

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

<b>(51) Internationale Patentklassifikation <sup>6</sup> :</b> <b>G01N 21/55, 21/77</b>	<b>A1</b>	<b>(11) Internationale Veröffentlichungsnummer:</b> <b>WO 95/14225</b>  <b>(43) Internationales Veröffentlichungsdatum:</b> 26. Mai 1995 (26.05.95)
<b>(21) Internationales Aktenzeichen:</b> PCT/EP94/03769 <b>(22) Internationales Anmeldedatum:</b> 14. November 1994 (14.11.94)  <b>(30) Prioritätsdaten:</b> P 43 38 894.9      15. November 1993 (15.11.93)    DE P 44 33 753.1      22. September 1994 (22.09.94)      DE  <b>(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US):</b> CARL ZEISS JENA GMBH [DE/DE]; Tatzendpromenade 1a, D-07745 Jena (DE). F. HOFFMANN-LA ROCHE [CH/CH]; CH-4002 Basel (CH). SCHOTT GLASWERKE [DE/DE]; Postfach 24 80, D-55014 Mainz (DE).  <b>(72) Erfinder; und</b> <b>(75) Erfinder/Anmelder (nur für US):</b> FATTINGER, Christof [CH/CH]; Emmengasse 7, CH-4223 Blauen (CH). DANIELZIK, Burkhard [CH/CH]; Autunstrasse 23, D-55218 Ingelheim (CH). GRÄFE, Dieter [DE/DE]; Hanns-Eisler-Strasse 32, D-07745 Jena (DE). HEMING, Martin [DE/DE]; Huxelweg 2, D-55291 Saulheim (DE). LENTES, Frank-Thomas [DE/DE]; Goethestrasse 9, D-55411 Bingen (DE).	<b>(74) Anwälte:</b> GEYER, Werner usw.; Geyer, Fehners & Partner, Perhamerstrasse 31, D-80687 München (DE).  <b>(81) Bestimmungsstaaten:</b> CA, JP, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).  <b>Veröffentlicht</b> <i>Mit internationalem Recherchenbericht.</i>	

**(54) Title:** SYSTEM FOR ANALYSING SUBSTANCES AT THE SURFACE OF AN OPTICAL SENSOR

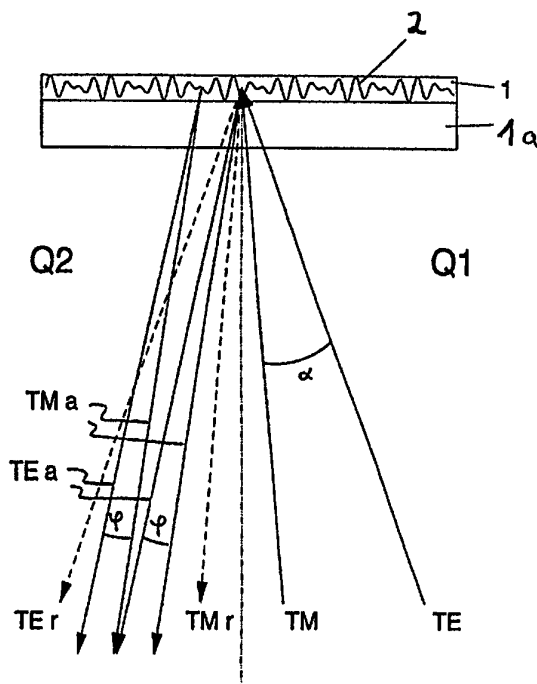
**(54) Bezeichnung:** ANORDNUNG ZUR ANALYSE VON SUBSTANZEN AN DER OBERFLÄCHE EINES OPTISCHEN SENSORS

**(57) Abstract**

The proposed system for analysing substances at or close to the surface of an optical sensor comprises at least one waveguiding layer and at least one multi-diffractive grating coupler for the in- and outcoupling of light beams. Into the said coupler are directed at least two light beams at an angle  $\alpha$  to each other, and from the coupler at least two light beams emerge at an angle  $\phi$  to each other. The system also includes a detection system for capturing the emergent light beams. Light beams enter and emerge from the sensor on the same side, the entry and emergent beams being in different quadrants of the light-incidence plane; the angle  $\alpha$  between the entry beams is greater than the angle  $\phi$  between the emergent beams. The system can be widely used for determining physical or chemical variables on the basis of the interaction of the guided light waves with the medium at or close to the sensor surface.

**(57) Zusammenfassung**

Anordnung zur Analyse von Substanzen an oder nahe der Oberfläche eines optischen Sensors mit mindestens einer wellenleitenden Schicht und mindestens einem multidiffraktiven Gitterkoppler zur Ein- und Auskoppelung von Lichtstrahlen, in den mindestens zwei Lichtstrahlen eingekoppelt werden, die zueinander einen Winkel  $\alpha$  einschliessen, und mit der mindestens zwei Lichtstrahlen ausgekoppelt werden, die zueinander einen Winkel  $\phi$  einschliessen, sowie einem Detektionssystem zur Erfassung der ausgekoppelten Lichtstrahlen. Ein- und Auskoppelung erfolgen auf ein- und derselben Seite des Sensors, wobei die Ein- und Auskoppelstrahlen in unterschiedlichen Quadranten der Lichteinfallsebene liegen und der Winkel  $\alpha$  zwischen den Einkoppelstrahlen grösser als der Winkel  $\phi$  zwischen den Auskoppelstrahlen ist. Die Anordnung ist bei der Bestimmung physikalischer oder chemischer Messgrössen auf der Grundlage der Wechselwirkung der geführten Lichtwellen mit dem Medium an oder nahe der Sensoroberfläche einsetzbar.



**LEDIGLICH ZUR INFORMATION**

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

AT	Österreich	GA	Gabon	MR	Mauretanien
AU	Australien	GB	Vereinigtes Königreich	MW	Malawi
BB	Barbados	GE	Georgien	NE	Niger
BE	Belgien	GN	Guinea	NL	Niederlande
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	NO	Norwegen
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	NZ	Neuseeland
BJ	Benin	IE	Irland	PL	Polen
BR	Brasilien	IT	Italien	PT	Portugal
BY	Belarus	JP	Japan	RO	Rumänien
CA	Kanada	KE	Kenya	RU	Russische Föderation
CF	Zentrale Afrikanische Republik	KG	Kirgisistan	SD	Sudan
CG	Kongo	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	SE	Schweden
CH	Schweiz	KR	Republik Korea	SI	Slowenien
CI	Côte d'Ivoire	KZ	Kasachstan	SK	Slowakei
CM	Kamerun	LI	Liechtenstein	SN	Senegal
CN	China	LK	Sri Lanka	TD	Tschad
CS	Tschechoslowakei	LU	Luxemburg	TG	Togo
CZ	Tschechische Republik	LV	Lettland	TJ	Tadschikistan
DE	Deutschland	MC	Monaco	TT	Trinidad und Tobago
DK	Dänemark	MD	Republik Moldau	UA	Ukraine
ES	Spanien	MG	Madagaskar	US	Vereinigte Staaten von Amerika
FI	Finnland	ML	Mali	UZ	Usbekistan
FR	Frankreich	MN	Mongolei	VN	Vietnam

- 1 -

Anordnung zur Analyse von Substanzen an der Oberfläche eines optischen Sensors

Die Erfindung betrifft eine Anordnung zur Analyse von Substanzen an oder nahe der Oberfläche eines optischen Sensors mit mindestens einer wellenleitenden Schicht und mindestens einem multidiffraktiven Gitterkoppler zur Ein- und Auskopplung von Lichtstrahlen.

Derartige Anordnungen werden nach dem Stand der Technik zur Analyse von Substanzen nahe der Sensor-Oberfläche eingesetzt. Sie finden vielfältige Anwendung bei der Bestimmung physikalischer oder chemischer Meßgrößen [3-5,10-11]. Die Wirkungsweise der Sensoren beruht auf der Wechselwirkung der geführten Lichtwellen mit dem Medium an und nahe der Sensor-Oberfläche. Auf dieser Basis sind solche Sensoren in Kombination mit einer Anordnung zum Betrieb als universelle Spektrometer einsetzbar, da Brechzahl und Absorption des Mediums in der Nähe der Sensor-Oberfläche bestimmbar sind. Bekannt sind auch Anwendungen in der Affinitäts-Sensorik [5], hier binden die nachzuweisenden Moleküle selektiv an die Sensoroberfläche und werden über die Wechselwirkung mit der geführten Welle nachgewiesen.

Der Einsatz von einem oder mehreren Gitterkopplern zum Ein- und/oder Auskoppeln der geführten Wellen ist Stand der Technik [1,2].

In [8] ist die Verwendung eines Gitterkopplers beschrieben, welcher zur Einkopplung dient. Die bei Erreichen der Resonanz auftretenden geführten Wellen werden durch Detektion des seitlich aus dem WL austretenden Lichts nachgewiesen. Dieses Verfahren stellt hohe Anforderungen an die Planarität des Wellenleiters und die Genauigkeit der Winkelverstellung, was für eine wirtschaftlich günstige Anwendung von Nachteil ist.

Auch die in [6] beschriebene Ausführung dieses Verfahrens mit Bestimmung des Autokollimationswinkels erfordert eine sehr genaue mechanische Winkelverstellung.

Eine Winkelverstellung kann entfallen, wenn ein Gitter zur Auskopplung verwendet wird und die austretende Strahlung auf einen oder zwei ortsempfindliche Detektoren geführt wird, wie in [7] beschrieben. Bei diesem Verfahren ist jedoch eine Einkopplung der geführten Wellen über die Endfläche des Wellenleiters notwendig. Dies ist wegen der notwendigen Präparation der Endflächen sowie Genauigkeit der Positionierung des Sensors bei der Einkopplung von Nachteil. Auch bei der in [14] beschriebenen Ausführung dieses Verfahrens sind diese Nachteile anzuführen. Weiterhin ist beim Verfahren nach [14] die Einkopplung von zwei Lichtquellen aus unterschiedlichen Richtungen notwendig. Damit wird der Aufwand für die Endflächen-Kopplung noch erhöht. Darüber hinaus ist der Einfluß von Temperatur-Veränderungen auf die Meßwerterfassung von Nachteil, wenn die geführten Wellen den Sensor in unterschiedlicher Richtung durchlaufen.

- 2 -

Ein Spektrometer auf Basis von optischen Wellenleitern mit Gitterkopplern wird in [9,13] beschrieben. Bei diesem Verfahren werden Änderungen der Absorptionseigenschaften an der Wellenleiter-Oberfläche für verschiedene Wellenlängen bestimmt.

Eine bekannte vorteilhafte Ausführung eines Gitterkopplers ist der multi-diffraktive Koppler [11], speziell der bidiffraktive [15]. Mit einem solchen Verfahren können die ausgekoppelten Wellen hintergrundfrei detektiert werden.

Es ist bereits bekannt [7], zum Nachweis chemischer Substanzen eine die nachzuweisende Substanz enthaltende Probe mit der wellenleitenden Schicht eines optischen Schichtwellenleiters in Kontakt zu bringen, kohärentes Licht in die wellenleitende Schicht einzukoppeln, als Lichtwelle in dieser zu führen und wieder aus der Schicht auszukoppeln, wobei in der Ebene der wellenleitenden Schicht ein Beugungsgitter zum Ein- und Auskoppeln des Lichts vorgesehen ist.

Es können zwei kohärente (z.B. orthogonal polarisierte) Lichtstrahlen simultan in den Schichtwellenleiter eingekoppelt werden und durch Interferenz von zwei ausgekoppelten Teilstrahlen, welche von den beiden im Wellenleiter gemeinsam geführten (z.B. orthogonal polarisierten) Lichtwellen erzeugt werden, die relative Phasenlage in Form einer Phasendifferenz der beiden eingekoppelten Lichtfelder gemessen werden, bzw. die relative Intensität der ausgekoppelten Lichtfelder bestimmt werden [11].

Mit Gitterkopplern läßt sich ein kohärentes Lichtfeld auf einfache Weise in einen Wellenleiter ein- bzw. auskoppeln, wobei man ohne eine fokussierende Optik auskommt. Das Lichtfeld wird eingekoppelt, wenn es unter einem bestimmten, von der Gitterperiode und der effektiven Modenbrechzahl abhängenden Einfallswinkel auf die mit dem Gitterkoppler versehene Region des Wellenleiters auftrifft. Wird die Ein- und Auskopplung mit einer sog. mulitdiffraktiven Gitterstruktur vorgenommen, können die Beugungswinkel und die Intensitäten der einzelnen Beugungsordnungen unabhängig voneinander variiert werden. Der im Wellenleiter geführte, ausgekoppelte Teilstrahl kann von reflektierten, transmittierten oder direkt gebeugten Teilstrahlen separiert werden, obwohl die Regionen auf der wellenleitenden Schicht, in denen das Ein- und Auskoppeln der Lichtfelder erfolgt, teilweise überlappen.

Mögliche Ausführungsformen des Sensors sind in [11,16] beschrieben. In den Sensor sind zwei Lichtfelder einzukoppeln, abhängig von der Ausführung mit unterschiedlicher oder gleicher Polarisation.

- 3 -

In [12] wird ein Verfahren beschrieben, bei dem ein in den Sensor integriertes Gitters sowohl zur Ein- wie auch zur Auskopplung dient. Notwendig sind eine fächerförmige Beleuchtung zur Einkopplung sowie eine mechanische Blende im Auskoppelstrahlengang zur Unterdrückung des reflektierten Lichts. Von Nachteil ist hier die notwendige Positionierungs-Genauigkeit der Blende, die von der Flächennormalen stark abweichenden Ein- und Auskoppelrichtungen sowie die stark unterschiedliche Beugungsintensität in den verschiedenen Ordnungen der geführten Wellen. Beschrieben wird in [12] auch die Verwendung eines nach der Linse angeordneten Planspiegelsystems vor dem Detektor zur Verringerung der Baulänge.

Die Erfindung geht nunmehr von der Aufgabe aus, eine Winkelseparation der ein- und ausgekoppelten Strahlen sowie eine Trennung der ausgekoppelten Strahlen von am Sensor reflektierten Strahlen zu erzielen.

Die Aufgabe wird mittels einer Anordnung gelöst, die die Merkmale der unabhängigen Ansprüche 1, 27, 34 und 36 aufweist. Bevorzugte Ausgestaltungen sind in den Unteransprüchen beschrieben.

Die ausgekoppelten Strahlen sind nach langen Strahlenwegen winkelmäßig separiert und gut auswertbar. Lange Strahlenwege werden beispielsweise durch Faltung erzeugt.

Überraschend stellte sich heraus, daß die erfindungsgemäßen Winkelkonfigurationen Winkelkonfiguration, insbesondere bei kleinen Differenzen der Winkel der ausgekoppelten Strahlen, besonders unempfindlich gegen leichte Verkippungen des Sensors um die Horizontalebene ist, was vor allem bei einem Sensorwechsel von großer Bedeutung ist.

Die Winkelverstellung wird durch leichte Strahlkonvergenz der eingekoppelten Strahlen deutlich erleichtert.

Ein weiterer Vorteil der erfindungsgemäßen Anordnung ist die kompakte Ausführung des Strahlführungssystems in einem integrierten Modul, in dem alle zur Verwendung des Sensors notwendigen Lichtstrahlen eingekoppelt, ausgekoppelt und detektiert werden können.

Die ermöglichte Miniaturisierung ist auch aus Gründen der Stabilität gegen Umwelteinflüsse vorteilhaft (z.B. thermische Effekte, Vibrationen)

- 4 -

Als Lichtquelle kommt vorzugsweise eine Halbleiter-Laserdiode oder eine Superlumineszenz-Diode zum Einsatz, da diese direkt in den Auslesekopf integriert werden können. Beim Einbau ist eine Montage an der Außenseite eines die übrige Anordnung enthaltenden Gehäuses besonders vorteilhaft, so daß bei einem Defekt der Lichtquelle die Halbleiter-Einheit ohne Öffnen des Gehäuses ausgetauscht werden kann. Besonders vorteilhaft ist die Ausführung der Strahlungsdiode zusammen mit den notwendigen Einheiten zur Stabilisierung von Wellenlänge und Leistung (z.B. Referenz-Diode, Temperaturstabilisierung) in einem gemeinsamen Gehäuse.

Dadurch kann die Temperaturstabilisierungs-Einheit mit geringer Wärmekapazität ausgeführt werden, so daß eine preiswerte Ausführung der notwendigen Versorgungs-Elektronik ausreicht.

Alternativ zu einer Laser- oder Superlumineszenz-Diode kann auch eine andere kohärente Lichtquelle zum Einsatz kommen, z.B. ein He-Ne-Laser.

Um unabhängig von den Dimensionen der Lichtquelle die kompakte Bauform des Auslesekopfes beibehalten zu können, wird das Licht in diesem Fall dem Auslesekopf vorteilhaft über einen Lichtleiter zugeführt. Bei Einsatz einer Lichtquelle mit Lichtleiter-Zuführung an den Auslesekopf ist bei Verwendung einer Standard-Lichtleiterkupplung auch ein schneller Wechsel der Lichtquelle und Wellenlänge möglich.

Ein Teil der für die Strahlformung notwendigen optischen Elemente kann direkt in das Gehäuse der Laser- bzw. Superlumineszenz-Diode integriert werden, alternativ in die Steckkupplung für den Lichtleiter. Darüber hinaus können noch weitere Elemente zur Anpassung der Strahlparameter innerhalb eines die Anordnung enthaltenden Gehäuses angebracht werden, so auch hinter dem Strahlteiler. Durch die Verwendung zylindrischer Einheiten mit unterschiedlicher Brennweite senkrecht und parallel zur Einfallsebene sind z.B. auchastigmatische Strahlprofile realisierbar.

Die Aufteilung auf zwei unabhängige Lichtfelder zur Einkopplung der geführten Wellen in den Sensor erfolgt durch einen Strahlteiler, z.B. in Form eines teildurchlässigen Spiegels oder eines holografischen Elementes. Vorteil eines holografischen Elementes ist, daß beim nachfolgenden Strahlführungs-System Spiegel-Elemente eingespart werden können. Das Strahlführungs-System besteht aus mehreren Spiegeln, die das Licht für beide Einkoppelarme der Anordnung auf den Sensor leiten. Alternativ kann die Strahlteilung durch ein Glasfaser-Verzweigungs-Element realisiert werden.

- 5 -

Die Einstellung der Strahlparameter beider Einkoppelarme in der Sensorebene erfolgt durch eine fokussierende Optik. Dabei kann für die Fokussierung der beiden einzukoppelnden Lichtfelder eine gemeinsame Optik oder zwei separate Optiken eingesetzt werden. Durch die Verwendung zylindrischer Optiken sind unterschiedliche Strahlparameter senkrecht und parallel zur Einfallsebene realisierbar.

Zum Betrieb des optisch-wellenleitenden Sensors sind die Einkoppelbedingungen für beide einfallenden Lichtfelder einzuhalten. Diese sind durch die effektiven Modenbrechzahlen der geführten Wellen und die verwendeten Perioden des Gitterkopplers festgelegt.

Änderungen der Einkoppelwinkel sind wegen der limitierter Chip-to-Chip Reproduzierbarkeit des Sensors notwendig, weiterhin bei Änderung der effektiven Modenbrechzahlen bedingt durch Substanzen in der Nähe der Sensoroberfläche. Die Verstellung der Einkoppelwinkel kann durch Einbringen einer ortsveränderlichen Spaltblende in den jeweiligen Einkoppelstrahlengang durchgeführt werden. Eine Bewegung der Blende innerhalb der Einfallsebene läßt aus dem durch die Strahldivergenz vorgegebenen Winkelbereich einen Einkoppelwinkel auswählen. Alternativ zu einer mechanisch linear bewegten Spaltblende kann ein Filter mit räumlich variabler Transmission eingesetzt werden.

Besonders vorteilhaft läßt sich diese Blende durch ein Flüssigkristall-Element mit zeilenförmig angeordneten, stabförmigen Bildelementen, Zeilenrichtung innerhalb der Einfallsebene, realisieren: Die jeweils transmittierenden Bildelemente definieren den Einkoppelwinkel. Bei dieser Lösung sind keine bewegten Teile für die Winkeleinstellung notwendig. Die Verstellung der Koppelwinkel ist für die beiden Einkoppelstrahlengänge unabhängig vorzunehmen, dazu können zwei separate oder ein gemeinsames Element zum Einsatz kommen. Bei Verwendung eines gemeinsamen Elementes sind unterschiedlich ansteuerbare Bereiche für die beiden Einkoppelstrahlengänge vorzusehen, vorteilhaft für die Miniaturisierung und einen einfachen Aufbau ist hier, daß nur eine Halterung notwendig ist.

- 6 -

Vorzugsweise werden die LCD-Einheiten in der Nähe des Fokussierungs-Elementes positioniert, damit können Abweichungen des Strahlprofils in der Sensorebene von einer Gaußverteilung minimal gehalten werden. Vorteilhaft für ein Gauß-ähnliches Strahlprofil ist weiterhin, bei den stabförmigen Bildelementen der Flüssigkristall-Einheit mehr als zwei verschiedene Transmissionswerte einzustellen. Durch eine solche abgestufte Transmissions-Charakteristik können die durch Beugung an der Blende bedingten Nebenmaxima in der Sensorebene reduziert werden.

Alternativ zu den LCD-Einheiten können auch einfache mechanische Verstelleinheiten verwendet werden.

Besonders vorteilhaft sind schwenkbare planparallele Glasquader als strahlversetzende Einheiten, deren Strahlversatz nach Durchlaufen eines Abbildungselementes zu einer Strahlrichtungsänderung führt.

Für eine einfache und preiswerte Realisierung der erfindungsgemäßen Anordnung ist eine Ausführungsform vorteilhaft, bei der die zur Verstellung der Einkoppelwinkel notwendigen LCD- oder mechanischen Elemente vollständig entfallen können.

Voraussetzungen für diese einfache Ausführung sind, daß durch enge Toleranzen des Sensors sowie beschränkte Änderungen der effektiven Modenbrechzahlen beim Betrieb des Sensors sichergestellt ist, daß mögliche Änderungen der Einkoppelwinkel innerhalb des Konvergenzwinkels der einfallenden Lichtfelder liegen.

Bei optisch-wellenleitenden Sensoren mit einem oder mehreren integrierten optischen Beugungsgittern definiert die Ausrichtung der Gitterlinien die Ausbreitungsrichtung der geführten Wellen.

Zusammen mit der Wahl eines Ortes für die Einkopplung wird dadurch die Einfall- und Ausfallsebene für die ein- und ausgekoppelten Lichtfelder festgelegt.

Die Ein- und Auskopplung von Licht auf der der Sensoroberfläche abgewandten Seite des Wellenleiters ist besonders vorteilhaft, weil damit das Heranführen der zu analysierenden Substanz an die Sensoroberfläche stark vereinfacht wird. Die Anordnung zum Betrieb des Sensors kann somit einfach von der Vorrichtung zum Heranführen der Substanzen getrennt werden.

Besonders vorteilhaft ist es, die ein- und ausgekoppelten Strahlungsanteile in unterschiedlichen Quadranten der Ein- und Auskoppelebene zu führen.

In einer Ausführungsform der erfindungsgemäßen Anordnung werden die ausgekoppelten Lichtfelder mit einem abbildenden System auf einen ortsauflösenden Empfänger geführt. Die Abbildung ist vorteilhaft, da sich geringe Richtungsänderungen der ausgekoppelten Lichtstrahlen nicht auf die Meßgröße auswirken. Für diese Abbildung können eine oder mehrere Linsen oder Spiegel verwendet werden. Die Ausführung mit einem abbildenden Element ist besonders einfach.

Bei Verwendung von zwei oder mehreren abbildenden Elementen, vorzugsweise als doppelte Kollimatoranordnung, können Teilbereiche des Strahlengangs mit im wesentlichen parallelen Licht realisiert werden, Filterelemente können vorteilhaft dort eingebracht werden.

Besonders vorteilhaft ist die erfindungsgemäße Kombination aus Faltung und Abbildung über abbildende Spiegel.

Die teleskopische, vorzugsweise telezentrische Ausführung des Abbildungssystems ist vorteilhaft, da auf diese Art eine geringe Empfindlichkeit bezüglich Abstandsänderungen zwischen Sensor und Anordnung erzielt werden kann. Diese Abbildung kann hierbei durch sphärische, asphärische oder zylindrische Spiegel oder ihre Kombination erzeugt werden.

Der Abbildungsmaßstab kann senkrecht und parallel zur Ausfallsebene unterschiedlich gewählt werden. Der Maßstab in der Ebene ist auf die Ortsauflösung des Detektors abzustimmen, der Maßstab senkrecht zur Ausfallsebene auf die Höhe der Bildelemente des Detektors. Da Änderungen des Abbildungsmaßstabs parallel zur Ausfallsebene die Genauigkeit der Meßwerterfassung vermindern, ist bei der Auswahl der Materialien für den Auskoppelstrahlengang ein Abgleich der thermischen Ausdehnung der einzelnen Bauelemente vorteilhaft. Durch diese homologe Ausdehnung wird eine optimale Temperaturstabilität des Abbildungsmaßstabs erreicht. Die für die Abbildung notwendigen Elemente können als Spiegel, Linsen, Fresnel-Linsen oder holografische optische Elemente ausgeführt werden.

Eine Auswertung der Phasendifferenz zwischen TE- und TM-Mode der im Sensor geführten und ausgekoppelten Wellen mit Hilfe eines ortsauflösenden Detektors erfordert wie bereits vorgeschlagen durch das Einbringen eines polarisierenden Elements, z.B. eines Polarisationsfilters, in den Auskoppelstrahlengang, um die beiden Moden zur Interferenz zu bringen.

Alternativ zur Phasendifferenz-Bestimmung können mit den ausgekoppelten Lichtfeldern auf dem ortsauflösenden Detektor Absorptionsmessungen durchgeführt werden. Bei dieser Meßmethode erlaubt die Messung der Dämpfungseigenschaften der geführten Welle Rückschlüsse auf Substanzen nahe der Sensoroberfläche.

- 8 -

In diesem Fall kann das ausgekoppelte Licht für einen der beiden Moden der geführten Welle ausgemessen werden. Während der Messung ist jeweils nur ein Mode eingekoppelt. Es sind jedoch auch Relativmessungen bei Einkopplung und Messung beider Moden möglich.

Eine besonders einfache Messung der Phasendifferenz zwischen TE- und TM-Mode ist möglich, falls statt der Abbildung auf einen ortsauflösenden Detektor eine Fokussierung der ausgekoppelten Lichtstrahlen auf einen oder mehrere ortsempfindliche Detektoren (PSD) erfolgt. Dabei erzeugt der TE- und TM-Mode je einen Fokus in der Detektorebene. Gemessen wird der Abstand der beiden Foki.

Dieses Meßprinzip hat den Vorteil, daß Richtungsänderungen der ausgekoppelten Lichtstrahlen, welche durch kleine Verkippungen des Sensors hervorgerufen werden, keinen Einfluß auf die Meßgröße haben.

Durch Verwendung von PSD's ist eine einfachere und preiswertere Realisierung der erfindungsgemäßen Anordnung möglich, da sowohl die Kosten für die Detektoren als auch für die notwendige Elektronik deutlich geringer sind als für die Ausführung mit ortsauflösenden Detektor. Mit diesem reduzierten Aufwand läßt sich nur eine gegenüber der ortsauflösenden Ausführung reduzierte Empfindlichkeit realisieren.

Bei Verwendung von einem einzelnen PSD ist zur Messung der Phasendifferenz von TE- und TM-Mode eine alternierende Einkopplung der beiden Lichtfelder notwendig. Dies erfordert eine der oben beschriebenen Möglichkeiten zur Verstellung der Einkoppelwinkel, so daß wahlweise die Einkoppelbedingung nur für eine der beiden Moden erfüllt wird. Bei Verwendung von mehr als einer PSD-Einheit kann durch die Dimensionierung des Gitterkopplers sichergestellt werden, daß die ausgekoppelten Lichtfelder auf verschiedenen PSD's liegen. In diesem Fall kann kontinuierlich für beide Moden der Abstand der Schwerpunkte der beiden Foki gemessen werden, so daß keine Zeitdifferenzen bei der Messung z.B. durch das Umschalten der Einkopplung auftreten.

Die zur Fokussierung notwendigen Elemente können, wie oben beschrieben, als abbildende Spiegel, als Linsen, Fresnel-Linsen oder holografische optische Elemente ausgeführt werden.

Verschiedene Brennweiten der Fokussierung parallel und senkrecht zur Einfallsebene des Detektors können zweckmäßig verwendet werden, um einen für die räumliche Auflösung des Detektors optimalen Durchmesser des Strahlflecks einzustellen.

Alle oben beschriebenen Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Anordnung bieten gegenüber dem Stand der Technik den Vorteil, daß die Anforderungen an die Temperatur-Stabilisierung deutlich reduziert sind. Die geführten Wellen durchlaufen den Sensor in derselben Richtung, so daß durch die differentielle Messung der effektiven Modenbrechzahlen Temperaturdrifts in guter Näherung kompensiert werden. Weiterhin sind die Anforderungen an die Positionierung und mechanische Stabilität des Sensors deutlich geringer als bei Gitterkopplern nach dem Stand der Technik, da keine Winkelmessungen der ausgekoppelten Lichtstrahlen relativ zur Wellenleiterebene erfolgen. Ein weiterer Vorteil ist die Unempfindlichkeit gegenüber kleinen Verkippungen des Sensors relativ zur erfindungsgemäßen Anordnung.

Die kompakte Bauweise ist vorteilhaft, weil dadurch eine geringe Empfindlichkeit gegen Temperaturänderungen und Vibrationen erreicht wird und die erfindungsgemäße Anordnung als Modul einfach in Analysensysteme zu integrieren ist.

Darüber hinaus hat die erfindungsgemäße Anordnung speziell bei der Verwendung eines bidiffraktiven Kopplers den Vorteil, daß keine Endflächen-Einkopplung notwendig ist und daß eine kleine Verschiebung des Sensors in der Ebene des Wellenleiters keinen Einfluß auf die Koppelleigenschaften und die Meßwerterfassung hat.

Die Erfindung und weitere Wirkungen und Vorteile werden nachstehend anhand der schematischen Zeichnungen näher erläutert.

Es zeigen:

- Fig.1: Einen Schichtwellenleiter als Bestandteil eines optischen Sensors mit eingekoppelten, ausgekoppelten und reflektierten Strahlungskomponenten
- Fig.2: Den gesamten Strahlengang der erfindungsgemäßen Anordnung
- Fig.3: Den Einkoppelstrahlengang
- Fig.4: Eine weitere Ausführung der Einkopplung
- Fig.5: Eine Ausführung der Winkeljustierung der Einkoppelstrahlen
- Fig.6: Eine weitere Ausführung der Winkeljustierung
- Fig.7: Den Auskoppelstrahlengang bei Interferenzauswertung
- Fig.8: Den Auskoppelstrahlengang mit PSD-Auswertung
- Fig.9: Die Einkopplung mit drehbaren strahlversetzenden Einheiten
- Fig.10: Einen gemeinsamen Träger für die optische Anordnung
- Fig.11: Eine Variante der Strahlführung bei Absorptionsauswertung.

In Fig.1 ist schematisch ein Schichtwellenleiter 1 auf einem Substrat 1a dargestellt, der in bekannter Weise eine bidiffraktive Gitteranordnung 2 trägt. In den Schichtwellenleiter 1 werden zwei kohärente, orthogonal polarisierte Strahlenbündel  $T_e$ ,  $T_m$  eingekoppelt, die zueinander einen Winkel  $\alpha$  einschließen und in einem ersten Quadranten  $Q_1$  der substratseitigen, von ein- und ausfallenden Strahlen aufgespannten Ebene liegen.

- 10 -

Die über die Gitteranordnung ausgekoppelten Strahlen  $T_{ea}$ ,  $T_{ma}$  liegen im Quadranten  $Q_2$  und schließen zueinander einen Winkel  $\phi$  ein, der deutlich kleiner als der Winkel  $\alpha$  ist.

Die ausgekoppelten Strahlen  $T_{ea}$ ,  $T_{ma}$  liegen vorteilhaft beide innerhalb eines von den reflektierten Strahlanteilen  $T_{mr}$ ,  $T_{er}$  gebildeten Winkelbereiches, wodurch eine Separation der reflektierten Strahlungsanteile von den ausgekoppelten Strahlungsanteilen erreicht wird.

Der Winkel  $\phi$  beträgt bei Interferenzauswertung weniger als 6 Grad, bevorzugt etwa 0,2-3 Grad und der Winkel  $\alpha$  mehr als 6 Grad und liegt vorzugsweise in einem Bereich um 26 Grad plus/minus 20 Grad, besonders vorzugsweise in einem Bereich um 16 plus/minus 10 Grad.

Bei einem Winkel  $\alpha$  größer 3 Grad, vorzugsweise 23 plus/minus 20 Grad oder 13 plus/minus 10 Grad

beträgt  $\phi$  weniger als 3 Grad, vorzugsweise 0.2-3 Grad oder 0.2-2 Grad.

Bei der Messung mittels eines ortsempfindlichen Detektionssystems liegt  $\alpha$  oberhalb 2 Grad, vorzugsweise 22 plus/minus 20 Grad oder 12 plus/minus 10 Grad und  $\phi$  bei weniger als 20 Grad, vorzugsweise von 0-12 Grad oder 0-8 Grad

Fig. 2 zeigt eine erfindungsgemäße Gesamtanordnung.

Das Licht einer Laserlichtquelle 3 wird über ein Einkoppelement 5 in einen Lichtleiter 4 eingekoppelt und gelangt über ein Auskoppel- und Strahlformungselement 6 auf einen ersten Spiegel 7 und von diesem auf einen Polarisationsstrahlteiler 8, der das Licht in zwei Teilstrahlengänge  $T_e$  und  $T_m$  aufspaltet, die über Spiegel 9, 10, strahlversetzende Einheiten 11, 12 sowie Abbildungssysteme 13, 14 in den Schichtwellenleiter eingekoppelt werden.

Zwischen der Sensorebene 1 und der übrigen Anordnung ist ein optisches Fenster 33 zum Schutz vor äußeren Einflüssen vorgesehen.

Die Reihenfolge von Fokussierung 13, 14 sowie strahlversetzenden Einheiten 11, 12 ist permutierbar. Die Einkoppelwege für die beiden Strahlengänge sind mit möglichst gleicher Länge auszuführen, abhängig von der Kohärenzlänge der Lichtquelle. Maximale Differenzen der optischen Wege für beide Einkoppelstrahlengänge müssen kleiner als die Kohärenzlänge der Lichtquelle sein, um die Interferenzfähigkeit der ausgekoppelten Moden sicherzustellen.

Die ausgekoppelten Strahlmoden  $T_{ea}$  und  $T_{ma}$  werden über eine gestrichelt dargestellte Abbildungseinheit 15, die beispielsweise, wie anhand Fig. 7 näher erläutert, aus mehreren abbildenden Spiegeln besteht, einen Polarisator 16 und einen Interferenzfilter 17 auf einen ortsauflösenden Empfänger 18, beispielsweise eine CCD- oder Diodenzeile, abgebildet.

In Fig.3 ist der Einkoppelstrahlengang vergrößert dargestellt.

Der Laserstrahl der Lichtquelle 3 wird mittels des Auskoppel-elementes 6 so fokussiert, daß die Strahl-taille in den Punkten  $P_1$ ,  $P_2$  in einem Abstand im wesentlichen der Brennweite  $f$  von den Abbildungslinsen 13, 14 liegt.

Die strahlversetzenden Einheiten 11,12 sind vorzugsweise schwenkbare planparallele Glasquader- oder Platten und bewirken in Abhängigkeit von ihrem Drehwinkel  $\beta$  einen Strahlversatz  $V$ , der nach Durchlaufen der Linsen 13,14 zu einer Strahlrichtungsänderung führt, wobei der Einkoppel-punkt in der Sensorebene weitgehend stabil bleibt.

Zur Vermeidung störender Reflexionen ist eine leichte Neigung der Drehachsen gegen die Einfallsebene zweckmäßig.

Die eingekoppelten Strahlenbündel weisen dabei eine leichte Konvergenz auf.

Die Linsen 13,14 sind hierbei ebenfalls etwa im Abstand  $f$  vom Schichtwellenleiter angeordnet.

Der Strahlteiler 8 ist vorzugsweise als teildurchlässiger Spiegel ausgebildet. Die Strahlteilung kann jedoch auch über einen teildurchlässig beschichteten Strahlteilerwürfel, ein holografisches Element oder ein Glasfaser-Verzweigungselement erfolgen.

Besonders vorteilhaft ist eine (nicht dargestellte) Integration der Strahlumlenkung 7 sowie der Strahlteilung 8 in einem Polygonprisma mit ggf. reflektierenden Flächen oder in einem integriert optischen Element

Fig. 4 zeigt eine alternative Ausführungsform zu Fig.3, wobei über eine große Linse 19 beide Strahlkomponenten  $T_e$ ,  $T_m$  eingekoppelt und in analoger Weise in ihrem Einkoppelwinkel verändert werden.

Hierbei ist es erforderlich, durch geeignete optische Umlenkung (nicht dargestellt) die auf die Elemente 11,12 auftreffenden Teilstrahlen  $T_e$ ,  $T_m$  zueinander im wesentlichen parallel zu führen.

Fig.5 zeigt eine weitere Methode der Winkelverstellung der eingekoppelten Strahlen. Die durch Linsen 22 aufgeweiteten Strahlenbündel  $T_e$ ,  $T_m$  leuchten den Querschnitt der Linsen 13,14 voll aus. Diesen sind steuerbare Spaltblenden 20, 21 nachgeordnet, die jeweils nur ein Teilstrahlenbündel passieren lassen, das je nach Blendenstellung einen veränderlichen Einkoppelwinkel hat.

Diese steuerbaren Spaltblenden können sowohl mechanisch als auch als LCD-Einheiten ausgeführt sein, bzw. als linear mechanisch verstellbare Blenden oder Filter mit ortsveränderlicher Transmissionscharakteristik.

Über die Veränderung der Brennweite der Linsen 13,14 und/oder die Spaltbreite oder ein variables optisches System wird die Einstellung der Fokusgröße in der Sensorebene vorgenommen.

Durch die Abmessungen und die Form des Spaltes wird die Form des Fokus beeinflußt. Zum Ausgleich der in zueinander senkrechte Richtungen unterschiedlichen Fokusgröße wird in den Strahlengang vor der Spaltblende eine Korrektionsoptik, beispielsweise eine zylindrische Optik, eingefügt oder die Linsen 13,14, sind entsprechend ausgebildet.

Der Lichtquelle 3 kann auch ein entsprechendes Strahlformungssystem zur Anpassung der Strahlparameter nachgeordnet sein, das aus einer oder mehreren abbildenden Elementen besteht, die reflektiv, refraktiv, holografisch oder als Fresnellinsen ausgebildet sein können.

In Fig. 6 sind die Linsen 13,14 aus Fig. 5 durch eine gemeinsame Linse 19 ersetzt, wobei die Blenden 20,21 in einer gemeinsamen Anordnung, jedoch getrennt ansteuerbar, vorgesehen sind.

Analog Fig.4 werden hier zueinander im wesentlichenparallele Teilstrahlenbündel  $T_e, T_m$  durch geeignete optische Mittel erzeugt und durchlaufen die Linse 19.

Fig.7 zeigt vergrößert die in Fig.2 dargestellte Abbildung der ausgekoppelten Strahlanteile  $T_{ea}$  und  $T_{ma}$  auf einen ortsauflösenden Empfänger 18.

Als Meßgröße wird wie bekannt die Änderung des räumlichen Interferenzmusters von  $T_e$  und  $T_m$  Mode aufgenommen und ausgewertet.

Das am Austrittsort entstandene Interferenzbild der ausgekoppelten Strahlanteile wird über zylindrische Spiegel 23,24 sowie sphärische Spiegel 25,26 als in der Zeichenebene vergrößertes Abbild auf den Zeilenempfänger projiziert.

Die zylindrischen Spiegel bewirken gleichzeitig eine Verkleinerung des Interferenzbildes senkrecht zur Zeichenebene und damit eine optimale Anpassung an die Detektor-Geometrie.

Die optische Abbildung auf die Empfängerzeile kann auch mit einem Linsensystem oder einer Kombination aus refraktiver und reflektiver abbildender Optik realisiert werden. Die refraktiven Elemente können als holografische Elemente oder Fresnellinsen ausgeführt werden, die unterschiedliche Abbildungseigenschaften in verschiedenen Richtungen haben können. Dadurch kann eine Anpassung an die Zeilengeometrie erzielt werden.

Vor dem Detektor 18 ist ein Polarisationsfilter 16 anzubringen, welcher die für das Meßverfahren notwendige Interferenz der ausgekoppelten Moden bewirkt. Weiterhin kann zur Unterdrückung von Fremdlicht ein spektral selektives Filter 17 vor dem Detektor angebracht werden.

Zwischen Sensorebene und allen optischen Bauelementen kann ein Fenster 33 zum Schutz vor Umwelteinflüssen angeordnet sein, das vorzugsweise eine beidseitig entspiegelte Platte ist.

Durch die innerhalb der Abbildungseinheit gefalteten Strahlengänge kann die Baugröße der Anordnung reduziert und der Empfänger von unerwünschter Strahlungsbeeinflussung ferngehalten werden.

Aus dem Interferenzbild auf der Zeile wird der Abstand der Interferenzlinien als Maß des Differenzwinkels zwischen den ausgekoppelten Strahlkomponenten  $T_{ea}$ ,  $T_{ma}$  bestimmt, der wiederum durch die auf dem Schichtwellenleiter 1 befindliche Untersuchungssubstanz und ihre Brechzahl beeinflusst wird.

Durch die innerhalb der Abbildungseinheit gefalteten Strahlengänge kann die Baugröße der Anordnung reduziert und der Empfänger von unerwünschter Strahlungsbeeinflussung ferngehalten werden.

Durch Ausbildung der optischen Elemente aus Quarzglas, verbunden mit einem mechanischen Träger aus bezüglich seines Ausdehnungskoeffizienten angepaßtem Material, beispielsweise Invar, wird für des Abbildungsteil 15 eine hohe thermische Stabilität der Vergrößerung erreicht.

Die abbildenden optischen Elemente werden in den Trägerblock 31 aufgenommen, der Bohrkanäle 32 für die optischen Strahlengänge aufweist.

Zur Kompensation von thermischen Beeinflussungen der auf der Zeile abgebildeten Interferenzstruktur und des Empfängers 18 ist eine Buchse 34 aus einem Material mit geeignet vorgewähltem Ausdehnungskoeffizienten zwischen Trägerblock 31 und dem Empfänger 18 angeordnet.

Der Ausdehnungskoeffizient der Buchse 24 bestimmt sich aus der Differenz des Ausdehnungskoeffizienten der abbildenden Elemente und des Trägerblocks 31 sowie dem Längenverhältnis der in dem Trägerblock 31 und in den Bohrungen verlaufenden Strahllängen.

Dies wird ergänzend anhand Fig.7a erläutert:

Zwei Bauteile 34 und 35 unterschiedlichen Materials, die nur an den Punkten 36 und 37 miteinander verbunden sind, sind ansonsten gegeneinander beweglich.

Durch die gegenläufige thermische Ausdehnung der Bauteile 34 und 35 ist es möglich, einen bestimmten "effektiven" thermischen Ausdehnungskoeffizienten für die gesamte Halterung durch Wahl der Einzellängen und einzelnen Ausdehnungskoeffizienten einzustellen. Somit kann eine thermische Drift zwischen optischen Bauteilen und Gehäuse gegen den Detektor praktisch vollständig kompensiert werden.

Wird die Änderung des Differenzwinkels  $\varphi$  der ausgekoppelten Strahlmoden nicht über das Interferenzbild bestimmt, ist wie in Fig.8 ein positionsempfindlicher Detektor 27 vorgesehen, auf den über eine Linse 28 und ein Spiegelsystem 29 abgebildet wird, wobei der Detektor 27 im Abstand der Brennweite von der Linse 28 entfernt ist. Anhand der Differenz der Position der Auftreffpunkte wird die Winkeldifferenz bestimmt.

Die Linse 28 kann auch durch mehrere Linsen ersetzt werden, die auch als holografische Elemente oder Fresnellinsen ausgebildet sein können.

In einer alternativen Ausgestaltung des Auskoppelstrahlenganges wird für beide ausgekoppelte Lichtfelder ein Fokus in der Detektorebene erzeugt. Zur Auswertung werden Änderungen des Abstandes der beiden Foki herangezogen. Hierzu ist in Fig. 8 ein positionsempfindlicher Detektor 27 vorgesehen, auf den über eine Linse 28 und ein Spiegelsystem 29 abgebildet wird., wobei der Detektor im Abstand der Brennweite von der Linse 28 entfernt ist. In einem weiter möglichem Auskoppelstrahlengang, wird das austretende Licht durch eine Linse auf einen ortsempfindlichen Detektor fokussiert wobei in dieser Ausführungsform des Auskoppelstrahlengangs der TE- und der TM-Mode je einen Fokus in der Detektorebene erzeugt und zur Auswertung des Abstands der beiden Foki auf dem Detektor die Einkoppelstrahlengänge durch geeignete optische Mittel, beispielsweise Verschlüsse, alternativ geschaltet werden.

Weiterhin können die ausgekoppelten Lichtstrahlen werden durch eine gemeinsame oder zwei verschiedene Linsen auf zwei ortsempfindliche Detektoren fokussiert werden. Eine ausreichende Winkeldifferenz kann bei Verwendung eines Sensors mit bidiffraktivem Gitterkoppler durch die Wahl der Gitterkonstanten einfach erreicht werden. In dieser Anordnung können die Winkel der ausgekoppelten TE- und TM-Felder parallel erfaßt werden, so daß ein Umschalten der Einkoppelstrahlen entfallen kann, wie es bei der vorher beschriebenen Ausführungsform notwendig ist.

In Fig.9 werden mittels einer Ansteuereinheit 30 die strahlversetzenden Elemente 11,12 phasensynchron betätigt.

Auf dem Empfänger erscheinen in zeitlicher Folge Bilder der einzelnen Strahlkomponenten zu den Zeitpunkten der Kopplung der Strahlmoden  $T_e$  und  $T_m$ .

Die Signaldifferenz auf dem PSD ist ein Maß für den Differenzwinkel der ausgekoppelten Strahlen.

Durch Ausbildung der optischen Elemente aus Quarzglas, verbunden mit einem mechanischen Träger aus bezüglich seines Ausdehnungskoeffizienten angepaßtem Material, beispielsweise Invar, wird für das Abbildungsteil 15 eine hohe thermische Stabilität der Vergrößerung erreicht.

Alternative Materialkombinationen mit angepaßtem thermischen Ausdehnungskoeffizienten für optische Elemente/optischen Träger sind z.B. Nullausdehnungs-Glaskeramik (Zerodur, Kronglas/Grauguß, Borosilikatglas (BK7, UBK7), Kronglas/Keramik, Kronglas/Edelstahl, Kronglas/Messing.

In Fig. 10 ist die Anordnung der optischen Elemente und Strahlengänge in einem geschnitten dargestellten gemeinsamen Trägerblock 31 dargestellt, der Bohrkanäle 32 für die optischen Strahlengänge aufweist.

An einen gemeinsamen Trägerblock 31 sind die optischen Elemente gemäß Fig.2 außen angebracht, vorzugsweise verkittet.

Für die optischen Strahlengänge sind jeweils Bohrungen 32 vorgesehen.

Durch die definierte Lage der optischen Bauelemente zueinander wird eine insbesondere gegen auftretende Mikrofonie äußerst stabile Anordnung erreicht.

Mit der Auswahl der Materialien für die optischen Elemente (z.B. Glas, Quarzglas) und des Trägerblocks (z.B. Zerodur, Invar, aber auch Grauguß) nach dem thermischen Ausdehnungskoeffizienten läßt sich eine optimale thermische Stabilität der Anordnung realisieren.

Hierzu wird auf obige Ausführungen zur Materialwahl verwiesen.

In Fig. 11 ist eine Anordnung mit einem eingekoppelten Strahl dargestellt, die für eine Absorptionsmessung geeignet ist.

**Literaturaufstellung**

- [1] K. Tiefenthaler, W. Lukosz,  
" Integrated Optical Switches and Gas Sensors" ,  
Optics Letters 10, 137 (1984)
- [2] T. Suhara, H. Nishihara,  
IEEE J. Quantum Electron. 22, 845 (1986)
- [3] W. Lukosz, K. Tiefenthaler: Patent EP 0226604
- [4] W. Lukosz: Patent WO 8907756
- [5] K. Tiefenthaler, W. Lukosz  
" Sensivity of grating couplers as integrated-optical  
chemical sensors" ,  
J. Opt. Soc. Am. B6, 209 (1989)
- [6] K. Tiefenthaler: Patent EP 89108567
- [7] W. Lukosz, Ph. M. Nellen, Ch. Stamm, P. Weiss,  
" Output Grating Couplers on Planar Waveguides as Integrated  
Optical Chemical Sensors" ,  
Sensors and Actuators, B1, 585 (1990)
- [8] Ph. M. Nellen, W. Lukosz,  
" Integrated Optical Input Grating Couplers as Chemo- and  
Immunosensors" ,  
Sensors and Actuators B1, 592 (1990)
- [9] D.S. Goldmann, P.L. White, N.C. Anheier  
" Miniaturized spectrometer employing planar waveguides and  
grating couplers for chemical analysis" ,  
Applied Optics 29, 4583 (1990)
- [10] W. Lukosz  
" Principles and sensitivities of integrated optical und  
surface plasmon sensors for direkt affinity sensing and  
immunosensing" ,  
Biosensors & Bioelectronics 6, 215 (1991)

- 17 -

- [11] Ch. Fattinger: Patent EP 0455067
- [12] K. Tiefenthaler: Patent WO 9301487  
EP 551456
- [13] L.W. Burgess, Jr., D.S. Goldman: Patent US 5,082,629
- [14] D. Clerc, W. Lukosz,  
" Integrated optical output grating coupler as refractometer  
and (bio-) chemical sensor" ,  
Sensors and Actuators B11, 461 (1993)
- [15] Ch. Fattinger  
" The bidiffracte grating coupler" ,  
Appl. Phys. Lett. 62, 1461 (1993)
- [16] Ch. Fattinger: Patentanmeldung CH 927/93

**Patentansprüche**

1. Anordnung zur Analyse von Substanzen an oder nahe der Oberfläche eines optischen Sensors mit mindestens einer wellenleitenden Schicht und mindestens einem multifraktiven Gitterkoppler zur Ein- und Auskopplung von Lichtstrahlen, in den mindestens zwei Lichtstrahlen eingekoppelt werden, die zueinander einen Winkel  $\alpha$  einschließen, und mit der mindestens zwei Lichtstrahlen ausgekoppelt werden, die zueinander einen Winkel  $\phi$  einschließen, sowie einem Detektionssystem zur Erfassung der ausgekoppelten Lichtstrahlen, wobei Ein- und Auskopplung auf ein- und derselben Seite des Sensors erfolgen und die Ein- und Auskoppelstrahlen in unterschiedlichen Quadranten der Lichteinfallebene liegen und der Winkel  $\alpha$  zwischen den Einkoppelstrahlen größer als der Winkel  $\phi$  zwischen den Auskoppelstrahlen ist.
2. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die eingekoppelten Lichtstrahlen zueinander orthogonal polarisiert sind
3. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die eingekoppelten Lichtstrahlen zueinander parallel polarisiert sind
4. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die eingekoppelten Lichtstrahlen unpolarisiert sind
5. Anordnung nach einem der Ansprüche 1-4, dadurch gekennzeichnet, daß der Winkelbereich der Auskoppelstrahlen innerhalb des Winkelbereichs liegt, der durch die am Sensor reflektierten Einkoppelstrahlen aufgespannt wird.
6. Anordnung nach einem der Ansprüche 1-5, bei Verwendung eines ortsauflösenden Detektionssystems, gekennzeichnet durch einen Winkel  $\alpha$  zwischen den Einkoppelstrahlen größer 6 Grad.
7. Anordnung nach Anspruch 6, gekennzeichnet durch einen Winkel  $\alpha$  zwischen den Einkoppelstrahlen in einem Bereich von etwa 26 Grad plus/minus 20 Grad
8. Anordnung nach Anspruch 6, gekennzeichnet durch einen Winkel  $\alpha$  zwischen den Einkoppelstrahlen im Bereich von 16 Grad plus/minus 10 Grad
9. Anordnung nach einem der Ansprüche 6-8, gekennzeichnet durch einen Winkel  $\phi$  zwischen den ausgekoppelten Strahlen kleiner 6 Grad.

- 19 -

- 10.**Anordnung nach einem der Ansprüche 6-8 , gekennzeichnet durch einen Winkel  $\varphi$  zwischen den ausgekoppelten Strahlen in einem Bereich von etwa 0,2 bis 6 Grad.
- 11.Anordnung nach einem der Ansprüche 6-8 , gekennzeichnet durch einen Winkel  $\varphi$  zwischen den ausgekoppelten Strahlen im Bereich von etwa 0.2 bis 3 Grad
12. Anordnung nach einem der Ansprüche 1-11 , gekennzeichnet durch Mittel zur unabhängigen Verstellung der Einkoppelwinkel der eingekoppelten Lichtbündel.
- 13.**Anordnung nach einem der Ansprüche 1-5 , bei Verwendung eines ortsauflösenden Detektionssystems, gekennzeichnet durch einen Winkel  $\alpha$  zwischen den Einkoppelstrahlen größer 3 Grad
- 14.Anordnung nach Anspruch 13 , gekennzeichnet durch einen Winkel  $\alpha$  zwischen den Einkoppelstrahlen in einem Bereich von 23 plus/minus 20 Grad
- 15.Anordnung nach Anspruch 13 , gekennzeichnet durch einen Winkel  $\alpha$  zwischen den Einkoppelstrahlen in einem Bereich von 13 plus/minus 10 Grad
- 16.**Anordnung nach einem der Ansprüche 13-15 , gekennzeichnet durch einen Winkel  $\varphi$  zwischen den ausgekoppelten Strahlen kleiner 3 Grad
- 17.**Anordnung nach einem der Ansprüche 13-15 , gekennzeichnet durch einen Winkel  $\varphi$  zwischen den ausgekoppelten Strahlen in einem Bereich 0,2 bis 3 Grad
- 18.**Anordnung nach einem der Ansprüche 13-15 , gekennzeichnet durch einen Winkel  $\varphi$  zwischen den ausgekoppelten Strahlen im Bereich 0,2 bis 2 Gad
- 19.Anordnung nach einem der Ansprüche 13-18 , gekennzeichnet durch Mittel zur unabhängigen Verstellung der Einkoppelwinkel der eingekoppelten Lichtbündel.

- 20 -

- 20.**Anordnung nach einem der Ansprüche 1-5 , bei Verwendung eines ortsempfindlichen Detektionssystems, gekennzeichnet durch einen Winkel  $\alpha$  zwischen den Einkoppelstrahlen größer 2 Grad
- 21.Anordnung nach Anspruch 20 , gekennzeichnet durch einen Winkel  $\alpha$  zwischen den Einkoppelstrahlen in einem Bereich von 22 plus/minus 20 Grad
- 22.Anordnung nach Anspruch 20 , gekennzeichnet durch einen Winkel  $\alpha$  zwischen den Einkoppelstrahlen in einem Bereich von 12 plus/minus 10 Grad
- 23.**Anordnung nach einem der Ansprüche 20-22 , gekennzeichnet durch einen Winkel  $\varphi$  zwischen den ausgekoppelten Strahlen kleiner 20 Grad
- 24.Anordnung nach einem der Ansprüche 20-22 , gekennzeichnet durch einen Winkel  $\varphi$  zwischen den ausgekoppelten Strahlen im Bereich 0 bis 12 Grad
- 25.**Anordnung nach einem der Ansprüche 20-22 , gekennzeichnet durch einen Winkel  $\varphi$  zwischen den ausgekoppelten Strahlen im Bereich 0 bis 8 Grad
- 26.**Anordnung nach einem der Ansprüche 20-25 , gekennzeichnet durch Mittel zur unabhängigen Verstellung der Einkoppelwinkel der eingekoppelten Lichtbündel.
- 27.Anordnung zur Analyse von Substanzen nach einem der Ansprüche 1-26 , dadurch gekennzeichnet, daß die Einkoppelstrahlen sowohl in ihrem Einkoppelwinkel verstellbar als auch leicht konvergent sind .
- 28.Anordnung nach Anspruch 27 , dadurch gekennzeichnet, daß die Winkel für beide Einkoppelstrahlen unabhängig verstellbar sind
- 29.Anordnung nach Anspruch 27 , dadurch gekennzeichnet, daß die Winkel für beide Einkoppelstrahlen gleichzeitig mit einem gemeinsamen Element verstellt werden.
- 30.**Anordnung nach Anspruch 27, 28 oder 29 ,dadurch gekennzeichnet, daß die Strahlkonvergenz einstellbar ist.
- 31.Anordnung nach Anspruch 30 , gekennzeichnet dadurch, daß der Durchmesser der Einkoppelstrahlen in der Sensorebene im Bereich 10 $\mu$ m bis 1mm liegt.

32. Anordnung nach Anspruch 30 oder 31, dadurch gekennzeichnet, daß der Durchmesser der Einkoppelstrahlen in der Sensorebene veränderbar ist.
33. Anordnung nach Anspruch 30-32, gekennzeichnet durch Einstellen der Strahlkonvergenz und/oder des Durchmessers der Einkoppelstrahlen in der Sensorebene über die Veränderung der Abbildungseigenschaften der einkoppelnden optischen Elemente
34. Anordnung zur Analyse von Substanzen durch Messung der Lichtabsorption an oder nahe der Oberfläche eines optischen Sensors, mit mindestens einer wellenleitenden Schicht und mindestens einem multidiffraktiven Gitterkoppler zur Ein- und Auskopplung von Lichtstrahlen, mit der mindestens ein Lichtstrahl eingekoppelt wird und mindestens ein Lichtstrahl ausgekoppelt wird, sowie einem Detektionssystem zur Erfassung der ausgekoppelten Lichtstrahlen, wobei Ein- und Auskopplung auf ein- und derselben Seite des Sensors erfolgen, die Ein- und Auskoppelstrahlen in verschiedenen Quadranten der Lichteinfallsebene liegen und der Einkoppelstrahl sowohl bezüglich des Einkoppelwinkels verstellbar als auch leicht konvergent ist.
35. Anordnung nach Anspruch 34 sowie einem der Ansprüche 1-33, gekennzeichnet durch die Anwendung der in den Ansprüchen 1-33 angegebenen Winkelbedingungen für den Differenzwinkel der Ein- und Auskopplung auf die Absorptionsmessung
36. Anordnung zur Analyse von Substanzen an oder nahe der Oberfläche eines optischen Sensors mit mindestens einer wellenleitenden Schicht und einem multidiffraktiven Gitterkoppler zur Ein- und Auskopplung von Lichtstrahlen, in die mindestens zwei Lichtstrahlen eingekoppelt werden, die zueinander einen Winkel  $\alpha$  einschließen, wobei das Licht einer Lichtquelle auf mindestens einen Strahlenteiler gelangt und von diesem in mindestens zwei Teilstrahlen aufgespalten wird und die Teilstrahlen über strahlumlenkende Optik sowie strahlversetzende Einheiten und mindestens eine Abbildungseinheit in die Sensoroberfläche geführt wird.
37. Anordnung nach Anspruch 36, dadurch gekennzeichnet, daß eine Abbildungsoptik in die Lichtquelle integriert ist
38. Anordnung nach Anspruch 36, dadurch gekennzeichnet, daß eine Abbildungsoptik zwischen Lichtquelle und Strahlteiler vorgesehen ist.

- 22 -

39. Anordnung nach einem der Ansprüche 36-38 , dadurch gekennzeichnet, daß eine Aufspaltung des eingestrahnten Lichtes in zwei zueinander orthogonal polarisierte Teilstrahlen erfolgt
40. Anordnung nach einem der Ansprüche 36-38 , dadurch gekennzeichnet, daß eine Aufspaltung des eingestrahnten Lichtes in mindestens zwei Teilstrahlen ohne polarisations-selektierende Bauelemente erfolgt.
41. Anordnung nach einem der Ansprüche 36-40 , dadurch gekennzeichnet, daß zwischen Lichtquelle und Strahlteiler mindestens ein strahlumlenkendes Element vorgesehen ist.
42. Anordnung nach einem der Ansprüche 36-41 , dadurch gekennzeichnet, daß ein integriert optisches Element vorgesehen ist, das die Funktionen der Strahlteilung sowie mindestens einer Strahlumlenkung erfüllt.
43. Anordnung nach Anspruch 41 oder 42 , dadurch gekennzeichnet, daß zur Strahlteilung und zur Strahlumlenkung ein Polygonprisma vorgesehen ist.
44. Anordnung nach Anspruch 43 , dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eine Fläche des Polygonprismas mit einer teilweise oder vollständig reflektierenden Beschichtung versehen ist.
45. Anordnung nach einem der Ansprüche 1-44, dadurch gekennzeichnet, daß eine Fokussierung der einfallenden Lichtstrahlen auf die Sensorebene erfolgt.
46. Anordnung nach Anspruch 45, , dadurch gekennzeichnet, daß die Fokussierung durch abbildende Spiegel erfolgt
47. Anordnung nach Anspruch 45 , dadurch gekennzeichnet, daß die Fokussierung auf die Sensorebene durch mindestens eine Linse erfolgt.
48. Anordnung nach Anspruch 47, dadurch gekennzeichnet, daß die Fokussierung auf die Sensorebene durch zwei Linsen für die beiden Einkoppelwege erfolgt.
49. Anordnung nach Anspruch 47 oder 48 , dadurch gekennzeichnet, daß die Linse oder Linsen zur Fokussierung auf die Sensorebene unterschiedliche Brennweite parallel und senkrecht zur Einfallsebene haben.

- 23 -

50. Anordnung nach einem der Ansprüche 45-49, dadurch gekennzeichnet, daß der Öffnungswinkel der fokussierten Lichtstrahlen der erforderlichen Winkeländerung beim Wechsel des Sensors entspricht.
51. Anordnung nach einem der Ansprüche 47-79, dadurch gekennzeichnet, daß die Linse oder Linsen zur Fokussierung auf die Sensorebene als holografische Elemente ausgeführt sind.
52. Anordnung nach einem der Ansprüche 47-79, dadurch gekennzeichnet, daß die Linse oder Linsen zur Fokussierung auf die Sensorebene als Fresnel-Linsen ausgeführt sind.
53. Anordnung nach einem der Ansprüche 46-52, gekennzeichnet durch eine Kombination aus Linsen und Spiegeln
54. Anordnung nach einem der Ansprüche 1-53, dadurch gekennzeichnet, daß die einfallenden Lichtstrahlen mittels einer ersten Abbildungseinheit in einen Zwischenfokus in der Nähe der strahlversetzenden Einheit abgebildet werden und mit einer zweiten strahlversetzenden Einheit auf die Sensoroberfläche fokussiert werden.
55. Anordnung nach Anspruch 54, dadurch gekennzeichnet, daß das Licht mittels einer ersten Abbildungseinheit in einen Abstand etwa der Brennweite  $f$  von einer zweiten Abbildungseinheit fokussiert wird und die zweite Abbildungseinheit etwa einen Abstand  $f$  von der Sensoroberfläche hat.
56. Anordnung nach einem der Ansprüche 1-55, dadurch gekennzeichnet, daß die Mittel zur Verstellung des Einkoppelwinkels aus einer strahlversetzenden Einheit und mindestens einer Abbildungslinse bestehen.
57. Anordnung nach einem der Ansprüche 1-56, dadurch gekennzeichnet, daß die strahlversetzenden Einheiten drehbare Glasquader sind.
58. Anordnung nach einem der Ansprüche 1-56, dadurch gekennzeichnet, daß die strahlversetzenden Einheiten drehbare Spiegel sind
59. Anordnung nach Anspruch 57 oder 58, gekennzeichnet durch eine Drehachse senkrecht zur Strahlrichtung

- 24 -

60. Anordnung nach Anspruch 57 oder 58 , gekennzeichnet durch eine Drehachse in einem von der Senkrechten abweichenden Winkel zur Strahlrichtung
61. Anordnung nach einem der Ansprüche 1-56 , dadurch gekennzeichnet, daß die strahlversetzenden Einheiten steuerbare Spaltblenden sind, die jeweils nur einen Teil des Strahlenganges freigeben.
62. Anordnung nach Anspruch 61 , dadurch gekennzeichnet, daß die Spaltblenden als LCD-Einheiten ausgeführt werden.
63. Anordnung nach Anspruch 62 , gekennzeichnet durch unterschiedlichen Transmissionsgrad benachbarter Elemente der LCD-Einheit.
64. Anordnung nach Anspruch 61 , dadurch gekennzeichnet, daß die Spaltblenden als linear mechanisch verstellbare Blenden ausgeführt werden.
65. Anordnung nach Anspruch 61, dadurch gekennzeichnet, daß die Spaltblenden als linear mechanisch verstellbare Filter mit ortveränderlicher Transmissions-Charakteristik ausgeführt werden.
66. Anordnung nach einem der Ansprüche 1-65 , dadurch gekennzeichnet, daß die Einstellung der Strahlkonvergenz sowohl über die Einstellung der Spaltbreite als auch über die Veränderung der Brennweite eines abbildenden Elementes erfolgt.
67. Anordnung nach einem der Ansprüche 61-65 , dadurch gekennzeichnet, daß den Spaltblenden eine Korrekturoptik zugeordnet ist.
68. Anordnung nach Anspruch 67 , dadurch gekennzeichnet, daß die Korrekturoptik eine Zylinderlinse ist.
69. Anordnung nach einem der Ansprüche 61-68 , dadurch gekennzeichnet, daß die Korrekturoptik unterschiedliche Brennweite senkrecht und parallel zur Einfallsebene aufweist.
70. Anordnung nach einem der Ansprüche 1-69 , dadurch gekennzeichnet, daß die optische Anordnung zur Ein- und Auskopplung in einem gemeinsamen Gehäuse enthalten ist.

- 25 -

71. Anordnung nach einem der Ansprüche 1-70 , dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtquelle in das Gehäuse integriert ist.
72. Anordnung nach einem der Ansprüche 1-71, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtquelle ein Halbleiterlaser ist.
73. Anordnung nach Anspruch 72 , dadurch gekennzeichnet, daß der Halbleiterlaser frequenzstabilisiert ist
74. Anordnung nach einem der Ansprüche 1-73 gekennzeichnet durch eine Anordnung der Lichtquelle außerhalb eines die sonstige Meßanordnung enthaltendes Gehäuses.
75. Anordnung nach einem der Ansprüche 1-74, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtquelle ein Laser oder eine Spektrallampe ist.
76. Anordnung nach einem der Ansprüche 1-75 , dadurch gekennzeichnet, daß das Licht der Lichtquelle über eine Lichtleitereinheit auf die optische Anordnung gelangt
77. Anordnung nach einem der Ansprüche 1-76, dadurch gekennzeichnet, daß unterhalb der Sensorebene ein optisches Fenster, vorzugsweise entspiegelt, zum Schutz vor Umwelteinflüssen, angeordnet ist.
78. Anordnung nach einem der Ansprüche 1-77, dadurch gekennzeichnet, daß das Strahlführungs-System Glasfasern in Kombination mit Spiegeln zur Lichtführung verwendet.
79. Anordnung nach einem der Ansprüche 1-78 , dadurch gekennzeichnet, daß für optische Elemente und Trägerelemente Bauelemente mit angepaßter thermischer Ausdehnung für einen temperaturstabilen Abbildungsmaßstab verwendet werden.
80. Anordnung nach einem der Ansprüche 1-79 , gekennzeichnet durch ein der Lichtquelle nachgeordnetes Strahlformungssystem zur Anpassung der Strahlparameter
81. Anordnung nach Anspruch 80, dadurch gekennzeichnet, daß das Strahlformungs-System unterschiedliche Eigenschaften parallel und senkrecht zur Einfallsebene hat.
82. Anordnung nach Anspruch 80 oder 81, dadurch gekennzeichnet, daß das Strahlformungs-System mit einer oder mehreren Linsen ausgeführt wird.

- 26 -

83. Anordnung nach Anspruch 80 oder 81 , dadurch gekennzeichnet, daß das Strahlformungssystem aus einem oder mehreren abbildenden Spiegeln besteht.
84. Anordnung nach Anspruch 82, dadurch gekennzeichnet, daß die Linsen als holografische Elemente ausgeführt sind.
85. Anordnung nach Anspruch 82, dadurch gekennzeichnet, daß die Linsen als Fresnel-Linsen ausgeführt sind.
86. Anordnung nach Anspruch 82 , dadurch gekennzeichnet, daß die Linsen als Zylinderlinsen ausgeführt sind.
87. Anordnung nach einem der Ansprüche 80-86 , dadurch gekennzeichnet, daß das Strahlformungssystem aus einer Kombination aus Linsen und abbildenden Spiegeln besteht
88. Anordnung nach einem der Ansprüche 1-87 , dadurch gekennzeichnet, daß der Strahlteiler ein teildurchlässiger Spiegel ist
89. Anordnung nach einem der Ansprüche 1-87, dadurch gekennzeichnet, daß die Strahlteilung mit einem holografischen Element erfolgt
90. Anordnung nach einem der Ansprüche 1-89 , dadurch gekennzeichnet, daß die Strahlteilung mit einem Glasfaser-Verzweigungselement erfolgt.
91. Anordnung nach einem der Ansprüche 1-90 , gekennzeichnet durch eine photoelektrische Erfassung des durch Überlagerung der ausgekoppelten Strahlen entstehenden Interferenzbildes.
92. Anordnung nach einem der Ansprüche 1-91 , gekennzeichnet durch die Abbildung des Interferenzbildes mit mindestens einem Abbildungselement auf einen ortsauflösenden Detektor, der mit einer Auswerteeinheit verbunden ist.
93. Anordnung nach Anspruch 92 , dadurch gekennzeichnet, daß der ortsauflösende Detektor ein CCD-Element ist.

- 27 -

94. Anordnung nach Anspruch 92 , dadurch gekennzeichnet, daß der ortsauflösende Detektor eine Diodenzeile ist.
95. Anordnung nach einem der Ansprüche 91-94 , gekennzeichnet dadurch, daß das Abbildungselement mindestens eine Linse ist.
96. Anordnung nach Anspruch 95 , dadurch gekennzeichnet, daß die Linse unterschiedliche Brennweite parallel und senkrecht zur Einfallsebene hat.
97. Anordnung nach einem der Ansprüche 91-94, dadurch gekennzeichnet, daß das Abbildungselement als holografisches Element ausgeführt ist.
98. Anordnung nach einem der Ansprüche 91-94 , dadurch gekennzeichnet, daß das Abbildungselement als Fresnellinse ausgeführt ist.
99. Anordnung nach einem der Ansprüche 91-94 , dadurch gekennzeichnet, daß das Abbildungselement mindestens ein Spiegel ist
100. Anordnung nach Anspruch 99 , dadurch gekennzeichnet, daß der Spiegel unterschiedliche Abbildungseigenschaften senkrecht und parallel zur Einfallsebene hat
101. Anordnung zur Abbildung des Interferenzbildes der aus einem Wellenleiter über ein multidiffraktives Gitter ausgekoppelten Strahlungsanteile, bestehend aus einer dem Austrittsort nachgeordneten Kombination aus gefaltetem Strahlengang und abbildenden Spiegeln, die das Interferenzbild über einen Polarisator auf einen ortsauflösenden Empfänger abbildet.
102. Anordnung nach Anspruch 101 , gekennzeichnet durch einen teleskopischen Abbildungsstrahlengang.
103. Anordnung nach Anspruch 101 oder 102 , gekennzeichnet durch sphärische Spiegel
104. Anordnung nach Anspruch 101 oder 102 , gekennzeichnet durch zylindrische Spiegel
105. Anordnung nach Anspruch 101-104 , gekennzeichnet durch eine Kombination aus sphärischen und zylindrischen Spiegeln

- 28 -

106. Anordnung nach Anspruch 101-104 , gekennzeichnet durch eine Kombination aus sphärischen und asphärischen Spiegeln.

107. Anordnung nach einem der Ansprüche 1-106 , dadurch gekennzeichnet, daß im abbildenden Strahlengang ein Interferenzfilter vorgesehen ist.

108. Anordnung nach einem der Ansprüche 1-107 , dadurch gekennzeichnet, daß mittels eines durch die Abbildungsspiegel gefalteten Strahlenganges gleichzeitig eine optische Anpassung an die Geometrie des ortsauflösenden Empfängers erfolgt.

109. Anordnung nach einem der Ansprüche 1-108, dadurch gekennzeichnet, daß die Abbildung der Sensor-Ebene auf den ortsempfindlichen Detektor durch zwei Linsen oder Kollimatoren mit parallelem oder quasiparallelen Strahlengang zwischen den beiden Einheiten erfolgt.

110. Anordnung nach Anspruch 109 , dadurch gekennzeichnet, daß die Linsen oder Kollimatoren unterschiedliche Brennweite parallel und senkrecht zur Ausfallsebene haben.

111. Anordnung nach Anspruch 109 oder 110 , dadurch gekennzeichnet, daß die Linsen oder Kollimatoren als holografische Elemente ausgeführt werden.

112. Anordnung nach Anspruch 109 oder 110 , dadurch gekennzeichnet, daß die Linsen oder Kollimatoren als Fresnel-Linsen ausgeführt werden.

113. Anordnung nach einem der Ansprüche 1-112 , gekennzeichnet , daß zur Ermittlung der Position und des Winkels  $\varphi$  der ausgekoppelten Strahlen eine Abbildung der ausgekoppelten Strahlenteile auf mindestens einen Empfänger erfolgt, der mit einer Auswerteeinheit verbunden ist.

114. Anordnung nach Anspruch 113 , dadurch gekennzeichnet , daß der Empfänger ein PSD ist.

115. Anordnung nach Anspruch 113 , dadurch gekennzeichnet, daß der Empfänger ein CCD-Element ist.

116. Anordnung nach Anspruch 113 , dadurch gekennzeichnet, daß der Empfänger eine Diodenzeile ist.

- 29 -

117. Anordnung nach einem der Ansprüche 113-116, gekennzeichnet durch einen mittels Spiegeln gefalteten Abbildungsstrahlengang.

118. Anordnung nach einem der Ansprüche 113-116, dadurch gekennzeichnet, daß die Abbildung der Sensor-Ebene auf den ortsauflösenden Detektor mit mindestens einer Linse erfolgt.

119. Anordnung nach einem der Ansprüche 113-116, dadurch gekennzeichnet, daß zur Abbildung mindestens ein Spiegel vorgesehen ist.

120. Anordnung nach einem der Ansprüche 113-119, gekennzeichnet durch eine alternierende Abbildung der ausgekoppelten Strahlungsanteile auf einen ortsauflösenden Empfänger

121. Anordnung nach Anspruch 120, dadurch gekennzeichnet, daß zur zeitversetzten Auskopplung der Strahlkomponenten die Einkoppelwinkel der eingekoppelten Strahlen zueinander phasensynchron verstellt werden

122. Anordnung nach einem der Ansprüche 113-121, gekennzeichnet durch eine Linsenanordnung zur Abbildung der ausgekoppelten Strahlenteile, der der PSD im Abstand etwa der einfachen Brennweite nachgeordnet ist.

**123.** Anordnung nach einem der Ansprüche 1-122, gekennzeichnet durch die Anordnung mindestens eines Teils der optischen Elemente in einem gemeinsamen Trägerblock.

124. Anordnung nach Anspruch 123, gekennzeichnet durch Ausbildung mindestens eines Teils der optischen Strahlengänge als im Trägerblock vorgesehene Bohrungen.

125. Anordnung nach Anspruch 123 oder 124, gekennzeichnet durch die Anordnung von Spiegeln am Rand des Trägerblockes

126. Anordnung nach einem der Ansprüche 123-125, gekennzeichnet durch ein Trägerblockmaterial Invar, Zerodur oder Grauguß.

- 30 -

127

Anordnung nach einem der Ansprüche 1- 126 , gekennzeichnet durch Kombination folgender Materialien:

Für die optischen Elemente:

Quarz, Kronglas, Flintglas, reflektives Metall,

Für die Trägerelemente

Invar, Zerodur, Kronglas, BK7,UBK7, Flintglas, Keramik, Messing, Aluminium, Edelstahl

128.

Anordnung nach einem der Ansprüche 1-127 , gekennzeichnet durch Ausbildung eines Teils des Trägerblocks aus einem Material, das bezüglich seiner thermischen Ausdehnung einer zu Meßfehlern führenden thermischen Ausdehnung der übrigen Trägerelemente und/oder der verwendeten Optik entgegenwirkt.



" 2 / 11 "

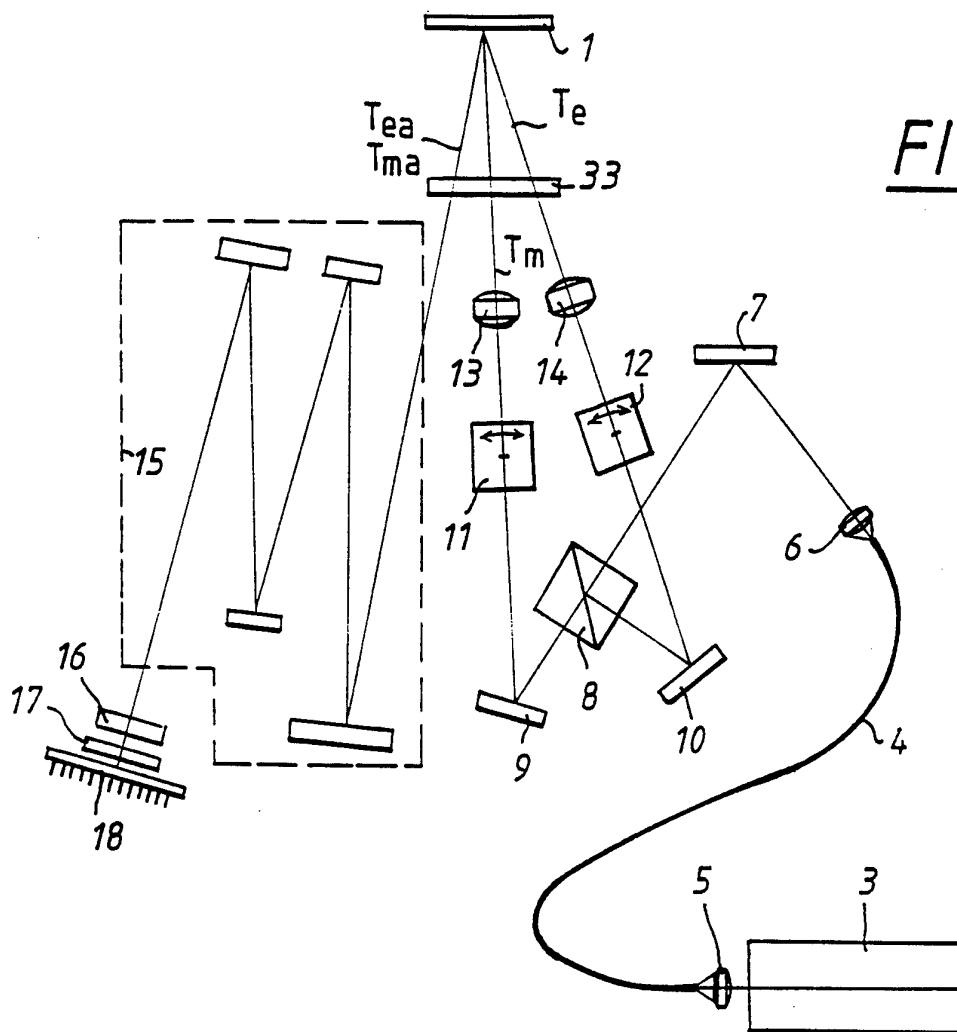
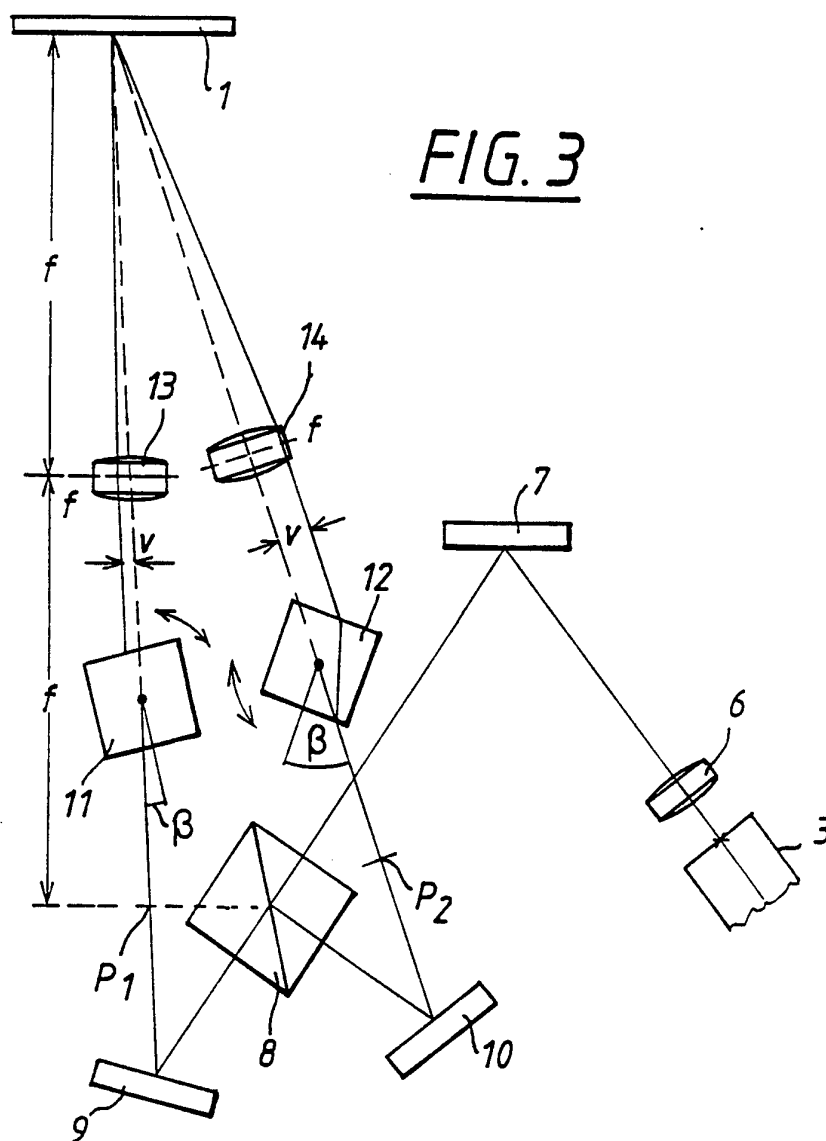


FIG. 2

" 3 / 11 "



" 4/11 "

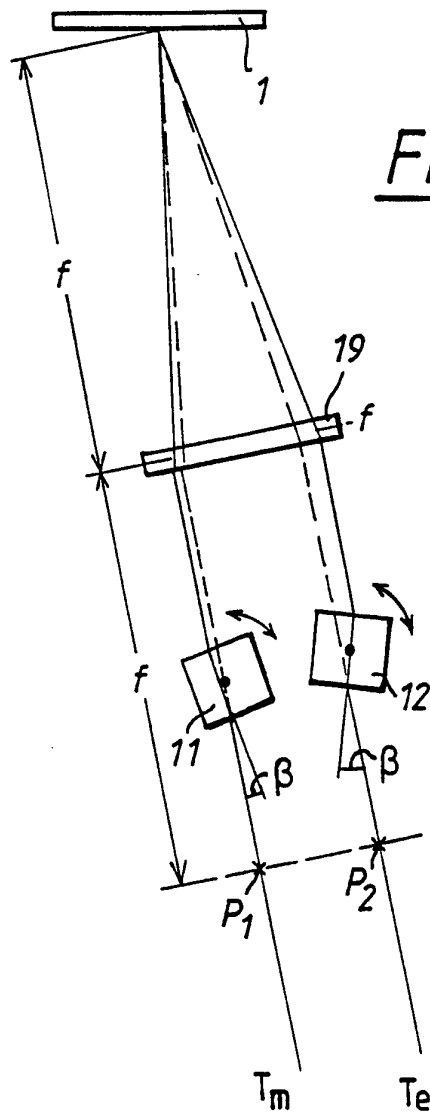
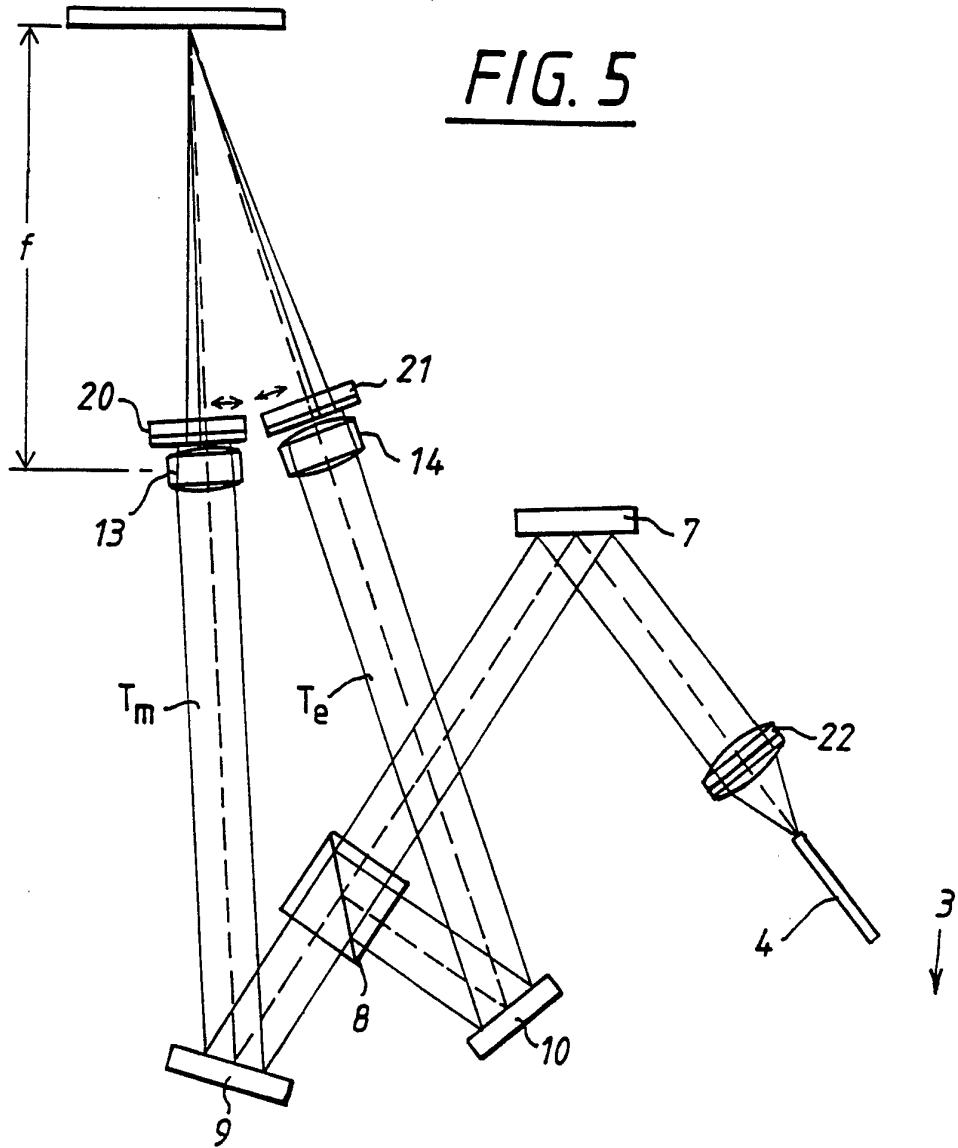
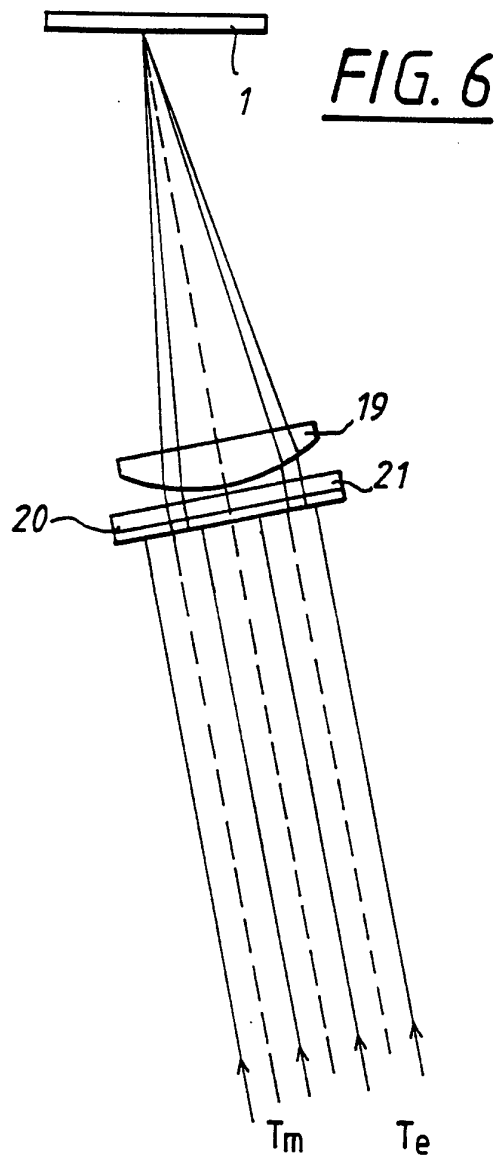


FIG. 4

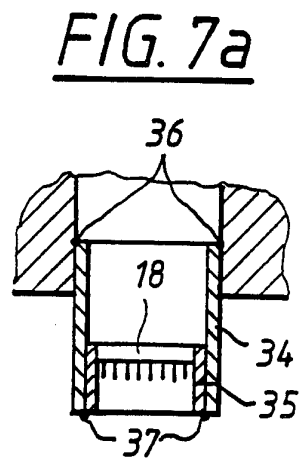
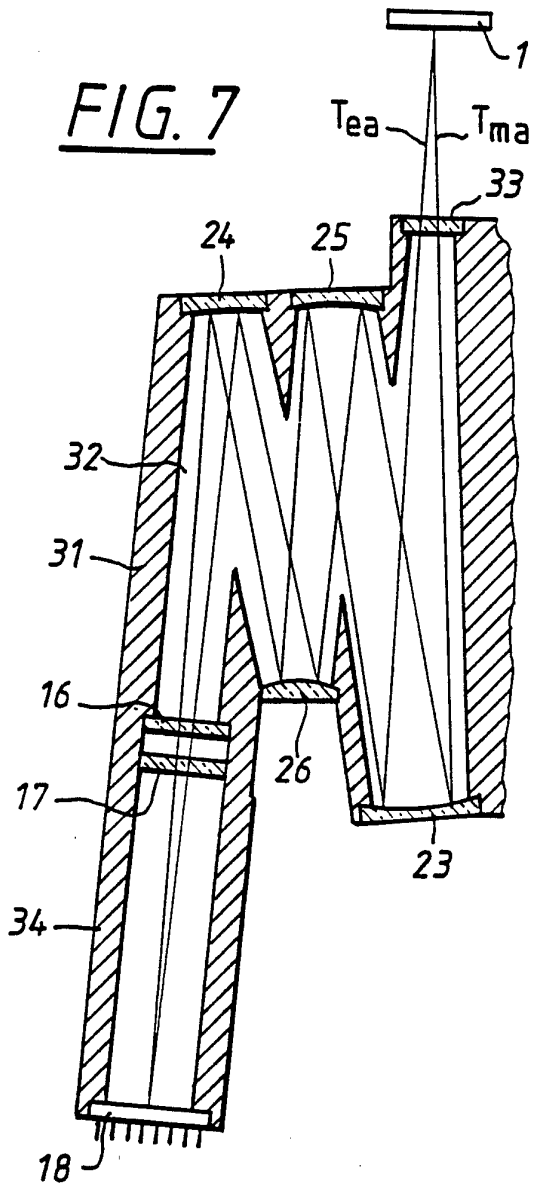
" 5 / 11 "



" 6 / 11 "

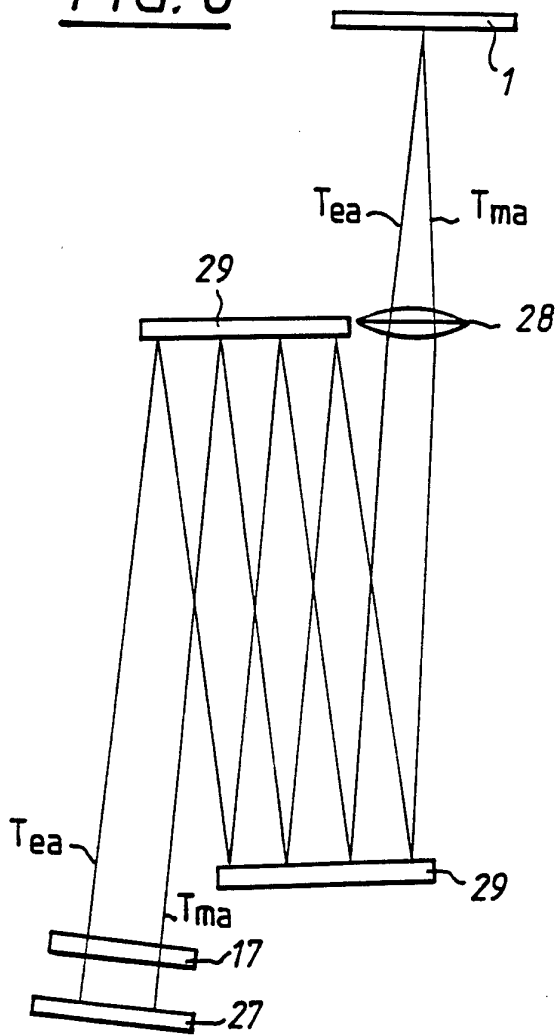


" 7/11 "



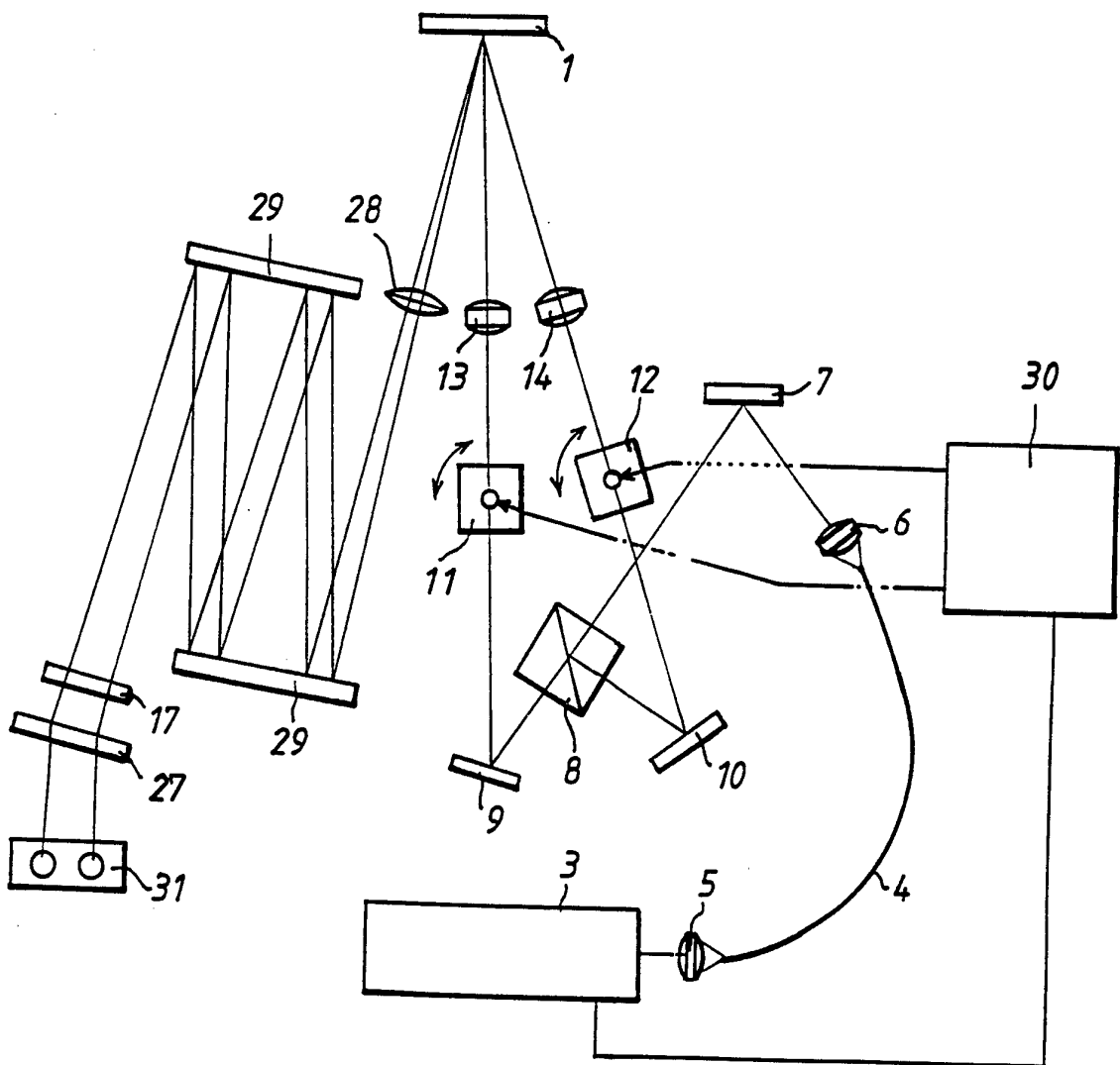
" 8 / 11 "

FIG. 8

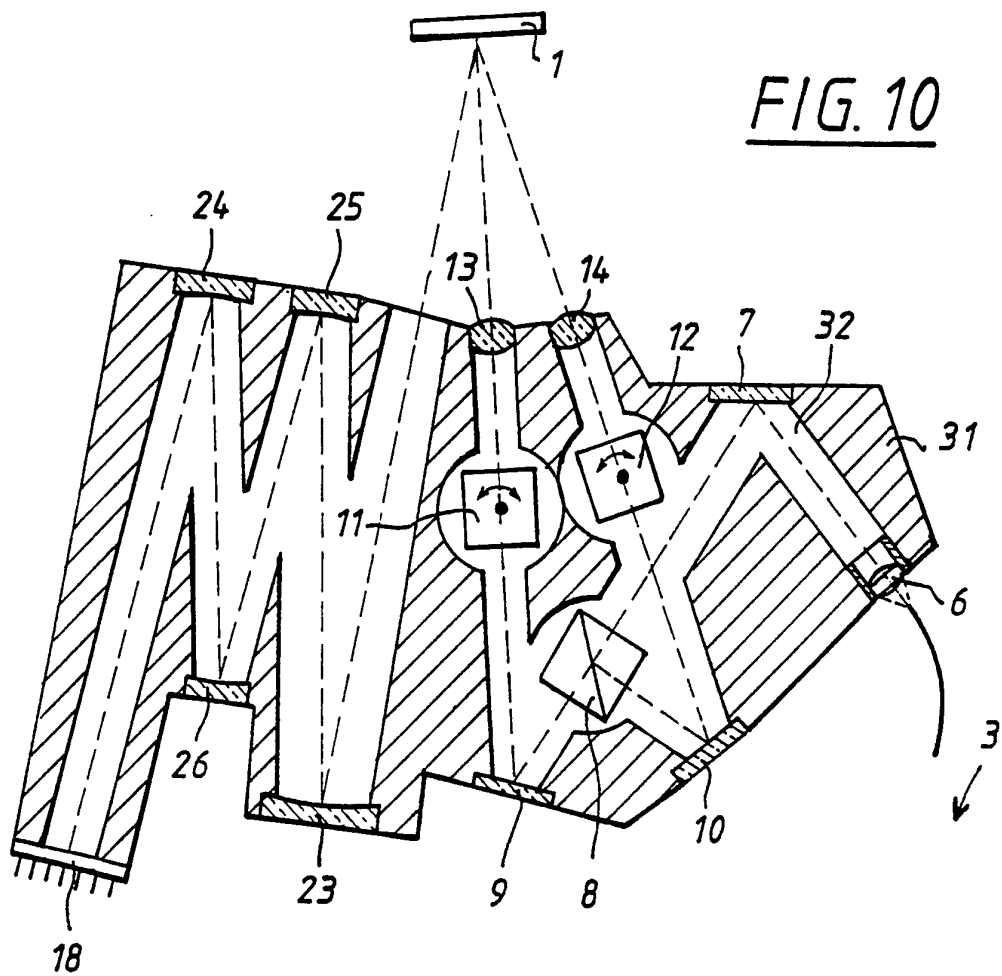


" 9/11 "

FIG. 9



" 10/11 "



" 11 / 11 "

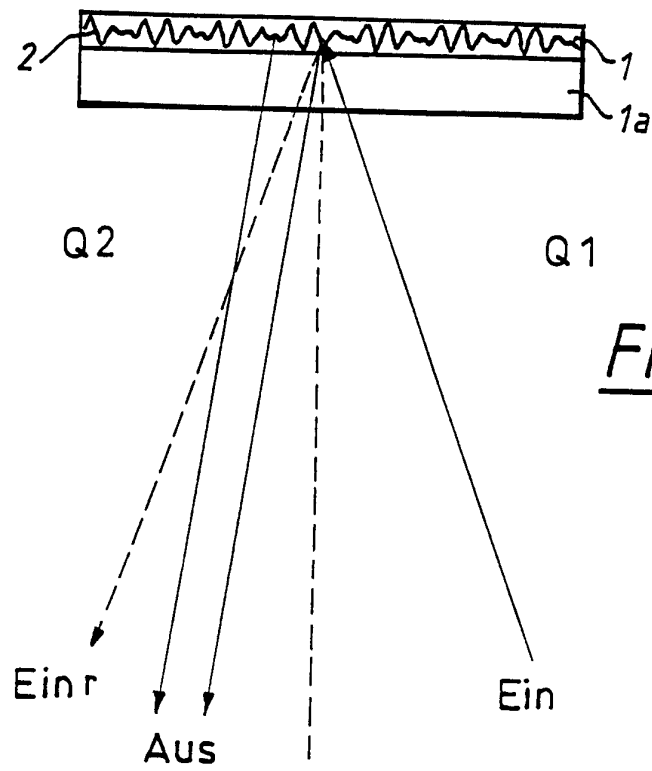


FIG. 11

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP 94/03769

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> IPC 6 G01N21/55 G01N21/77				
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC				
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>				
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 6 G01N				
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched				
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)				
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>				
Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.		
X    A  X   A	WO,A,93 01487 (ARTIFICIAL SENSING) 21 January 1993 cited in the application see page 5, paragraph 2 see claim 1; figures 1,2  --- EP,A,0 482 377 (FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT) 29 April 1992 see column 4, line 25 - column 5, line 49 see claim 1; figures 1,2  -----	34    1,27  34   1,27		
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C.				
<input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex.				
* Special categories of cited documents :				
<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; border: none; vertical-align: top;">                     "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                      "I" 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                 </td> <td style="width: 50%; border: none; vertical-align: top;">                     "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention                      "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone                      "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.                      "&amp;" document member of the same patent family                 </td> </tr> </table>			"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 "I" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art. "&" document member of the same patent family
"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 "I" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art. "&" document member of the same patent family			
Date of the actual completion of the international search  <p style="text-align: center; font-size: 1.2em;">14 February 1995</p>	Date of mailing of the international search report  <p style="text-align: center; font-size: 1.2em;">22.02.95</p>			
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+ 31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+ 31-70) 340-3016	Authorized officer  <p style="text-align: center; font-size: 1.2em;">Krametz, E</p>			

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 94/03769

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO-A-9301487	21-01-93	CH-A- 681920	15-06-93
		EP-A- 0551456	21-07-93
		JP-T- 6500636	20-01-94
-----			
EP-A-0482377	29-04-92	DE-A- 4033912	30-04-92
-----			

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationale Aktenzeichen

PCT/EP 94/03769

<b>A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES</b> IPK 6 G01N21/55 G01N21/77		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK		
<b>B. RECHERCHIERTE GEBIETE</b>		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) IPK 6 G01N		
Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)		
<b>C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN</b>		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X    A  X   A	WO,A,93 01487 (ARTIFICIAL SENSING) 21. Januar 1993 in der Anmeldung erwähnt siehe Seite 5, Absatz 2 siehe Anspruch 1; Abbildungen 1,2  --- EP,A,0 482 377 (FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT) 29. April 1992 siehe Spalte 4, Zeile 25 - Spalte 5, Zeile 49 siehe Anspruch 1; Abbildungen 1,2  -----	34    1,27  34   1,27
<input type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen		
<input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :		
"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist		
"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist		
"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)		
"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht		
"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist		
"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist		
"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden		
"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist		
"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
14. Februar 1995		22.02.95
Name und Postanschrift der Internationale Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+ 31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+ 31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter  Krametz, E

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 94/03769

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO-A-9301487	21-01-93	CH-A- 681920	15-06-93
		EP-A- 0551456	21-07-93
		JP-T- 6500636	20-01-94
-----			
EP-A-0482377	29-04-92	DE-A- 4033912	30-04-92
-----			