

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 71/2011
(22) Anmeldetag: 19.01.2011
(45) Veröffentlicht am: 15.02.2014

(51) Int. Cl. : **A61B 3/10** (2006.01)

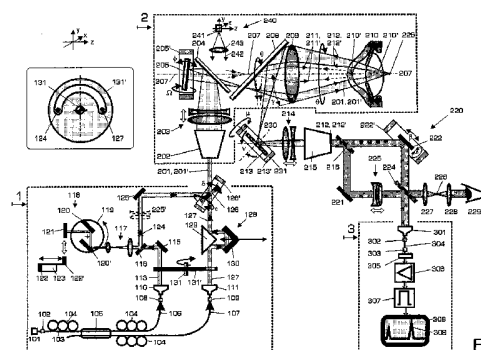
(56) Entgegenhaltungen:
Kontrolliert kippen:
Silizium Mikrospiegel mit integriertem optischen Feedback
von David Kallweit, Wolfgang Mönch et al.
Universität Freiburg, IMTEK
Zeitschrift Photonik 4/2006
Seiten 2-5
<http://www.imtek.de/content/pdf/public/2006/phonik-04-2006-kallwei1.pdf>
vom Internet heruntergeladen am 28.11.2011

(73) Patentinhaber:
FERCHER ADOLF FRIEDRICH DR.
1230 WIEN (AT)

(72) Erfinder:
FERCHER ADOLF FRIEDRICH DR.
WIEN (AT)

(54) **OPTISCHER ADAPTER FÜR EIN DOPPELSTRAHL KURZKOHÄRENZ-INTERFEROMETRIE VERFAHREN UND ANORDNUNG ZUR INTRAOKULÄREN DISTANZMESSUNG**

(57) Die Messung intraokulärer Distanzen, wie der okulären Achslänge und von Distanzen in der Vorderkammer, ist von grosser Wichtigkeit in der Ophthalmologie. Moderne, berührungsfrei arbeitende Instrumente arbeiten mit Kurzkohärenz Interferometrie. Während die Kurzkohärenz interferometrische Achslängenmessung schon gut beherrscht wird, hat sich die Messbarkeit von Distanzen der Vorderkammer als deutlich schwieriger herausgestellt. Die zugrunde liegenden Probleme werden durch einen optische Adapter in einem Doppelstrahl Kurzkohärenz Interferometer gelöst, der für Beleuchtungsstrahl und Messstrahl variable Strahldurchmesser, variable Strahl-Konvergenzen, variable Schrägen, variable Azimute und variable räumliche Positionen der zugrunde liegenden Purkinje- Bilder einzustellen erlaubt.



Figur 3

Beschreibung

OPTISCHER ADAPTER FÜR EIN DOPPELSTRAHL KURZKOHÄRENZ- INTERFEROMETRIE VERFAHREN UND ANORDNUNGEN ZUR INTRAOKULÄREN DISTANZMESSUNG.

[0001] Es handelt sich hier um ein Verfahren der Längenmesstechnik für die Ophthalmologie.

[0002] Stand der Technik: Die Messung intraokulärer Distanzen, wie der okulären Achslänge und der Distanzen in der Vorderkammer, ist von grosser Wichtigkeit, beispielsweise bei der Bestimmung der Brennweite für intraokuläre Linsen, zur Messung der Position und Bewegung bei phaken und akkommodativen intraokulären Linsen, zur Linsendickenmessung vor einem Linsenaustausch und zur Corneadickenmessung für LASIK. Moderne, berührungsfrei arbeitende Geräte dieser Art, wie der IOL Master und der AC Master der Fa. Carl Zeiss Meditec [Offenlegungsschrift DE 103 23 920 A1, Verfahren und Anordnung zum Vermessen des vorderen Augenabschnitts. Santodomingo-Rubido J, Mallen EAH, Gilmartin B, Wolffsohn JS: A new non-contact optical device for ocular biometry, BJO 2002; 86:458-462] und der Lenstar der Fa. Haag-Streit [Europäische Patentschrift EP 1 946 039 B1, Verfahren und Vorrichtung zur Ermittlung geometrischer Werte an einem Gegenstand], arbeiten mit Kurzkohärenz Interferometrie (KKI). Diese Messgeräte benutzen das an intraokulären Grenzflächen reflektierte Licht als Messstrahl und Referenzstrahl eines Kurzkohärenz Interferometers. Das Messprinzip dieser Methoden besteht in der Verwendung von kurzkohärentem Licht: Interferenzen entstehen nur, wenn die Wegdifferenz zweier Wellen aus dem beleuchteten Auge durch eine gleich grosse Wegdifferenz dieser Wellen außerhalb des Auges - und daher leicht messbar - kompensiert wird.

[0003] Technische Aufgabe: Gegenüber der Achslängenmessung mit dem IOL Master beispielsweise, hat sich die Messbarkeit von Distanzen an der Vorderkammer als deutlich schwieriger herausgestellt. Gründe hierfür sind in der großen Variabilität wichtiger optischer Parameter im vorderen Augenabschnitt zu finden. Beispielsweise das unterschiedliche Auseinanderklaffen von Sehachse und optischer Achse von Augen, insbesondere bei schielenden Personen, die refraktive Wirkung reflektierender Flächen, ferner stark verkippte implantierte intraokuläre Linsen und Eintrübungen der Augenmedien. Die Folge ist, dass die vom Auge reflektierten Wellen vom Messgerät gar nicht erfasst werden oder dass sie schräg oder defokussiert überlagert werden und keine makroskopischen Interferenzerscheinungen erzeugen, die in einem Einzeldetektor ein Signal liefern.

[0004] Es ist daher die Aufgabe der Erfindung, eine Anordnung für einen optischen Adapter für Doppelstrahl Kurzkohärenz Interferometer zur Messung intraokulärer Distanzen anzugeben, welcher die zur Beobachtung makroskopischer Interferenzen am Auge erforderlichen Freiheitsgrade der das Auge beleuchtenden Lichtstrahlen (201, 201') bereit stellt.

[0005] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Doppelstrahl Kurzkohärenz Interferometer mit einem optischen Adapter gelöst, der für Beleuchtungsstrahl und Messstrahl variable Strahldurchmesser, variable Strahlkonvergenzen, variable Schrägen, variable Azimute und variable räumliche Positionen der das Auge beleuchtenden Lichtstrahlen ermöglicht.

[0006] Die einzelnen Bauteile der hier angemeldeten Anordnung entsprechen dem Stand der Technik. Gegenstand der Anmeldung ist deren Kombination, die die erforderlichen Anpassungen für in vivo Messungen ermöglicht.

[0007] Beschreibung. Die Erfindung wird anhand der folgenden Figuren erläutert:

[0008] Figur 1: Purkinje Bilder P1, P2, P3, P4 bei nichtaxialer Beleuchtung von seitlich links.

[0009] Figur 2: Purkinje Bilder P1, P2, P3, P4 bei nichtaxialer Beleuchtung von links unten.

[0010] Figur 3 zeigt den Strahlengang einer grundsätzlichen erfindungsgemäßen Anordnung.

[0011] Figur 4 zeigt den Strahlengang einer erfindungsgemäßen Anordnung mit vereinfachter Bedienung des Beleuchtungsstrahlengangs.

[0012] Figur 5 zeigt den Strahlengang einer erfindungsgemäßen Anordnung mit weitgehend mechanischer Realisierung der Freiheitsgrade für den Strahlengang zur intraokulären Distanzmessung.

[0013] Figur 6 erläutert mechanische Details der Anordnung nach Figur 5.

[0014] Purkinje-Sanson-Bilder (meist kurz als „Purkinje Bilder“ bezeichnet): Optisch kommen die vom Auge an den verschiedenen Grenzflächen reflektierten Lichtstrahlen aus den zugehörigen virtuellen Purkinje-Sanson-Bildern P1, P2, P3 und P4: P1 ist das Spiegelbild der Lichtquelle an der Corneavorderfläche; P2 ist das Spiegelbild an der Cornearückfläche, P3 und P4 entstehen durch Reflexion an den Oberflächen der Augenlinse: P3 durch Reflexion an der Linsenvorderfläche und P4 durch Reflexion an der Linsenrückfläche. Im Gullstrandschen Auge liegen diese Bilder etwa in folgenden Abständen hinter dem Corneascheitel: P1: 3,9 mm; P2: 3,8 mm; P3: 10,6 mm; P4: 4,0 mm.

[0015] Die Helligkeiten der Purkinje Bilder sind sehr unterschiedlich; jene von P2 beträgt nur etwa 1 %, die von P3 und P4 etwa 8 % jener von P1. Ausserdem ist P4, im Gegensatz zu den übrigen Bildern, invertiert. Translatorische Augenbewegung verschiebt P1, P2 und P4 um dieselbe Strecke; rotatorische Augenbewegung hingegen bewegt P1 und P2 entgegengesetzt zu P4 und um unterschiedliche Strecken. Beleuchtet man die Augenpupille mit einem Lichtstrahl und beobachtet diese aus nichtaxialer Richtung, sieht man etwa die Bilder der Figuren 1 und 2.

[0016] In der Figur 1 sind die Purkinje Bilder P1, P3, P4 bei nichtaxialer Beleuchtung (in Pfeilrichtung) dargestellt. In der Figur 2 sind die Purkinje Bilder P1, P3, P4 bei nichtaxialer Beleuchtung von links (vom Probanden aus gesehen) unten (in Pfeilrichtung) dargestellt. P2 wird in beiden Fällen von P1 überdeckt. Während P1, P2 und P4 etwa in derselben Tiefe im Auge liegen und gleichzeitig scharf abgebildet werden können, liegt P3 deutlich tiefer, wird daher in den Figuren 1 und 2 unscharf abgebildet und verschwindet in beiden Fällen bereits hinter der Iris, weil der beleuchtende Lichtstrahl zu schräg auf das Auge trifft. Die intraokuläre interferometrische Distanzmessung benutzt die zu diesen Bildern gehörigen reflektierten Lichtstrahlen. Es ist jedoch nicht ohne weiteres möglich, von diesen Strahlen makroskopisch auswertbare Interferenzen, also mittels eines einzelnen Photodetektors auswertbare Interferenzen, zu erhalten. Solche Interferenzen der von den Purkinje Bildern kommenden Lichtstrahlen setzen einander überlappende und gemeinsam in einer an sich beliebigen Transversalebene, beispielsweise der Pupillenebene, lokalisierte Purkinje Bilder voraus.

[0017] Ophthalmologisches Doppelstrahl Kurzkohärenz Interferometer: Die Kurzkohärenzinterferometrische Messung im engeren Sinn wird in den erfindungsgemäßen Anordnungen mittels der bekannten Methoden der KKI, wie der Time-Domain Methode oder den Fourier Domain Methoden der Kurzkohärenz Spektralinterferometrie und der Kurzkohärenz Frequenzmodulation (engl. „swept source“) durchgeführt. In der Figur 3 ist ein solches ophthalmologisches Doppelstrahl Kurzkohärenz Interferometer mit einem erfindungsgemäßen optischen Adapter auf Basis der Time Domain Methode dargestellt. Es lassen sich folgende Baugruppen (in den gestrichelten Kästen) unterscheiden:

[0018] 1 umfasst die Optik des Kurzkohärenz Interferometers mit faseroptischer Strahlteilung, optischem Auszug und - für den hier angedeuteten Fall der Time Domain Technik - Weglängenmodulator;

[0019] 2 umfaßt den erfindungsgemäßen optischen Strahlenadapter;

[0020] 3 umfaßt die elektronische KKI Signaldetektion.

[0021] Das Kurzkohärenz Interferometer 1 führt, zusammen mit der elektronischen Signaldetektion 3 die eigentliche Kurzkohärenzmessung durch. Der erfindungsgemäße Strahlenadapter 2 erlaubt die flexible Strahlengestaltung und -führung zum und vom Auge.

[0022] Alle erfindungsgemäßen Anordnungen benutzen eine in der KKI übliche Lichtquelle 101, die Licht großer räumlicher Kohärenz jedoch kleiner Zeitkohärenz emittiert, wie beispielsweise eine Superlumineszenzdiode oder eine durchstimmbare Lichtquelle („swept source“). Deren

Licht wird mittels beispielsweise einer Steckerverbindung 102 in eine Monomodenfaser 103 eingekoppelt. Die Polarisation des von den Fasern transmittierten Lichts kann durch die Polarisationspaddel 104 beeinflusst werden, beispielsweise um die von dem faseroptischen Strahlteiler 105 auf die 2 Fasern 106 und 107 aufgeteilten Strahlintensitäten und Polarisationszustände zu beeinflussen. Die Stecker 108 und 109 verbinden die Fasern 106 und 107 mit den Faserkollimatoren 110 und 111.

[0023] Der aus dem Faserkollimator 110 austretende Strahl 113 trifft über den Spiegel 115 durch den Strahlteiler 116 hindurch über den Strahlexpander 117 auf den Weglängenmodulator 118. Der Weglängenmodulator 118 besteht hier aus 2 zueinander parallel auf einer rotierenden Platte 119 montierten Spiegeln 120 und 120' und einem Endspiegel 121. Der Weglängenmodulator erzeugt die für das Time Domain Verfahren notwendige Dopplerverschiebung und Weglängenmodulation. Für die Achslängenmessung ist es vorteilhaft, anstelle des Endspiegels 121 einen Stufenendspiegel mit den Spiegelflächen 122 und 122' zu benutzen, um schnell von der Weglänge des Corneastrahls zu jener des Fundusstrahls umzuschalten. Zur Kompensation der Dispersion der Augenmedien kann es in diesem Fall auch sinnvoll sein, vor der zum Fundus-signal gehörenden Spiegelstufe ein transparentes Medium 123 gleicher Dispersion anzuordnen. Der vom Weglängenmodulator 118 zurück kommende Modulatorstrahl 124 wird über den Umlenkspiegel 125 und den Strahlteiler 126 zum optischen Strahlenadapter 2 gespiegelt.

[0024] Der aus dem Faserkollimator 111 austretende Strahl 127 trifft über den optischen Auszug 128, bestehend aus Prismendoppelspiegel 129 und Dachkantspiegel 130, ebenfalls auf den Strahlteiler 126 und wird als stationärer Strahl zum optischen Strahladapter 2 transmittiert. Dieser Strahl erzeugt die für die KKI erforderliche stationäre Anpassung der Weglängen von Messstrahl und Referenzstrahl. Der Strahlteiler 126 ist in seiner Halterung 126' um 2 orthogonale in der Ebene der Spiegelhalterung liegende Achsen um die Winkel δ und ϵ kardanisch kippbar. Ferner ist hier noch eine um die Achse 131 rotierende Schlitzblende 131' angeordnet, siehe die Abbildung im Kasten links oben in der Figur 3. Diese erlaubt es, je nach Stellung, abwechselnd den Modulatorstrahl 124 oder den stationären Strahl 127 oder beide frei zu geben, um diese beiden Strahlen am Interferometerausgang (Beobachter 229) leichter zu identifizieren. Für die Kurzkohärenzmessung im engeren Sinn werden beide Strahlen gleichzeitig frei gegeben.

[0025] Einstellung makroskopischer Interferenzen der zur konkreten Messung gehörigen Lichtreflexe: Wegen der komplexen Struktur des Auges, müssen für die gewünschte interferometrische Messung infrage kommende Lichtreflexe der betreffenden Augenstrukturen erfassbar gemacht und optimiert werden. Das zur Erzeugung und Erfassung der Lichtreflexe erforderliche Mass an Flexibilität hinsichtlich der optischen Parameter sowohl des Beleuchtungsstrahls als auch des Messstrahls, das insbesondere bei nicht durchschnittlicher Anatomie des Auges ungewöhnlich gross sein kann, wird vom optischen Strahlenadapter zur Verfügung gestellt. Zur Identifizierung der zur Messung benutzten Lichtreflexe und deren makroskopischer Interferenzen werden mit Hilfe der Mach-Zehnder Interferometer 1 vor dem Strahlenadapter und 220 nach dem Adapter die mit der Messstrecke assoziierten Purkinje Bilder zur Distanzmessung ausgewählt und deren Transversalpositionen und Tiefenpositionen angeglichen.

[0026] Optischer Adapter: Weglängenmodulierter Modulatorstrahl 124 und stationärer Strahl 127 werden vom Strahlteiler 126 koaxial als dualer Beleuchtungsstrahl 201, 201' in den optischen Adapter 2 geführt. Diese beiden Beleuchtungsstrahlen treffen zunächst auf den Strahlexpander 202 des Adapters. Der Strahlexpander 202 erlaubt die Strahldurchmesser im Adapter zu variieren. Nach dem Strahlexpander folgt eine Zoomoptik 203, die die Strahldivergenz der Beleuchtungsstrahlen im Adapter durch Brennweitenänderung (angedeutet durch den offenen Doppelpfeil daneben) zu variieren erlaubt. Die beiden Beleuchtungsstrahlen 201, 201' treffen nun auf den unter 45° auf der optischen Achse 207 des Adapters aufgestellten Strahlteiler 204. Sie werden dort entlang der optischen Achse zunächst vom Auge 210 weg auf den ebenfalls auf dieser Achse aufgestellten Beleuchtungsstrahl Reflektor 205 reflektiert. Der Reflektor 205 ist in der Spiegelhalterung 205' um zwei orthogonale, in der Ebene des Spiegelhalters (x- y-Ebene) liegende Achsen kardanisch kippbar. Damit sind unterschiedliche Winkel (2ϕ und 2Ω) der re-

flektierten Lichtstrahlen einstellbar. Das kann von Hand aus als auch per elektrisch gesteuerten Stellantrieben erfolgen, beispielsweise durch je einen Stellmotor für jede kardanische Kippung. Steuert man diese Bewegungen per Computer, kann man die Winkel φ und Ω mit einer Phasenverschiebung von $\pi/2$ so steuern, dass sich eine Rotation θ des dualen Beleuchtungsstrahls 201, 201' um die optische Achse 207 ergibt. So lassen sich unterschiedliche Beleuchtungsschrägen γ und Azimute θ einstellen. Der duale Beleuchtungsstrahl 201, 201' trifft schließlich nach Durchsetzen der Strahlteiler 204 und 208 auf die Optik 209, wird von dieser auf das Auge 210 gerichtet und erzeugt die Purkinje Bilder.

[0027] Die Figur 3 demonstriert auch ein Beispiel zur Notwendigkeit eines solchen Adapters: Die Beleuchtungsstrahlen 201 und 201' werden mit Hilfe des Reflektors 205 letztlich unter einem Winkel γ zur optischen Achse auf das Auge gerichtet. Durch diese schräge Beleuchtung können die Beleuchtungsstrahlen an der hier angenommenen Corneatrübung 210' und/oder Linsentrübung 210" vorbei in das Auge eindringen. Bei Beleuchtung entlang der optischen Achse 207 jedoch, angedeutet durch das Strahlenbündel 211, 211', kann das Eindringen der Beleuchtungsstrahlen durch Corneatrübungen und/oder Linsentrübungen behindert und blockiert werden.

[0028] Messstrahlengang: An den Grenzflächen des Auges entsteht aus dem dualen Beleuchtungsstrahl 201, 201' durch Reflexion ein dualer Strahlensatz 212 und 212', die jeder für sich eine Reihe von reflektierten Lichtwellen enthält, die virtuell aus den assoziierten Purkinje Bildern 226 kommen. Diese reflektierten Strahlensätze 212 und 212' werden über den Messstrahlengang, der sich an den Beleuchtungsstrahlengang anschließt, detektiert. Der Messstrahlengang verläuft über die Optik 209 und Strahlteiler 208 des Adapters, wird am Reflektor 213 (mit Spiegelhalterung 213') reflektiert, trifft weiters auf die Zoomoptik 214 und über den Strahl-expander 215 auf den Eintrittsstrahlteiler 216 des Mach-Zehnder Interferometers 220.

[0029] Der Reflektor 213 ist um zwei orthogonale, in seiner Spiegelebene liegende Achsen kippbar, wodurch sich unterschiedliche Messschrägen und Messazimute einstellen lassen. Beispielsweise ist schräge Messung in der Figur 3 durch ein Lichtbündel mit den Randstrahlen 212 angedeutet.

[0030] Beobachtung und Koinzidenz der Purkinje Bilder: Das Mach-Zehnder Interferometer 220 besteht aus 2 Strahlteilern (216 und 224) sowie aus 2 Umlenkspiegeln (221 und 222). Zumindest einer dieser Strahlteiler und Umlenkspiegel ist um 2 in seiner Spiegelebene liegende orthogonale Achsen um die Winkel α und β kippbar (in der Figur 1 für Umlenkspiegel 222 mit Spiegelhalterung 222' durch die 2 krummen Doppelpfeile angedeutet). Der Strahlteiler 224 kombiniert die das Mach-Zehnder Interferometer 220 verlassenden Strahlensätze: Zum einen zur Beobachtung der Purkinje Bilder 226 der beiden Strahlensätze in der Bildebene der Optik 227 mittels Okulars 228 durch Beobachter 229. Zum anderen zur Detektion in der Baugruppe 3. Die Zoomoptik 214 erlaubt variierende Tiefen- oder z-Positionen der Purkinje Bilder, bedingt durch Bewegungen des Probandenauges 210, zu kompensieren. Mit Hilfe des kippbaren Umlenkspiegels 222 können einzelne Purkinje Bilder aus jeweils einem der beiden Strahlensätze mit Purkinje Bildern aus dem anderen Strahlensatz zur Deckung gebracht werden. Die Zoomoptik 225 erlaubt die Tiefenpositionen der ausgewählten Purkinje Bilder einander anzugleichen. Diese beiden Schritte sind notwendige Voraussetzungen für makroskopische Interferenzen der mit den Purkinje Bildern assoziierten Wellen, um am Detektor 305 ein Signal zur KKI-Distanzmessung zu erzeugen.

[0031] Zur Fixierung des Probandenauges, beispielsweise wie in der Figur 3 abgebildet, parallel zur optischen Achse 207 des Adapters, kann ein kollimierter Lichtstrahl 242 benutzt werden, wie durch die Fixiervorrichtung 240 angedeutet. Dort wird der Lichtstrahl 242 einer Lichtquelle 241 durch eine Optik 243 kollimiert und über den Strahlteiler 204 zum Probandenaug 210 gerichtet. Durch Verschieben der Lichtquelle 241 in x- und z-Richtung kann die Fixierichtung eingestellt werden, durch longitudinales Verschieben der Lichtquelle 241 (in y-Richtung) kann die Konvergenz des Fixierstrahls verändert werden. Diese Konvergenz muss so eingestellt sein, dass die brechende Wirkung der Optik 209 zusammen mit einer etwaigen Fehlsichtigkeit des

Probandenauges kompensiert wird.

[0032] Alternative Beobachtung und Justierung der Purkinje Bilder: Die Funktion des Mach-Zehnder Interferometers 220 kann auch durch ein Michelson Interferometer oder ein anderes Zweistrahlinterferometer realisiert werden. Die Anordnung eines Interferometers am Ausgang des Adapters 2 hat allerdings wegen der unvermeidlichen Intensitätsverluste in diesem und der begrenzten Belastbarkeit des Auges verminderte Strahlungsintensität am Detektor 305 zur Folge. Das führt zu verminderter Sensitivität des Messgeräts. Es ist daher sinnvoll, Purkinje Bilder aus jeweils einem der beiden Strahlensätze, beispielsweise aus 212, mit Purkinje Bildern aus dem anderen Strahlensatz, beispielsweise aus 212', dadurch zur Deckung zu bringen, dass man bereits am Eingang des Strahlenadapters 2 den Modulatorstrahl 124 gegenüber dem stationären Strahl 127 mit Hilfe des Strahlteilers 126 (um Winkel δ und ϵ) kippt. Weiters wird eine Zoomoptik (225') zur Einstellung der Strahldivergenz entweder im Modulatorstrahl 124 oder im stationären Strahl 127 angebracht (in der Figur 3 im Modulatorstrahl 124 als 225' gestrichelt angedeutet). Damit kann das gesamte Mach-Zehnder Interferometer (Teile 216, 221, 222, 222', 225) entfallen. Die aus Strahlteiler 224, Optik 227 und Okular 228 bestehende Beobachtungseinrichtung verbleibt im Messstrahl vor der KKI-Detektionseinheit 3.

[0033] Die Detektionseinheit 3 führt die in der KKI übliche Signalverarbeitung durch. Sie besteht aus Faserkollimator 301, Faserstecker 302 und 303, Lichtleitfaser 304, Photodetektor 305, Verstärker 306, Bandpassfilter, Gleichrichter und Tiefpass 307, sowie PC und Monitor 308 zur Sichtbarmachung und elektronischen Vermessung der resultierenden Messsignale 309.

[0034] Beleuchtungsazimut und Beleuchtungsschräge manuell einstellen: Im anatomischen Durchschnittsfall wird axiale Beobachtung (Spiegelflächennormale 230 des Reflektors 213 in Figur 1 parallel zur Zeichenebene und Winkel $\nu = 45^\circ$) hinreichen. Hingegen bleiben Schräge (γ) und Azimut (θ) des Beleuchtungsstrahls ein wichtiges Hilfsmittel zum Aufsuchen der Purkinje Bilder bei Augen auch mit geringeren Abweichungen vom anatomischen Durchschnittsfall. Das Aufsuchen der Purkinje Bilder kann besonders in diesen Fällen vereinfacht werden, wenn deren Auffinden durch einfaches Drehen von ein bis zwei Knöpfen möglich ist. Eine solcher Strahlenadapter 42 ist in der Figur 4 angegeben: Der duale Beleuchtungsstrahl 201, 201' trifft dort nach Reflexion am Strahlteiler 204 auf den Beleuchtungsstrahl-Reflektor 205, der mittels der biegbaren Lasche 440 an der Platte 441 montiert ist. Die Platte 441 ist ihrerseits mit einem im Lager 442 drehbaren Zylinder 443 verbunden. Der drehbare Zylinder 443 ist mit einem Innengewinde versehen, in welchem sich eine Schraubenstange 444 befindet. Schraubenstange 444 und Zylinderrohr 443 sind an einem Ende mit Drehknöpfen 443' und 444' ausgestattet. Durch Drehen des Drehknopfs 443' wird der Azimutwinkel θ , durch Drehen des Drehknopfs 444' wird die Neigung des Spiegels 205 und damit die Schräge γ für die Beleuchtungsstrahlen 201 und 201' eingestellt.

[0035] Beobachtung und Justierung der Purkinje Bilder: Auch hier kann die Funktion des Mach-Zehnder Interferometers 220 durch ein Michelson Interferometer oder ein anderes Zweistrahlinterferometer realisiert werden. Vorteilhafterweise wird man auch hier, wie oben im Zusammenhang mit der Anordnung Figur 3 bereits ausgeführt, zur Vermeidung von Intensitätsverlusten und Sensitivitätsverlusten, die gewünschten Purkinje Bilder aus den zwei Strahlensätzen mit Hilfe des Strahlteilers 126 und einer Zoomoptik (225') im Kurzkohärenz-Interferometer 1 vor dem Strahlenadapter 2 zur Deckung bringen.

[0036] Beleuchtung per Faseroptik: Eine Vereinfachung der Optik des Strahlenadapters ist durch eine faseroptische Beleuchtung möglich. Eine entsprechende Anordnung ist in der Figur 5 dargestellt. Dort wird der duale Beleuchtungsstrahl 201, 201' mittels Faserkollimator 510 in die Monomodenfaser 511 eingekoppelt. Die Monomodenfaser 511 ist an der drehbaren Scheibe 513 mittels Arm 514 und Klammern 515 befestigt. Durch Drehen der Scheibe 513 wird das Auge 210 von dem von der Faser 511 zum Kollimator 510 geleiteten dualen Beleuchtungsstrahl 201, 201' aus unterschiedlichen Azimuten θ beleuchtet. Unterschiedliche Beleuchtungsschrägen γ können durch entsprechende Ausgestaltung des Arms 514 erzielt werden, wie durch den gestrichelt gezeichneten Arm 514', den Faserkollimator 510' und die Faser 511' angedeutet.

[0037] Die vom Auge reflektierten Messstrahlen 212 und 212' werden von der Optik 520 nach Transmission durch den Strahlteiler 525 über den kippbaren Beleuchtungsstrahl-Reflektor 205, der mittels der biegbaren Lasche 440 an der Platte 524 montiert ist, und weiter nach Reflexion am Strahlteiler 525 durch die Öffnung 530 der fixen Optikhalterung 531 auf den Reflektor 213 (mit Spiegelhalterung 213') gelenkt.

[0038] Der weitere Strahlenverlauf zum Mach-Zehnder Interferometer 220, dessen Funktion und der Strahlverlauf weiter zum Detektor 305 der Detektoreinheit entspricht jenem im Zusammenhang mit der Figur 3 beschriebenen. Zur Fixierung des Probandenauges kann hier die oben schon skizzierte Fixiervorrichtung 240 direkt vor dem Probandenaugen angeordnet werden. Lichtquelle 241 und Kollimationsoptik 243 und Strahlteiler 244 werden an der mit der Basis 534 verbundenen Halterung 540 befestigt.

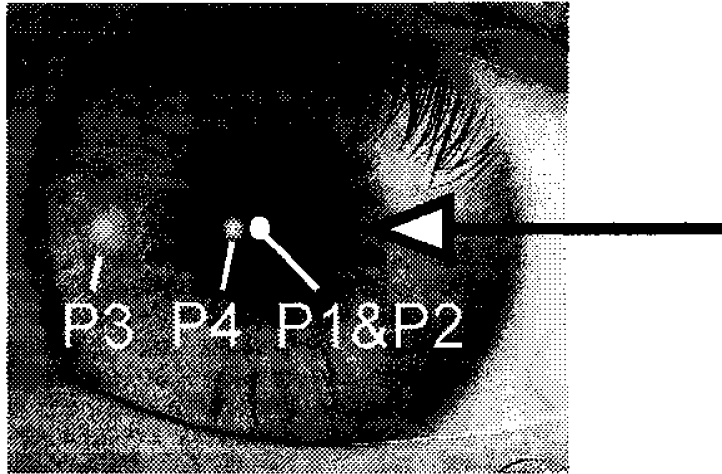
[0039] Details der Mechanik des drehbaren Beleuchtungsstrahl-Reflektors 505 sind in der Figur 6 dargestellt. Die beispielsweise zylinderförmig ausgestaltete Halterung 531 von Optik 520 und Beleuchtungsstrahl-Reflektor 525 ist über ihren rohrförmigen Fortsatz 532 fest mit dem Stativ 533 verbunden, welches seinerseits fest auf der Basis 534 steht. Der rohrförmige Fortsatz 532 dient einerseits als Achse für die drehbare Scheibe 513 mit dem Arm 514 und andererseits als Lagerhülse für das pilzförmig ausgestaltete zylindrische Drehteil 536.

[0040] An dem Drehteil 536 ist an dem einen Ende die Platte 524 mit Hilfe des Gewindes 535 befestigt. Weiters ist an Platte 524 der Beleuchtungsstrahl-Reflektor 205 mittels der biegbaren Lasche 440 angebracht. Das pilzförmige Ende des Drehteils 536 ist auf das Gewinde 537 der drehbaren Scheibe 513 aufgeschraubt und kann mit Hilfe der Gewindescheibe 538 in unterschiedlichen Azimuten relativ zur Scheibe 513 und damit in unterschiedlichen Azimuten relativ zur Position des Arms 514 fixiert werden. Das ermöglicht den Beleuchtungsazimut θ - festgelegt durch den Azimutwinkel der Scheibe 513 -, relativ zum Messazimut - festgelegt durch den Azimutwinkel des Reflektors 205 - in weiten Grenzen frei zu wählen und mittels der Fixiermutter 538 auch fix miteinander zu verknüpfen und gemeinsam zu verändern. Drehen des Drehteils 536 erlaubt, diese Azimuteinstellung relativ zum Auge zu verstellen. Ferner kann die Beleuchtungsschräge φ über die axiale Position der Schraubenstange 535 durch Drehen um einen Winkel ψ im Gewinde 444 verändert werden.

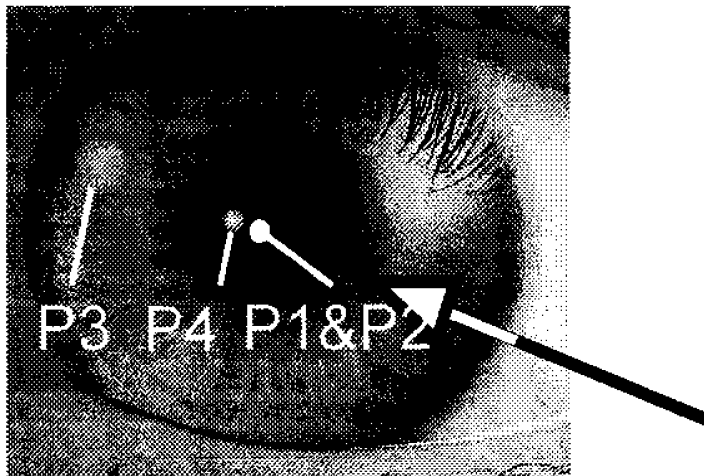
Patentansprüche

1. Optischer Adapter für ein Doppelstrahl-Kurzkohärenz-Interferometer zur Messung intraokulärer Distanzen mit variablen Strahlparametern, **dadurch gekennzeichnet**, dass am Eingang des optischen Adapters ein Strahlexpander, eine Zoom-Optik, ein Beleuchtungsstrahl-Teiler (204) und ein Beleuchtungsstrahl-Reflektor (205) vorgesehen sind, wobei weiters für den Beleuchtungsstrahl-Reflektor (205) eine Spiegelhalterung vorgesehen ist, so dass der Beleuchtungsstrahl-Reflektor um zwei zueinander orthogonale, in der Ebene des Spiegelhalters liegende Achsen kardanisch kippbar ist, wobei die einzelnen Vorrichtungsteile so orientiert sind, dass der den Adapter beleuchtende duale Beleuchtungsstrahl zunächst auf den Strahlexpander und die Zoomoptik trifft, und danach auf den unter einem Winkel von 45° auf der optischen Achse (207) des Adapters aufgestellten Strahlteiler (204), der den Beleuchtungsstrahl entlang der optischen Achse vom Auge weg auf den kardanisch kippbaren Beleuchtungsstrahl-Reflektor (205) reflektiert, welcher den Beleuchtungsstrahl dann mit Hilfe einer Optik (209) auf das Auge richtet.
2. Optischer Adapter für ein Doppelstrahl-Kurzkohärenz-Interferometer zur Messung intraokulärer Distanzen nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der kardanisch kippbare Beleuchtungsstrahl-Reflektor (205) mittels einer biegbaren Lasche (440) mit einem auf der optischen Achse des Auges liegenden drehbar gelagerten Zylinder (536) elastisch verbunden ist.

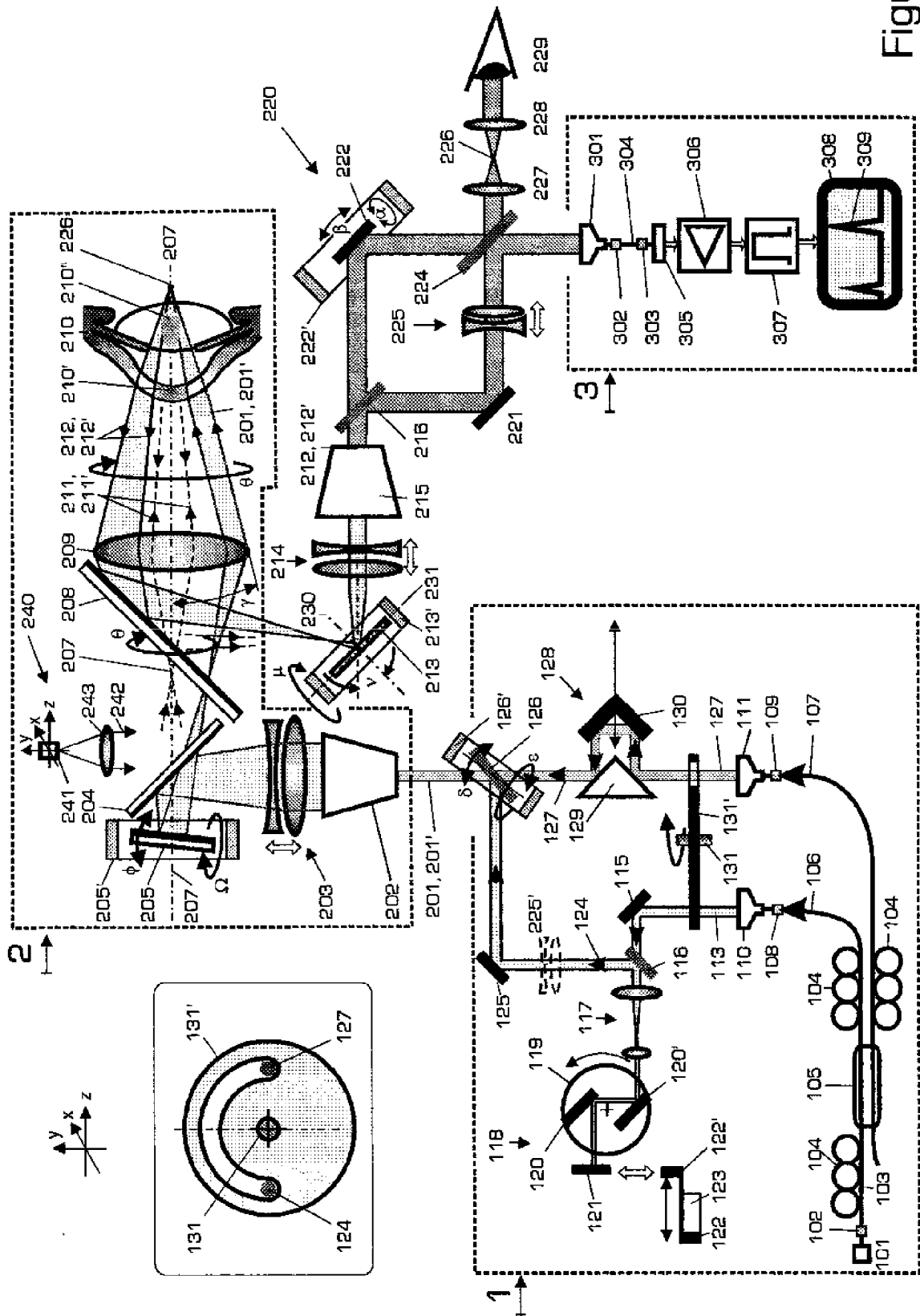
Hierzu 5 Blatt Zeichnungen



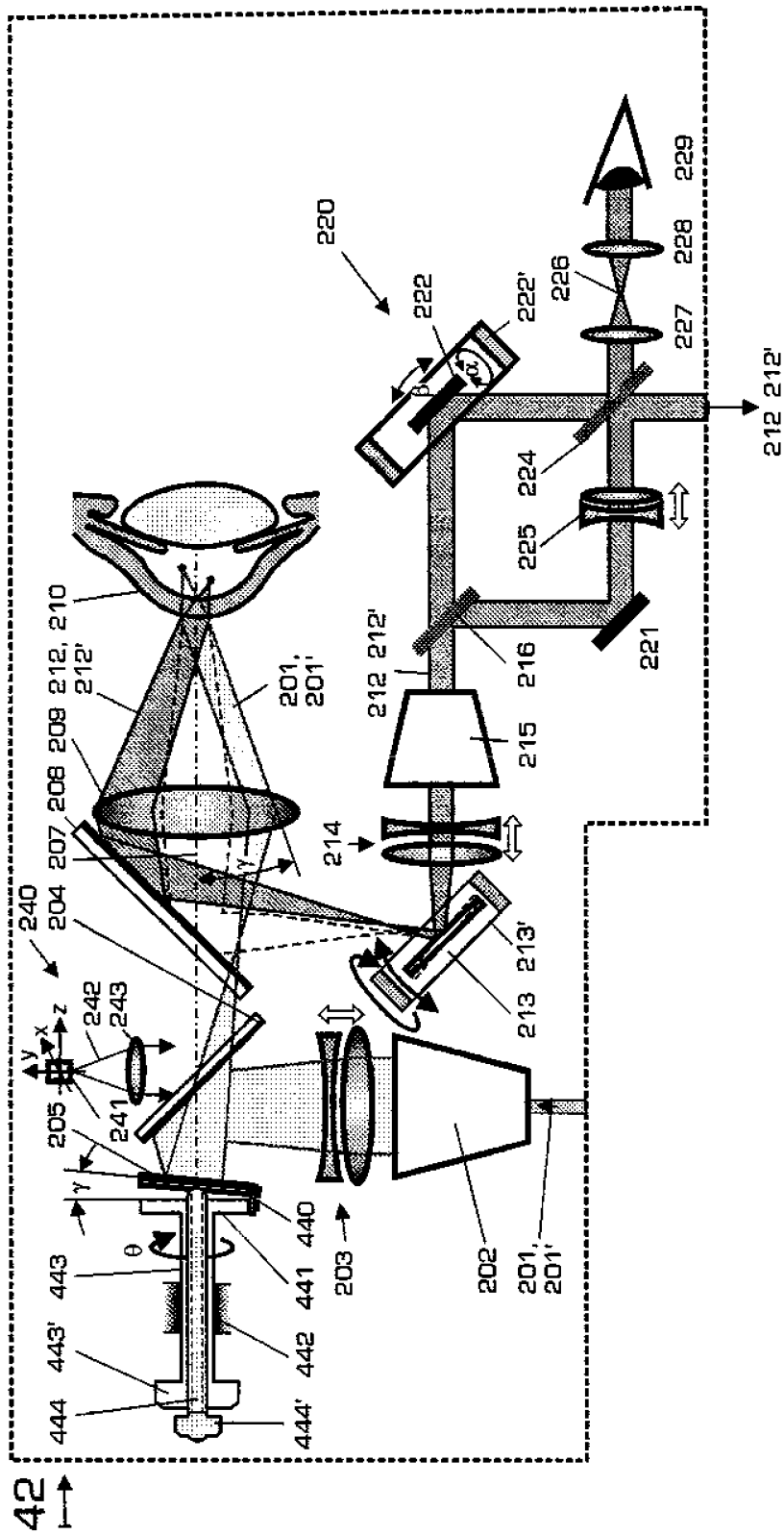
Figur 1



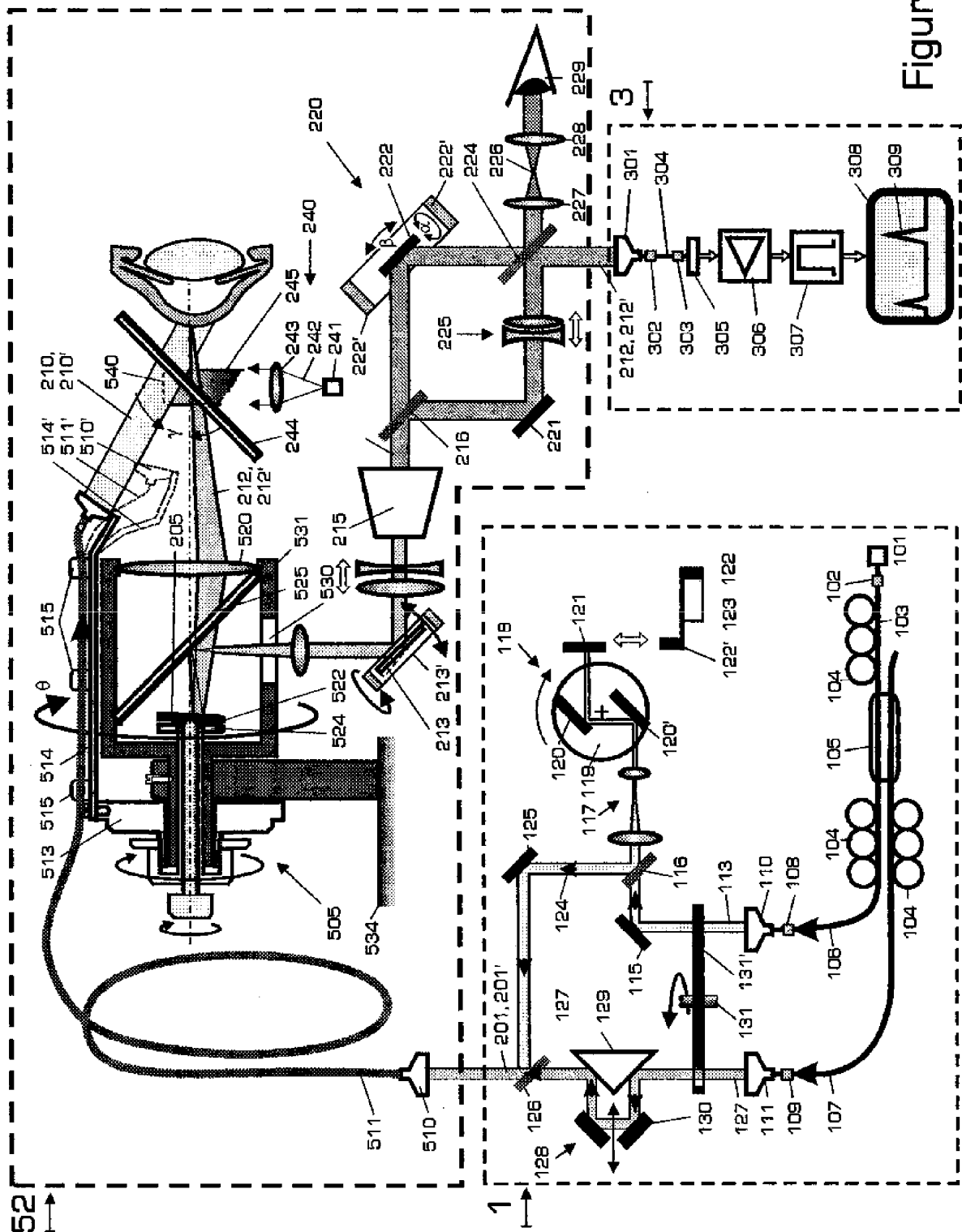
Figur 2



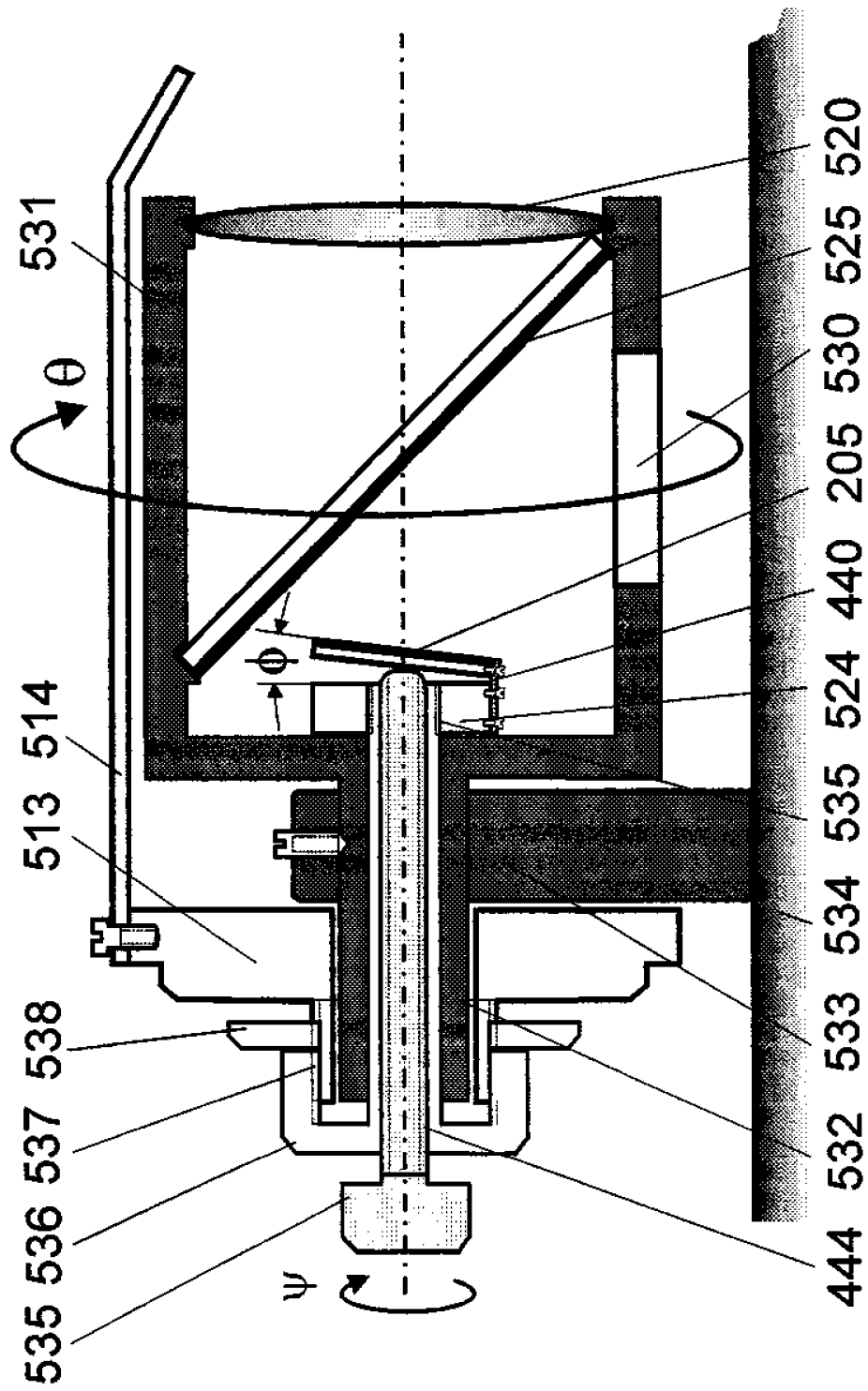
Figur 3



Figur 4



Figur 5



Figur 6