



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 Patentschrift
10 DE 41 36 300 C 1

51 Int. Cl. 5:
G 01 J 3/45
G 01 N 21/45

21 Aktenzeichen: P 41 36 300.0-52
22 Anmeldetag: 4. 11. 91
43 Offenlegungstag: -
46 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 25. 2. 93

DE 41 36 300 C 1

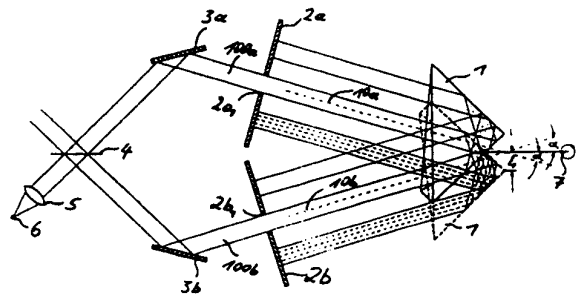
Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:
Deutsche Forschungsanstalt für Luft- und Raumfahrt
eV, 5300 Bonn, DE
74 Vertreter:
von Kirschbaum, A., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 8034
Germering

72 Erfinder:
Tank, Volker, Dr.-Ing., 8088 Eching, DE;
Haschberger, Peter, Dipl.-Ing., 8035 Gauting, DE;
Jansen, Burkhard, 4517 Hilter, DE
56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht gezogene Druckschriften:
DE 40 05 491 A1
DE 39 28 488 A1
DE 33 46 455 A1

54 Interferometer nach Michelson

57 Bei einem Interferometer nach Michelson, das, wie üblich, einen Strahlteiler (4), feste Spiegel (2a, 2b), eine Sammellinse (5) und einen Detektor (6) aufweist, ist nur ein einziger rotierender Retroreflektor (1) vorgesehen. Beide vom Strahlteiler (4) kommenden Strahlenhälften (100a und 100b) sind über je einen Umlenkspiegel (3a, 3b) gegeneinander und gegen die Drehachse geneigt, in die Apertur des einzigen Retroreflektors (1) gelenkt, bezogen auf die Drehachse auf einander gegenüberliegenden Seiten. Gegenüber den beiden Aperaturbereichen des Retroreflektors (1) und diesen zugewandt ist je ein Planspiegel (2a, 2b) senkrecht zu der Achse des dort eintretenden Strahlenbündels ausgerichtet. Die beiden Planspiegel (2a, 2b) weisen eine konzentrische Bohrung (2a₁ bzw. 2b₁) auf, durch welche das jeweilige Strahlenbündel (100a, 100b) auf dem Weg zu dem Retroreflektor (1) und zurück zum Strahlteiler hindurchtritt. Bei der Rotation des einzigen Retroreflektors (1) verkürzt sich die Weglänge für das eine Strahlenbündel, während sie sich für das andere Strahlenbündel synchron dazu verlängert, und umgekehrt, da die Strahlenbündel sowohl gegeneinander als auch gegen die Drehachse (7) geneigt sind.



41 36 300 C 1



Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Interferometer nach Michelson nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs. Derartige Interferometer nach Michelson werden bei der Fourier-Transform-Spektroskopie (FTS) verwendet, bei welcher optische Wegdifferenzen durch rotierende Retroreflektoren erzeugt werden.

Es sind Michelson-Interferometer, welche auch als "Fourier-Spektrometer" bezeichnet werden bekannt, bei welchen optische Wegdifferenzen durch rotierende Retroreflektoren erzeugt werden (beispielsweise DE 40 05 491 A1). Dabei werden exzentrisch und geneigt "nutierende" Retroreflektoren verwendet. Zur Erzeugung größerer optischer Wegdifferenzen, also einer höheren spektralen Auflösung, werden zwei oder mehr Retroreflektoren in eine — bezogen auf die optische Wegänderung in beiden Interferometerarmen — asynchrone Rotation versetzt, wobei eine feste Phasenbeziehung der verschiedenen Drehbewegungen zueinander eingehalten werden muß.

Die bekannten Michelson-Interferometer mit rotierenden Retroreflektoren weisen jedoch folgende Nachteile auf:

1. Zur Erzeugung einer hohen spektralen Auflösung kann das Interferometer nicht mit nur einem Reflektor betrieben werden, sondern es sind zwei oder mehr dieser relativ teuren Elemente notwendig.

2. Zur erforderlichen Einhaltung der festen Phasenbeziehung der verschiedenen Drehbewegungen der zwei oder mehr Retroreflektoren zueinander müssen aufwendige Maßnahmen getroffen werden. Eine sehr vorteilhafte Lösung ist der Antrieb jedes Retroreflektors mit einem eigenen Schrittschaltmotor und die "elektrische Kopplung" aller Motoren untereinander mittels nur eines gemeinsamen Steuertaktes für alle Motoren. Dies wiederum hat aber folgende Nachteile: Die mechanischen Vibrationen durch den Schrittbetrieb der Motoren übertragen sich auf den gesamten Aufbau in einer für das Meßsignal störenden Weise; diese Vibrationen müssen daher durch zusätzliche aufwendige, mechanische Dämpfungsmaßnahmen behoben werden. Ferner wird durch jeden zusätzlichen Antriebsmotor der gesamte Aufwand erhöht. Außerdem sind Schrittschaltmotoren grundsätzlich teurer als vergleichbare Gleichspannungsmotoren, welche für den Betrieb mit nur einem Retroreflektor ausreichen.

Wenn zwei oder mehr Retroreflektoren von nur einem Motor angetrieben werden, so ist eine Kupplung über ein Getriebe erforderlich. Dadurch wird wiederum der Aufwand größer und durch ein nicht vollständig ausschließbares Getriebeispiel und eine -vibration kommen zusätzliche Störquellen in den Aufbau.

3. Durch jeden weiteren Retroreflektor führen dessen optische Fehler zu einer zusätzlichen Verschlechterung der Qualität des optischen Signals des Geräts. Dies könnte nur durch Retroreflektoren extrem hoher Güte vermieden werden; die Folge wäre jedoch ein extrem teures Gerät.

4. Um bei den bekannten Interferometern mit nur einem rotierenden Retroreflektor unerwünscht große, mechanische Dimensionen des Geräts zu vermeiden, ist auch im zweiten Interferometerarm ein (allerdings) fester Retroreflektor installiert, durch welchen vor allem der optische Weg gefaltet wird, und dadurch eine geringe mechanische Baugröße ermöglicht wird. Dadurch ergeben sich jedoch alle vorstehend schon beschriebenen Nachteile, welche auf die Verwendung eines zweiten Retroreflektors zurückzuführen sind.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Interferometer nach Michelson zu schaffen, das mit relativ geringem technischen Aufwand eine hohe Auflösung ermöglicht.

Gemäß der Erfindung ist dies bei einem Interferometer nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs durch die Merkmale in dessen kennzeichnenden Teil erreicht.

Die erfindungsgemäße Ausführung eines Interferometers enthält somit nur einen rotierenden Retroreflektor; die hohe, mit einem geringen technischen Aufwand erreichte, spektrale Auflösung entspricht derjenigen, welche bisher nur mit zwei rotierenden Retroreflektoren erreichbar war. Trotz des geringen Aufwands sind gleichzeitig die möglichen Störquellen reduziert. Da beide Strahlenhälften durch denselben Reflektor laufen, sind sie "optisch gekoppelt". Daher kann der Antrieb mit einem einfachen Gleichstrommotor ohne ein Störungen bewirkendes Getriebe oder irgendwelche Störungen auslösende Schrittsteuerungen erfolgen und ist damit auch technisch weniger aufwendig.

Nachfolgend wird die Erfindung anhand von bevorzugten Ausführungsformen unter Bezugnahme auf die anliegenden Zeichnungen im einzelnen erläutert. Es zeigt

Fig. 1 in Draufsicht eine schematische Darstellung einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Interferometers, und

Fig. 2 ebenfalls in Draufsicht eine schematische Darstellung einer weiteren Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Interferometers mit optimiertem Strahlengang.

In Fig. 1 ist in Draufsicht ein drehbarer Retroreflektor 1 in zwei extremen, ausgezogen bzw. gestrichelt wiedergegebenen Drehstellungen dargestellt, dessen Drehachse 7 bezogen auf den Tripelpunkt des Retroreflektors 1 seitlich um einen Abstand L versetzt ist. Ferner sind zwei Planspiegel 2a und 2b mit je einer konzentrischen Bohrung 2a₁ bzw. 2b₁ sowie zwei Umlenkspiegel 3a und 3b dargestellt. Außerdem sind optische Achsen 10a und 10b eingetragen, sowie ein Strahlteiler 4, eine Sammellinse 5 und ein Detektor 6 wiedergegeben. Der Neigungswinkel der optischen Achsen 10a und 10b gegenüber der Drehachse 7 ist mit α bezeichnet.

Das Interferometer in Fig. 1 weist ferner die folgenden, aus Gründen der Übersichtlichkeit dort nicht wiedergegebenen Komponenten auf: einen (nicht dargestellten) Antriebsmotor, welcher den Retroreflektor 1 in bekannter Weise um die Drehachse 7 in Rotation versetzt, sowie eine bekannte Laserreferenz, die aus einem Laser, beispielsweise in Form eines HeNe-Lasers und aus einem Laserdetektor in Form einer strahlungsempfindlichen Silizium-Diode besteht.

Die auf den Strahlteiler 4 beispielsweise unter 45° auftreffende Strahlung wird in zwei zu den beiden optischen

Achsen 10a und 10b jeweils symmetrische Hälften 100a und 100b zerlegt, welche auf die Planspiegel 3a bzw. 3b auftreffen, von diesen reflektiert werden, durch die Bohrungen 2a₁ und 2b₁ der Planspiegel 2a und 2b hindurchtreten und auf jeweils verschiedenen Seiten der Drehachse 7 in den Reflektor 1 eintreten. Die Strahlenhälften verlassen den Retroreflektor jeweils parallel zur Eintrittsrichtung, treffen senkrecht auf die Planspiegel 2a bzw. 2b auf, werden von diesen in sich selbst zurückreflektiert und laufen daher auf demselben Weg zurück zum Strahlteiler 4. 5

Am Strahlteiler 4 rekombinieren die beiden Strahlenbündel in bekannter Weise und ihre Summe wird von der Sammellinse 5 auf den Detektor 6 fokussiert. Wegunterschiede zwischen den beiden Bezugsflächen der Strahlenhälften kommen dadurch zustande, daß sich durch die Rotation des Retroreflektors 1 die Weglängen für die beiden Strahlenhälften 100a und 100b gegensinnig ändern, wobei die Spiegelflächen 2a bzw. 2b als Bezugsflächen dienen. 10

Die Anordnung in Fig. 2 entspricht in allen Einzelheiten derjenigen in Fig. 1 bis auf folgende Modifikation:

In Fig. 2 trifft ein einfallendes Strahlenbündel auf den Strahlteiler 4 unter einem Winkel von 30° zum Lot auf. Daher schließen die optischen Achsen 10a' und 10b' der beiden Strahlenbündel beim Verlassen des Strahlteilers 4 einen Winkel von 120° ein. Daher treffen die Strahlenbündel 100a' und 100b' unter einem Winkel, der um jeweils 7,5° steiler als bei der Ausführungsform der Fig. 1 ist, auf die Umlenkspiegel 3a' und 3b', um unter dem Winkel α gegenüber der Drehachse 7 in den Retroreflektor 1 einzutreten. Auf diese Weise können kleinere Umlenkspiegel 3a' und 3b' verwendet und die Polarisationen an diesen reduziert werden. 15

Bei den in Fig. 1 und 2 dargestellten Anordnungen läßt sich die spektrale Auflösung durch Veränderung des seitlichen Versatzes L der Drehachse 7 bezogen auf den Tripelpunkt des Retroreflektors 1 mechanisch einstellen. Bei einer Veränderung des Neigungswinkels α zur Einstellung der spektralen Auflösung müssen die übrigen Komponenten nachjustiert werden, insbesondere müssen auf jeden Fall die optischen Achsen 10a, 10b bzw. 10a', 10b' senkrecht auf den Spiegelflächen der Umlenkspiegel 2a, 2b bzw. 2a', 2b' stehen. 20

Nachstehend wird ein Beispiel für die Dimensionierung der wichtigsten Parameter gegeben: 25

Nutzbare Apertur des Retroreflektors	12,7 cm	25
Seitlicher Versatz L der Drehachse	21 mm	
Winkel α zwischen den optischen Achsen und der Drehachse	18°	
Erzielter maximaler Wegunterschied	etwa 10 cm	
Erreichte spektrale Auflösung	besser als 0,1 cm ⁻¹	30

Patentanspruch

Interferometer nach Michelson, mit zwei Planspiegeln (2a, 2b; 2a', 2b') mit einem rotierenden Retroreflektor (1) mit zugeordnetem Antriebsmotor, wobei die Retroreflektor-Drehachse (7) gegenüber dem Tripelpunkt des Retroreflektors (1) seitlich versetzt ist, mit zwei Umlenkspiegeln (3a, 3b; 3a', 3b'), einem Strahlteiler (4), einer Sammellinse (5), einem Detektor (6) und mit einer Laserreferenz-Einheit mit Laser und Laserdetektor, **dadurch gekennzeichnet**, daß der rotierende Retroreflektor (1) als einziger Retroreflektor für beide Interferometer-Zweige in der Weise angeordnet ist, daß beide durch den Strahlteiler (4) geteilten und auf je einen Umlenkspiegel (3a, 3b; 3a', 3b') auftreffenden Strahlenhälften (100a, 100b; 100a', 100b') in Apertur-Teilbereiche des einzigen Retroreflektors (1) gelenkt werden, welche, bezogen auf die Retroreflektor-Drehachse (7), einander gegenüberliegen, wobei die optischen Achsen (10a, 10b; 10a', 10b') beider Strahlenhälften (100a, 100b; 100a', 100b') gegeneinander um einen Winkel von 2α und gegenüber der Retroreflektor-Drehachse (7) jeweils um einen Neigungswinkel α geneigt sind. 35

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

50

55

60

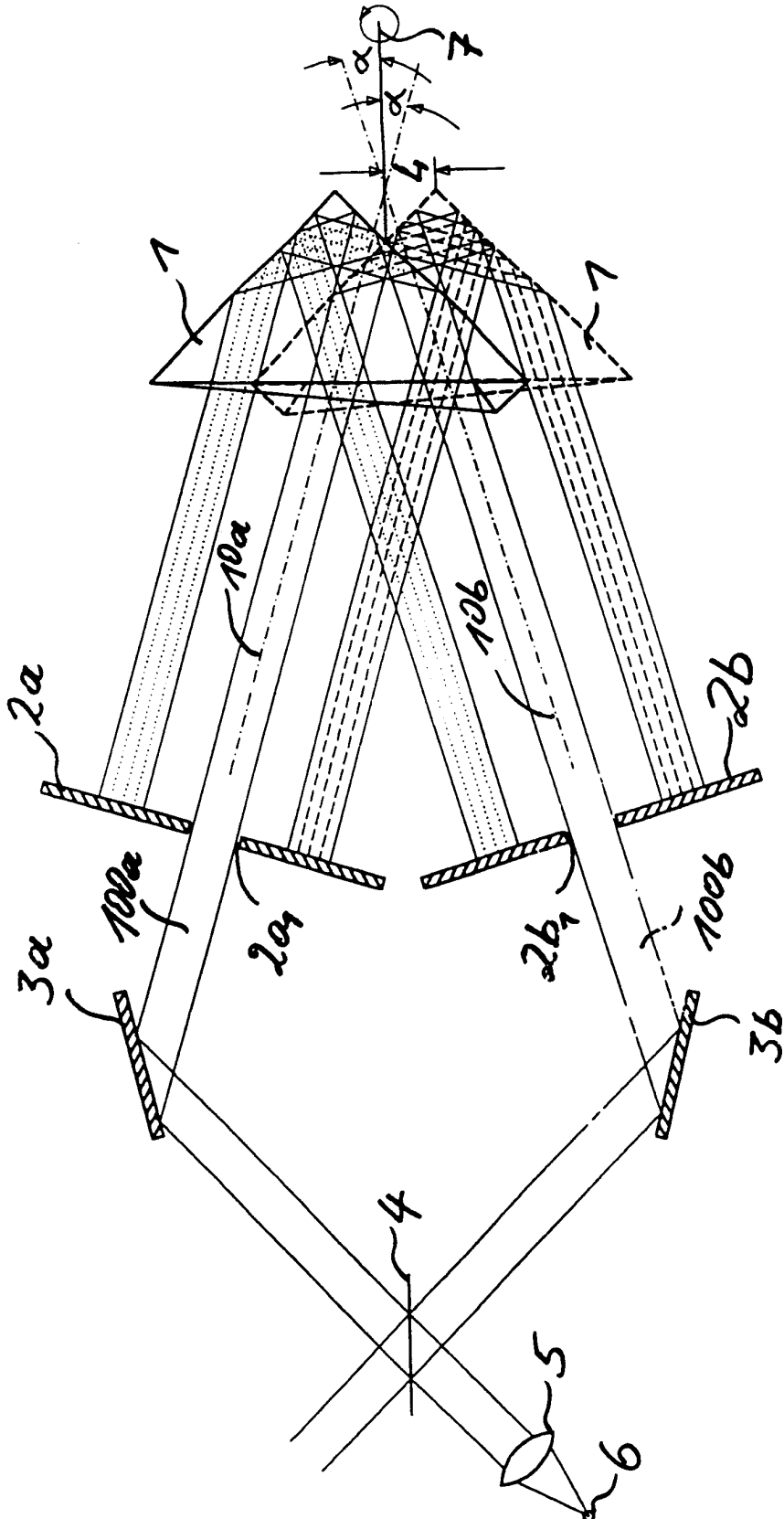


Fig. 1

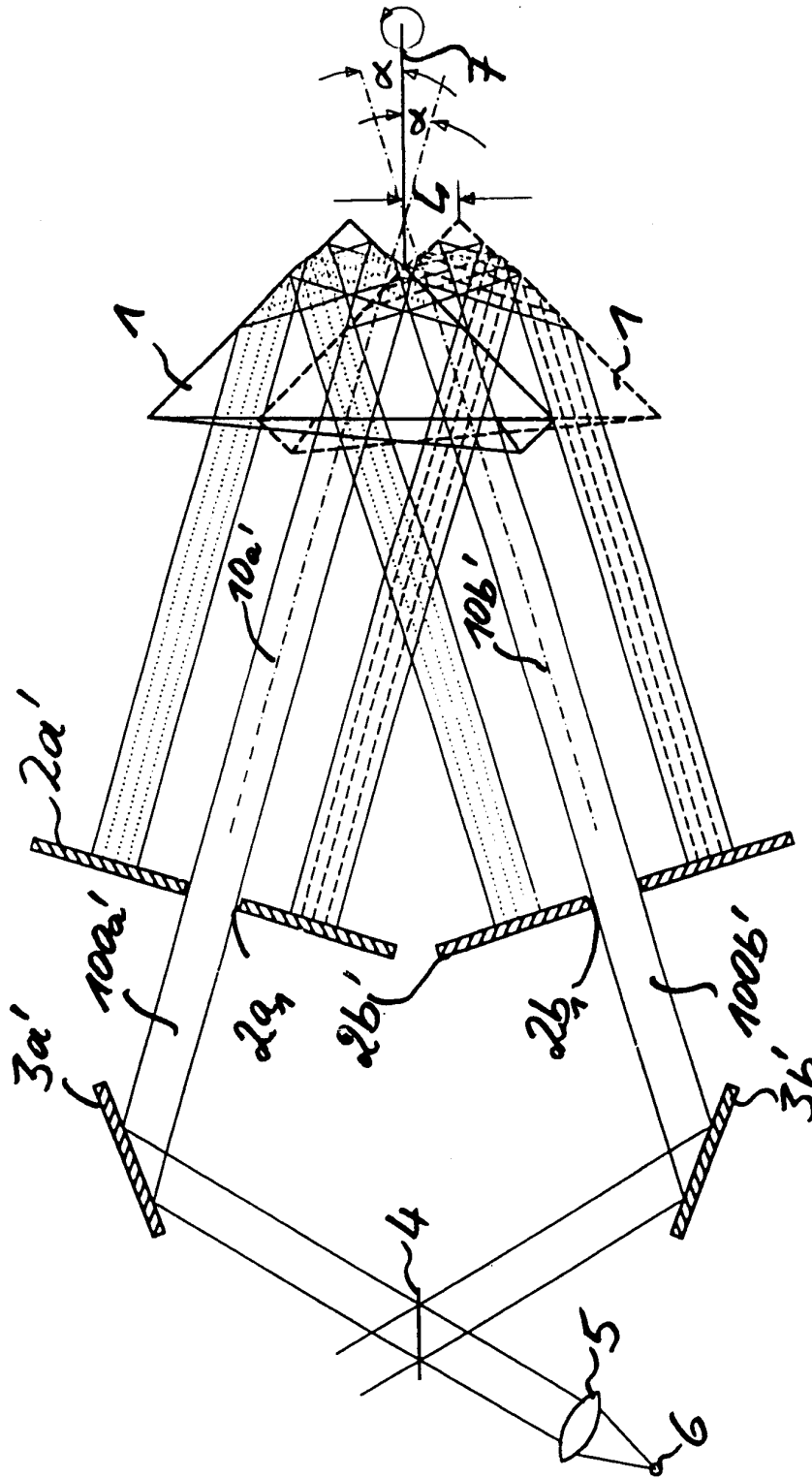


Fig. 2