

Ausschliessungspatent

Erteilt gemäß § 5 Absatz 1 des Aenderungsgesetzes zum Patentgesetz

ISSN 0433-6461

(11)

1584 30

Int.Cl.<sup>3</sup> 3(51) G 01 P 3/36

AMT FUER ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) AP G 01 P/ 2293 471  
(31) 930/80

(22) 20.04.81  
(32) 17.04.80

(44) 12.01.83  
(33) HU

- (71) siehe (73)  
(72) ENGARD, FERENC; PÉCZELI, IMRE; RICHTER, PETER; HU;  
(73) MTA KOEZPONTI FIZIKAI KUTATO, INTJEZETE, BUDAPEST; BUDAPESTI MUESZAKI EGYETEM, BUDAPEST; HU;  
(74) NOVEX TALÁLMÁNYFEJLESZTŐ ÉRTEKESÍTŐ KÜELKERESKEDELMI RT., BUDAPEST; HU;  
(74) INTERNATIONALES PATENTBUERO BERLIN, 1020 BERLIN, WALLSTR. 23/24

(54) VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR MESSUNG DER PHYSIKALISCHEN CHARAKTERISTIKEN EINER SICH BEWEGENDEN SUBSTANZ MITTELS EINER KOHAERENTEN LICHTQUELLE

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Messung der physikalischen Charakteristiken einer sich bewegenden Substanz unter Zuhilfenahme einer kohärenten Lichtquelle, durch die heterodyne Detektierung des von der sich bewegenden Substanz reflektierten oder gestreuten Lichtes. Das von der sich bewegenden Substanz reflektierte oder gestreute Licht wird derart auf optisch gleichen Bahnen auf die Fläche des Photodetektors geführt, daß das reflektierte oder gestreute Licht, von dem Auskoppелеlement der in der optimalen Betriebsweise arbeitenden kohärenten Lichtquelle reflektiert, auf die Fläche des Photodetektors gelangt. Durch die Verarbeitung des am Ausgang des Photodetektors erscheinenden elektrischen Signals in einer signalverarbeitenden Einheit werden die physikalischen Charakteristiken der sich bewegenden Substanz bestimmt. Bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung befindet sich zwischen der sich bewegenden Substanz und der kohärenten Lichtquelle ein Bündelspalter, des weiteren ist in der Bahn des von dem Bündelteilner projizierten Lichtes ein Photodetektor angeordnet oder ist der Bündelspalter zwischen der kohärenten Lichtquelle und dem Photodetektor angeordnet, und die sich bewegende Substanz liegt in der Bahn des von dem Bündelspalter projizierten Lichtes.

229347 1

Berlin, den 17. 8. 81

- 1 -  
59 141 17

Verfahren und Vorrichtung zur Messung der physikalischen Charakteristiken einer sich bewegenden Substanz mittels einer kohärenten Lichtquelle

#### Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Messung der physikalischen Charakteristiken einer sich bewegenden Substanz mittels einer kohärenten Lichtquelle durch die heterodyne Detektierung des von der sich bewegenden Substanz reflektierten oder zerstreuten Lichtes.

Die physikalischen Charakteristiken sind folgende: die momentane Geschwindigkeit der sich bewegenden Substanz sowie die aus diesem Wert abgeleiteten Mengen, z. B. die Umfangsgeschwindigkeit, die Winkelgeschwindigkeit, die Umdrehungszahl, die Frequenz usw., sowie deren Durchschnittswert und Schwankungen, die Reflexion bzw. Streufähigkeit der sich bewegenden Substanz und die Änderung, Flächenverteilung und der Durchschnittswert usw. der erwähnten Charakteristiken. Die Richtungsabhängigkeit der obenerwähnten physikalischen Charakteristiken und die daraus ableitbaren Mengen, wie z. B. die Geradigkeit, Krümmung usw., können gleicherweise bestimmt werden.

#### Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Aus der Fachliteratur sind verschiedene Lösungen zur kontaktfreien Messung der physikalischen Charakteristiken sich bewegender Substanz bekannt. Eine bedeutende Gruppe dieser Methoden beruht auf der Wahrnehmung des von der Substanz re-

229347 1

17. 8. 81

59 141 17

- 2 -

flektierten oder gestreuten Lichtes, Seit kohärente Lichtquellen (Laser) bekannt sind, ist die Messung mit höchster Genauigkeit möglich geworden, da durch die Ausnützung der Interferenzfähigkeit des Lichtes der kohärenten Lichtquelle eine in die Größenordnung der Wellenlänge des Lichtes entfallende Genauigkeit der Längsmessung erreicht werden kann; so wird z. B. die interferometrische Meßtechnik bei der in der US-PS 3 796 493 beschriebenen Lösung verwendet.

Die in der erwähnten Patentschrift spezifizierte Vorrichtung dient zur Messung der Gewindesteigung von Präzisionsbewegungsschrauben (Steuerspindeln). Die gestellte Aufgabe wird erfüllt, indem an der sich bewegenden Präzisionskonstruktion - auf dem Schlitten - ein aus drei Stücken bestehender Eckspiegel angeordnet ist, wobei der Schlitten von der zu messenden Schraubenspindel in Bewegung gesetzt wird. Eine optische Codierscheibe, die bei einer kompletten Umdrehung oder bei einem Winkelausschlag ein Signal abgibt, ist mit der Schraubenspindel fest verbunden. Das Meßsystem enthält des weiteren einen Laser, einen halbdurchlässigen Spiegel, weitere zwei Spiegel sowie ein Detektorsystem, das das Interferenzsignal zu verarbeiten fähig ist. Die letzterwähnten Elemente bewegen sich nicht.

Das Meßprinzip ist folgendes:

Das von dem Laser ausgestrahlte Licht fällt auf den halbdurchlässigen Spiegel, der einen Teil des Lichtes auf den stationären Spiegel projiziert, wonach das reflektierte Licht über den halbdurchlässigen Spiegel zu dem Detektor gelangt. Der andere Teil des von dem Laser ausgestrahlten Lichtes wird gleicherweise über den halbdurchlässigen Spie-

229347 1

17. 8. 81

59 141 17

- 3 -

gel auf den von der Schraubenspindel bewegten Eckspiegel projiziert; nachdem das Licht auf einen stationären Spiegel reflektiert worden ist, wird es über die vorherbeschriebene Lichtbahn auf den halbdurchlässigen Spiegel rückreflektiert, der das Licht nun auf den Detektor projiziert, wodurch das Interferenzbild zustande kommt. Wird nun die Zahl der Interferenzstreifen während einer kompletten Umdrehung der Schraubenspindel, die von der optischen Codierscheibe signalisiert wird, gezählt, kann in Kenntnis der genauen Frequenz des Lasers die Gewindesteigung leicht berechnet werden.

Der wichtigste Vorteil dieser optischen Anordnung liegt darin, daß der Winkelausschlag dank der Anwendung des Eckspiegels keinen Meßfehler hervorruft, wenn auch der von der Schraubenspindel bewegte Schlitten während der Bewegung um einen geringen Winkel gegenüber der von dem Laser bestimmten Achse abweicht.

Der Nachteil dagegen besteht in der hohen Zahl der optischen Elemente, und es ist auch als nachteilig zu betrachten, daß die relative gegenseitige Position der stationären optischen Elemente, des Detektors und des Lasers während des Meßvorganges keineswegs geändert werden kann, da die gleiche Änderung bei dem Interferenzbild hervorgerufen wird, als ob die Schraubenspindel eine Verschiebung verursachen würde. Die relative Position der Eckspiegelelemente kann auch nicht geändert werden. Die maximale, noch zulässige mechanische Stabilität, die noch keinen Meßfehler hervorruft, darf die Hälfte der Wellenlänge des von dem Laser ausgestrahlten Lichtes nicht überschreiten. Bei der Verwendung

229347 1

17. 8. 81

59 141 17

- 4 -

eines He-Ne-Lasers beträgt der obere Fehlergrenzwert etwa  $0,3 \mu\text{m}$ .

Die heterodyne Detektierung des von der Substanz gestreuten oder reflektierten Lichtes bietet eine Meßtechnik abweichenden Charakters zur Messung der physikalischen Charakteristiken einer sich bewegenden Substanz an. Das Wesentliche der Technik kann in dem folgenden zusammengefaßt werden. Falls auf eine sich mit einer Geschwindigkeit "v" bewegende Substanz ein Licht mit der Frequenz "f" fällt, ändert sich unter der Wirkung des Doppler-Effekts die Frequenz des reflektierten oder zerstreuten Lichtes in jenem Bezugssystem, in Verhältnis zu dem sich die Substanz mit einer Geschwindigkeit "v" bewegt und in welchem die Lichtquelle und der Lichtdetektor sich in einem stationären Zustand befinden.

Falls die optische Achse der Beleuchtung und des beobachteten gestreuten bzw. reflektierten Lichtes koizidieren, besteht die Korrelation

$$f' = f / 1 + \frac{2v}{c} \cdot \cos \varphi / ,$$

wobei "c" die Lichtgeschwindigkeit und " $\varphi$ " den Winkel zwischen der Bewegungsrichtung der sich bewegenden Substanz und der Verbreitungsrichtung des projizierten Lichtes bezeichnen.

Wenn auf der Fläche eines Detektors ein Teil des von der kohärenten Lichtquelle unmittelbar ankommenden Lichtbündels sowie das von der sich bewegenden Substanz gestreute bzw. reflektierte Licht von verschiedenen Frequenzen derart

229347 1

17. 8. 81

59 141 17

- 5 -

interferiert werden, daß an der Fläche des Detektors die räumliche Kohärenz der beiden Lichter erreicht wird und die Phasendifferenz der beiden Lichter entlang der gesamten Fläche des Detektors konstant bleibt, werden sich die beiden Lichter infolge der Interferenz an der Fläche des Detektors einander um die Frequenz  $\Delta f = |f' - f|$  verstärken bzw. schwächen. Auf diese Weise entsteht an dem Ausgang des Photodetektors ein elektrisches Signal mit der Frequenz  $\Delta f$ , das im Sinne der Beziehung

$$f = |f \frac{2v}{c} \cdot \cos \psi|$$

mit der Geschwindigkeit der sich bewegenden Substanz zusammenhängt.

Die allgemein bekannte Beschreibung und Anwendung der optischen Heterodyntechnik sind z. B. in den Büchern Chu: Laser Light Scattering und Kallard: Exploring Laser Light aufzufinden.

Die bei der optischen heterodynen Meßtechnik entstehenden Schwierigkeiten entstehen dadurch, daß an der Fläche des Detektors die räumliche Kohärenz zwei Lichter sichergestellt werden muß, was bisher unter Anwendung zweier Methoden erreicht werden konnte:

1. Die Anordnung entspricht einem traditionellen Michelsonschen Interferometer, in dem anstelle eines der Spiegel die sich bewegende Substanz eingesetzt wird. Bei dieser Anordnung muß der andere Spiegel im Verhältnis zu der anstelle des Spiegels eingesetzten sich bewegenden Sub-

229347 1

17. 8. 81

59 141 17

- 6 -

stanz mit einer in die Größenordnung der Wellenlänge des Lichtes entfallenden Genauigkeit eingestellt und während der gesamten Meßdauer in der eingestellten Position behalten werden.

2. Auf Grund des Wirkungsprinzips der Laser-Doppler-Anemometer:

An der Kreuzungsstelle zweier aus verschiedenen Richtungen eintreffenden kohärenten Lichtbündel ändert sich die Frequenz des in zwei verschiedenen Richtungen gestreuten oder reflektierten Lichtes in verschiedener Weise, da diese mit der Geschwindigkeitsrichtung des sich bewegenden Mediums unterschiedliche Winkel bildet. Obwohl aus dem durch die Kreuzung der Lichtbündel präferenzierten Bereich Lichtbündel von unterschiedlichen Frequenzen an der Detektorfläche eintreffen, aber diese die Bedingung der räumlichen Kohärenz erfüllen, findet doch eine Interferenz statt. Mit Hinsicht darauf, daß die Lichtbündel mit den zwei verschiedenen Frequenzen aus dem gleichen Punkt des Raumes und auf derselben Bahn auf die Fläche des Photodetektors eintreffen, ist die Erfüllung der Bedingung der räumlichen Kohärenz sichergestellt. Der Nachteil dieses Verfahrens besteht darin, daß die Erfüllung der erwähnten Bedingung der räumlichen Kohärenz sich auf einen recht geringen Anteil des Raumes beschränkt, so konnte die Methode bisher bloß zur Messung sich bewegender Medien - Flüssigkeiten, Gase - verwendet werden.

Eine äußerst interessante Heterodyntechnik ist in der US-PS 3 790 284 beschrieben. Die hier geschilderte Vorrichtung dient zur Messung der Geradheit und der Verdrehung.

229347 1

17. 8. 81

59 141 17

- 7 -

Die einfachste Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung enthält einen Laser, der Lichter mit zwei unterschiedlichen Frequenzen  $f_1$  und  $f_2$  ausstrahlt, einen Polarisator, zwei halbdurchlässige Spiegel, ein Wollastonsches Prisma, das an der sich bewegenden Konstruktion - dem Schlitten - der zu messenden Vorrichtung eingespannt ist, zwei stationäre Spiegel, die im Verhältnis zueinander und der optischen Achse unter einem vorgegebenen Winkel angeordnet sind, einen Hilfsspiegel und zwei Photodetektoren sowie einen reversiblen Zähler.

Die Wirkungsweise der Vorrichtung ist folgende:

Die von dem Laser ausgestrahlten Lichter mit unterschiedlichen Frequenzen durchlaufen die Polarisatoren, wodurch die Polarisations Ebene des Lichtes mit der Frequenz  $f_1$  auf der Polarisations Ebene des Lichtes mit der Frequenz  $f_2$  senkrecht liegt. Darauf folgend gelangt das Lichtbündel auf einen halbdurchlässigen Spiegel, durch den ein Teil des Lichtes auf den als Referenz dienenden Photodetektor projiziert wird. Auf der Fläche des Referenz-Photodetektors findet die Interferenz der Lichter verschiedener Frequenzen statt, und eine heterodyne Detektierung wird ermöglicht. An dem Ausgang des Detektors erscheint ein elektrisches Signal mit einer Frequenz  $f_2 - f_1$ , das dem einen Eingang des reversiblen Zählers zugeführt wird. Das den halbdurchlässigen Spiegel durchlaufende Lichtbündel gelangt über einen weiteren halbdurchlässigen Spiegel zu dem Wollastonschen Prisma; das Prisma verlassend laufen die Lichter - die infolge der orthogonalen Polarisation die Frequenz  $f_1$  und  $f_2$  aufweisen, schon auf verschiedenen optischen Bahnen. Die beiden Lichtbündel werden auf zwei, miteinander und mit der optischen Achse einen vorbestimmten Winkel einschließenden Spiegel projiziert; das von diesem reflektierte

229347 1

17. 8. 81

59 141 17

- 8 -

Licht gelangt wieder auf das Wollastonsche Prisma, wo die beiden Lichtbündel wieder in ein gemeinsames Bündel vereinigt werden. Ein Teil des vereinigten Bündels gelangt von dem zweiten halbdurchlässigen Spiegel mit Hilfe eines Hilfsspiegels auf den die Messung ausführenden Photodetektor, auf dessen Oberfläche die Lichtinterferenz zustande kommt, wobei das heterodyne Signal von dem Ausgang des Detektors zu dem anderen Eingang des reversiblen Zählers geführt wird.

Sollte das Wollastonsche Prisma sich nicht bewegen, erscheint am Ausgang des messenden Photodetektors ein Signal, gleicherweise mit der Frequenz  $f_2 - f_1$ . Sollte der Schlitten mit der optischen Achse parallel laufen, wird sich die Frequenz des auf den Meßdetektor entfallenden Lichtes infolge der Dopplerschen Verschiebung zwar ändern, aber die Differenz der beiden Frequenzen bleibt unverändert. Sollte der Schlitten während seiner Bewegung in der Seitenrichtung ausweichen, werden diejenigen Geschwindigkeitskomponenten des Wollastonschen Prismas, die in die Verbreitungsrichtung der austretenden Lichtbündel mit der Frequenz  $f_1$  bzw.  $f_2$  fallen, in bezug der einzelnen reflektierenden Spiegel verschieden sein. Infolgedessen wird die Dopplersche Verschiebung der Lichter mit den Frequenzen  $f_1$  und  $f_2$  gleichermaßen verschieden sein, wodurch an dem Ausgang ein Signal mit einer von der früheren Frequenz abweichenden Frequenz erscheint. In dem reversiblen Zähler wird die Differenz der aus dem Referenzdetektor bzw. dem Meßdetektor stammenden Impulszahlen gespeichert, die auf diese Weise die Geradheit der gemessenen Strecke charakterisiert.

229347 1

17. 8. 81

59 141 17

- 9 -

Vom optischen Standpunkt aus betrachtet, besteht der wesentliche Vorteil dieser Vorrichtung darin, daß durch die Anwendung von Lichtern mit zwei unterschiedlichen Frequenzen und durch die heterodyne Detektierung die Möglichkeit gegeben ist, daß die optischen Elemente - mit der Ausnahme der reflektierenden Spiegel - sich während der Messung gewissermaßen verschieben können, ohne daß sich ein Meßfehler ergibt. Die hohe Zahl der optischen Elemente und die Verwendung zahlreicher Spezialelemente ist dagegen als nachteilig zu betrachten, dabei ist bei dem rückreflektierenden Spiegel weiterhin eine zeitliche Positionsstabilität sicherzustellen.

Aus den obenerwähnten Beispielen geht es eindeutig hervor, daß bisher sowohl die interferometrische wie auch die optische heterodyne Meßtechnik nur unter Überwindung zahlreicher Schwierigkeiten zur Messung der Charakteristiken der sich bewegenden Substanzen verwendet werden konnten. Ist die sich bewegende Substanz ein steifer Körper gewesen, so mußte im allgemeinen irgendeine Hilfseinrichtung befestigt werden, wiederum, wenn es sich um ein sich bewegendes Medium handelte, umfaßte die Prüfung der Bewegung nur einen geringen Teil des Raumes, wobei in der Mehrheit der Fälle komplizierte und präzise optische Systeme verwendet werden mußten.

Die obenbeschriebenen Schwierigkeiten werden teilweise durch die in der US-PS 3 958 881 vorgeschlagene Lösung eliminiert, gleichzeitig aber wirft die hier beschriebene Anordnung weitere Probleme auf.

229347 1

17. 8. 81

59 141 17

- 10 -

Hier ist eine Anordnung beschrieben, bei der das von der sich bewegenden Substanz reflektierte Licht über das Auskoppellement des Lasers in den Laser zurückgeführt wird, wo es verstärkt und heterodynisiert wird und infolgedessen ein mit der der Differenzfrequenz des Lasers entsprechenden Frequenz moduliertes Licht ausgestrahlt wird. Theoretisch ermöglicht diese Anordnung eine Messung entlang dem gesamten Lichtbündel, auch die Hilfsvorrichtung erübrigt sich. Der Nachteil ist darauf zurückzuführen, daß der Laser infolge seines Charakters innerhalb einer geringen Bandbreite ( $\Delta f_{\text{Laser}}$ ) wirkt, innerhalb deren infolge der Sättigung die Verstärkung des aktiven Mediums sich der Null annähert. Auf diese Weise, die geringe Durchlaßfähigkeit des Auskoppellements (einige Prozente) sowie den Gütefaktor des Laserresonators Null gleicher Frequenzdifferenz der annähert, aber die Einheit in Betracht ziehend, ruft die Rückführung des gestreuten Lichtes in den Laser einen Intensitätsverlust hervor. Infolge der Frequenzabhängigkeit des Gütefaktors nimmt der Verlust mit zunehmender Frequenzdifferenz  $\Delta f$  zu, dadurch beschränkt die Bandbreite  $\Delta f_{\text{Laser}}$  die theoretisch meßbare Geschwindigkeit.

$$v_{\text{max}} < \frac{f_{\text{Laser}} \cdot c}{2f \cdot \cos \varphi}$$

da bei  $\Delta f > \Delta f_{\text{Laser}}$  der Laser das Licht mit der verschobenen Frequenz überhaupt nicht durchläßt.

Der Intensitätsverlust macht die Verwendung des Verfahrens bei niedrigen rückgestreuten Lichtintensitäten unmöglich.

229347 1

17. 8. 81

59 141 17

- 11 -

Die Erhöhung der Intensität könnte am einfachsten durch die Anwendung von Lasern höherer Leistung erreicht werden. In den mit der oben beschriebenen Methode arbeitenden Vorrichtungen werden fast ausschließlich CO<sub>2</sub>-Laser verwendet. Die Verluste können nur vermindert werden, wenn der Laser in dem nicht-optimalen Betrieb betätigt wird, so z. B. durch die Verschlechterung der Reflexion des Auskoppелеlementes, d. h. die Rückführung in den Laser mit einem besseren Wirkungsgrad vorgenommen wird und das aktive Medium nicht in Sättigung arbeitet. Infolge dieser Maßnahmen wird jedoch auch die Intensität des Lasers vermindert, wodurch das Verhältnis Signal/Geräusch kaum oder überhaupt nicht verbessert werden kann. Die Publikation N. M. Doyle, W. D. Berber, M. B. White: Use of an Oscillating Laser as a Heterogen Receiver Preamplifier/IEE Journal Quantum Electronics QUE-3 479/1976 <sup>bestätigt</sup> die obigen Feststellungen.

#### Ziel der Erfindung

Der Erfindung wurde das Ziel gesetzt, die oben geschilderten Mängel gleichzeitig zu beseitigen und ein Verfahren bzw. eine Vorrichtung zu entwickeln, die die Messung der physikalischen Charakteristiken der sich bewegenden Substanzen unter Anwendung der Heterodyntechnik ermöglichen.

#### Darlegung des Wesens der Erfindung

Die unter Zuhilfenahme der erfindungsgemäßen Lösung zu erfüllende Aufgabe besteht darin, daß ein Verfahren bzw. eine Vorrichtung zu entwickeln ist, mittels deren die physikalischen Charakteristiken einer sich bewegenden Substanz kon-

229347 1

17. 8. 81

59 141 17

- 12 -

taktfrei, mit Hilfe einer kohärenten Lichtquelle derart gemessen werden können, daß weder die Einstellung mit einer in die Größenordnung der Wellenlänge des Lichtes fallenden Genauigkeit noch eine Stabilität erforderlich ist und des weiteren der Bewegungsbereich der sich bewegenden Substanz nicht auf einen engen Bereich des Raumes beschränkt ist. Eine weitere Forderung besteht darin, daß die Messung auch bei einer niedrigen Intensität des gestreuten Lichtes möglich ist, der Laser die obere Grenze der meßbaren Geschwindigkeit nicht beschränkt und der Meßvorgang möglichst einfach vor sich geht.

Die Erfindung beruht auf der Erkenntnis, daß die gestellten Aufgaben einfach gelöst werden können, wenn im Gegensatz zu den bekannten Verfahren das von der sich bewegenden Substanz gestreute oder reflektierte Licht derart dem Photodetektor zugeführt wird, daß es auf einer optisch der Bahn der kohärenten Lichtquelle entsprechenden Bahn geführt ist. In diesem Fall scheinen nämlich das gestreute und das direkte Licht aus derselben Quelle auszutreten. Die kohärente Lichtquelle, die vorzugsweise ein Laser ist, verfügt über wenigstens ein Auskoppellement, wobei das zum Durchlassen bzw. zur Reflexion des Lichtes geeignet ist und das von dem Laser ausgestrahlte Licht - den Charakter der Funktion des Lasers zugrunde legend - allen Bewegungen des Auskoppellements folgt. Auf diese Weise, wenn das Auskoppellement zur Reflexion des von der sich bewegenden Substanz rückgestreuten bzw. reflektierten Lichtes verwendet wird, wird die Bedingung der räumlichen Kohärenz automatisch erfüllt. Mit Hinsicht darauf, daß das rückgestreute Licht nicht in den Laser

229347 1

17. 8. 81

59 141 17

- 13 -

zurückgeführt wird, wird die optimale Betriebsweise - optimales Auskoppелеlement, ein in Sättigung arbeitendes aktives Medium - ermöglicht, wodurch der räumlich kohärente Teil des rückgestreuten Lichtes in seiner Gesamtheit, ohne etwaigen Verlust auf einer mit jener des Laserstrahls optisch übereinstimmenden Bahn auf die Fläche des Photodetektors projiziert werden kann. Gleichzeitig wird die maximale meßbare Differenzfrequenz nicht von der geringen Bandbreite des Lasers beschränkt, sondern von der Grenzfrequenz (F) des Photodetektors, die sogar den Wert von 109 Hz erreichen kann. Auf diese Weise kann die maximale meßbare Geschwindigkeit

$$V_{\max} < \frac{F \cdot c}{2f \cdot \cos \varphi}$$

d. h.  $V_{\max}$  kann einen recht hohen Wert erreichen.

Das Verfahren zur Messung der physikalischen Charakteristiken einer sich bewegenden Substanz unter Zuhilfenahme einer kohärenten Lichtquelle, durch die heterodyne Detektierung des von der sich bewegenden Substanz reflektierten oder gestreuten Lichtes, im Laufe dessen das Licht der kohärenten Lichtquelle unmittelbar oder über ein optisches Abbildungselement auf die sich bewegende Substanz projiziert wird, ist dadurch gekennzeichnet, daß das von der sich bewegenden Substanz reflektierte oder zerstreute Licht und das Licht der kohärenten Lichtquelle auf identischen Bahnen auf die Fläche des Photodetektors geführt werden, und zwar derart, daß das gestreute oder reflektierte Licht, von dem Auskoppелеlement der in optimaler Betriebsweise arbeitenden kohären-

229347 1

17. 8. 81

59 141 17

- 14 -

ten Lichtquelle reflektiert, auf die Oberfläche des Photodetektors gelangt, wonach durch die Verarbeitung des am Ausgang des Photodetektors erscheinenden Signals in der signalverarbeitenden Einheit die physikalischen Charakteristiken der sich bewegenden Substanz bestimmt werden.

Das Licht der kohärenten Lichtquelle wird mindestens in zwei Teile aufgeteilt. Der eine Teil des Lichtbündels wird unmittelbar auf den Photodetektor geführt, während der übrigbleibende Teil entweder unmittelbar oder über das optische Abbildungselement auf die sich bewegende Substanz geleitet wird. Das von der sich bewegenden Substanz reflektierte oder gestreute Licht wird mit Hilfe eines Bündelspalters auf das Auskoppellement der kohärenten Lichtquelle projiziert, wonach das von dem Auskoppellement reflektierte Licht unter Zuhilfenahme des Bündelspalters auf die Fläche des Photodetektors geführt wird.

Bei einer Verwendung des Verfahrens zur Bestimmung der Richtungsabhängigkeit der physikalischen Charakteristiken der sich bewegenden Substanz wird das Licht der kohärenten Lichtquelle in mehrere Teile aufgeteilt. Der eine Teil des Lichtbündels wird unmittelbar auf den Photodetektor, der übrigbleibende Teil unter verschiedenen Winkeln, über ein oder mehrere Abbildungselemente auf den gleichen oder auf verschiedene Punkte der sich bewegenden Substanz geführt, wonach das von der sich bewegenden Substanz reflektierte oder gestreute Licht über ein oder mehrere Abbildungselemente dem Bündelspalter zugeführt und von hier auf das Auskoppellement der kohärenten Lichtquelle projiziert wird und zuletzt das von dem Auskoppellement reflektierte Licht

229347 1

17. 8. 81

59 141 17

- 15 -

mit Hilfe des Bündelspaltes auf die Fläche des Photodetektors geführt wird.

Die zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens geeignete Vorrichtung zur Messung der physikalischen Charakteristiken einer sich bewegenden Substanz, die eine kohärente Lichtquelle, einen Photodetektor, eine mit dem Photodetektor verbundene signalverarbeitende Einheit aufweist, ist dadurch gekennzeichnet, daß zwischen der sich bewegenden Substanz und der kohärenten Lichtquelle ein Bündelspalter vorhanden ist und in der Bahn des von dem Bündelspalter projizierten Lichtes ein Photodetektor vorgesehen ist oder der Bündelspalter zwischen der kohärenten Lichtquelle und dem Photodetektor angeordnet ist, während die sich bewegende Substanz in der Bahn des von dem Bündelspalter projizierten Lichtes liegt.

Zwischen der kohärenten Lichtquelle und dem Photodetektor ist ein Bündelspalter angeordnet, und die sich bewegende Substanz liegt in der Bahn des von dem Bündelspalter direkt projizierten Lichtbündels der kohärenten Lichtquelle, wobei sowohl zwischen dem Bündelspalter und der sich bewegenden Substanz ein optisches Abbildungselement eingesetzt werden kann.

Es kann auch zwischen der kohärenten Lichtquelle und der sich bewegenden Substanz ein Bündelspalter und eventuell ein optisches Abbildungselement vorgesehen sein, des Weiteren in der Bahn jenes Teils des Lichtes der kohärenten Lichtquelle, der unmittelbar von dem Bündelspalter projiziert worden ist, und in der Bahn jenes Teils des von der

229347 1

17. 8. 81

59 141 17

- 16 -

sich bewegenden Substanz reflektierten oder gestreuten Lichtes, der von dem Auskoppellement der kohärenten Lichtquelle reflektiert und mittels des Bündelspalters projiziert worden ist, kann ein Photodetektor angeordnet sein.

Zur Bestimmung der Richtungsabhängigkeit der physikalischen Charakteristiken der sich bewegenden Substanz ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, daß zwischen der kohärenten Lichtquelle und dem Photodetektor ein aus mindestens zwei, eventuell zusammengebauten Bündelspaltelementen bestehender Bündelspalter vorhanden ist und daß des weiteren zwischen den einzelnen Bündelspaltelementen und einem oder mehreren Punkten der sich bewegenden Substanz ein oder mehrere optische Abbildungselemente vorgesehen sind.

Als kohärente Lichtquelle findet vorteilhaft ein He-Ne-Laser oder ein in Dauerbetrieb arbeitender Halbleiterlaser Verwendung.

#### Ausführungsbeispiel

Die Erfindung wird anhand einiger vorteilhafter Ausführungsbeispiele mit Hilfe der beiliegenden Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1: die Messung der Drehzahl oder Winkelgeschwindigkeit;

Fig. 2: die Messung der Bewegung eines Körpers (Geschwindigkeit);

229347 1

17. 8. 81

59 141 17

- 17 -

Fig. 3: die Messung der Geschwindigkeit zweier verschiedener Punkte.

Wie aus der Fig. 1 ersichtlich ist, gelangt das Licht 15 der kohärenten Lichtquelle 11 - die vorzugsweise ein Laser ist - über das Auskoppелеlement 19 zu dem Bündelspalter 20, der bei unserem Beispiel ein halbdurchlässiger Spiegel ist. Ein Teil des von dem Bündelspalter 20 reflektierten Lichtbündels 17 gelangt auf den Photodetektor 12, der vorzugsweise durch eine PIN-Diode gebildet ist. Der übrigbleibende Teil des Lichtbündels 18 gelangt über den Bündelspalter 20 und das optische Abbildungselement 14 - beispielsweise eine Linse - auf die sich bewegende Substanz 10, in unserem Beispiel auf einen rotierenden Zylinder. Von der sich bewegenden Substanz 10 gelangt das gestreute oder reflektierte Licht 16 über das optische Abbildungselement 14 und den Bündelspalter 20 auf das Auskoppелеlement 19 des Lasers 11. Das reflektierte Licht 21, auf dem Bündelspalter 20 wiederholt reflektiert, wird auf die Fläche des Photodetektors 12 projiziert, wo es mit einem Teil des Lichtbündels 17 interferieren kann; auf diese Weise erscheint am Ausgang des Photodetektors 12 ein elektrisches Signal, dessen Frequenz der Differenzfrequenz

$$f = / f \frac{2v}{c} \cdot \cos \psi /$$

entspricht. Das elektrische Signal wird in der mit dem Photodetektor in Verbindung stehenden signalverarbeitenden Einheit 13 verarbeitet.

Unter Zuhilfenahme der in Fig. 1 dargestellten Vorrichtung

229347 1

17. 8. 81

59 141 17

- 18 -

kann z. B. die Umdrehungszahl "n"/Sekunde des rotierenden Zylinders berechnet werden. "v" bezeichnet die Umfangsgeschwindigkeit des Zylinders. In bezug auf die Umdrehungszahl "n" besteht die Gleichung

$$n = \frac{v}{2\pi r}$$

wo "r" den Radius des rotierenden Zylinders bezeichnet. In Kenntnis der Frequenz "f" des direkten Lichtes 15 des Lasers 11 und der Werte "r" und " $\varphi$ " kann die Umdrehungszahl auf Grund der Gleichung

$$n = \frac{c \cdot \Delta f}{4 \cdot f \cdot r \cdot \pi \cdot \cos \varphi}$$

bestimmt werden. Der Wert " $\varphi$ " kann in Kenntnis des Winkels  $\alpha$  - der ohne Schwierigkeit gemessen werden kann - bestimmt werden, da  $\varphi = 90^\circ - \alpha$  ist.

Ein wesentlicher Vorteil zeigt sich darin, daß " $\Delta f$ " während eines Bruchteils der zur kompletten Umdrehung des Zylinders erforderlichen Zeit gemessen werden kann. Auf diese Weise kann die momentane Umdrehungszahl und deren Schwankung bestimmt werden.

Nach erfolgter Einstellung des Winkels  $\varphi = 90^\circ$  kann der Ausschlag des rotierenden Zylinders in Richtung des Lichtbündels 15 bestimmt werden. Wenn  $\alpha = 0$ ,  $\cos \varphi = 1$ , so ist

$$v = \frac{\Delta f}{2cf}$$

229347 1

17. 8. 81

59 141 17

- 19 -

Die Geschwindigkeit "v" nach der Dauer der Umdrehung des Zylinders integrierend, erhalten wir den Wert "Δs" des Ausschlags des Zylinders, d. h.

$$s = \int_0^T \frac{\Delta f}{2 cf} dt$$

Der Ordnung halber soll bemerkt werden, daß infolge der eventuellen Flächenrauigkeit des Zylinders Signalpakete von unerwünscht hoher Frequenz im Laufe der Messung "des Ausschlags" an dem Ausgang des Photodetektors 12 erscheinen können, die die Messung verfälschen. Die hohen Frequenzen können leicht unterdrückt werden, indem die signalverarbeitende Einheit auch einen Tiefpassfilter enthält.

In Fig. 2 gelangt das Licht 15 der kohärenten Lichtquelle 11 - vorzugsweise ein Laser - auf den Bündelspalter 20, der in unserem Beispiel ein halbdurchlässiger Spiegel ist. Von dem Bündelspalter 20 gelangt ein Teil des Lichtbündels 17 direkt auf den Photodetektor 12. Der übrigbleibende Teil des Lichtbündels 18 gelangt über das optische Abbildungselement 14 - beispielsweise eine Linse - auf die sich bewegende Substanz 10, beispielsweise auf eine raue Fläche. Das von der sich bewegenden Substanz gestreute oder reflektierte Licht 16 wird über das optische Abbildungselement 14 geführt und nach erfolgter Reflexion an dem Bündelspalter 20 reflektiert; das von dem Auskoppellement gleichermaßen reflektierte Licht 21 wird über den Bündelspalter 20 auf den Photodetektor 12 projiziert, wo das Licht mit einem Teil des

229347 1

17. 8. 81

59 141 17

- 20 -

aus dem Laser 11 austretenden Lichtbündels 17 interferieren kann. Auf diese Weise erscheint am Ausgang ein elektrisches Signal, dessen Frequenz der Differenzfrequenz

$$f = f \cdot \frac{2v}{c} \cos \varphi$$

entspricht. Das elektrische Signal wird in der mit dem Photodetektor 12 verbundenen signalverarbeitenden Einheit 13 verarbeitet.

Unter Zuhilfenahme der in Fig. 2 dargestellten Vorrichtung kann z. B. das in Richtung der Bewegung fallende Maß "s" der in der auf der Richtung des Lichtbündels 18 senkrechten Ebene liegenden Körner sowie die Verteilung der erwähnten Masse entlang der Fläche bestimmt werden. Auf die vorher beschriebene Weise gelangt nämlich das Licht von der Fläche der sich bewegenden Substanz 10 nur dann auf den Photodetektor 12, wenn der in die Bahn des Lichtbündels 18 entfallende elementare Teil der Fläche eben senkrecht auf diesem Bündel liegt. Von der elementaren senkrechten Fläche gelangt das reflektierende Licht mit der Frequenz

$$f' = f / 1 + \frac{2v}{c} \cdot \cos \varphi$$

während der Zeitdauer

$$t = \frac{s}{v \cdot \sin \varphi}$$

auf den Photodetektor 12, an dessen Ausgang während der Zeitspanne "t" ein elektrisches Signal mit der Frequenz

229347 1

17. 8. 81

59 141 17

- 21 -

$$\Delta f = f \cdot \frac{2v}{c} \cos \varphi$$

entsteht, wobei

"v" die Größe der Geschwindigkeit der sich bewegenden Substanz 10,

" $\varphi$ " den von dem Lichtbündel 18 und der Bewegungsrichtung der Substanz 10 eingeschlossenen Winkel

bezeichnen.

Wenn die auf dem Lichtbündel 18 senkrechte elementäre Fläche der sich bewegenden Substanz 10 das Lichtbündel 18 verläßt, wird das von dem Photodetektor 12 gelieferte periodische Signal mit der kontinuierlichen Frequenz " $\Delta f$ " unterbrochen, und die Wellenzüge von endlicher Länge gelangen in die signalverarbeitende Einheit 13.

Wenn die signalverarbeitende Einheit 13 den Wert der Frequenz " $\Delta f$ " mißt und die Dauer "t" der Signalfolgen und der Winkel " $\varphi$ " bekannt sind, kann das Maß "s" der einzelnen Körner der folgenden Gleichung bestimmt werden:

$$s = \frac{f \cdot c \cdot t}{2f} \cdot \operatorname{tg} \varphi$$

Auf diese Weise kann die Körnung der sich im Verhältnis zu der Vorrichtung mit einer beliebigen Geschwindigkeit bewegenden rauhen Fläche geprüft und die Korngrößenverteilung bestimmt werden. Die kleinste meßbare Korngröße fällt in die Größenordnung der Wellenlänge des Lichtes.

229347 1

17. 8. 81

59 141 17

- 22 -

In Fig. 3 ist die kohärente Lichtquelle 11 ein Laser, dessen unmittelbares Licht 15 auf den Bündelspalter 20 gelangt, von hier wird ein Teil des Lichtbündels 17 auf den Photodetektor geführt. Bei unserem Beispiel ist der Bündelspalter 20 aus zwei Bündelspaltelementen 22 zusammengesetzt, vorzugsweise aus halbdurchlässigen Spiegeln. Der übrigbleibende Teil des Lichtbündels 18 wird mit Hilfe der einzelnen Bündelspaltelemente 22 über das optische Abbildungselement 14 - beispielsweise Linsen - auf die sich bewegende Substanz 10 projiziert, so kommen an der Substanzfläche die aus zwei Richtungen eintreffenden Lichtbündel 23 und 24 an. Das von der sich bewegenden Substanz 10 gestreute oder reflektierte Licht 16 strömt durch die optischen Abbildungselemente 14 und gelangt auf den Bündelspalter 20, dessen Bündelspaltelemente 22 das Licht auf das Auskoppellement 19 der kohärenten Lichtquelle 11 projizieren; das von dem Auskoppellement 19 reflektierte Licht 21 gelangt über den Bündelspalter 20 auf die Fläche des Photodetektors 12, wo eine Interferenz mit einem Teil des Lichtbündels 17 zustandekommt; auf diese Weise erscheint am Ausgang des Photodetektors 12 die Summe der elektrischen Signale mit den Frequenzen "f<sub>1</sub>" und "f<sub>2</sub>".

$$\Delta f_1 = / f \cdot \frac{2 v_1}{c} \cdot \cos \varphi_1 /$$

$$\Delta f_2 = / f \cdot \frac{2 v_2}{c} \cdot \cos \varphi_2 /$$

wo

v<sub>1</sub> die Größe der Geschwindigkeit des von dem Lichtbündel 23 belichteten Punktes der sich bewegenden Substanz 10,

229347 1

18. 8. 81

59 141 17

- 23 -

$v_2$  die Größe der Geschwindigkeit des von dem Lichtbündel 24 belichteten Punktes der sich bewegenden Substanz 10,

$\varphi_1$  den von dem Geschwindigkeitsvektor des von dem Lichtbündel 23 belichteten Punktes der sich bewegenden Substanz 10 und dem Lichtbündel 23 eingeschlossenen Winkel,

$\varphi_2$  den von dem Geschwindigkeitsvektor des von dem Lichtbündel 24 belichteten Punktes der sich bewegenden Substanz 10 und dem Lichtbündel 24 eingeschlossenen Winkel

bezeichnen.

Aus den obigen Korrelationen können die Komponenten der in Richtung der Lichtbündel 23 und 24 entfallenden Geschwindigkeit bestimmt werden, da die signalverarbeitende Einheit 13 die elektrischen Signale mit den Frequenzen " $\Delta f_1$ " und " $\Delta f_2$ " trennen kann.

Unter Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens kann nicht nur eine in eine gegebene Richtung fallende Komponente der Geschwindigkeit der sich bewegenden Substanz 10 bestimmt werden, wir können auch die Größe und die Richtung der Bewegungsgeschwindigkeit bestimmen.

Wenn ein Bündelspalter verwendet wird, der die sich bewegende Substanz 10 mit wenigstens drei nicht in die gleiche Ebene entfallenden Lichtbündeln beleuchtet, - vorausgesetzt, daß die Lichtbündel auf einen Punkt der sich bewegenden

229347 1

17. 8. 81

59 141 17

- 24 -

Substanz entfallen - können die Größe und Richtung der Geschwindigkeit der räumlichen Bewegung gleicherweise bestimmt werden. Wenn die sich bewegende Substanz als ein steifer Körper betrachtet werden kann und die Lichtbündel nicht auf einen Punkt fallen, kann auch die räumliche Translationsbewegung der sich bewegenden Substanz geprüft werden. Bei einer mit der Analyse des heterodynischen Signals simultanen Translation und Rotation können die einzelnen Komponenten der Bewegung getrennt werden. Falls die sich bewegenden Substanzen nicht als steife Körper betrachtet werden können, kann unter Anwendung mehrerer Bündel die relative Bewegung der einzelnen Punkte der Substanz geprüft werden. Das kleinste, noch prüfbare Bereichsmaß, innerhalb dessen die Bewegungscharakteristiken nicht mehr gemessen werden können, fällt in die Größenordnung der Wellenlänge des Lichtes.

Sollte die sich bewegende Substanz eine Spiegelfläche aufweisen, kann (können) in gewissen Fällen das (die) Abbildungselement(e) weggelassen werden.

Es soll bemerkt werden, daß weder in der Beschreibung noch in den Patentansprüchen die Tatsache erwähnt wurde, und nur an den wichtigsten Stellen darauf hingewiesen wurde, daß an den einzelnen optischen Elementen während des Durchganges bzw. Reflexion des Lichtes die Lichtintensität sich eventuell in einem bedeutenden Maße verändern kann und auch hier nicht erwähnte Reflexionen auftreten können. Diese Wirkungen sind jedoch von sekundärer Bedeutung und tangieren das Wesentliche der Erfindung nicht, sie können als konstante Verlustfaktoren betrachtet werden.

229347 1

17. 8. 81

59 141 17

- 25 -

Nehmen wir ein Beispiel auf Grund der Figur 2 für den Fall an, daß der Bündelspalter 20 durch eine planparallele Platte gebildet ist, die 10 % des Lichtes reflektiert und den übrigbleibenden Teil durchläßt, und betrachten wir den durch die Anordnung hervorgerufenen Fehler. Die sonstigen Elemente sollen als ideal betrachtet werden, wobei die Prüfung in bezug des reflektierten oder gestreuten Lichtes 16 vorgenommen wird.

Mur 10 % des von der sich bewegenden Substanz eintreffenden, reflektierten oder gestreuten Lichtes werden von dem Bündelspalter 20 in Richtung des Auskoppелеlementes 19 der kohärenten Lichtquelle 11 reflektiert, der übrigbleibende Teil durchläßt den Bündelspalter 20 und wird in den freien Raum gestrahlt. An dem Auskoppелеlement 19 der kohärenten Lichtquelle 11 findet eine totale Reflexion statt, 90 % des von dem Auskoppелеlement reflektierten Lichtes 21 durchlaufen den Bündelspalter 20 und gelangen auf die Fläche des Photodetektors 12; auf diese Weise gelangen bloß 9 % des reflektierten oder gestreuten Lichtes 16 auf die Fläche des Photodetektors 12. Von dem Bündelspalter 20, dem Auskoppелеlement 19 gelangen nur 10 % des reflektierten Lichtes 21 über das Abbildungselement 14 auf die sich bewegende Substanz 10, was insgesamt 1 % des reflektierten oder gestreuten Lichtes 16 ausmacht. Wenn auch das Licht infolge einer totalen Reflexion von der sich bewegenden Substanz in das Meßsystem zurückkehren und eine Interferenz auf dem Photodetektor 12 stattfinden könnte, würde eine abweichende heterodyne Frequenz entstehen. Das derart erhaltene Interferenzsignal kann - mit dem reellen Signal verglichen -, da es dieselbe Bahn wie früher durchläßt, höchstens ein Signal mit einer Amplitude von 1 % im Verhältnis zu dem auf

229347 1

17. 8. 81

59 141 17

- 26 -

dem Photodetektor 12 gelangenden Nutzlicht erzeugen, das aber vernachlässigt werden kann.

Die Vorteile des erfindungsgemäßen Verfahrens und der zur Durchführung geeigneten Vorrichtung können, wie folgt, zusammengefaßt werden:

Die Messung der physikalischen Charakteristiken der sich bewegenden Substanz mit Hilfe einer kohärenten Lichtquelle, durch die Detektierung des von der sich bewegenden Substanz gestreuten oder reflektierten Lichtes wird derart ermöglicht, daß sich aus dem Charakter des Verfahrens ergebend, keine Forderungen in der Hinsicht der interferometrischen Einstellung bzw. der Stabilität gestellt werden. Die einzige Bedingung besteht darin, daß für die Inzidenz des beleuchtenden Lichtes auf die sich bewegende Substanz gesorgt werden muß. Sollte auf die sich bewegende Substanz bloß ein einziges Bündel inzidieren, dürfte die Meßstelle entlang dem Bündel, innerhalb der Detektierungsgrenzen an beliebiger Stelle liegen.

Falls eine Möglichkeit gegeben ist, der sich bewegenden Substanz während der Bewegung zu folgen oder die Substanz sich nur dermaßen bewegt, daß das (die) Bündel die sich bewegende Substanz kontinuierlich beleuchtet (beleuchten), wird der räumliche Meßbereich bloß von den Detektierungsgrenzen beschränkt.

Die im Sinne der Erfindung vorgenommene Messung der Charakteristiken der sich bewegenden Substanz findet kontaktfrei statt, im allgemeinen wird die Anwendung eines oder mehrerer

229347 1

17. 8. 81

59 141 17

- 27 -

optischer Elemente an der zu prüfen beabsichtigten, sich bewegenden Substanz nicht beansprucht.

Mit Hinsicht darauf, daß die Betätigungsfrequenz der Lichtquelle hoch ist, können die Messungen auch den "Momentanwerten" entsprechende Werte liefern. Bei der Anwendung eines He-Ne-Lasers, wenn die Bewegungsgeschwindigkeit der sich bewegenden Substanz in der Verbreitungsrichtung des ausgestrahlten Lichtes 1 mm/sec beträgt, beträgt die Frequenz des von dem Photodetektor kommenden Signals etwa 3 kHz.

Mit Hinsicht darauf, daß das erfindungsgemäße Verfahren mittels Laser niedrigerer Frequenz realisiert werden kann, wie z. B. He-Ne-, Halbleiterlaser usw., und der Preis dieser Laser bloß einen Bruchteil des Preises eines CO<sub>2</sub>-Lasers beträgt, des weiteren die feinmechanischen Elemente sich erübrigen, ist die Realisierung - mit den bekannten Lösungen verglichen - viel billiger.

Bei Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens kann dieselbe Präzision erreicht werden wie mit den interferometrischen bzw. optischen Methoden, gleichzeitig werden die Anwendungsmöglichkeiten weitgehend erweitert, dabei ist die Realisierung der erfindungsgemäßen Vorrichtung und des Verfahrens äußerst einfach.

229347 1

17. 8. 81

59 141 17

- 28 -

Erfindungsanspruch

1. Verfahren zur Messung der physikalischen Charakteristiken einer sich bewegenden Substanz mittels einer kohärenten Lichtquelle durch die heterodyne Detektierung des von der sich bewegenden Substanz reflektierten oder gestreuten Lichtes, im Laufe dessen das Licht der kohärenten Lichtquelle unmittelbar oder über ein optisches Abbildungselement auf die sich bewegende Substanz projiziert wird, gekennzeichnet dadurch, daß das von der sich bewegenden Substanz (10) reflektierte oder zerstreute Licht (16) und das Licht (15) der kohärenten Lichtquelle (11) auf identischen Bahnen auf die Fläche des Photodetektors (12) geführt werden, und zwar derart, daß das gestreute oder reflektierte Licht von dem Auskoppелеlement (19) der in optimaler Betriebsweise arbeitenden kohärenten Lichtquelle (11) reflektiert auf die Oberfläche des Photodetektors (12) gelangt, wonach durch die Verarbeitung des am Ausgang des Photodetektors erscheinenden Signals in der signalverarbeitenden Einheit (13) die physikalischen Charakteristiken der sich bewegenden Substanz (10) bestimmt werden.
2. Verfahren nach Punkt 1, gekennzeichnet dadurch, daß das Licht der kohärenten Lichtquelle mindestens in zwei Teile aufgeteilt wird, der eine Teil (17) des Lichtbündels unmittelbar auf den Photodetektor (12) geführt wird, während der übrigbleibende Teil (18) entweder unmittelbar oder über das optische Abbildungselement (14) auf die sich bewegende Substanz geleitet wird, das von der sich bewegenden Substanz (10) reflektierte oder gestreute

229347 1

17. 8. 81

59 141 17

- 29 -

Licht (16) mit Hilfe eines Bündelsplatters (20) auf das Auskoppелеlement (19) der kohärenten Lichtquelle (11) projiziert wird, wonach das von dem Auskoppелеlement (19) reflektierte Licht (21) unter Zuhilfenahme des Bündelsplatters (20) auf die Fläche des Photodetektors (12) geführt wird.

3. Verfahren nach Punkt 1 oder 2 zur Bestimmung der Richtungsabhängigkeit der physikalischen Charakteristiken der sich bewegenden Substanz, gekennzeichnet dadurch, daß das Licht der kohärenten Lichtquelle (11) in mehrere Teile aufgeteilt wird, der eine Teil (17) des Lichtbündels unmittelbar auf den Photodetektor (12), der übrigbleibende Teil (18) unter verschiedenen Winkeln, über ein oder mehrere Abbildungselemente (14) auf den gleichen oder auf verschiedene Punkte der sich bewegenden Substanz (10) geführt wird, wonach das von der sich bewegenden Substanz (10) reflektierte oder gestreute Licht (16) über ein oder mehrere Abbildungselemente (14) dem Bündelsplatter (20) zugeführt und von hier auf das Auskoppелеlement (19) der kohärenten Lichtquelle (11) projiziert wird und zuletzt das von dem Auskoppелеlement (19) reflektierte Licht (21) mit Hilfe des Bündelsplatters (20) auf die Fläche des Photodetektors (12) geführt wird.
4. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Punkte 1 bis 3 zur Messung der physikalischen Charakteristiken einer sich bewegenden Substanz, die eine kohärente Lichtquelle, einen Photodetektor, eine mit dem Photodetektor verbundene signalverarbeitende Einheit

229347 1

17. 8. 81

59 141 17

- 30 -

aufweist, gekennzeichnet dadurch, daß zwischen der sich bewegenden Substanz (10) und der kohärenten Lichtquelle (11) ein Bündelspalter (20) vorhanden ist und in der Bahn des von dem Bündelspalter (20) projizierten Lichtes ein Photodetektor (12) vorgesehen ist oder der Bündelspalter (20) zwischen der kohärenten Lichtquelle (11) und dem Photodetektor (12) angeordnet ist, während die sich bewegende Substanz (10) in der Bahn des von dem Bündelspalter (20) projizierten Lichtes liegt.

5. Vorrichtung nach Punkt 4, gekennzeichnet dadurch, daß zwischen der kohärenten Lichtquelle (11) und dem Photodetektor (12) ein Bündelspalter (20) angeordnet ist, des weiteren die sich bewegende Substanz (10) in der Bahn des von dem Bündelspalter (20) direkt projizierten Lichtbündels (15) der kohärenten Lichtquelle (11) liegt, sowohl zwischen dem Bündelspalter (20) und der sich bewegenden Substanz (10) ein optisches Abbildungselement (14) eingesetzt sein kann.
6. Vorrichtung nach Punkt 4, gekennzeichnet dadurch, daß zwischen der kohärenten Lichtquelle (11) und der sich bewegenden Substanz (10) ein Bündelspalter (20) und eventuell ein optisches Abbildungselement (14) vorgesehen ist, des weiteren in der Bahn jenes Teils des Lichtes (15) der kohärenten Lichtquelle (11), der unmittelbar von dem Bündelspalter (20) projiziert worden ist, und in der Bahn jenes Teils des von der sich bewegenden Substanz (10) reflektierten oder gestreuten Lichtes (16), der von dem Auskoppellelement (19) der kohärenten Licht-

229347 1

17. 8. 81

59 141 17

- 31 -

quelle (11) reflektiert und mittels des Bündelspalters (20) projiziert worden ist, ein Photodetektor (12) angeordnet ist.

7. Vorrichtung nach Punkt 4 zur Bestimmung der Richtungsabhängigkeit der physikalischen Charakteristiken der sich bewegenden Substanz, gekennzeichnet dadurch, daß zwischen der kohärenten Lichtquelle (11) und dem Photodetektor (12) ein aus mindestens zwei, eventuell zusammengebauten Bündelspaltelementen bestehender Bündelspalter (20) vorhanden ist, des weiteren zwischen den einzelnen Bündelspaltelementen (22) und einem oder mehreren Punkten der sich bewegenden Substanz (10) ein oder mehrere optische Abbildungselemente (14) vorgesehen sind.
8. Vorrichtung nach einem der Punkte 4 bis 7, gekennzeichnet dadurch, daß die kohärente Lichtquelle (11) ein He-Ne-Laser oder ein in Dauerbetrieb arbeitender Halbleiterlaser ist.

Hierzu 2 Seiten Zeichnungen



229347 1

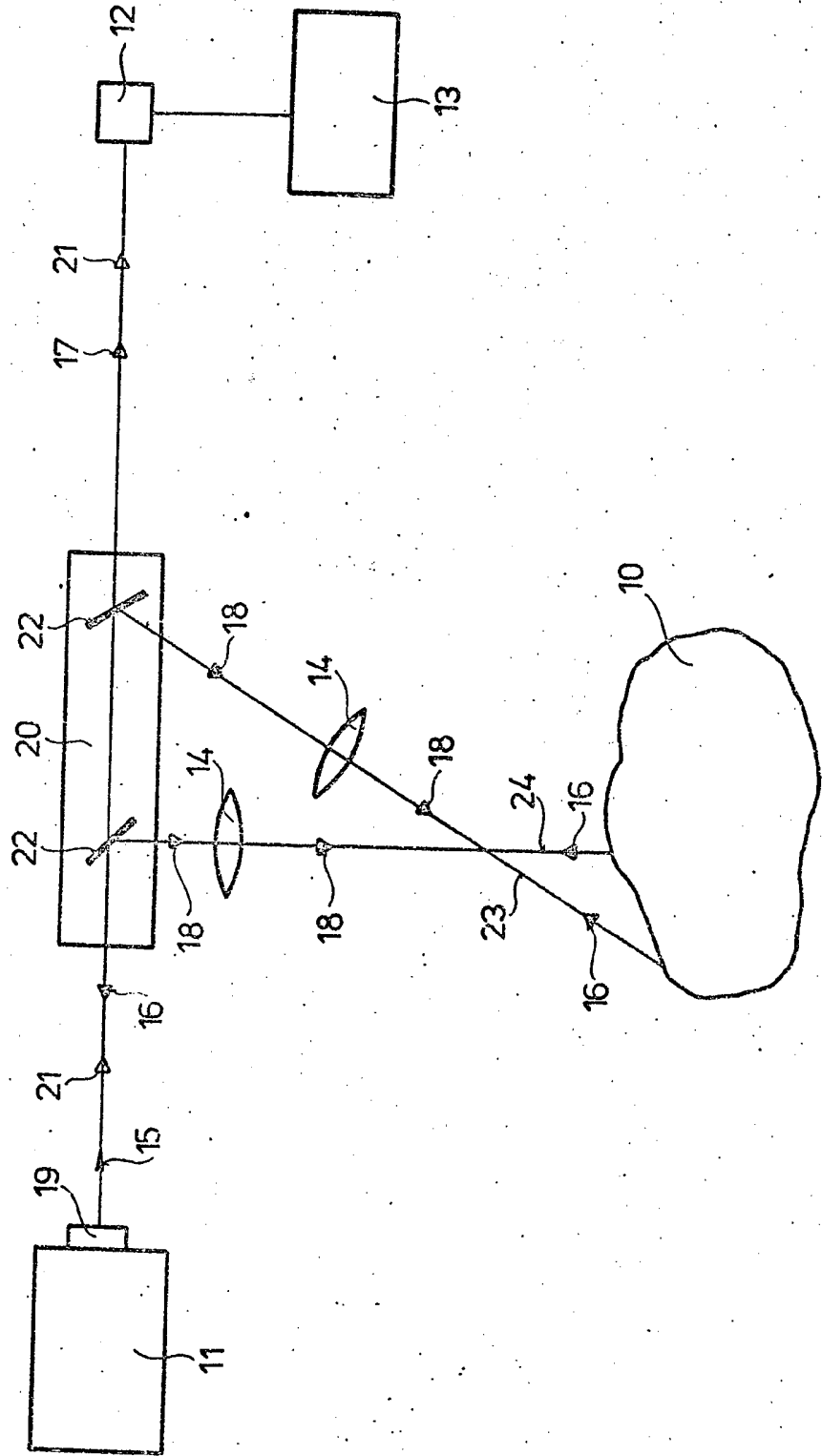


Fig. 3