(19) **Bundesrepublik Deutschland**
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 698 28 765 T2** 2006.01.12

(12) # Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 0 930 497 B1**
(21) Deutsches Aktenzeichen: **698 28 765.7**
(96) Europäisches Aktenzeichen: **98 308 733.9**
(96) Europäischer Anmeldetag: **26.10.1998**
(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **21.07.1999**
(97) Veröffentlichungstag der Patenterteilung beim EPA: **26.01.2005**
(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **12.01.2006**

(51) Int Cl.[8]: ***G01N 21/59*** (2006.01)

(30) Unionspriorität:
29690397 29.10.1997 JP

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE, FR, GB, IT, NL

(73) Patentinhaber:
Kurashiki Boseki K.K., Kurashiki, Okayama, JP

(72) Erfinder:
Higashi, Noboru, Neyagawa-shi, Osaka, JP

(74) Vertreter:
Patentanwälte von Kreisler, Selting, Werner et col., 50667 Köln

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung zur Messung der optischen Dichte**

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 betrifft allgemein eine Vorrichtung zur Messung der optischen Dichte, wobei die Homogenität von infrarotem Messlicht garantiert wird, die ein Paar von Zellen, eine Referenzzelle und eine Probenzelle, in einem infraroten optischen System aufweist, und die eine optische Dichte einer Probe auf der Grundlage des Verhältnisses innerhalb eines Paars von Intensitäten der infraroten Messlichter, die durch das Paar der Zellen verlaufen, bestimmt und betrifft insbesondere eine Vorrichtung zur Messung der optischen Dichte mit einem optischen Doppelstrahlsystem, das das infrarote Messlicht, das von einer Lichtquelle ausgesendet wird, durch eine Kollimatorlinse in ein paralleles infrarotes Messlicht umwandelt, das parallele Messlicht in zwei aufgespaltete parallele Lichtbündel spaltet und das erste Lichtbündel und das zweite Lichtbündel jeweils durch die Referenzzelle und die Probenzelle laufen lässt.

[0002] Eine Vielfalt von Arten von Vorrichtungen zur Messung der optischen Dichte ist herkömmlicher Weise zur Verfügung gestellt worden. Die Arten von Vorrichtungen zur Messung der optischen Dichte werden allgemein nach ihren optischen Wegen oder Messlichtbündeln in zwei Arten eingeteilt: in eine Art mit einem optischen Einzelstrahlsystem und in eine Art mit einem optischen Doppelstrahlsystem. Die zuerst genannte Art, also die Art mit dem optischen Einzelstrahlsystem, die herkömmlicher Weise für eine lange Zeit populär war, weist eine Konstruktion auf, in welcher eine Zelle in einem Lichtbündel, das von einer Lichtquelle zu einem optischen Empfänger verläuft, positioniert ist. In der Konstruktion wird die Zelle mit destilliertem Wasser als eine Referenzflüssigkeit präparierend gefüllt, und es wird die Menge des durchgelassenen Lichts des Messlichts, das durch das destillierte Wasser verläuft, im Voraus durch einen optischen Empfänger bestimmt. Sodann wird, nachdem das destillierte Wasser in der Zelle durch eine Probe ersetzt worden ist, die Menge des durchgelassenen Lichts des Messlichts, das durch die Probe verläuft, bestimmt, und wird die Dichte der Probe aus dem Verhältnis zwischen den Mengen der beiden durchgelassenen Messlichter bestimmt oder berechnet.

[0003] Diese Art der Vorrichtung zur Messung der optischen Dichte mit dem optischen Einzelstrahlsystem, welches den einzelnen optischen Weg oder das einzelne Lichtbündel verwendet, besitzt einen Vorteil darin, dass eine optische Identität zu der Zeit der Messung der Referenzzelle und zu der Zeit der Messung der Probenzelle, abgesehen von der Dichte der Probe in der Zelle, erhalten oder gesichert wird.

[0004] Es muss jedoch periodisch eine Leer-Kalibration (Null-Kalibration) der Vorrichtung zur Messung der optischen Dichte, die zu dieser Art gehört, vorgenommen werden, um die Identität für eine lange Zeit zu gewährleisten, und ein Benutzer muss sich der Mühe unterziehen, die Probe für die Kalibrierung mit destilliertem Wasser zu ersetzen. Hieraus resultiert ein Problem der Verringerung der Messeffizienz des Messens der optischen Dichte der Probe.

[0005] Ebenso ist ein weiteres Gerät oder eine Struktur für das Ersetzen der Probe mit destilliertem Wasser unentbehrlich, und dieses führt zu einem weiteren Problem hoher Kosten der Vorrichtung.

[0006] Weiterhin wird die Verlässlichkeit der Leer-Kalibrationsgenauigkeit verschlechtert, für den Fall, dass auch nur eine kleine Menge der Probe bei dem Auswechseln der Probe mit destilliertem Wasser zur Zeit des Ausführens der Leer-Kalibration in der Zelle bleibt.

[0007] In der Zwischenzeit ist eine Vorrichtung der Art mit dem optischen Einzelstrahlsystem vorgeschlagen worden, die eine Zelle verwendet, die Variable-Längen-Zelle von zylindrischem Typ genannt wird (siehe die japanische Offenlegungspatentveröffentlichung Nr. 4 - 1556). Diese Variable-Längen-Zelle von zylindrischem Typ verändert die Position eines Kolbens darin, um zu ermöglichen, dass die Größe eines zylindrischen Raumes, in den die Probe verbracht wird, auf eine Referenzzellenlänge und eine Probenzellenlänge verändert wird. Diese Vorrichtung besitzt den Vorteil, dass sie kein destilliertes Wasser für die Leer-Kalibration benötigt; es ist jedoch sehr schwierig, den Kolben mit großer Genauigkeit über eine längere Zeit an einer vorherbestimmten Position zu halten. Daher ist die Vorrichtung bisher noch nicht in der Praxis verwendet worden.

[0008] Auf der anderen Seite soll die Vorrichtung der Art mit dem optischen Doppelstrahlsystem die vorhergenannten Probleme der Art mit dem optischen Einzelstrahlsystem lösen, indem die Notwendigkeit, die Leer-Kalibration mit dem destillierten Wasser auszuführen, vermieden wird.

[0009] Die Art mit dem optischen Doppelstrahlsystem schließt eine Art von Vorrichtung ein, in welcher ein von einer Lichtquelle ausgesendetes Messlicht direkt von Anfang an in zwei optische Wege oder Lichtbündel gespaltet wird, in welcher eine Referenzzelle und eine Probenzelle in dem ersten Lichtbündel bzw. dem zweiten Lichtbündel positioniert werden, in welcher identische Proben in die beiden Zellen verbracht werden und in welcher die Lichter, die durch die Zellen gelaufen sind, durch einen optischen Detektor oder optischen Empfänger empfangen werden (siehe die japanische Offenlegungspatentveröffentlichung Nr. 3 - 223654). Diese Vorrichtung besitzt einen Vorteil darin, das sie kein destilliertes Wasser für die Leer-Kalibration benötigt und einen Vorteil darin,

dass beide Zellen stationär (oder fest) sind und mit keinen beweglichen Teilen versehen sind.

[0010] Die Vorrichtung spaltet jedoch das direkt von der Lichtquelle ausgehende Messlicht in zwei partielle Lichter (d.h. zwei Lichtbündel), obwohl die Lichtquelle identisch ist. Deshalb ist die Homogenität oder Identität der zwei divergierenden optischen Wege oder Lichtbündel durchaus nicht garantiert. Somit muss eine Kalibrationskurve präpariert und angefertigt werden, wann immer die Lichtquelle altert oder wann immer die Lichtquelle selbst ausgewechselt wurde. Wie gut bekannt ist, stellt die Präparation und Anfertigung der Kalibrationskurve eine mühsam Arbeit dar, die viele Stunden und viel Mühen erfordert.

[0011] Daher ist die Sicherung der Homogenität oder Identität der optischen Wege oder Lichtbündel, die für die Messung sowohl der Referenzzelle als auch der Probenzelle genutzt werden sollen, für die Verbesserung der Genauigkeit der Messung von diesen absolut notwendig.

[0012] Als eine weitere konventionelle Vorrichtung der Art mit dem optischen Doppelstrahlsystem, die in gewisser Weise das zuvor genannte Problem zu lösen scheint, kann eine Vorrichtung aufgezählt werden, die in der japanischen Offenlegungspatentveröffentlichung Nr. 5 - 332933 offenbart ist. Der wesentliche Teil dieser Vorrichtung ist schematisch in den Fig. 1 und Fig. 2 gezeigt.

[0013] Diese Vorrichtung weist ein optisches System auf, das eine Infrarotlichtquelle „O", einen Verschluss „S", um einen Teil des Lichts aus der Lichtquelle „O" herauszulassen, eine Maske „M" mit zwei Durchlässen „M1" und "M2", eine Kollimatorlinse „L2", eine Referenzzelle „C1", eine Probenzelle „C2", einen Interferenzfilter (nicht gezeigt), eine Sammellinse (nicht gezeigt) und einen optischen Empfänger oder optischen Detektor (nicht gezeigt) einschließt. In diesem optischen System verläuft ein von der Lichtquelle „O" ausgesendetes infrarotes Messlicht begrenzt durch einen Bereich der Öffnung „S1" des davor angebrachten Verschlusses „S". In den Figuren ist die Öffnung „S1" in einer oberen Position angebracht.

[0014] In den Figuren verläuft das infrarote Messlicht, das durch die Öffnung „S1" gelaufen ist, weiterhin durch den ersten Durchlass „M1" der Maske „M", wird das laufende Bündel des infraroten Messlichts durch die Kollimatorlinse „L2" in ein paralleles Lichtbündel umgewandelt, und verläuft dann das parallele Lichtbündel durch die Referenzzelle C1.

[0015] Auf der anderen Seite verläuft das von der Lichtquelle „O" ausgesendete infrarote Messlicht, wenn die Öffnung „S1" des Verschlusses „S" zu einer niedrigeren Position bewegt wird (nicht gezeigt), durch den zweiten Durchlass „M2" der Maske „M", wird das laufende Bündel des infraroten Messlichts durch die Kollimatorlinse „L2" in ein paralleles Lichtbündel umgewandelt, und verläuft dann das parallele Lichtbündel durch die Referenzzelle C2 (eine detaillierte Beschreibung der folgenden Verarbeitung des durchgelassenen Messlichts wird unten ausgeführt).

[0016] In dem optischen System der in den Fig. 1 und Fig. 2 gezeigten Vorrichtung, werden die zwei aufgespalteten parallelen Lichtbündel, die aus einem Lichtbündel, das von der Lichtquelle „O" ausgesendet wurde, abgeleitet werden, als ein Licht, das durch die Referenzzelle „C1 bzw. ein Licht, das durch die Probenzelle „C2" läuft, zumindest unter Verwendung einer identischen optischen Komponente benutzt. Daher ist anzunehmen, dass die Homogenität oder Identität der beiden aufgespalteten parallelen Lichtbündel im beträchtlichen Maße garantiert ist.

[0017] Wenn jedoch eine Messung mit sehr hoher Genauigkeit gewünscht ist, kann selbst diese Vorrichtung eine hinreichende Homogenität oder Identität der zwei hier verwendeten aufgespalteten parallelen Lichtbündel nicht realisieren. Der Grund hierfür wird im weiteren mit Bezug auf die Fig. 1 und Fig. 2 beschreiben.

[0018] Man mag allgemein annehmen, dass, wenn eine identische Lichtquelle verwendet wird, identische Fluktuationen gleichzeitig in den zwei parallelen Lichtbündeln mit Rücksicht auf Fluktuationen in der Lichtemissionsintensität der Lichtquelle auftreten. Streng genommen weist die Lichtquelle jedoch einen spezifizierten Bereich mit Hinsicht auf den Eingangspupillendurchmesser des optischen Systems auf. Somit kann eine Verbesserung der Genauigkeit der Messung nicht realisiert werden, solange das optische System nicht unter Berücksichtigung der Tatsache konstruiert wird, dass die optischen Informationen der Intensität, und so weiter, des infraroten Messlichts, das von jedem leuchtenden Punkt, der zu dem spezifizierten Bereich beiträgt, ausgesendet wird, an jedem leuchtenden Punkt unterschiedlich sind.

[0019] Die in den Fig. 1 und Fig. 2 gezeigte Lichtquelle „O" schließt ein Filament „O1" ein, das als Leuchtkörper dient. In Fig. 1 sind die Mitte des Filaments „O1", das einen spezifizierten Bereich einnimmt, und der zentrale Symmetriepunkt der zwei Durchlässe „M1" und „M2" beide auf einer optischen Achse „P" lokalisiert. In dieser Konstruktion wird ein infrarotes Messlicht, das von dem Mittelpunkt „O2" des Filaments „O1" ausgesendet wird, durch die Maskendurchlässe „M1" und „M2" beschränkt, und werden sodann die zwei aufgespalteten Messlichter veranlasst, durch die Kollimatorlinse „L2" zu verlaufen, so dass die zwei aufgespalteten Messlichter in zwei aufgespaltete parallele Lichtbündel „B1" und

„B2", die symmetrisch bezüglich zu der optischen Achse „P" sind, umgewandelt werden. Das bedeutet, dass in einem bestimmten Messbereich der Zelle „C" die Lichtbündel „B1" und „B2" als Lichter mit identischer Qualität angesehen werden können.

[0020] Auf der anderen Seite wird das infrarote Messlicht, das von einem Ende „O3" des Filaments „O1" ausgesendet wird, in zwei gespaltete parallele Lichtbündel „D1" und „D2" auf eine ähnliche Weise, wie in den Fig. 1 und Fig. 2 gezeigt, umgewandelt. Wie aus den Figuren deutlich wird, sind die Lichtbündel „D1" und „D2" nicht bezüglich der optischen Achse „P" symmetrisch und sind unbalanciert. Das heißt, dass, wenn ein Paar von Durchlässen auf der Maske lediglich auf der Basis der bloßen einfachen Konzeption angeordnet ist, dass nur die Symmetrie der Durchlässe mit Bezug auf die optische Achse wesentlich ist, dann die zwei Lichtbündel „D1" und „D2" durch unsymmetrische Bereiche (d.h. Bereiche, die nicht bezüglich der optischen Achse symmetrisch sind) des Messbereichs, in dem die Zellen „C1" und „C2" positioniert sind, verlaufen können.

[0021] Ein weiteres Problem kann durch eine positionelle Verschiebung des Filaments „O1", wenn die Lichtquelle „O" selbst durch eine andere ersetzt wird, auftreten. Fig. 2 zeigt einen Zustand, in welchem die Position des Filaments „O1" gegenüber dem Zustand von Fig. 1 verschoben ist Fig. 2 illustriert eine Situation, in welcher ein Ende „O4" des Filaments „O1" in der Mitte der optischen Achse „P" positioniert ist. In diesem Fall ist das andere Ende „O3" des Filaments „O1" stark gegenüber der Mitte der optischen Achse „P" versetzt. Deshalb sind die Lichtbündel „D1" und „D2", die durch die Maskendurchlässe „M1" und „M2" begrenzt worden sind, in dem Messbereich stärker gegenüber der optischen Achse „P" versetzt oder verschoben.

[0022] In einer extremen Situation ist es möglich, dass das Lichtbündel „D2", das durch die Probenzelle „C2" verläuft, beinahe keine optischen Informationen über das Ende „O3" des Filaments „O1" einschließt.

[0023] Dementsprechend weisen in einer solchen Situation die zwei Lichtbündel optische Informationen mit äußerst unterschiedlichen Qualitäten, wenn die Lichtquelle ersetzt wird, auf. Daher wird das Verhältnis zwischen der Dichte und dem Absorptionsvermögen, das auf der Basis der optischen Informationen vor dem Ersetzen der Lichtquelle gemessen oder kalibriert wurde, unbrauchbar, was andererseits eine wiederholte Fertigung (oder Rekonstruktion) der Kalibrationskurve mit Hinsicht auf die ersetzende neue Lichtquelle erfordert.

[0024] Ein weiteres Problem liegt in der Nichtgleichförmigkeit der optischen Durchgangscharakteristiken eines Interferenzfilters, der in dieser Art von spektroskopischer Vorrichtung verwendet wird. Als ein spektroskopischer Filter, der selektiv einer bestimmten Wellenlänge den Durchgang erlaubt, ist der spektroskopische Filter einfach, geeignet und weit verbreitet. Jedoch sind seine spektroskopischen Spektrumscharakteristiken in Abhängigkeit von dem jeweiligen Interferenzfilter nicht immer gleichförmig. Diese seine Ungleichförmigkeit hängt mit dem Problem bezüglich des Herstellungsprozesses einer vielschichtigen Abscheidbeschichtung zusammen, und selbst die spektroskopischen Spektrumscharakteristiken einer Vielzahl von Interferenzfiltern, die mithilfe des identischen Herstellungsprozess hergestellt sind, weisen Variationen in der Hauptwellenlänge und der Halbwertsbreite derselben auf. Des weiteren sind strenggenommen die spektroskopischen Durchgangsspektren selbst innerhalb eines Filters nicht notwendigerweise dieselben, je nachdem durch welchen Teil des Filters das Licht verläuft.

[0025] Da das Lichtbündel in der zuvor genannten konventionellen Art der Vorrichtung mit dem optischen Einzelstrahlsystem einfach ist, ist die positionelle Nichtgleichförmigkeit des Interferenzfilters sowohl in dem Stadium des Messens der Probe als auch in dem Stadium der Referenzmessung auf die gleiche Weise enthalten, wodurch die oben beschriebenen Probleme nicht auftreten. In dem Fall jedoch, in dem das Lichtbündel in Teile unterteilt wird, und in dem zwischen den beiden optischen Wegen ein Unterschied in dem spektroskopischen Spektrum erzeugt wird, tritt in dem Messergebnis ein fataler Fehler auf.

[0026] Es ist demnach ein wichtiges technisches Ziel, zu ermöglichen, dass die positionelle Nichtgleichförmigkeit des spektroskopischen Spektrums in den beiden Lichtbündeln einheitlich enthalten ist.

[0027] Dem gemäß ist es ein Ziel der vorliegenden Erfindung, eine Vorrichtung zur Messung der optischen Dichte zur Verfügung zu stellen, in welcher die Homogenität oder Identität der Messlichter gewährleistet ist, so dass die optischen Informationen über die Lichtquelle einheitlich in dem Messbereich um die optische Achse enthalten sind, selbst wenn eine Fluktuation in ihrer Lichtquelle auftritt.

[0028] Es ist ein weiteres Ziel der vorliegenden Erfindung, eine Vorrichtung zur Messung der optischen Dichte zur Verfügung zu stellen, in welcher die Homogenität oder Identität der Messlichter gewährleistet ist, selbst wenn eine positionelle Nichtgleichförmigkeit in dem spektroskopischen Durchgangsspektrum des Interferenzfilters, der als spektroskopischer Filter verwendet wird, auftritt, so dass die Nichtgleichförmigkeit des Durchgangsspektrums gleichförmig in dem Messbereich um die optische Achse enthalten ist.

[0029] Um diese und andere Ziele der vorliegenden Erfindung zu erreichen, wird zur Verfügung gestellt eine Vorrichtung zur Messung der optischen Dichte, umfassend: eine Lichtquelle zum Aussenden eines Infrarotstrahls als Messstrahl; eine Kollimatorlinse zum Umwandeln des Messstrahls, der von der Lichtquelle ausgesendet wird, in einen parallelen Messstrahl; eine optische Maske zum Aufspalten des parallelen Messstrahls in einen ersten aufgespalteten parallelen Messstrahl und einen zweiten aufgespalteten parallelen Messstrahl; eine Referenzeinrichtung, die in einem Lichflaufweg des ersten aufgespalteten parallelen Messstrahls zur Verfügung gestellt wird; eine Probenzelle, die in einem Lichtlaufweg des zweiten aufgespalteten parallelen Messstrahls zur Verfügung gestellt wird; einen optischen Detektor zum Detektieren des ersten aufgespalteten parallelen Messstrahls, der durch die Referenzeinrichtung gelaufen ist, und des zweiten aufgespalteten parallelen Messstrahls, der durch die Probenzelle gelaufen ist, so dass eine optische Dichte einer Probe in der Probenzelle gemessen wird; und eine erste Sammellinse zum Fokussieren des ersten aufgespalteten parallelen Messstrahls, der durch die Referenzeinrichtung gelaufen ist, auf den optischen Detektor und zum Fokussieren des zweiten aufgespalteten parallelen Messstrahls, der durch die Probenzelle gelaufen ist, auf den optischen Detektor, dadurch charakterisiert, dass zur Verfügung gestellt werden: ein Interferenzfilter zum Auswählen einer vorherbestimmten Wellenlänge des Messstrahls, der von der Lichtquelle ausgesendet wird und der durch den Interferenzfilter läuft, wobei der Interferenzfilter zwischen der Lichtquelle und der Kollimatorlinse zur Verfügung gestellt wird; eine zweite Sammellinse zum Fokussieren des Messstrahls, der von der Lichtquelle ausgesendet wird, auf den Interferenzfilter, und ein optischer Verschluss zum selektiven Durchlassen des ersten aufgespalteten parallelen Messstrahls oder des zweiten aufgespalteten parallelen Messstrahls, wobei der optische Verschluss zwischen der optischen Maske und der Referenzeinrichtung und zwischen der optischen Maske und der Probenzelle zur Verfügung gestellt wird.

[0030] In der Konstruktion kann beispielsweise die optische Maske eine plattenförmige Maske mit einem Paar von Durchlässen zum Ausbilden des ersten aufgespalteten parallelen Messstrahls und des zweiten aufgespalteten parallelen Messstrahls sein, wobei die Durchlässe des Paars symmetrisch zu einer optischen Achse einander benachbart sind.

[0031] In der Konstruktion fällt der Messstrahl (oder das Messlicht), der (oder das) von der Lichtquelle ausgesendet wird, auf die Kollimatorlinse, nachdem das Bild der Lichtquelle auf dem Interferenzfilter, als einen spektroskopischen Filter, mithilfe der zweiten Sammellinse abgebildet wurde; wird der Messstrahl durch die Kollimatorlinse parallel gemacht; wird der parallele Messstrahl mithilfe der optischen Maske in den ersten parallelen aufgespalteten Messstrahl und den zweiten parallelen aufgespalteten Messstrahl unterteilt oder aufgespaltet; wird einer des ersten aufgespalteten parallelen Messstrahls und des zweiten aufgespalteten parallelen Messstrahls durch den optischen Verschluss ausgewählt; wird dem durch den optischen Verschluss ausgewählten Messstrahl ermöglicht, entweder durch die Referenzeinrichtung oder die Probenzelle zu laufen; und wird die Dichte der Probe auf der Basis der Menge des Lichts, das durch die Referenzeinrichtung durchgelassen wird, und der Menge des Lichts, das durch die Probenzelle durchgelassen wird, gemessen und berechnet.

[0032] Gemäß der Konstruktion sind die optischen Informationen der Lichtquelle, nämlich die vorherbestimmte Wellenlänge des Lichtstrahls, der von jedem Leuchtpunkt der Lichtquelle ausgesendet wird, die durch den Interferenzfilter ausgewählt wird, in dem ersten und dem zweiten aufgespalteten parallelen Messstrahl (d.h. in einem Paar aufgespalteter paralleler Lichtbündel) gleichförmig enthalten. Das bedeutet, dass die Informationen über Fluktuationen der Leuchtpunkte der Lichtquelle und die positionelle Ungleichförmigkeit der optischen Durchgangscharakteristiken des Interferenzfilters gleichförmig und auf die gleiche Weise in den beiden Lichtbündeln enthalten sind. Als Ergebnis hiervon kann mit Hinsicht auf eine positionelle Änderung der Lichtquelle, für die konventioneller Weise keine Korrekturen angebracht werden konnten, durch Korrigieren oder Ändern der Ausführungsgleichung, mithilfe einer Einpunktkalibration basierend auf der Probenmessung, somit ohne dass es notwendig ist, die Kalibrationskurve jedes Mal, wenn die Lichtquelle durch eine andere Lichtquelle ersetzt wird, neu zu ermitteln, eine hochgenaue Messung erreicht werden.

[0033] Ebenso stimmen gemäß der Konstruktion die spektroskopischen Spektra der beiden Lichtbündel miteinander überein. Daher werden die Fluktuationsfaktoren, wie die Variation in der von der Lichtquelle ausgestrahlten Lichtmenge, die nicht auf die optische Dichte zurückgehen, vollständig in dem optischen Referenzweg und dem optischen Messweg (d.h. dem optischen Probenweg) annulliert.

[0034] In der obigen Konstruktion kann die Referenzeinrichtung eine Referenzzelle enthalten. In dieser Konstruktion ist es möglich, die Referenzzelle und die Probenzelle als unabhängige separate Zellen, ähnlich wie die konventionellen Zellen, zur Verfügung zu stellen, wobei destilliertes Wasser in die Referenzzelle und eine Probe in die Probenzelle gegeben werden, oder wobei eine Probe sowohl in die Referenzzelle als auch in die Probenzelle gegeben wird.

[0035] Bevorzugter Weise umfasst die Vorrichtung zur Messung der optischen Dichte ein einzelnes Zel-

lengehäuse, wodurch die Referenzeinrichtung und die Probenzelle gebildet werden, wobei das Zellengehäuse eine erste Kammer und eine zweite Kammer aufweist, die im Innern ineinander übergehen, wobei die Zellenlänge der ersten Kammer kürzer ist als die Zellenlänge der zweiten Kammer, und wobei eine Referenzzelle der Referenzeinrichtung der ersten Kammer entspricht, während die Probenzelle der zweiten Kammer entspricht.

[0036] Bei dieser Konstruktion wird die Probe gleichzeitig oder simultan ohne Unterschied in die erste und zweite Kammer verbracht. Die Menge des Lichts, das durch die Referenzzelle durchgelassen wird, und die Menge des Lichts, das durch die Probenzelle durchgelassen wird, unterscheiden sich auf der Basis des Unterschieds der Zellenlängen.

[0037] Gemäß der Konstruktion der Zelle wird die einzelne Zelle durch die zwei Kammern in die Referenzzelle und die Probenzelle geteilt; namentlich stellen sie nicht voneinander unabhängige Zellen dar. Und die zwei Zellen weisen ein positionelles Verhältnis auf, in dem die zwei paralaktischen gespalteten Lichtbündel die Zellen durchdringen oder durchlaufen, und in dem die beiden Zellen unmittelbar aneinander grenzen. Ebenso wird die Probe gleichzeitig in die zwei Kammern verbracht, und wird die Probe den zwei Kammern gleichzeitig entnommen. Das garantiert, dass die Dichte der Probe in jeder der Kammern identisch ist.

[0038] Ebenso besteht in der Konstruktion die Zelle, wie oben beschrieben, aus einem einzelnen Element. Die Messstrahlen oder die zwei gespalteten parallelen Lichtbündel (d.h. die zwei gespalteten parallelen Messstrahlen oder -lichter), die von der Lichtquelle zu dem optischen Detektor laufen, verlaufen durch die identischen optischen Elemente. Daher sind die Lichtabsorptionscharakteristiken der optischen Substanzen, die von der Dichte der Probe in der Referenzzellenkammer und in der Probenzellenkammer verschieden sind, im wesentlichen in dem detektierten Licht, das durch die Referenzzelle verläuft, und dem detektierten Licht, das durch die Probenzelle verläuft, identisch, wodurch es ermöglicht wird, eine größere Genauigkeit der Messung zu realisieren.

[0039] Als ein Verfahren, die Länge einer Zelle zu verändern, ist es einfach und bequem, einen Block zur Anpassung der optischen Brechung, wie einen aus Glas gefertigten Block, in einem Zellengehäuse vorzusehen das eine identische (oder bestimmte oder konstante) Dicke oder Länge aufweist. Ein Block zur Anpassung der optischen Brechung, der einen Brechungsindex gleich oder ähnlich dem der Probe aufweist und eine Lichtabsorptionscharakteristik besitzt, die von derjenigen der Probe unterschiedlich ist, kann in einem ersten Bereich der Zelle aufgestellt (z. B. eingeführt) werden, durch die das zuvor genannte gespaltete Lichtbündel verläuft, und die Zellenlänge des ersten Bereichs wird gegenüber dem zweiten Bereich der Zelle um die Dicke (d.h. durch die Länge) des Blocks zur Anpassung der optischen Brechung verringert.

[0040] In anderen Worten können die Referenzeinrichtung und die Probenzelle durch Anbringen eines Blocks zur Anpassung der optischen Brechung teilweise innerhalb eines Zellengehäuses, das eine bestimmte Länge aufweist, gebildet werden, wobei eine erste Kammer, die innerhalb des Zellengehäuses ausgebildet ist, eine Zellenlänge aufweist, die durch die Anbringung des Blocks zur Anpassung der optischen Brechung kleiner als eine Zellenlänge einer zweiten Kammer, die innerhalb des Zellengehäuses ausgebildet ist, ist, die im allgemeinen gleich der bestimmten Länge des Zellengehäuses ist, und worin der Block zur Anpassung der optischen Brechung einen Brechungsindex aufweist, der einem Brechungsindex der Probe ähnlich ist, und der Block zur Anpassung der optischen Brechung eine Lichtabsorptionscharakteristik aufweist, die verschieden von einer Lichtabsorptionscharakteristik der Probe ist, und worin eine Referenzzelle der Referenzeinrichtung der ersten Kammer entspricht, während die Probenzelle der zweiten Kammer entspricht.

[0041] Gemäß dieser Konstruktion erfahren die zwei Lichtbündel, die den ersten und den zweiten Bereich der Zelle durchdringen oder durchlaufen (d.h. das Licht, das die Referenzzelle durchdringt und das Licht, das die Probenzelle durchdringt) im wesentlichen dieselbe Brechung und erreichen über die erste Linse den optischen Empfänger oder optischen Detektor.

[0042] Daher wird eine Verstärkung der Verschiebung (d.h. der örtlichen Veränderung oder des Versatzes) des Brennpunkts (d.h. des bildgebenden Punkts) auf dem optischen Detektor aufgrund einer Aberration des Linsensystems wirksam verhindert, wodurch die Genauigkeit der Messung verbessert wird.

[0043] In der Konstruktion kann die Referenzeinrichtung ein aus Glas gefertigter Block sein.

[0044] Alternativ kann die Referenzeinrichtung eine Atmosphäre aus Luft selbst sein.

[0045] Diese und andere Ziele und Merkmale der vorliegenden Erfindung werden durch die folgende Beschreibung, zusammen mit einer bevorzugten Ausführungsform davon und Modifikationen der Ausführungsform, mit Bezug auf die begleitenden Zeichnungen deutlich werden, in denen

[0046] Fig. 1 eine erklärende Ansicht eines wesent-

lichen Teils eines optischen Doppelstrahlsystems einer konventionellen Vorrichtung zur Messung der optischen Dichte darstellt;

[0047] Fig. 2 eine erklärende Ansicht ähnlich derjenigen in Fig. 1 ist;

[0048] Fig. 3 eine erklärende Ansicht eines wesentlichen Teils eines optischen Systems einer Vorrichtung zur Messung der optischen Dichte gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt;

[0049] Fig. 4 eine erklärende Ansicht ist, die einen Betriebsablauf des in Fig. 3 gezeigten optischen Systems zeigt, wobei ein Verschluss und eine Sammellinse, die in Fig. 3 gezeigt sind, ausgelassen sind;

[0050] Fig. 5 eine erklärende Ansicht ähnlich derjenigen in Fig. 4 ist, wobei der Verschluss und die Sammellinse, die in Fig. 3 gezeigt sind, ausgelassen sind;

[0051] Fig. 6 eine erklärende Ansicht darstellt, die die Raumwinkel von Bündeln oder Strahlen von Licht zeigt, das von der Lichtquelle ausgesendet wird;

[0052] Fig. 7 eine erklärende Ansicht ähnlich derjenigen von Fig. 6 ist;

[0053] Fig. 8 eine Vorderansicht einer optischen Maske und des Verschlusses, die in dem im Fig. 3 gezeigten optischen System verwendet werden, darstellt;

[0054] Fig. 9 eine Seitenansicht ist, die eine Zelle, gemäß einer ersten Modifikation, die alternativ in dem in Fig. 3 gezeigten optischen System verwendet werden kann, zeigt;

[0055] Fig. 10 eine Vorderansicht der Zelle von Fig. 9 darstellt;

[0056] Fig. 11 eine Draufsicht der Zelle von Fig. 9 ist;

[0057] Fig. 12 eine Ansicht ist, die einen wesentlichen Teil einer Zelle, gemäß einer zweiten Modifikation, zeigt, die alternativ in dem in Fig. 3 gezeigten optischen System verwendet werden kann; und

[0058] Fig. 13 eine Ansicht ist, die einen wesentlichen Teil einer Zelle, gemäß einer dritten Modifikation, zeigt, die alternativ in dem in Fig. 3 gezeigten optischen System verwendet werden kann.

[0059] Bevor eine Beschreibung der bevorzugten Ausführungsform und Modifikationen derselben erfolgt, sei erwähnt, dass ähnliche oder entsprechende Teile in den begleitenden Zeichnungen durchgehend mit den gleichen Bezugszeichen versehen sind.

[0060] Zunächst erfolgt im weiteren, mit Bezug auf die Fig. 3 bis Fig. 8, die Beschreibung einer Vorrichtung zur Messung der optischen Dichte gemäß der bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0061] Fig. 3 ist eine erklärende Ansicht, die ein optisches System der Vorrichtung zur Messung der optischen Dichte der bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt. Mit Bezug auf Fig. 3 bezeichnet das Bezugszeichen "O" eine infrarote Lichtquelle. Ein Messlicht, das von der Lichtquelle „O" ausgesendet wird, verläuft durch einen Messbereich zu einem Infrarotlichtsensor oder einen optischen Empfänger "R". Optische Linsen „L1", „L2" und "L3" sind in dieser Reihenfolge auf einer Linie angeordnet, die die Lichtquelle „O" mit der Mitte des optischen Empfängers „R" als eine optische Achse verbindet, und weitere optische Elemente sind entlang der optischen Achse angeordnet. Das Messlicht, das von der Lichtquelle „O" ausgesendet wird, erreicht eine Sammellinse „L1" und wird dann auf einen optischen Filter (Interferenzfilter) „F" durch die Linse „L1" fokussiert. Dieser Filter „F" wird durch eine Rotationsplatte „F2" mit einer spezifizierten Anzahl an Interferenzfiltern "F1" gebildet.

[0062] Dieser Interferenzfilter „F1" wählt nur eine spezifizierte Wellenlänge aus, die durchgelassen wird und/oder durch eine Komponente der zu messenden Probe absorbiert wird. Die Rotationsplatte „F2" weist eine vorherbestimmte Anzahl an Interferenzfiltern „F1" auf, von denen jeder eine besondere Lichtabsorptionscharakteristik besitzt, die für jede der vorherbestimmten vielfältigen Arten von zu messenden Proben gewählt wird. Die Rotationsplatte „F2" kann sich um eine Rotationsachse „F3" drehen. Die Rotationsplatte „F2" wird regulierbar um die Rotationsachse „F3" gedreht, so dass das Licht, welches von der Lichtquelle „O" ausgesendet wird und durch die Sammellinse „L1" verläuft, auf einen ausgewählten Interferenzfilter „F1" des Filters „F" fokussiert wird.

[0063] Das infrarote Messlicht, das den Interferenzfilter „F1" durchdrungen oder durchlaufen hat, diffundiert wieder, und es erreicht die Kollimatorlinse „L2". Die Kollimatorlinse „L2" ist vor dem Filter „F" an einem Ort positioniert, an dem die Kollimatorlinse „L2" von dem ausgewählten Interferenzfilter „F1" über eine Distanz entfernt ist, die der Brennweite „f" der Kollimatorlinse „L2" entspricht. Bei dieser Anordnung wird ein Lichtbündel, das auf die Kollimatorlinse „L2" fällt, als paralleles Licht weiter gesendet.

[0064] Direkt vor der Kollimatorlinse „L2" ist eine optische Maske „M" angeordnet. Eine Vorderansicht der Maske „M" ist in Fig. 8 gezeigt. Die Maske „M" ist mit

einem Paar von Durchlässen „M1" (welches ein „erster Durchlass" ist) und „M2" (welches ein „zweiter Durchlass" ist) versehen, so dass die Distanz in entgegengesetzter Richtung zwischen der Mitte (die mit der zuvor genannten optischen Achse zusammenfällt) der Maske „M" und einem, „M1", der Durchlässe „M1" und „M2" gleich der Distanz in entgegengesetzter Richtung zwischen der Mitte der Maske und dem anderen, „M2", der Durchlässe „M1" und „M2" ist. Der erste Durchlass „M1" ist ein Durchlass (d.h. eine Blende), um ein Referenzlichtbündel zu erzeugen; auf der anderen Seite ist der zweite Durchlass ein Durchlass (d.h. eine Blende), um ein Probenlichtbündel zu erzeugen. Das bedeutet, dass das parallele Licht, das durch die Kollimatorlinse „L2" erzeugt wird, und das dem Linsendurchmesser entspricht, durch das Paar von Durchlässen „M1" und „M2" in ein Paar schmaler gespalteter paralleler Lichtbündel aufgespaltet wird. In Fig. 8 sind die Maske „M", der erste und zweite Durchlass „M1" und „M2" jeweils durch gestrichelte Linien gezeigt.

[0065] Direkt vor der Maske „M" ist ein Verschluss „S" angeordnet. Eine Vorderansicht dieses Verschlusses „S" ist ebenso in Fig. 8 gezeigt: Dieser Verschluss „S" besitzt eine erste Öffnung „S1" und eine zweite Öffnung „S2", die entgegengesetzt und asymmetrisch bezüglich des Rotationsmittelpunkts „S3" in entgegengesetzten Richtungen lokalisiert sind. Fig. 8 zeigt einen Zustand, in dem der erste Durchlass „M1" der Maske „M" und die erste Öffnung „S1" des Verschlusses „S" in einer Linie aneinander ausgerichtet sind, und in dem der zweite Durchlass „M2" der Maske „M" durch den Verschluss „S" abgedeckt (oder geschlossen oder blockiert) ist.

[0066] Wenn indessen die zweite Öffnung „S2" des Verschlusses „S" mit dem zweiten Durchlass „M2" in einer Linie aneinander ausgerichtet ist, wird das Lichtbündel, das durch den zweiten Durchlass „M2" verläuft, weiter gesendet, und ist der erste Durchlass „M1" durch den Verschluss „S" abgedeckt.

[0067] Eine Zelle „C" wird in einem Messbereich, der vor dem Verschluss „S" zur Verfügung gestellt wird, angeordnet. Diese Zelle „C" wird durch Integration der Referenzzelle „C1" und der Probenzelle „C2" in ein Zellengehäuse gebildet. Die Referenzzelle „C1" ist auf einer Seite von der Mitte derselben (entlang der optischen Achse ausgerichtet) angeordnet, während die Probenzelle „C2" auf der anderen Seite davon angeordnet ist. Eine Kammer, die die Zelle „C1" bildet, und eine Kammer, die die Zelle „C2" bildet, kommunizieren miteinander, und dieselbe Probe (eine Flüssigkeit) wird in die beiden Kammern eingefüllt.

[0068] Wie in Fig. 3 gezeigt, weist die Referenzzelle „C1" eine Zellenlänge „b1" auf, während die Probenzelle „C2" eine Länge von „b2" besitzt. Die Zellenlänge der letzteren wird hinreichend größer vorgesehen, als diejenige der vorherigen. Das Referenzlichtbündel, das durch den ersten Durchlass „M1" der Maske „M" verlaufen ist, verläuft durch die Referenzzelle „C1", während das Probenlichtbündel, das durch den zweiten Durchlass „M2" der Maske „M" verlaufen ist, durch die Probenzelle „C2" verläuft.

[0069] Die zuvor genannte Sammellinse „L3" wird vor der Zelle „C" angeordnet, und der zuvor genannte optische Empfänger „R" wird vor der Sammellinse „L3" an einem Ort angeordnet, an dem der Empfänger „R" in einer Distanz von der Sammellinse „L3" entfernt ist, die der Brennweite "f" der Sammellinse "L3" entspricht. Bei dieser Anordnung werden das Referenzlichtbündel und das Probenlichtbündel, die parallele Lichter darstellen, auf den optischen Empfänger „R" fokussiert.

[0070] Im Vergleich zu dem in den Fig. 1 und Fig. 2 illustrierten Stand der Technik weist die Vorrichtung der bevorzugten Ausführungsform das signifikante Merkmal auf, dass das Messlicht erst in das Referenzlichtbündel und das Probenlichtbündel aufgespaltet wird, nachdem das von der Lichtquelle „O" ausgesendete Licht durch die Kollimatorlinse „L2" in paralleles Licht umgewandelt wurde. Es ist zu erwähnen, dass gemäß der bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung das Messlicht nicht in das Referenzlichtbündel und das Probenlichtbündel aufgespaltet wird, bevor das von der Lichtquelle „O" ausgesendete Licht durch die Kollimatorlinse „L2" in paralleles Licht umgewandelt wurde. Die Wirkungsweise und Funktion in Übereinstimmung mit der Konstruktion der bevorzugten Ausführungsform werden im weiteren in Einzelheiten mit Bezug auf die Fig. 4 bis Fig. 7 beschrieben.

[0071] Bevor mit der Erklärung derselben begonnen wird, erfolgt eine Beschreibung eines Verhältnisses zwischen dem Messlicht und der Dichte, wobei das Verhältnis aus dem Lambert-Beer-Gesetz hergeleitet ist. Das Verhältnis wird durch die folgenden Gleichungen (1), (2) und (3) ausgedrückt:

$$Ib = I1 \times \exp(-a \times b1 \times c) \times \exp(-an \times bn) \times \gamma \quad (1)$$

und

$$Is = I2 \times \exp(-a \times b2 \times c) \times \exp(-an \times bn) \times \gamma \quad (2)$$

wobei sind

I, I1, I2:	Menge des von der Lichtquelle ausgesendeten Lichts,
Ib:	Menge des von dem optischen Empfänger empfangenen Lichts, nachdem es durch die Referenzzelle gelaufen ist,
Is:	Menge des von dem optischen Empfänger empfangenen Lichts, nachdem es durch die Probenzelle gelaufen ist,
a:	Lichtabsorptionskoeffizient,
b:	die Zellenlänge (Zellendicke),
c:	Dichte,
an:	Lichtabsorptionskoeffizient von Substanzen, die von der in dem optischen Messsystem zu messenden Komponente verschieden sind (zum Beispiel, Lichtabsorptionskoeffizienten der Materialien, aus denen die Zelle, der Filter und die Linsen gebildet sind und Lichtabsorptionskoeffizienten von an diesen haftendem Schmutz),
bn:	Dicke von Substanzen, die von der in dem optischen Messsystem zu messenden Komponente verschieden sind, und
γ:	Fluktuation der gemessenen Intensität (Fluktuation in der Empfindlichkeit des optischen Empfängers und/oder Fluktuation in der Lichtmenge).

[0072] Auf der Grundlage der Gleichungen (1) und (2) kann die Dichte "c" aus der folgenden Gleichung (3) erhalten werden:

$$c = -\ln((Is/Ib)\times(I1/I2))/(a\times(b2 - b1)) \quad (3)$$

[0073] Die Fig. 6 und Fig. 7 zeigen Fluktuationen in den Raumwinkeln der Lichtbündel, die von Leuchtpunkten der Leuchtquelle ausgesendet werden, und die man auf die Durchlässe „M1" und „M2" der Maske „M" einfallen lässt; d.h. die Figuren zeigen die Fluktuationen in dem Helligkeitsfluss von Licht oder die Fluktuationen in einem Einheitslichtstrahl. Das heißt, die Fig. 6 und Fig. 7 zeigen einen Zustand, in welchem ein Ende "O3" des Filaments „O1" auf der optischen Achse lokalisiert ist. Fig. 6 illustriert die Raumwinkel der Lichtbündel, die von dem Ende „O3" des Filaments „O1" ausgesendet werden, während Fig. 7 die Raumwinkel der Lichtbündel, die von dem Ende "O4" des Filaments „O1" ausgesendet werden, illustriert. Im übrigen zeigen die Fig. 6 und Fig. 7 im Vergleich mit den Fig. 3 bis Fig. 5 die Sammellinse "L1", den Interferenzfilter „F1" und die Kollimatorlinse „L2" nicht.

[0074] Wie in Fig. 6 gezeigt, sind der Raumwinkel „β1" des Lichtbündels „E1" (d.h. des Lichtbündels, das auf den Durchlass „M1" trifft) und der Raumwinkel „β2" des Lichtbündels „E2" (d.h. des Lichtbündels, das auf den Durchlass „M2" trifft), die beide von dem Leuchtpunkt "O3", der auf der optischen Achse lokalisiert ist, ausgesendet werden, einander gleich.

[0075] Auf der anderen Seite, sind selbstredend, wie in Fig. 7 gezeigt, der Raumwinkel „β1" des Lichtbündels „E3", der von dem Leuchtpunkt „O4", der von der optischen Achse entfernt lokalisiert ist, ausgesendet wird, und der Raumwinkel „β2" des Lichtbündels „E4", der von demselben Leuchtpunkt „O4", der von der optischen Achse entfernt lokalisiert ist, ausgesendet wird, voneinander verschieden.

[0076] Ein Leuchtquellenfilament kann als eine Ansammlung solcher Leuchtpunkte angesehen werden, die sich, wie oben beschrieben, an verschiedenen Positionen befinden. Daher fallen, unter sorgfältiger Betrachtung der in Fig. 3 gezeigten Anordnung, das Referenzlichtbündel und das Probenlichtbündel hinsichtlich der Lichtintensität usw. nicht genau zusammen. Das bedeutet, dass die obigen „I1" und „I2" nicht immer miteinander übereinstimmen.

[0077] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform wird das Messlicht, das von der Lichtquelle „O" mit einem spezifizierten Bereich ausgesendet wird, zuerst auf den Interferenzfilter „F1" des optischen Filters „F" fokussiert, und wird das von dem Körper des Interferenzfilters „F1" ausgehende diffuse Licht durch die Kollimatorlinse „L2" in das parallele Licht umgewandelt. Danach wird das parallele Licht in die zwei gespalteten parallelen Lichtbündel aufgespaltet: das Referenzlichtbündel und das Probenlichtbündel. Namentlich verläuft das von jedem Leuchtpunkt der Lichtquelle ausgesendete Licht durch einen identischen Punkt des Interferenzfilters „F1" und erreicht den Messbereich.

[0078] Dieses wird in größeren Einzelheiten mit Bezug auf die Fig. 4 und Fig. 5 beschrieben, die den Fig. 1 und Fig. 2 entsprechen. Auch wenn die Fig. 3 und Fig. 4 die Sammellinse „L1", den optischen Filter „F" und den Verschluss „S" nicht zeigen, ist es möglich, zu beachten, dass das illustrierte Lichtquellenfilament "O1" tatsächlich auf dem Interferenzfilter „F1" überlagert oder überlappt ist.

[0079] In Fig. 4 liegen sowohl die Mitte „O2" des Filaments „O1", das einen spezifizierten Bereich aufweist, als auch der Symmetriemittelpunkt der Durchlässe. „M1" und „M2" der Maske „M", ähnlich zu dem Fall, der oben mit Bezug auf Fig. 1 erklärt wurde, auf der optischen Achse „P". Bei dieser Konstruktion verläuft das Messlicht, das aus dem Mittelpunkt „O2" des Filaments „O1" ausgesendet wird, durch den Interferenzfilter „F1" des Filters „F", verläuft durch die Kollimatorlinse „L2", wo das Licht in das paralleles Licht umgewandelt wird, und wird durch das Paar von Maskendurchlässen „M1" und „M2" beschränkt, so dass das Licht symmetrisch zu der optischen Achse in zwei parallele Lichtbündel „B1" und „B2" aufge-

spaltet wird. Das bedeutet, es können die zwei parallelen Lichtbündel „B1" und „B2" in dem Messbereich, in dem die Zelle „C" positioniert ist, als Messlichter mit derselben Qualität angesehen werden.

[0080] Auf der anderen Seite wird das Messlicht, das von dem Ende "O3" des Filaments „O1" ausgesendet wird, in das Paar der gespalteten parallelen Lichtbündel „D1" und „D2" auf die gleiche Weise, wie in Fig. 4 gezeigt, umgewandelt. Namentlich werden gemäß der Ausführungsform die Lichtbündel „D1" und D2" mit den Lichtbündeln „B1" und „B2" überlagert oder überlappt, um, im Unterschied zu dem konventionellen optischen System, das oben mit Bezug auf die Fig. 1 und Fig. 2 erklärt wurde, bezüglich der optischen Achse „P" symmetrisch zu werden. Mit anderen Worten sind die Lichter von den Leuchtpunkten „O2" und „O3" der Lichtquelle gleichförmig in den zwei gespalteten parallelen Lichtbündeln eingeschlossen.

[0081] Auch kann erkannt werden, dass die Differenz in den spektroskopischen Charakteristiken, bedingt dadurch, durch welchen Teil des Interferenzfilters „F1" das Licht verläuft, ebenso einheitlich in den beiden gespalteten parallelen Lichtbündeln auf dieselbe Weise enthalten ist.

[0082] Ebenso kann dasselbe für den Fall ausgesagt werden, in dem die Lichtquelle selbst durch eine andere ersetzt wird, und die Filamentposition verändert wird.

[0083] Zu einer detaillierten Erlauterung zeigt Fig. 5, die Fig. 2 entspricht, einen Zustand, in dem die Filamentposition gegenüber dem in Fig. 4 gezeigten Zustand verschoben ist. Namentlich zeigt die Figur, dass das Ende „O4" des Filaments „O1" auf der Mitte der optischen Achse „P" lokalisiert ist. Unter dieser Bedingung ist das Ende „O3" des Filaments „O1", das an dem „O4" entgegengesetzten Ende liegt, gegenüber der Mitte der optischen Achse „P" stark verrückt oder verschoben. Die Lichter jedoch, die von den Leuchtpunkten „O3" und „O4" ausgesendet werden, werden durch die Kollimatorlinse „L2" in parallele Lichter umgewandelt. Daher fallen die Lichtbündel „D1" und „D2", die von dem Leuchtpunkt „O4" ausgesendet werden, mit den Lichtbündeln „B1" und „B2"", die von dem Leuchtpunkt „O3" ausgesendet werden, zusammen. Als Ergebnis sind die Lichter, die von den Leuchtpunkten „O3" und „O4" ausgesendet werden, einheitlich in den zwei gespalteten parallelen Lichtbündeln, entsprechend wie in dem in Fig. 4 gezeigten Fall, enthalten.

[0084] In der obigen Anordnung wird, für den Fall, dass eine Maske mit einem Durchlass mit einer sehr schmalen Öffnung angenommen wird, und in dem Fall, dass ein Einheitslichtbündel „ΔI" mit Hinsicht auf das Lichtbündel, das von jedem Leuchtpunkt der Lichtquelle ausgesendet wird, definiert ist, die Menge der Lichtabsorption eindeutig mit Hinsicht auf die Dichte in jedem gespalteten optischen Weg bestimmt.

[0085] Mit Bezug auf „I1" und „I2" stellen diese nichts anderes als das Ergebnis dar, das anzeigt, wie viele Mal das Einheitslichtbündel „ΔI" den optischen Empfänger „R" in dem optischen System erreicht hat (oder wie viele Strahlen davon diesen erreicht haben). Daher kann als eine Konsequenz die Dichte eindeutig aus dem Messwert durch Berechnen des Ergebnisses in Einheitslichtbündeln gesucht oder gefunden werden, einerlei, wie „I1" und „I2" variiert werden.

[0086] Als nächstes erfolgt im weiteren eine Erläuterung eins konkreten Arbeitsablaufs zum Erhalten der Dichte aus der Lichtmenge in Einheitslichtbündeln „ΔI" basierend auf den Messwerten „I1" und „I2".

[0087] Als erstes wird die Benutzung dieser Vorrichtung zur Messung der optischen Dichte von Anfang an erläutert.

[0088] Zunächst ist es selbstversiändlich erforderlich, dass eine Leer-Kalibration vorgenommen wird. Dem gemäß wird die Messzelle „C" (die die Referenzzelle „C1" und die Probenzelle „C2" einschließt) mit destilliertem Wasser, das die Dichte Null aufweist, gefüllt, und es wird dann ein Wert Ib0/Is0 gemessen. Die Messperson kann nicht direkt die Intensität des Durchgangs (oder der Transmission) des Einheitslichtbündels in Kenntnis bringen. Es kann jedoch betrachtet werden, dass

„I1" = Einheitslichtbündel ΔI×α; und

"I2" = △I×β

[0089] Daher kann, wenn I1/I2 in das Einheitslichtbündel umgewandelt wird, „I1" = (α/β)×I2 erhalten werden.

[0090] Somit kann die zuvor genannte Gleichung (3) wie folgt ersetzt werden

$$c = -\ln((Is/Ib))\times(\alpha/\beta))/(a\times(b2 - b1)) \qquad (3')$$

[0091] Sodann wird K = α/β durch Substitution der Messwerte von Ib0 und Is0 in Gleichung (3') unter der Bedingung c = 0 erhalten. Aus dieser Beziehung kann eine Kalibrationskurve, die "K" enthält, unter der Bedingung, dass "K" ein konstanter Wert ist, aufgestellt werden.

[0092] Namentlich wird die Kalibrationskurve aus dem Verhältnis zwischen den Lichtmengen, die durch Multiplikation der Lichtmengen „ΔI1" und „ΔI2", die die optischen Wege des Standard- (oder Referenz-)

Einheitslichtbündels ΔI durchlaufen, mit „α" bzw. „β" erhalten werden, gebildet. Die Dichte wird eindeutig aus dem Verhältnis der Quantitäten „I1" und „I2" des durchgelassenen Lichts bestimmt.

[0093] Als nächstes wird ein Fall erklärt, in dem die Lichtquelle durch eine andere ersetzt wird, so dass die durchgelassenen Lichtmengen in den zwei aufgespalteten parallelen Lichtbündeln jeweils unterschiedlich sind.

[0094] In diesem Fall wird angenommen, dass

$I1' = \alpha' \times \Delta I$; und

$I2' = \beta' \times \Delta I$

, worin "I1'" und "I2" jeweils neue durchgelassene Lichtbündel darstellen.

[0095] In dieser Situation wird, wenn auf die gemessenen Signalintensitäten „Ib'" und „Is'" direkt obige Gleichung (3') angewendet wird, der Messwert ein Wert sein, der von dem wahren Wert unterschiedlich ist. Die Dichte wird, z. B. nicht Null, auch wenn destilliertes Wasser gemessen wird, und es würde ein davon unterschiedlicher Wert berechnet oder erhalten.

[0096] Der Grund dafür, dass die Werte „I1" und „I2" voneinander unterschiedlich werden, liegt in der Differenz zwischen den Quantitäten der durchgelassenen Lichtbündel, und die Lichtabsorptionscharakteristiken, die das Einheitslichtbündel erhält, d.h. die Quantitäten I1/α und I1'/α' der durchgelassenen Lichter, sind gleich.

[0097] Daher können unter dieser Bedingung, wenn die Lichtmengen Ib0' und Is0', die durch das destillierte Wasser dringen oder durchgelassen werden, neu gemessen und in den obigen Gleichungen (1), (2) und (3') substituiert werden, die folgenden Gleichungen erhalten werden:

$Ib0' = \Delta I \times \alpha' \times \exp(-a \times b1 \times c) \times \exp(-an \times bn) \times \gamma$ mit $c = 0$

;

$Is0' = \Delta\beta' \times \exp(-a \times b2 \times c) \times \exp(-an \times bn) \times \gamma$ mit $c = 0$; und

$c = -\ln((Is0'/Ib0') \times (\alpha'/\beta'))/(a \times (b2 - b1))$

.

[0098] Gemäß den obigen Gleichungen kann der Wert α'/β' erhalten werden. Und wenn in diesem Stadium "K" korrigiert wird zu

$K \equiv \alpha'/\beta'$, dann

kann die Dichte mithilfe der Kalibrationskurve, die, „K" enthaltend, zuvor aufgestellt wurde, ohne eine Erneuerung der Kalibationskurve, erhalten werden. Das bedeutet, dass die Messung, wenn die Lichtquelle ersetzt wird, durch eine Durchführung der Kalibrierung des destillierten Wassers keine substantielle Beeinflussung erfährt. Das bedeutet weiterhin ein Überwinden des fatalen Problems der konventionellen Messvorrichtung mit dem optischen Doppelstrahlsystem.

[0099] Als nächstes wird die Zelle „C" erläutert.

[0100] Wie oben beschrieben, verwendet die Vorrichtung der gegenwärtigen Ausführungsform die Zelle der Art, in welcher identische Proben in ein identisches Zellengehäuse verbracht werden. Daher sind selbstverständlich die Dichten der Proben, die in die Referenzkammer und in die Probenkammer zu verbringen sind, identisch. Das Problem, das in Zusammenhang mit dieser Anordnung entsteht, betrifft eine Verschiebung (d.h. eine örtliche Veränderung oder einen Versatz) des Brennpunkts, der auf dem optischen Empfänger „R" ausgebildet ist, die durch einen Unterschied in den Brechungsindizes (oder Indizes der Brechung) von Licht, aufgrund des Unterschieds zwischen der Länge der Referenzzelle und der Länge der Probenzelle, verursacht wird. Der Unterschied in dem Brechungsindex zwischen den zwei optischen Wegen verursacht nämlich einen Unterschied in den Graden der Brechung der zwei Lichtbündel; dementsprechend entsteht ein Unterschied in den Positionen im optischen Empfänger „R", auf die die Lichtstrahlen über die zwei Zellen als Ergebnis davon fallen.

[0101] Die Messgenauigkeit des optischen Empfängers „R" und/oder Variationen davon werden durch eine positionelle Ungleichförmigkeit beeinflusst, die in der Tat nicht ignoriert werden können, und sie stellen einen der Hinderungsfaktoren in der Messgenauigkeit dar. Es sei erwähnt, dass dieses Problem zum größten Teil dadurch gelöst wird, dass die Zelle in den Weg des parallelen Lichts gebracht wird. Diese Verschiebung beläuft sich jedoch gemäß der gegenwärtigen Ausführungsform auf etwa 0,2 mm für eine Messwellenlänge von 1,5 μm bei einem Unterschied von 10 mm in der Zellenlänge. Daher ist in der Tat die Brennpunktposition des in dem optischen Empfänger „R" gesammelten Lichts in Abhängigkeit von dem optischen Referenzweg oder von dem optischen Messweg unterschiedlich. Demnach kann die Referenzgenauigkeit nicht für eine längere Zeitperiode auf einem Gebiet der Messanwendung, auf dem eine hohe Genauigkeit erfordert wird, zufriedenstellend sein. Dies liegt daran, dass die Linse in dem optischen System eine Aberration des durchgelassenen Lichts erzeugt; um es genauer zu erklären, liegt es daran, dass das Licht, das die Kollimatorlinse „L2" durchlaufen hat, eine Komponente enthält, die nicht relativ zu

der optischen Achse „P" parallel ist. Diese Aberration ist ein Phänomen, das, solange eine allgemein gebräuchliche Linse in der Vorrichtung verwendet wird, nicht vermieden werden kann.

[0102] Um dieses Problem zu lösen, wird eine erste Modifikation der Zelle, wie in den Fig. 9, Fig. 10 und Fig. 11 gezeigt, zur Verfügung gestellt.

[0103] Namentlich ist Fig. 11 eine Draufsicht der Zelle gemäß der ersten Modifikation, die der Zeichnung von Fig. 3 entspricht, ist Fig. 9 eine Seitenansicht der in Fig. 11 gezeigten Zelle und ist Fig. 10 eine Vorderansicht der in Fig. 11 gezeigten Zelle. Diese Zelle „C" gemäß der ersten Modifikation weist eine Probenzuführung „C3" und einen Probenauslass „C4" an dem oberen bzw. unteren Bereich des Zellengehäuses auf. Innerhalb des Zellengehäuses ist ein Block zur Anpassung des Brechungsindex „A" mit einem Brechungsindex, der identisch oder vergleichbar mit demjenigen der Probe (eine Flüssigkeit) ist, eingebracht.

[0104] Es ist „b1" die Zellenlänge der Referenzzelle „C1", während die Zellenlänge der Probenzelle „C2" „b2" ist. Das Gehäuse der Referenzzelle „C1" und das Gehäuse der Probenzelle „C2" besitzen jedoch, wie in Fig. 11 gezeigt, dieselbe Dicke, und die „Zellenlänge b2 minus der Zellenlänge b1" ist gleich der Dicke des Blocks „A".

[0105] Daher erfahren bei der Konstruktion das Lichtbündel, das durch die Referenzzelle verlaufen ist, und das Lichtbündel, das durch die Probenzelle verlaufen ist, im allgemeinen dieselbe Lichtbrechung.

[0106] Eine normale Flüssigkeitsprobe (zum Beispiel, eine Säuberungsflüssigkeit für Halbleiter) besteht im wesentlichen aus Wasser (Lichtbrechungsindex: 1,32); daher kann ein Quarzglas (Lichtbrechungsindex: 1,45) als eine Substanz gewählt werden, die einen Brechungsindex nahe dem von Wasser besitzt.

[0107] Wenn auf der anderen Seite, als ein weiteres Beispiel, die Probe ein Speiseöl darstellt, (Lichtbrechungsindex: 1,52), ist BK7-Glas (Lichtbrechungsindex: 1,51) geeignet.

[0108] Eine Vorbedingung dafür, dass diese Blöcke in der Vorrichtung verwendet werden können, besteht darin, dass die Blöcke eine Lichtabsorptionscharakteristik aufweisen, die von derjenigen der Objektkomponente der Probe für die Dichtemessung verschieden ist. Unter Verwendung des zuvor genannten Quarzglases in der Zelle „C" wird der Versatz des Brennpunkts von 0,2 mm des vorherigen Beispiels deutlich auf einen Versatz von nicht mehr als 0,05 mm reduziert, wodurch das praktische Problem in Verbindung mit diesem Versatz gelöst wird.

[0109] Des weiteren ist es ebenso möglich, einen Quarzglasblock „C'", als eine einfachere Zellenkonstruktion, anstelle der Referenzzelle C1, wie in Fig. 12 gezeigt, als eine zweite Modifikation der Zelle vorzusehen.

[0110] Alternativ ist es ebenso möglich, atmosphärische Luft „C'" selbst anstelle der Referenzzelle C1, wie in Fig. 13 gezeigt, als eine dritte Modifikation der Zelle vorzusehen.

[0111] Des Lesers Aufmerksamkeit sei auf sämtliche Schriftstücke und Dokumente, die gleichzeitig mit oder vorzeitig zu dieser Ausführung in Verbindung mit dieser Anmeldung eingereicht wurden, und die der öffentlichen Begutachtung mit dieser Ausführung offen stehen, gelenkt, und die Inhalte dieser sämtlichen Schriftstücke und Dokumente sind durch Bezugnahme hierin mit aufgenommen.

[0112] Sämtliche in dieser Ausführung offenbarte Merkmale (jegliche begleitenden Ansprüche, die Zusammenfassung und die Zeichnungen einschließend) können durch alternative Merkmale, die demselben, einem äquivalenten oder ähnlichen Zweck dienen, ersetzt werden, sofern es nicht ausdrücklich anders ausgesagt ist. Somit, sofern es nicht ausdrücklich anders ausgesagt ist, stellt jedes offenbarte Merkmal lediglich ein Beispiel einer generischen Reihe äquivalenter oder ähnlicher Merkmale dar.

[0113] Die Erfindung ist nicht auf die Einzelheiten der vorhergehenden Ausführungsform(en) beschränkt. Die Erfindung erstreckt sich auf jedes neue, oder jede neue Kombination, von den Merkmalen, das oder die in dieser Ausführung (jegliche begleitenden Ansprüche, die Zusammenfassung und die Zeichnungen einschließend) offenbart ist, oder auf jeden neuen, oder jede neue Kombination, von den Schritten jedes so offenbarten Verfahrens oder Prozesses.

Patentansprüche

1. Eine Vorrichtung zur Messung der optischen Dichte, umfassend:
eine Lichtquelle (O) zum Aussenden eines Infrarotstrahls (I1, I2) als Messstrahl;
eine Kollimatorlinse (L2) zum Umwandeln des Messstrahls, der von der Lichtquelle (O) ausgesendet wird, in einen parallelen Messstrahl;
eine optische Maske (M) zum Aufspalten des parallelen Messstrahls in einen ersten aufgespalteten parallelen Messstrahl (B1, D1) und einen zweiten aufgespalteten parallelen Messstrahl (B2, D2);
eine Referenzeinrichtung (C1, C', C"), die in einem Lichtlaufweg des ersten aufgespalteten parallelen Messstrahls (B1, D1) zur Verfügung gestellt wird;
eine Probenzelle (C2), die in einem Lichtlaufweg des zweiten aufgespalteten parallelen Messstrahls (B2,

D2) zur Verfügung gestellt wird;
einen optischen Detektor (R) zum Detektieren des ersten aufgespalteten parallelen Messstrahls (B1, D1), der durch die Referenzeinrichtung (C1, C', C'') gelaufen ist, und des zweiten aufgespalteten parallelen Messstrahls (B2, D2), der durch die Probenzelle (C2) gelaufen ist, so dass eine optische Dichte einer Probe in der Probenzelle (C2) gemessen wird; und
eine erste Sammellinse (L3) zum Fokussieren des ersten aufgespalteten parallelen Messstrahls (B1, D1), der durch die Referenzeinrichtung (C1, C', C'') gelaufen ist, auf den optischen Detektor (R) und zum Fokussieren des zweiten aufgespalteten parallelen Messstrahls (B2, D2), der durch die Probenzelle (C2) gelaufen ist, auf den optischen Detektor (R),
dadurch charakterisiert, dass zur Verfügung gestellt werden:
ein Interferenzfilter (F1) zum Auswählen einer vorherbestimmten Wellenlänge des Messstrahls (I1, I2), der von der Lichtquelle (O) ausgesendet wird und der durch den Interferenzfilter (F1) läuft, wobei der Interferenzfilter (F1) zwischen der Lichtquelle (O) und der Kollimatorlinse (L2) zur Verfügung gestellt wird;
eine zweite Sammellinse (L1) zum Fokussieren des Messstrahls (I1, I2), der von der Lichtquelle (O) ausgesendet wird, auf den Interferenzfilter (F1); und
ein optischer Verschluss (S) zum selektiven Durchlassen des ersten aufgespalteten parallelen Messstrahls (B1, D1) oder des zweiten aufgespalteten parallelen Messstrahls (B2, D2), wobei der optische Verschluss (S) zwischen der optischen Maske (M) und der Referenzeinrichtung (C1, C', C'') und zwischen der optischen Maske (M) und der Probenzelle (C2) zur Verfügung gestellt wird.

2. Die Vorrichtung zur Messung der optischen Dichte wie in Anspruch 1 beansprucht, worin die optische Maske eine plattenförmige Maske mit einem Paar von Durchlässen zum Ausbilden des ersten aufgespalteten parallelen Messstrahls und des zweiten aufgespalteten parallelen Messstrahls ist, wobei die Durchlässe des Paars symmetrisch zu einer optischen Achse einander benachbart sind.

3. Die Vorrichtung zur Messung der optischen Dichte wie in Anspruch 1 beansprucht, die ein Zellengehäuse umfasst, wodurch die Referenzeinrichtung und die Probenzelle gebildet werden, wobei das Zellengehäuse eine erste Kammer und eine zweite Kammer aufweist, die im Innern ineinander übergehen, wobei die Zellenlänge der ersten Kammer kürzer ist als die Zellenlänge der zweiten Kammer, und wobei eine Referenzzelle der Referenzeinrichtung der ersten Kammer entspricht, während die Probenzelle der zweiten Kammer entspricht.

4. Die Vorrichtung zur Messung der optischen Dichte wie in Anspruch 1 beansprucht, worin die Referenzeinrichtung und die Probenzelle durch Anbringen eines Blocks zur Anpassung der optischen Brechung teilweise innerhalb eines Zellengehäuses, das eine bestimmte Länge aufweist, gebildet werden, wobei eine erste Kammer, die innerhalb des Zellengehäuses ausgebildet ist, eine Zellenlänge aufweist, die durch die Anbringung des Blocks zur Anpassung der optischen Brechung kleiner als eine Zellenlänge einer zweiten Kammer, die innerhalb des Zellengehäuses ausgebildet ist, ist, die im allgemeinen gleich der bestimmten Länge des Zellengehäuses ist, und worin der Block zur Anpassung der optischen Brechung einen Brechungsindex aufweist, der einem Brechungsindex der Probe ähnlich ist, und der Block zur Anpassung der optischen Brechung eine Lichtabsorptionscharakteristik aufweist, die verschieden von einer Lichtabsorptionscharakteristik der Probe ist, und worin eine Referenzzelle der Referenzeinrichtung der ersten Kammer entspricht, während die Probenzelle der zweiten Kammer entspricht.

5. Die Vorrichtung zur Messung der optischen Dichte wie in Anspruch 1 beansprucht, worin die Referenzeinrichtung ein aus Glas gefertigter Block ist.

6. Die Vorrichtung zur Messung der optischen Dichte wie in Anspruch 1 beansprucht, worin die Referenzeinrichtung eine Atmosphäre aus Luft selbst ist.

Es folgen 7 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig.1 STAND DER TECHNIK

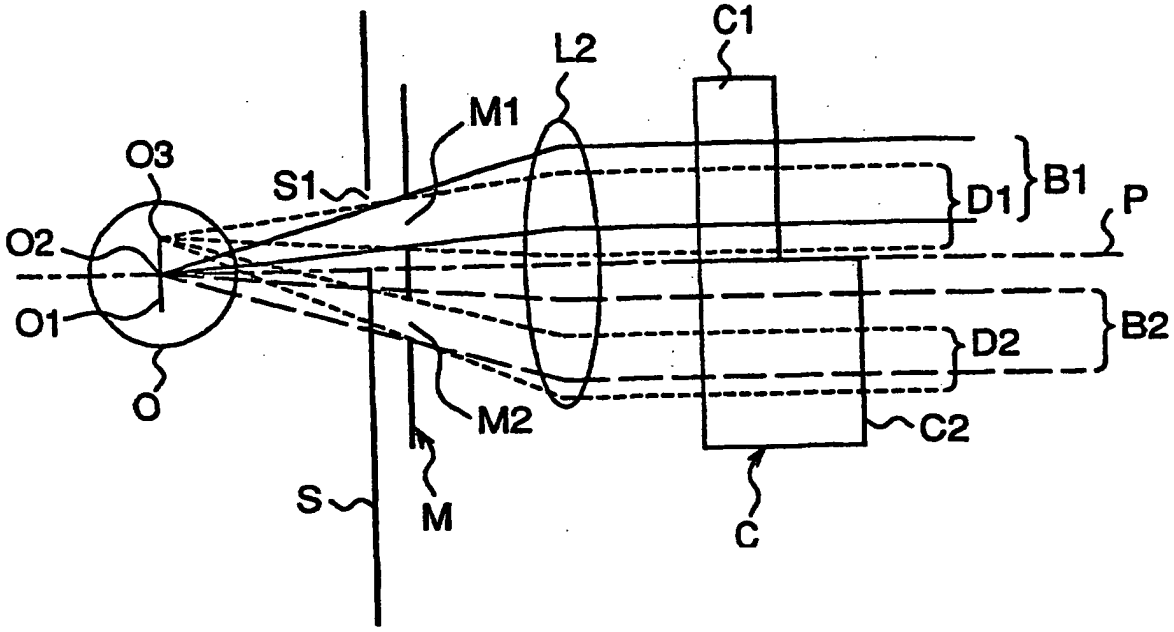
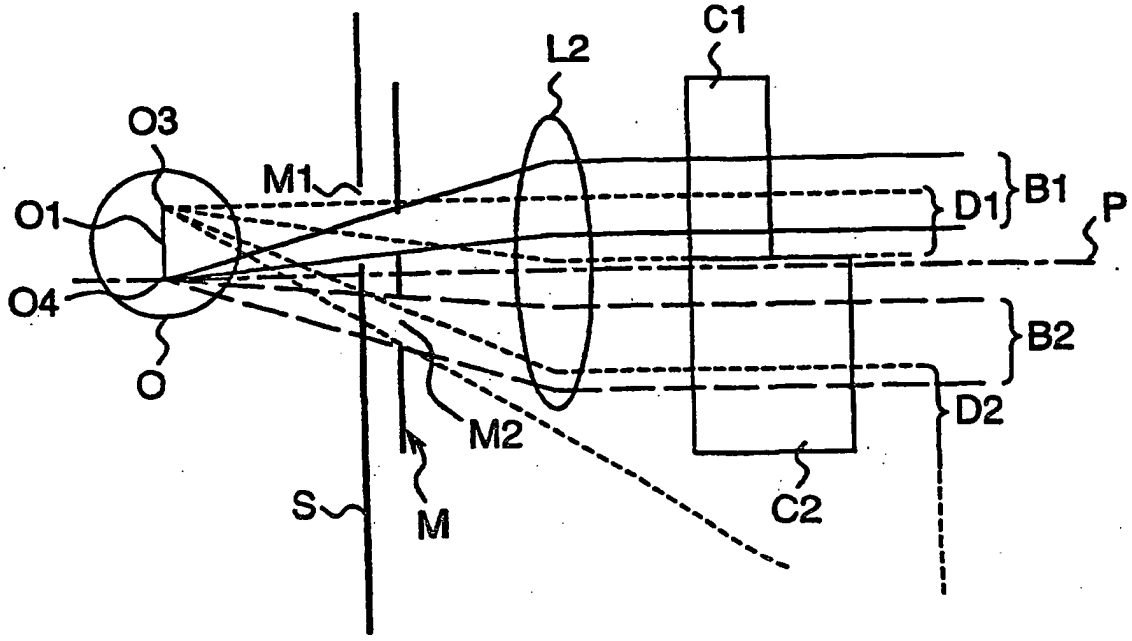


Fig.2 STAND DER TECHNIK



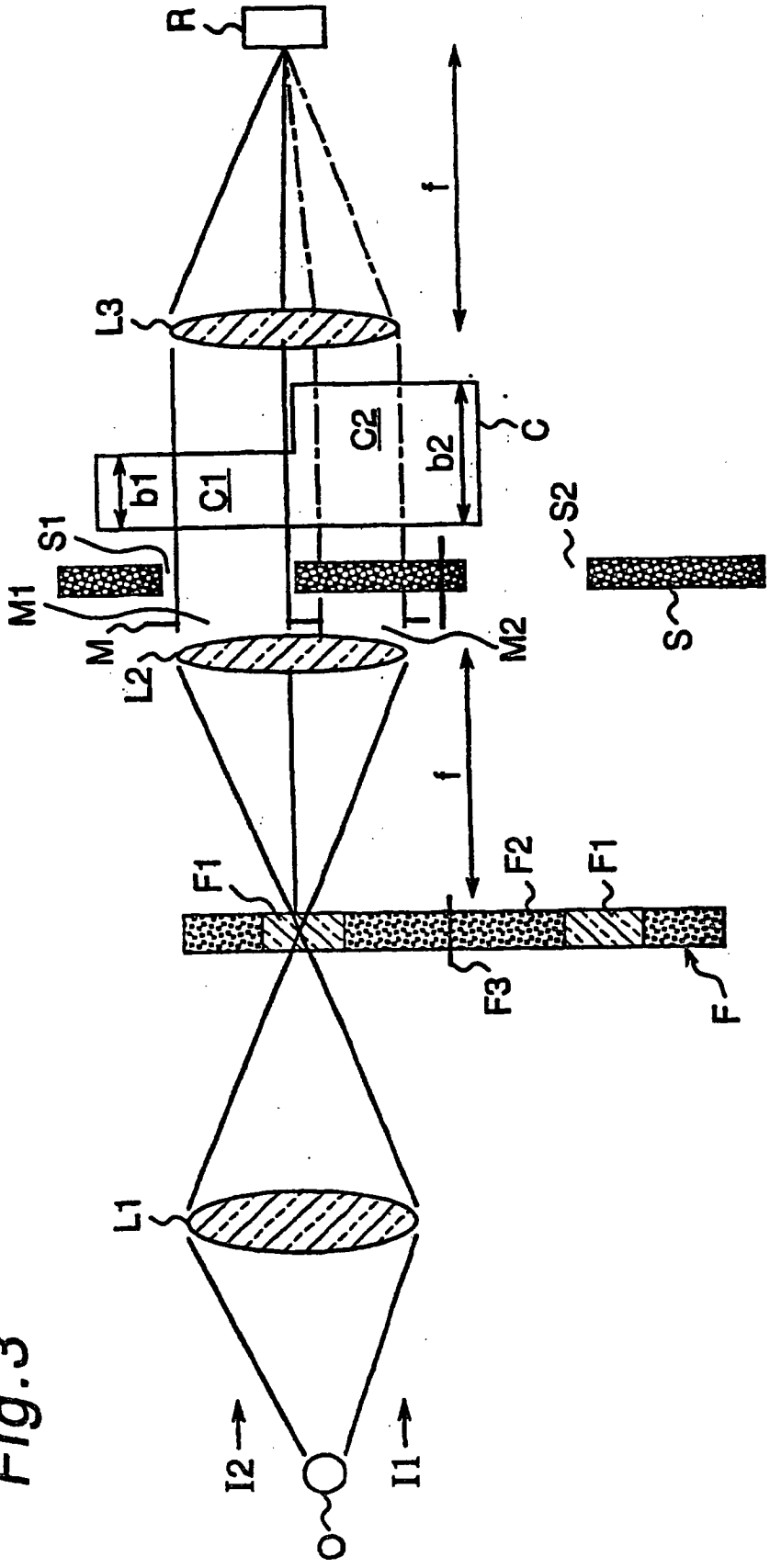


Fig.3

Fig.4

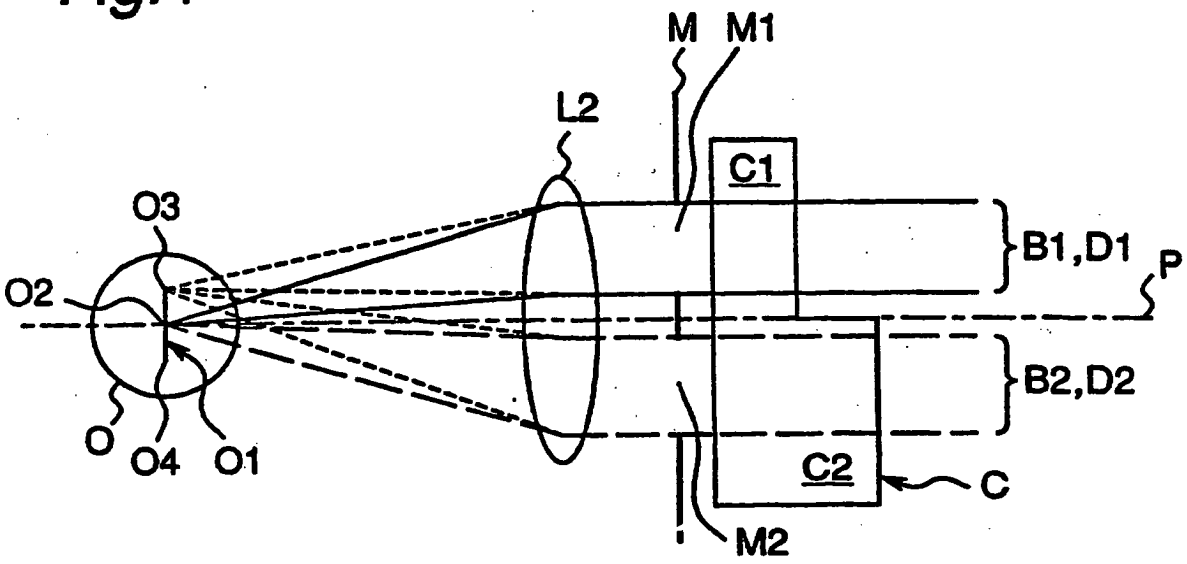

M
M1
L2
C1
O3
O2
B1,D1
P
B2,D2
O
O4
O1
C2
C
M2

Fig.5

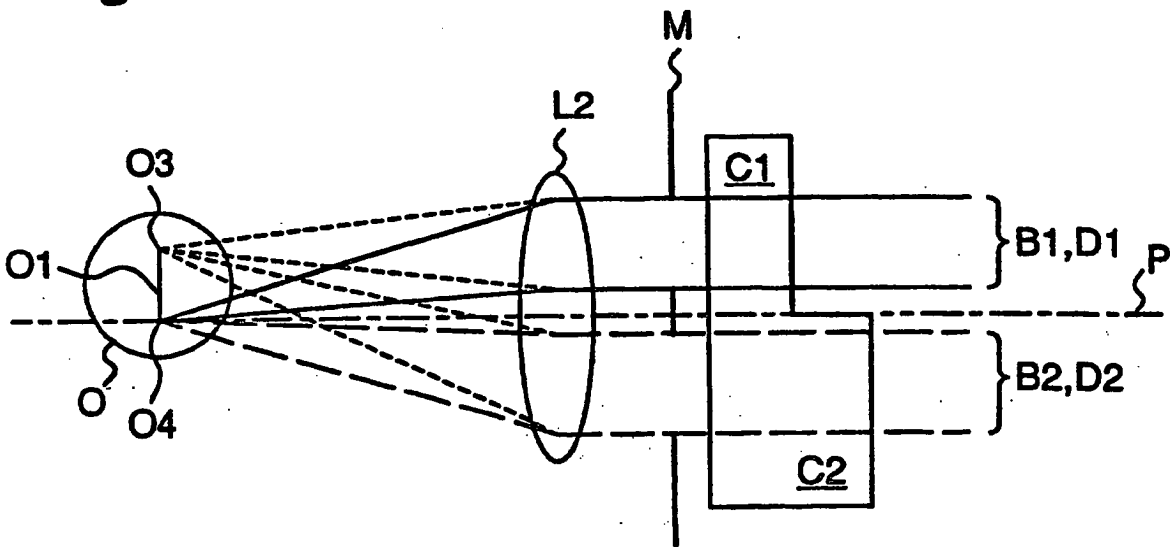

M
L2
C1
O3
O1
B1,D1
P
B2,D2
O
O4
C2

Fig.6

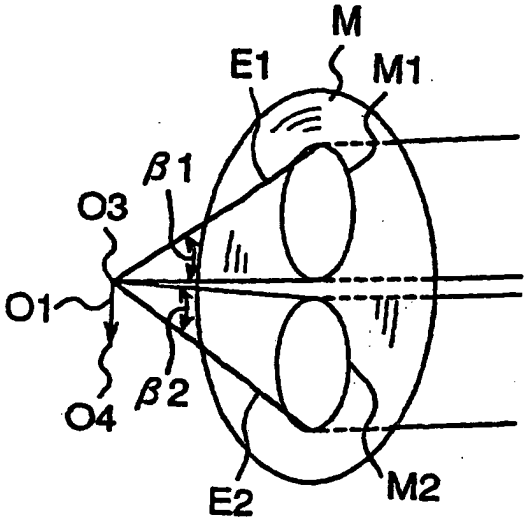


Fig.7

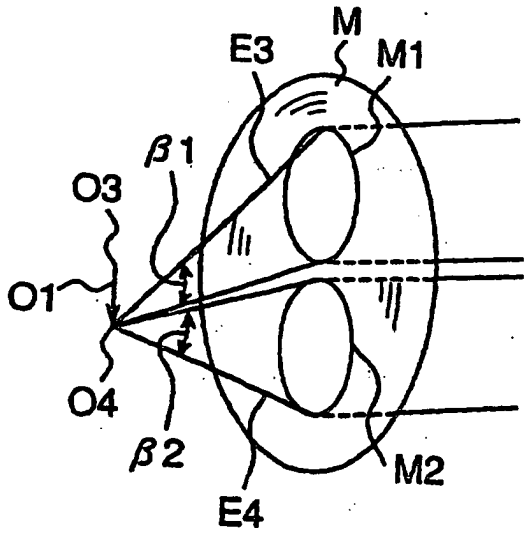


Fig.8

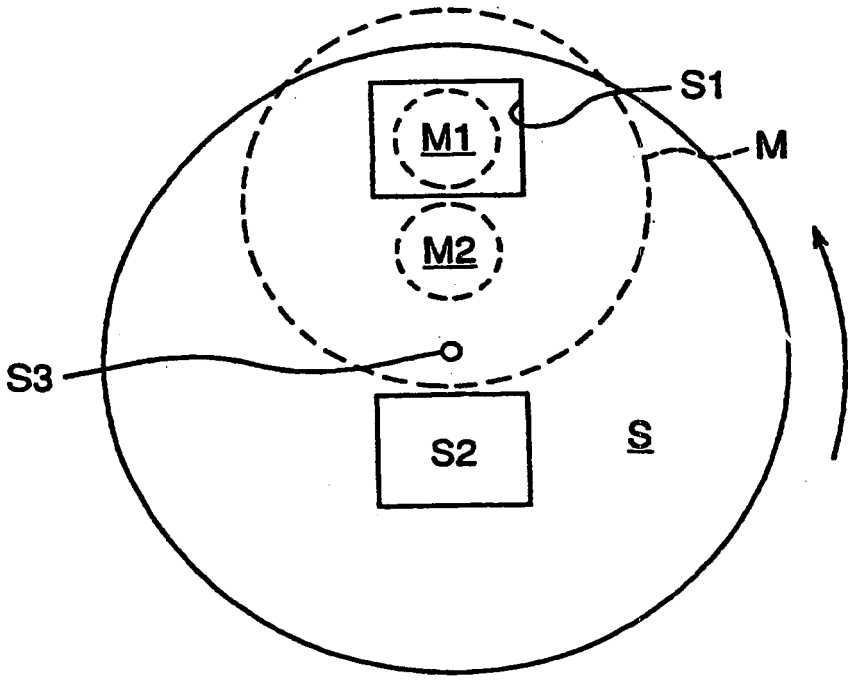


Fig.9

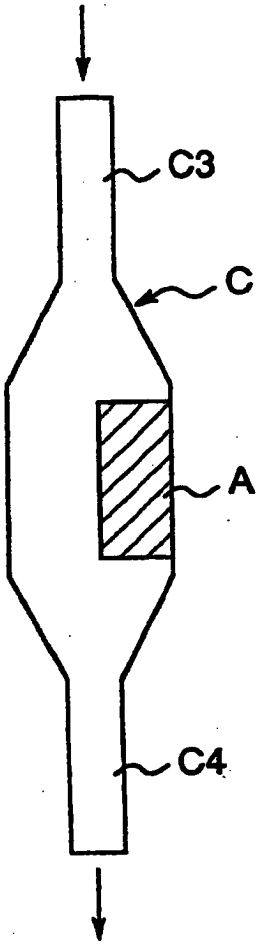


Fig.10

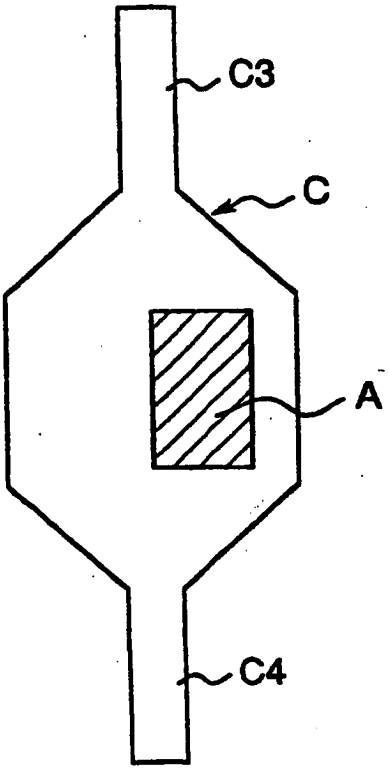


Fig.11

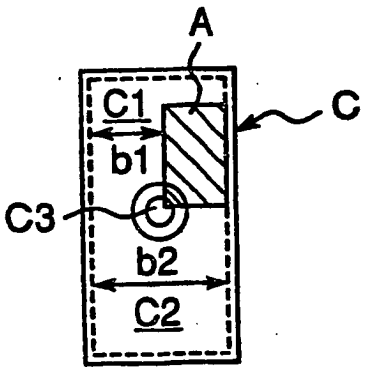


Fig.12

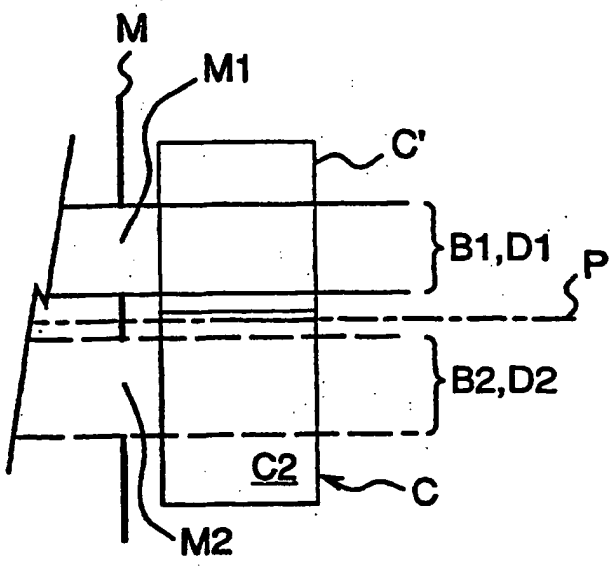


Fig.13

