PCT WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
Internationales Büro
INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation 5 :		(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 91/09271
G01B 9/02	A1	(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 27. Juni 1991 (27.06.91)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/AT90/00102

(22) Internationales Anmeldedatum: 18. Oktober 1990 (18.10.90)

(30) Prioritätsdaten:
A 2829/89 13. Dezember 1989 (13.12.89) AT

(71)(72) Anmelder und Erfinder: TABARELLI, Werner [AT/LI]; Im Garsill 33, FL-9494 Schaan (LI).

(72) Erfinder; und
(75) Erfinder/Anmelder *(nur für US)* : LAZECKI, René [CH/CH]; Heldaustrasse 61, CH-9470 Buchs (CH).

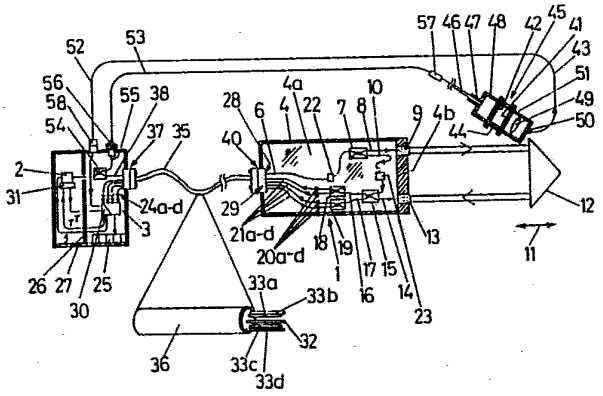
(74) Anwälte: TORGGLER, Paul usw. ; Wilhelm-Greilstraße 16, A-6020 Innsbruck (AT).

(81) Bestimmungsstaaten: AT (europäisches Patent), BE (europäisches Patent), CH (europäisches Patent), DE (europäisches Patent), DK (europäisches Patent), ES (europäisches Patent), FR (europäisches Patent), GB (europäisches Patent), GR (europäisches Patent), IT (europäisches Patent), JP, LU (europäisches Patent), NL (europäisches Patent), SE (europäisches Patent), US.

Veröffentlicht
Mit internationalem Recherchenbericht.

(54) Title: INTERFEROMETER HEAD AND INTERFEROMETER ARRANGEMENT USING IT

(54) Bezeichnung: INTERFEROMETERKOPF UND INTERFEROMETERANORDNUNG MIT EINEM SOLCHEN INTERFEROMETERKOPF



(57) Abstract

The invention relates to an interferometer head (1) with a rigid bearer or casing (4) to which a beam divider (7) for the spatial division of laser light into a measuring and a reference beam and at least one recombination device (15) are firmly secured (adhesively), where a reference beam guided by a reference path (10) in the interferometer head and a measuring beam or part thereof guided by a movable measuring mirror (12) of reflective measuring surface interfere to form at least one optical interference signal. To facilitate precise measurement of long shift paths or distances and obtain increased insensitivity to external and especially mechanical interference, according to the invention the interferometer head (1) has a decoupling lens (9) secured to the bearer (4) of the interferometer head (1) to decouple the measuring beam (6) guided in a light waveguide (8) in the interferometer head (1) to a measuring path lying outside the interferometer head (1), and in addition the interferometer head (1) has a least one coupling lens (13) secured to the bearer (4) to couple the measuring beam (60') or section thereof returning after reflection from a measuring mirror (12) fitted outside the interferometer head (1) or from a reflective surface of the measuring path into a light waveguide (14). Moreover, to guide the reference beams(s) and the part of the measuring beam travelling in the interferometer head (1), there are light waveguides (8, 10, 14, 14') which are rigidly connected to the bearer (4) of the interferometer head (1) and are preferably cast with it.

(57) Zusammenfassung Die Erfindung betrifft einen Interferometerkopf (1) mit einem starren Tragkörper bzw. Gehäuse (4), mit dem ein Strahlteiler (7) zur räumlichen Aufteilung von Laserlicht in einen Messstrahl und einen Referenzstrahl und wenigstens eine Rekombinationseinrichtung (15) starr verbunden (verklebt) sind, an der jeweils ein über eine im Interferometerkopf verlaufende Referenzstrecke (10) geführter Referenzstrahl und ein über einen beweglichen Messspiegel (12) oder eine reflektierende Messfläche geführter Messstrahl bzw. Messstrahlanteil unter Bildung mindestens eines optischen Interferenzsignales interferieren. Um eine exakte Messung grosser Verschiebewege bzw. Entfernungen zu ermöglichen und eine erhöhte Unempfindlichkeit gegen äussere, insbesondere mechanische Störeinflüsse zu erzielen, ist erfindungsgemäss vorgesehen, dass der Interferometerkopf (1) eine am Tragkörper (4) des Interferometerkopfes (1) fixierte Auskoppellinse (9) zum Auskoppeln des im Interferometerkopf (1) in einem Lichtwellenleiter (8) geführten Messstrahles (60) auf eine ausserhalb des Interferometerkopfes (1) liegende Messstrecke aufweist, dass der Interferometerkopf (1) weiters mindestens eine am Tragkörper (4) fixierte Einkoppellinse (13) zum Einkoppeln des nach Reflexion an einem ausserhalb des Interferometerkopfes (1) angeordneten Messspiegel (12) oder an einer reflektierenden Fläche von der Messstrecke zurückkehrenden Messstrahles (60') bzw. Messstrahlanteiles in jeweils einen Lichtwellenleiter (14) aufweist. Weiters sind zur Führung von Referenzstrahl(en) und der im Interferometerkopf (1) verlaufenden Teile des Messstrahles Lichtwellenleiter (8, 10, 14, 14') vorgesehen, die mit dem Tragkörper (4) des Interferometerkopfes (1) starr in Verbindung stehen, vorzugsweise mit diesem vergossen sind.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Code, die zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AT	Österreich	ES	Spanien	MG	Madagaskar
AU	Australien	FI	Finnland	ML	Mali
BB	Barbados	FR	Frankreich	MN	Mongolei
BE	Belgien	GA	Gabon	MR	Mauritanien
BF	Burkina Faso	GB	Vereinigtes Königreich	MW	Malawi
BG	Bulgarien	GN	Guinea	NL	Niederlande
BJ	Benin	GR	Griechenland	NO	Norwegen
BR	Brasilien	HU	Ungarn	PL	Polen
CA	Kanada	IT	Italien	RO	Rumänien
CF	Zentrale Afrikanische Republik	JP	Japan	SD	Sudan
CG	Kongo	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	SE	Schweden
CH	Schweiz	KR	Republik Korea	SN	Senegal
CI	Côte d'Ivoire	LI	Liechtenstein	SU	Soviet Union
CM	Kamerun	LK	Sri Lanka	TD	Tschad
DE	Deutschland	LU	Luxemburg	TG	Togo
DK	Dänemark	MC	Monaco	US	Vereinigte Staaten von Amerika

Interferometerkopf und Interferometeranordnung mit einem solchen Interferometerkopf

Die Erfindung betrifft einen Interferometerkopf mit einem starren Tragkörper, mit dem ein Strahlteiler zur räumlichen Aufteilung von Laserlicht in einen Meßstrahl und einen Referenzstrahl und wenigstens eine Rekombinationseinrichtung starr verbunden sind, an der jeweils ein über eine im Interferometerkopf verlaufende Referenzstrecke geführter Referenzstrahl und ein über einen beweglichen Meßspiegel oder eine reflektierende Meßfläche geführter Meßstrahl bzw. Meßstrahlanteil unter Bildung mindestens eines optischen Interferenzsignales interferieren.

Es sind bereits Interferometeranordnungen bekannt, bei denen Laserlicht über flexible Lichtleitfasern einem mit einem Gehäuse versehenen Interferometerkopf zugeführt wird, indem die wesentlichen optischen Komponenten des Interferometers angeordnet sind. Zu diesen optischen Komponenten zählt insbesondere ein Strahlteiler, der das von der außerhalb des Interferometerkopfes liegenden Lichtquelle stammende Laserlicht in einen Meßstrahl und einen Referenzstrahl aufteilt. Während der Referenzstrahl eine fixe Referenzstrecke durchläuft, wird der Meßstrahl über einen beweglichen Meßspiegel geführt. An einer Rekombinationseinrichtung, die baulich mit dem Strahlteiler zusammenfallen kann, werden Meß- und Referenzstrahlen überlagert und bilden dabei ein optisches Interferenzsignal. Dieses Interferenzsignal bzw. mehrere derartige Interferenzsignale werden über flexible Lichtleitfasern an eine außerhalb des Interferometerkopfs angeordnete photoelektrische Detektoreinrichtung geleitet, die diese optischen Interferenzsignale aus dem Interferometerkopf erfaßt und auswertet. Eine derartige Interferometeranordnung ist beispielsweise aus der US-PS 4,153,370 bekannt. Bei der bekannten Einrichtung tritt das Licht aus der

Lichtzufuhr-Lichtleitfaser in den geschlossenen Innenraum des Interferometerkopfes aus, von wo es auf einen diskret aufgebauten Strahlteilerwürfel fällt. Der an einem Taststift befestigte Meßspiegel ist im Inneren des Interferometerkopf-Gehäuses angeordnet. Sowohl die vom Referenzstrahl durchlaufene Referenzstrecke als auch die vom Meßstrahl durchlaufene Meßstrecke liegen innerhalb des Interferometerkopfs und verlaufen durch das im Interferometerkopf vorhandene gasförmige Medium, über dessen Druck der Taststift samt Meßspiegel aus- und einfahrbar ist. Nachteilig wirkt sich zunächst aus, daß die im Inneren des Interferometerkopfs absichtlich hervorgerufenen Druckschwankungen auch die Brechzahl und damit die relevante Wellenlänge auf der Meßstrecke verändern. Mit der Veränderung dieser im Gasmedium vorhandenen Wellenlänge, in deren Einheiten ja das interferometrische Meßergebnis vorliegt, ergeben sich beträchtliche Meßfehler. Außerdem ist der Verschiebeweg des Meßspiegels, der innerhalb des Interferometerkopf-Gehäuses angeordnet ist, in der Praxis beschränkt, sodaß nur geringe Verschiebewege oder Entfernungen meßbar sind. Schließlich ergeben sich durch die unkollimierte Lichtführung innerhalb des Interferometerkopf-Gehäuses Nachweisprobleme, da die in die notwendigerweise dünnen Ausgangslichtleitfasern eingekoppelte Lichtleistung sehr gering ist. Bei Verwendung dickerer Ausgangslichtleitfasern wäre umgekehrt keine genaue Erfassung des transversalen räumlichen Interferenzmusters möglich.

Aufgabe der Erfindung ist es, einen Interferometerkopf der eingangs genannten Gattung für eine insbesondere zur Entfernungs- bzw. Verschiebewegbestimmung geeignete Interferometeranordnung zu schaffen, bei der Licht aus einer außerhalb des Interferometerkopfs angeordneten Laserlichtquelle in den Interferometerkopf gelangt, bei der außerhalb des Interferometerkopfes eine photoelektri-

sche Detektoreinrichtung zur Erfassung und Auswertung von wenigstens einem optischen Interferenzsignal aus dem Interferometerkopf vorgesehen ist, und mit der auch die präzise Erfassung großer Entfernungen bzw. Verschiebewege (im Meterbereich und darüber) möglich ist, wobei der Interferometerkopf insbesondere gegen mechanische Einwirkungen unempfindlich sein soll.

Dies wird erfindungsgemäß dadurch erreicht, daß der Interferometerkopf eine mit dem Tragkörper des Interferometerkopfes in Verbindung stehende Auskoppellinse zum Auskoppeln des im Interferometerkopf in mindestens einem Lichtwellenleiter geführten Meßstrahles auf eine außerhalb des Interferometerkopfes liegende Meßstrecke aufweist, daß der Interferometerkopf weiters mindestens eine mit dem Tragkörper in Verbindung stehende Einkoppellinse zum Einkoppeln des nach Reflexion an einem außerhalb des Interferometerkopfes angeordneten Meßspiegel oder an einer reflektierenden Fläche von der Meßstrecke zurückkehrenden Meßstrahles bzw. Meßstrahlanteils in jeweils einen Lichtwellenleiter aufweist,

und daß zur Führung von Referenzstrahl(en) und der im Interferometerkopf verlaufenden Teile des Meßstrahles Lichtwellenleiter vorgesehen sind, die mit dem Tragkörper des Interferometerkopfes starr in Verbindung stehen.

Beim erfindungsgemäßen Interferometerkopf liegt der Meßspiegel und damit ein Großteil der Meßstrecke außerhalb des Interferometerkopfs. Dadurch lassen sich mit einem kompakten, leicht handzuhabenden Interferometerkopf auch große Entfernungen bzw. Verschiebewege präzise erfassen. Durch die räumliche Trennung des Interferometerkopfs von der Lichtquelle und der photoelektrischen Auswertschaltung erzielt man zunächst

den bekannten Vorteil einer thermischen Entkopplung, wobei der Interferometerkopf selbst keine aktiven photoelektrischen oder elektrooptischen Bauelemente zu enthalten braucht. Darüber hinaus braucht der erfindungsgemäße Interferometerkopf keine mechanisch bewegten Teile zu enthalten, womit die einmal festgelegte relative Justierung der optischen Komponenten im Interferometerkopf auch beim Hantieren mit dem Interferometerkopf sicher erhalten bleibt. Beim erfindungsgemäßen Interferometerkopf reduziert sich die Justierung für den Anwender im wesentlichen darauf, den Interferometerkopf und den Meßspiegel od.dgl. so anzuordnen, daß der vom Interferometerkopf auf die Meßstrecke gesandte Meßstrahl über die Einkoppellinse(n) wieder in den Interferometerkopf (bzw. darin angeordnete Lichtwellenleiter) eintritt. Insbesondere bei Verwendung eines gegen Verkippungen im wesentlichen invarianten Retroreflektors (Tripel-Spiegels) läßt sich dies einfach realisieren.

Die Lichtführung in Lichtwellenleitern und die Auskopplung des Meßstrahles auf eine freie Meßstrecke sind zwar an sich bekannt (beispielsweise DE-OS 32 38 139). Dabei wurde aber bisher dem Umstand zu wenig Rechnung getragen, daß bei der Führung des bzw. der Referenzstrahlen und Teilen des Meßstrahles in Lichtwellenleitern (beispielsweise optisch integrierte Wellenleiterbahnen oder flexible Lichtleitfasern) mechanische Einwirkungen auf diese Lichtwellenleiter zu einer Veränderung des Interferenzsignales führen. Bei flexiblen Lichtleitfasern reicht beispielsweise bereits eine geringe Lageänderung aus, um das Interferenzsignal in unerwünschter Weise zu verändern. Während die Eigenschaft der Lichtwellenleiter, insbesondere von flexiblen Lichtleitfasern, auf äußere Einflüsse (Druck, Temperatur, aber auch einfache Lageänderungen) zu reagieren in interferometrischen Sensoreinrichtungen häufig ausge-

nutzt wird, ist dies bei Interferometern zur Verschiebeweg- bzw. Entfernungsbestimmung gerade nicht erwünscht. Beim erfindungsgemäßen Interferometerkopf sind daher neben Strahlteiler und Rekombinationseinrichtung auch die Lichtwellenleiter zumindest in jenem Bereich, wo Referenz- und Meßstrahlen im Intferferometerkopf räumlich getrennt verlaufen (dort gehen nämlich relative Veränderungen der Lichtwellenleiter und der damit verbundenen Lichtführungseigenschaften direkt in das Meßergebnis ein), starr mit einem Tragkörper des Interferometerkopfes verbunden. Der Tragkörper des Interferometerkopfes kann auch mehrere fest miteinander verbundene Teile aufweisen, an denen die einzelnen optischen Komponenten fixiert sind. Wesentlich ist, daß die räumliche Lage von Strahlteiler und Rekombinationseinrichtung, der die Meß- und Referenzstrahlen im Interferometerkopf führenden Lichtwellenleiter und der Ein- und Auskoppellinsen des betriebsbereiten Interferometerkopfs zueinander robust festliegt, sodaß bei den in der Praxis auftretenden mechanischen Einwirkungen keine Lageänderungen der genannten fixierten optischen Komponenten, insbesondere der Lichtwellenleiter, und damit keine störenden Veränderungen des Interferenzsignales auftreten.

Wie bereits erwähnt, läßt sich der erfindungsgemäße Interferometerkopf als vollkommen passive Einheit realisieren, die weder im Betrieb mechanisch bewegte Bauteile noch aktive oder passive elektronische Komponenten zu enthalten braucht. Der erfindungsgemäße Interferometerkopf kann als kompakte Baueinheit realisiert werden, die zur Verbindung mit der "Außenwelt" günstigerweise nur folgendes aufweist:
Einen Eingang, über den Laserlicht aus einer Laserlichtquelle dem Interferometerkopf zugeführt wird; einen oder mehrere Ausgänge, über die der Interferometerkopf

optische Interferenzsignale abgibt; und schließlich die Aus- und Einkoppellinsen zur Auskopplung des Meßstrahles auf die Meßstrecke bzw. Einkopplung desselben in den Interferometerkopf.

Eine bevorzugte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Interferometerkopfs besteht darin, daß von dem als Wellenleiterkoppler ausgebildeten Strahlteiler bis zum Brennpunktsbereich der Auskoppellinse ein durchgehender Lichtwellenleiter bzw. mehrere hintereinander angeordnete, insgesamt durchgehende Lichtwellenleiter führt bzw. führen und daß vom Brennpunktsbereich jeder Einkoppellinse zu jeweils einer als Wellenleiterkoppler ausgebildeten Rekombinationseinrichtung ein durchgehender Lichtwellenleiter bzw. mehrere hintereinander angeordnete, insgesamt durchgehende Lichtwellenleiter führt bzw. führen. Damit ist sichergestellt, daß der Meßstrahl innerhalb des Interferometerkopfs vor der Auskopplung auf die eigentliche Meßstrecke außerhalb des Interferometerkopfes und nach der Einkopplung in den Interferometerkopf ständig in wohldefinierter Weise und gegen äußere Einwirkungen geschützt geführt ist. Den Referenzstrahl wird man innerhalb des Interferometerkopfs ebenfalls günstigerweise durchgehend in einem Lichtwellenleiter führen. In einem Wellenleiterkoppler als Rekombinationseinrichtung können dann der in einem Lichtwellenleiter geführte Referenzstrahl und der in einem Lichtwellenleiter geführte, von der Meßstrecke zurückgekehrte Meßstrahl unter Bildung eines klar definierten optischen Interferenzsignals zur Interferenz gebracht werden.

Wie bereits erwähnt, ist besonders jener Bereich der Lichtwellenleiter kritisch, in denen Meß- und Referenzstrahl räumlich getrennt geführt werden. Um die Unempfindlichkeit des erfindungsgemäßen Interferometer-

kopfes weiter zu erhöhen, ist es insbesondere beim Arbeiten mit polarisiertem Licht günstig, wenn zur Führung des Laserlichtes von einem Eingang des Interferometerkopfes zum Strahlteiler zumindest abschnittweise ein oder mehrere vorzugsweise starr mit dem Tragkörper verbundene(r) Lichtwellenleiter vorgesehen ist (sind) und daß zur Führung des bzw. der optischen Interferenzsignale(s) nach der bzw. den Rekombinationseinrichtung(en) zu mindestens einem Ausgang des Interferometerkopfes zumindest abschnittweise ein oder mehrere vorzugsweise starr mit dem Tragkörper verbundene(r) Lichtwellenleiter vorgesehen ist (sind). Damit verläuft das Laserlicht im Interferometerkopf praktisch ausschließlich in fixierten Lichtwellenleitern, wobei es im Hinblick auf einen definierten Polarisationszustand des Laserlichts günstig ist, wenn die Lichtwellenleiter im Interferometerkopf im wesentlichen in einer Ebene, vorzugsweise auf einer ebenen Unterlage angeordnet sind.

Als Lichtwellenleiter im Interferometerkopf eignen sich insbesondere Lichtleitfasern, die zunächst flexibel sind und sich im Interferometerkopf einfach verlegen lassen. Dabei können die Lichtleitfasern im Interferometerkopf zumindest abschnittweise schleifen- oder spulenförmig verlegt sein, um beispielsweise scharfe Knicke zu vermeiden. Nach dem Verlegen der flexiblen Lichtleitfasern müssen diese gemäß der Erfindung zumindest in jenem Bereich, wo Referenz- und Meßstrahlen getrennt verlaufen, starr mit dem Tragkörper verbunden werden. Dies kann auf einfache Weise dadurch geschehen, daß die Lichtleitfasern im Interferometerkopf zumindest stellenweise, vorzugsweise im wesentlichen über ihre gesamte Länge am Tragkörper bzw. einem daran befestigten Teil festgeklebt sind. Die Verbindung der Lichtleitfasern im Interferometerkopf mit dem Tragkörper kann auch durch

Vergießen der Lichtleitfasern mit einer aushärtenden Masse erzielt werden, wobei die ausgehärtete Masse fest am Tragkörper haftet und eine starre räumliche Lage der Lichtleitfasern definiert. Als aushärtende Masse kann vorzugsweise ein im ausgehärteten Zustand duroplastisches Harz verwendet werden. Im allgemeinen werden solche aushärtenden Massen durch Mischen eines Binders mit einem Härter erzielt, wodurch zunächst eine mehr oder weniger zäh-fließende Masse entsteht, die anschließend (meist bei Raumtemperatur) aushärtet. Eine günstige aushärtende Masse ist beispielsweise ein Epoxid-Harz. Epoxid-Harze haben den Vorteil, daß sie beim Aushärten einen geringen Schwund aufweisen und daher praktisch spannungsfrei härten. Außerdem sind Epoxid-Harze im ausgehärteten Zustand schlagzäh und haften gut an den meisten Materialien. Grundsätzlich eignen sich natürlich auch andere aushärtende Massen zum Vergießen der Lichtleitfasern im Interferometerkopf. Günstigerweise werden nicht nur die den Meßstrahl und den Referenzstrahl führenden Lichtleitfasern mit einer aushärtenden Masse vergossen. Vielmehr ist bevorzugt vorgesehen, daß alle optischen Komponenten des Interferometerkopfes samt Lichtwellenleiter, vorzugsweise zusammen mit den Ein- und Auskoppellinsen bzw. deren Halterungen, und der Tragkörper miteinander vergossen sind. Damit eegibt sich bei ausgehärteter Masse eine robuste, in ihrer Justierung fixierte Interferometerkopfeinheit, wobei durch das Vergießen zusätzlich zur "Starrheit" eine Isolation zur Umgebung (beispielsweise gegen Wärme,Schall etc.) erreicht wird und der gesamte Interferometerkopf dadurch unempfindlicher gegenüber Schwankungen der Umgebungsbedingungen wird. Wenngleich ein starrer Tragkörper, beispielsweise aus Metall, momentan günstig erscheint, ist es grundsätzlich auch denkbar, daß die ausgehärtete Masse,mit der die optischen Komponenten und Lichtwellenleiter des Interferometerkopfs vergossen sind, selbst den Tragkörper

bildet.

Um einen verbesserten Schutz gegen mechanische Einwirkungen und eine verbesserte Isolation gegen die Umgebung zu erhalten, ist es gemäß einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Interferometerkopfs günstig, wenn der Tragkörper von einem fest mit ihm verbundenen Gehäuse umgeben ist oder selbst ein Gehäuse bildet. Der Tragkörper und/oder das Gehäuse bestehen günstigerweise aus Metall, welches eine hohe mechanische Festigkeit und eine gute Wärmeleitfähigkeit aufweist, womit lokale Temperaturunterschiede im Interferometerkopf weitgehend vermieden werden können. Durch Anbringung von Isolations- bzw. Dämmmaterialien kann eine Isolation gegenüber der Umgebung und damit eine Unempfindlichkeit gegenüber relativ raschen Schwankungen der Umgebungsbedingungen (insbesondere der Temperatur) erreicht werden. Eine allmähliche Angleichung der Temperatur des Interferometerkopfs an die Umgebunstemperatur wird sich allerdings nicht vermeiden lassen. Um bei solchen "langsamen" Temperaturänderungen eine Beeinträchtigung des Interferenzsignales sicher zu vermeiden, ist gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung vorgesehen, daß der Weg, den jeder der Referenzstrahlen im Lichtwellenleiter zwischen Strahlteiler und Rekombinationseinrichtung zurücklegt, im wesentlichen gleich lang ist wie die Summe jener Wege, die der Meßstrahl im Interferometerkopf in Lichtwellenleitern zurücklegt. Bei einer Temperaturänderung dehnen sich die Lichtwellenleiterabschnitte, in denen der Referenzstrahl bzw. die Referenzstrahlen, und die Lichtwellenleiterabschnitte, in denen der Meßstrahl geführt wird, im gleichen Maße aus, sodaß es durch die Temperaturänderung zu keiner unerwünschen Phasenverschiebung des optischen bzw. der optischen Interferenzsignale kommt.

Das genannte Gehäuse des Interferometerkopfs ist gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wannenförmig ausgebildet, wobei zumindest ein Großteil der optischen Komponenten des Interferometerkopfes samt Lichtwellenleitern im Bereich der Gehäusewanne, vorzugsweise im Bereich eines eben ausgebildeten Wannenbodens angeordnet ist. In ein solches wannenförmiges Gehäuse lassen sich die optischen Komponenten und Lichtwellenleiter einfach und geschützt unterbringen. Außerdem läßt sich ein solches wannenförmiges Gehäuse leicht mit einer aushärtenden Masse ausgießen, wobei alle optischen Komponenten samt Lichtwellenleitern gegebenenfalls nach Justierung justierbarer Komponenten (beispielsweise der Ein- und Auskoppellinsen) miteinander vergossen sind. Ein besonders hoher Schutz wird erreicht, wenn das Gehäuse allseitig geschlossen bzw. durch einen lösbar befestigten Deckel od.dgl. verschließbar ist.

Die Ein- und Auskoppellinsen, die günstigerweise im Bereich der Gehäusewandung des Interferometerkopfs angeordnet sind, können starr mit dem Tragteil des Interferometerkopfs in Verbindung stehen. Günstiger erscheint es jedoch, wenn die Ein- und Auskoppellinsen am Tragteil, vorzugsweise über verstellbare Linsenhalterungen, verstellbar gelagert sind und in der eingestellten Lage vorzugsweise über Befestigungsmittel arretierbar sind. Damit läßt sich die Ausrichtung der Auskoppellinse und der Einkoppellinse beim Hersteller des Interferometerkopfs ein für allemal richtig festlegen und arretieren. Die richtig eingestellten Linsen samt Linsenhaltungen können dann beispielsweise zusammen mit den optischen Komponenten und Lichtwellenleitern im Interferometerkopf fix vergossen werden. Im allgemeinen wird man die Auskoppellinse und die Einkoppellinse parallel zueinander ausrichten und als

Meßspiegel einen Retroreflektor benutzen, der unabhängig von seiner Verkippung den aus der Auskoppellinse austretenden Meßstrahl parallel zu sich selbst zurückwirft. Durch die Parallelausrichtung der Aus- und Einkoppellinsen wird dann der vom Retroreflektor zurückkehrende Meßstrahl über die Einkoppellinse in einen Eingangs-Lichtwellenleiter richtig eingekoppelt.

Wenngleich auch eine Lichtzufuhr aus der Laserlichtquelle zum Interferometerkopf denkbar ist, bei der das Licht frei durch die umgebende Luft verläuft, ist es im Hinblick auf eine wesentlich vereinfachte Handhabung des Interferometerkopfs sicherlich von Vorteil, wenn die Laserlicht-Zufuhr über eine flexible Lichtleitfaser erfolgt. Der Interferometerkopf kann dabei fest an eine Lichtleitfaser angeschlossen sein. Vorteilhafter ist es aber, wenn der Interferometerkopf einen lösbaren Faserverbinder zum Anschluß an eine solche laserlichtzuführende Lichtleitfaser aufweist. Dieselben Überlegungen wie für die Lichtzufuhr gelten für die Übertragung der optischen Interferenzsignale aus dem Interferometerkopf zu einer photoelektrischen Detektoreinheit außerhalb des Interferometerkopfs. Auch hier sind flexible Lichtleitfasern günstig, die entweder fest mit dem Interferometerkopf verbunden sein können oder - was vorteilhafter ist - über mindestens einen lösbaren Faserverbinder mit dem Interferometerkopf in Verbindung stehen. Durch eine solche lösbare Verbindung des Interferometerkopfs mit flexiblen Lichtleitfasern wird die Handhabung erheblich erleichtert. Beispielsweise können die flexiblen Lichtleitfasern einfach verlegt werden, bevor sie über die lösbaren Faserverbinder an den Interferometerkopf angesteckt werden. Außerdem lassen sich die zum bzw. vom Interferometerkopf führenden flexiblen Lichtleitfasern im Falle einer Beschädigung rasch und einfach aus-

wechseln. Auch ein durch große Gewalteinwirkung beschädigter Interferometerkopf könnte so rasch und einfach ausgetauscht werden. Die lösbaren Faserverbinder könnten grundsätzlich außerhalb des Interferometerkopfes an Lichtleitfaserstücken, die mit dem Interferometerkopf in Verbindung stehen, angebracht sein. Vorteilhafter ist jedoch eine bevorzugte Ausführungsform, die dadurch gekennzeichnet ist, daß der bzw. die Faserverbinder zum lösbaren Anschluß von einer oder mehreren flexiblen Lichtleitfaser(n) an den Interferometerkopf jeweils als zweiteilige Faserkupplung(en) ausgeführt ist (sind), wobei der interferometerkopfseitige Teil jeder Faserkupplung an einen oder mehrere Lichtwellenleiter im Interferometerkopf angeschlossen ist und mit dem Tragkörper bzw. dem Gehäuse des Interferometerkopfes verbunden oder daran ausgebildet ist, und wobei der mit dem interferometerkopfseitigen Teil korrespondierende andere Teil jeder Faserkupplung an eine oder mehrere flexible Lichtleitfaser(n) angeschlossen ist.

Ein solcher Interferometerkopf kann als kompakte Einheit ausgeführt werden, aus der zunächst keine Lichtleitfasern hinein- bzw. herausführen. Der Interferometerkopf weist als Eingang den interferometerkopfseitigen Teil einer Faserkupplung auf. Der andere Teil der Faserkupplung ist an einer flexiblen Lichtleitfaser angebracht, die Laserlicht aus der Laserlichtquelle führt. Durch Verbinden (beispielsweise Zusammenstecken) der beiden Teile der Faserkupplung kann dem Interferometerkopf aus der Laserlichtquelle über den Eingang Laserlicht zugeführt werden. Ähnlich ist die Situation bei der Übertragung der optischen Interferenzsignale aus dem Interferometerkopf. Auch hier ist eine zweiteilige Faserkupplung günstig, wobei der interferometerkopfseitige Teil mit dem Tragkörper oder Gehäuse des Interferometerkopfs verbunden ist und dessen Ausgang bildet. Zur Übertragung der optischen Interferenzsignale

kann eine oder mehrere Lichtleitfasern vorgesehen sein, die mit einem Teil der Faserkupplung verbunden sind, welcher in den interferometerkopfseitigen Teil der Faserkupplung am Ausgang des Interferometerkopfs paßt. Sind mehrere flexible Lichtleitfasern zur Übertragung von optischen Interferenzsignalen aus dem Interferometerkopf an eine photoelektrische Detektoreinheit vorgesehen, so können diese Lichtleitfasern jeweils über eine eigene zweiteilige Faserkupplung mit dem Interferometerkopf verbindbar sein. Es ist aber auch möglich, alle derartigen flexiblen Lichtleitfasern gemeinsam über eine Mehrfach-Faserkupplung mit dem Interferometerkopf zu verbinden.

Während die Lage der optischen Komponenten und Lichtwellenleiter im Interferometerkopf bereits festliegt, muß der Interferometerkopf als Ganzes an der Einsatzstelle so ausgerichtet werden, daß der Meßstrahl parallel zum Verschiebeweg des Meßspiegels verläuft. Um dies auf einfache Weise sicherzustellen, kann gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung vorgesehen sein, daß der Interferometerkopf an einem Basisteil verstellbar gelagert ist. Dieser Basisteil kann beispielsweise eine Grundplatte sein, die zum Interferometerkopf gehört. Der Basisteil kann aber andererseits auch von einem Maschinenteil od.dgl. gebildet sein, an dem der Interferometerkopf zu befestigen ist. Der Interferometerkopf weist günstigerweise einstellbare Justierelemente auf, um die räumliche Lage des Tragkörpers relativ zum Basisteil festzulegen. Eine bevorzugte konstruktive Ausführungsform besteht darin, daß der Tragkörper über eine kugelgelenkartige Verbindung mit dem Basisteil verbunden ist und die Justierelemente am Interferometerkopf verstellbar gelagerte Schrauben umfassen, die sich jeweils mit ihrer vorzugsweise abgerundeten Spitze an einer Fläche des

Basisteiles abstützen. Auf diese Weise ist eine Justierung des Tragkörpers des Interferometerkopfs in allen Raumrichtungen möglich.

Die Erfindung betrifft weiters eine Interferometeranordnung mit einem erfindungsgemäß ausgebildeten Interferometerkopf, mit einer außerhalb des Interferometerkopfs angeordneten Laserlichtquelle, deren Laserlicht dem Interferometerkopf zugeführt wird, mit einer außerhalb des Interferometerkopfs angeordneten photoelektrischen Detektoreinrichtung zur Erfassung und Auswertung von wenigstens einem optischen Interferenzsignal aus dem Interferometerkopf und mit einem außerhalb des Interferometerkopfs angeordneten, beweglichen Meßspiegel oder einer reflektierenden Meßfläche zur Reflexion des aus dem Interferometerkopf austretenden Meßstrahles zum Interferometerkopf zurück.

Die erfindungsgemäße Interferometeranordnung weist zur Zufuhr von Laserlicht von der Laserlichtquelle zum Interferometerkopf und/oder zur Übertragung der optischen Interferenzsignale aus dem Interferometerkopf zur photoelektrischen Detektoreinheit günstigerweise jeweils mindestens eine flexible Lichtleitfaser auf. Die flexiblen Lichtleitfasern können nicht nur am interferometerkopfseitigen Ende einen lösbaren Faserverbinder aufweisen, vielmehr ist bevorzugt vorgesehen, daß für die flexiblen Lichtleitfasern am interferometerkopfseitigen Ende und am gegenüberliegenden Ende jeweils ein lösbarer, vorzugsweise zweiteiliger Faserverbinder vorgesehen ist. Die flexiblen Lichtleitfasern können damit nicht nur am Interferometerkopf in einfacher Weise ein- und ausgesteckt werden, es ist vielmehr auch eine lösbare Verbindung im Bereich der Laserlichtquelle bzw. der photoelektrischen Detektoreinrichtung gegeben.

Damit können je nach Anwendungsfall verschieden lange flexible Lichtleitfasern verwendet werden, die außerdem im Falle einer Beschädigung rasch und einfach ausgetauscht werden können. Für die flexible Lichtleitfaser zur Laserlichtzufuhr eignet sich insbesondere eine monomode Glasfaser, in der wohldefinierte Wellenfronten vorhanden sind. Besonders günstig erscheint die Verwendung einer polarisationserhaltenden Lichtleitfaser zur Laserlichtzufuhr, da es bei der Verwendung von "normalen" monomoden Lichtleitfasern durch Bewegen dieser Lichtleitfasern (z.B. beim Verlegen oder auch im Betrieb) unter Umständen zu unerwünschten Veränderungen des Polarisationszustandes des Lichtes kommen kann, die die optischen Interferenzsignale und damit das Meßergebnis verfälschen können.

Auch im Interferometerkopf ist die Lichtführung in Einmoden-Wellenleitern, beispielsweise in monomoden Glasfasern, günstig. In derartigen Einmoden-Wellenleitern hat man wohldefinierte Wellenfronten, und damit erzielt man bei der Rekombination von Meß- und Referenzstrahl gut definierte, optische Interferenzsignale.

Zur Übertragung der optischen Interferenzsignale aus dem Interferometerkopf an eine photoelektrische Detektoreinheit reichen multimode Lichtleitfasern aus.

Die erfindungsgemäße Interferometeranordnung kann auch mehrere, vorzugsweise gleichartige Interferometerköpfe aufweisen, die günstigerweise über flexible Lichtleitfasern alle mit einer gemeinsamen Laserlichtquelle verbunden sind. Außerdem ist es günstig, alle Interferometerköpfe an eine zentrale photoelektrische Detektoreinrichtung anzuschließen. Ordnet man jedem Interferometerkopf einen eigenen beweglichen Meßspiegel zu, so läßt sich beispielsweise eine Interferometeran-

ordnung realisieren, mit der in allen drei Raumrichtungen gemessen werden kann.

Weitere Vorteile und Einzelheiten der Erfindung werden in der folgenden Figurenbeschreibung näher erläutert.

Die Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels der erfindungsgemäßen Interferometeranordnung mit einem erfindungsgemäß ausgebildeten Interferometerkopf, wobei ein Teil des zum bzw. vom Interferometerkopf führenden Lichtleitfaserkabels vergrößert dargestellt ist. Die Fig. 2 zeigt eine perspektivische Ansicht auf ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Interferometerkopfs, wobei das wannenförmige Gehäuse des Interferometerkopfs noch mit einer aushärtenden Masse auszugießen ist. Die Fig. 3 zeigt einen vertikalen Längsschnitt durch den in Fig. 2 gezeigten Interferometerkopf, wobei der Längsschnitt durch die Auskoppellinse gelegt ist und der Interferometerkopf bereits mit einem ausgehärteten Harz ausgegossen ist. Die Fig. 4 zeigt eine vereinfachte schematische Draufsicht auf ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Interferometerkopfes. Die Fig. 5 zeigt ein Ausführungsbeispiel, bei der die zentralen optischen Komponenten des Interferometerkopfs und ein Teil der Lichtwellenleiter auf einem Trägersubstrat integriert sind. Die Fig. 6 zeigt in einer schematischen Darstellung ein Ausführungsbeispiel, bei dem vier phasenverschobene Ausgänge durch eine Aufteilung des Referenz- und Meßstrahles und durch zwei Rekombinationseinrichtungen erzeugt werden. Die Fig. 7 zeigt eine schematische Darstellung eines im wesentlichen geschlossenen Interferometerkopfs samt den Justierelementen zur Festlegung der räumlichen Lage des Interferometerkopfs. Schließlich zeigt die Fig. 8 ein Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Interferometeranordnung mit drei im

wesentlichen identischen Interferometerköpfen.

Die in Fig. 1 dargestellte Interferometeranordnung weist einen erfindungsgemäßen Interferometerkopf 1, eine Laserdiode 2 als Laserlichtquelle zur Versorgung des Interferometerkopfs 1 mit Laserlicht und eine photoelektrische Detektoreinrichtung 3 zur Auswertung der aus dem Interferometerkopf stammenden optischen Interferenzsignale auf. Der Interferometerkopf 1 ist von einem geschlossenen Gehäuse 4 aus Metall umgeben und enthält in seinem Inneren mehrere, durch monomode Glasfasern verbundene optische Komponenten, die im folgenden näher beschrieben werden. Das in die flexible Lichtleitfaser 6 gelange Laserlicht aus der Laserdiode 2 erreicht einen Strahlteiler 7, der eine Aufteilung in Meß- und Referenzstrahl vornimmt. Der Meßstrahl wird über die monomode Glasfaser 8 und die Auskoppellinse 9 (Gradientenindexlinse) auf die außerhalb des Interferometerkopfs liegende, im Umgebungsmedium verlaufende Meßstrecke geführt. Der Referenzstrahl verläuft in der Referenzfaser 10 im Interferometerkopf 1. An einem in Richtung des Doppelpfeiles 11 verschieblichen (nicht dargestellten) Bauteil ist der Retroreflektor 12 befestigt. Dieser Retroreflektor 12 reflektiert den Meßstrahl mit Strahlversatz zum Interferometerkopf 1 zurück. Über eine gesonderte Einkoppellinse 13 gelangt der Meßstrahl in die Glasfaser 14. In der als Faserkoppler ausgeführten Rekombinationseinrichtung 15 werden der von der Meßstrecke zurückkehrende Meßstrahl und der in der Referenzfaser geführte Referenzstrahl zur Interferenz gebracht. Zwei weitere Strahlteiler 18 und 19 sind an die beiden komplementären Ausgänge 16 und 17 der Rekombinationseinrichtung 15 angeschlossen. Über Polarisationsfilter 20a bis d gelangen die phasenverschobenen optischen Interferenzsignale in die zur Detektoreinrichtung 3 führenden flexiblen Lichtleitfasern 21a bis d.

Aus den vier jeweils um 90° gegeneinander phasenverschobenen Interferenzsignalen lassen sich in bekannter Weise neben dem Verschiebeweg des Retroreflektors 12 auch die Verschieberichtung und der Modulationshub des Interferenzsignals ermitteln. Die dargestellte Interferometeranordnung wird also mit zwei senkrecht aufeinanderstehenden Polarisationen betrieben. Dazu ist ein Polarisator 22 vorgesehen, der unter 45° zu den Polarisationsfiltern 20a-d ausgerichtet ist. Beide Polarisationsanteile durchlaufen dieselbe Meßstrecke. Im Referenzzwei 10 ist ein $\lambda/4$-Plättchen (Viertelwellen-Platte) 23 angeordnet, um eine Polarisationsrichtung gegenüber der anderen um 90° in der Phase zu verschieben.

Die Detektoreinrichtung 3 weist vier Photodetektoren 24a bis d auf. Diese vier Photodetektoren 24a bis d erzeugen aus den optischen Interferenzsignalen elektrische Signale, die von einer Elektronikeinheit ausgewertet werden. Das Ergebnis (die Lage des Retroreflektors 12) wird über eine Anzeige 25 angezeigt. Die Laserdiode 2 befindet sich in einem durch die wärmeisolierende Dämmwand 26 abgeteilten Gehäusebereich des vom Interferometerkopf räumlich getrennten Lichtquellen- und Auswertgehäuses 27.

Bei dem in Fig. 1 gezeigten Ausführungsbeispiel bildet das Gehäuse 4 mit dem ebenen Boden 4a einen starren Tragkörper, mit dem der Strahlteiler 7 und die Rekombinationseinrichtung 15 beispielsweise durch Verkleben starr verbunden sind. Erfindungsgemäß sind auch die den Meßstrahl führenden Lichtleitfaserstücke 8 und 14 sowie die den Referenzstrahl führende Referenzfaser 10 starr mit dem Tragkörper bzw. Gehäuseboden 4a verbunden.

Damit kann es im kritischen Bereich, wo Referenz- und Meßstrahl innerhalb des Interferometerkopfes 1 räumlich getrennt verlaufen, zu keiner Lageänderung der zunächst flexiblen Lichtleitfaserstücke 8,10 und 14 kommen. Solche Lageänderungen könnten nämlich in unerwünschter Weise die von der Rekombinationseinrichtung 15 abgegebenen optischen Interferenzsignale verändern. Man ist aber daran interessiert, daß lediglich eine Bewegung des Meßspiegels 12 eine derartige Veränderung der optischen Interferenzsignale bewirkt, sodaß schließlich über die Anzeige 25 die korrekte Lage bzw. der korrekte Verschiebeweg des Retroreflektors 12 angezeigt wird. Um die nötige "Starrheit" der Verbindung zwischen Lichtleitfasern und Tragkörper des Interferometerkopfs zu erzielen, reicht es im allgemeinen aus, wenn die Lichtleitfasern stellenweise am Tragkörper festgeklebt sind. Eine noch bessere Verbindung zwischen Lichtleitfasern und Tragkörper wird man natürlich erzielen, wenn man die Lichtleitfasern über ihre gesamte Länge mit dem Tragkörper verbindet, beispielsweise daran festklebt.

Gemäß der Erfindung stehen die Auskoppellinse 9 und die Einkoppellinse 13 des betriebsbereiten Interferomterkopfs starr mit dessen Tragkörper in Verbindung. Bei dem in Fig. 1 dargestellten Ausführungsbeispiel sind die Aus- bzw. Einkoppellinsen 9,13 starr in die vordere Gehäusewand 4b des den Tragkörper bildenden Gehäuses 4 eingesetzt. Die exakte Parallelausrichtung der beiden Linsen 9 und 13, die sicherstellt, daß der vom Retroreflektor 12 zurückreflektierte Meßstrahl tatsächlich in die Lichtleitfaser 14 eingekoppelt wird, ist beim vorliegenden Ausführungsbeispiel dadurch erreicht, daß die Linsen 9 und 13 in exakt parallele Bohrungen der metallischen Vorderwand 4b des Gehäuses 4 eingesetzt, beispielsweise eingeklebt, sind, wobei die zylindrische

Außenfläche der Linsen 9 und 13 an der Innenwand der Bohrung anliegt. Derartige parallele Bohrungen lassen sich mit relativ geringem Aufwand exakt herstellen.

Insgesamt stehen der Strahlteiler 7, die Rekombinationseinrichtung 15, die beiden Linsen 9 und 13, die den Meßstrahl führenden Lichtleitfaserstücke 8 und 14 sowie die den Referenzstrahl führende Referenzfaser 10 starr mit dem Interferometerkopf-Gehäuse 4 (Tragkörper) in Verbindung, womit sich eine gegen Druck-,Stoß- und Schockeinwirkungen umempfindlich Baueinheit ergibt. Diese Unempfindlichkeit gegen mechanische Einflüsse wird weiters noch dadurch verbessert, daß auch die übrigen Komponenten und Lichtleitfasern im Interferometerkopf starr mit diesem verbunden, beispielsweise verklebt sind. Insbesondere ist zur Führung des Laserlichts vom Eingang 28 des Interferometerkopfes 1 zum Strahlteiler 7 eine starr mit dem Interferometerkopf-Gehäuse 4 verbundene Lichtleitfaser 6 vorgesehen, und es sind zur Führung der optischen Interferenzsignale nach der Rekombinationseinrichtung 15 zum Ausgang 29 ebenfalls starr mit dem Gehäuse 4 verbundene Lichtleitfasern 16,17 und 21a bis d vorgesehen. Zusätzlich bietet das im wesentlichen geschlossene Gehäuse 4, das beispielsweise mit einem lösbar befestigten Deckel dicht verschließbar ist, einen Schutz gegen mechanische Störeinflüsse. Außerdem erhöht ein solches Gehäuse die Unempfindlichkeit gegen Schwankungen der Umweltbedingungen. Um bei Temperaturänderungen, die sich mit der Zeit auch auf das Innere des Gehäuses 4 übertragen, keine unerwünschte Veränderungen des Interferenzsignales zu haben, ist vorgesehen, daß die Summe der Längen der Lichtleitfaserstücke 8 und 14 in etwa gleich der Länge der Referenzfaser 10 (Referenzstrahl) ist. Bei Temperaturänderungen dehnen sich alle diese Lichtleitfasern in gleichem Maße aus, sodaß es zu keiner relativen Phasen-

verschiebung zwischen Meß- und Interferenzstrahl und damit zu keiner Veränderung des optischen Interferenzsignales in der Rekombinationseinrichtung kommt, wenn der Meßspiegel 12 feststeht.

Die Lichtleitfasern im Interferometerkopf 1 sind im wesentlichen in einer Ebene verlegt (Aufliegen auf dem ebenen Boden 4a des Gehäuses 4), womit es zu keinen unkontrollierten Veränderungen des Polarisationszustandes des in den Lichtleitfasern geführten Laserlichtes kommt.

Zur Zufuhr von Laserlicht aus der Laserlichtquelle 2 zum Interferometerkopf 1 ist eine flexible monomode Glasfaser 32 vorgesehen. Damit läßt sich der kleine kompakte Interferometerkopf unabhängig vom relativ sperrigen Lichtquellen- und Auswertgehäuse 27 an einer für die Messung geeigneten Stelle in der richtigen Ausrichtung anbringen. Insbesondere, wenn man mit polarisiertem Licht arbeitet, ist es günstig, wenn die Zufuhr-Lichtleitfaser 32 eine polarisationserhaltende Lichtleitfaser ist, weil dann unabhängig von der Verlegung dieser Lichtleitfaser am Eingang 28 bzw. beim Strahlteiler 7 ein wohldefinierter Polarisationszustand des Laserlichtes gegeben ist.

Zur Übertragung der (beim vorliegenden Ausführungsbeispiel 4) optischen Interferenzsignale an die photoelektrische Detektoreinrichtung 3 sind beim vorliegenden Ausführungsbeispiel vier multimode-flexible Lichtleitfasern 33a bis d vorgesehen. Durch diese optische Übertragung der vier phasenverschobenen Interferenzsignale aus dem Interferometerkopf erzielt man eine hohe Unempfindlichkeit gegen elektromagnetische Einstreuungen.

Die flexible monomode Lichtleitfaser 32, über die Laserlicht dem Intferferometerkopf zugeführt wird, und vier Kunststoff-Lichtleitfasern 33a bis d, über die optische Interferenzsignale aus den Lichtleitfasern 21a bis d den Photodektoren 24a bis d zugeführt werden, sind in einem von einem Mantel 36 umgebenen Kabel zusammengefaßt. Das Faserkabel 35 ist am lichtquellenseitigen Ende über einen zweiteiligen Mehrfach-Faserverbinder 37 lösbar mit Lichtleitfasern im Lichtquellen- und Auswertgehäuse 27 verbunden. Im einzelnen ist die von der Laserdiode kommende Lichtleitfaser 38 mit der monomoden Glasfaser 33 lösbar verbunden. Die vier Kunststoff-Lichtleitfasern 33a bis d des Faserkabels 35 sind über den Stecker 37 mit Lichtleitfasern verbunden, die zu den Photodetektoren 24a bis d führen.

Am interferometerkopfseitigen Ende des Faserkabels 35 ist ein zweiter Mehrfach-Faserverbinder 40 (Faserkupplung) zur lösbaren Verbindung der Lichtleitfasern des Faserkabels 35 mit entsprechenden Fasern im Interferometerkopf herzustellen. Im einzelnen wird über die zweiteilige steckbare Faserkupplung 40 die monomode Glasfaser 32 mit der monomoden Glasfaser 6 verbunden. Außerdem erfolgt eine optische Kopplung der Lichtleitfasern 21a bis d mit den Lichtleitfasern 33a bis d des Faserkabels 35. Der interferometerkopfseitige Teil der Faserkupplung 40 ist fest mit dem Gehäuse 4 des Interferometerkopfs 1 verbunden, während der in diesem Teil der Faserkupplung passende andere Teil mit dem Faserkabel 35 verbunden ist. Damit läßt sich die optische Verbindung des Faserkabels mit dem Interferometerkopf rasch herstellen und wieder lösen. Das Faserkabel 35 läßt sich unter Beachtung der optischen Mindestlänge an die jeweiligen Einsatzbedingungen einfach anpassen, ist leicht verlegbar und kann bei Beschädigungen einfach und rasch ausgetauscht werden.

Dieser Austausch kann sogar vom Benutzer vorgenommen werden, da eine aufwendige Justage im Anschluß an den Austausch nicht nötig ist.

Da bei der erfindungsgemäßen Interferometeranordnung die eigentliche Meßstrecke großteils in einem gasförmigen Umgebungsmedium (meist Luft) verläuft und sich dort die relevante Lichtwellenlänge mit der von den Umgebungsbedingungen abhängigen Brechzahlen ändert, muß man zur Erzielung höchster Genauigkeiten diese Brechzahl bzw. die im gasförmigen Medium vorhandene Wellenlänge kennen. Man kann dazu in klimatisierten Räumen arbeiten, in denen man die Umgebungsbedingungen und damit die Brechzahl im wesentlichen konstant hält. Im allgemeinen stehen jedoch solche Räume nicht zur Verfügung. Dann kann man prinzipiell mit einem der bekannten Brechzahlbestimmungsverfahren bzw. Wellenlängenbestimmungsverfahren laufend die Brechzahl bzw. Lichtwellenlänge im gasförmigen Umgebungsmedium ermitteln. Beispielsweise bietet sich das Parameterverfahren an, bei dem man Temperatur, Druck, Feuchte und eventuell die Gaszusammensetzung der Umgebungsluft ermittelt und daraus die Brechzahl errechnet. Es besteht jedoch auch die Möglichkeit, die im gasförmigen Umgebungsmedium vorhandene Lichtwellenlänge durch Vergleich mit einer statischen Maßverkörperung (Etalon) zu ermitteln. Beim vorliegenden Ausführungsbeispiel ist zur im folgenden näher beschriebenen Kompensation von variablen Umweltbedingungen (Schwankungen der Brechzahl des Umgebungsmediums auf der Meßstrecke) ein statisches Etalon 41 vorgesehen, zwischen dessen teildurchlässigen Reflexionsflächen 42 und 43 ein Raumbereich liegt, der über die Öffnung 44 mit dem Umgebungsmedium kommuniziert. Die Länge des Etalons 41 (Abstand der parallelen teildurchlässigen Reflexionsflächen 42 und 43) ist bekannt und beträgt typischerweise einige Millimeter. Ein Ring 45

mit vernachlässigbar kleinem Wärmeausdehnungskoeffizienten (beispielsweise aus Glaskeramik) hält die beiden Reflexionsflächen 42 und 43 in dem gewünschten bekannten Abstand. Das Etalon ist an eine Licht aus der Laserdiode 2 führende, flexible Lichtleitfaser 46 angeschlossen, die bis auf den Bereich ganz am Etalon 41 (wie alle anderen Lichtleitfasern) durch eine einfache Linie dargestellt. Diese Lichtleitfaser 46 erlaubt es, das Etalon an einer günstigen Stelle und Lage im Bereich der Meßstrecke ohne aufwendig zu justierende optische Bauteile anzuordnen. Damit ist sichergestellt, daß auf der Meßstrecke, entlang der sich der Retroreflektor 12 bewegt, und zwischen den Reflexionsflächen 42 und 43 des Etalons tatsächlich dieselben Umweltbedingungen (Brechzahl) herrschen.

Um eine einwandfreie Justierung des Glasfaserendes bezüglich der Reflexionsflächen 42 und 43 zu erzielen, ist dieses Ende von einer an einem Abstandhalter 48 angebrachten ringförmigen Haltevorrichtung 47 gehalten. Damit ist die erforderliche Winkelgenauigkeit in der optischen Strahlführung ständig gewährleistet.

Im vorliegenden Ausführungsbeispiel ist die Lichtleitfaser 46 eine monomode Glasfaser, deren Ende eine ideale Punktlichtquelle darstellt. Damit ergibt sich hinter der Reflexionsfläche 43 ein durch die Linse 49 abgebildetes, präzises, gleichmäßig ausgeleuchtetes Interferenzringsystem. Eine Differentialdiode 50, die wie die Linse an einem Halter 51 befestigt ist, erfaßt einen Interferenzring des Interferenzringsystems und gibt in Abhängigkeit von der Lage des Interferenzringes über die mittels der Stecker 58 angesteckte elektrische Leitung 52 ein Signal an die Laserdioden-Regeleinheit 31 ab.

Die Emissionsfrequenz der Laserdiode 2 wird einerseits über Injektionsstrom und Temperatur und andererseits

durch frequenzselektive optische Rückkopplung aus dem Etalon 41 im Interferometerkopf 1 geregelt. Zwischen den beiden etwa 5 mm beabstandeten Reflexionsflächen 42, 43 des Etalons 41 befindet sich das auf der Meßstrecke vorhandene Umgebungsmedium. Verändert sich die Brechzahl des Umgebungsmediums und damit die Luftwellenlänge im Etalon 41, so verändert sich auch die Lage des von der Differentialdiode 50 erfaßten Interferenzrings. Die Regeleinheit 30 korrigiert daraufhin über Injektionsstrom I und Laserdiodentemperatur T (Peltier-Element 31) die Betriebsparameter der Laserdiode derart, daß sich die Emissionsfrequenz gerade so ändert, daß die auf der Meßstrecke (und im Etalon 41) vorhandene Luftwellenlänge konstant bleibt. Zusätzlich zu dieser elektronischen Regelung der Emissionsfrequenz erfolgt eine optische Regelung der Laserdiode dadurch, daß in Abhängigkeit von der Brechzahl des Umgebungsmediums zwischen den Spiegelflächen des Etalons 41 Licht frequenzselektiv in die Laserdiode zurückgekoppelt wird, das die Laserdiode dazu veranlaßt, bevorzugt auf dieser Frequenz zu emittieren. Zum Erhalt eines solchen optischen Rückkopplungssignals scheint allerdings ein (hier nicht dargestelltes) kollinear beleuchtetes Etalon günstiger zu sein.

Zwischen der am Etalon 41 angeschlossenen Lichtleitfaser 46 und der über den Strahlteiler 54 mit Laserlicht versorgten Lichtleitfaser 55 ist eine weitere Lichtleitfaser 53 angeordnet, deren lichtquellenseitiges Ende über einen ersten Faserverbinder 56 am Gehäuse 27 mit der Lichtleitfaser 55 lösbar verbunden ist und deren etalonseitiges Ende mit der am Etalon 41 angeschlossenen Lichtleitfaser 46 lösbar verbunden ist (Faserverbinder 57). Diese weitere Lichtleitfaser läßt sich leicht verlegen, in ihrer Länge an die jeweiligen Gegebenheiten anpassen und bei Beschädigung einfach

austauschen.

Um sicherzustellen, daß die Emissionsfrequenz der Laserdiode nicht durch unkontrollierbare frequenzselektive Rückkopplungen, wie sie z.B. aus dem "Quasietalon" zwischen der Außenfläche des Laserdiodenresonators und der ersten Spiegelfläche des Etalons 41 auftreten, in unerwünschter Weise beeinflußt wird, ist günstigerweise vorgesehen, daß zwischen der Laserdiode 2 und dem Etalon 41 eine Lichtleitfaser 53 angeordnet ist, deren optische Länge mindestens einen Meter beträgt. Aus ähnlichen Überlegungen beträgt die optische Länge der zwischen der Laserdiode 2 und dem Interferometerkopf 1 angeordneten Lichtleitfaser 32 günstigerweise mindestens einen Meter.

Die Fig. 2 zeigt in einer perspektivischen Ansicht ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Interferometerkopfes mit einem wannenförmig ausgebildeten Gehäuse 4, in dem die optischen Komponenten des Interferometerkopfes samt den Lichtleitfasern vorzugsweise im Bereich des eben ausgebildeten Wannenbodens angeordnet sind (vergleiche auch Fig. 3, die einen Längsschnitt zeigt). Insbesondere ist im Bereich des Wannenbodens 4a ein als Faserkoppler ausgebildeter Strahlteiler 7 angeordnet, der das über die Lichtleitfaser 6 zugeführte Laserlicht in einen Messstrahl (Lichtleitfaser 8) und einen Referenzstrahl (Lichtleitfaser 10) aufteilt. Weiters ist im Bereich des Wannenbodens eine ebenfalls als 2x2-Faserkoppler ausgebildete Rekombinationseinrichtung 15 angeordnet, in der der von der Meßstrecke zurückkehrende Meßstrahl und der in der Referenzfaser 10 geführte Referenzstrahl zur Interferenz gebracht werden. Die Rekombinationseinrichtung 15 weist zwei Ausgangs-Lichtleitfasern 16 und 17 auf, die komplementäre optische Interferenzsignale führen. Diese beiden Lichtleitfasern 16 und 17 enden frei in einem Abstand vor

den Polarisatoren 20a - d, sodaß der Austrittslichtkegel aus der Lichtleitfaser 16 bzw. 17 jeweils zwei Polarisatoren 20a-d erfaßt, womit man am Ausgang 29 des Interferometerkopfes 4 phasenverschobene optische Interferenzsignale zur Verfügung hat. Die relative Phasenverschiebung zwischen den beiden durch die Polarisatoren 20a-d herausprojizierten Polarisationsrichtungen, die dieselben geometrischen Wege durchlaufen, kann man mit einem nicht dargestellten Lambda 4-Plättchen oder aber auch dadurch erzielen, daß die beiden Polarisationsrichtungen im nicht dargestellten Retroreflektor einen unterschiedlichen Phasensprung erfahren. Der Retroreflektor ist so angeordnet, um den austretenden Meßstrahl 60 mit Parallelversatz zum Interferometerkopf 1 zurückzuwerfen (eintretender Meßstrahl 60').

Bei dem in den Fig. 2 und 3 dargestellten Ausführungsbeispiel sind die Ein- und Auskoppellinsen über verstellbare Linsenhalterungen 61 bzw. 62 verstellbar, am Gehäuse 4 (Tragkörper) in dessen Vorderwand 4b gelagert und über Arretierschrauben 63 bzw. 64 in der eingestellten Lage arretierbar. Die Linsenhalterung ist für die Einkoppellinse und die Auskoppellinse 9 gleich ausgebildet und wird an Hand der Fig. 3 (für den Fall der Auskoppellinse 9) näher beschrieben. Die Linsenhalterung 61 besteht im wesentlichen aus einer durchbohrten Metallkugel 61, in deren Bohrung die Auskoppellinse 9 eingesetzt ist. Von der anderen Seite her ist in die Metallkugel 61 ein Halterohr 65 eingeschraubt, welches die Ausgangslichtleitfaser 8 im Bereich der Linsenhalterung führt. Die Ausgangslichtleitfaser 8 endet im Brennpunktbereich F der Auskoppellinse 9.Durch verschieden weites Einschrauben des Halterohres 65 in die Metallkugel 61 kann der Abstand des Endes der Ausgangs-Lichtleitfaser 8 von der Linse 9 und damit die Divergenz des austretenden Meßstrahles 60 eingestellt werden. Die Ausgangslichtleitfaser 8 verläuft von dem als Wellenleiterkoppler ausgebildeten Strahlteiler 7 durchgehend bis zum

Brennpunktsbereich F der Auskoppellinse 9. Bei der in Fig.3 nicht näher dargestellten Einkoppellinse verläuft ebenfalls ein durchgehender Lichtwellenleiter vom Brennpunktsbereich der Einkoppellinse durch das Halterohr 66 zur Rekombinationseinrichtung 15, die ebenfalls als Wellenleiterkoppler (Faserkoppler) ausgebildet ist.
Die Ausrichtung der Auskoppellinse 9 und damit der Richtung des ausgekoppelten Meßstrahles 60 erfolgt durch Einstellung der Lage der Metallkugel-Halterung 61 gegenüber dem Gehäuse 4, wobei das Halterohr 65 einen Angriffspunkt für diese Einstellung bietet. Nach erfolgter Ausrichtung wird die Arretierschraube 63 eingeschraubt und die Metallkugel 61 festgeklemmt. Diese Einstellung der Linsen kann bereits beim Hersteller erfolgen.

Um nun gemäß der Erfindung die optischen Komponenten und die zumindest abschnittweise schleifenförmig verlegten Lichtleitfasern starr mit dem Gehäuse 4 (Tragkörper) bzw. der damit fest verbundenen Einlage 4d zu verbinden, ist beim vorliegenden Ausführungsbeispiel vorgesehen, die Gehäusewanne mit einer aushärtenden Masse auszugießen. Diese Masse 67 ist in Fig. 3 gezeigt. Im ausgehärteten Zustand bietet diese Masse neben einer Festlegung der Komponenten und Lichtleitfasern eine zusätzliche Isolation und damit eine Erhöhung der Unempfindlichkeit gegenüber Schwankungen der Umgebungsbedingungen. Die am Gehäuse 4 fest haftende Masse kann ein im ausgehärteten Zustand duroplastisches Harz sein. Beispielsweise eignet sich ein Epoxid-Harz. Nach dem Vergießen kann der Interferometerkopf zusätzlich durch einen Deckel 68 verschlossen werden.

Zum Anschluß der Laserlicht-zuführenden flexiblen Lichtleitfaser 32 an den Interferometerkopf 1 ist eine zweiteilige Faserkupplung vorgesehen. Der interferometerkopfseitige Teil 70a dieser Faserkupplung ist in der hinteren Gehäusewand 4c des Interferometerkopf-Gehäuses 4 ausgebildet, während der lichtquellenseitige Teil 70b an die Lichtleit-

faser 32 angeschlossen ist. Die Teile 70a und 70b passen formschlüssig ineinander. Ähnlich ist die Situation zur lösbaren Verbindung der Kunststoff-Lichtleitfasern 33a-d mit dem Interferometerkopf. Auch hier ist eine zweiteilige (mehrfach) Faserkupplung vorgesehen, deren interferometerkopfseitiger Teil 71a in der hinteren Gehäusewand 4c des Interferometerkopfes 1 ausgebildet ist, während der detektorseitige Teil 71b mit den Lichtleitfasern 33 a-d verbunden ist. Über diese lösbaren Faserkupplungen ist ein rascher Anschluß der Lichtleitfasern an den Interferometerkopf möglich.

Der in Fig. 4 in einer Draufsicht gezeigte Interferometerkopf ist ähnlich ausgebildet wie der in den Fig. 2 und 3 gezeigte Interferometerkopf. Im wesentlichen besteht der Unterschied - abgesehen von der Verlegung der Lichtleitfasern im Inneren des Interferometerkopfes-darin, daß die Lichtaufteilung auf die Polarisatoren 20 a-d durch gesonderte Strahlteiler 18, 19 (Faserkoppler) erfolgt, wie dies bereits in Fig.1 gezeigt ist. Ansonsten bezeichnen gleiche Bezugsziffern gleiche bzw. äqualente Teile wie in den vorhergehenden Figuren. Selbstverständlich sind auch bei den in Fig. 4 dargestellten Ausführungsbeispielen die Lichtleitfasern und die wesentlichen optischen Komponenten des Interferometerkopfes starr mit dem Interferometerkopf-Gehäuse 4 (Tragkörper) verbunden.

Bei dem in Fig. 5 geführten Ausführungsbeispiel sind die wesentlichen optischen Komponenten, insbesondere der Strahlteiler 7und die Rekombinationseinrichtung 15, sowie ein Teil der Lichtwellenleiter auf einem Trägersubstrat 32 ausgebildet. Die Lichtwellenleiter sind eindiffundierte Wellenleiterbahnen. Das Trägersubstrat, wofür sich beispielsweise Glas oder Lithium-Niobat eignet, ist am Gehäuseboden 4b festgeklebt. Zum Anschluß der auf dem Trägersubstrat 72 ausgebildeten Wellenleiterbahnen an die außerhalb des Träger-

substrats liegenden Komponenten sind zunächst flexible Lichtwellenleiter 6,8,14 und 21a-d vorgesehen. Die gemäß der Erfindung dann starr mit dem Gehäuse 4 (Tragkörper) verbunden sind.

Bei den bisherigen Ausführungsbeispielen wurden die 4 phasenverschobenen Ausgänge unter Ausnutzung von zwei verschiedenen Polarisationen erreicht. Bei dem in Fig. 6 dargestellten Ausführungsbeispiel erhält man auf den Leitungen 21 a-d bzw. 33 a-d vier phasenverschobene Interferenzsignale durch Verwendung von zwei Rekombinationseinrichtungen 15,15' und eine "Zweiteilung" des Referenzstrahles. Die Aufteilung des Referenzstrahles in zwei räumlich getrennt verlaufende Referenzfasern 10 und 10' erfolgt im Strahlteiler 73. Der von der nicht näher dargestellten Meßstrecke zurückkehrende und über die Einkoppellinse 13 eingekoppelte Meßstrahl wird im Strahlteiler 74 auf zwei räumlich getrennt verlaufende Lichtleitfasern 14 und 14' aufgeteilt. Über die Trimmeinrichtung 75 in der Referenzfaser 10' kann die Phasenlage des darin geführten Referenzstrahl-Teiles derart verändert werden, daß auf den Ausgangs-Lichtleitfasern 21 a-d vier biespielsweise jeweils um 90^{o} phasenverschobene optische Interferenzsignale zur Verfügung stehen. Bei dem in Fig. 6 dargestellten Ausführungsbeispiel sind die Lichtleitfasern im Bereich der Ein- und Auskoppellinsen 13 bzw. 9 durch starre Faserhalter 76 gehalten.

Um den Interferometerkopf 1 als Ganzes ausrichten zu können, damit beispielsweise der austretende Meßstrahl parallel zum Verschiebeweg eines Retroreflektors verläuft, ist dieser bzw. dessen Gehäuse 4 (Tragkörper) an einem Basisteil 77 verstellbar gelagert (vergleiche Fig. 7). Um die räumliche Lage des Interferometerkopfes 1 gegenüber dem Basisteil 77 festzulegen, weist dieser zahlreiche im folgenden näher beschriebene Justier- und Befestigungselemente auf.

Der Interferometerkopf ist über eine kugelgelenkartige Verbindung mit dem Basisteil 77 verbindbar.

Gemäß Fig. 7 ist dazu eine in den Interferometerkopf bzw. dessen Tragkörper 4 einsetzbare Kugel 78 vorgesehen, die mit einer Bohrung 79 versehen ist. Durch diese Bohrung 79 hindurch kann eine Befestigungsschraube in ein Gewinde 81 in Basisteil 77 eingeschraubt werden. Der Interferometerkopf ist damit mit dem Basisteil 77 verbunden, kann jedoch durch die kugelgelenkartige Verbindung noch in allen Raumrichtungen ausgerichtet werden. Um die Verdrehlage um die Y-Achse (vergleiche kleines Koordinatensystem in Fig. 7) festzulegen, sind zwei verstellbar am Interferometerkopf gelagerte Einstellschrauben 82 vorgesehen, deren kugelförmig abgerundete Spitzen 82a an der ebenen Oberfläche des Basisteiles zur Anlage kommen. Zur Einstellung der Verdrehlage um die X-Achse ist eine verstellbar am Interferometerkopf gelagerte Einstellschraube 83 vorgesehen, deren kugelförmig abgerundete Spitze 83a sich ebenfalls an der ebenen Oberfläche des Basisteiles 77 abstützt. Zur Einstellung der Verdrehlage um die Z-Achse ist ein in ein Langloch 84 eingesetzter Exzenter 85 vorgesehen, der eine zylindrische Außenfläche und eine exzentrisch angeordnete Bohrung 86 zur Aufnahme einer Befestigungsschraube 87 aufweist, welche in ein Gewinde 88 im Basisteil 77 eingeschraubt werden kann. Bei einer in das Gewinde 88 eingeschraubter Befestigungsschraube 87 kann durch Verdrehen des Exzenters 85 die Verdrehlage des Interferometerkopfes um die Z-Achse festgelegt werden.

Das in Fig. 8 dargestellte Ausführungsbeispiel zeigt die Erweiterung der bisher beschriebenen Ausführungsbeispiele auf eine Interferometeranordnung mit drei identischen Interferometerköpfen 1,1′,1′′ (beispielsweise solchen wie in Fig. 2 und 3). Bei geeigneter Anordnung der Interferometerköpfe läßt sich beispielsweise ein Dreiachssystem realisieren,

mit dem die Lage eines Bauteiles im Raum erfaßbar ist. Gegenüber den bisher dargestellten Ausführungsbeispielen unterscheidet sich das in Fig. 8 dargestellte Ausführungsbeispiel, abgesehen von der dreifachen Zahl der Interferometerköpfe dadurch, daß das Licht aus der Laserdiode 2 zunächst einem Lichtverteiler 90 zugeführt wird, der zwei Strahlteiler 91 und 92 enthält, um das Licht an seinem Eingang 93 auf die drei Ausgänge 94 gleichmäßig zu verteilen. Der Eingang 93 des Lichtverteilers 90 ist über eine Glasfaser 95, deren optische Länge vorzugsweise mindestens einen Meter beträgt, mit der von der Laserdiode 2 kommenden Faser 38 verbunden, wobei die Glasfaser 95 beidseitig mit lösbaren Faserverbindungen angeschlossen ist. Die Interferometerköpfe 1,1′,1′′ sind über lösbare Faserverbinder 37′ an die Ausgänge 94 des Lichtverteilers 90 angeschlossen. Interferometerkopfseitig sind zweiteilige lösbare Faserkupplungen 70a, 70b; 70a′ 70b′; 70a′′, 70 b′′ vorgesehen. Die vier, aus jedem Interferometerkopf herausführenden und die optischen Interferenzsignale übertragenden Kunststoff-Lichtleitfasern 33a - d sind beim ersten Interferometerkopf 1 mit der in im Gehäuse 27 untergebrachten Detektor- bzw. Auswerteinrichtung 3 verbunden, während die Detektor- bzw. Auswerteinrichtungen 3′, 3′′ für die beiden anderen Interferometerköpfe 1′, 1′′ in gesonderten Gehäusen 27′ und 27′′ untergebracht sind. Interferometerkopfseitig sind zweiteilige lösbare Faserkupplungen 71a, 71b; 71a′, 71b′; 71a′′, 71 b′′ vorgesehen.

Das über die monomode Glasfaser 53 und die elektrische Leitung 52 an das Gehäuse 27 angeschlossene Etalon 41 wird in der Praxis in der Nähe der Meßstrecke angeordnet werden, um sicherzustellen, daß zwischen den Spiegelflächen des Etalons dieselben Umweltbedingungen herrschen wie auf der Meßstrecke.

Die Erfindung ist selbstverständlich nicht auf die darge-

stellten Ausführungsbeispiele beschränkt. Beispielsweise kann an Stelle der Laserdiode auch jede andere geeignete Laserlichtquelle, insbesondere ein im Sichtbaren emittierender Helium-Neon-Laser zum Einsatz kommen. Emittiert die Laserlichtquelle auf einer bestimmten festen Frequenz, so besteht die Möglichkeit, die Umweltbedingungen (Brechzahl der Luft auf der Meßstrecke) rechnerisch zu kompensieren, um den Verschiebeweg oder die Entfernung in metrischen Einheiten zu ermitteln. Grundsätzlich ist es auch denkbar, daß der Tragkörper des Interferometerkopfes nur aus einer ebenen Platte besteht, wenngleich auch ein im wesentlichen geschlossenes Gehäuse günstiger erscheint. Anstelle von einzelnen Linsen zur Aus- und Einkopplung des Meßstrahles können jeweils auch aus mehreren Linsen bestehende Linsenanordnungen vorgesehen sein, die dann alle fest mit dem Tragkörper des Interferometerkopfgehäuses (gegebenenfalls nach einer vorhergehenden Justierung) verbunden sind. Im Interferometerkopf können abgesehen vom Strahlteiler 7 auch weitere Strahlteiler im Meß- und Referenzzweig vorgesehen sein. Neben der in Fig. 6 dargestellten Variante, bei der der Referenzstrahl durch einen Strahlteiler in zwei Teile geteilt wird, besteht beispielsweise auch die Möglichkeit, nach dem Strahlteiler 7 im Meßzweigabschnitt im Interferometerkopf einen oder mehrere weitere Strahlteiler anzuordnen, um zusätzliche Referenzzweige abzuzweigen. Auch weitere hier nicht explizit angeführte Ausführungsformen sind im Bereich des durch die Patentansprüche festgelegten Schutzumfanges durchaus denkbar und möglich.

P a t e n t a n s p r ü c h e :

1. Interferometerkopf mit einem starren Tragkörper, mit dem ein Strahlteiler zur räumlichen Aufteilung von Laserlicht in einen Meßstrahl und einen Referenzstrahl und wenigstens eine Rekombinationseinrichtung starr verbunden sind, an der jeweils ein über eine im Interferometerkopf verlaufende Referenzstrecke geführter Referenzstrahl und ein über einen beweglichen Meßspiegel oder eine reflektierende Meßfläche geführter Meßstrahl bzw. Meßstrahlanteil unter Bildung mindestens eines optischen Interferenzsignales interferieren, dadurch gekennzeichnet, daß der Interferometerkopf (1) eine mit dem Tragkörper (4) des Interferometerkopfes (1) in Verbindung stehende Auskoppellinse (9) zum Auskoppeln des im Interferometerkopf (1) in mindestens einem Lichtwellenleiter (8) geführten Meßstrahles (60) auf eine außerhalb des Interferometerkopfes (1) liegende Meßstrecke aufweist, daß der Interferometerkopf (1) weiters mindestens eine mit dem Tragkörper (4) in Verbindung stehende Einkoppellinse (13) zum Einkoppeln des nach Reflexion an einem außerhalb des Interferometerkopfes (1) angeordneten Meßspiegel (12) oder an einer reflektierenden Fläche von der Meßstrecke zurückkehrenden Meßstrahles (60') bzw. Meßstrahlanteiles in jeweils einen Lichtwellenleiter (14) aufweist, und daß zur Führung von Referenzstrahl(en) und der im Interferometerkopf (1) verlaufenden Teile des Meßstrahles Lichtwellenleiter (8,10,14,14') vorgesehen sind, die mit dem Tragkörper (4) des Interferometerkopfes (1) starr in Verbindung stehen.

2. Interferometerkopf nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß von dem als Wellenleiterkoppler (7) ausgebildeten Strahlteiler bis zum Brennpunktsbereich (F) der Auskoppellinse (9) ein durchgehender Lichtwellenleiter (8) bzw. mehrere hintereinander angeordnete, insgesamt durchgehende Lichtwellenleiter führt bzw. führen und daß vom Brennpunktsbereich (F) jeder Einkoppellinse (13) zu jeweils einer als Wellenleiterkoppler (15, 15′) ausgebildeten Rekombinationseinrichtung ein durchgehender Lichtwellenleiter (14, 14′) bzw. mehrere hintereinander angeordnete, insgesamt durchgehende Lichtwellenleiter führt bzw. führen.

3. Interferometerkopf nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß zur Führung des Laserlichtes von einem Eingang (28) des Interferometerkopfes (1) zum Strahlleiter (7) zumindest abschnittweise ein oder mehrere vorzugsweise starr mit dem Tragkörper (4) verbundene(r) Lichtwellenleiter (6) vorgesehen ist (sind) und daß zur Führung des bzw. der optischen Interferenzsignale(s) nach der bzw. den Rekombinationseinrichtung(en) (15,15′) zu mindestens einem Ausgang (29) des Interferometerkopfes (1) zumindest abschnittweise ein oder mehrere vorzugsweise starr mit dem Tragkörper (4) verbundene(r) Lichtwellenleiter (21a-d) vorgesehen ist (sind).

4. Interferometerkopf nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtwellenleiter im Interferometerkopf (1) Lichtleitfasern (6,8,10,14,14′, 16,17,21a-d) sind.

5. Interferometerkopf nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens ein Teil der Lichtleitfasern (6,8,10, 14,14′,16,17,21a-d) im Interferometerkopf (1) zumindest abschnittweise schleifen- oder spulenförmig verlegt ist.

6. Interferometerkopf nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtwellenleiter im Interferometerkopf (1) zumindest teilweise als in ein Trägersubstrat (72) eindiffundierte Wellenleiterbahnen ausgebildet sind, wobei wenigstens der Strahlteiler (7) und die Rekombinationseinrichtung(en) (15) vorzugsweise auf demselben Trägersubstrat (72) integriert sind.

7. Interferometerkopf nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Trägersubstrat (72) am Tragkörper des Interferometerkopfes (1) festgeklebt ist.

8. Interferometerkopf nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtwellenleiter (6,8, 10,14,14',16,17,21a-d) im Interferometerkopf (1) im wesentlichen in einer Ebene, vorzugsweise auf einer ebenen Unterlage, angeordnet sind.

9. Interferometerkopf nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtwellenleiter im Interferometerkopf Einmoden-Wellenleiter, beispielsweise monomode Glasfasern (6,8,10,14,14',16,17,21a-d) sind.

10. Interferometerkopf nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß alle Lichtwellenleiter (6,8, 10,14,14',16,17,21a-d) im Interferometerkopf (1) und alle optischen Komponenten (7,15,15',18,19,20a-d, 22,23) im Interferometerkopf (1) starr mit dem Tragkörper (4) in Verbindung stehen.

11. Interferometerkopf nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtleitfasern (6,8,10, 14,14',16,17,21a-d) im Interferometerkopf (1) zumindest stellenweise, vorzugsweise im wesentlichen über ihre

gesamte Länge am Tragkörper (4) bzw. einem daran befestigten Teil festgeklebt sind.

12. Interferometerkopf nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest die den Meßstrahl und den bzw. die Referenzstrahl(en) führenden Lichtleitfasern (8,10,14,14') mit einer aushärtenden Masse (67) vergossen sind.

13. Interferometerkopf nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die ausgehärtete Masse (67) fest am Tragkörper (4) haftet.

14. Interferometerkopf nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, daß die aushärtende Masse (67) ein im ausgehärteten Zustand duroplastisches Harz ist.

15. Interferometerkopf nach einem der Ansprüche 12 - 14. dadurch gekennzeichnet, daß die aushärtende Masse ein Epoxid-Harz(67) ist.

16. Interferometerkopf nach einem der Ansprüche 12 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß alle optischen Komponenten (7,15,15',18,19,20a-d,22,23) des Interferometerkopfes (1) samt Lichtwellenleitern (6,8,10,14,14',16,17,21a-d) vorzugsweise zusammen mit den Ein- und Auskoppellinsen (9,13) bzw. deren Halterungen (61,62) und der Tragkörper (4) miteinander vergossen sind.

17. Interferometerkopf nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß der bzw. die Referenzstrahl(en) im Interferometerkopf (1) jeweils durchgehend in einem Lichtwellenleiter (10) geführt ist (sind).

18. Interferometerkopf nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß der Weg, den jeder der Referenzstrahlen im Lichtwellenleiter (10,10') zwischen Strahlteiler (7) und Rekombinationseinrichtung (15,15') zurücklegt, im wesentlichen gleich lang ist wie die Summe jener Wege, die der Meßstrahl im Interferometerkopf (1) in Lichtwellenleitern (8,14) zurücklegt.

19. Interferometerkopf nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Tragkörper (4) von einem fest mit ihm verbundenen Gehäuse umgeben ist oder selbst ein Gehäuse bildet.

20. Interferometerkopf nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß das Gehäuse (4) wannenförmig ausgebildet ist, wobei zumindest ein Großteil der optischen Komponenten (7,15,20a-d) des Interferometerkopfes (1) samt Lichtwellenleitern (6,8,10,14,16,17) im Bereich der Gehäusewanne, vorzugsweise im Bereich eines eben ausgebildeten Wannenbodens (4a) angeordnet ist.

21. Interferometerkopf nach Anspruch 19 oder 20, dadurch gekennzeichnet, daß das Gehäuse (4) allseitig geschlossen bzw. durch einen lösbar befestigten Deckel (68) oder dergleichen verschließbar ist.

22. Interferometerkopf nach einem der Ansprüche 19 bis 21, dadurch gekennzeichnet, daß der Tragkörper und/oder das Gehäuse (4) aus Metall bestehen.

23. Interferometerkopf nach einem der Ansprüche 12 bis 16 und einem der Ansprüche 9 bis 22, dadurch gekennzeichnet, daß das Gehäuse (4) zumindest teilweise, gegebenenfalls nach einer Justierung justierbarer Komponenten (61,62), mit der aushärtenden Masse (67) ausgegossen ist.

24. Interferometerkopf nach einem der Ansprüche 19 bis 23, dadurch gekennzeichnet, daß die Ein- und Auskoppellinsen (9,13) im Bereich der Gehäusewandung (4b) angeordnet sind.

25. Interferometerkopf nach einem der Ansprüche 1 bis 24, dadurch gekennzeichnet, daß die Ein- und Auskoppellinsen (9,13) starr mit dem Tragkörper (4) in Verbindung stehen.

26. Interferometerkopf nach einem der Ansprüche 1 bis 24, dadurch gekennzeichnet, daß die Ein- und Auskoppellinsen (9,13) am Tragkörper (4), vorzugsweise über verstellbare Linsenhalterungen (61,62) verstellbar gelagert sind und in der eingestellten Lage vorzugsweise über Befestigungsmittel (63,64) arretierbar sind.

27. Interferometerkopf nach einem der Ansprüche 1 bis 26, dadurch gekennzeichnet, daß der betriebsbereite Interferometerkopf eine Auskoppellinse (9) und eine parallel dazu ausgerichtete Einkoppellinse (13) aufweist.

28. Interferometerkopf nach einem der Ansprüche 1 bis 27, dadurch gekennzeichnet, daß er an eine flexible Lichtleitfaser (32) zur Zufuhr von Laserlicht angeschlossen ist bzw. einen lösbaren Faserverbinder (40; 70a,b) zum Anschluß an eine solche Lichtleitfaser (32) aufweist.

29. Interferometerkopf nach einem der Ansprüche 1 bis 28, dadurch gekennzeichnet, daß er an mindestens eine flexible Lichtleitfaser (33a-d) zur Übertragung eines oder mehrerer optischer Interferenzsignale aus dem Interferometerkopf (1) zu einer photoelektrischen Detektoreinrichtung (3) angeschlossen ist, bzw. min-

destens einen lösbaren Faserverbinder (40;71a,b) zum Anschluß solcher Lichtleitfasern (33a-d) aufweist.

30. Interferometerkopf nach einem der Ansprüche 1 bis 29, dadurch gekennzeichnet, daß der bzw. die Faserverbinder (70a,b;71a,b) zum lösbaren Anschluß von einer oder mehreren flexiblen Lichtleitfaser(n) (32;33a-d) an den Interferometerkopf jeweils als zweiteilige Faserkupplung(en) ausgeführt ist (sind), wobei der interferometerkopfseitige Teil (70a;71a) jeder Faserkupplung an einen oder mehrere Lichtwellenleiter (6;21a-d) im Interferometerkopf (1) angeschlossen ist und mit dem Tragkörper bzw. dem Gehäuse (4) des Interferometerkopfes (1) verbunden oder daran ausgebildet ist, und wobei der mit dem interferometerkopfseitigen Teil korrespondierende andere Teil (70b;71b) jeder Faserkupplung an eine oder mehrere flexible Lichtleitfaser(n) (32;33a-b) angeschlossen ist.

31. Interferometerkopf nach einem der Ansprüche 1 bis 30, dadurch gekennzeichnet, daß der Interferometerkopf bzw. dessen Tragkörper (4) an einem Basisteil (77) verstellbar gelagert ist.

32. Interferometerkopf nach einem der Ansprüche 1 bis 31, dadurch gekennzeichnet, daß er einstellbare Justierelemente (82,83,85) aufweist, um die räumliche Lage des Tragkörpers (4) relativ zu einem Basisteil (77) festzulegen.

33. Interferometerkopf nach Anspruch 32, dadurch gekennzeichnet, daß der Tragkörper (4) über eine kugelgelenkartige Verbindung (78) mit dem Basisteil (77) verbindbar ist und die Justierelemente am Interferometerkopf verstellbar gelagerte Schrauben (82,83) umfassen, die

sich jeweils mit ihrer vorzugsweise abgerundeten Spitze (82a,83a) an einer Fläche des Basisteiles (77) abstützen.

34. Interferometerkopf nach einem der Ansprüche 31 bis 33, dadurch gekennzeichnet, daß der Tragkörper (4) über einen Exzenter (85) gegenüber dem Basisteil (77) verstellbar ist.

35. Interferometeranordnung mit einem Interferometerkopf (1) nach einem der Ansprüche 1 - 34 , mit einer außerhalb des Interferometerkopfes (1) angeordneten Laserlichtquelle (2), deren Laserlicht dem Interferometerkopf (1) zugeführt wird, mit einer außerhalb des Interferometerkopfes (1) angeordneten photoelektrischen Detektoreinrichtung (3) zur Erfassung und Auswertung von wenigstens einem optischen Interferenzsignal aus dem Interferometerkopf (1) und mit einem außerhalb des Interferometerkopfes angeordneten beweglichen Meßspiegel (12) oder einer reflektierenden Meßfläche zur Reflexion des aus dem Interferometerkopf (1) austretenden Meßstrahles zum Interferometerkopf (1) zurück.

36. Interferometeranordnung nach Anspruch 35, dadurch gekennzeichnet, daß zur Zufuhr von Laserlicht von der Laserlichtquelle (2) zum Interferometerkopf (1) und/ oder zur Übertragung der optischen Interferenzsignale aus dem Interferometerkopf (1) zur photoelektrischen Detektoreinrichtung (3) jeweils mindestens eine flexible Lichtleitfaser (32;33a-d) vorgesehen ist.

37. Interferometeranordnung nach Anspruch 36, dadurch gekennzeichnet, daß für die flexiblen Lichtleitfasern

(32;33a-d) am interferometerkopfseitigen Ende und am gegenüberliegenden Ende jeweils ein lösbarer, vorzugsweise zweiteiliger Faserverbinder (37,40;70a,b;71a,b).

38. Interferometeranordnung nach Anspruch 36 oder 37, dadurch gekennzeichnet, daß die flexible Lichtleitfaser zur Laserlicht-Zufuhr eine monomode Glasfaser (32) ist.

39. Interferometeranordnung nach einem der Ansprüche 37 bis 39, dadurch gekennzeichnet, daß die flexible Lichtleitfaser zur Laserlichtzufuhr eine polarisationserhaltende Lichtleitfaser ist.

40. Interferometeranordnung nach einem der Ansprüche 36 bis 39, dadurch gekennzeichnet, daß die flexible(n) Lichtleitfaser(n) (33a-d) zur Übertragung der optischen Interferenzsignale aus dem Interferometerkopf (1) an eine photoelektrische Detektoreinrichtung (3) eine multimode Lichtleitfaser bzw. multimode Lichtleitfasern ist (sind).

41. Interferometeranordnung nach einem der Ansprüche 35 bis 40, dadurch gekennzeichnet, daß sie mehrere, vorzugsweise gleichartige Interferometerköpfe (1,1',1'') aufweist.

42. Interferometeranordnung nach Anspruch 41, dadurch gekennzeichnet, daß alle Interferometerköpfe (1,1',1'') - vorzugsweise über flexible Lichtleitfasern (32) - mit Laserlicht aus einer gemeinsamen Laserlichtquelle (2) gespeist sind.

43. Interferometeranordnung nach Anspruch 41 oder 42, dadurch gekennzeichnet, daß alle Interferometerköpfe

(1,1',1'') über flexible Lichtleitfasern (33a-d) an jeweils eine oder gemeinsam an eine zentrale photoelektrische Detektoreinrichtung (3,3',3'') angeschlossen sind.

44. Interferometeranordnung nach einem der Ansprüche 41 bis 43, dadurch gekennzeichnet, daß jedem Interferometerkopf (1,1',1'') ein eigener beweglicher Meßspiegel, vorzugsweise Retroreflektor zugeordnet ist.

45. Interferometeranordnung nach einem der Ansprüche 35 bis 44, dadurch gekennzeichnet, daß sie eine Einrichtung (41) zur Erfassung und/oder Verfolgung der auf der Meßstrecke im gasförmigen Umgebungsmedium vorhandenen Brechzahl bzw. Lichtwellenlänge aufweist.

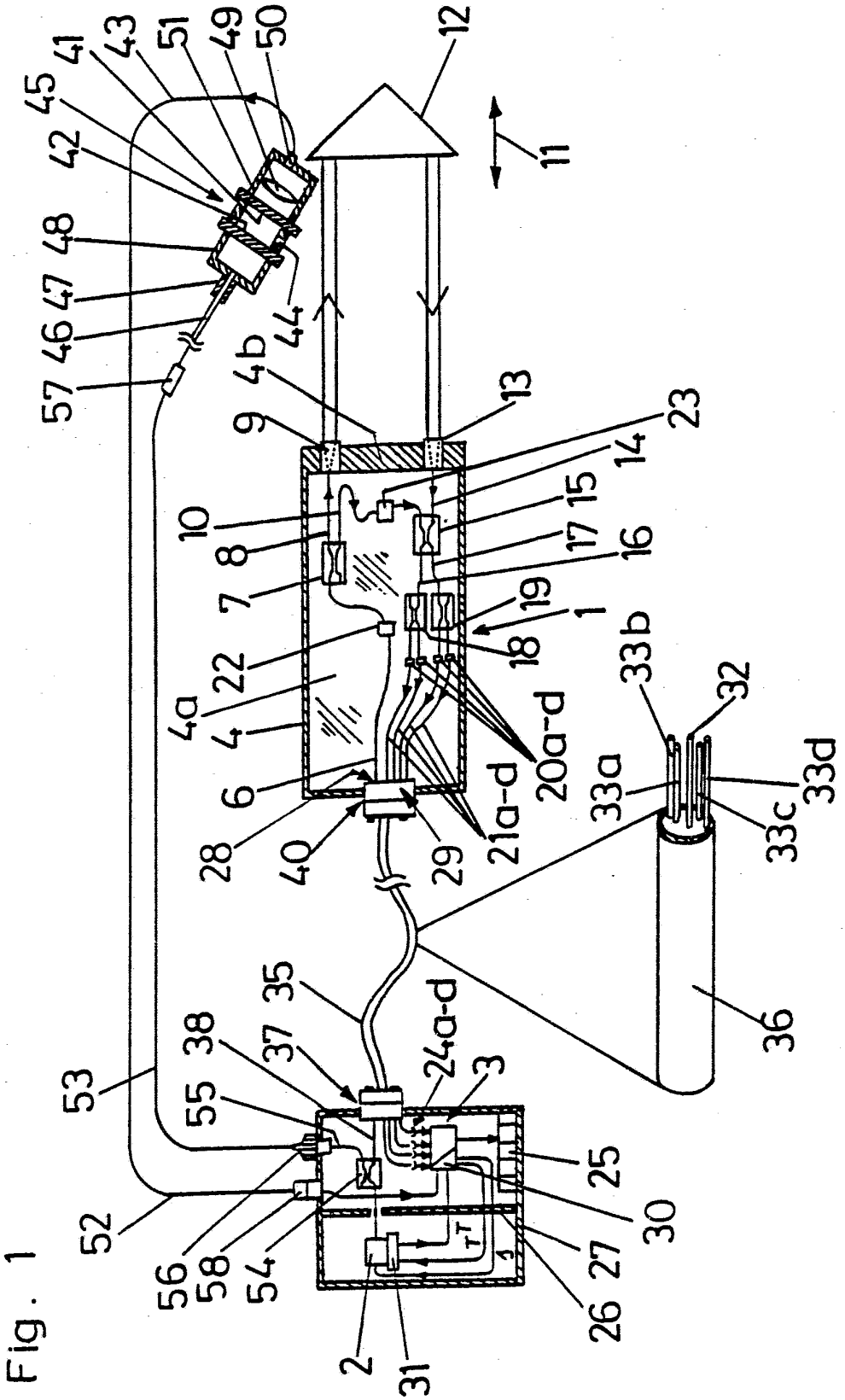

12
11
41
43
51
49
50
45
42
48
47
46
57
44
4b
9
13
23
14
15
10
8
17
16
7
19
1
22
18
4a
4
6
28
40
29
21a-d
20a-d
33b
32
33a
33d
33c
35
36
24a-d
3
38
37
53
55
52
56
58
54
25
30
27
26
2
31

Fig. 1

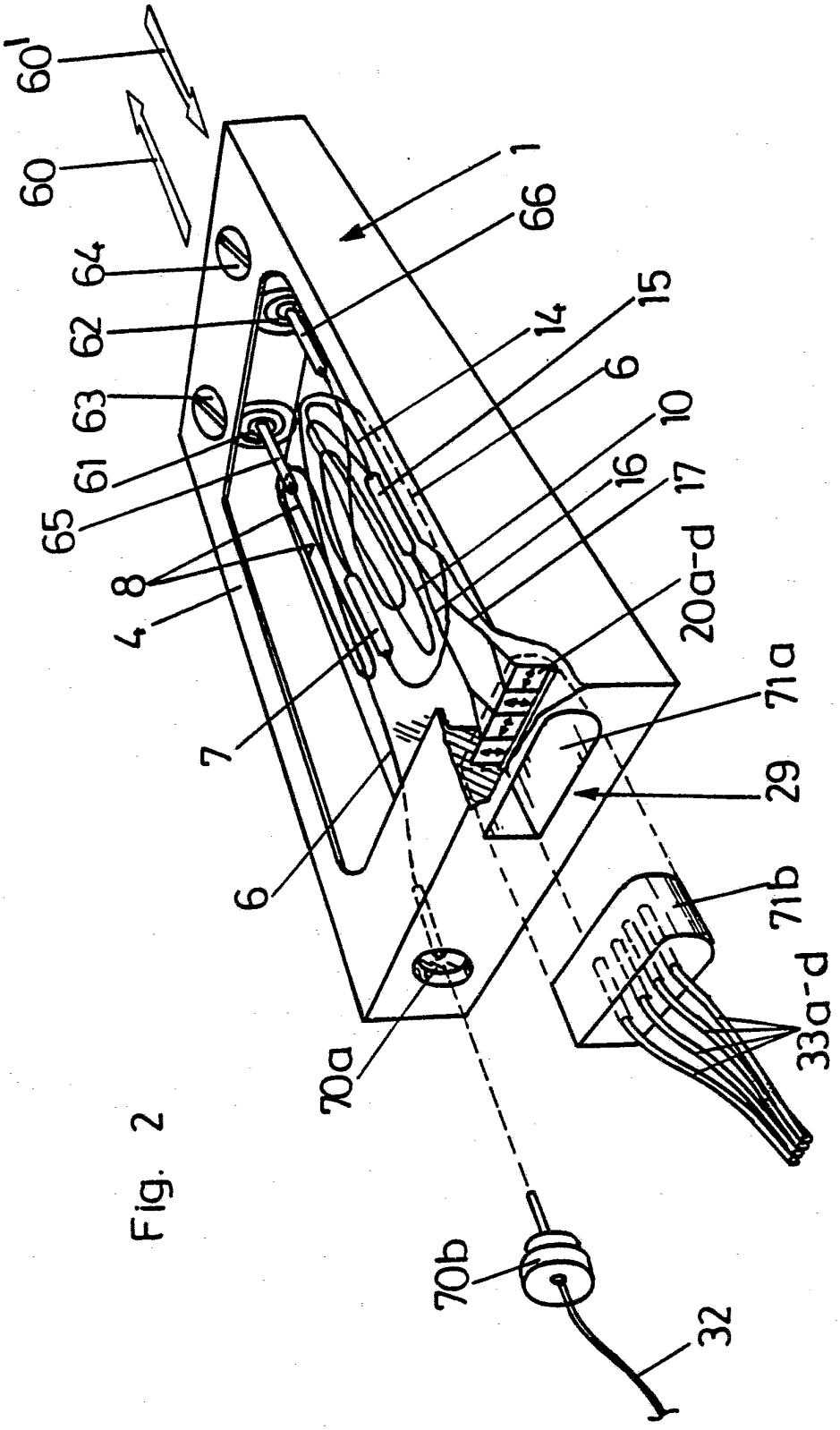

60'
60
64
62
63
61
65
4
8
7
6
70a
70b
32
33a-d
71b
71a
29
20a-d
17
16
10
6
14
15
66
1

Fig. 2

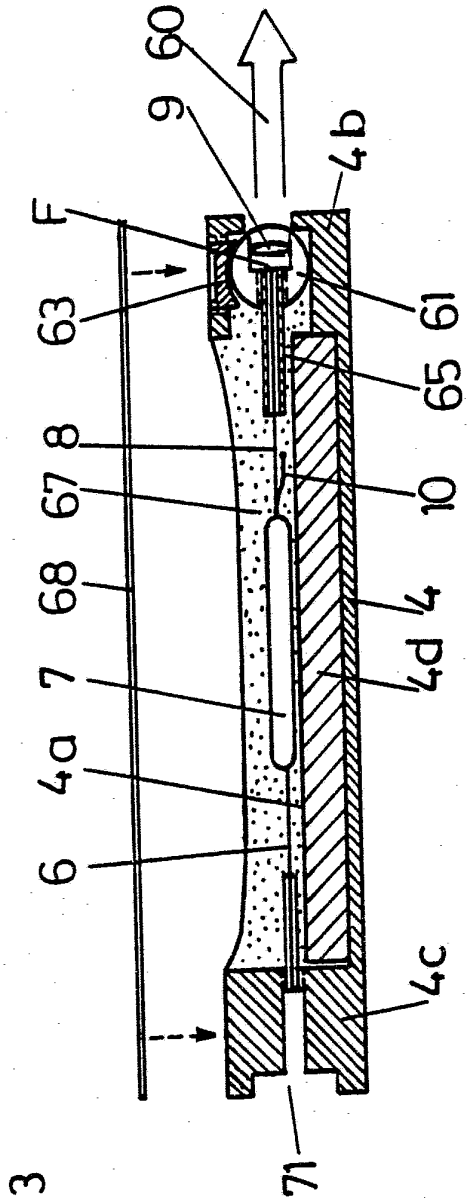

9
60
4b
F
63
61
65
8
10
67
68
4
4d
7
4a
6
4c
71

Fig.3

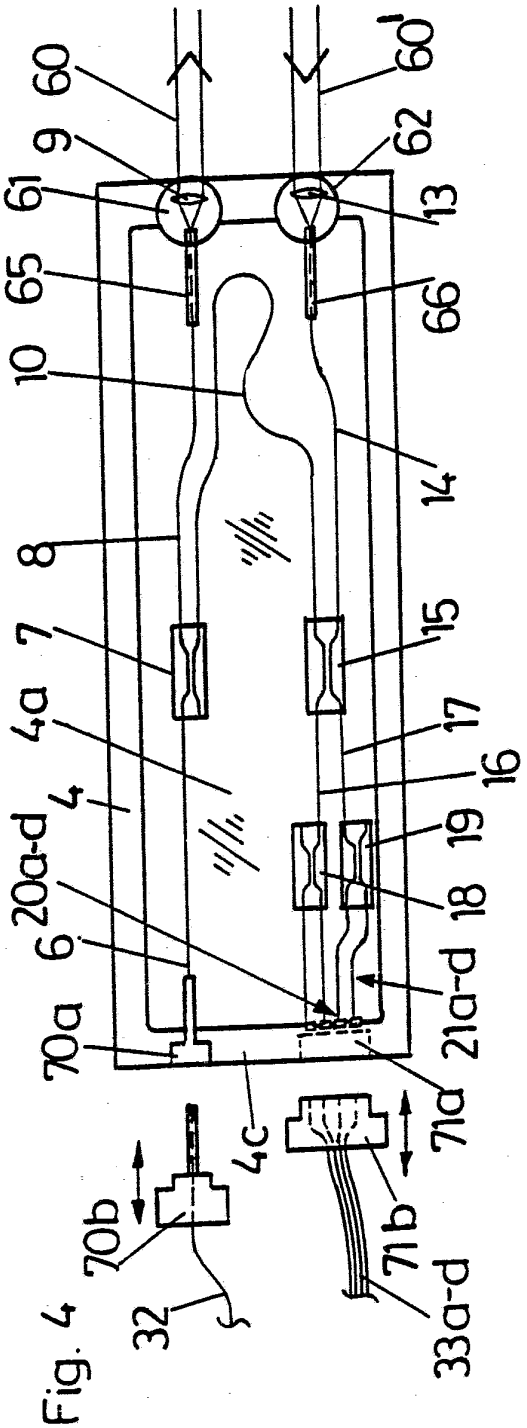

60
60'
9
62
61
13
65
66
10
14
8
15
7
4a
17
16
4
19
20a-d
18
6
21a-d
70a
71a
4c
70b
71b
32
33a-d

Fig. 4

Fig. 5

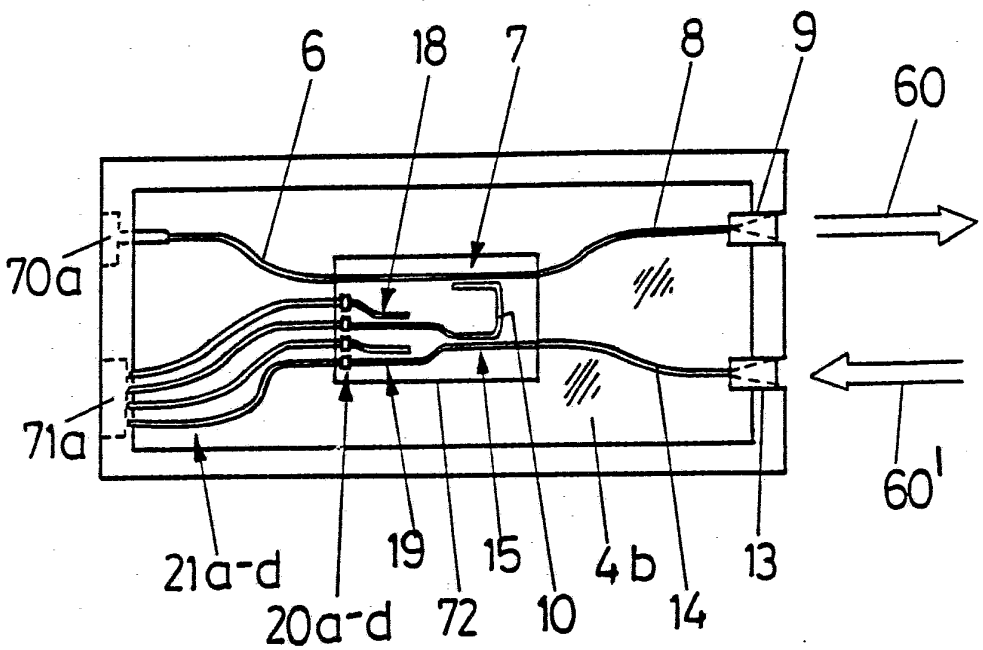
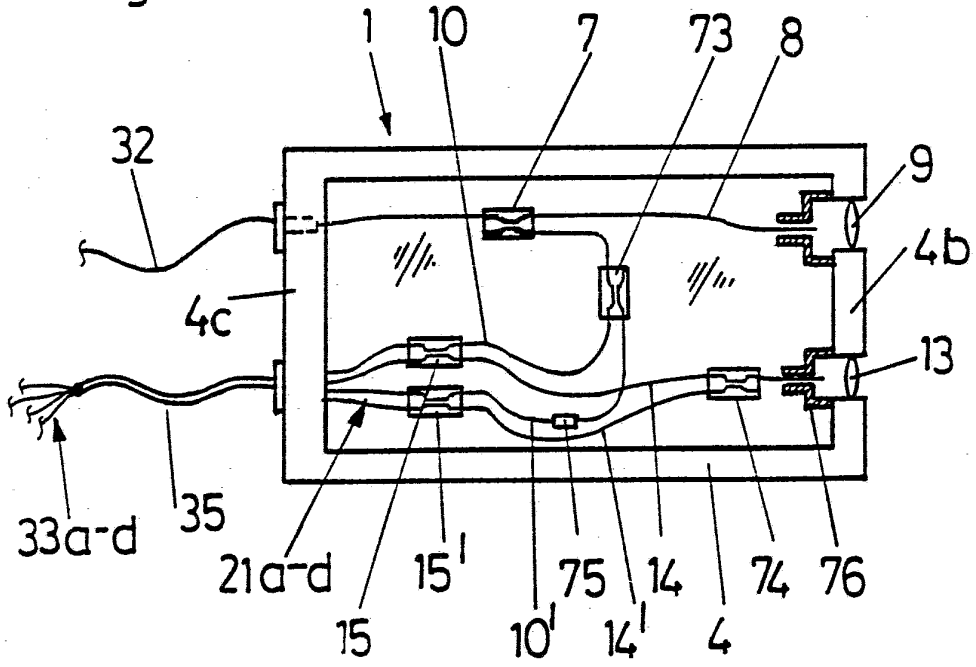

6
18
7
8
9
60
70a
71a
60'
21a-d
19
15
4b
13
20a-d
72
10
14

Fig. 6


1
10
7
73
8
32
9
4b
4c
13
33a-d
35
21a-d
15'
75
14
74
76
15
10'
14'
4

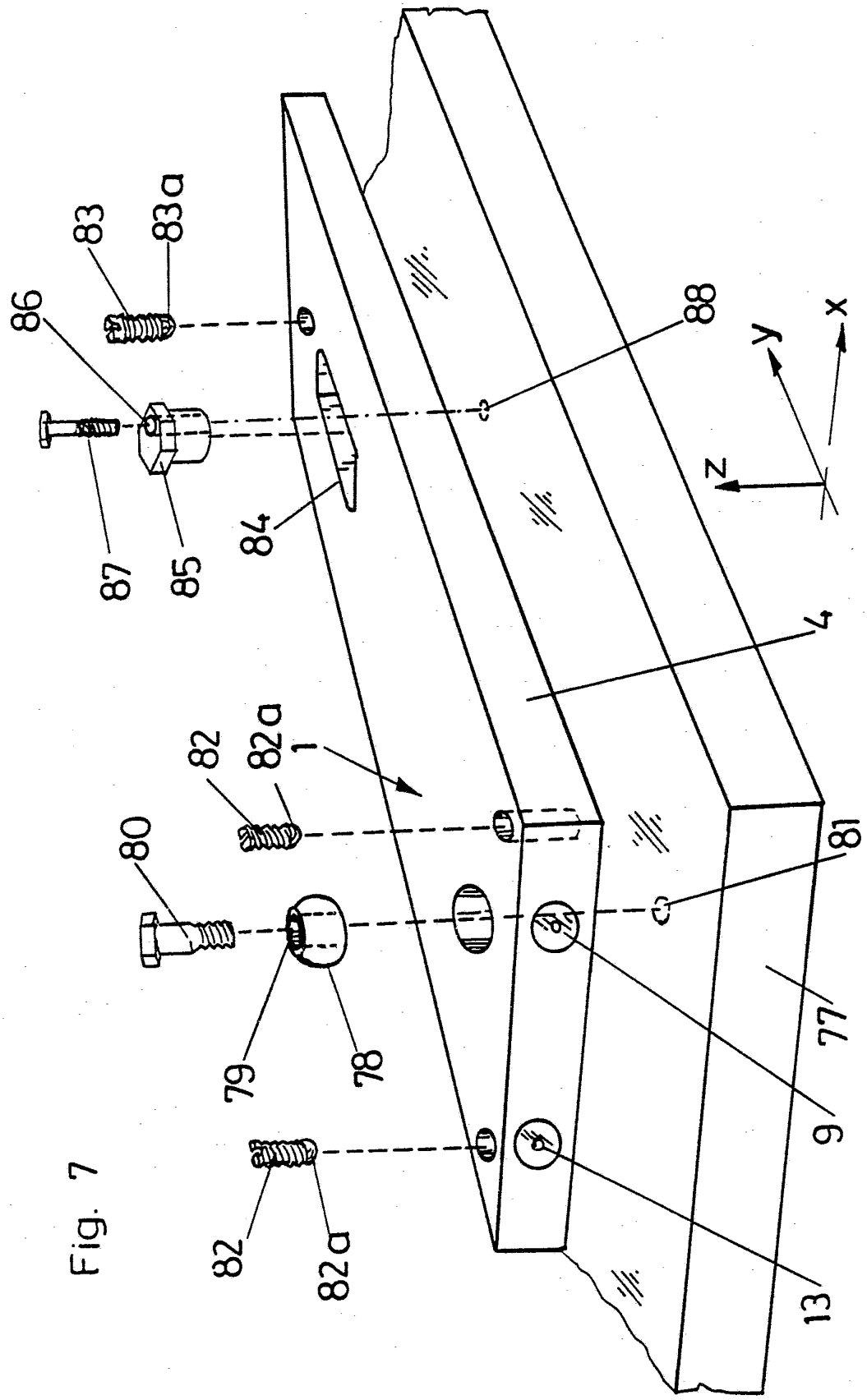
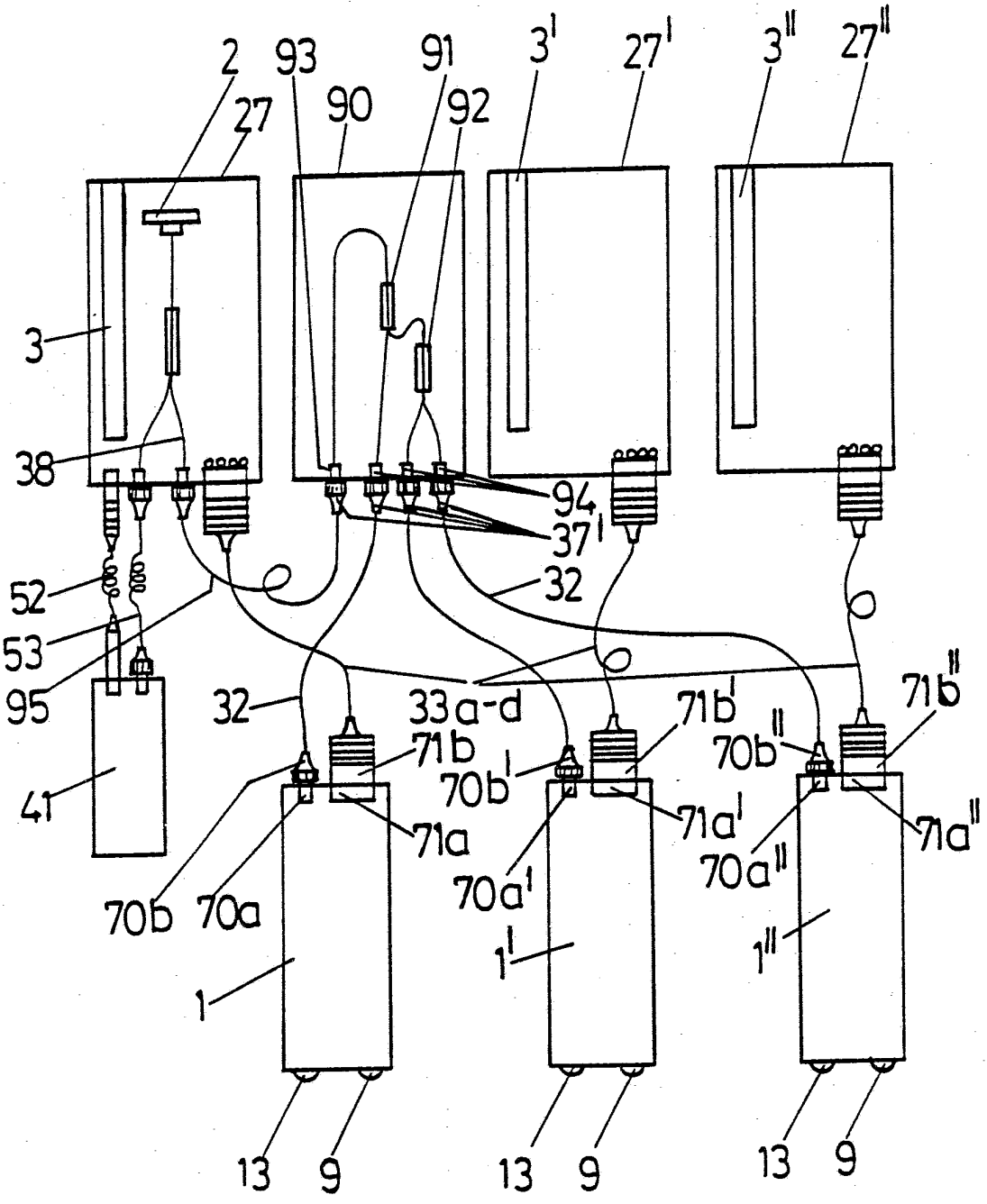


Fig. 7

Fig. 8


2
93
91
3'
27'
3''
27''
27
90
92
3
38
94
37'
52
32
53
95
32
33a-d
71b'
71b''
71b
70b''
70b'
41
71a'
71a''
71a
70a''
70b
70a
70a'
1'
1''
1
13
9
13
9
13
9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No PCT/AT 90/00102

I. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER (if several classification symbols apply, indicate all) [6]

According to International Patent Classification (IPC) or to both National Classification and IPC

Int.Cl.[5] G 01 B 9/02

II. FIELDS SEARCHED

Minimum Documentation Searched [7]

Classification System	Classification Symbols
Int.Cl.[5]	G 01 B, G 01 D

Documentation Searched other than Minimum Documentation to the Extent that such Documents are included in the Fields Searched [8]

III. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT [9]

Category *	Citation of Document, [11] with indication, where appropriate, of the relevant passages [12]	Relevant to Claim No. [13]
X	Patent Abstracts of Japan, Vol. 13, No.239, (P-879)(3587), 6 June 1989, & JP, A, 143704 (TOKYO OPTICAL CO. LTD) 16 February 1989	1-4,6,8,10, 17,25,27
A		5,7,9,11, 24,26,44
X	US,A,4717240 (A.C. GILBY) 5 January 1988, see "Introduction"; figure 16; column 6, line 16 - column 7, line 4	1,3,4,28, 29,35,36
A		2,5-17,38-40
A	US,A,4120588 (E.CHAUM) 17 October 1978, see figures 1-7; column 2, line 26 - column 7, line 67	1-23

* Special categories of cited documents: [10]

"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

"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

IV. CERTIFICATION

Date of the Actual Completion of the International Search	Date of Mailing of this International Search Report
30 January 1991 (30.01.91)	15 March 1991 (15.03.91)
International Searching Authority	**Signature of Authorized Officer**
EUROPEAN PATENT OFFICE	

ANHANG ZUM INTERNATIONALEN RECHERCHENBERICHT ÜBER DIE INTERNATIONALE PATENTANMELDUNG NR.

AT 9000102
SA 41351

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten internationalen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am 08/03/91
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US-A- 4717240	05-01-88	Keine	
US-A- 4120588	17-10-78	Keine	

EPO FORM P0473

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen PCT/AT 90/00102

I. KLASSIFIKATION DES ANMELDUNGSGEGENSTANDS (bei mehreren Klassifikationssymbolen sind alle anzugeben)[6]

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

Int.Cl.[5] G 01 B 9/02

II. RECHERCHIERTE SACHGEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff[7]

Klassifikationssystem	Klassifikationssymbole
Int.Cl.[5]	G 01 B, G 01 D

Recherchierte nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Sachgebiete fallen[8]

III. EINSCHLÄGIGE VERÖFFENTLICHUNGEN[9]

Art*	Kennzeichnung der Veröffentlichung[11], soweit erforderlich unter Angabe der maßgeblichen Teile[12]	Betr. Anspruch Nr.[13]
X	Patent Abstracts of Japan, Band 13, Nr. 239, (P-879)(3587), 6. Juni 1989 & JP, A, 143704 (TOKYO OPTICAL CO. LTD) 16. Februar 1989	1-4,6,8,10, 17,25,27
A		5,7,9,11, 24,26,44
	--	
X	US, A, 4717240 (A.C. GILBY) 5. Januar 1988, siehe "Introduction"; Figur 16; Spalte 6, Zeile 16 - Spalte 7, Zeile 4	1,3,4,28, 29,35,36
A		2,5-17,38-40
	--	
A	US, A, 4120588 (E. CHAUM) 17. Oktober 1978, siehe Figuren 1-7; Spalte 2, Zeile 26 - Spalte 7, Zeile 67	1-23
	----------	

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen[10]:

"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 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 naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

IV. BESCHEINIGUNG

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
30. Januar 1991	15. 03. 91
Internationale Recherchenbehörde	**Unterschrift des bevollmächtigten Bediensteten**
Europäisches Patentamt	**miss T. MORTENSEN**

ANNEX TO THE INTERNATIONAL SEARCH REPORT ON INTERNATIONAL PATENT APPLICATION NO. AT 9000102 SA 41351

This annex lists the patent family members relating to the patent documents cited in the above-mentioned international search report. The members are as contained in the European Patent Office EDP file on 08/03/91
The European Patent Office is in no way liable for these particulars which are merely given for the purpose of information.

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US-A- 4717240	05-01-88	None	
US-A- 4120588	17-10-78	None	