



DEUTSCHE DEMOKRATISCHE REPUBLIK
AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

PATENTSCHRIFT 141 073

Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 5 Absatz 1 des Änderungsgesetzes zum Patentgesetz

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(11) 141 073 (44) 09.04.80 Int. Cl.³ 3 (51) G 01 P 5/00
(21) WP G 01 P / 210 076 (22) 22.12.78

(71) siehe (72)

(72) Feistauer, Norma, Dr.; Krieg, Werner, DD

(73) siehe (72)

(74) VEB Carl Zeiss Jena, Büro für Schutzrechte, 69 Jena,
Carl-Zeiss-Straße 1

(54) Laser-Doppler-Geschwindigkeitsmesser

(57) Die Erfindung betrifft einen Laser-Doppler-Geschwindigkeitsmesser zum Messen der Geschwindigkeit strömender Medien mit dem Ziel, die Zuverlässigkeit der Messungen auch bei hohen Partikelraten zu gewährleisten. Die Aufgabe besteht darin, durch besondere Ausgestaltung des Meßvolumens die Meßgenauigkeit zu erhöhen, den Anwendungsbereich zu erweitern und die zur Verfügung stehende Energie besser zu nutzen. Bei dem Laser-Doppler-Geschwindigkeitsmesser ist im Strahlengang zwischen dem Laser und dem Meßvolumen dieses Meßvolumen in oder quer zur Meßrichtung deformierende optische Elemente, vorzugsweise Zylinderoptiken oder Prismenanordnungen, vorgesehen. Anwendung: Geschwindigkeitsmessung strömender Medien sowie band- und drahtförmiger Objekte. - Fig.1 -



210 076 -1-

Titel: Laser - Doppler - Geschwindigkeitsmesser

Anwendungsgebiet der Erfindung:

Die Erfindung betrifft einen Laser - Doppler - Geschwindigkeitsmesser zum Messen der Geschwindigkeit oder der Turbulenz in strömenden Medien, wobei die Bewegung kleinster Partikel, die in gasförmigen, flüssigen oder festen Medien mit der Strömung mitgeführt werden, an einer definierten Meßstelle (Meßvolumen) in einer oder mehreren Koordinatenrichtungen erfaßt wird.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Bekannte Laser - Doppler - Geschwindigkeitsmesser (DD - Anm. WP G01S/201 462) erzeugen durch Kreuzung kohärenter Lichtbündel am Ort ihrer Durchdringung ein System äquidistanter Interferenzlinien. Der meßtechnisch nutzbare Raum dieser Erscheinung wird als Meßvolumen bezeichnet. Er hat in der Regel die Form eines Rotationsellipsoids. Partikel, die von einem bewegten Medium durch das Meßvolumen transportiert werden, geben moduliertes Streulicht ab, dessen Frequenz von der Geschwindigkeit des Mediums abhängt. Die dabei erzeugten Lichtsignale werden mittels fotoelektrischer Elemente in elektrische Signale umgewandelt, die elektronisch in Meßwerte für Weg, Geschwindigkeit oder davon abgeleitete Größen umgesetzt werden.

Bei dem bekannten Geschwindigkeitsmesser bildet eine sammelnde Optik die in einem Strahlenteiler liegende Pupille in das Meßvolumen ab, wobei u. a. die Zahl der im Meßvolumen wirksamen Interferenzebenen für alle Größen optimiert werden. Dieser Geschwindigkeitsmesser beschränkt sich auf die Projektion kreisförmiger Lichtbündelquerschnitte.

Ein Nachteil des Geschwindigkeitsmessers besteht darin, daß bei hohen Partikelraten infolge von Überlagerungen der von den einzelnen Partikeln ausgesandten Signale Schwierigkeiten bei deren Auswertung auftreten. Zur Auflösung und Verarbeitung der entstehenden Signale wären besondere Auswerteverfahren notwendig.

Insbesondere bei der Messung band- oder drahtförmiger Objekte sind die Meßvolumina zu klein, so daß diese Objekte infolge Schwingungen oder schlängelnder Bewegungen leicht das Meßvolumen verlassen und damit kontinuierliche präzise Geschwindigkeitsmessungen nicht möglich sind.

Ein weiterer Nachteil besteht darin, daß für Meßvolumina mit dem üblichen kreisrunden Querschnitt, die zum Beispiel zur Erzeugung einer Mindestzahl von Interferenzstreifen geweitet werden müssen, ein leistungsstarker Laser als Beleuchtungsquelle notwendig ist und ein hoher Energieverbrauch auftritt.

Ziel der Erfindung:

Der Zweck der Erfindung besteht darin, die Nachteile des Standes der Technik zu beseitigen und die Zuverlässigkeit der Messungen auch bei hohen Partikelraten zu gewährleisten.

Darlegung des Wesens der Erfindung:

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, bei einem Laser - Doppler - Geschwindigkeitsmesser durch besondere Ausgestaltung des Meßvolumens die Meßgenauigkeit zu erhöhen und dessen Anwendungsbereich zu erweitern. Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe bei einem Laser - Doppler - Geschwindigkeitsmesser dadurch gelöst, daß im Strahlengang zwischen dem Laser und dem Meßvolumen dieses Meßvolumen in oder quer zur Meßrichtung deformierende, optische Elemente angeordnet sind.

Vorteilhaft ist, daß diese optischen Elemente eine Zylinderoptik umfassen. Die optischen Elemente können auch Prismen beinhalten.

Zur Anwendung bei hohen Partikelraten wird der ursprünglich verwendete Kreisquerschnitt des Meßvolumens unter Beibehaltung der optimalen Zahl an Interferenzebenen in einen elliptischen Querschnitt mit den Halbachsenlängen a und b verändert mit dem Vorteil, daß eine Signalverbesserung durch eine Verringerung der an der Signalerzeugung beteiligten Partikel erzielt wird. Ein weiterer Vorteil besteht darin, daß der beleuchtete Querschnitt so gestaltet wird, daß er dort liegt, wo die Partikel transportiert werden.

Diese Deformation des Meßvolumens hat ferner die vorteilhafte Wirkung, daß die Helligkeit im Meßvolumen erhöht wird, ohne einen stärkeren Laser zu verwenden. Für die Signale tritt ein Energiegewinn im Verhältnis der Ellipsenhalbachsen b/a auf. Durch das verkleinerte Meßvolumen wird ferner das Auflösungsvermögen in der gewünschten Richtung erhöht. Bei der Anwendung zur Geschwindigkeitsmessung draht- oder bandförmiger Objekte wird durch eine Deformation quer zur Verschieberichtung dieser Objekte erreicht, daß diese stets das Meßvolumen durchlaufen und somit jederzeit meßtechnisch erfaßt werden.

Ausführungsbeispiel:

Die Erfindung soll nachstehend an Ausführungsbeispielen näher erläutert werden. In der zugehörigen Zeichnung zeigen

- 5 Fig. 1 den Strahlengang eines Geschwindigkeitsmessers,
 Fig. 2 den Strahlengang eines Geschwindigkeitsmessers
 senkrecht zur Ebene nach Fig. 1,
 Fig. 3 den Strahlengang eines weiteren Geschwindig-
 keitsmessers,
10 Fig. 4 die Querschnitte von Laserbündeln hinter einer
 deformierenden Optik,
 Fig. 5 den Querschnitt eines Meßvolumens
 und

 Fig. 6 eine geänderte Anordnung nach Fig. 3.

- 15 In den Fig. 1 und 2 ist der Strahlengang eines
Laser - Doppler - Geschwindigkeitsmessers für hohe
Partikelraten und für die Messung in einer Komponente
in zwei senkrecht zueinander stehenden Ebenen darge-
stellt. Der Geschwindigkeitsmesser umfaßt einen Laser 1
20 als Lichtquelle, einen Kollimator 2 und ein Beugungsgit-
ter 3 oder einen Strahlteiler (nicht dargestellt) zur
Erzeugung zweier interferenzfähiger Strahlenbündel 4
und 5. Ein dem Beugungsgitter nachgeordnetes sammelndes
System 6 bildet die Ebene des Beugungsgitters 3 in die
25 Ebene 7, in der das Meßvolumen (Meßstelle) B liegt, ab.

- Der Kollimator 2 umfaßt eine aus Zylinderlinsen
bestehende Zylinderoptik. Anstelle der Zylinderoptik
können auch geeignete Prismen angewendet werden, welche
die Strahlenbündel deformieren. Das Beugungsgitter 3
30 bzw. der Strahlteiler erfüllen Teilerfunktionen.
Hierbei werden ein Strahlenbündel 0. Ordnung 5 und
zwei Strahlenbündel 1. Ordnung 4 und 4' erzeugt, wobei
das Strahlenbündel 4' an einer Blende 9 des optischen
Systems 6 ausgeblendet wird, weil es zur Abbildung
35 nicht benötigt wird. Im Kreuzungsraum der Strahlenbündel 4

und 5 befindet sich das optisch wirksame Meßvolumen 8, welches die zu vermessenden Partikel durchlaufen. Diese Partikel werden vom Strahlenbündel 5 getroffen, wobei das an ihnen gestreute Licht mit dem Strahlenbündel 4 interferiert. Diese optischen Signale werden fotoelektrischen Empfängern 10 zugeleitet und in auswertbare elektrische Signale umgewandelt.

Der Kollimator 2 bildet gemäß Fig. 2 den Querschnitt des den Laser 1 verlassenden Lichtbündels 11 z. B. mit einem Abbildungsmaßstab $\frac{1}{2} = 1/c$ auf das Beugungsgitter 3 ab. In der Ebene der Fig. 1 betrage auf Grund der Zylinderoptik des Kollimators 2 der Abbildungsmaßstab $\frac{1}{2} = c$. Das auf das Beugungsgitter 3 treffende Lichtbündel 11 hat somit einen deformierten, nämlich einen Ellipsenquerschnitt mit einem Achsenverhältnis $a/b = c^2$. Dieses Verhältnis tritt auch im Querschnitt des Meßvolumens 8 in der Ebene 7 auf. Gegenüber einem kreisförmigen, undeformierten Querschnitt in der Ebene 7 verringert sich bei dem elliptischen Querschnitt ebenfalls der notwendige Energiebedarf zur Ausleuchtung des Meßvolumens 8 um den Faktor c^2 . Man kann also mit einem leistungsschwächeren Laser 1 arbeiten.

In Fig. 3 ist der Strahlengang eines Zweikomponenten - Geschwindigkeitsmessers dargestellt, der auch für hohe Partikelraten geeignet ist. Sie besteht ebenfalls aus einem Laser 1, einem Beugungsgitter 12 und abbildender und den Strahlengang deformierender Optik. Das den Laser 1 verlassende Lichtbündel 11 durchläuft das Beugungsgitter 12. Hinter dem Gitter 12 entstehen gebeugte Strahlenbündel 13, 14 und 15 0. Ordnung, +1. Ordnung und -1. Ordnung und in einer dazu senkrechten Ebene Strahlenbündel +1. Ordnung (Fig. 4) und -1. Ordnung (nicht dargestellt).

Dabei dienen die Strahlenbündel 0. Ordnung zur Beleuchtung und die Bündel +1. Ordnung 14 und 16 zur Referenz. An Blenden 17 werden die nicht benötigten Strahlenbündel -1. Ordnung ausgeblendet. Zwei vorge-
5 sehene Objektive 18 und 19 sammeln die gebeugten Strahlenbündel 13, 14, 16 und bilden die Ebene des Beugungsgitters 12 in die Ebene 7 ab, in der sich das Meßvolumen 8 befindet. Zwischen den Objektiven 18 und 19
10 sind aus Zylinderlinsen bestehende, die Strahlenbündel 13, 14, 16 deformierende optische Systeme 20, 21 (x-Achse) und 22, 23 (z-Achse) angeordnet.

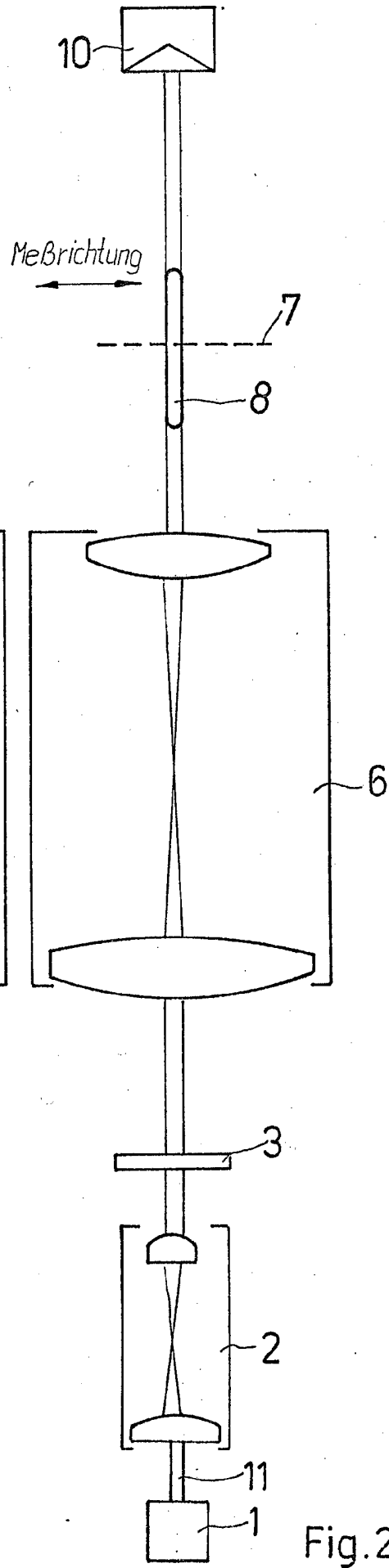
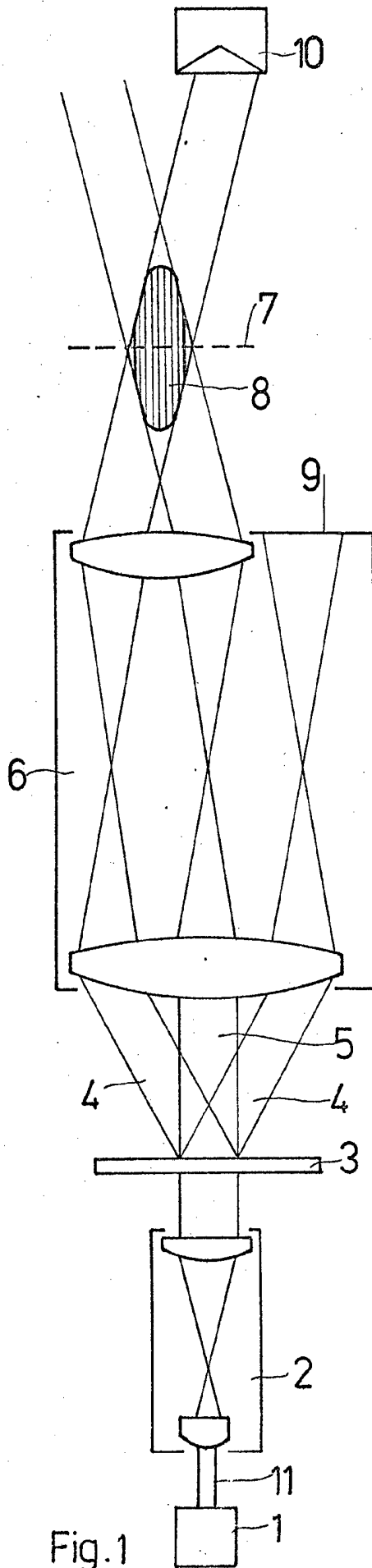
Fig. 5 zeigt die Veränderung des Meßvolumens 8 in der Ebene 7. Die das Meßvolumen 8 durchlaufenden Strahlenbündel 13, 14 und 16 (Fig. 3) treffen auf
15 fotoelektrische Empfänger 24 und 25, deren elektrische Ausgangssignale in einem nichtdargestellten Auswertegerät weiterverarbeitet werden.

Bei der in Fig. 6 dargestellten Anordnung ist im Strahlengang zwischen dem Meßvolumen 5 und einem
20 fotoelektrischen Empfänger 27 eine Linse 26 vorgesehen, mit welcher lediglich das durch die das Meßvolumen 5 durchquerenden Partikel erzeugte Streulicht auf den fotoelektrischen Empfänger 27 abgebildet wird.

Erfindungsanspruch:

1. Laser - Doppler - Geschwindigkeitsmesser, mit einem Laser, einer Einrichtung zur Erzeugung von zueinander kohärenten Teilstrahlenbündeln und austauschbaren
5 optischen Mitteln, um die Teilstrahlenbündel jeweils an gleicher Meßstelle zur Interferenz zu bringen, wobei zum Erzeugen der Teilstrahlenbündel ein Beugungsgitter oder ein Strahlteiler im Laserstrahlengang angeordnet ist, und daß als austauschbare optische Mittel dem Beugungs-
10 gitter oder dem Strahlteiler Kombinationen optischer Bauelemente nachgeordnet sind, die die Teilstrahlengänge jeweils unter unterschiedlichen Winkeln an der Meßstelle zusammentreffen lassen, dadurch gekennzeichnet, daß vorzugsweise im Strahlengang zwischen dem Laser
15 und einem Meßvolumen in oder quer zur Meßrichtung deformierende, optische Bauelemente angeordnet sind.
2. Laser - Doppler - Geschwindigkeitsmesser nach Punkt 1 dadurch gekennzeichnet, daß die optischen Elemente eine Zylinderoptik umfassen.
- 20 3. Laser - Doppler - Geschwindigkeitsmesser nach Punkt 1 dadurch gekennzeichnet, daß die optischen Elemente Prismen umfassen.

Hierzu 2 Seiten Zeichnungen



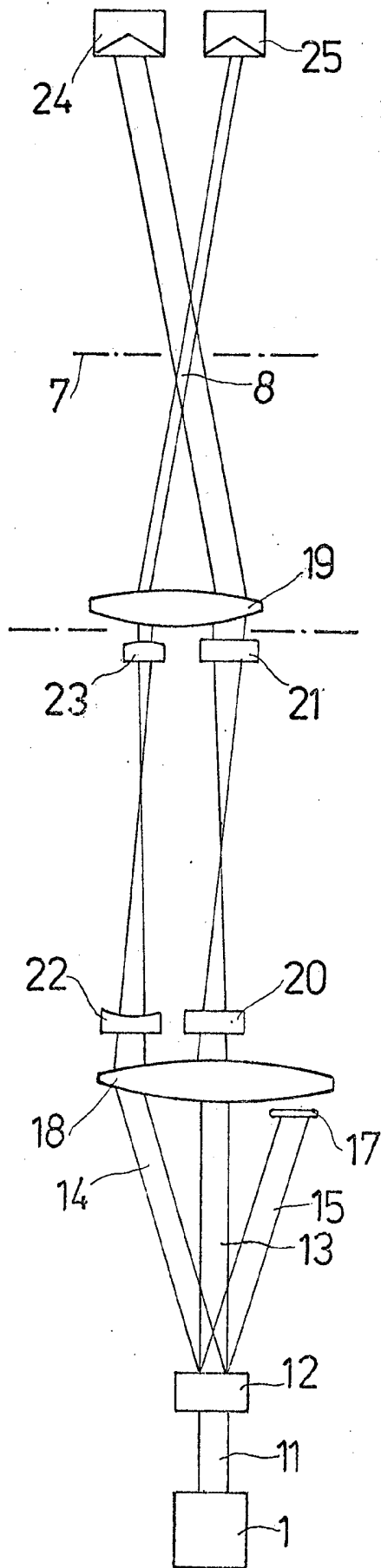


Fig. 3

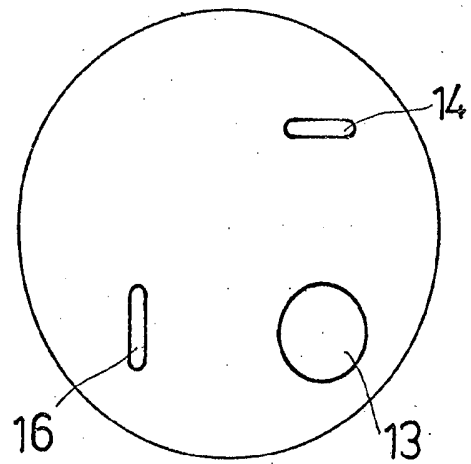


Fig. 4

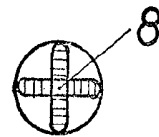


Fig. 5

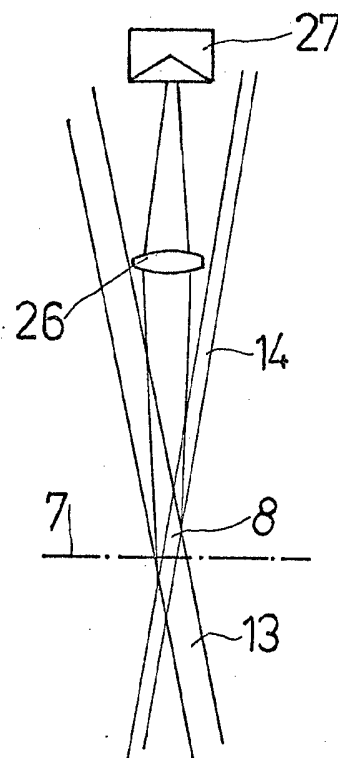


Fig. 6