azimuthal um einen Winkel verschoben bzw. versetzt sein, der nicht gleich ungefähr 180° ist, und zwar mit einem SCI-Port **60** und einem SCE-Port **62**, die irgendeine jeweilige Kombination von Betrachtungswinkeln aufweisen (innerhalb der Begrenzungen der Geometrie der integrierenden Sphäre), wobei gleiche Betrachtungswinkel eingeschlossen werden, und zwar mit der Projektion des SCE-Betrachtungsstrahls, der von der Probenoberfläche bzw. Musteroberfläche reflektiert wurde, der auf den SCI-Port einfällt. Spezieller, wie für das vorherige Beispiel, wie es schematisch durch die SCI-Spiegelbetrachtungsachse **60c** gezeigt ist (welche die gespiegelte Reflexion der SCI-Betrachtungsachse **60b** ist), ist der Ursprung der gespiegelten Komponente bzw. Spiegelkomponente für den SCI-Port **60** auf einer diffusen und hochreflektierenden inneren Oberfläche der integrierenden Sphäre **51** angeordnet. Umgekehrt, wie schematisch durch die SCE-Spiegelbetrachtungsachse **62c** (welche die gespiegelte Reflexion der SCE-Betrachtungsachse **62b** ist) und die SCE-Begrenzungsspiegelstrahlen

62d beschrieben ist (welche die gespiegelte Reflexion bzw. Spiegelreflexion der äußeren Strahlen des Betrachtungsstrahls **62a** sind), umgibt der SCI-Port **60** den Bereich, von wo die gespiegelte Komponente bzw. Spiegelkomponente für den SCE-Port **62** herkommen bzw. entspringen würde. In diesem Beispiel sind der SCI-Port **60** und SCE-Port **62** ferner gezeigt, während sie nicht überlappende Bereiche der Betrachtung bzw. Ansichtsbereich **60e** und **62e** der Probe bzw. des Musters jeweilig betrachten.

(2) Ein zweiter SCE-Port liegt dem Empfänger (Betrachtungsstrahl) von einem ersten SCE-Port gegenüber, welcher dem Empfänger (Betrachtungsstrahl) des zweiten SCE-Ports nicht gegenüber liegt. Der zweite SCE-Port kann gegenüberliegend von einem SEP oder dritten SCE-Port oder einem SCI-Port sein. Verschiedene Betrachtungswinkel und azimuthale Winkelkonfigurationen für den ersten und zweiten SCE-Port sind möglich, und zwar direkt analog zu dem SCI-Port und SCE-Port des letzteren Beispiels.

(3) Ein geteilter bzw. gemeinsam genutzter Betrachtungsport mit multiplen, nicht coaxialen Empfängern.

[0111] Als noch ein anderes Beispiel von Variationen innerhalb des Bereichs der multikanal-integrierenden Sphären-Einrichtung kann die integrierende Sphäre coaxiale Empfängerpfade (das heißt einen einzelnen Port mit einer Vielzahl von Empfängern) einschließen. Spezieller können Koaxialempfänger bereitgestellt sein, um die Anzahl von zur Verfügung stehenden Empfängern zu erhöhen. Eine Realisierung kann coaxiale Linsen von unterschiedlichen Brennweiten und korrespondierenden unterschiedlichen Durchmessern einsetzen, wie es gewünscht sein wird, um unterschiedliche Betrachtungsbereiche bzw. Bereiche der Betrachtung bereitzustellen, und den einen vor den anderen zu platzieren, und kleinere Durchmesser näher an die Probe bzw. das Muster bereitzustellen. Die größere(n) Linse(n) würden um die kleineren herumschauen, wobei die letzteren eine zentrale Verdunkelung zu den größeren bilden. Die zentrale Verdunkelung kann oft einfach als ein Verlust beim zur Verfügung stehenden Probenlicht für die größere(n) Linse(n) toleriert werden. Der Fokus der kleineren Linse(n) kann zu dem Analysemittel übermittelt werden, indem ein gefalteter Spiegel oder eine faseroptische Führung oder Ähnliches bereitgestellt wird, um Interferenzen mit dem (den) größeren Empfänger(n) zu minimieren. Natürlich können gekrümmte Spiegel anstatt der Linsen verwendet werden. Eine andere Realisierung zur Bereitstellung coaxialer Empfänger setzt Zonenplatten ein: bei einer Zonenplatte mit einem Fresnel-Muster ist bekannt, dass es multiple Brennweiten aufweist, für welche ein Empfänger mit oder ähnlich zwei oder mehr Fokusse verwendet werden kann, und zwar unter Verwendung der Übertragungs-/Faltungstechniken, die bereits beschrieben sind. Noch eine andere Realisierung zur

Bereitstellung koaxialer Empfänger ist durch das Kombinieren ihrer Achsen unter Verwendung von Strahlteiler(n) als Strahlkombinierer. Die koaxialen Empfänger können wie alle SCI-Empfänger, alle SCE-Empfänger oder einer Kombination von SCI- und SCE-Empfängern realisiert sein. Die gespiegelten Empfänger für den (die) SCE-Empfänger, die koaxial mit SCI- und/oder SCE-Empfänger(n) realisiert sind, können durch andere SCE-Ports (koaxial oder individuell) oder durch einen SEP blockiert sein. Das Realisieren koaxialer SCE-Ports, die koaxial mit der Probennormalen bzw. Musternormalen sind, stellt eine Vielzahl von SCE-Ports bereit, und zwar ohne den Bedarf für irgendeinen zusätzlichen Port um die gespiegelten Komponenten zu blockieren.

[0112] Anhand eines Beispiels zeigt [Fig. 13](#) schematisch eine Realisierung eines koaxialen Empfängers entsprechend einer veranschaulichenden Ausführungsform der multikanal-integrierenden Sphären-Erfindung. In dieser veranschaulichenden Ausführungsform sind der koaxialen Empfänger **80** mit einem kleinen Bereich und der Empfänger **82** mit einem großen Bereich, die sich den Betrachtungsport **81** teilen bzw. gemeinsam nutzen, beide SCE-Empfänger und werden als gegenüberliegend von einem SEP **86** gezeigt, welcher schematisch gezeigt ist, und zwar als eine Abwesenheit eines Abschnitts der integrierenden Sphäre **100** und ihrer inneren diffusen, hochreflektierenden Oberfläche **100a**. SCE-Empfänger **80** mit einem kleinen Bereich und SCE-Empfänger **82** mit einem großen Bereich haben gemeinsame Empfängerachsen **88**, entlang welcher die Empfänger auf die Probe bzw. das Muster **90** gerichtet sind, welche diffus durch optische Strahlung belichtet werden, die indirekt von der Lampe **102** über die integrierende Sphäre **100** einfällt. Der Empfänger **80** mit einem kleinen Bereich schließt die Linse **80a** ein, die optisch an die optische Faser **80b** gekoppelt ist, wohingegen der Empfänger **82** die Linse **82a** einschließt, die optisch an die optische Faser **82b** gekoppelt ist. Die Linse **82a** schließt einen zentralen Verdunkelungsbereich **82c** ein, um das Empfangen optischer Strahlung von dem Empfänger mit kleinem Bereich zu verhindern, wobei somit sichergestellt ist, dass der Empfänger **82** mit einem großen Bereich nur optische Strahlung direkt von der Probe bzw. dem Muster **90** empfängt. Ferner werden zur Referenz und zur Klarheit der Exposition gezeigt schematische Beschreibungen von: einer Probennormalen bzw. Musternormalen **87**; eine Spiegelem Empfängerachse **88a**, die zu der gespiegelten Reflexion der Empfängerachse **88** korrespondiert; einen Betrachtungsstrahl **80e** mit kleinem Bereich; einen Betrachtungsstrahl **82e** mit großem Bereich; Spiegelstrahlen **80f** mit einem begrenzenden kleinen Bereich, welcher mit den äußeren Grenzen bzw. Begrenzungen der Spiegelstrahlen für einen Betrachtungsstrahl **80e** mit einem kleinen Bereich korrespondiert; Spiegelstrahlen **82f** mit einem äußeren größeren Bereich, welche

zu den Spiegelstrahlen für die äußeren Grenzen bzw. Begrenzungen eines Betrachtungsstrahls **82e** mit einem großen Bereich korrespondieren; und Spiegelstrahlen **82g** mit einem inneren großen Bereich, welche zu den Spiegelstrahlen für die inneren Grenzen bzw. Begrenzungen des Betrachtungsstrahls **82e** eines großen Bereichs korrespondieren. Von diesen Referenzlinien kann es gesehen werden, dass bei dieser Realisierung Empfänger **80** mit einem kleinen Bereich und Empfänger **82** mit einem großen Bereich konzentrische Bereiche der Probe bzw. des Musters **90** betrachten. Es ist klar, dass die koaxialen SCE-Empfänger alternativ von anderen Probenbetrachtungspunkten gegenüber gelegen sein können, derart als ein SCE-Port (z.B. er selbst mit einer oder mehreren SCE-Empfängern). Es ist ferner klar, dass allgemeiner eine integrierende Sphäre in Übereinstimmung mit der multikanal-integrierenden Sphären-Erfindung ein oder mehrere Ports einschließen kann, wobei jeder koaxiale Empfängeranordnungen aufweist, und dass zusätzliche Ports mit einzelnen Empfängern bzw. Einzelempfängern in Kombination mit einem oder mehreren Ports mit koaxialen Empfängern eingeschlossen sein können.

[0113] Diese vorangehenden Variationen mit Bezug auf SCE- und SCI-Portanordnungen sind bloß veranschaulichend für die vielen möglichen Variationen entsprechend der multikanal-integrierenden Sphären-Erfindung mit Bezug auf azimutale Verschiebung bzw. Versetzung, Bereichsansicht bzw. Betrachtungsbereiche, Betrachtungswinkel und Ort der Betrachtung bzw. Betrachtungsort (das heißt der Ort einer Bereichsansicht bzw. Ort des Bereiches der Betrachtung, wie sie durch den Probenschnittpunkt bzw. Musterschnittpunkt durch die Betrachtungsachse definiert ist) von einer integrierenden Sphäre mit zwei oder mehr SCI-Ports oder zumindest einem SCI-Port und zumindest einem SCE-Port oder zwei oder mehr SCE-Ports. Es ist klar, dass, wie es oben beschrieben ist, die Auswahl einer besonderen Konfiguration von verschiedenen Faktoren abhängen kann, wie z.B. der (den) gedachten Anwendungen (z.B. Kolorimetrie bzw. Farbmessung, Glanz, Textur usw.) und dem Messstandards.

[0114] Wie es aus der vorangehenden Beschreibung geschätzt werden kann und wie es weiter geschätzt werden kann, indem die multikanal-integrierende Sphären-Erfindung praktiziert wird, schließt eine integrierende Sphäre entsprechend der multikanal-integrierenden Sphäre-Erfindung unzählige Merkmale, Vorteile und beigefügte Vorteile ein. Zum Beispiel schließen Vorteile des parallelen Empfangens einer Vielzahl von Betrachtungsstrahlen ein: multiple Datensätze können durch einen einzelnen Messschritt bereitgestellt werden, keine beweglichen Teile oder keine Zeitverzögerung, die gefordert wird, um den Modus zu wechseln (z.B. SCE, SCI, unterschiedliche Bereiche der Betrachtung für SCE

und/oder SCI), elektrische Leistung wird effizient verwendet (z.B. wird eine reduzierte Zeit benötigt, um die Lampen mit Leistung zu versorgen, und zwar verglichen zu multiplen Messungen, keine Teile müssen elektromechanisch bewegt werden), die Komponentengrößen können klein sein und die Gesamtstruktur wird langlebig sein (z.B. von bzw. durch keine beweglichen Teile). Die Präsenz von sowohl SCI- als auch SCE-Moden für einen gegebenen Betrachtungsbereich bzw. Bereich der Betrachtung kann schnell und bequem eine Schätzung des Glanzes der Probenoberfläche bzw. Miteroberfläche bereitstellen. Die Präsenz bzw. Anwesenheit von multiplen Bereichsbetrachtungen bzw. Bereichen der Betrachtung stellt die Fähigkeit bereit, um schnell zu messen oder die Probengleichförmigkeit bzw. Mustergleichförmigkeit zu schätzen, und/oder die Probendurchleuchtung bzw. Miterdurchleuchtung bereit. Zusätzlich stellen verschiedene azimutale Winkel zwischen SCE und/oder SCI die Fähigkeit bereit, andere Erscheinungsparameter (zusätzlich zu der Farbe) von den Datensätzen, die erfasst werden, zu extrahieren, wie z.B. Oberflächenebenheit bzw. Oberflächenrauigkeit oder Textur. Das Aufweisen einer gleichzeitigen bzw. simultanen Referenzmessung stellt ferner optimale Korrektur bereit. Diese Merkmale und Vorteile stellen im Wesentlichen besondere Vorteile bereit, die gut geeignet für portable bzw. transportierbare Instrumente sind sowie für nicht portable bzw. nicht transportierbare Anwendungen geeignet sind.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Beschreiben von Oberflächeneffekten einer Probe bzw. eines Musters (6), wobei das Verfahren die Schritte aufweist:

(a) an einem Empfänger (20) wird optische Strahlung (26, 26a, 26b) empfangen, die von der Probe bzw. dem Muster (6) reflektiert oder gestreut worden ist, wobei die optische Strahlung (26, 26a, 26b) gespiegelte Komponenten beinhaltet, die durch Wellenlängen entsprechend der chromatischen Aberration des Empfängers (20) räumlich codiert sind;

(b) ein Signal, welches die optische Strahlung (26, 26a, 26b) darstellt, wird verarbeitet, um ein Maß bzw. eine Größenordnung von Oberflächeneigenschaften bzw. Oberflächencharakteristiken basierend auf den gespiegelten Komponenten bereitzustellen; die durch Wellenlängen entsprechend der chromatischen Aberration räumlich codiert sind; gekennzeichnet durch:

(c) die Probe bzw. das Muster (6) wird an einem Probenport bzw. einer Musteröffnung (7) von einer integrierenden Sphäre (1) bzw. Kugel angeordnet, und zwar derart, dass die Probe bzw. das Muster (6) nur durch eine Lichtquelle (2) beleuchtet wird; und

(d) der Empfänger (20), der ein Empfänger ist, der eine spiegelnde Komponente ausschließt, wird über einen Port bzw. eine Öffnung (5) der integrierenden Sphäre (1) bzw. Kugel angewandt bzw. angeordnet.

2. Verfahren zum Beschreiben von Oberflächeneffekten einer Probe bzw. eines Musters nach Anspruch 1, wobei das Verfahren die Schritte aufweist: die Größe eines Ports bzw. einer Öffnung oder einer Klappe bzw. einer Falle, die im Wesentlichen gegenüber dem ersten Empfänger angeordnet ist, derart, dass eine gespiegelte Projektion der optischen Strahlung, die durch den ersten Empfänger empfangen wird, den Bereich überlappt bzw. überdeckt, der durch den Port bzw. die Öffnung oder die Klappe bzw. die Falle, beinhaltet ist, wird zu jeder von einer Vielzahl von Größen eingestellt;

an dem ersten Empfänger wird für jede von der Vielzahl von Größen des Ports bzw. der Öffnung oder der Klappe bzw. der Falle, ein korrespondierendes optisches Strahlungssignal empfangen, das von der Probe bzw. dem Muster (6) reflektiert oder gestreut worden ist; und

die korrespondierenden optischen Strahlungssignale werden verarbeitet, um ein Maß bzw. Ausmaß oder eine Größenordnung von Oberflächeneigenschaften bzw. Oberflächencharakteristiken bereitzustellen.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, das den Schritt des Empfangs eines zweiten optischen Signals von der Probe bzw. dem Muster (6) aufweist, wobei das zweite optische Signal spiegelnde Komponenten bzw. Spiegelkomponenten beinhaltet, die von der Probe bzw. dem Muster (6) reflektiert worden sind.

4. Verfahren nach Anspruch 3, wobei das optische Signal und das zweite optische Signal gleichzeitig empfangen werden.

5. Verfahren nach irgendeinem der Ansprüche 1 bis 4, wobei der Verarbeitungsschritt das Verarbeiten der Signale beinhaltet, die die optische Strahlung darstellen, um eine Farbmessung für die Probe bzw. das Muster (6) bereitzustellen, wobei dadurch sowohl eine Farb- als auch Oberflächeneffektkennezeichnung bzw. Oberflächeneffektcharakterisierung für die Probe bzw. das Muster (6) von einer gemeinsamen Messung bereitgestellt wird.

6. Verfahren nach irgendeinem der Ansprüche 1 bis 5, wobei das Maß bzw. Ausmaß oder die Größenordnung von Oberflächeneigenschaften bzw. Oberflächencharakteristiken ein Oberflächeneffektindex ist, der stellvertretend für eine Oberflächenrauigkeit ist, und durch Berechnung einer Funktion, die den räumlichen Frequenzinhalt der Oberfläche repräsentiert bzw. darstellt, unabhängig bestimmt wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6, wobei der Oberflächeneffektindex auf einer Abweichung zwischen spiegelnder Reflexion bzw. Spiegelreflexion für die gemessene Probe bzw. das gemessene Muster (6) relativ zu einer ideal ebenen und glatten Probe bzw. eines ideal ebenen und glatten Musters (6) basiert.

8. Verfahren nach Anspruch 6, wobei der Oberflächeneffektindex auf einer Verschiebung der Übergangsfrequenz eines Spiegel- bzw. Reflexionsfehlers basiert.

9. Verfahren nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, wobei das Maß bzw. Ausmaß oder die Größenordnung der Oberflächeneigenschaften bzw. Oberflächencharakteristiken eine Funktion ist, die den räumlichen Frequenzinhalt der Oberfläche darstellt.

10. Verfahren nach Anspruch 9, wobei das Maß bzw. Ausmaß oder die Größenordnung von Oberflächeneigenschaften bzw. Oberflächencharakteristiken ein Maß bzw. eine Größenordnung der Erscheinung bzw. des Sichtbarwerdens ist, die entsprechend der Funktion berechnet wird, die den räumlichen Frequenzinhalt der Oberfläche darstellt.

11. Verfahren nach Anspruch 10, wobei das Maß bzw. Ausmaß oder die Größenordnung der Erscheinung bzw. des Sichtbarwerdens eine Anzeige von Glanz/Matt, „orange peel bzw. Orangenschaleneffekt“, oder Gesamtfachheit bzw. Gesamtebenheit ist.

12. Vorrichtung zum Beschreiben von Oberflächeneffekten einer Probe bzw. eines Musters (6), die aufweist:

Mittel (20) um optische Strahlung (26, 26a, 26b) zu empfangen, die von der Probe bzw. dem Muster (6) reflektiert oder gestreut wird, wobei die optische Strahlung (26, 26a, 26b) gespiegelte Komponenten bzw. Spiegelkomponenten beinhaltet, die durch Wellenlängen entsprechend der chromatischen Aberration räumlich codiert sind;

Mittel um ein Signal zu verarbeiten, das die optische Strahlung (26, 26a, 26b) darstellt, um ein Maß bzw. Ausmaß oder eine Größenordnung von Oberflächeneigenschaften bzw. Oberflächencharakteristiken bereitzustellen, die auf den gespiegelten Komponenten basieren, die durch Wellenlängen entsprechend der chromatischen Aberration räumlich codiert sind; eine integrierende Sphäre (1) bzw. Kugel; und eine Lichtquelle (2);

dadurch gekennzeichnet, dass die Probe bzw. das Muster (6) an einem Probenport bzw. einer Musteröffnung (7) der integrierenden Sphäre (1) bzw. Kugel angeordnet ist, und zwar derart, dass die Probe bzw. das Muster (6) nur durch die Lichtquelle (2) beleuchtet wird, und dass das Mittel (20) zum Empfang einen Empfänger einschließt, der eine gespiegelte Komponente bzw. Spiegelkomponente ausschließt, der durch einen Port bzw. eine Öffnung (5) der integrierenden Sphäre (1) bzw. Kugel angewandt bzw. angeordnet ist.

13. Vorrichtung nach Anspruch 12, die einen Port bzw. eine Öffnung oder eine Klappe bzw. eine Falle aufweist, die im Wesentlichen gegenüber den ersten Empfänger angeordnet ist, und zwar derart, dass

eine gespiegelte Projektion der ersten optischen Strahlung, die durch den ersten Empfänger empfangen wird, den Bereich überlappt, der durch den Port bzw. die Öffnung oder durch die Klappe bzw. die Falle beinhaltet ist.

14. Vorrichtung nach Anspruch 12 oder Anspruch 13, die ferner ein Mittel zum Empfang eines zweiten optischen Signals von der Probe bzw. dem Muster (6) aufweist, wobei das zweite optische Signal gespiegelte Komponenten bzw. Spiegelkomponenten beinhaltet, die von der Probe bzw. dem Muster (6) reflektiert sind.

15. Vorrichtung nach Anspruch 14, wobei das optische Signal und das zweite optische Signal gleichzeitig empfangen werden.

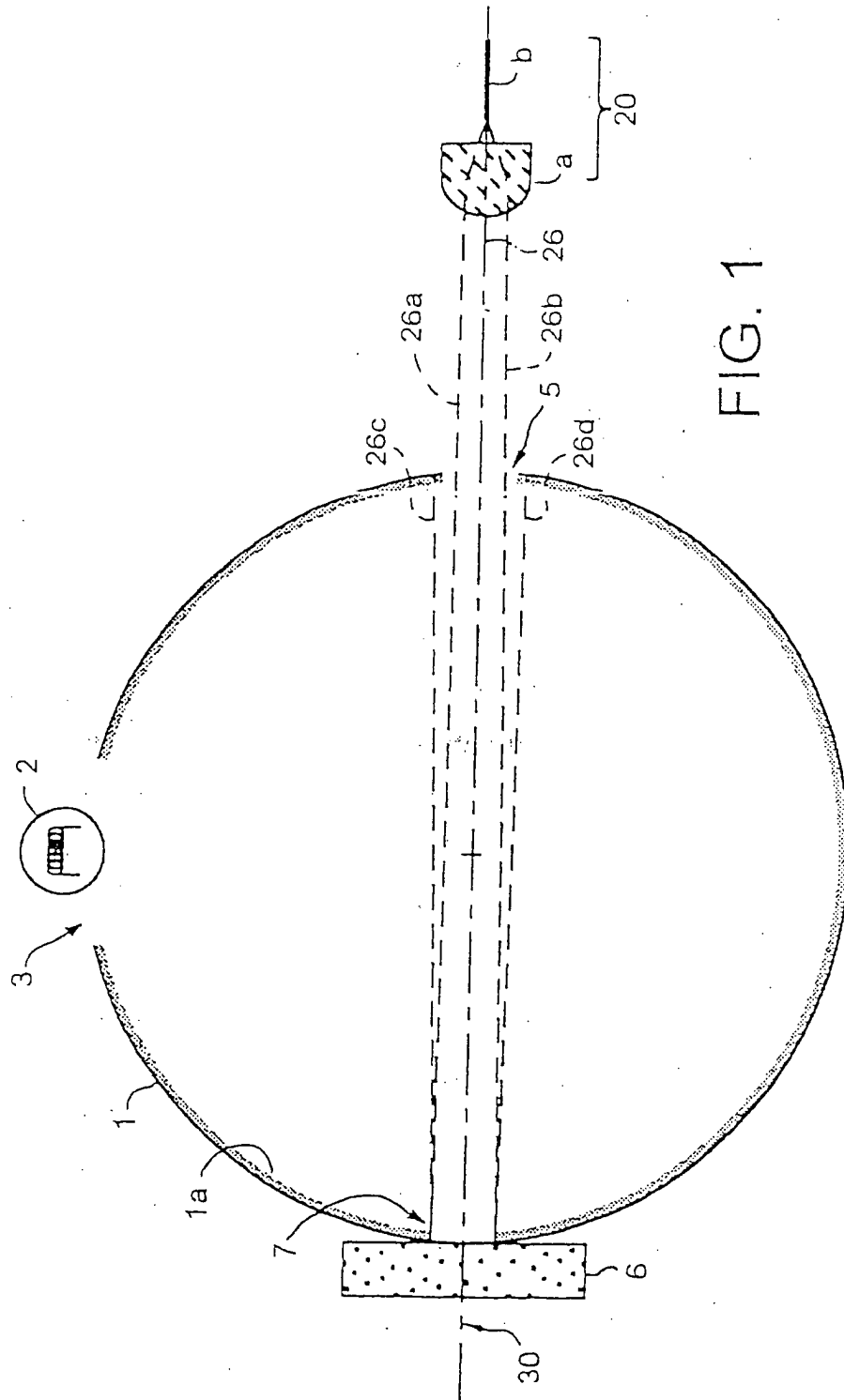
16. Vorrichtung nach Anspruch 12 oder Anspruch 13, wobei das Mittel zum Verarbeiten das Signal verarbeitet, das die optische Strahlung darstellt, um eine Farbmessung für das Muster bzw. die Vorlage bereitzustellen, wobei dadurch sowohl eine Farb- als auch Oberflächeneffektkennezeichnung bzw. Oberflächeneffektcharakterisierung für das Muster bzw. die Vorlage von einer gemeinsamen Messung bereitgestellt wird.

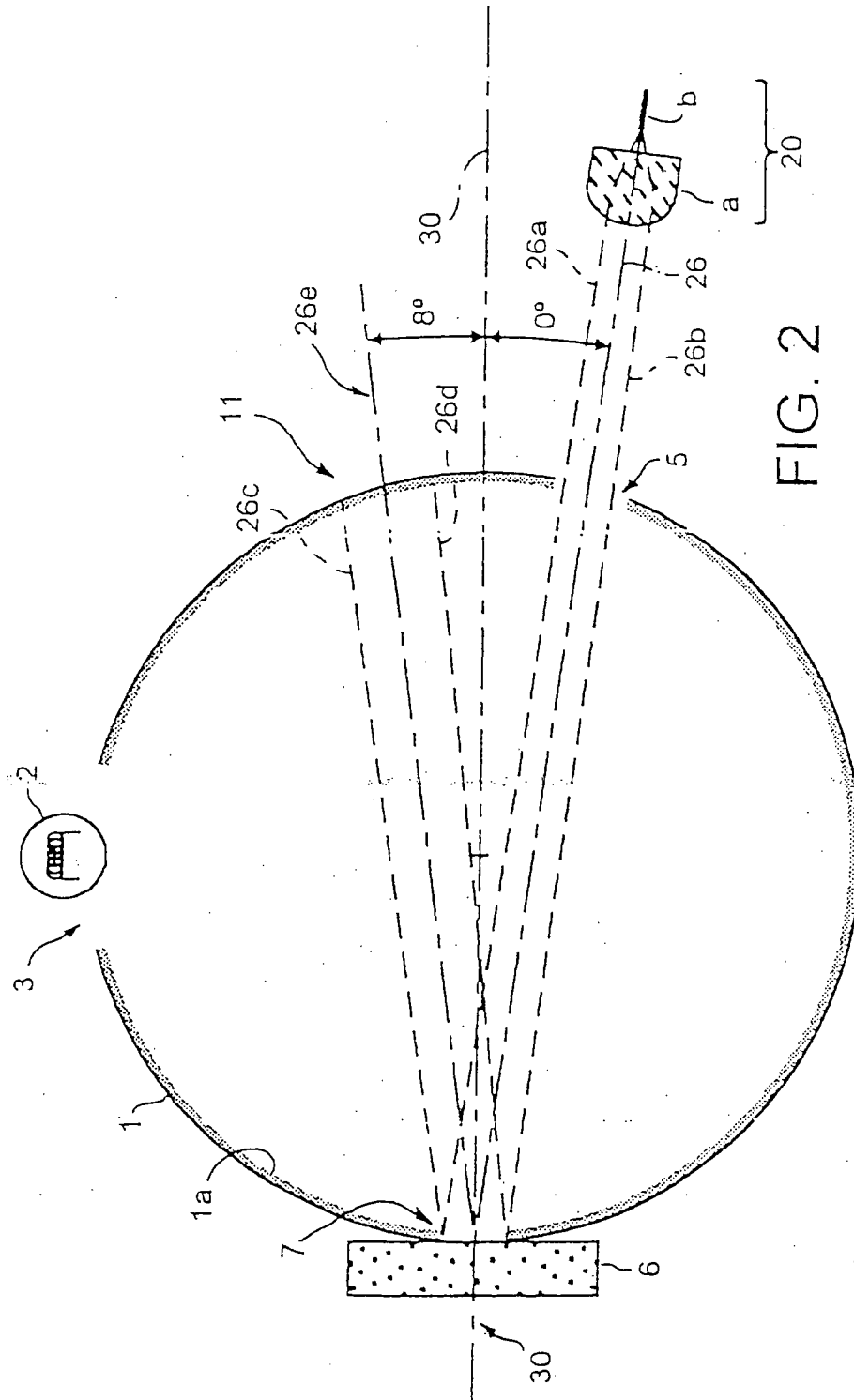
17. Vorrichtung nach Anspruch 12 oder Anspruch 13, wobei das Maß bzw. Ausmaß oder die Größenordnung der Oberflächeneigenschaften bzw. Oberflächencharakteristiken ein Oberflächeneffektindex ist, der repräsentativ für die Oberflächenrauigkeit ist, und durch Berechnung einer Funktion, die den räumlichen Frequenzinhalt der Oberfläche repräsentiert bzw. darstellt, unabhängig bestimmt wird.

18. Vorrichtung nach Anspruch 17, wobei der Oberflächeneffektindex auf einer Abweichung zwischen einer spiegelnden Reflexion bzw. Spiegelreflexion für die gemessene Probe bzw. das gemessene Muster (6) relativ zu einer ideal ebenen und glatten Probe bzw. Muster (6) basiert.

19. Vorrichtung nach Anspruch 17, wobei der Oberflächeneffektindex auf einer Verschiebung der Übergangsfrequenz eines Spiegelfehlers oder Reflexionsfehlers basiert.

Es folgen 15 Blatt Zeichnungen





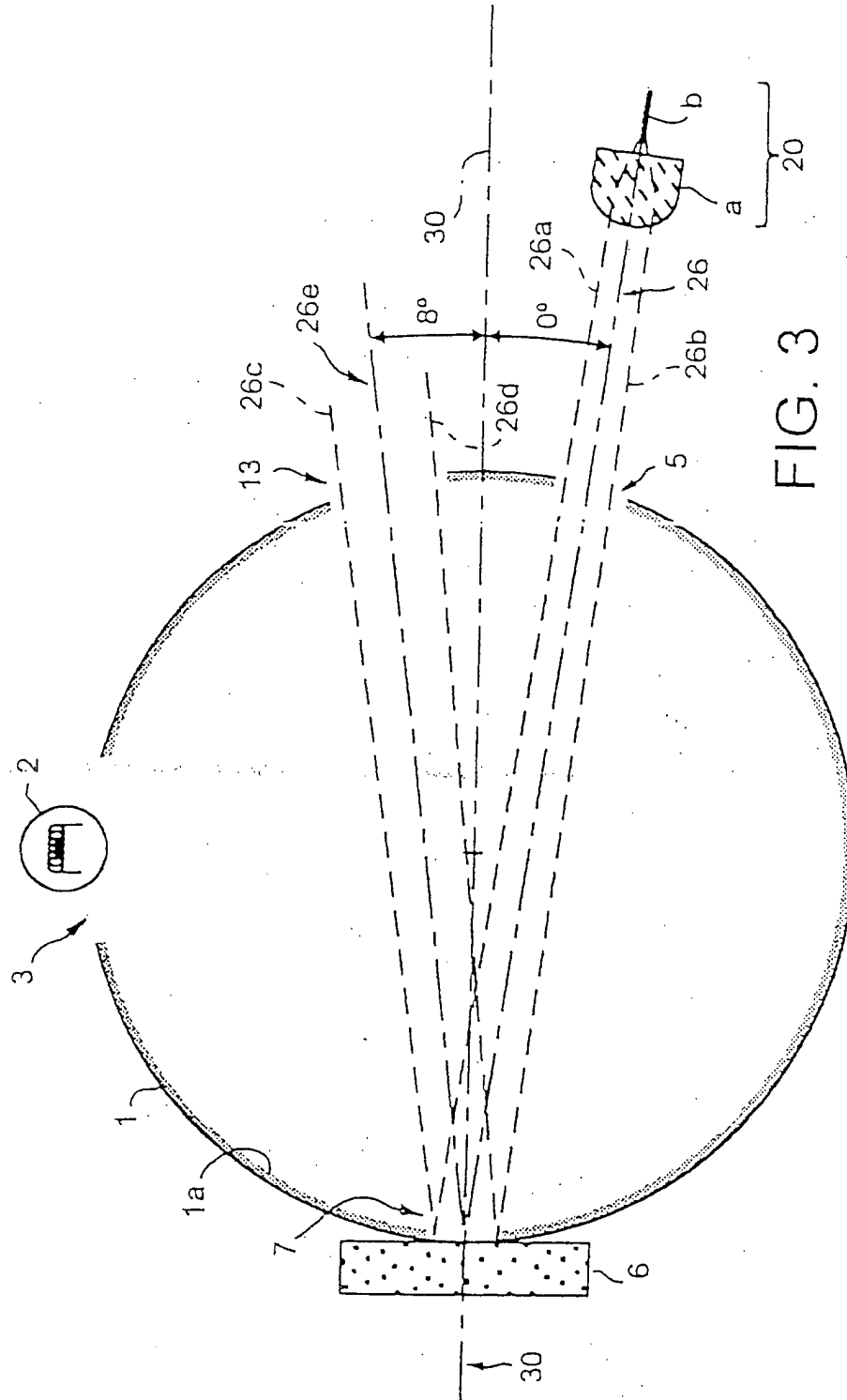
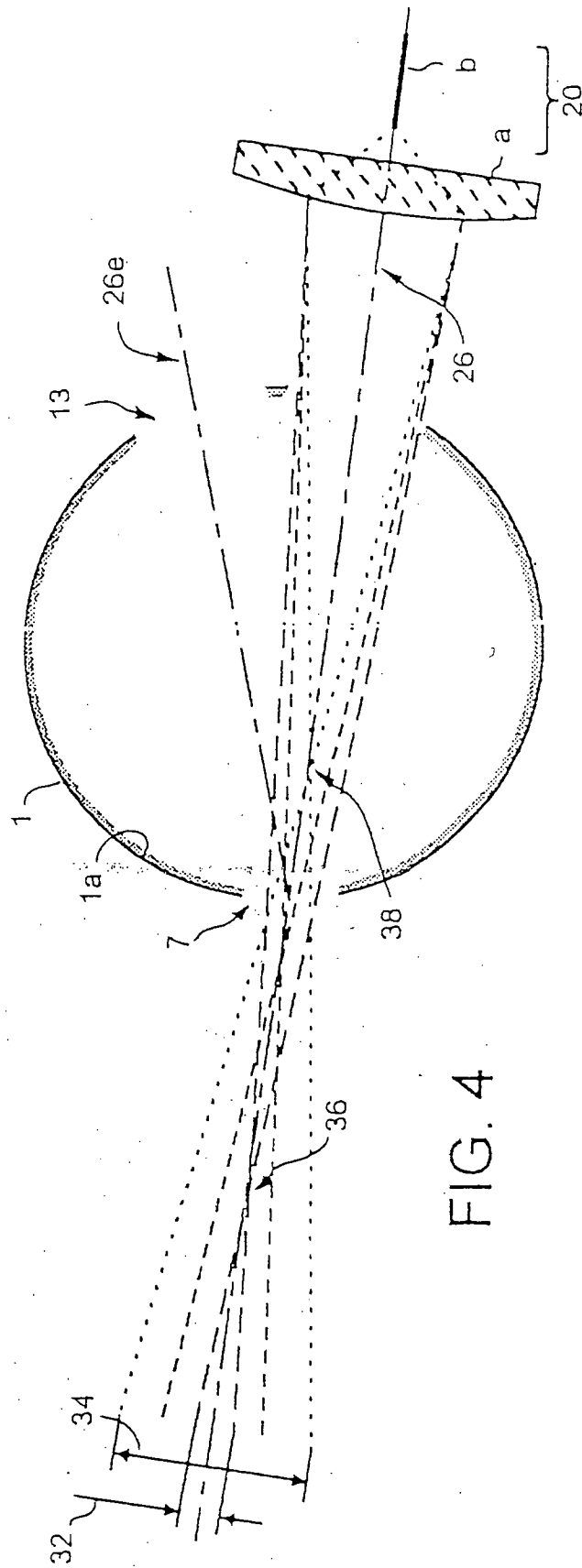
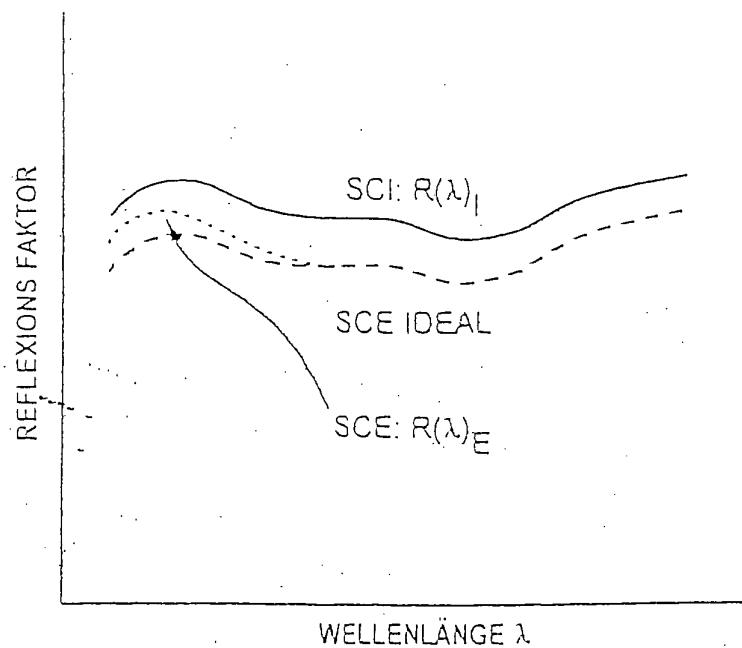


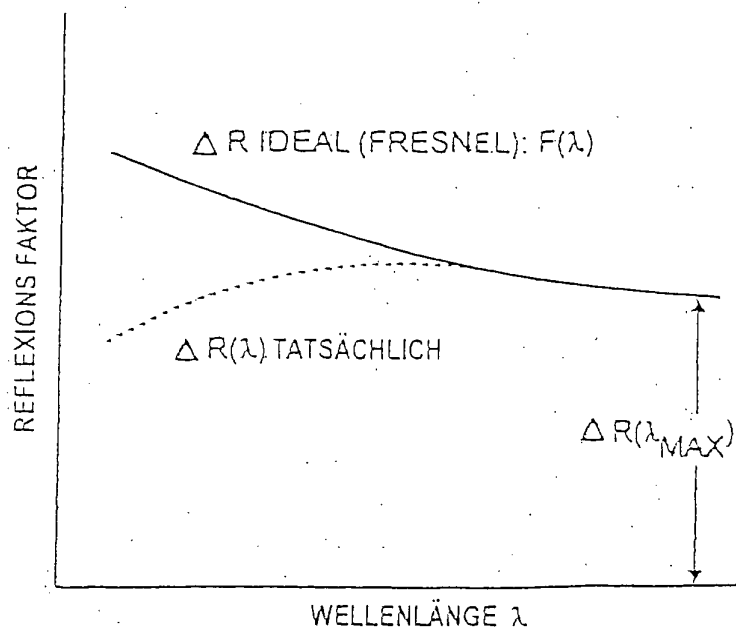
FIG. 3





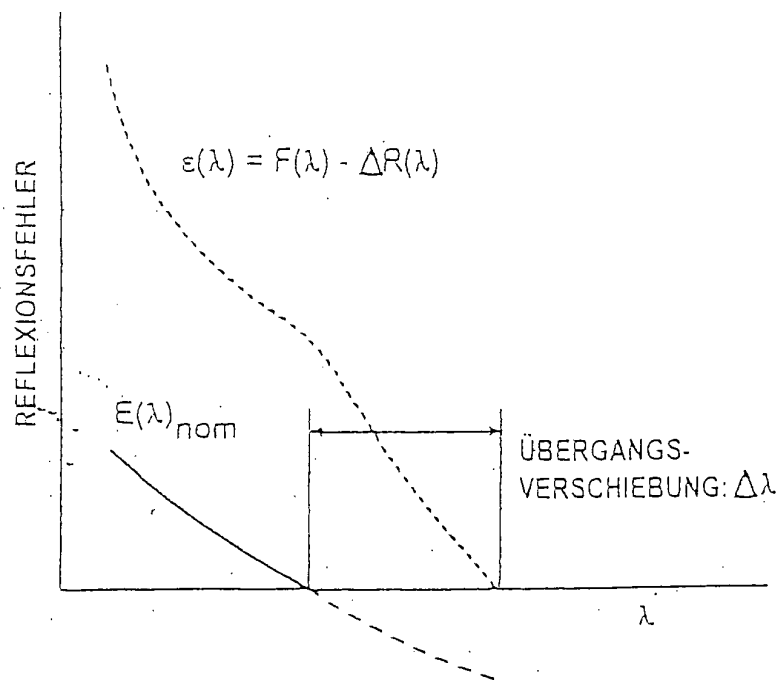
SCHRITT 1: DIE SPEKTRALEN REFLEXIONEN VERANSCHAULICHEN MESSUNGEN EINER HYPOTHETISCHEN PROBE BZW. EINES HYPOTHETISCHEN MUSTERS MIT EINER GLATT POLIERTEN OBERFLÄCHE; WOBEI IDEALE $d/0$ -(SCE)- UND $v/0$ -(SCI)-GEOMETRIEN EINGESCHLOSSEN SIND (GESTRICHELT UND VOLL). DIE GEPUNKTETE LINIE VERANSCHAULICHT EINE ENTFERNUNG VON DEM IDEAL, DAS DURCH DIE CHROMATISCHE ABERRATION DER EPFÄNGEROPTIK VERURSACHT IST.

FIG. 5



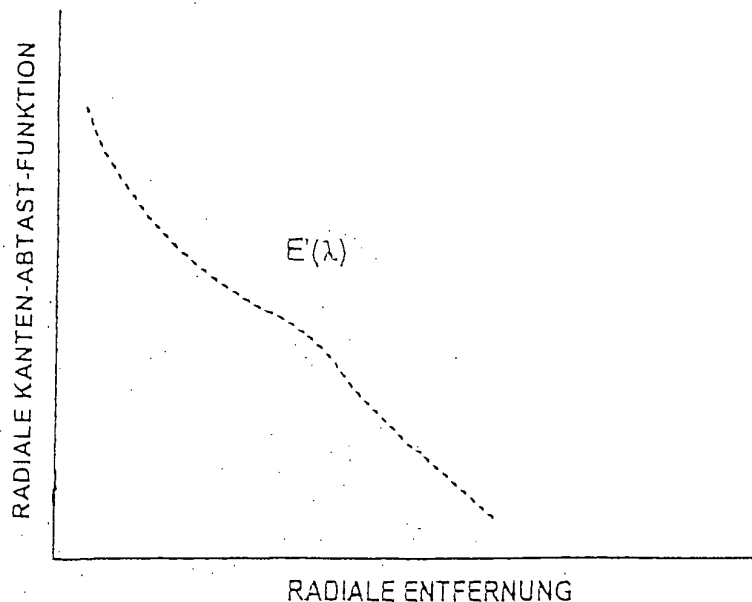
SCHRITTE 2 UND 3: DIE SCE-REFLEXIONEN WERDEN VON DEN SCI-REFLEXIONEN SUBTRAHIERT. DIE IDEALE FRESNEL-SPIEGELREFLEXION WÜRD FÜR EINEN HERKÖMMLICHEN ABERRATIONSFREIEN OPTISCHEN EMPFÄNGER ERWARTET WERDEN.

FIG. 6



SCHRITTE 4 BIS 6: DER SPIEGELFEHLER FÜR DIE PROBE BZW. DAS MUSTER IST BERECHNET, WOBEI DER NOMINALFEHLER, DER DURCH DIE LINSEN-CHROMATISCHE ABERRATION FÜR EINEN POLIERTEN "STANDARD" VERURSACHT IST, WIRD AUS DER INSTRUMENTENKALIBRIERUNG GEFUNDEN.

FIG. 7



SCHRITTE 7 UND 8: DIE KANTENABTASTFUNKTION $E'(l)$ IST VON $E'(l)$ ABGELEITET, UND ZWAR UNTER DER VERWENDUNG DER DESIGN- UND KALIBRIERPARAMETER DER EMPFÄNGEROPTIK. DIES IST ANALOG ZU DER MTF-ANALYSE EINES OPTISCHEN ABBILDUNGSSYSTEMS.

FIG. 8

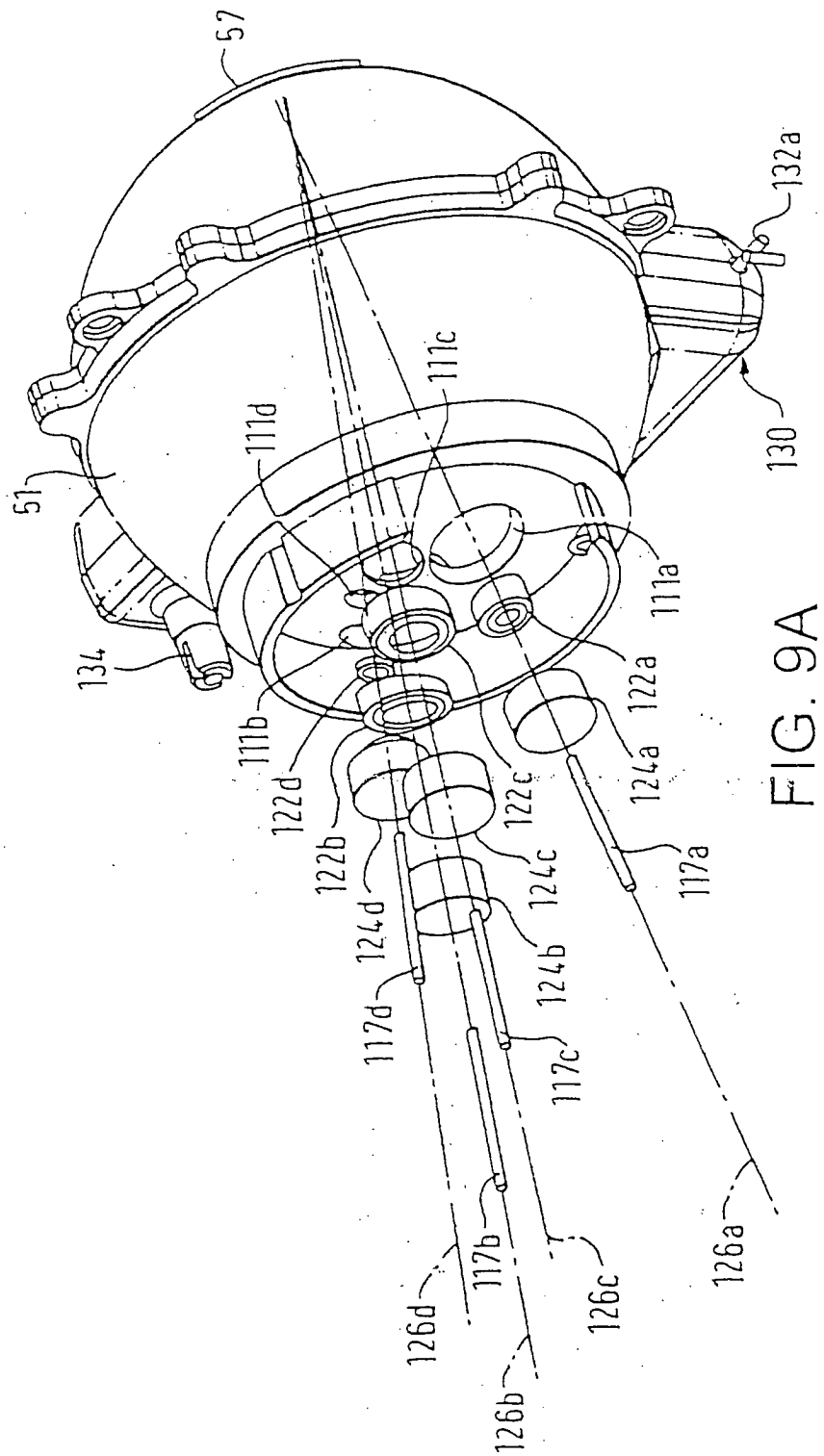


FIG. 9A

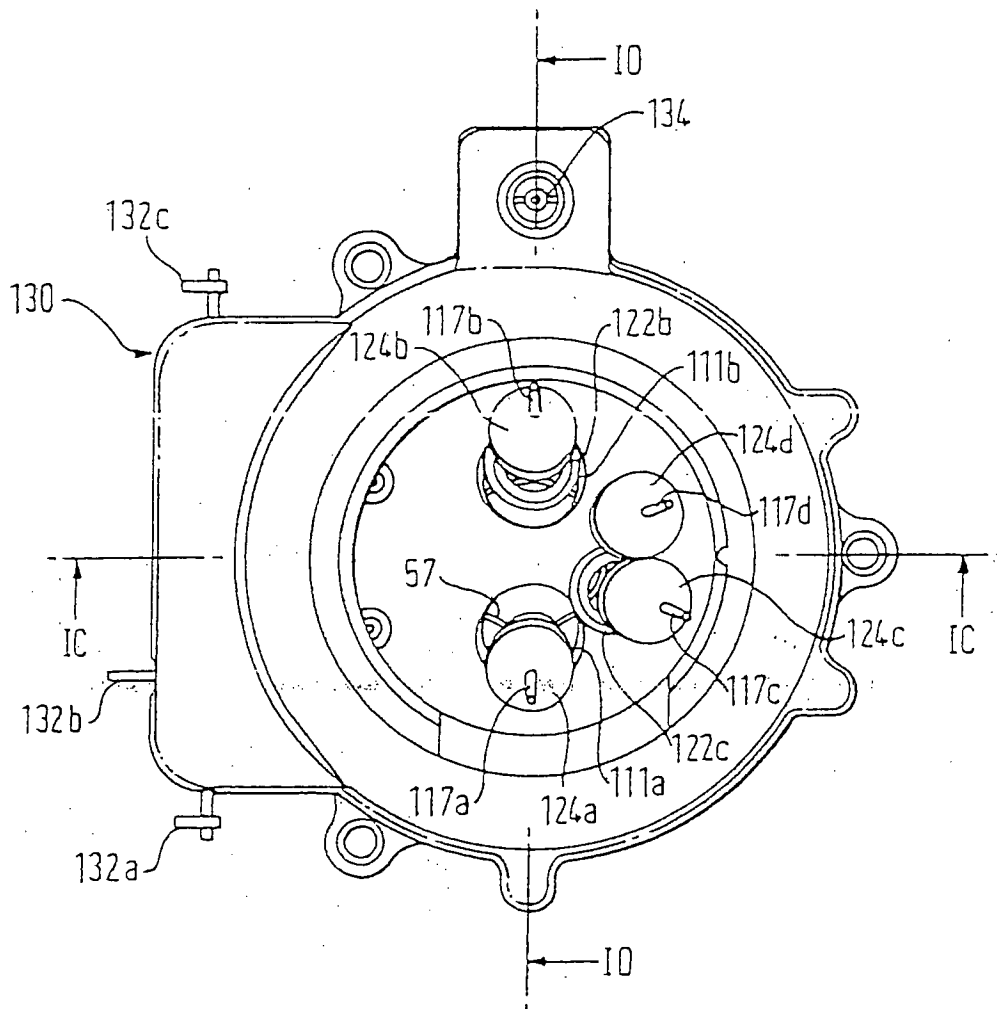


FIG. 9B

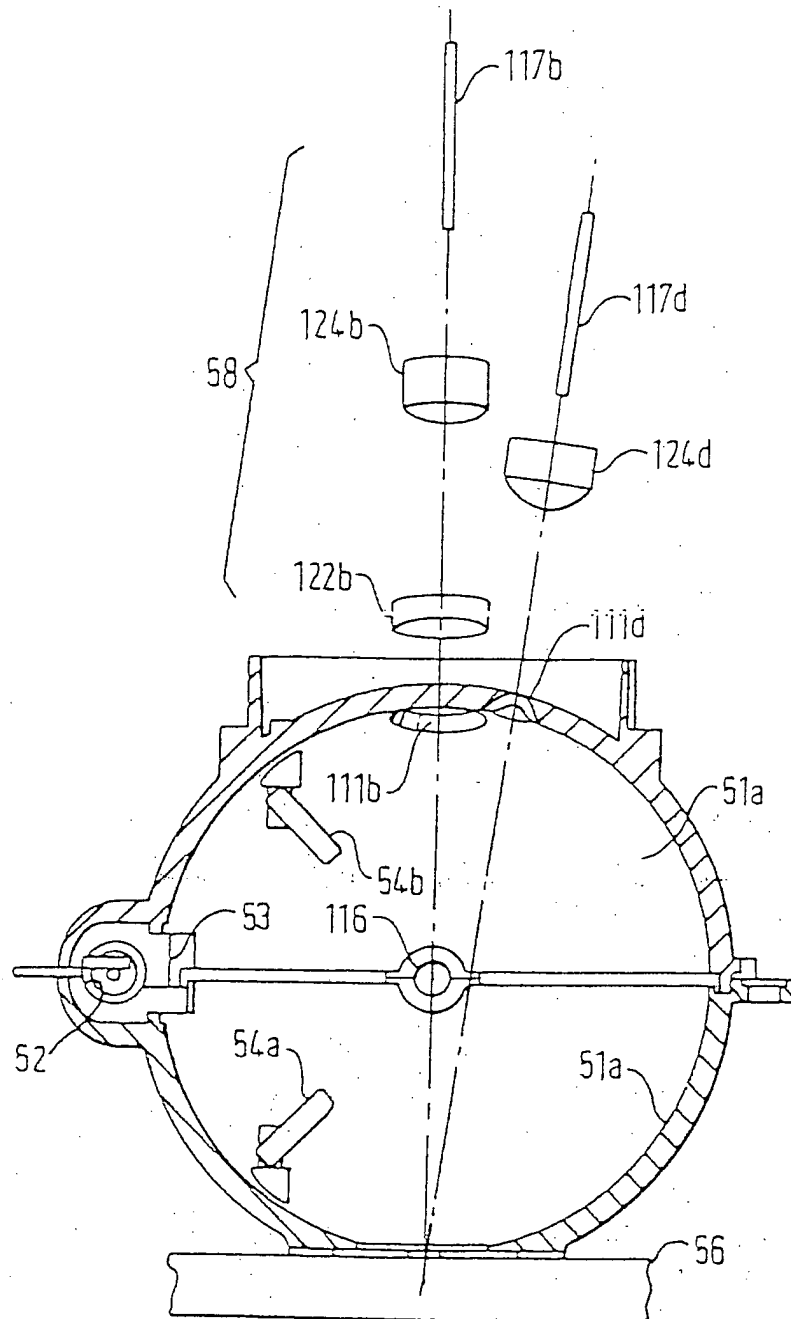


FIG. 9C

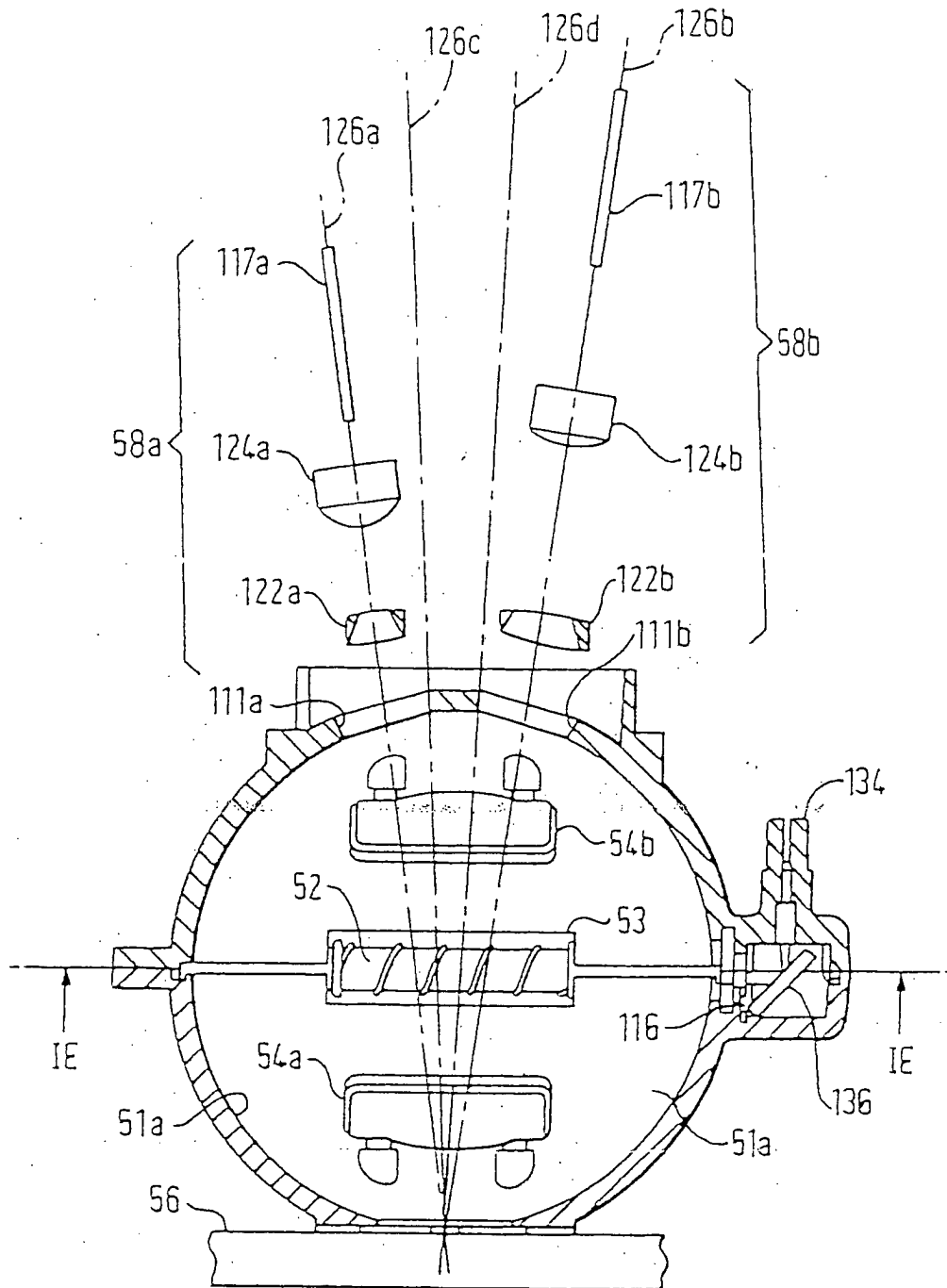


FIG. 9D

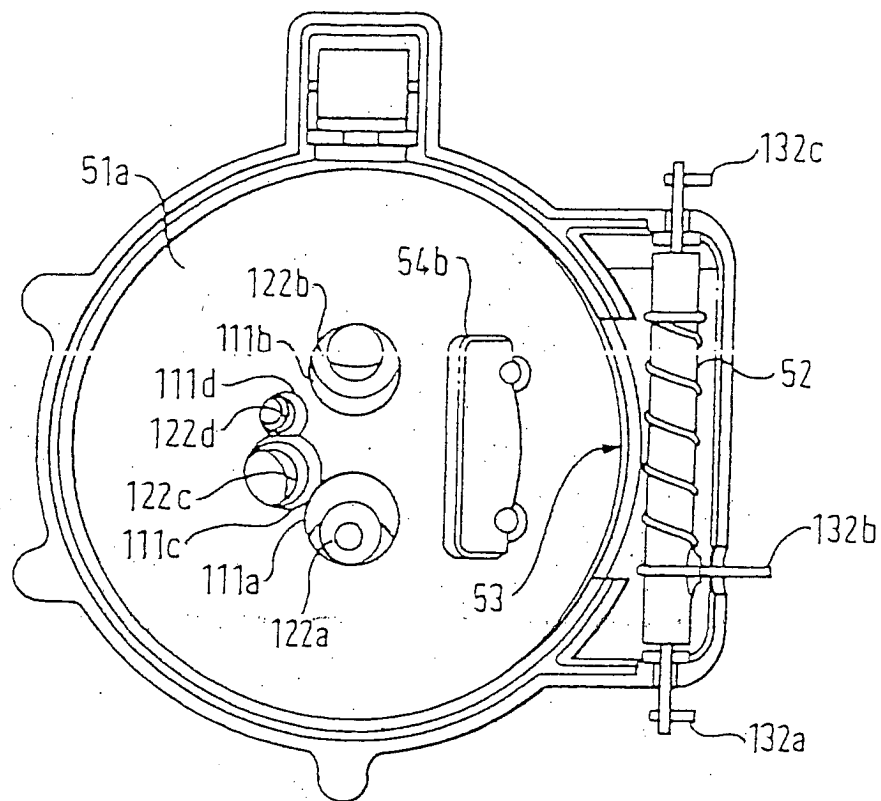


FIG. 9E

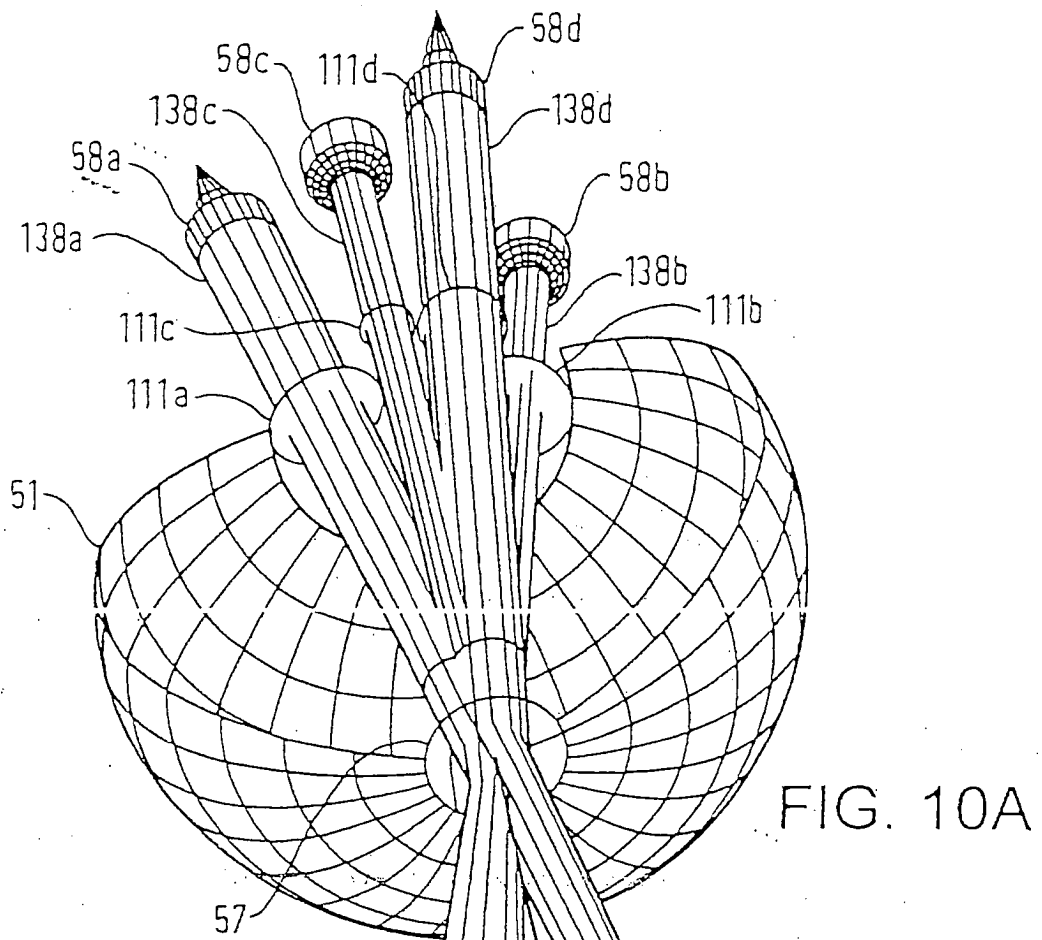


FIG. 10A

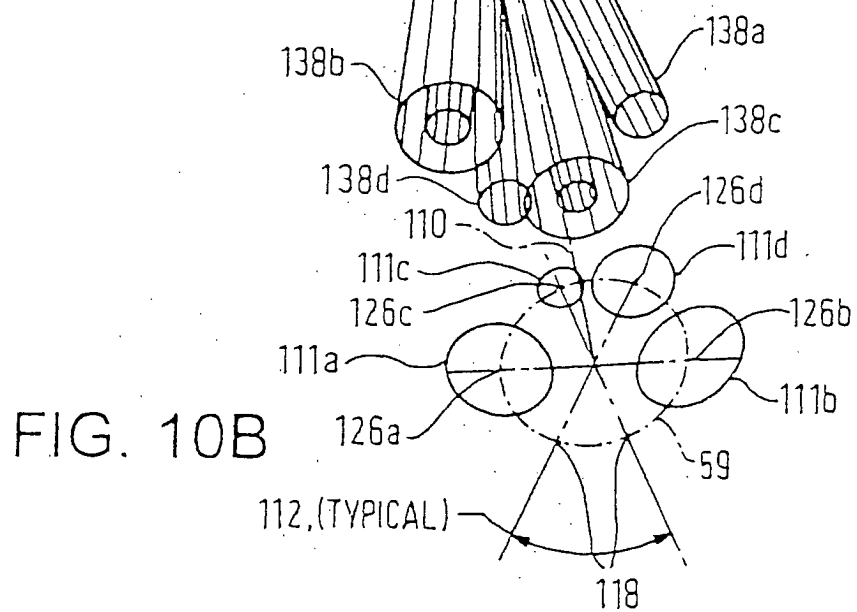


FIG. 10B

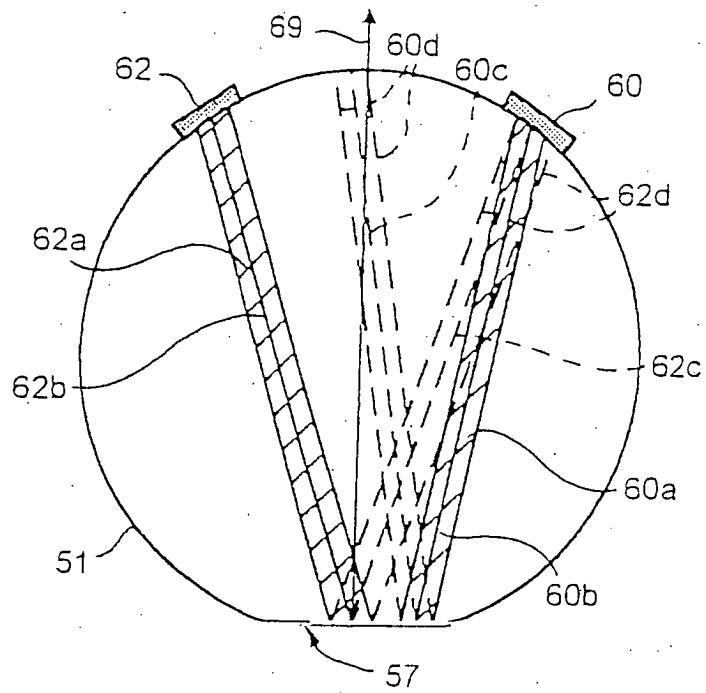


FIG. 11A

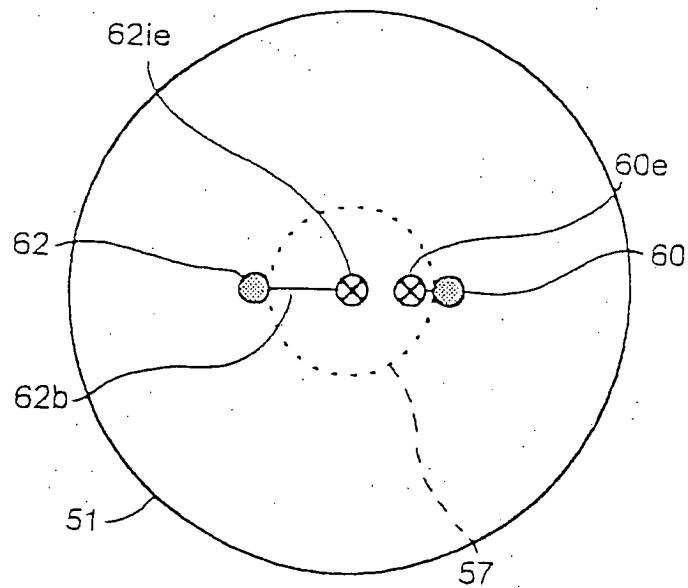


FIG. 11B

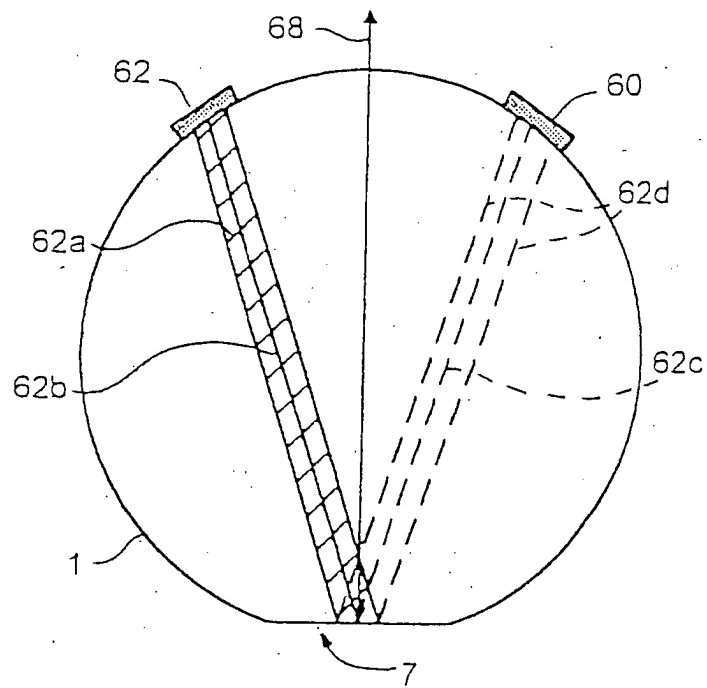


FIG. 12A

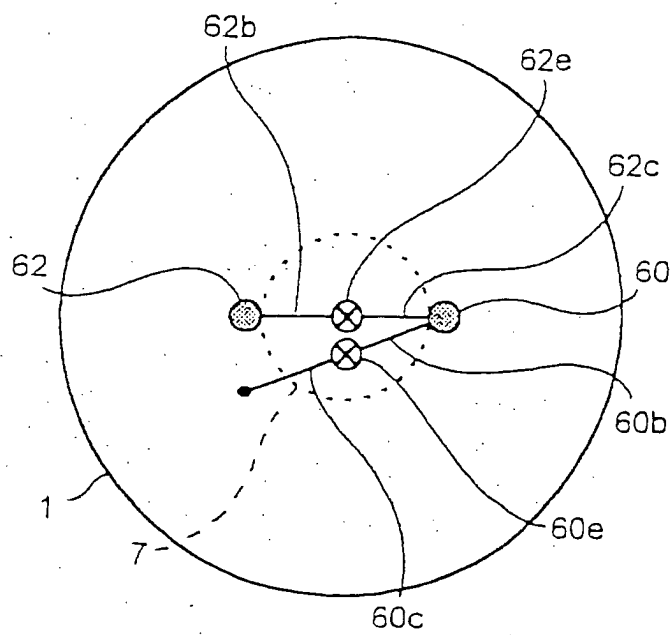


FIG. 12B

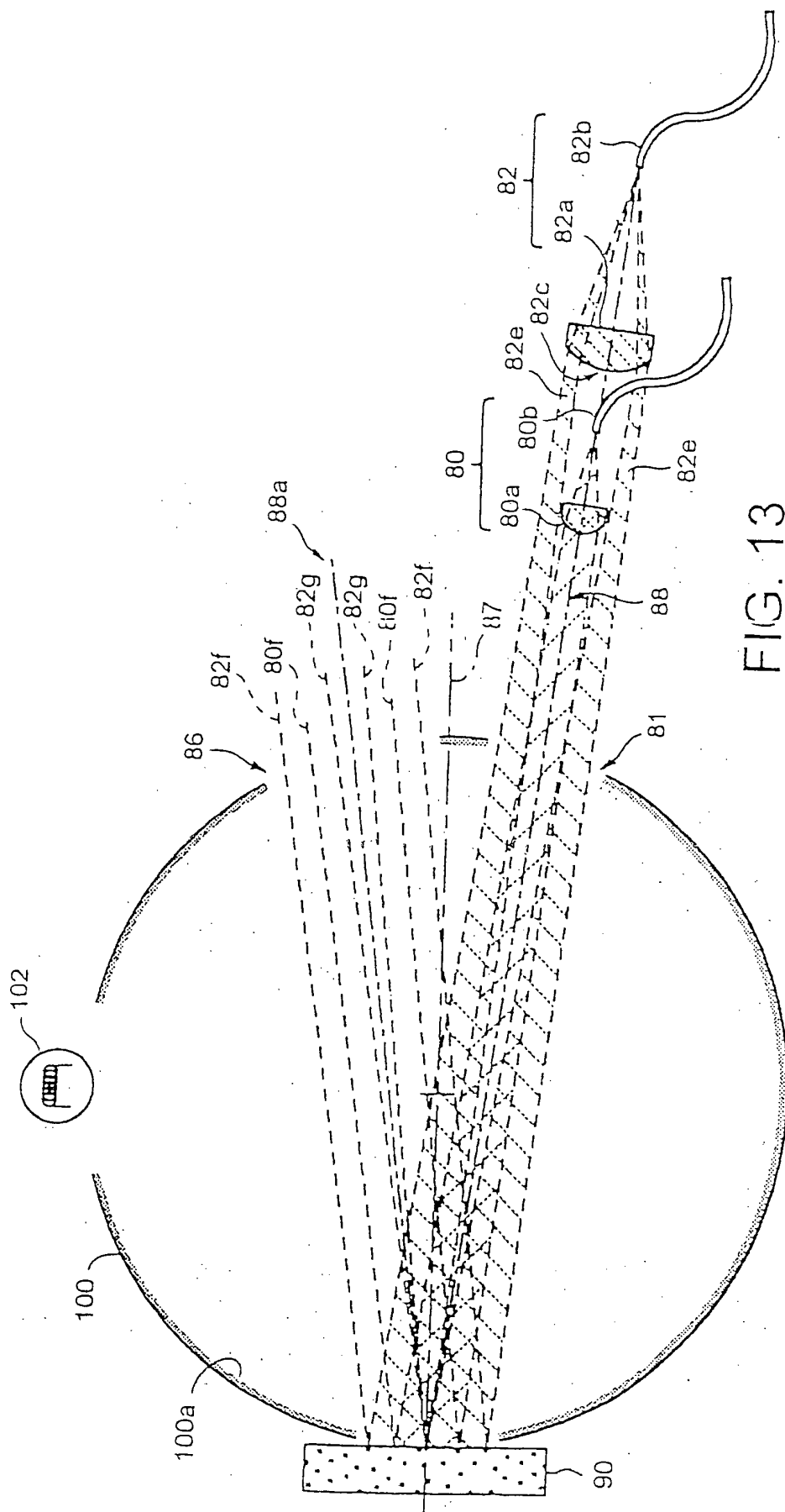


FIG. 13