



(10) **DE 10 2011 000 456 B4** 2022.01.27

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2011 000 456.4**
(22) Anmeldetag: **02.02.2011**
(43) Offenlegungstag: **11.08.2011**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **27.01.2022**

(51) Int Cl.: **G01N 21/43 (2006.01)**

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:
20105110 05.02.2010 FI

(73) Patentinhaber:
Kahre, Jan, Helsingfors, FI

(74) Vertreter:
**Patent- und Rechtsanwälte Loesenbeck, Specht,
Dantz, 33602 Bielefeld, DE**

(72) Erfinder:
Kahre, Jan, Helsingfors, FI

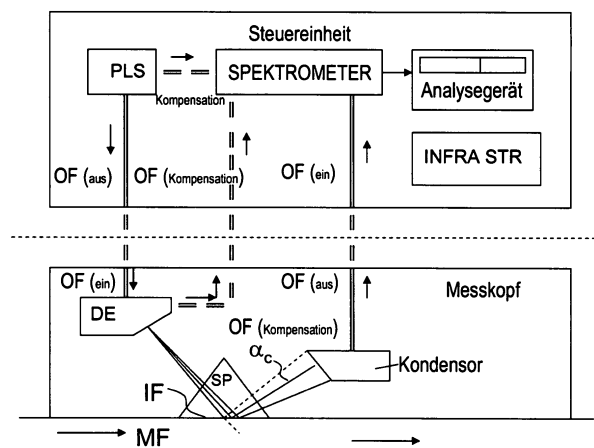
(56) Ermittelter Stand der Technik:

US	2009 / 0 279 074	A1
EP	1 970 695	A1
WO	2009/ 137 122	A2

(54) Bezeichnung: **Messkopf, optisches System, Verfahren sowie Software-Produkt zur Messung des Brechungsindex eines Mediums**

(57) Hauptanspruch: Messkopf eines optischen Instruments zur Messung des Brechungsindex eines Mediums oder einer davon ableitbaren Größe in Kontakt mit einer Grenzfläche (IF) eines Messprismas (SP) des Messkopfes, wobei der Messkopf des optischen Instruments außerdem umfasst:

- einen ersten Wellenleiter (OF) zur Bereitstellung von breitbandigem Licht aus einer breitbandigen Lichtquelle (PLS),
- ein dispersives Element (DE) zur Zerlegung des breitbandigen Lichts in mindestens einen Teilstrahl, der zu einer Vielzahl von Teilstrahlen gehört, so dass jeder einfallende Teilstrahl aus dieser Vielzahl einen unterschiedlich gerichteten Ausbreitungspfad sowie mindestens eine unterschiedliche Wellenlänge hat, die sich von den Wellenlängen der anderen Teile jener Vielzahl von Teilstrahlen unterscheidet,
- einen Kondensor (CON) zur Aufnahme zumindest eines Teilstrahls nach seiner Reflexion an der Grenzfläche (IF) des Messkopfes in einen zweiten Wellenleiter (OF), wobei das disperse Element (DE) so angeordnet ist, dass es mindestens einen Teilstrahl in den kritischen Winkel der Totalreflexion an dieser Grenzfläche (IF) führt, sowie zumindest einen weiteren Teilstrahl in eine Richtung lenkt, die in den Kondensor (CON) führt, der so angeordnet ist, dass er zumindest den weiteren Teilstrahl sammelt, um ihn zu einem Spektrometer weiterzuleiten, das die Aufgabe hat, eine Spektrometer-Analyse der ankommenden Teilstrahlen durchzuführen.



Beschreibung

Gebiet der Erfindung

[0001] Das Gebiet der Erfindung gehört in einem sehr allgemeinen Rahmen zur Bestimmung der Eigenschaften eines Mediums, genauer gesagt, in der Verwendung der optischen Eigenschaften eines Mediums und/oder deren Verwendung zur Bestimmung einer daraus ableitbaren Größe, wie in dem Oberbegriff des unabhängigen Anspruchs beschrieben ist.

Hintergrund

[0002] Bestimmte optische Instrumente können eingesetzt werden zur Messung des Brechungsindex einer Substanz oder zur Bestimmung einer daraus ableitbaren Größe, sofern sie vom Brechungsindex abhängt. Als Beispiel einer solchen ableitbaren Größe kann auf der Basis der Messung des Brechungsindex die Konzentration einer Komponente in einer Trägersubstanz bestimmt werden. Andere ableitbare Größen sind Dichte, Gehalt an anderen Substanzen, Leitfähigkeit, usw. Derartige Instrumente, die das gleiche Prinzip verwenden, können in geeignetem Umfang auch für andere Medien als Flüssigkeiten dienen, das heißt, man kann die Bestimmung des Brechungsindex auch für die Messung an Gasen, Flüssigkeiten und transparenten Festkörpern einsetzen. Flüssigkeiten können sein: Öle, Flüssigkeiten auf Wasserbasis, Lösungen hiervon, usw. Festkörper können sein: Glas, Diamanten oder durchscheinende Festkörper.

[0003] Ein Ensemble bekannter Messmethoden basiert auf dem Snell'schen Gesetz und der Verwendung seiner Aussagen zum kritischen Winkel (α_c) der Totalreflexion an der Grenzfläche zweier optisch verschiedener Medien (Brechungsindices n_1 und n_2). In solchen Anordnungen wird die Grenzfläche bestimmt durch den Ausschnitt beim Medium, dessen Brechungsindex gemessen werden soll.

[0004] **Fig. 1A** zeigt eine Anordnung zur Messung des Brechungsindex eines Mediums, die auf der Verwendung des Snell'schen Gesetzes beruht.

$$\sin(\alpha_c) = n_1 / n_2 = n \quad (1)$$

[0005] Die Lichtquelle in **Fig. 1A** ist durch eine LED dargestellt. Deren Licht ist auf die Grenzfläche zwischen dem Medium S und dem Messprisma P gerichtet, die den Fensterbereich zwischen ihnen bildet. In **Fig. 1A** wirken die Seitenflächen des Prismas als Spiegel zum Abbiegen des Pfades der Lichtstrahlen, deren Richtungen durch die Pfeile angegeben sind. Die (von der Grenzfläche) reflektierten Lichtstrahlen liefern ein Bild ACB, wobei C am Detektor die Position der am entsprechenden kritischen Winkel ankommenden Strahlen darstellt. Die bei Teil A ankommenden Strahlen werden von der Grenzfläche zum Detektor totalreflektiert, wohingegen die Strahlen bei B nur teilweise reflektiert oder gestreut, jedoch auch in das Medium S teilweise hineingebrochen werden. So bezeichnet die Position der Schattenkante C zwischen dem hellen Bereich A und dem dunklen Bereich B den Wert des kritischen Winkels der Totalreflexion, und auf diese Weise kann der Brechungsindex aus dem als Schätzwert verwendeten Wert berechnet werden, um als solcher oder zur Bestimmung einer ableitbaren Größe, wie Bestandteils-Konzentration im Medium S, verwendet zu werden, falls das Medium eine Flüssigkeit ist.

[0006] Wenn bei einer solchen Messung die Bestandteils-Konzentration im Medium S variiert, ändert sich infolgedessen auch der Ort der Schattenkante. Im Fall geringer Konzentration des Mediumbestandteils mit einem von der Konzentration abhängigen Brechungsindex, ist der helle Bereich bei A breiter als der Bereich bei B, und umgekehrt in Fall hoher Konzentration. Wenn sich die Konzentration ändert, verschiebt sich auch die Position von C.

[0007] Die Schattenkante C kann durch ein bildgebendes Element wie beispielsweise ein CCD-Element detektiert werden. Ein solches optisches Instrument ist mit weiteren Details unter einem Link <http://www.kpa-atents.com/pdf/downloads/pr-23.pdf> dargestellt.

[0008] Die Druckschrift WO 2009/137122 A2 beschreibt Messungen des kritischen Winkels zur Analyse von Gewebeproben mithilfe von monochromatischem Licht. Dazu wird monochromatisches Licht durch ein Interferometer aus einer polychromatischen Lichtquelle gewonnen. Das monochromatische Licht wird in einem Beispiel als paralleles Lichtbündel auf eine innere Grenzfläche zwischen einem Messprisma und der Gewebeprobe gelenkt. Zur Analyse werden Messungen bei unterschiedlichen Einstrahlungswinkeln und unterschiedlichen Wellenlängen durchgeführt. In einem weiteren Beispiel wird ein konvergentes monochromati-

sches Strahlenbündel auf die innere Grenzfläche des Messprismas gelenkt, wodurch bei einer Messung Teilstrahlen mit verschiedenen Einfallswinkeln zur kombiniert gemessen werden. Solche Messungen werden dann bei unterschiedlichen Wellenlängen durchgeführt.

[0009] Eine breitbandige Lichtquelle für polychromatisches Licht erlaubt dagegen ein kontinuierliches Messen des Brechungsindex. Die Wellenlänge der Reflexions-Bandkante wird gemessen durch Feststellen der Wellenlängen, bei denen eine plötzliche Änderung der spektralen Intensität auftritt, und mit dem Brechungsindex des Sensorprismas und mit dem bekannten Einfallswinkel auf die Prismenfläche wird der Brechungsindex der Substanz ebenfalls mit dem Snell'schen Gesetz bestimmt.

[0010] Allerdings ist die Intensität I des an der Grenzfläche zwischen den zwei Medien reflektierten Lichts eine Funktion der Wellenlänge λ und des Einfallswinkels α :

$$I = I(\lambda, \alpha, n) \quad (2)$$

wobei n der relative Brechungsindex (d.h. n_1/n_2) ist, definiert durch die zwei Medien an der Grenze. Der relative Brechungsindex n ist eine Funktion der Temperatur $n=n(T)$. Zusätzlich können Abhängigkeiten von anderen, aus der Umgebung einwirkenden Größen auftreten, aber da sie wohl nicht signifikant sind, werden sie hier aus Gründen der Vereinfachung nicht weiter betrachtet.

[0011] Bei bekannten Verfahren, die polychromatisches Licht einsetzen, muss die Intensität des von der Grenzfläche in den kritischen Winkel der Totalreflexion im Medium gestreuten Lichts mit einem konstanten Einfallswinkel α gemessen werden. Die an der Grenzfläche zwischen dem Prisma und der Probe auftretende Dispersion wird verwendet, weil die Messvorrichtung die Dispersion des kritischen Winkels der Totalreflexion in dem zu prüfenden Medium misst.

[0012] Bei solchen bekannten Verfahren verwendet die Messung einen Einzelstrahl polychromatischen Lichts mit einem konstanten Einfallswinkel. Sie benutzt den Effekt, dass ein Teil des Spektrums eine Totalreflexion erfährt, ein anderer Teil nicht. Aus der beigegeführten Zeichnung **Fig. 1B** und der Tabelle unten (wo α_c der kritische Winkel, der Winkel der Totalreflexion ist), kann man für das Blau-bis-Rot-Spektrum sehen, dass die Verschiebung des kritischen Winkels α_c in der Größenordnung von 1 Grad liegt. Bei der Durchführung von Konzentrations-Messungen mit einer typischen vollen Bandbreite von 0% bis 100% Konzentration entspricht dies einer Winkelverschiebung in der Größenordnung von 12 Grad, woraus man ersehen kann, dass der maximal erreichbare Messbereich auf 1/12 oder +/- 4% Konzentration beschränkt ist. Dies mag für einige Anwendungen ausreichen, wie beispielsweise die Messung des Salzgehalts in Meereswasser, der natürlich durch geringe Schwankungen gekennzeichnet ist. Ein so kleiner Messbereich ist nicht ausreichend für ein Industriemessgerät mit einem breiten Verwendungsbereich. Die gestrichelte Linie für die blaue (B) Wellenlänge ist gestrichelt, weil in dem in **Fig. 1B** gezeigten Beispiel einiges blaues Licht (B) teilweise reflektiert ist und teilweise in das Medium hineingebrochen ist.

	λ		α
	nm	0%	100%
Blue (B)	486.1	50.369	62.283
Yellow (Y)	589.3	50.879	63.137
Red (R)	656.3	51.168	63.453

[0013] Daher ist es notwendig, die Bauweise des optischen Instruments zu vereinfachen sowie gleichzeitig eine vielseitigere und haltbarere Bauweise des Instruments zu erreichen, das nicht so oft wie die bekannten Vorrichtungen Hilfsmittel braucht, sondern ein genügend breites Anwendungsspektrum für die Messung bietet. Ein Bedarf an solch einem einfachen Instrument besteht speziell für den Einsatz in Umgebungen, die feuergefährliche und/oder explosive Gase / Dämpfe enthalten.

Zusammenfassung einer Anordnung von Ausführungsformen

[0014] Da, soweit der Autor zum Zeitpunkt der vorliegenden Anmeldung weiß, der oben erwähnte Bedarf und die erforderlichen Eigenschaften möglicherweise nicht in einer einzigen Einrichtung vorhanden sind, wird ein derartiges optisches Instrument in der mit Beschreibung und Ansprüchen versehenen Erfindung vorgestellt.

[0015] Erreicht wird dieses durch einen Messkopf eines optischen Instruments zur Messung des Brechungsindex eines Mediums mit den Merkmalen von Anspruch 1, eine Steuereinheit für einen derartigen Messkopf gemäß Anspruch 11, ein optisches System gemäß Anspruch 17, ein Verfahren zur Bestimmung des Brechungsindex gemäß Anspruch 19 und ein Software-Produkt zur Durchführung des genannten Verfahrens gemäß Anspruch 20.

[0016] Gemäß einem ersten Aspekt der Erfindung wird bei Ausführungsbeispielen der Erfindung polychromatisches Licht verwendet zur Herstellung von breitbandigem Licht, das bei der Messung des Brechungsindex und/oder einer davon ableitbaren Größe eingesetzt werden soll, so dass ein entsprechendes Instrument einen Bereich von Einfallswinkeln des Lichts benutzt, wo jeder Winkel durch einen praktisch monochromatischen Lichtstrahl, einen Teilstrahl (CLB) dargestellt ist.

[0017] Durch die Verwendung polychromatischen Lichts, das vor seinem Auftreffen auf die Grenzfläche zwischen den Medien in monochromatische Teilstrahlen zerlegt ist, die jeweils einen Einfallswinkel des Lichts der Teilstrahlen darstellen, haben diese Ausführungsformen in der Tat den Vorteil, den Einfluss des Dispersionseffekts, den die bekannten Verfahren verwenden, auszuschalten (**Fig. 1B**). Dadurch erreichen die erfindungsgemäßen Ausführungsformen leicht eine volle Spanne von 0 - 100% Konzentration in besser quantifizierbarer Form für das Spektrometer oder ein Analysegerät. Das ist für ein industrielles Messinstrument wünschenswert, vorausgesetzt, dass genau das gleiche Instrument für die meisten, wenn nicht sogar für alle möglichen Anwendungen eingesetzt werden kann. Dadurch ist als weiterer Vorteil künftig nur noch eine Art von Zusatzgerät notwendig, und eine gewisse Redundanz kann für Zwecke der Kalibrierung und/oder Selbstkalibrierung erreicht werden.

[0018] Das Ziel, den oben genannten Anforderungen zu entsprechen, wird durch das erfindungsgemäße System erreicht, das den Messkopf umfasst, der an eine Steuereinheit angeschlossen werden kann, sowie die Steuereinheit, wobei der Messkopf entsprechend der Erfindung keine Versorgung mit elektrischer Energie benötigt dank des rein optischen Funktionsprinzips. Demnach ist ein derartiger Messkopf von sich aus für den Einsatz unter feuer- / explosionsgefährdeten Bedingungen als eigensicher klassifiziert. Zusammen mit dem breiten Messbereich stellt er eine neue einzigartige Kombination dar, die die Anforderungen industrieller Messungen erfüllt.

[0019] Entsprechend der Erfindung umfasst der Messkopf eines optischen Instruments zur Messung des Brechungsindex eines Mediums, oder einer davon ableitbaren Größe, in Kontakt mit der Grenzfläche eines Messprismas dieses Messkopfes, außerdem in dem Messkopf des optischen Instruments:

- einen ersten Wellenleiter zur Bereitstellung von breitbandigem Licht aus einer breitbandigen Lichtquelle,
- ein dispersives Element zur Zerlegung dieses breitbandigen Lichts in mindestens einen Teilstrahl, der zu einer Vielzahl von Teilstrahlen gehört, so dass jeder einfallende Teilstrahl aus dieser Vielzahl einen anders gerichteten Ausbreitungsweg sowie mindestens eine andere Wellenlänge hat, die sich von derjenigen der anderen Teile in dieser Vielzahl von Teilstrahlen unterscheidet,
- einen Kondensor zur Bündelung zumindest eines Teilstrahls, der an der Grenzfläche des Messprismas reflektiert wird, in einen zweiten Wellenleiter,

wobei dieses dispersive Element so angeordnet ist, dass es mindestens einen Teilstrahl in den kritischen Winkel der Totalreflexion an der Grenzfläche führt, und mindestens einen anderen Teilstrahl in einen Winkel führt, der zu dem Kondensor führt, der vorgesehen ist, um zumindest einen weiteren Teilstrahl zu sammeln, um ihn zu einem Spektrometer weiterzuleiten, das eine spektrometrische Analyse der ankommenden Teilstrahlen durchführt.

[0020] Entsprechend einem Ausführungsbeispiel der Erfindung ist der Messkopf so beschaffen, dass ein Teilstrahl aus der Vielzahl von Lichtstrahlen so geführt wird, dass er auf die Grenzfläche trifft, und zwar afokal auf die Grenzfläche. Auf diese Weise ist es möglich, die interne Distanz innerhalb des Messkopfes vom Bereich des Lichteinfalls zum Kollektor zu vergrößern und so einen größeren Winkelbereich für die monochromatischen Teilstrahlen zu schaffen, falls die fokussierte Geometrie für den gewünschten Bereich von Blau zu Rot an den jeweiligen Enden des Strahlkegels des verwendeten breitbandigen Lichts nicht ausreicht.

[0021] Entsprechend einem Ausführungsbeispiel der Erfindung ist der Messkopf so ausgeführt, dass ein Teilstrahl aus der Vielzahl von Lichtstrahlen so geführt wird, dass er auf die Grenzfläche in einer konvergierenden Geometrie auf diese Fläche einfällt und auf ihr fokussiert. Bei einigen Einsatzzwecken dieses Instru-

ments kann dieser Fall vorteilhaft sein bei einer etwas andersartigen Geometrie, je nach den oben erwähnten Wünschen.

[0022] Entsprechend einem Ausführungsbeispiel der Erfindung ist der Messkopf so ausgeführt, dass ein Teilstrahl aus der Vielzahl von Lichtstrahlen so geführt wird, dass er in einen dem Teilstrahl entsprechenden spezifischen Einfallswinkel dispersiert wird, und zwar als Funktion der Wellenlänge des breitbandigen Lichts.

[0023] Entsprechend einem Ausführungsbeispiel der Erfindung ist der Messkopf so ausgeführt, dass der Messkopf Wellenleiter-Stecker umfasst, um Licht zumindest in den ersten Wellenleiter hineinzuführen oder aus dem zweiten Wellenleiter herauszuführen. Damit können Steuereinheit und Messkopf voneinander entfernt angeordnet sein an einer Stelle, wo beispielsweise keine explosiven Gase vorhanden sind und wo Elektrizität eingesetzt werden kann, im Gegensatz zu den Bedingungen in der Nähe des Messkopfs.

[0024] Entsprechend einem Ausführungsbeispiel der Erfindung ist der Messkopf so beschaffen, dass die Funktion zumindest des dispersiven Elements oder des Messprismas als Beugungsgitter ausgeführt wird. Das kann für ein leichteres Instrument vorteilhaft sein, obwohl Gitter teurer sein können als reine Prismen.

[0025] Entsprechend einem Ausführungsbeispiel der Erfindung ist der Messkopf so beschaffen, dass ein dispersives Element und ein Messprisma kombiniert sind oder in der gleichen Komponente zusammengefasst sind. So kann die Packungsdichte erhöht werden, wo diese mehr erwünscht ist als der sehr breite Winkelbereich von Blau zu Rot oder umgekehrt.

[0026] Entsprechend einem Ausführungsbeispiel der Erfindung ist der Messkopf so ausgeführt, dass der Messkopf einen Wellenleiterausgang für ein optisches Kompensationssignal für eine Steuereinheit umfasst. Auf diese Weise kann die Lichtstrahlung zum Spektrometer geführt werden, damit dieses die jeweilige Intensität vor dem Sensorprisma bestimmen kann.

[0027] Entsprechend einem Ausführungsbeispiel der Erfindung ist der Messkopf so beschaffen, dass der Messkopf eine antistatische Beschichtung aufweist, um Ladungsaufbau an Messkopf zu vermeiden, und/oder Erdungsmittel aufweist, um aufgebaute Ladung an eine Erdung abzuleiten. Bei einem Ausführungsbeispiel ist es möglich, sehr gute Eigenschaften gegen den Aufbau statischer Elektrizität zu erreichen, ein nützlicher Vorteil unter explosiven Bedingungen. Bei einem Ausführungsbeispiel kann das Sensorprisma mit Indium-Zinn-Oxid (ITO) beschichtet oder daraus hergestellt werden, um die elektrische Leitfähigkeit zu bewahren, obwohl das auf Kosten der Haltbarkeit in bestimmten Messverfahren geht. Entsprechend einer Variante eines Ausführungsbeispiels sind die Wellenleiter zwischen dem Messkopf und der Steuereinheit zumindest teilweise auf der Außenseite, wenn nicht sogar insgesamt, so beschichtet, dass sie mit der Erdung verbunden werden können.

[0028] Entsprechend einem Ausführungsbeispiel der Erfindung ist der Messkopf so ausgeführt, dass der Messkopf, zusätzlich zu der operativen optisch-mechanischen Infrastruktur für die Leitungen und Träger usw., nur Wellenleiter-basierte Steuersignalstecker umfasst, um den Messkopf zu steuern. Dies ist ein Vorteil entsprechender Ausführungen zur Vermeidung elektrischer Funken in explosiver Umgebung.

[0029] Entsprechend einem Ausführungsbeispiel der Erfindung umfasst die Steuereinheit eines Messkopfes eines optischen Instruments:

- Lichtquelle zur Abgabe von Licht in einen Ausgang über einen ersten Wellenleiter zur Erzeugung einer Vielzahl von Teilstrahlen, die in den Messkopf laufen und dort verwendet werden,
- Spektrometer für die Spektrumanalyse des vom Messkopf über mindestens einen Eingangs-Wellenleiter eingespeisten Lichts. Zusätzlich hierzu Hilfseinrichtungen für die Energiequellen sowie mechanische Vorrichtungen für die Bauteile, die entsprechend ausgeführt werden können, wie in den bekannten Verfahren beschrieben.

[0030] Entsprechend einem Ausführungsbeispiel der Erfindung ist die Steuereinheit des Messkopfes so ausgeführt, dass die Lichtquelle vorgesehen ist, um polychromatisches Licht mit einer kontinuierlichen Wellenlängenverteilung abzustrahlen, um so die Teilstrahlen für den Bereich von Rot (R) bis Blau (B) (oder umgekehrt) oder einen anderen Breitbandbereich als einen Unterbereich dieses Bereichs bereitzustellen. Bei einer Variante eines Ausführungsbeispiels kann ein Breitbandbereich Teile außerhalb des Bereichs der sichtbaren Lichtwellenlänge umfassen, oder kann wahlweise ganz im ultravioletten Bereich oder im infraroten Bereich liegen.

[0031] Entsprechend einem Ausführungsbeispiel der Erfindung ist die Steuereinheit des Messkopfes so ausgeführt, dass die Lichtquelle eine Vielzahl von Quellen monochromatischen Lichts zur Abgabe von Teilstrahlen umfasst. Das kann nützlich sein, wenn nur wenige Teilstrahlen verwendet werden sollen, beispielsweise nur zur Detektion bestimmter Schwellen.

[0032] Entsprechend einem Ausführungsbeispiel der Erfindung ist die Steuereinheit des Messkopfes so ausgeführt, dass die Lichtquelle vorgesehen ist, um ein Kompensationssignal an das Spektrometer abzugeben, um Eigenschaften der Lichtquelle zu kompensieren. Diese Ausführung ist nützlich, wenn die Kompensation erforderlich ist, es aber nicht erwünscht ist, das Kompensationssignal über den Messkopf zu leiten, nämlich aufgrund mechanischer Gegebenheiten hinsichtlich des vorhandenen Raums für den Lichtpfad oder aus anderen Gründen. Bei bestimmten Ausführungen kann es manchmal jedoch nützlich sein, die Eingabe nur über den Messkopf oder über beide Wege zu realisieren.

[0033] Entsprechend einem Ausführungsbeispiel der Erfindung ist die Steuereinheit des Messkopfes so ausgeführt, dass die Lichtquelle mindestens eine Lichtquelle umfasst, die Lichtpulse erzeugen kann. Auf diese Weise kann die Steuereinheit kühler gehalten werden und die Wärmeabgabe über die optische Leitung kann in geeignetem Ausmaß vermieden werden. Entsprechend einem Ausführungsbeispiel der Erfindung, und zwar im Steuerkopf entsprechend einem Ausführungsbeispiel der Erfindung, umfasst die Lichtquelle Steuermittel, um die Wellenlänge des Lichts kontinuierlich oder stufenweise zu ändern, sowie Steuermittel, um die Wellenlänge von einem Puls zum anderen zu steuern, und/oder Steuermittel, um die Pulslänge versus Pulsabstand zu steuern.

[0034] Entsprechend einem Ausführungsbeispiel der Erfindung umfasst ein optisches System, gemäß dem Ausführungsbeispiel der Erfindung, mindestens einen Messkopf und mindestens eine Steuereinheit.

[0035] Entsprechend einer Variante der Ausführung kann eine erste Gruppe von Messköpfen in Kombination mit einer zweiten Gruppe von Steuereinheiten eingesetzt werden, so dass in der ersten und der zweiten Gruppe mindestens eine Ausführungsform eines derartigen Instruments vorhanden ist, wie es bei den Ausführungsbeispielen der Erfindung beschrieben ist. Auch können mehrere Messköpfe in Kombination mit einer Steuereinheit, oder umgekehrt, verwendet werden. Das ist vorteilhaft, wenn zu erwarten ist, dass der Brechungsindex sich bei einem Messvorgang während dessen Ablaufs ändert, wenn ein Verfahrensablauf an mehreren Stellen überwacht wird. In bestimmten Fällen kann eine redundante Einheit erforderlich sein, um die Arbeit einer Einheit zu sichern, nämlich für den Messkopf und/oder dessen Steuereinheit.

[0036] Entsprechend einem Ausführungsbeispiel der Erfindung ist das optische System des Messkopfes so angeordnet, dass der Messkopf und die Steuereinheit im gleichen Gehäuse untergebracht sind, um eine Einrichtung zu bilden. Manchmal ist es praktisch, die beiden Teile zusammen zu haben, beispielsweise für den Einsatz im Labor. Das ist vorteilhaft, wenn die Einrichtung des gleichen Herstellers in der Verfahrenssteuerung auch im Labor einsetzbar ist, um besser korrelierte Ergebnisse zu erhalten. Entsprechend einer Variante einer Ausführung sind der Messkopf und die Steuereinheit so angeordnet, dass sie direkt, oder wahlweise über Wellenleiter, miteinander verbunden werden können.

[0037] Entsprechend einem Ausführungsbeispiel der Erfindung umfasst ein Verfahren zur Bestimmung des Brechungsindex mithilfe der Totalreflexion eines Teilstrahls aus einer Vielzahl von Lichtstrahlen mit breitbandigem Licht mehrerer Wellenlängen an der Grenzfläche Messkopffrisma / zu messendem Medium:

- Hinführen zumindest eines Teilstrahls einer ersten Wellenlänge zu dieser Grenzfläche an den kritischen Winkel der Totalreflexion,
- Hinführen zumindest eines anderen Teilstrahls einer zweiten Wellenlänge zu dieser Grenzfläche, so dass er einen Pfad zu einem Kondensor durchläuft,
- Bündelung des reflektierten Lichts durch den Kondensor zum Spektrometer hin, das für die spektrometrische Analyse der Teilstrahlen vorgesehen ist,
- Erkennen eines ersten aus dem Spektrum fehlenden Teilstrahls, auf der Grundlage der Information über die Wellenlänge zumindest eines aus einer Vielzahl von Teilstrahlen ausgesandten Teilstrahls,
- Berechnung des Brechungsindex dieses Mediums auf der Grundlage der Wellenlänge des fehlenden Teilstrahls.

[0038] Entsprechend einem Ausführungsbeispiel der Erfindung ist das optische System konfiguriert als Prozess-Refraktometer.

[0039] Entsprechend einem Ausführungsbeispiel der Erfindung umfasst ein Software-Produkt auf einem Computer-lesbaren Medium eine Software, die vorgesehen ist, um die Arbeitsweise des Spektrometers zu steuern gemäß dem Verfahren entsprechend einem Ausführungsbeispiel der Erfindung, wenn diese Software aktiviert ist und auf einem Computer läuft. In Übereinstimmung mit dem Ausführungsbeispiel kann die Software so konzipiert sein, dass sie die Eigenschaften der Lichtquelle und das Spektrometer steuert, Kompensation und/oder Eingabe/Ausgabe-Datentransfers sowie Datenanalyse, Empfangsschwellen, Warnsignale und/oder Kommunikationseinrichtungen, die in das System für die Weiterleitung von Daten zur Steuereinheit und/oder von der Steuereinheit, drahtlos und/oder über Kabel, eingebaut sind.

[0040] Entsprechend einem Ausführungsbeispiel der Erfindung umfasst ein Software-Produkt zumindest eines der folgenden Mittel: Spektrometer-Steuerungsmittel, Spektrum-Scanning- und/oder Analysemittel, Mittel zur Schulterbestimmung, Mittel zur Datenerfassung, Mittel für die statistische Analyse, Datenbank für die Speicherung und/oder Bearbeitung der Messdaten sowie graphische Mittel zur Herstellung von Abbildungen der Messergebnisse auf einem Display zum Darstellen der Daten.

[0041] Das Spektrometer als solches kann in vielerlei Arten realisiert werden, die einem Fachmann auf diesem Gebiet als solche bekannt sind. Obwohl der Geltungsbereich der Ausführungsbeispiele sich nicht bloß auf bekannte Spektrometer als solche bezieht, kann, gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung, das Spektrometer in dem hier beschriebenen optischen System realisiert werden durch die Verwendung einer Vielzahl von Photozellen, die mindestens eine Photozelle umfassen, die so angeordnet ist, dass mindestens eine aus der Vielzahl vorgesehen ist, um Änderungen des Teilstrahls (CLB) zu erkennen, so dass die Ausgangsgröße der Detektorschaltung der Photozelle so beschaffen ist, dass sie sich ändert als Antwort auf die detektierte Änderung des Teilstrahls CLB als Auslöser für diese Antwort.

[0042] Entsprechend einem Ausführungsbeispiel der Erfindung kann das Spektrometer so realisiert werden, dass es ein gepixeltes CCD-Element umfasst, das für den Einsatz des Spektrometers mit dem CCD insgesamt ausgelegt ist.

[0043] Entsprechend einem Ausführungsbeispiel der Erfindung umfasst das Spektrometer mindestens eine Photozelle für jeden Teilstrahl und teilt so die Teilstrahlen auf. Bei einer Variante eines solchen Ausführungsbeispiels ist eine Gruppe aus CCD-Element- / Zell-Pixeln für jeden Teilstrahl vorgesehen. Die Aufteilung kann bei einer Reihe von Ausführungen in räumlicher Abfolge durchgeführt werden, das heißt beispielsweise durch Anordnung der Photozellen in einer Geometrie einfacher linearer gerader Zeilen, oder in einer Zeile auf gekrümmtem Kreissegment zur Aufnahme der Teilstrahlen. Eine solche Zeile hat eine Dimension von mindestens einer Photozeleinheit senkrecht zur Zeile. Bei einem Ausführungsbeispiel können auch redundante Photozellen im Hinblick auf eine bessere Statistik verwendet werden, wenn diese bei dem speziellen Ausführungsbeispiel verfügbar sind. Die Aufteilung kann bei einer Gruppe von Ausführungsbeispielen wahlweise in zeitlicher Abfolge durchgeführt werden. Bei einer zeitlichen Aufteilung kann es sein, dass die Teilstrahlen nicht gleichzeitig vorhanden sind, sie werden aber in einer periodischen oder in einer diskontinuierlichen Abfolge in den Messkopf geleitet.

[0044] Entsprechend einem Ausführungsbeispiel der Erfindung kann die Kondensor-Funktion in geeigneter Weise durch die Führung der Teilstrahlen in ein Bündel aus Lichtleitfasern erfolgen, das so angeordnet ist, dass für die Abgabe zum Spektrometer und damit für die Analyse die Teilstrahlen in die entsprechenden Lichtleitfasern aufgeteilt werden. Bei einem solchen Ausführungsbeispiel kann ein Ausgleichssignal an das Spektrometer abgegeben werden, aber es ist nicht unbedingt notwendig.

Figurenliste

Fig. 1A, Fig. 1B zeigen schematische Darstellungen bekannter Verfahren, Da die **Fig. 1A** und **Fig. 1B** für die Darstellung bekannter Verfahren verwendet wurden, sind in den folgenden **Fig. 2** und **Fig. 3** eine Reihe von Beispielen für die erfindungsgemäßen Ausführungen gezeigt.

Fig. 2 zeigt eine schematische Darstellung eines erfindungsgemäßen Messkopfes, einer Steuereinheit und eines Systems entsprechend einem Ausführungsbeispiel der Erfindung

Fig. 3 zeigt die Abhängigkeit des kritischen Winkels von Konzentration und Wellenlänge für sichtbares Licht.

[0045] **Fig. 2** zeigt ein optisches System, das mindestens einen Messkopf und mindestens eine Steuereinheit eines Messkopfes umfasst, entsprechend einem Ausführungsbeispiel der Erfindung. Die Anzahl von

Messköpfen und/oder Steuereinheiten in einem System ist nicht auf die gezeigte Anzahl beschränkt, wie ein Fachmann auf diesem Gebiet anhand der Ausführungsbeispiele der Erfindung erkennt. Obwohl eine gestrichelte Linie in **Fig. 2** einen räumlichen Abstand zwischen dem Messkopf und der Steuereinheit andeutet, können diese bei einem Ausführungsbeispiel im gleichen Gehäuse untergebracht werden, um ein einziges Instrument zu bilden. Bei diesen Ausführungsarten ist die Anzahl der Messköpfe, die von ein und derselben Steuereinheit gesteuert werden, nicht beschränkt, weder die Anzahl räumlich abgesetzter Messkopfeinheiten, die an die Einrichtung angeschlossen werden können, noch die der intern angeschlossenen Messköpfe. Der Wellenleiter kann für die Trennung von Messkopf und Steuereinheit verwendet werden, zum Beispiel der eine in einem ersten Raum und die andere in einem zweiten Raum oder Ort.

[0046] **Fig. 2** zeigt auch eine Steuereinheit entsprechend einem Ausführungsbeispiel der Erfindung. Eine solche Steuereinheit umfasst eine polychromatische Lichtquelle PLS, die das im Messkopf benötigte Licht bereitstellt. Das Licht kann über den Ausgang OF(out) der Steuereinheit zum Eingang OF(in) des Messkopfes geleitet werden.

[0047] Ein Fachmann auf diesem Gebiet kennt viele Wege, um die polychromatische Lichtquelle PLS als solche für die Ausführungsbeispiele der Erfindung zu realisieren. Die polychromatische Lichtquelle PLS kann eine einzelne Quelle sein, kann aber wahlweise mehrere Quellen umfassen, so dass der Bedarf für ein Breitbandspektrum von ultravioletten Wellenlängen bis infraroten Wellenlängen je nach Art der Ausführung und Verwendung abgedeckt werden kann. Das breitbandige Licht kann somit Teilstrahlen ultravioletten Lichts, sichtbaren Lichts und/oder infraroten Lichts umfassen, in geeigneter Weise als Kontinuum, für eine Ausführungsvariante aber auch als diskrete Subbänder, die im Wellenlängenbereich zwischen den Extremen der ultravioletten Kurzwellen und der infraroten Langwellen liegen. Allerdings unter der Voraussetzung, dass die Wellenleiter OF (in, out, comp) die einzuhaltende Intensität nicht unter die Benutzbarkeitsgrenze des verwendeten Spektrometers absinken.

[0048] Bei einigen Ausführungsformen kann ein Kompensationssignal benutzt werden, bei einer Gruppe von Ausführungen intern, in einer anderen intern und/oder über den Messkopf. Das Kompensationssignal kann beispielsweise dazu dienen, die ansonsten schwankende Antwortkurve des Spektrometers, der Wellenleiter und/oder der Lichtquelle zu glätten. Die Steuereinheit-interne Kompensationsleitung von der polychromatischen Lichtquelle (PLS) zum Spektrometer kann wahlweise auch optisch ausgeführt werden, obwohl die Darstellung des Ausgangs „OF für Wellenleiter“ als solche in der Figur nicht gezeigt ist, in Bezug auf die betreffenden Ausführungen nur, wo eine solche Kompensation benutzt wird.

[0049] Die Steuereinheit in **Fig. 2** umfasst auch eine Infrastruktur INFRA STR, um vielfältige auf die Infrastruktur bezogene Vorrichtungen und Träger der elektromechanischen Bauteile zu zeigen, die der Implementierung der Bestandteile und der Verbindungen der Steuereinheit dienen, sowie Leitungen für die Energiezufuhr und Signalführung und/oder Interface-Verbindungen zu den außenliegenden Einrichtungen und/oder Bildschirmen, usw. Die Infrastruktur INFRA STR beinhaltet in einer Ausführungsform auch solche Speicher, Mikroprozessoren sowie die Software-Codes und -Daten und Datenbanken usw., die für die praktische Implementierung einer speziellen Ausführung erforderlich sind, etwa für den Zweck, eine vom Brechungsindex ableitbare Größe eines Mediums zu bestimmen, das heißt, die Konzentration einer Substanz in der das Medium enthaltenden Mischung in Übereinstimmung mit dem realisierten Ausführungsbeispiel. Die Infrastruktur als solche ist demnach aus Gründen der Einfachheit und Übersichtlichkeit nur als ein Block dargestellt.

[0050] In der Praxis hängen die Anordnung weiterer Details und die für den Einsatz gewählten Wellenlängen vom Medium MF ab, das strömend verwendet wird, oder der Probe, die ruhend verwendet wird. Obwohl das Medium MF die Ausführung für eine Messung an einer Flüssigkeit zeigt, kann ein Fachmann, der die Ausführungsbeispiele liest und versteht, das Sensorprisma SP auch mit einem festen Medium in Kontakt bringen, das sich bewegt oder mit Bezug auf das Sensorprisma mit Null-Geschwindigkeit fest an seinem Platz bleibt. Diese Art von Ausführungsbeispielen kann nützlich sein bei einer Verwendung zur Bearbeitung von Schichten und/oder Platten oder Blechen oder anderen Lamellen.

[0051] In **Fig. 2** ist der Messkopf entsprechend einem Ausführungsbeispiel der Erfindung gezeigt mit einem Wellenleiter als der gezeigten optischen Faser (OF) für den Eingang (in) und Ausgang (out) für das jeweilige einfallende Licht aus einer polychromatischen Lichtquelle und für das reflektierte Licht, das zum Spektrometer geführt werden soll. Entsprechend einem Ausführungsbeispiel der Erfindung gibt es auch eine Ausgabe OF(comp) eines Kompensationssignals, das für das Spektrometer zur Kompensation der Lichtquellen-Eigenschaften benutzt wird.

[0052] Bei einer Ausführungsform der Erfindung sind alle Bestandteile des Messkopfes opto-mechanisch, so wird im Messkopf überhaupt keine Elektrizität benötigt. Das ist ein Vorteil bei Arbeiten mit entzündlichen und/oder explosiven fließenden Medien oder unter solchen Bedingungen. Auf diese Weise kann ein eigensicheres Arbeiten erreicht werden. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass der so ausgeführte Messkopf höhere oder sehr niedrige Temperaturen tolerieren kann, da es keine hitze- oder kälteempfindliche Elektronik im Messkopf gibt.

[0053] Die mechanische Verschleißfestigkeit des Sensorprismas und/ oder seines Überzugs unter Betriebsbedingungen, insbesondere bezüglich der Temperatur, definiert die maximale Betriebstemperatur, vorausgesetzt, dass die optischen Wellenleiter OF(in), OF(out) und OF(comp), soweit vorhanden, diese Temperatur, aber auch die anderen Umgebungsbedingungen tolerieren.

[0054] Das dispersive Element DE kann mithilfe eines Prismas und/oder eines Beugungsgitters hergestellt werden, das in einer Gruppe von Ausführungsformen als eine vom Messprisma verschiedene Komponente angeordnet ist, um eine breitere Spreizung der Wellenlängen an den Seiten des Breitbandspektrums zu erreichen, doch bei einer anderen Gruppe von Ausführungen ist das dispersive Element DE im Hinblick auf eine kompakte Bauweise mit dem Messprisma SP integriert.

[0055] Die über den Wellenleiter durchgeführte Kompensation OF(comp) kann wahlweise bei einer Ausführungsform des Messkopfes und/oder der Steuereinheit vorgesehen sein und ist somit durch eine gestrichelte Linie dargestellt. Eine gestrichelte Linie ist auch zwischen der mit Wellenleitern verbundenen Steuereinheit und dem Messkopf gezeichnet, um zu zeigen, dass diese Teile entfernt voneinander angeordnet sein können. Das ist ein Vorteil, wenn die elektronischen Einrichtungen in der Infrastruktur INFRA STR vom Messkopf entfernt gehalten werden müssen, beispielsweise wegen der Betriebsbedingungen.

[0056] Der Kondensor CON kann eine chromatische Linse sein. Der Kondensor bündelt die ankommenden Teilstrahlen in den Ausgang OF(out) des Messkopfes zur Weiterleitung zum Spektrometer, wo sie von einem Analysegerät analysiert werden, das durch einen Software-Code unterstützt werden kann, der für die Kalibrierung und Messungen mit dem hier ausgeführten System vorgesehen ist. Der Kondensor CON kann gegebenenfalls auch aus einem Bündel optischer Fasern bestehen, die die Teilstrahlen CLB zum Spektrometer leiten. Diese Option ist vorteilhaft bei der räumlichen Aufteilung der Teilstrahlen CLB mithilfe von Photozellen/CCD-Elementen, die für ihren Betrieb externe Elektrizität benötigen, um auf die Reize der Teilstrahlen CLB zu antworten, wodurch sie die Änderungen des Brechungsindex des zu untersuchenden Mediums wiedergeben. Bei einer solchen Ausführungsform kann eine einzige Faser oder eine Untergruppe des Bündels für die Leitung des entsprechenden Teilstrahls CLB zur Photozelle dienen. Bei einer Ausführungsform kann an Stelle einer Photozelle ein CCD-Element verwendet werden, so dass die Pixel für die Aufnahme von Teilstrahlen ausgelegt sind, und so dass die Teilstrahlen durch die Anzahl der CCD-Pixel für jeden Teilstrahl aufgeteilt werden. Auf diese Weise ist es möglich, für die spektrometrische Analyse des Signals ein einzelnes Pixel für eine einzelne Faser vorzusehen, wenn die Lage des Eingangsendes am Kondensor und die Lage des Ausgangsendes derselben Faser am Spektrometerort bekannt sind, sowie die Zuordnung zwischen ihnen, inwiefern Eingangsende und Ausgangsende gemäß der Aufteilung der Teilstrahlen einander entsprechen. Auf diese Weise müssen die in verschiedenen Ausführungsbeispielen verwendeten Pixel als solche nicht notwendigerweise fähig sein, Farben bezüglich ihrer Ausgangssignale zu unterscheiden, das heißt, die Wellenlänge des ankommenden Lichts der Teilstrahlen zu erkennen.

[0057] Bei einem Ausführungsbeispiel kann die Analyse der Signale der Photozellen oder des CCD-Elements oder deren Teile nach einem bekannten Verfahren in geeigneter Weise durchgeführt werden.

[0058] Entsprechend einem Ausführungsbeispiel der Erfindung ist der Wellenleiter und/oder der Messkopf mit einer leitenden Schicht überzogen, um aufgebaute Ladung zur Erde abzuleiten, da eine solche aufgebaute Ladung für das Verfahren oder das Bedienpersonal möglicherweise eine Gefährdung ist.

[0059] Bei einer Ausführungsform der Erfindung kann das Licht gepulst sein. Bei einer solchen Ausführung wird das Spektrometer möglicherweise nicht mehr benötigt, und eine einfache Intensitätserkennung kann eingesetzt werden, um den kritischen Winkel α_c oder andere Winkel zu analysieren, die mit den Wellenlängen der betreffenden Teilstrahlen korrelieren.

[0060] Entsprechend einem Ausführungsbeispiel der Erfindung können verschiedene Wellenlängen zur Bestimmung des Brechungsindex dienen. Bei einer der Mess-Situation entsprechenden Kalibrierung kann gemessen werden, bei welcher Wellenlänge die Schattenkante auftritt. In ähnlicher Weise kann für andere

Wellenlängen festgestellt werden, in welchen Winkel sie von dem Interface IF reflektiert werden müssen. Bei einer Messung in einer Versorgungseinrichtung kann beispielsweise das Driften des Instruments erkannt und/oder kompensiert werden, da das Spektrometer oder ein anderes Analysegerät eine Vielzahl von Wellenlängen und die entsprechenden Teilstrahl-Winkel mit den Kalibrierungsdaten vergleichen kann und somit die Drift, falls vorhanden, in geeignetem Maße kompensieren kann.

[0061] Entsprechend einem Ausführungsbeispiel der Erfindung kann das dispersive Element durch einen Turboscaner realisiert sein, das heißt, durch einen rotierenden Polygon-Spiegel, dessen Spiegelflächen eine reproduzierbare Scanningbewegung für den einfallenden Lichtstrahl bilden und damit, über die Kondensor-Apertur, für den Lichteinfall, der in den zum Spektrometer führenden Wellenleiter gesammelt werden soll. Bei solchen Ausführungen jedoch, bei denen keine Elektrizität verwendet werden darf, kann die Drehbewegung mit Hilfe eines Fluids (beispielsweise Druckluftströmung) und eines Mechanismus erzielt werden, der die Strömungsbewegung ausnutzt und sie in Bewegung des Turboscaners umwandelt, da das Scannen bei niedriger Geschwindigkeit erfolgen kann, beispielsweise nicht über 1000 Umdrehungen pro Sekunde.

[0062] Entsprechend einem Ausführungsbeispiel der Erfindung, das in anderen Teilen des Anmeldungstextes beschrieben ist, bezieht sich in **Fig. 3** Rot (R) auf das langwellige Ende des Bereichs des eingesetzten polychromatischen Lichts und Blau (B) bezieht sich auf das kurzwellige Ende des Bereichs des eingesetzten polychromatischen Lichts, ungeachtet dessen, ob die Bereiche ganz oder teilweise im ultravioletten Wellenlängen-Bereich, in sichtbarem und/oder im infraroten Wellenlängen-Bereich liegen. Bei einer Ausführungsform der Erfindung kann die Richtung der Wellenlängendispersion und/oder das Spektrometer-Abtasten der Wellenlängen geschaltet werden, um so den dynamischen Bereich der Winkel des reflektierten Lichts zu vergrößern oder zu unterdrücken, die bezüglich der Ausbreitungsrichtungen gezeigt wurden für blaues, rotes und gelbes (Y) Licht in niedrigkonzentrierten und hochkonzentrierten Medien. Das Abbild der Strahlen in **Fig. 3** unterscheidet sich von dem der **Fig. 2** zur Vereinfachung der Darstellung.

[0063] Entsprechend einer Ausführungsform ist das Spektrometer vorgesehen, um Informationen über verschiedene Wellenlängen der Teilstrahlen an das Analysegerät zu liefern. So kann eine redundante Messung für die statistische Analyse nachgeprüft werden. Ein weiterer Vorteil kann dadurch zum Beispiel für die Erkennung von Anomalien in der Dichte des Mediums erreicht werden, das heißt, von durch Mehrphasen-Anwesenheit und/oder von durch Medium-Fluktuationen hervorgerufenen Brechungsindex-Abweichungen, die verfolgt werden können und so, mit der Medium-Flussdichte in Verbindung gebracht, verwendet werden können, um Abschätzungen bezüglich Turbulenz und/oder ihrer Komponenten vorzunehmen.

Bezugszeichenliste

A	Helles Feld
C	Schattenkante
B	Dunkles Feld
L	Lichtquelle
P	Prisma
S	Probe
RBG	Rot, Blau, Grün
some B, G	Blau, Grün teilweise
Controller	Steuereinheit
PLS	polychromatische Lichtquelle
Analyzer	Analysegerät
Infr Str	Infrastruktur
OF	optische Fiber / Wellenleiter
out	Aus
in	Ein
comp	Kompensation

Field Head	Messkopf
DE	dispersives Element
SP	Sensorprisma / Messprisma
IF	Interface / Grenzfläche
MF	Medium / Probe
CON	Kondensor
Low c	niedrige Konzentration
High c	hohe Konzentration
B	Blau
Y	Gelb
R	Rot

Patentansprüche

1. Messkopf eines optischen Instruments zur Messung des Brechungsindex eines Mediums oder einer davon ableitbaren Größe in Kontakt mit einer Grenzfläche (IF) eines Messprismas (SP) des Messkopfes, wobei der Messkopf des optischen Instruments außerdem umfasst:

- einen ersten Wellenleiter (OF) zur Bereitstellung von breitbandigem Licht aus einer breitbandigen Lichtquelle (PLS),
- ein dispersives Element (DE) zur Zerlegung des breitbandigen Lichts in mindestens einen Teilstrahl, der zu einer Vielzahl von Teilstrahlen gehört, so dass jeder einfallende Teilstrahl aus dieser Vielzahl einen unterschiedlich gerichteten Ausbreitungspfad sowie mindestens eine unterschiedliche Wellenlänge hat, die sich von den Wellenlängen der anderen Teile jener Vielzahl von Teilstrahlen unterscheidet,
- einen Kondensor (CON) zur Aufnahme zumindest eines Teilstrahls nach seiner Reflexion an der Grenzfläche (IF) des Messkopfes in einen zweiten Wellenleiter (OF), wobei das disperse Element (DE) so angeordnet ist, dass es mindestens einen Teilstrahl in den kritischen Winkel der Totalreflexion an dieser Grenzfläche (IF) führt, sowie zumindest einen weiteren Teilstrahl in eine Richtung lenkt, die in den Kondensor (CON) führt, der so angeordnet ist, dass er zumindest den weiteren Teilstrahl sammelt, um ihn zu einem Spektrometer weiterzuleiten, das die Aufgabe hat, eine Spektrometer-Analyse der ankommenden Teilstrahlen durchzuführen.

2. Messkopf nach Anspruch 1, bei dem ein Teilstrahl aus einer Vielzahl von Teilstrahlen so geführt ist, dass er in afokaler Geometrie auf die Grenzfläche (IF) einfällt.

3. Messkopf nach Anspruch 1, bei dem ein Teilstrahl aus einer Vielzahl von Teilstrahlen so geführt ist, dass er auf jene Grenzfläche (IF) in konvergierender Geometrie mit Fokus auf dieser Grenzfläche (IF) einfällt.

4. Messkopf nach Anspruch 1, bei dem ein Teilstrahl aus einer Vielzahl von Teilstrahlen so geführt ist, dass er, als Funktion der Wellenlänge des breitbandigen Lichts, in einen spezifischen Teilstrahl-Einfallswinkel dispersiert wird.

5. Messkopf nach Anspruch 1, bei dem der Messkopf Wellenleiterstecker umfasst, um Licht zumindest in den ersten Wellenleiter (OF) hinein zu führen oder aus dem zweiten Wellenleiter (OF) heraus zu führen.

6. Messkopf nach Anspruch 1, bei dem die Funktion des dispersiven Elements (DE) durch ein Beugungsgitter ausgeführt wird.

7. Messkopf nach Anspruch 1, bei dem das disperse Element (DE) und das Messprisma (SP) kombiniert sind oder im gleichen Bauteil zusammengefasst sind.

8. Messkopf nach Anspruch 1, wobei der Messkopf einen Wellenleiterausgang für ein optisches Kompensationssignal (comp) zur Kompensation von Eigenschaften der Lichtquelle (PLS) für eine Steuereinheit vorsieht.

9. Messkopf nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Messkopf eine antistatische Beschichtung hat, um Ladungsaufbau am Messkopf zu vermeiden, und/oder Erdungsmittel umfasst, um aufgebaute Ladung zu erden.

10. Messkopf nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Messkopf, zusätzlich zu einer optisch-mechanischen operativen Infrastruktur, nur Wellenleiter-basierte Steuersignalstecker zur Steuerung des Messkopfes umfasst.

11. Optisches System, das mindestens einen Messkopf gemäß einem der Ansprüche 1 bis 10 und mindestens eine Steuereinheit aufweist, wobei die Steuereinheit umfasst:

- eine Lichtquelle (PLS) zur Lieferung von polychromatischem Licht über einen ersten Wellenleiter (OF) an einen Ausgang zur Erzeugung einer Vielzahl von Teilstrahlen, die im Messkopf laufen und dort benutzt werden, und
- ein Spektrometer für die Spektrum-Analyse des vom Messkopf über mindestens einen Eingangs-Wellenleiter (OF) eingespeisten Lichts.

12. Optisches System nach Anspruch 11, wobei die Lichtquelle (PLS) vorgesehen ist, um polychromatisches Licht mit kontinuierlicher Wellenlängenverteilung abzustrahlen.

13. Optisches System nach Anspruch 11, wobei die Lichtquelle (PLS) eine Vielzahl monochromatischer Lichtquellen umfasst, um die Teilstrahlen zu liefern.

14. Optisches System nach Anspruch 11, wobei die Lichtquelle (PLS) vorgesehen ist, um ein Kompensationssignal (comp) für das Spektrometer zu liefern, um Eigenschaften der Lichtquelle (PLS) zu kompensieren.

15. Optisches System nach Anspruch 11, wobei die Lichtquelle (PLS) zumindest eine Lichtquelle umfasst, die Lichtpulse erzeugen kann.

16. Optisches System nach Anspruch 15, wobei die Lichtquelle (PLS) Steuermittel umfasst, um von Puls zu Puls die Wellenlänge des Lichts zu ändern, und/oder Mittel umfasst, um eine Länge der Pulse gegenüber einem Abstand zwischen den Pulsen zu variieren.

17. Optisches System nach Anspruch 11, wobei Messkopf und Steuereinheit im gleichen Gehäuse untergebracht sind.

18. Verfahren zur Bestimmung des Brechungsindex mithilfe der Totalreflexion eines Teilstrahls aus einer Vielzahl von Teilstrahlen von breitbandigem polychromatischem Licht an einer Grenzfläche (IF) zwischen Messkopfprisma (SP) und zu messender Probe (MF) unter Verwendung eines Messkopfs gemäß einem der Ansprüche 1 bis 10, umfassend:

- Führen mindestens eines Teilstrahls einer ersten Wellenlänge in einen kritischen Winkel der Totalreflexion an der Grenzfläche (IF),
- Führen mindestens eines weiteren Teilstrahls einer zweiten Wellenlänge zu dieser Grenzfläche (IF), so dass er einen Pfad zu einem Kondensor (CON) durchläuft,
- Bündelung des reflektierten Lichts durch den Kondensor (CON) zu einem Spektrometer hin, das für die spektrometrische Analyse von Teilstrahlen vorgesehen ist,
- Erkennen eines ersten aus dem Spektrum fehlenden Teilstrahls, und zwar auf der Basis der Information über die Wellenlängen zumindest eines ausgesandten Teilstrahls,
- Berechnen des Brechungsindex dieses Mediums aufgrund der Wellenlänge des fehlenden Teilstrahls.

19. Software-Produkt auf einem computerlesbaren Medium, umfassend Software-Mittel, die eingerichtet sind, um die Arbeitsweise des optischen Systems gemäß einem der Ansprüche 11 bis 17 nach einem Verfahren gemäß Anspruch 18 zu steuern, wenn die Software in einem Computer installiert ist und läuft.

20. Software-Produkt nach Anspruch 19 wobei das Software-Produkt mindestens eines der folgenden Mittel umfasst: Spektrometer-Steuerungsmittel, Spektrum-Scanning- und/oder Analyse-Mittel, Schulter-Erkennungsmittel, Datenerfassungsmittel, Mittel zur statistischen Analyse, Datenbank für das Speichern

und/oder Bearbeiten von Messdaten sowie graphische Mittel zur Herstellung von Illustrationen zu Messergebnissen auf einem Bildschirm zur Daten-Darstellung.

Es folgen 2 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

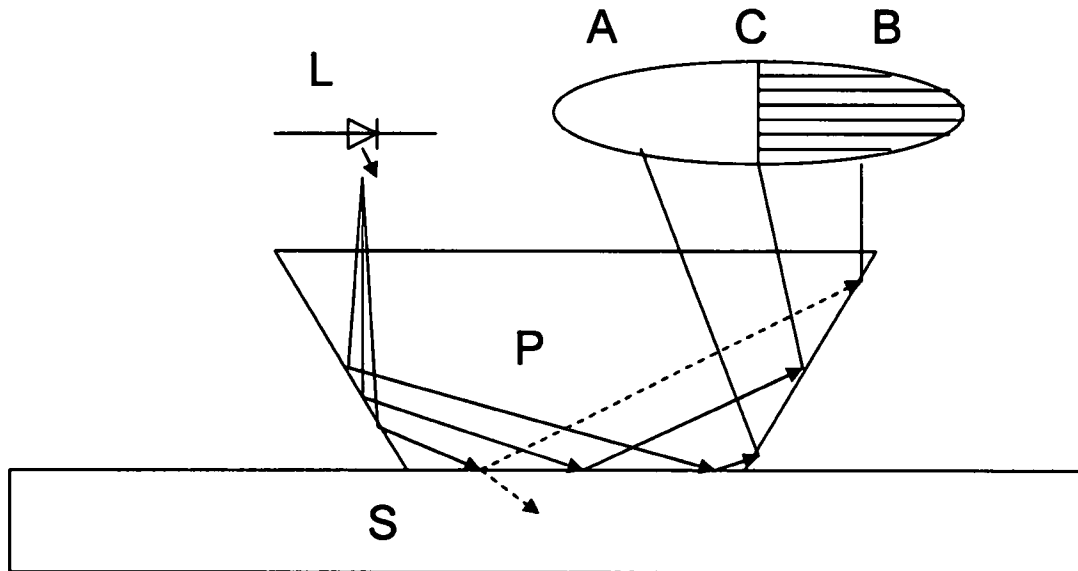


Fig. 1A

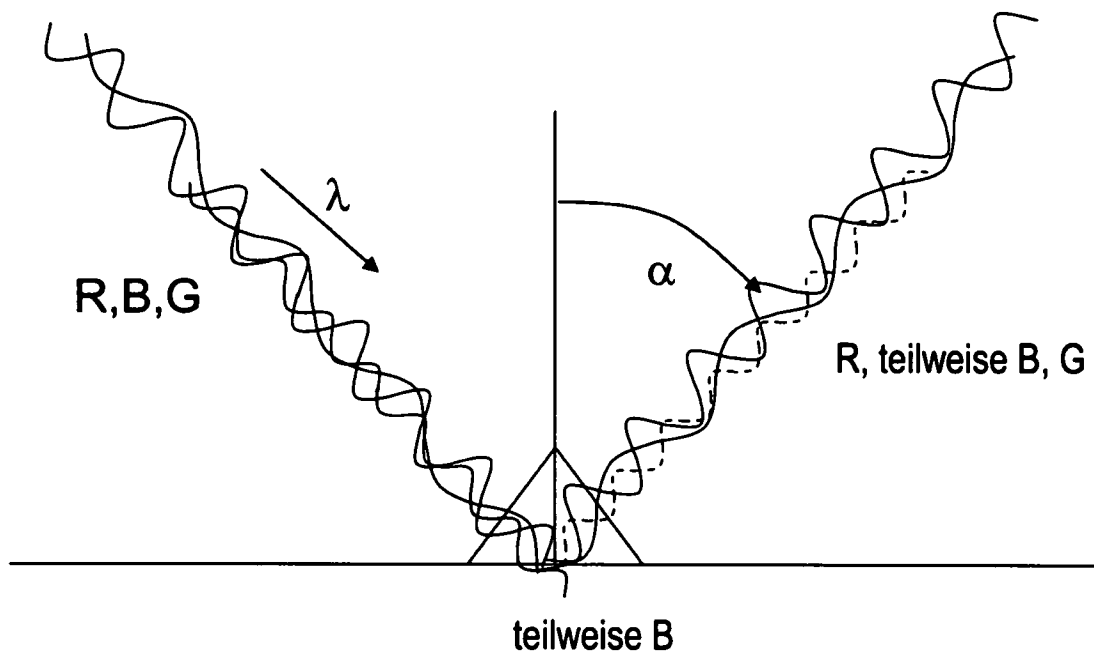


Fig. 1B

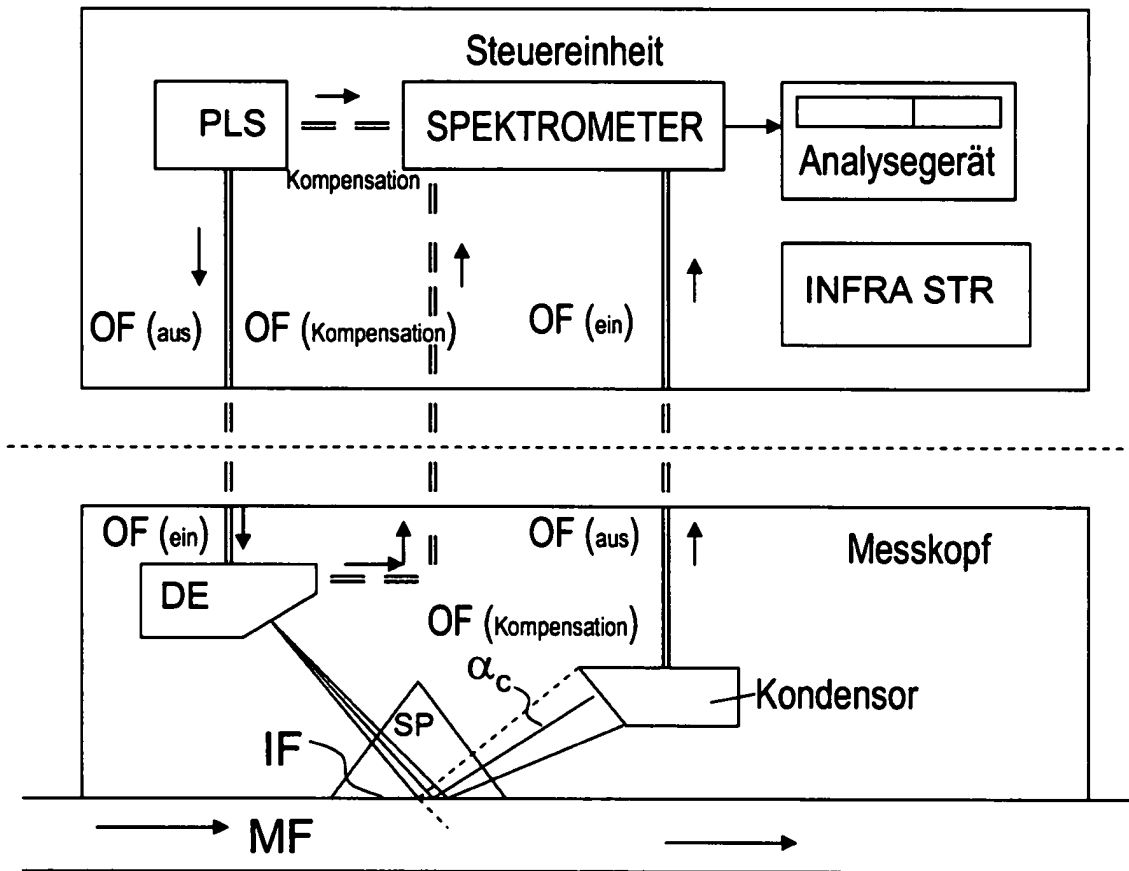


Fig. 2

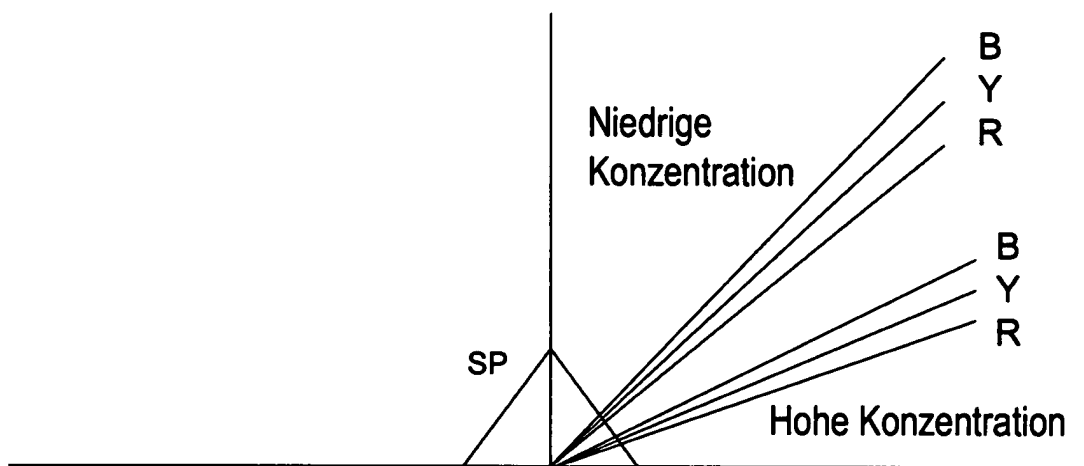


Fig. 3