

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
27. Mai 2010 (27.05.2010)

PCT

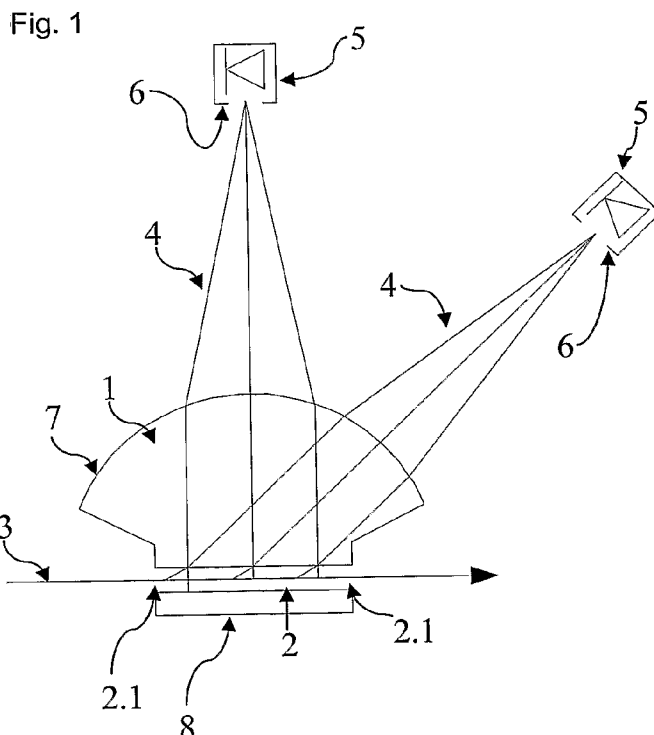
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2010/057490 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation:
G01N 15/02 (2006.01) G01N 21/03 (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2009/001684
- (22) Internationales Anmeldedatum:
19. November 2009 (19.11.2009)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
10 2008 058 607.2
19. November 2008 (19.11.2008) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): DR. FRÖSE SOFTWARE SOLUTIONS [DE/DE]; Mathildenstraße 11, 12459 Berlin (DE).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): FRÖSE, Diethelm [DE/DE]; Dr. Fröse Software Solutions, Mathildenstraße 11, 12459 Berlin (DE).
- (74) Anwälte: LANGE, Sven et al.; Anwaltssozietät Hertin, Kurfürstendamm 54-55, 10707 Berlin (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: CELL CONSTRUCTION FOR LIGHT SCATTER DETECTORS HAVING SELF-FOCUSING PROPERTIES

(54) Bezeichnung : ZELLAUFBAU FÜR LICHTSTREUDETektoren MIT SELBSTFOKUSSIERENDEN EIGENSCHAFTEN



(57) Abstract: The invention relates to a device and to a method for measuring the scattered light about molecules present in a suspension, wherein the suspension is fed through a measurement cell. The measurement cell is produced as a segment of a curved surface, particularly an ellipsoid, a hyperbolic shape, a parabolic shape, or a circle, and comprises a curved and a flat surface. Light-sensitive detectors are disposed about the curved surface and capture the scattered light.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung beschreibt eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Messung des an in einer Suspension befindlichen Molekülen gestreuten Lichtes, wobei die Suspension durch eine Messzelle geleitet wird. Die Messzelle ist als Segment einer gekrümmten Fläche, insbesondere eines Ellipsoids, einer hyperbolischen Form, einer parabolischen Form oder eines Kreises gefertigt und weist eine gekrümmte und eine ebene Fläche auf. Lichtempfindliche Detektoren sind um die gekrümmte Fläche herum angeordnet und erfassen das Streulicht.

WO 2010/057490 A1



SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN,
GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

— vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden
Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderun-
gen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz
3)

Zellaufbau für Lichtstredetektoren mit selbstfokussierenden Eigenschaften

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Messung der Lichtstreueigenschaften einer Suspension, die durch eine Messzelle geleitet und von einem kollimierten Lichtstrahl beleuchtet wird sowie ein Verfahren zur Messung des an in einer Suspension befindlichen Molekülen gestreuten Lichtes.

Die Vermessung der statischen Lichtstreuung wird zur Charakterisierung (Größe, Masse, Form und Struktur) von Molekülen oder kolloidalen Substanzen herangezogen. Hierbei handelt es sich um eine absolute Quantifizierung, die ohne vorherige Kalibrierung oder Benutzung von Standardproben auskommt. Eine Probe wird mit einem kollimierten Lichtstrahl beleuchtet und das gestreute Licht unter verschiedenen Streuwinkeln gemessen.

Das Prinzip der Lichtstreuung ist in der Natur weitverbreitet. So kann es z.B. beim Sonnenuntergang oder beim Sichtbarwerden von Staubpartikeln beobachtet werden. Lichtstrahlen treffen auf ein stark streuendes Medium und werden von Partikeln von ihrem geometrisch vorgeschriebenen Weg abgelenkt. Dabei wird die Intensität der Lichtstrahlen durch Absorption und Streuung abgeschwächt. Die Streuung ist die Grundlage verschiedener physikalischer Phänomene, wie z.B. Beugung, Brechung und Reflexion.

Die Streuung kann in inelastische, quasielastische und elastische Streuung unterteilt werden, die sich durch ihre Frequenzverschiebung unterscheiden. Bei der inelastischen Streuung tritt eine Frequenzverschiebung von etwa 10^{11} bis 10^{13} Hz auf. Bei der quasielastischen Streuung, bei der Licht zusätzlich mit Translations- bzw. Rotationsquanten eines Moleküls wechselwirkt und eine Frequenzverschiebung von 10 bis 10^6 Hz auftritt. Bei der elastischen Lichtstreuung (z.B. statische Lichtstreuung) kommt es zu keiner Änderung der Wellenlänge (auch als kohärente Streustrahlung bezeichnet). Das zugrunde liegende Prinzip der Lichtstreuung lässt sich an einem sehr kleinen, optisch isotropen Gasmolekül veranschaulichen. Die Elektronen des Moleküls werden durch die auftreffende elektromagnetische Welle in eine Schwingung mit der Frequenz der erregenden Lichtquelle versetzt. Der so entstandene oszillierende Dipol strahlt wiederum elektromagnetische Strahlung derselben Frequenz ab, wobei die Intensität der Strahlung von der Stärke des induzierten Dipols abhängt, d.h. je polarisierbarer das Molekül ist, desto stärker der Dipol und desto höher die Intensität der emittierten Strahlung.

Wird eine Probe, beispielweise eine Suspension, in der sich mehrere Makromoleküle befinden, mit einem kollimierten Lichtstrahl beleuchtet, emittiert jedes Makromolekül Strahlung. Die Summe der Intensitäten der emittierten Strahlung ist proportional zur Konzentration der Makromoleküle in der Suspension sowie der molaren Masse der Moleküle. Des Weiteren

kann aus der Winkelabhängigkeit der gestreuten Lichtintensitäten . die Größe der im Kolloid enthaltenen Moleküle berechnet werden, da das an den verschiedenen Streuzentren im Makromolekül gestreute Licht interferiert und ein winkelabhängiges Streumuster erzeugt., Hierbei werden jeweils die Mittelwerte von den in der Zelle befindlichen Teilchen bestimmt.Im Stand der Technik sind Messgeräte beschrieben, die die Streueigenschaften von kolloidale Flüssigkeiten messen und zur Charakterisierung der Stoffeigenschaften heranziehen. Die EP 0 182 618 B1 offenbart eine Vorrichtung, welche die Messung der statischen Lichtstreuung mittels einer Messzelle beschreibt. Die Messzelle kann mit einem chromatographischen Aufbau gekoppelt werden, so dass die Teilchen nach Größe getrennt durch die Messzelle fließen. Hierfür ist eine runde Glaszelle mit einer Längsbohrung versehen, durch welche ein Flüssigkeitsstrom mit den enthaltenen Teilchen geleitet und mit einem Laserstrahl beleuchtet wird. Um die runde Glaszelle sind unter verschiedenen Winkeln Detektoren angeordnet, die das Streulicht aufnehmen. Um die Winkelabhängigkeit zu bestimmen, darf jeder Detektor nur einen kleinen Winkelbereich erfassen. Deshalb ist es bei diesem Gerät notwendig, durch Blenden den detektierten Bereich in der Bohrung auf einige Nanoliter zu verkleinern, was das Rauschen vergrößert und die Interferenz erhöht. Dies führt zwangsläufig zu einer Verminderung der Sensitivität.

Diese Technologie wurde zuerst in US 4,616,927 und EP 0 182 618 beschrieben. Diese offenbaren jedoch nur die Messung des Streulichts unter mehreren verschiedenen Winkeln. Der beobachtete Streubereich wird über Blenden auf einige Nanoliter beschränkt. Die EP 0 626 064 ist eine Weiterentwicklung, bei der unter 2 Winkeln gemessen wird, wobei das unter 15 Grad gestreute Licht mittels eines Linsen- und Blendensystems gesammelt wird.

In der US- 6,052,184 wird das gestreute Licht mittels Lichtleitern gesammelt, wobei diese jedoch auch nur einen sehr kleinen Flüssigkeitsbereich beobachten. Der Flüssigkeitsstrom wird hier senkrecht zum einfallenden Lichtstrahl geführt. In der EP 1 515 131 wird beschrieben, wie sich das Flüssigkeitsvolumen durch den Einsatz eines zweiten Flüssigkeitsstromes minimieren lässt, wobei das beobachtete Flüssigkeitsvolumen aber ebenfalls begrenzt wird.

Nachteilig bei den im Stand der Technik offenbarten Vorrichtungen ist, dass das beobachtete Flüssigkeitsvolumen durch Blendensysteme oder den Einsatz von Lichtleitern, die nah an das Streuzentrum herangeführt werden, extrem eingeschränkt wird, um eine gute Winkelauflösung zu erhalten und Streulicht von Übergängen Luft/Glas/Medium fernzuhalten. Damit wird die Empfindlichkeit des Verfahrens vermindert.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Messvorrichtung bereitzustellen, die nicht die im Stand der Technik aufgeführten Nachteile aufweist und eine Verbesserung der Messsensitivität erreicht.

Gelöst wird die Aufgabe durch die unabhängigen Ansprüche. Vorteilhafte Ausgestaltungsformen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Demgemäß umfasst die Erfindung eine Vorrichtung zur Messung der Lichtstreuungseigenschaften einer Suspension, die durch eine Messzelle geleitet und von einem monochromen kollimierten Lichtstrahl beleuchtet wird, wobei eine Messzelle einen Kanal aufweist, welcher die Zu- und Ableitung der Suspension zulässt und der den Eintritt, Durchtritt und Austritt eines monochromen kollimierten Lichtstrahls in Richtung seiner Länge erlaubt, wobei die Zellgeometrie der Messzelle eine gekrümmte Fläche aufweist, das aus lichtdurchlässigem Material geformt ist und von der gestreutes Licht fokussiert wird, erreicht durch die Krümmung der Oberfläche der Messzelle, wobei lichtempfindliche Detektoren so angeordnet sind, dass sie das von einer Suspension gestreute Licht erfassen, das durch den Kanal und das lichtdurchlässige Material der Messzelle hindurch tritt.

Es war völlig überraschend, dass durch die erfindungsgemäße Vorrichtung die Mängel des Standes der Technik behoben werden können. Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung, die der Messung der Lichtstreuungseigenschaften einer Suspension dient, die durch eine Messzelle geleitet wird und von einem monochromen kollimierten Lichtstrahl beleuchtet wird. Die Kohärenzlänge des Lichtstrahls kann bevorzugt größer, als die maximale Größe der zu messenden Moleküle sein, wobei vorzugsweise Moleküle mit einer Größe von 10 nm bis 1000 nm und einer Molekularmasse von 1000 Da bis 1×10^9 Da charakterisiert werden. Die Zellgeometrie der Messzelle weist eine gekrümmte Fläche auf. In die Messzelle ist ein Kanal eingefasst, welcher die Zu- und Ableitung der Suspension zulässt. Des Weiteren wird durch den Kanal der Eintritt, Durchtritt und Austritt eines kollimierten Lichtstrahls in Richtung seiner Länge erlaubt. Das von den in der Suspension befindlichen Molekülen gestreute Licht, tritt durch das lichtdurchlässige Material der Messzelle hindurch und wird durch die erfindungsgemäße gekrümmte Oberfläche der Messzelle so fokussiert, dass lichtempfindliche Detektoren, die um die Messzelle herum angeordnet sind, das Licht, das durch den Kanal und das lichtdurchlässige Material der Messzelle hindurch tritt, erfassen. Die bestrahlten Moleküle streuen das Licht in alle Richtungen, wobei die Streuintensität nach verschiedenen Winkeln von der Größe der Moleküle abhängt.

In einer bevorzugten Ausführungsform wird eine Vorrichtung zur Messung der Lichtstreuungseigenschaften einer Suspension, die durch eine Messzelle geleitet und von einem monochromen kollimierten Lichtstrahl bestrahlt wird, bereitgestellt, wobei die aus lichtdurchläss-

sigem Material geformte Messzelle einen Kanal aufweist, der mindestens zwei Öffnungen enthält, und die Messzelle als Segment bevorzugt eines Ellipsoides, einer hyperbolischen Form, einer parabolischen Form oder eines Kreises ausgestaltet ist, und eine gekrümmte Fläche aufweist, wobei lichtempfindliche Detektoren um die Messzelle, bevorzugt um die gekrümmte Fläche angeordnet sind. Es war völlig überraschend, dass die bevorzugte Form der Messzelle, die Messung von kolloidalen Substanzen ganz besonders verbessert und das Hintergrundrauschen verringert. Hierbei bezeichnet im Sinne der Erfindung ein Segment bevorzugt eine Teilfläche, die bevorzugt eine gekrümmte und eine der gekrümmten Fläche gegenüberliegenden ebenen Fläche aufweist. Eine gekrümmte Fläche oder Seite bezeichnet im Sinne der Erfindung bevorzugt eine Krümmung, die eine Richtungsänderung pro Längeneinheit aufweist, das heißt es tritt bevorzugt eine nach außen quadratisch zunehmende Abweichung der Fläche von ihrer Tangentialebene auf. Insbesondere diese bevorzugte Ausgestaltungsform der Messzelle ermöglicht eine kompakte und kostengünstige Bauform. Eine derartige vorteilhafte Messzelle ist exemplarisch in Fig. 1 dargestellt.

Eine Suspension bezeichnet im Sinne der Erfindung eine heterogene Mischung, in der Feststoffe (Moleküle) in einem Fluid verteilt sind.

Ein Kanal bezeichnet im Sinne der Erfindung eine Aussparung im Zellkörper, durch den das zu untersuchende Medium fließt und in dem es von einem monochromen kollimierten Lichtstrahl, welcher bevorzugt aus parallel verlaufenden Lichtstrahlen besteht und einfarbig ist, beleuchtet wird. Die Kohärenzlänge des Lichtes ist bevorzugt größer als der Durchmesser der zu untersuchenden Makromoleküle.

Durch die erfindungsgemäße Vorrichtung werden Vorteile gegenüber dem Stand der Technik erzielt. So ermöglicht die Vorrichtung die Aufnahme des gesamten Streulichtes, welches von der kolloidalen Suspension durch die Messzelle dringt und von den Detektoren aufgenommen wird. Somit wird das Streulicht im Wesentlichen der gesamten in der Messzelle vorliegenden Suspension erfasst, wodurch ein Streuvolumen im Mikroliterbereich messbar ist. Im Stand der Technik beschriebene Messzellen weisen nur ein Streuvolumen im Nanoliterbereich auf.

Ein weiterer Vorteil der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist, dass bedingt durch das erhöhte Streuvolumen die Intensität des gestreuten Lichtes erhöht ist, da die Intensität proportional zu dem Streuvolumen ist. Eine Erhöhung der Intensität resultiert in einer Verstärkung des Signals und führt zu einer verbesserten Sensitivität und erlaubt das Messen von kolloidalen Suspensionen in niedrigen Konzentration.

Ein weiterer Vorteil der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist die Reduktion des Hintergrundrauschens. Die Teilchen in der Suspension bewegen sich in reziproker Abhängigkeit zu ihrer Größe in zufälligen Richtungen. Aus dieser Bewegung resultiert ein Messfehler bei der Messung einer kolloidalen Suspension, der als Rauschen bezeichnet wird und das Messergebnis verfälschen kann. Je kleiner das zu beobachtende Volumen der Messzelle, desto weniger Moleküle sind in der Suspension enthalten und umso stärker ist die zeitliche Schwankung der gestreuten Strahlung. Hieraus resultiert eine Vergrößerung des Rauschens. Bei einer Vergrößerung des zu messenden Volumens, wird die Anzahl der Moleküle in der Messzelle erhöht und der Einfluss des Rauschens verringert, da mehr Streustrahlen an die Detektoren gelangen und so die Signale gemittelt werden können.

Die Erfindung löst somit ein lang bestehendes Problem des Standes der Technik und ermöglicht die Erfassung des gesamten Streulichts und führt somit zu einer Verbesserung der Sensitivität.

Es ist bevorzugt, dass die Geometrie der Messzelle, bevorzugt ein Segment einer gekrümmten Fläche, insbesondere eines Ellipsoides, eine hyperbolische, eine parabolische oder die Form eines Kreises aufweist.

Eine vorteilhafte Ausführungsform des Erfindungsgegenstandes sieht vor, dass die Messzelle aus Glas, Polymer oder einer Kombination aus beiden oder einer Flüssigkeit gefertigt ist, welches eine höhere Brechzahl als die zu messende Suspension oder Luft aufweist. Ein Polymer bezeichnet eine chemische Verbindung, die aus Ketten oder verzweigten Molekülen besteht, die aus gleichen oder gleichartigen Einheiten aufgebaut sind. Beispiele hierfür sind Polymere aus Polyethylen, Polypropylen, Polyvinylchlorid, Polymethylmethacrylat, Polyester oder Polyurethan. Die Brechzahl, früher Brechungsindex oder Brechungskoeffizient, ist eine Materialkonstante und beschreibt die Ausbreitung des Lichtes, d.h. elektromagnetischer Wellen, in einem optisch dichten Medium. Sie kann aus dem Verhältnis zwischen Phasengeschwindigkeit des Lichtes im Vakuum und seiner Phasengeschwindigkeit im jeweiligen Medium bestimmt werden. So beträgt z.B. die Brechzahl für sichtbares Licht im Vakuum exakt 1, für Luft auf Meeresniveau 1,000292, für Quarzglas 1,46 und für Polymere ungefähr 1,5. Durch die erfindungsgemäße Ausführungsform wird erreicht, dass die gestreuten Strahlen so gebrochen werden, dass sie in einem Punkt fokussiert werden, an dem lichtempfindliche Detektoren installiert sind. Somit kann auch die von den Detektoren weggestreute Streustrahlung in diese hineinfokussiert werden. Folglich wird durch die vorteilhafte Ausführungsform erreicht, dass im Wesentlichen alle aus der Messzelle kommende Streustrahlen von den lichtempfindlichen Detektoren gesammelt werden.

Vorteilhafterweise ist vorgesehen, dass die Messzelle eine optisch polierte Oberfläche aufweist und ein Querschnitt der Messzelle in der Ebene des Kanals gekrümmt ist und der Kanal entlang einer Sehne verläuft, wobei der Kanal kürzer als der kleinste Durchmesser der gekrümmten Fläche ist. Die gekrümmte Oberfläche, durch die das Licht austritt, ist nach Standardverfahren zu polieren, um Winkelverfälschungen oder Streuung an den optischen Übergängen zu minimieren. Eine Kreissehne ist definiert als Strecke, die durch die Verbindung von zwei auf einem Kreis befindlichen Punkte entsteht. Eine polierte Oberfläche wird durch konventionelle Polierverfahren erreicht. So kann die Oberfläche von z.B. Quarzglas durch Flampolieren und mechanisches Polieren bearbeitet werden. Auch das Polieren mittels Laserstrahlen ist möglich.

Durch die bevorzugte Gestaltung der Messzelle wird erreicht, dass das von den Molekülen gestreute Licht beim Übergang Suspension – Messzelle zum Einfallslot hin gebrochen wird, da die Brechzahl der Messzelle bevorzugt größer als die Brechzahl des Mediums ist. Das heißt, Lichtstrahlen, die unter einem bestimmten Winkel im Kanal gestreut wurden, laufen durch die Messzelle parallel zueinander. Durch die bevorzugte Ausführungsform werden die in der Ebene des Kanals (horizontal) gestreuten Lichtstrahlen beim Übergang Messzelle – umgebendes Medium auf einen Punkt außerhalb der Messzelle fokussiert, an dem lichtempfindliche Detektoren angeordnet sind. Hierdurch ist das Erfassen des kompletten in der horizontalen Ebene gestreuten Lichtes möglich, wodurch die Sensitivität der Vorrichtung maßgeblich erhöht wird. Des Weiteren wird durch die Ausführungsform erreicht, dass auch Streustrahlen, die von den Detektoren weggestreut sind, in diese hineinfokussiert werden. Es kann so wesentlich mehr Streulicht von den lichtempfindlichen Detektoren erfasst werden.

In einer bevorzugten Ausführungsform weist die Messzelle eine polierte Oberfläche auf und ein Querschnitt der Messzelle in der Ebene senkrecht zur Ebene des Kanals ist gekrümmt. Dadurch, dass die Messzelle nicht nur in der Ebene des Kanals (horizontal) eine Krümmung aufweist, sondern auch in der Ebene senkrecht zu der Ebene des Kanals (vertikal), werden die durch die Messzelle parallel verlaufenden Strahlen bei dem Erreichen der Außenseite der Messzelle, in einem Punkt außerhalb der Messzelle fokussiert. Es findet somit bevorzugt eine vertikale und horizontale Fokussierung der gestreuten Strahlen statt und alle unter einem Winkel gestreuten Strahlen werden in einem Punkt außerhalb der Messzelle fokussiert. Durch die bevorzugte Ausführungsform wird das gesamte Streulicht der Messzelle erfasst und das gemessene Streuvolumen vergrößert, was zu einer Verbesserung der Sensitivität führt.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform sind auf der gekrümmten Fläche oder Seite in einer Ebene mit dem Kanal lichtempfindliche Detektoren (horizontal) angeordnet, um das von der bestrahlten Suspension gestreute und mittels der Messzelle fokussierte Licht aufzunehmen. Ein Detektor ist eine im Stand der Technik beschriebene Vorrichtung, welche eine

einfallende Lichtintensität in elektrische Signale umwandelt, was z. B. mittels lichtempfindlicher Dioden oder Photomultiplier erfolgt und an Verarbeitungsgeräte weiterleitet, die die gemessenen Signal in die gewünschten Einheiten umrechnen. Durch die Anordnung der Detektoren auf der gekrümmten Seite wird erreicht, dass Streulicht welches nicht von der Suspension erzeugt wurde, sondern z.B. an den seitlichen Rändern des Kanals entstand, nicht in die Detektoren gelangt. Somit wird das Einfließen von störendem Streulicht in die Messung verhindert und Messfehler reduziert. Des Weiteren kann durch die bevorzugte Ausführungsform eine kompakte und Materialsparende Bauweise verwirklicht werden, da nur auf einer Seite, nämlich der gekrümmten, lichtempfindliche Detektoren angeordnet sind.

Es ist weiterhin bevorzugt, dass Licht auf der gekrümmten Fläche oder Seite in einer Ebene senkrecht zu der Ebene des Kanals vorzugsweise durch die gekrümmte Seite der Oberfläche oder durch Fresnellinsen und/oder Zylinderlinsen fokussiert und von lichtempfindlichen Detektoren erfasst wird. Die Fokussierung der gestreuten Lichtstrahlen bei dem Übergang Messzelle – umgebendes Medium, wird vorzugsweise durch die Krümmung der Oberfläche erreicht. Die Messzelle ist aus einem Material mit einer höheren Brechzahl als Luft hergestellt, wodurch die austretenden Lichtstrahlen fokussiert werden. Die Fokussierung kann auch mithilfe von Fresnellinsen und/oder Zylinderlinsen erfolgen. Fresnellinsen sind kompakte optische Linsen, die durch eine Aufteilung in ringförmige Stufen charakterisiert sind. Durch die Stufen wird eine konstante Brennweite erreicht, d.h. der Abstand des Brennpunktes oder Fokus ändert sich nicht. Die charakteristische Form der Fresnellinsen ermöglicht eine Einsparung an Gewicht, wodurch sie in Anwendungen wo das Gewicht ausschlaggebend ist, zum Einsatz kommen. Zylinderlinsen haben in zwei senkrecht zueinander stehenden Richtungen verschiedene Krümmungen, d.h. Zylinderlinsen sind bevorzugt Abschnitte eines Zylinders. Beide Linsenarten können als weitere Ausführungsform die Fokussierung der von der Suspension gestreuten Lichtstrahlen ausüben und diese in die Detektoren fokussieren. Durch die gewichtseinsparende Form der Linsen wird eine kompakte Ausführungsform realisiert und zusätzlich ist durch die Linsen die Wartung der bevorzugten Ausführungsform vereinfacht, da diese einfach durch den Fachmann austauschbar sind. Die bevorzugten Ausführungsformen führen dazu, dass die gestreuten Strahlen beim Übergang Messzelle - umgebendes Medium in Detektoren fokussiert werden. Durch diese Anordnung ist das Erfassen des gesamten Streulichts möglich und kein Streulicht geht verloren. Eine Verbesserung der Sensitivität ist das Resultat.

In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung weisen die lichtempfindlichen Detektoren, die das gestreute Licht aufnehmen, ein Blendensystem auf, welches den zu beobachteten Winkelbereich definiert, sofern der Fokus in der Blende liegt. Ein Blendensystem beschreibt eine an die Detektoren angebrachte Vorrichtung, die nur die Erfassung bestimm-

ter Strahlen zulässt. So können Strahlen, die unter einem Winkel auf die Detektoren treffen, der nicht zur Messung herangezogen werden soll, durch das Blendensystem ausgeschlossen werden. Der Bereich der zu messenden Strahlen (der Winkelbereich) wird durch das Blendensystem eingestellt. Vorzugsweise ist die Blende vor dem Detektor genau im Fokus des gestreuten Lichtes angebracht und dient dazu, den detektierten Winkelbereich zu minimieren. Weiterhin werden durch die Blenden Strahlen, die nicht exakt im Fokus liegen, ausgeblendet. Durch diese Anordnung wird das gesamte Streulicht, das im Kanal durch die Bestrahlung der Suspension entsteht gesammelt und so die Sensitivität der weiteren Ausgestaltung der Erfindung verbessert. Zusätzlich ermöglicht die Verwendung eines Blendensystems die Anpassung an Eigenschaften der zu messenden Suspension, wie z.B. hochkonzentrierte Suspensionen, Suspensionen mit großen oder kleinen Molekülen, da dieses einfach durch den Fachmann einstellbar ist.

In einer bevorzugten Ausführungsform sind auf der der gekrümmten Fläche oder Seite gegenüberliegenden Seite keine Detektoren angeordnet, sondern es wird eine lichtabsorbierende Vorrichtung installiert, welche Licht, welches nicht von den Detektoren erfasst werden soll, absorbiert. So soll z.B. durch die lichtabsorbierende Vorrichtung Streulicht, was an den Zu- und Ableitungen des Kanals entsteht, nicht in die lichtempfindlichen Detektoren gelangen. Dieses Streulicht würde die Messung der Streustrahlen, die von der zu messenden Suspension erzeugt wurden, verfälschen, da nicht mehr zwischen zu messendem Streulicht und dem nicht zu messenden Streulicht differenziert werden könnte. Folglich würde die Charakterisierung der kolloidalen Suspension auf falschen Messdaten aufbauen. Aus diesem Grund sind die Detektoren nicht komplett um die Messzelle angeordnet. Bevorzugt ist eine Anordnung der Detektoren auf nur einer Seite der Messzelle, insbesondere auf der Seite, die als gekrümmte Fläche, bevorzugt als gekrümmte Fläche eines Segmentes ausgeführt ist. Durch die bevorzugte Ausführungsform wird sichergestellt, dass im Wesentlichen alles Licht das von der Suspension gestreut wird von den Detektoren erfasst wird und zusätzlich Licht, welches nicht von der Lichtstreuung der Suspension herrührt, nicht von den Detektoren erfasst wird. Als Beispiel für eine solche lichtabsorbierende Vorrichtung sei eine Fangblende aufgeführt, die nicht zu messendes Licht entfernt und so eine Verfälschungen des Messergebnisses verhindert. Weiterhin kann eine Beschichtung der Messzelle mit einem absorbierendem Farbstoff vorteilhaft sein.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform, weist der monochrome kollimierte Lichtstrahl eine Querschnittsabmessung auf, die kleiner ist als die des Kanals. Ein monochromer kollimierter Lichtstrahl beschreibt einen einfarbigen und parallel verlaufenden Lichtstrahl. Durch die bevorzugte Ausführungsform wird sichergestellt, dass keine Reflexionen entstehen, wenn die einfarbigen und parallel verlaufenden Lichtstrahlen durch den Kanal laufen.

Des Weiteren wird durch die Verwendung eines monochromen kollimierten Lichtstrahls sichergestellt, dass keine Interferenzen entstehen und die gestreuten Lichtstrahlen sich nicht gegenseitig beeinflussen.

Die Erfindung betrifft auch ein Verfahren zur Messung des an in einer Suspension befindlichen Molekülen gestreuten Lichtes, wobei

- a) eine Suspension durch einen Kanal geleitet wird, der längs einer Kreissehne durch eine Messzelle verläuft,
- b) ein kollimierter, monochromer Lichtstrahl längs zu diesem Kanal läuft,
- c) die parallel laufenden, gestreuten Lichtstrahlen die gekrümmte Form der Messzelle durchdringen,
- d) durch die polierte, gekrümmte Form der Messzelle fokussiert werden,
- e) und die horizontal und vertikal zu dem Kanal angeordneten Detektoren das fokussierte Licht empfangen.

Das Verfahren ermöglicht die Messung des gestreuten Lichts, welches durch die Bestrahlung einer kolloidalen Suspension entsteht. Hierfür wird eine kolloidale Suspension durch einen Kanal geleitet, der längs einer Kreissehne durch eine Messzelle verläuft. Ein monochromer kollimierter Lichtstrahl verläuft längs zu diesem Kanal und bestrahlt die Suspension wodurch Licht durch die kolloidalen Bestandteile gestreut wird. Die unter einem bestimmten Winkel gestreuten Lichtstrahlen werden beim Übergang Suspension – Messzelle zum Einfallslot hin gebrochen und verlaufen parallel durch die Messzelle. Beim Übergang Messzelle – umgebendes Medium, werden die parallel laufenden Streustrahlen durch die polierte, gekrümmte Form der Messzelle fokussiert. Um die runde oder gekrümmte Seite der Messzelle sind lichtempfindliche Detektoren angeordnet, die das fokussierte Licht empfangen. Die Detektoren befinden sich in horizontaler und vertikaler Ebene, d.h. in einer Ebene mit dem durch die Messzelle laufenden Kanal und in einer Ebene senkrecht zu der Ebene des Kanals. Somit kann im Wesentlichen alles Licht, was durch die Suspension gestreut wird von den Detektoren erfasst werden. Das von den Detektoren empfangene Licht wird bevorzugt in elektrische Signale umgewandelt und zur Berechnung der gewünschten Eigenschaften, wie z.B. Größe und Konzentration an Verarbeitungsgeräte weitergeleitet. Das Verfahren ermöglicht die Messung eines großen Streuvolumens, was direkt proportional zu der Intensität der Strahlen ist. Eine höhere Intensität korreliert mit einer höheren Sensitivität, da auch die Streustrahlung von Molekülen, die z.B. in einer geringen Konzentration in der Suspension vorliegen, verstärkt wird und von den Detektoren erfasst werden kann. Des Weiteren wird

durch die Erhöhung des Streuvolumens eine Erniedrigung des Rauschens erreicht. Das Rauschen entsteht durch zufällige Bewegungen der Moleküle in der Suspension und der daraus resultierenden zeitlichen Verschiebung der Streustrahlen, wodurch Interferenzen entstehen, die die Messung der Streustrahlen erschweren, da sich Lichtstrahlen gegenseitig beeinflussen, d.h. verstärken oder auslöschen können. Das Verfahren erniedrigt das Rauschen durch eine Erhöhung des Streuvolumens, wodurch mehr Moleküle in der Suspension erfasst werden und eine Mittelung der Streustrahlen den Einfluss der Bewegung verringert. Durch das Verfahren wird somit ein lang im Stand der Technik bestehendes Problem gelöst. Die Sensitivität der Messung wird durch die Erfassung eines größeren Streuvolumens verbessert und im Wesentlichen wird das gesamte Streulicht der zu messenden Suspension mittels lichtempfindlicher Detektoren erfasst. Es handelt sich hierbei um ein einfaches und kostengünstiges Verfahren, welches Eigenschaften einer kolloidalen Suspension bestimmt.

Eine bevorzugte Ausführungsform des Verfahrens ist dadurch gekennzeichnet, dass die Messzelle in der Ebene des Kanals und in der Ebene senkrecht zu der Ebene des Kanals eine gekrümmte Fläche darstellt. Durch diese Form der Messzelle wird erreicht, dass die unter einem Winkel gestreuten Lichtstrahlen beim Übergang Suspension – Messzelle zum Einfallslot hin gebeugt werden und parallel durch die Messzelle laufen und beim Übergang Messzelle – umgebendes Medium in einem Punkt außerhalb der Messzelle fokussiert werden. An diesem Punkt angebrachte Detektoren erfassen das Streulicht. Somit erlaubt die bevorzugte Ausführungsform, die Erfassung im Wesentlichen des gesamten Streulichts, wodurch die Sensitivität erhöht wird.

Eine weitere Ausführungsform des Verfahrens ist dadurch gekennzeichnet, dass die lichtempfindlichen Detektoren auf der runden Seite der Messzelle angeordnet sind. Die Anordnung der lichtempfindlichen Detektoren auf der gekrümmten Seite der Messzelle bewirken, dass im Wesentlichen Streulicht, welches durch die Messzelle fokussiert wird, in die Detektoren fällt und zur Berechnung der Eigenschaften der kolloidalen Suspension herangezogen werden kann. Lichtstrahlen, die an den Zu- und Ableitungen des Kanals entstehen oder Reflexionen dürfen nicht von den Detektoren erfasst werden, da durch diese Lichtstrahlen das Messergebnis verfälscht wird und die kolloidale Suspension nicht korrekt bestimmt werden kann. Um nicht zu messende Lichtstrahlen oder Reflexionen von der Messung auszuschließen, ist vorteilhafterweise auf der der runden Seite der Messzelle gegenüberliegenden Seite eine lichtabsorbierende Vorrichtung, wie z.B. eine Fangblende oder eine lichtabsorbierende Beschichtung installiert. Des Weiteren sind die lichtempfindlichen Detektoren bevorzugt mit einem Blendensystem ausgestattet, welches den zu messenden Winkelbereich definiert. Hierdurch wird eine akkurate Messung der Lichtstreuung möglich, da im Wesentlichen das

gesamte aus der Messzelle kommende Streulicht erfasst wird und zur Berechnung der Eigenschaften der kolloidalen Suspension herangezogen werden.

Weitere vorteilhafte Maßnahmen sind in den übrigen Unteransprüchen beschrieben.

Die Erfindung wird nunmehr anhand von Figuren beispielhaft näher beschrieben, ohne jedoch auf diese beschränkt zu sein; es zeigt:

Fig. 1 Horizontaler Schnitt durch die Zellgeometrie

Fig. 2 Vertikaler Schnitt durch die Zellgeometrie

Fig. 1 zeigt schematisch einen horizontalen Schnitt durch die Zellgeometrie. Die Messzelle 1 besteht vorzugsweise aus Glas, Polymer oder einer Kombination aus beiden oder einer Flüssigkeit, die eine höhere Brechzahl als Luft aufweist. In die Messzelle 1, die eine gekrümmte Fläche 7 aufweist, ist ein Kanal 2 eingelassen und der Kanal 2 verläuft entlang einer Sehne durch die Messzelle 1. Ein Querschnitt der Messzelle 1 in der Ebene des Kanals 2 und ein Querschnitt in der Ebene senkrecht zu der Ebene des Kanals 2 stellt eine gekrümmte Fläche 7 dar. Durch den Kanal 2 wird eine kolloidale Suspension geleitet, die von einem monochromen kollimierten Laserstrahl 3 bestrahlt wird. Der Laserstrahl 3 läuft längs durch den Kanal 2, wobei der Querschnitt des Laserstrahls 3 kleiner als der des Kanals 2 ist. Beim Auftreffen der Lichtstrahlen 3 auf die Moleküle der Suspension, wird das Licht abhängig von der Größe der Moleküle in alle Richtungen gestreut. Die Streustrahlen 4 werden beim Übergang Suspension – Messzelle zum Einfallslot hin gebrochen und laufen parallel durch die Messzelle 1. Treffen die Streustrahlen 4 in horizontaler Ebene, d.h. in der Ebene des Kanals auf die gekrümmte polierte Oberfläche, werden die Strahlen auf einen Punkt fokussiert, an den lichtempfindliche Detektoren 5 angebracht sind. Demgemäß werden alle unter einem bestimmten Winkel gestreuten Strahlen 4, durch die gekrümmte Oberfläche 7 so fokussiert, dass im Wesentlichen das gesamte Streulicht 4 der Suspension durch die lichtempfindlichen Detektoren 5 erfasst wird. Auch Streustrahlen 4, die von den Detektoren 5 weggestreut sind, werden durch die runde Oberfläche in diese hineinfokussiert. Die lichtempfindlichen Detektoren 5 verarbeiten die eingehenden Signal, wandeln diese in elektrische Signal um und geben diese an entsprechende Verarbeitungsgeräte weiter. An den lichtempfindlichen Detektoren 5 ist ein Blendensystem 6 installiert. Das Blendensystem 6 erlaubt die Einschränkung der zu erfassenden Streustrahlen 4, mittels einer Blende, die nur das Eindringen von Lichtstrahlen in die lichtempfindlichen Detektoren 5 zulässt, welche unter einem definierten Winkel gestreut wurden. So kann verhindert werden, dass Reflexionen oder Streulicht, was seitlich aus den Zu- und Ableitungen des Kanals 2.1 austritt, von den licht-

empfindlichen Detektoren 5 erfasst wird und zur Berechnung herangezogen wird. Durch dieses störende Streulicht würde das Messergebnis verfälscht werden. Vorteilhafterweise ist die Messzelle 1 als Segment ausgestaltet, das heißt gegenüberliegend zu der gekrümmten Fläche oder Seite 7 ist bevorzugt eine nicht-gekrümmte Fläche 8 angeordnet.

Fig. 2 stellt eine schematische Darstellung eines vertikalen Schnittes durch die Zellgeometrie dar. Durch den in die Messzelle 1 eingebrachten Kanal 2 strömt eine kolloidale Suspension, die von einem Lichtstrahl 3 bestrahlt wird. Die Messzelle 1 weist in der Ebene senkrecht zu der Ebene des Kanals eine gekrümmte Fläche auf und der Kanal 2 verläuft entlang einer Sehne. Somit stellt die Messzelle 2 in der Ebene des Kanals 2 (horizontal) in der Ebene senkrecht zu der Ebene des Kanals 2 (vertikal) eine gekrümmte Fläche dar. Die Messzelle 2 hat somit eine gekrümmte Seite. Auf der gekrümmten Seite gegenüberliegenden Seite ist eine lichtabsorbierende Vorrichtung, wie z.B. eine Fangblende angeordnet, die reflektierende Strahlen oder Strahlen, die durch Zu- und Ableitungen des Kanals 2.1 aus der Messzelle 1 gelangen, absorbiert. Diese Lichtstrahlen sind nicht für die Messung zu berücksichtigen und verfälschen das Messergebnis, falls sie von den lichtempfindlichen Detektoren 5 erfasst werden. Der längs durch den Kanal 2 laufende Lichtstrahl 3 bestrahlt die kolloidale Suspension und Licht wird von den Molekülen in alle Richtungen gestreut. Die unter einem bestimmten Winkel gestreuten Lichtstrahlen 4 werden beim Übergang Suspension – Messzelle zum Einfallslot hin gebrochen und verlaufen parallel durch die Messzelle 1. Die in einer Ebene mit dem Kanal 2 (horizontal) gestreuten Lichtstrahlen 4 werden beim Übergang Messzelle – umgebendes Medium von der polierten runden Seite der Messzelle 1 in die lichtempfindlichen Detektoren 5 fokussiert, wobei ein Blendensystem 6 den zu messenden Winkelbereich bestimmt. Die in einer Ebene senkrecht zu der Ebene des Kanals 2 (vertikal) gestreuten Lichtstrahlen 4 werden ebenfalls durch die polierte runde Seite der Messzelle 1 so fokussiert, dass die fokussierten Strahlen 4 von den lichtempfindlichen Detektoren 5 erfasst werden. Die Fokussierung kann zusätzlich durch Fresnellinsen und/oder Zylinderlinsen erfolgen. Fresnellinsen sind kompakte optische Linsen, die durch eine Aufteilung in ringförmige Stufen charakterisiert sind. Durch die Stufen wird eine konstante Brennweite erreicht, d.h. der Abstand des Brennpunktes oder Fokus ändert sich nicht. Die charakteristische Form der Fresnellinsen ermöglicht eine Einsparung an Gewicht, wodurch sie in Anwendungen wo das Gewicht ausschlaggebend ist, zum Einsatz kommen. Zylinderlinsen haben in zwei senkrecht zueinander stehenden Richtungen verschiedene Krümmungen, d.h. im engeren Sinne sind Zylinderlinsen Abschnitte eines Zylinders. Beide Linsenarten können als weitere Ausführungsform die Fokussierung der von der Suspension gestreuten Lichtstrahlen ausüben und diese in die Detektoren 5 fokussieren. Lichtstrahlen, die durch Reflexion und/oder Lichtstreuung an der Zu- und Ableitung des Kanals 2.1 entstehen, werden durch das an den lichtempfindlichen Detektoren 5 angebrachte Blendensystem 6 an dem Eindringen in die Detektoren gehin-

dert. Somit wird der zu messende Winkelbereich definiert. Durch die vertikale und horizontale Fokussierung wird im Wesentlichen das gesamte Streulicht 4, was durch die Bestrahlung der kolloidalen Suspension entsteht in die lichtempfindlichen Detektoren 5 geleitet. So wird das zu messende Streuvolumen vergrößert und die Sensitivität verbessert.

Bezugszeichenliste

- 1 Messzelle
- 2 Kanal
- 2.1 Zu- und Ableitung des Kanals
- 3 Lichtstrahl
- 4 Von der Suspension gestreutes Licht
- 5 Lichtempfindliche Detektoren
- 6 Blendensystem
- 7 Gekrümmte Fläche/Seite
- 8 Nicht-gekrümmte Fläche/Seite

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Messung der Lichtstreuungseigenschaften einer Suspension, die durch eine Messzelle geleitet und von einem monochromen kollimierten Lichtstrahl bestrahlt wird, dadurch gekennzeichnet, dass eine Messzelle (1) einen Kanal (2) aufweist, welcher die Zu- und Ableitung der Suspension zulässt, der den Eintritt, Durchtritt und Austritt eines monochromen kollimierten Lichtstrahls (3) in Richtung seiner Länge erlaubt, wobei die Zellgeometrie der Messzelle (1) eine gekrümmte Fläche (7) darstellt, und aus lichtdurchlässigem Material geformt ist und von dem gestreutes Licht (4) fokussiert wird, erreicht durch eine gekrümmte Oberfläche (7) der Messzelle (1), wobei lichtempfindliche Detektoren (5) so angeordnet sind, dass sie das von einer Suspension gestreute Licht (4) erfassen, das durch den Kanal und das lichtdurchlässige Material der Messzelle (1) hindurchtritt.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Geometrie der Messzelle (1) eine gekrümmte Fläche (7), insbesondere eines Ellipsoides, eine hyperbolische, eine parabolische oder die Form eines Kreises aufweist.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Messzelle eine optisch polierte Oberfläche aufweist und ein Querschnitt der Messzelle (1) in der Ebene des Kanals (2) eine gekrümmte Fläche (7) darstellt und der Kanal (2) entlang einer Sehne verläuft, wobei der Kanal (2) kürzer als der kleinste Durchmesser der Krümmung ist.
4. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Messzelle eine polierte Oberfläche aufweist und ein Querschnitt der Messzelle (1) in der Ebene senkrecht zur Ebene des Kanals (2) gekrümmt ist.
5. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Messzelle vorzugsweise aus Glas, Polymer oder einer Kombination der genannten Materialien oder einer Flüssigkeit hergestellt sein kann, vorzugsweise mit einer höheren Brechzahl als die einer zu messenden Suspension, oder Luft.

6. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass lichtempfindliche Detektoren (5) auf der gekrümmten Fläche (7) in einer Ebene mit dem Kanal (2) angeordnet sind und das von der bestrahlten Suspension gestreute Licht (4) aufnehmen.
7. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass Licht auf der gekrümmten Fläche (7) in einer Ebene senkrecht zu der Ebene des Kanals (2) vorzugsweise durch eine weitere Krümmung oder durch Fresnellinsen und/oder Zylinderlinsen fokussiert und von lichtempfindlichen Detektoren (5) erfassbar wird.
8. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die lichtempfindlichen Detektoren (5) ein Blendensystem (6) aufweisen, welches den zu beobachteten Winkelbereich definiert, sofern der Fokus in der Blende liegt.
9. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass auf der, der gekrümmten Fläche (7) gegenüberliegenden Seite (8) keine Detektoren angeordnet sind und eine lichtabsorbierende Vorrichtung Licht, welches nicht von den Detektoren erfasst werden soll, absorbiert.
10. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der monochromer kollimierter Lichtstrahl (3) eine Querschnittsabmessung aufweist, die kleiner ist als die des Kanals.
11. Verfahren zur Messung des an in einer Suspension befindlichen Molekülen gestreuten Lichtes (4), dadurch gekennzeichnet, dass,
 - a. eine Suspension durch einen Kanal (2) geleitet wird, der längs einer Sehne durch eine Messzelle (1) verläuft,
 - b. ein kollimierter, monochromer Lichtstrahl (3) längs zu diesem Kanal läuft,
 - c. die parallel laufenden, gestreuten Lichtstrahlen (4) die gekrümmte Form (7) der Messzelle (1) durchdringen,

- d. durch die polierte, gekrümmte Form der Messzelle (1) fokussiert werden,
 - e. die horizontal und vertikal zu dem Kanal (2) angeordneten Detektoren (5) das fokussierte Licht empfangen.
12. Verfahren nach Anspruch 11,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Messzelle (1) in der Ebene des Kanals (2) und in der Ebene senkrecht zu der Ebene des Kanals (2) eine gekrümmte Fläche (7) darstellt.
13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12
dadurch gekennzeichnet, dass
die lichtempfindlichen Detektoren (5) auf der gekrümmten Fläche (7) der Messzelle (1) angeordnet sind.

Fig. 1

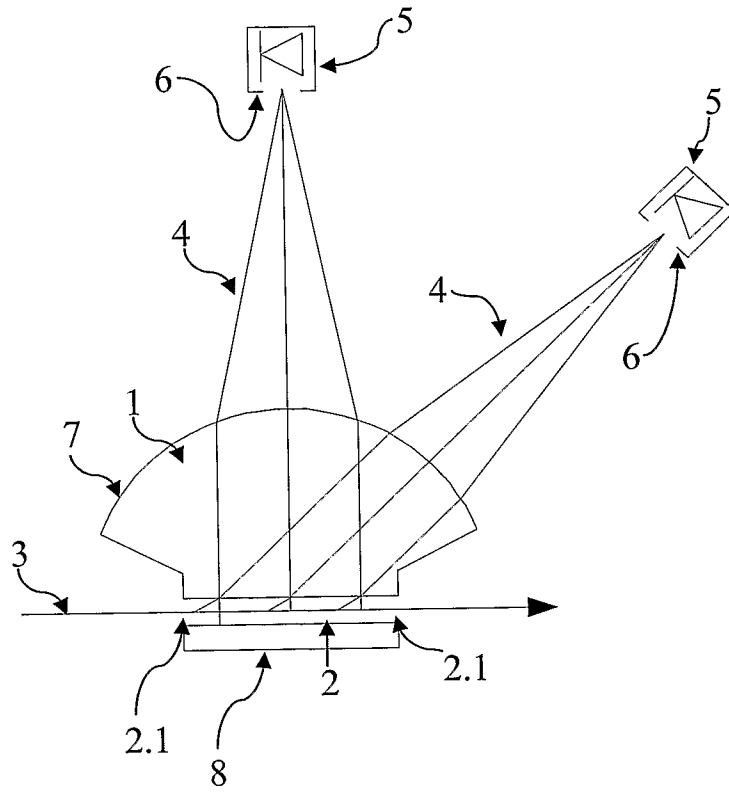
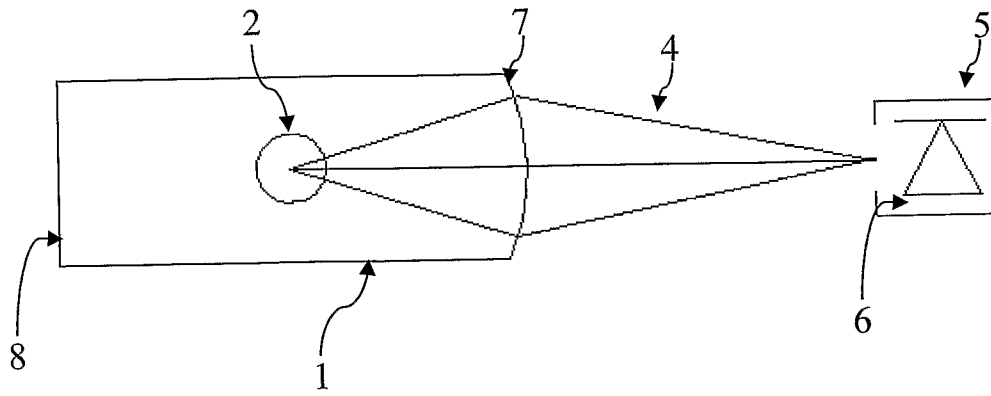


Fig. 2



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/DE2009/001684

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER INV. G01N15/02 G01N21/03 ADD.		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) G01N		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	EP 1 801 560 A1 (PALO ALTO RES CT INC [US]) 27 June 2007 (2007-06-27) abstract figures 1,29 paragraph [0031] - paragraph [0034] paragraphs [0062], [0063], [0065], [0089]	1-13
Y	US 2002/064800 A1 (SANDO YASUHIRO [JP] ET AL) 30 May 2002 (2002-05-30) abstract figures 4,5 paragraph [0044] - paragraph [0054]	1-13
----- -/--		
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C.		
<input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents :		
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art. "&" document member of the same patent family	
Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report	
31 March 2010	16/04/2010	
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer Ruchaud, Nicolas	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/DE2009/001684

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2005/239210 A1 (IIDA KAZUHIRO [JP]) 27 October 2005 (2005-10-27) abstract figures 8A-9C paragraph [0143] - paragraph [0152] -----	1-13
A	US 2007/210269 A1 (SONEHARA TSUYOSHI [JP] ET AL) 13 September 2007 (2007-09-13) abstract figures 7,14-16 paragraphs [0033], [0045] - [0047] -----	1-13
A	JP 2007 271365 A (TOSHIBA CORP) 18 October 2007 (2007-10-18) abstract figure 4 -----	1-13
A	US 6 120 734 A (LACKIE STEVE J [US]) 19 September 2000 (2000-09-19) abstract column 3, line 26 - column 5, line 46 figures 1,2,3 -----	1-13
A	JP 2006 189292 A (ULVAC CORP) 20 July 2006 (2006-07-20) abstract paragraphs [0011], [0013], [0016], [0018], [0020], [0021], [0040] - [0044]; figures 1,2,4 -----	1-13
A	EP 1 489 403 A1 (NIPPON SHEET GLASS CO LTD [JP]; INST OF MICROCHEMICAL TECHNOLO [JP] NI) 22 December 2004 (2004-12-22) abstract paragraph [0091] - paragraph [0095] figures 4,5,6 -----	1-13

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No PCT/DE2009/001684
--

Patent document cited in search report	A1	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 1801560	A1	27-06-2007	JP 2007171186 A US 2007146701 A1	05-07-2007 28-06-2007
US 2002064800	A1	30-05-2002	JP 2002221485 A	09-08-2002
US 2005239210	A1	27-10-2005	CN 1675535 A WO 2004036194 A1 JP 2004069397 A	28-09-2005 29-04-2004 04-03-2004
US 2007210269	A1	13-09-2007	JP 2007248063 A	27-09-2007
JP 2007271365	A	18-10-2007	NONE	
US 6120734	A	19-09-2000	AT 242996 T DE 69333050 D1 DE 69333050 T2 DK 606460 T3 EP 0606460 A1 JP 7500191 T JP 3534756 B2 JP 2004069716 A JP 2005321416 A JP 4102837 B2 JP 2006258824 A WO 9403104 A1 US 5372783 A	15-07-2003 24-07-2003 27-05-2004 13-10-2003 20-07-1994 05-01-1995 07-06-2004 04-03-2004 17-11-2005 18-06-2008 28-09-2006 17-02-1994 13-12-1994
JP 2006189292	A	20-07-2006	NONE	
EP 1489403	A1	22-12-2004	AU 2003220924 A1 CA 2479695 A1 CN 1643363 A WO 03078979 A1 JP 2003279471 A	29-09-2003 25-09-2003 20-07-2005 25-09-2003 02-10-2003

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2009/001684

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. G01N15/02 G01N21/03 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchiertes Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) G01N		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal, WPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	EP 1 801 560 A1 (PALO ALTO RES CT INC [US]) 27. Juni 2007 (2007-06-27) Zusammenfassung Abbildungen 1,29 Absatz [0031] - Absatz [0034] Absätze [0062], [0063], [0065], [0089]	1-13
Y	US 2002/064800 A1 (SANDO YASUHIRO [JP] ET AL) 30. Mai 2002 (2002-05-30) Zusammenfassung Abbildungen 4,5 Absatz [0044] - Absatz [0054]	1-13
A	US 2005/239210 A1 (IIDA KAZUHIRO [JP]) 27. Oktober 2005 (2005-10-27) Zusammenfassung Abbildungen 8A-9C Absatz [0143] - Absatz [0152]	1-13
-/--		
<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann nahelegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche 31. März 2010		Absenddatum des internationalen Recherchenberichts 16/04/2010
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Ruchaud, Nicolas

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2009/001684

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 2007/210269 A1 (SONEHARA TSUYOSHI [JP] ET AL) 13. September 2007 (2007-09-13) Zusammenfassung Abbildungen 7,14-16 Absätze [0033], [0045] - [0047] -----	1-13
A	JP 2007 271365 A (TOSHIBA CORP) 18. Oktober 2007 (2007-10-18) Zusammenfassung Abbildung 4 -----	1-13
A	US 6 120 734 A (LACKIE STEVE J [US]) 19. September 2000 (2000-09-19) Zusammenfassung Spalte 3, Zeile 26 - Spalte 5, Zeile 46 Abbildungen 1,2,3 -----	1-13
A	JP 2006 189292 A (ULVAC CORP) 20. Juli 2006 (2006-07-20) Zusammenfassung Absätze [0011], [0013], [0016], [0018], [0020], [0021], [0040] - [0044]; Abbildungen 1,2,4 -----	1-13
A	EP 1 489 403 A1 (NIPPON SHEET GLASS CO LTD [JP]; INST OF MICROCHEMICAL TECHNOLO [JP] NI) 22. Dezember 2004 (2004-12-22) Zusammenfassung Absatz [0091] - Absatz [0095] Abbildungen 4,5,6 -----	1-13

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2009/001684

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung	
EP 1801560	A1	27-06-2007	JP 2007171186 A US 2007146701 A1	05-07-2007 28-06-2007
US 2002064800	A1	30-05-2002	JP 2002221485 A	09-08-2002
US 2005239210	A1	27-10-2005	CN 1675535 A WO 2004036194 A1 JP 2004069397 A	28-09-2005 29-04-2004 04-03-2004
US 2007210269	A1	13-09-2007	JP 2007248063 A	27-09-2007
JP 2007271365	A	18-10-2007	KEINE	
US 6120734	A	19-09-2000	AT 242996 T DE 69333050 D1 DE 69333050 T2 DK 606460 T3 EP 0606460 A1 JP 7500191 T JP 3534756 B2 JP 2004069716 A JP 2005321416 A JP 4102837 B2 JP 2006258824 A WO 9403104 A1 US 5372783 A	15-07-2003 24-07-2003 27-05-2004 13-10-2003 20-07-1994 05-01-1995 07-06-2004 04-03-2004 17-11-2005 18-06-2008 28-09-2006 17-02-1994 13-12-1994
JP 2006189292	A	20-07-2006	KEINE	
EP 1489403	A1	22-12-2004	AU 2003220924 A1 CA 2479695 A1 CN 1643363 A WO 03078979 A1 JP 2003279471 A	29-09-2003 25-09-2003 20-07-2005 25-09-2003 02-10-2003