

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

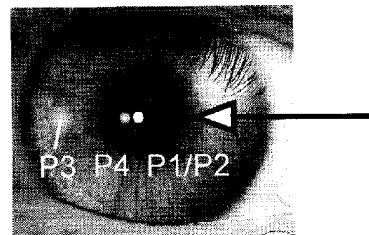
(21) Anmeldenummer: A 71/2011 (51) Int. Cl. : **A61B 3/10** (2006.01)
(22) Anmeldetag: 19.01.2011
(43) Veröffentlicht am: 15.08.2012

(73) Patentanmelder:
FERCHER ADOLF FRIEDRICH DR.
A-1230 WIEN (AT)

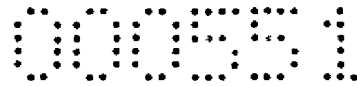
(72) Erfinder:
FERCHER ADOLF FRIEDRICH DR.
WIEN (AT)

(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 1



Optischer Adapter für ein Doppelstrahl Kurzkohärenz-Interferometrie Verfahren und Anordnungen zur intraokulären Distanzmessung

Zusammenfassung.

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.

Die Erfindung wird am besten durch Figur 1 gekennzeichnet.

Dr. A. F. Fercher, Hassreitersteig 3/11, 1230 Wien

Optischer Adapter für ein Doppelstrahl Kurzkohärenz-Interferometrie Verfahren und Anordnungen zur intraokulären Distanzmessung

Es handelt sich hier um ein Verfahren der **Längenmesstechnik** für die Ophthalmologie.

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 Intraokular-Linsen, zur Messung der Position und Bewegung bei phaken und akkommodativen Intraokular-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 den intraokulären Grenzflächen reflektierte Licht als Mess- 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.

Technische Aufgabe: Gegenüber der Achslängenmessung mit dem IOL-Master beispielsweise, hat sich die Messbarkeit von Distanzen 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 der reflektierenden Fläche, ferner stark verkippte implantierte Intraokular-Linsen. 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.

Es ist daher die Aufgabe der Erfindung, ein Messinstrumente anzugeben, welches die zur Beobachtung makroskopischer Interferenzen am Auge erforderlichen Freiheitsgrade in der Strahlführung bereit stellt.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Doppelstrahl Kurzkohärenz-Interferometer mit einem optischen Adapter gelöst, der für Beleuchtungsstrahl und Messstrahl variable Strahldurchmesser, variable Strahl-Konvergenzen, variable Schrägen, variable Azimute und variable räumliche Positionen der zu den Messstrahlen gehörenden Purkinje-Bilder am Adapterausgang ermöglicht.

Beschreibung. Die Erfindung wird anhand der folgenden Figuren erläutert:

Figur 1 zeigt den Strahlengang einer grundsätzlichen erfindungsgemässen Anordnung.

Figur 2 zeigt den Strahlengang einer erfindungsgemässen Anordnung mit vereinfachter Bedienung des Beleuchtungsstrahlengangs.

Figur 3 zeigt den Strahlengang einer erfindungsgemässen Anordnung mit weitgehend mechanischer Realisierung der Freiheitsgrade für den Strahlengang zur intraokulären Distanzmessung.

Figur 4 erläutert mechanische Details der Anordnung nach Figur 3.

Die Kurzkohärenz-interferometrische 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 1 lassen sich folgende Baugruppen (in den gestrichelten Kästen) unterscheiden:

1 umfasst die Optik des Kurzkohärenz-Interferometers mit faseroptischer Strahlteilung, optischem Auszug und – für den Fall der Time-Domain Technik – Weglängenmodulator.

2 ist der erfindungsgemässe optische Strahlenadapter.

3 ist die elektronische KKI-Signaldetektion.

Das Kurzkohärenz-Interferometer 1 führt, zusammen mit der elektronische Signaldetektion 3 die eigentliche Kurzkohärenzmessung durch. Der erfindungsgemässe Strahlenadapter 2 erlaubt die erforderliche Strahlengestaltung und –führung zum und vom Auge.

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 durchstimbare 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.

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, einen Stufen-Endspiegel 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 Fundussignal 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.

Der aus 111 austretende Strahl 127 trifft über den optischen Auszug 128, bestehend aus Prismen-Doppelspiegel 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 1. 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 frei gegeben.

Der optische Strahlenadapter 2 koppelt das Kurzkohärenz-Interferometer an das Auge an. Hierzu gehören 3 wichtige Aufgaben:

Erzeugung von Lichtreflexen aus dem Auge.

Identifizierung einzelner Lichtreflexe hinsichtlich ihres Ursprungs im Auge.

Einstellung makroskopischer Interferenzen der zur konkreten Messung gehörigen Lichtreflexe.

Wegen der komplexen Struktur des Auges, müssen für die gewünschte interferometrische Messung infrage kommende Lichtreflexe aus dem Auge 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 ist, wird vom optischen Strahlenadapter

zur Verfügung gestellt. Der optische Strahlenadapter muss weiters die Identifizierung der zur Messung benutzten Lichtreflexe erlauben und deren makroskopische Interferenzen sicherstellen. Hierzu dient das Mach-Zehnder Interferometer am Ausgang des Strahlenadapters; dieses erlaubt diskrete, mit der Messstrecke assoziierte Purkinje-Bilder zur Distanzmessung auszuwählen und deren Transversal- und Tiefenpositionen anzugleichen.

Weglängenmodulierter Modulatorstrahl 124 und stationärer Strahl 127 werden vom Strahlteiler 126 koaxial als dualer Beleuchtungsstrahl 201, 201' in den Strahlenadapter 2 geführt. Diese beiden Beleuchtungsstrahlen treffen zunächst auf den Strahlexpander 202 des Strahlenadapters. Der Strahlexpander 202 erlaubt die Strahldurchmesser im Strahlen-Adapter zu variieren. Nach dem Strahlexpander folgt eine Zoom-Optik 203, die die Strahldivergenz der Beleuchtungsstrahlen 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 des Auges 207 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 (ϕ und Ω) der reflektierten 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 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 und wird von dieser auf das Auge 210 gerichtet.

An den Grenzflächen des Auges entstehen aus dem dualen Beleuchtungsstrahl 201, 201' durch Reflexion duale Strahlensätze 212 und 212' die jeder für sich eine Reihe von reflektierten Lichtwellen enthalten, die virtuell aus den assoziierten Purkinje-Bildern 226 kommen. Diese reflektierten Strahlensätze 212 und 212' werden über den Mess-Strahlengang detektiert. Der Mess-Strahlengang verläuft über die Optik 209, wird am Strahlteiler 208 und am Reflektor 213 (mit Spiegelhalterung 213') reflektiert und trifft weiters auf die Zoom-Optik 214 und über den Strahlexpander 215 zum Eintritts-Strahlteiler 216 des Mach-Zehnder Interferometers 220. Der Reflektor 213 ist um zwei orthogonale, in seiner Spiegelebene liegende Achsen kippbar (siehe die 2 Doppelpfeile) wodurch sich unterschiedliche Messschrägen und Messazimute einstellen lassen. Beispielsweise ist axiale Messung durch das gestrichelt gezeichnete Strahlenbündel 212'' angedeutet.

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 seinen Spiegelebenen 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 Zoom-Optik 214 erlaubt variierende Tiefen- (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 Zoom-Optik 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.

Zur Fixierung des Probandenauges kann ein kollimierter Lichtstrahl 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 Probandenauge 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.

Alternative Beobachtung und Justierung der Purkinje-Bilder. Die Funktion des Mach-Zehnder Interferometers 220 kann auch durch ein Michelson-Interferometer oder ein anderes Zweistrahl-Interferometer realisiert werden. Die Anordnung eines Interferometers am Ausgang des Adapters 2 hat allerdings wegen der unvermeidlichen Verluste 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 kleine Winkel (δ und ϵ) verkippt. Weiters wird eine Zoom-Optik (225') zur Einstellung der Strahldivergenz entweder im Modulatorstrahl 124 oder im stationären Strahl 127

angebracht (in der Figur 1 im Modulatorstrahl 124 als 225' gestrichelt angedeutet). Die aus Strahlteiler 224, Optik 227 und Okular 228 bestehende Beobachtungseinrichtung verbleibt im Messstrahl vor der KKI-Detektionseinheit 3.

Die Detektionseinheit 3 führt die 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.

Beleuchtungs-Azimut und -Schräge manuell einstellen. Im anatomischen Durchschnitfallsfall wird achsiale 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 Durchschnitfallsfall. 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 2 ist in der Figur 2 angegeben: Der duale Beleuchtungsstrahl 201, 201' trifft dort nach Reflexion am Strahlteiler 204 auf den Beleuchtungstrahl-Reflektor 405, 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 der Spiegel 405 und damit die Schräge γ für die Beleuchtungsstrahlen 201 und 201' eingestellt.

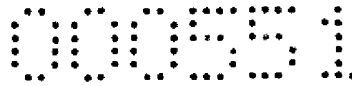
Beobachtung und Justierung der Purkinje-Bilder. Auch hier kann die Funktion des Mach-Zehnder Interferometers 220 durch ein Michelson-Interferometer oder ein anderes Zweistrahl-Interferometer realisiert werden. Vorteilhafterweise wird man auch hier, wie oben im Zusammenhang mit der Anordnung Figur 1 bereits ausgeführt, zur Vermeidung von Intensitäts- und Sensitivitätsverlusten, die gewünschten Purkinje-Bilder aus den zwei Strahlensätzen mit Hilfe des Strahlteilers 126 und einer Zoom-Optik (225') am Eingang des Strahlenadapters 2 zur Deckung bringen.

Beleuchtung per Faseroptik. Eine Vereinfachung der Optik des Strahlenadapters ist durch eine faseroptische Beleuchtung möglich. Eine entsprechende Anordnung ist in der Figur 3 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 Beleuchtungs-Schrägen 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.

Die vom Auge reflektierten Messstrahlen 212 und 212' werden von der Optik 520 nach Transmission durch den Strahlteiler 525 über den drehbaren Beleuchtungstrahl-Reflektor 521, der mittels der biegbaren Lasche 522 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. 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 1 beschriebenen. Zur Fixierung des Probandenauges kann hier die oben schon skizzierte Fixiervorrichtung 240 direkt vor dem Probandenaug angeordnet werden. Lichtquelle 241 und Kollimationsoptik 243 und Strahlteiler 244 werden an der mit der Basis 534 verbundenen Halterung 530 befestigt.

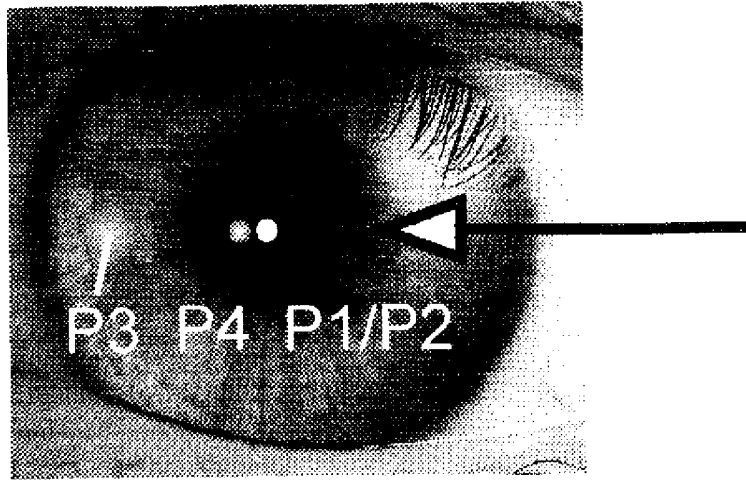
Details der Mechanik des drehbaren Beleuchtungstrahl-Reflektors 505 sind in der Figur 4 dargestellt. Die beispielsweise zylinderförmig ausgestaltete Halterung 531 von Optik 520 und Beleuchtungstrahl-Reflektor 525 ist über ihren rohrförmigen Fortsatz 532 fest mit dem Stativ 533 verbunden, welches seinerseits 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 Pilz-förmig ausgestaltete zylindrische Drehteil 536. An dem Drehteil 536 ist an dem einen Ende die Platte 524 mit Hilfe des Gewindes 535 befestigt. Weiters ist an Platte 524 der Beleuchtungstrahl-Reflektor 521 mittels der biegbaren Lasche 522 angebracht. Das Pilz-förmige 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 531 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 521 – in weiten Grenze frei zu wählen und mittels der Fixiermutter 538 auch fix miteinander zu verküpfen und gemeinsam verändern. Drehen des Drehteils 536 erlaubt, diese gemeinsame Azimuteinstellung relativ zum Auge zu verstellen. Ferner kann die Beleuchtungs-Schräge ϕ über die axiale Position der Schraubenstange 535 durch Drehen um einen Winkel ψ im Gewinde 539 verändert werden.



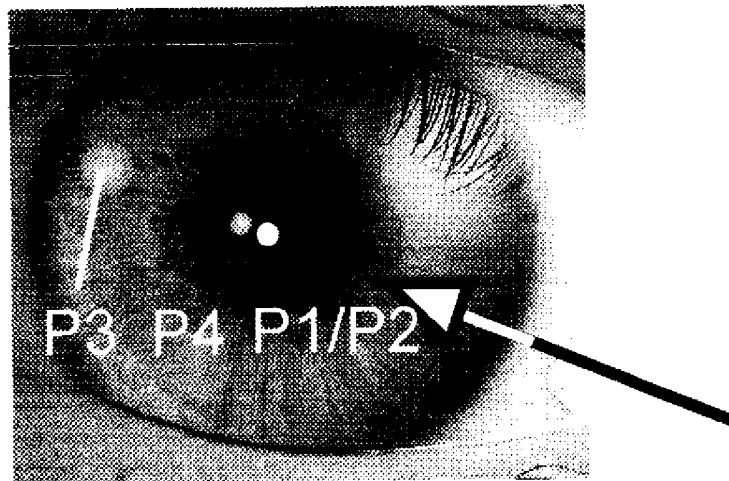
Optischer Adapter für ein Doppelstrahl Kurzkohärenz-Interferometrie Verfahren und Anordnungen zur intraokulären Distanzmessung

Patentansprüche.

1. Optischer Adapter für ein Doppelstrahl-Kurzkohärenz-Interferometer zur Messung intraokulärer Distanzen mit variablen Strahlparametern, dadurch gekennzeichnet, dass für Beleuchtungsstrahl und Messstrahl des Interferometers Eingang des optischen Adapters ein Strahlexpander und eine Zoom-Optik angeordnet sind, die den eintretenden Doppelstrahl auf einen unter 45° auf der optischen Achse des Auges (207; in z-Richtung) angeordneten Beleuchtungsstrahl-Teiler (204) richtet, der so orientiert ist, dass er den Doppelstrahl entlang der optischen Achse vom Auge weg auf den ebenfalls auf dieser Achse aufgestellten Beleuchtungsstrahl-Reflektor (205) reflektiert, welcher in einer Spiegelhalterung um zwei orthogonale, in der Ebene des Spiegelhalters (x-y-Ebene, normal zur optischen Achse) liegende Achsen kardanisch kippbar ist und den Doppelstrahl so zurück reflektiert, dass er nach Durchsetzen des erwähnten Beleuchtungsstrahl-Teilers (204), eines weiteren auf der optischen Achse aufgestellten Strahlteilers (208) und einer Optik (209) auf das Auge 210 trifft.
2. Optischer Adapter für ein Doppelstrahl-Kurzkohärenz-Interferometer zur Messung intraokulärer Distanzen nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Beleuchtungsstrahl-Reflektor (405) mittels einer biegbaren Lasche (440) mit einem auf der optischen Achse des Auges liegenden drehbar gelagerten Zylinder elastisch verbunden ist, der auf seiner Achse eine Schraubenstange (441) enthält, die durch Drehen den Beleuchtungsstrahl-Reflektor (405) verkippt, und der durch Drehen die azimutale Lage des reflektierten Beleuchtungs-Strahls verändert.
3. Optischer Adapter für ein Doppelstrahl-Kurzkohärenz-Interferometer zur Messung intraokulärer Distanzen nach den Ansprüchen 1, 2 und 3, dadurch gekennzeichnet, dass die vom Auge reflektierten Strahlen über einen kardanisch kippbaren Umlenkspiegel (213) zu einem Zweistrahl-Interferometer (220) reflektiert werden, bei dem die Orientierung wenigstens einer seiner Strahlteiler oder Spiegel durch kardanische Montierung einstellbar ist und der in wenigstens einem Teilstrahl eine Zoom-Optik (225) enthält.
4. Optischer Adapter für ein Doppelstrahl-Kurzkohärenz-Interferometer zur Messung intraokulärer Distanzen nach Anspruch 1, 2 und 3, dadurch gekennzeichnet, dass der den Modulatorstrahl (124) und den stationären Strahl (127) vor dem Adapter zum Doppelstrahl (201,201') kombinierende Strahlteiler (126) für variable Reflexionswinkel (δ und ϵ) ausgelegt ist.
5. Optischer Adapter für ein Doppelstrahl-Kurzkohärenz-Interferometer zur Messung intraokulärer Distanzen nach Anspruch 1, 2 und 3, dadurch gekennzeichnet, dass ein Beleuchtungsstrahl-Reflektor (521) benutzt wird, der mittels einer biegbaren Lasche (522) mit einem auf der optischen Achse des Auges liegenden drehbar gelagerten Zylinder (536) elastisch verbunden ist, der besagte Zylinder einerseits auf seiner Achse eine Schraubenstange (539) enthält, die durch Drehen den Beleuchtungsstrahl-Reflektor verkippt und andererseits unter variablen relativen Azimuten mit einer koaxial gelagerten drehbaren Platte (513) verbunden werden kann, an der eine Lichtleitfaser für den Beleuchtungs-Strahl befestigt ist.

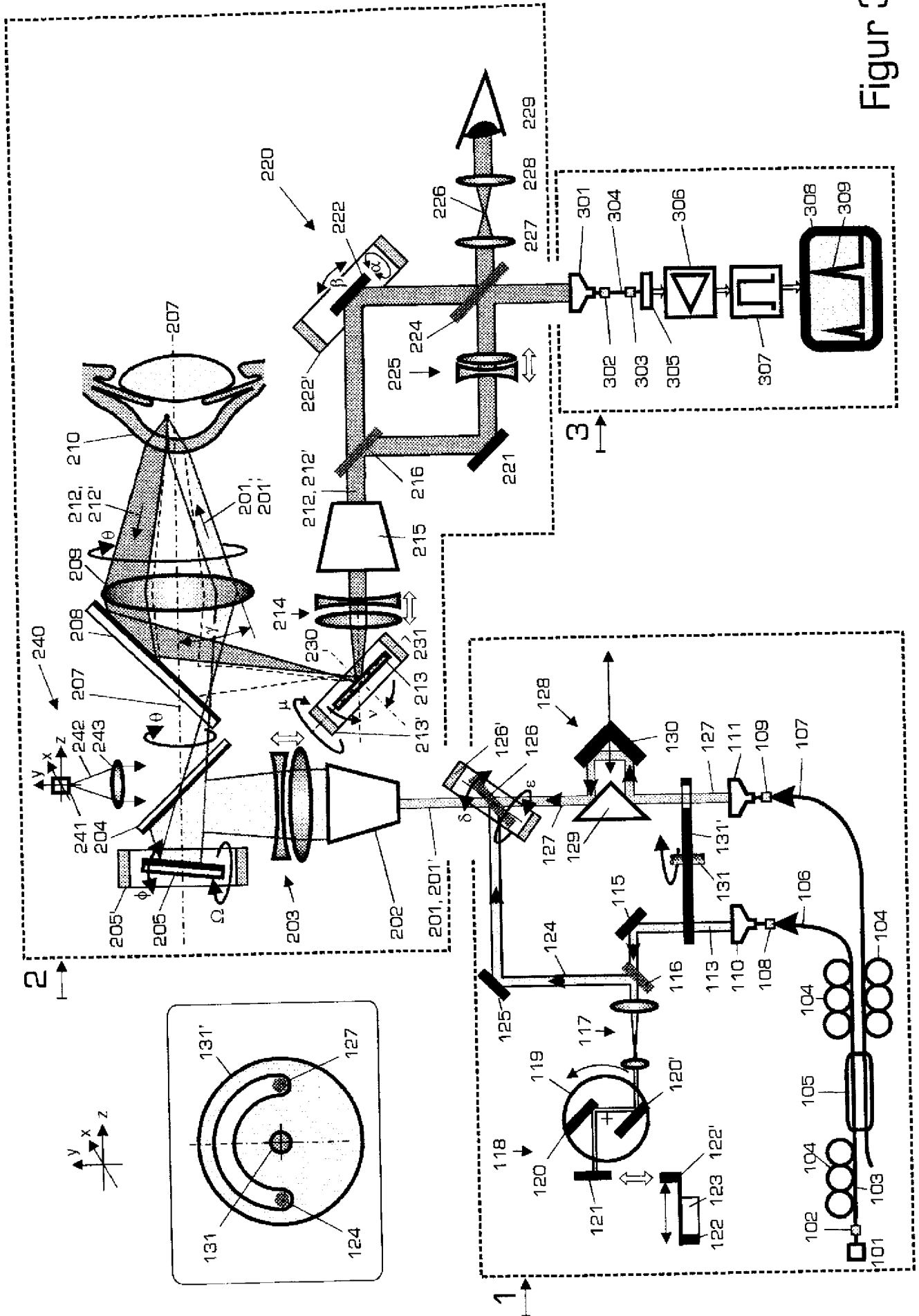


Figur 1



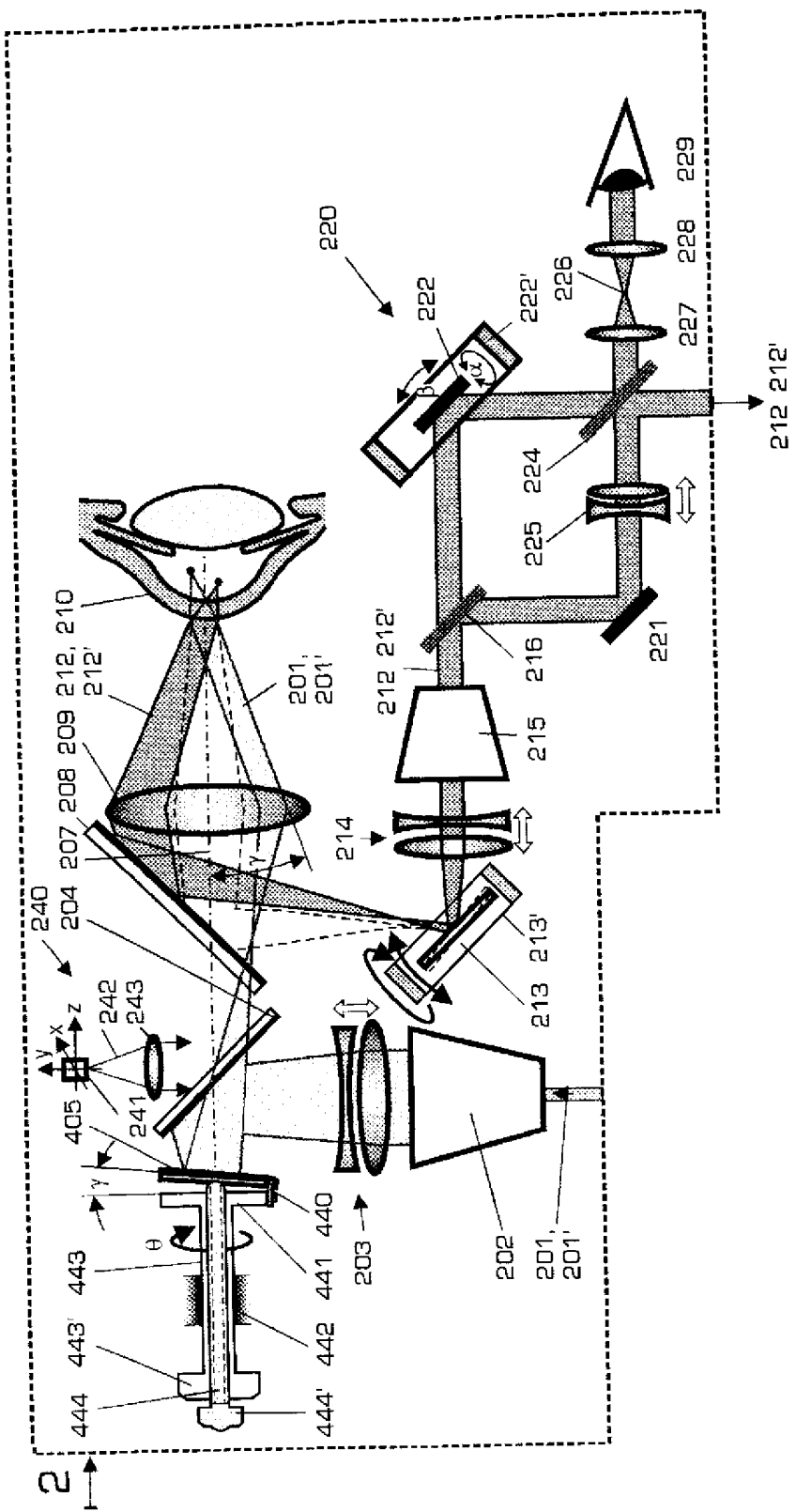
Figur 2

0003A



Figur 3

00051



Figur 4

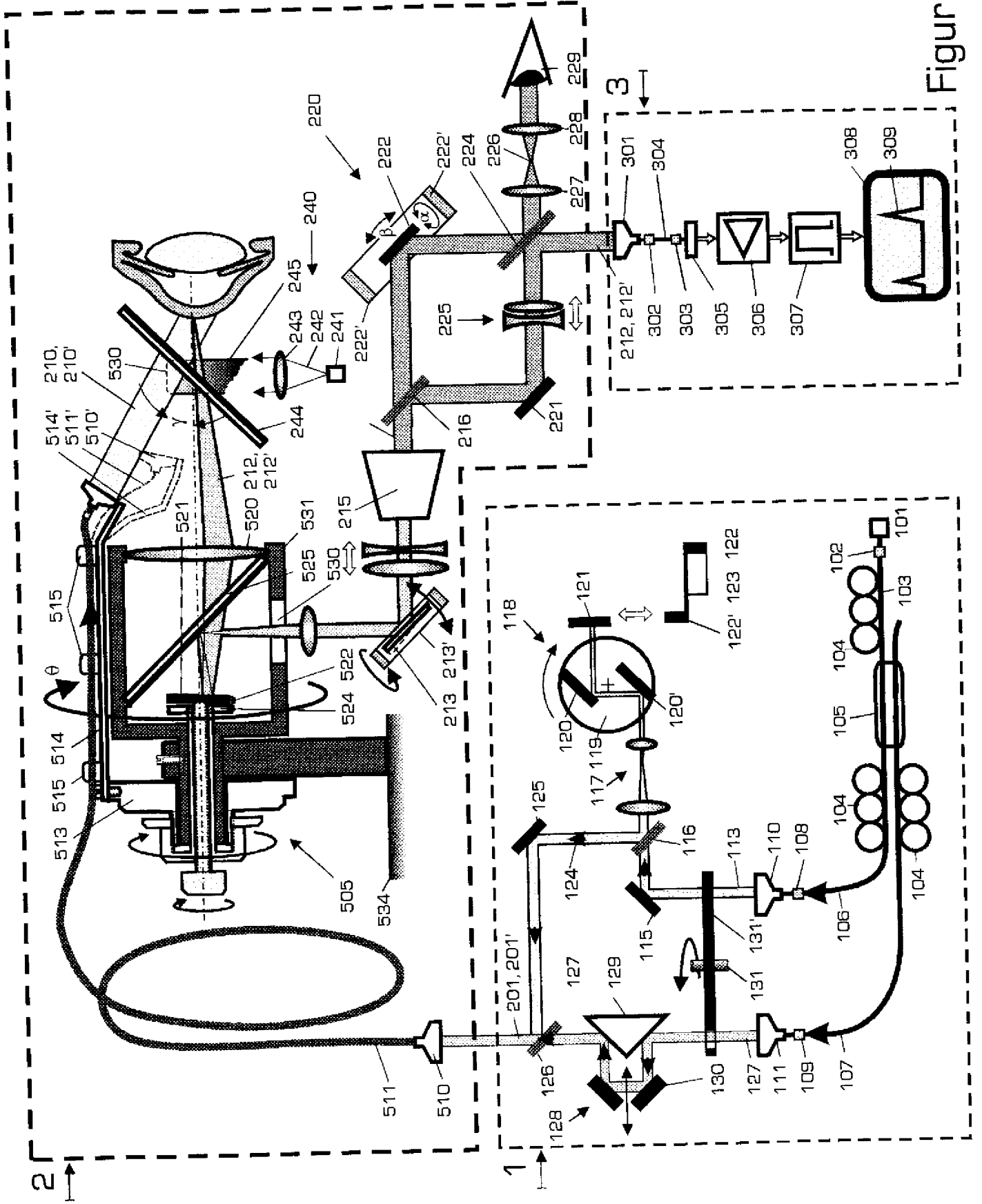
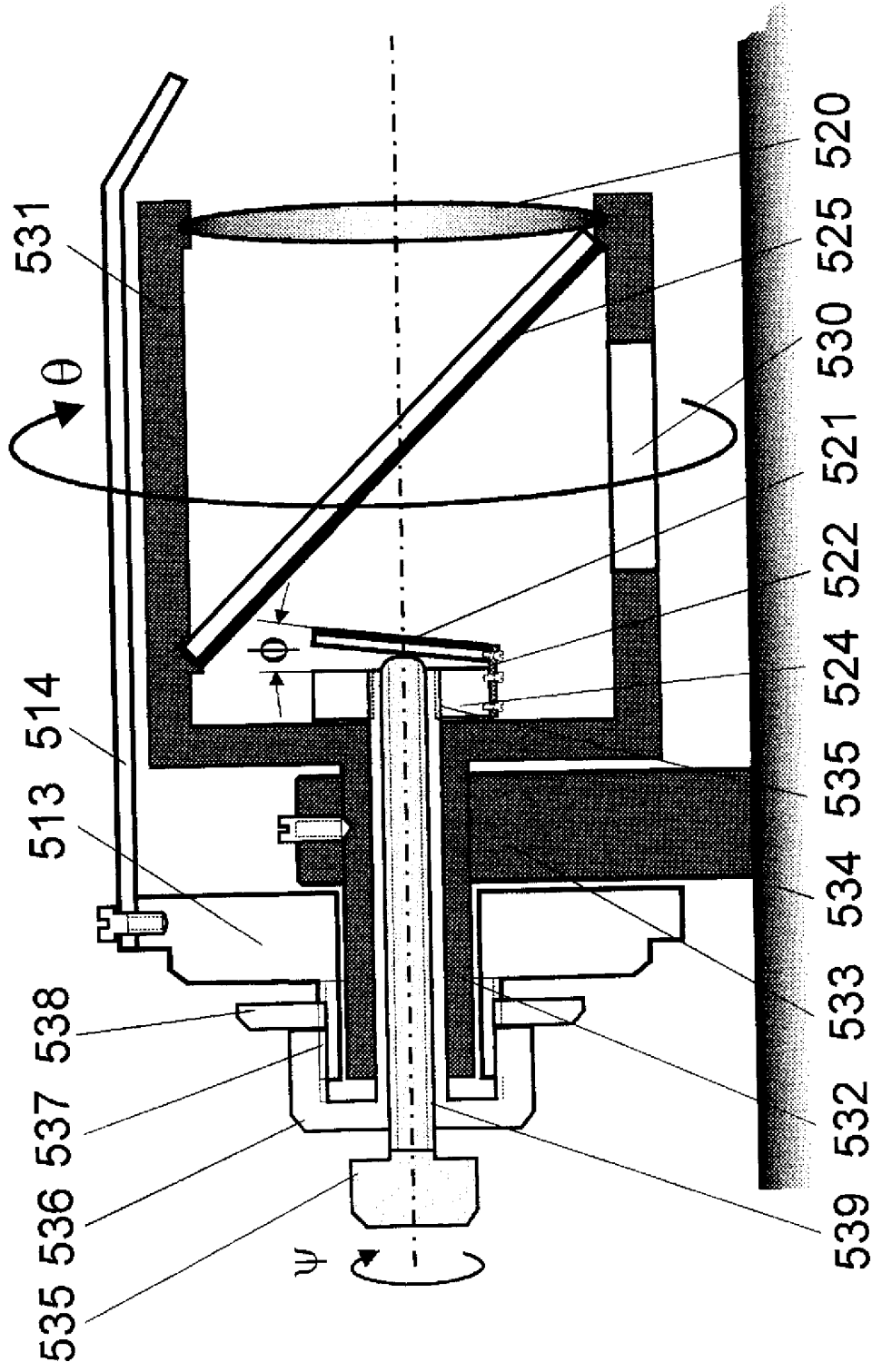


Figure 5



Figur 6

Dr. A. F. Fercher, Hassreitersteig 3/11, 1230 Wien

„Optischer Adapter für ein Doppelstrahl Kurzkohärenz-Interferometrie Verfahren und Anordnungen zur intraokulären Distanzmessung“.

Patentansprüche.

1. Optischer Adapter für ein Doppelstrahl Kurzkohärenz Interferometer zur Messung intraokulärer Distanzen welcher die zur Beobachtung makroskopischer Interferenzen am Auge erforderlichen Freiheitsgrade wie variable Strahldurchmesser, variable Strahlkonvergenzen, variable Schrägen und variable Azimute der das Auge beleuchtenden Lichtstrahlen (201, 201') bereit stellt, dadurch gekennzeichnet, dass die den Doppelstrahl bildenden Strahlen, nämlich weglängenmodulierter Modulatorstrahl (124) und stationärer Strahl (127), koaxial als dualer Beleuchtungsstrahl (201, 201') in den Strahlenadapter geführt werden, dort zunächst auf einen Strahlexpander und eine Zoomoptik treffen, und danach auf einen unter 45° auf der optischen Achse (207) des Adapters aufgestellten Strahlteiler (204), der den dualen Beleuchtungsstrahl entlang der optischen Achse vom Auge weg auf einen zweiten auf dieser Achse aufgestellten kardanisch kippbaren Beleuchtungsstrahl-Reflektor (205) reflektiert, der den dualen Beleuchtungsstrahl mit Hilfe einer Optik (209) auf das Auge richtet.

NACHGEREICHT

2. Optischer Adapter für ein Doppelstrahl Kurzkohärenz Interferometer zur Messung intraokulärer Distanzen nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der kardanisch kippbare Beleuchtungsstrahl-Reflektor (205) anstelle der kardanischen Montage mittels einer biegbaren Lasche (440) mit einem auf der optischen Achse des Auges liegenden drehbar gelagerten Zylinder (536) elastisch verbunden ist.

NACHGEREICHT