

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
9. August 2012 (09.08.2012)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2012/104097 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation:  
*A61B 3/10* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2012/000487

(22) Internationales Anmeldedatum:  
3. Februar 2012 (03.02.2012)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
10 2011 010 443.7  
4. Februar 2011 (04.02.2011) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **HEIDELBERG ENGINEERING GMBH** [DE/DE]; Tiergartenstr. 15, 69221 Heidelberg (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **ENGELHARDT, Ralf** [DE/DE]; Am Burgfeld 12b, 23568 Lübeck (DE). **DRÖGE, Gerit** [DE/DE]; Adolf-Ehrtmann-Strasse 1A, 23568 Lübeck (DE). **MARTENSEN, Björn** [DE/DE]; Mönkhofer Weg 55, 23562 Lübeck (DE).

(74) Anwalt: **REBLE, KLOSE & SCHMITT**; Patente + Marken, Postfach 12 15 19, 68066 Mannheim (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

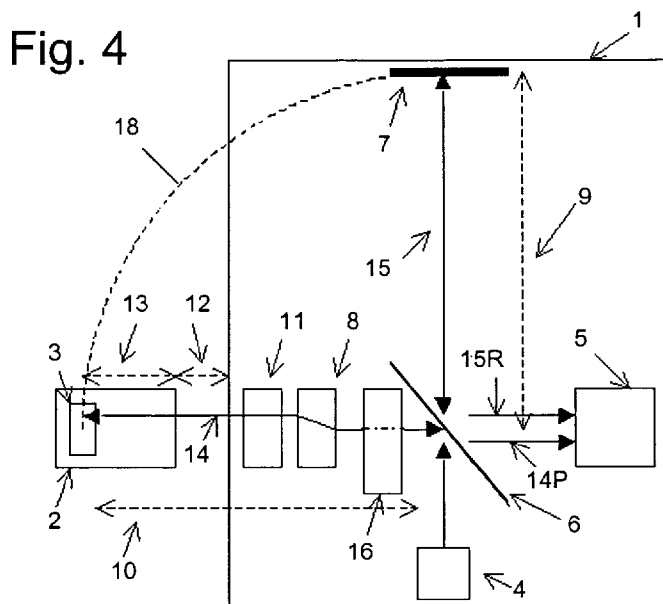
(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR THE SEQUENTIAL RECORDING OF INTERFEROMETRIC DEEP SECTIONAL IMAGES AT DIFFERENT DEPTHS, IN PARTICULAR FOR ANALYSIS OF THE EYE

(54) Bezeichnung : VERFAHREN UND VORRICHTUNG FÜR DIE SEQUENZIELLE AUFNAHME VON INTERFEROMETRISCHEN TIEFENSCHNITTBILDERN IN VERSCHIEDENEN TIEFEN, INSBESONDERE ZUR ANALYSE DES AUGES



(57) Abstract: The invention relates to a method for the sequential recording of interferometric sectional images at different depths, in particular for analysis of an eye, wherein, by means of an interferometer (1) that contains an optical reference path (9) and an optical sample path (10), a sample beam (14) sweeps across a measurement area (3) of a sample (2), in particular of the eye, in order to generate a deep sectional image. The invention further relates to a device for carrying out the method. The object is to develop the method and the device in such a way that the optical and geometric paths in a sample arm and/or reference arm of the interferometer can be switched quickly between two or more positions. To achieve this object, it is proposed that the path length of the sample beam (14) and/or of the reference beam (15) is changed by means of a path length switching unit (16), and deep sectional images are generated at at least two different depths of the sample (2), and the change of path length takes place in a switching unit by deflection of the beam paths to different geometric paths.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2012/104097 A1



---

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren für die sequenzielle Aufnahme von interferometrischen Schnittbildern in verschiedenen Tiefen, insbesondere zur Analyse eines Auges, wobei mittels eines Interferometers (1), welches einen optischen Referenzweg (9) und einen optischen Probenweg (10) enthält, ein Probenstrahl (14) einen Messbereich (3) einer Probe (2), insbesondere des Auges, zur Erzeugung eines Tiefenschnittbilds abtastet. Ferner bezieht sich die Erfindung auf eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens. Es soll die Aufgabe gelöst werden, das Verfahren ebenso wie die Vorrichtung dahingehend weiterzubilden, dass die optischen und geometrischen Wege in einem Probenarm und/oder Referenzarm des Interferometers schnell zwischen zwei oder mehr Positionen umgeschaltet werden können. Zur Lösung wird vorgeschlagen, dass die Weglänge des Probenstrahls (14) und /oder des Referenzstrahls (15) mittels einer Weglängenschalteinheit (16) verändert wird und Tiefenschnittbilder in wenigstens zwei unterschiedlichen Tiefen der Probe (2) erzeugt werden und die Veränderung der Weglänge in einer Schalteinheit durch Umlenken der Strahlengänge auf unterschiedliche geometrische Wege erfolgt.

**Verfahren und Vorrichtung für die sequenzielle Aufnahme von interferometrischen Tiefenschnittbildern in verschiedenen Tiefen, insbesondere zur Analyse des Auges**

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren für die sequentielle Aufnahme von interferometrischen Tiefenschnittbildern gemäß den im Oberbegriff des Anspruchs 1 angegebenen Merkmalen. Ferner bezieht sich die Erfindung auf eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens.

Bei der Aufnahme von interferometrischen Tiefenschnittbildern tritt das Problem auf, dass die Vorrichtung nur eine begrenzte Messtiefe bei einer gegebenen Referenzarmlänge erlaubt. Bei Fourier Domain Systemen ist die Messtiefe durch die Auflösung des Spektralapparats begrenzt. Typischerweise werden bei schnell arbeitenden Systemen Tiefen bis zu 10mm Abstand von der Referenzebene mit vertretbarem Signal-zu-Rauschabstand detektiert.

Zusätzlich begrenzt oftmals die Tiefenschärfe des verwendeten optischen Systems die Messtiefe bei der Aufnahme von interferometrischen Tiefenschnittbildern. Typischerweise können nur Bereiche in der Größenordnung der Rayleighlänge mit guter lateraler Auflösung und vertretbarem Rauschabstand aufgenommen werden. Eine Erweiterung der Messtiefe auf vielfache Rayleighlängen erfordert oftmals eine Anpassung der Fokusslage.

Die Tiefenauflösung von interferometrischen Tiefenschnittbildern hängt u.a. von der Anpassung der Dispersion in den Armen des verwendeten Interferometers ab. Die Dispersion ist bei herkömmlichen Systemen nur für eine Messtiefe angepasst, so dass eine Erweiterung der Messtiefe in der Regel mit einem Verlust von axialer Auflösung verbunden ist.

Erfindungsgemäß sollen diese hier aufgezählten Probleme für schnell arbeitende interferometrische Aufnahmesysteme gelöst werden.

Um den mit gutem Signal-zu-Rauschabstand abgetasteten Bereich einer Probe auf eine neue Tiefe einzustellen, muss die Weglängendifferenz zwischen Probenweg und Referenzweg sowie gegebenenfalls die Abbildungsgeometrie und die Fokusslage als auch die Dispersion verändert werden. Insbesondere bei beweglichen Proben (z.B. bei der Vermessung des Auges) muss die Veränderung der Weglängendifferenz und falls erforderlich die Veränderung der Fokusslage und gegebenenfalls die Veränderung der Dispersionsanpassung schnell erfolgen, um die Information über die relative Lage der abgetasteten Bereiche zueinander zu erhalten und gegebenenfalls ein Gesamt-Tiefenschnittbild aus mehreren sequenziell aufgenommenen einzelnen Tiefenschnittbildern zusammensetzen zu können. Moderne interferometrische Meßsysteme erreichen Bildraten bis zu etlichen 100Hz. Für die Umschaltung auf verschiedene Bereiche innerhalb von wesentlich weniger als 10ms (bspw. 1 ms für maximal 10% Totzeit bei einer Bildrate von 100Hz) ist eine kontrollierte Veränderung der Position der Messapparatur relativ zur Probe oder der Position des Spiegels im Referenzarm nicht möglich, da hier Wege von mehreren mm zurückzulegen sind.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung vorzuschlagen, mit welchen die optischen und geometrischen Wege in einem Probenarm und / oder Referenzarm eines Interferometers schnell zwischen zwei oder mehr Positionen umgeschaltet werden können. Interferometrische Tiefenschnittbilder in verschiedenen Tiefen sollen im jeweils abgetasteten Bereich mit einem verbesserten Signal-zu-Rauschabstand erzeugt und / oder aufgenommen werden können. Weiterhin soll in einfacher Weise ein Tiefenschnittbild mit einer erweiterten Messtiefe in einfacher Weise erzeugt werden können. Das Verfahren soll problemlos und funktionssicher durchführbar sein und mit einem geringem Aufwand zuverlässige und / oder verbesserte Ergebnisse liefern.

Das Verfahren und die Vorrichtung sollen zusätzlich die Möglichkeit bieten, in einzelnen oder allen Positionen die Fokusslage bzw. die Abbildungsgeometrie und/oder die Dispersionsanpassung auf die jeweilige Position anzupassen.

Die Lösung dieser Aufgabe erfolgt hinsichtlich des Verfahrens gemäß den im Patentanspruch 1 angegebenen Merkmalen. Hinsichtlich der Vorrichtung erfolgt die Lösung gemäß den Merkmalen des auf die Vorrichtung gerichteten nebengeordneten Patentanspruchs.

Die Erfindung beschreibt ein Verfahren und eine Vorrichtung für eine Schalteinheit, um die optischen Wege im Proben- und/oder Referenzarm eines Interferometers sehr schnell zwischen zwei oder mehr Positionen umzuschalten. Vorzugsweise befindet sich die Schalteinheit im Probenarm, da dies die geschlossene Ausführung des Referenzarms z.B. in einem Faserinterferometer erlaubt. Grundsätzlich ist der Schalter aber mit Einschränkungen der Funktionalität in beiden Armen möglich. Durch die Schalteinheit können ebenfalls weitere Parameter wie Position des Fokus, Abbildungsgeometrie und Dispersion durch Einbringen von Elementen in die geschalteten Wege modifiziert werden. Durch das schnelle Umschalten wird die Verlagerung des Messbereichs in verschiedene Tiefen bei minimaler Totzeit ermöglicht. Die Erfindung wird insbesondere mittels eines Michelson-Interferometers realisiert, doch können im Rahmen der Erfindung andere Interferometer wie beispielsweise Mach-Zehnder-Anordnungen vorgesehen sein.

Erfindungsgemäß wird die Weglängenschalteinheit bevorzugt mit beweglichen Spiegeln realisiert. Hierdurch können die erforderlichen schnellen Umschaltzeiten erreicht werden und es besteht die Möglichkeit, die Strahlengänge für die verschiedenen Positionen auf unterschiedliche optische Wege und durch unterschiedliche optische Elemente zu leiten. Ein auf einem Galvanometermotor montierter Spiegel kann nach dem Stand der Technik innerhalb von 0.1 ms auf eine neue Position eingestellt werden.

Besondere Weiterbildungen und Ausgestaltungen sind in den Unteransprüchen sowie der Beschreibung von in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispielen angegeben. Die Erfindung wird nachfolgend anhand der besonderen in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiele näher erläutert, ohne dass insoweit eine Beschränkung erfolgt. Es zeigen in Prinzipdarstellungen:

Fig. 1 bis 3 eine typische interferometrische Messanordnung,

Fig. 4, 5 ein Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen interferometrischen Messanordnung mit einer Weglängenschalteinheit,

Fig. 6 eine besondere Ausführungsform der Weglängenschalteinheit,

- Fig. 7 die Weglängenschalteinheit entsprechend Fig. 6 mit integrierten optischen Komponenten,
- Fig. 8 das Zusammensetzen von Einzel-Tiefenschnittbildern in verschiedenen Tiefen zu einem Gesamt-Tiefenschnittbild,
- Fig. 9, 10 weitere besondere Ausführungsbeispiele der Weglängenschalteinheit,
- Fig. 11, 12 Vorrichtungen zur Analyse eines Auges.

Fig. 1 zeigt eine typische interferometrische Messanordnung zur Aufnahme von Tiefenschnittbildern, hier basierend auf einem Michelson-Interferometer. In einem Bereich 3 innerhalb der Probe 2 wird durch den als Interferometer ausgebildeten Messapparat 1 ein Tiefenschnittbild aufgenommen. Aus der Lichtquelle 4 fällt das Licht auf den Strahlteiler 6 und wird in den Probenstrahl 14 und Referenzstrahl 15 aufgeteilt. Mittels der Pfeile an den jeweiligen Enden des Probenstrahls 14 und des Referenzstrahls 15 sind die Richtungen der von der Lichtquelle 4 ausgesandten Beleuchtungsstrahlen und ferner die reflektierten oder reemittierten entsprechenden Lichtstrahlen angedeutet. Das Tiefenschnittbild wird in der Auswerteeinheit 5 durch Auswertung der interferometrischen Signale berechnet, die sich durch Überlagerung der Probenstrahlen 14P und Referenzstrahlen 15R an verschiedenen lateralen Positionen auf der Probe ergeben. Zur Erzeugung von Tiefenschnittbildern wird der Probenstrahl 14 durch die Ablenkeinheit 8 an verschiedene laterale Positionen der Probe 2 gelenkt. Die optionale optische Einheit 11 fokussiert den Probenstrahl 14 falls erforderlich in einer vorgegebenen Tiefe des Objektes bzw. der Probe und / oder des Messbereichs. Das Tiefenschnittbild wird in der Tiefe 13 in der Probe aufgenommen, an welcher der optische Referenzweg 9 und der optische Probenweg 10 gleich sind, wie mit gestrichelter Linie 18 angedeutet. Die Tiefe wird einerseits durch die Position des Spiegels 7 und andererseits den Abstand 12 der Messapparatur 1 zur Probe 2 bestimmt.

Wenn der Messbereich 3 für das Tiefenschnittbild auf eine neue Tiefe 13 eingestellt werden soll, kann der Abstand zwischen Messapparatur 1 und der Probe 2 verändert werden, wie in Fig. 2 dargestellt. Durch Veränderung des Abstands 12' wird hier der Messbereich in die neue Tiefe 13' gelegt. Das gleiche Ergebnis kann man unter Beibehaltung des Abstands 12 durch Veränderung des optischen Weges 9 des Referenzstrahls 15 erzielen, wie in Fig. 3 dargestellt. Auch hier wird der Messbereich 3 in die neue Tiefe 13' verschoben.

Durch eine sequenzielle Aufnahme von wenigstens zwei Tiefenschnittbildern in verschiedenen Tiefen wird erfindungsgemäß durch Zusammensetzen der einzelnen Bilder ein Gesamt-Tiefenschnittbild mit einer erweiterten Messtiefe erzeugt.

In Fig. 4 ist das Prinzip am Beispiel einer in den Probenweg 14 erfindungsgemäß eingefügten Weglängenschalteinheit 16, wobei die Position des Messbereichs 3 in der Tiefe 13 bei einem kurzen optischen Weg in der Weglängenschalteinheit in der Tiefe 13 innerhalb der Probe 3 liegt. Gemäß Fig. 5 ist die optische Weglänge auf einen längeren optischen Weg in der Weglängenschalteinheit umgeschaltet, wie mittels der gegenüber Fig. 4 verlängerten gestrichelten Linie 17 angedeutet. Wenn alle anderen Größen unverändert sind, wird jetzt ein Messbereich in einer neuen geringeren Tiefe 13" innerhalb der Probe 2 abgetastet. Durch die Ausgestaltung der Weglängenschalteinheit 16 können erfindungsgemäß zwei oder mehr Messbereichspositionen realisiert werden. Der Fokus der optischen Einheit 11 ist erfindungsgemäß angepasst an die mittels der Weglängenschalteinheit 16 eingestellte optische Weglänge und / oder die eingestellte Position des Messbereichs 3.

In Fig. 5 ist eine zusätzliche oder alternative Ausführungsform dargestellt, welche im Referenzweg bzw. Referenzstrahl 15 die Weglängenschalteinheit 16' enthält. Mittels dieser Weglängenschalteinheit 16' kann analog zur Weglängenschalteinheit 16 im Probenweg bzw. Probenstrahl 14 die Weglänge im Referenzweg bzw. Referenzstrahl 15 verändert und / oder eingestellt werden.

Fig. 6 zeigt eine besondere Ausführungsform der Weglängenschalteinheit 16. Der an der Position 26 einfallende Lichtstrahl 14 wird über den drehbaren Spiegel 21 je nach Spiegelstellung auf einen der Spiegel 23, 24 oder 25 umgelenkt. Die Spiegel 23, 24 und 25 sind jeweils derart justiert, dass der vom Spiegel 21 einfallende Lichtstrahl auf die Achse des drehbaren Spiegels 22 umgelenkt wird. Der Winkel und / oder die Winkelstellung des Spiegels 21 und / oder 22 wird passend und / oder bevorzugt synchron zu den jeweiligen Wegen über den Spiegel 23 oder 24 oder 25 derart eingestellt, dass der Strahl immer an der Position 27 aus der Weglängenschalteinheit 16 austritt. Die Positionen der Spiegel 23, 24 und 25 werden in dieser Ausführungsform so gewählt, dass die Strecke Spiegel 21 – Spiegel 23 – Spiegel 22, die Strecke Spiegel 21 – Spiegel 24 – Spiegel 22, und die Strecke Spiegel 21 – Spiegel 25 – Spiegel 22 voneinander verschieden sind, und zwar um Beträge, die den gewünschten Verschiebungen des Messbereichs entsprechen. Den Spiegeln 21, 22 sind Motoren zugeordnet, welche eine schnelle Einstellung der Spiegel 21, 22 ermöglichen, insbesondere Galvanometer. Mit den drei verschiedenen Kombinationen für die Spiegelwinkel 21 und 22 lassen sich somit drei verschiedene Weglängen zwi-

schen den Positionen 26 und 27 sehr schnell schalten. Das Prinzip ist nicht auf drei Wege beschränkt, und je nach Ausführungsform der Weglängenschalteinheit 16 können zwei oder mehr Wege realisiert werden. Es versteht sich, dass der reflektierte oder remittierte Lichtstrahl umgekehrt an der Position 27 in die Weglängenschalteinheit 16 eintritt und an der Position 27 austritt.

Je nach Beschaffenheit der Probe und der Messaufgabe kann es erforderlich sein, die Lage des Fokus und/oder die Dispersion der jeweiligen Tiefe des Messbereichs anzupassen. Durch Einbringen von optischen Komponenten in die verschiedenen Wege der Weglängenschalteinheit wird erfindungsgemäß insbesondere unter Berücksichtigung der optischen Einheit 11 gemäß Fig. 1 bis Fig. 5 für jeden der einstellbaren Messbereiche eine unterschiedliche Fokusslage definiert. Außerdem wird durch die Wahl der Dispersion der optischen Komponenten die Dispersion in den verschiedenen Wegen der Weglängenschalteinheit unterschiedlich und / oder angepasst an die Tiefe des Messbereichs eingestellt.

Fig. 7 zeigt eine mögliche Anordnung der anhand von Fig. 1 bis Fig. 5 erläuterten Komponenten 8, 9 und 10 in der in Fig. 6 dargestellten Anordnung.

In einer weiteren besonderen Ausführungsform ist die Weglängenschalteinheit gemäß Fig. 6 oder Fig. 7 mit der optischen Einheit 11 aus Fig. 1 bis Fig. 5 kombiniert, da in der Regel die optische Einheit 11 zur Strahlauslenkung ebenfalls drehbare Spiegel enthält und bevorzugt über den Spiegel 22 in Fig. 6 oder Fig. 7 bereits die Richtung des Probenstrahls verändert werden kann.

Das Verfahren ist nicht auf die Aufnahme von Tiefenschnittbildern beschränkt, Die schnelle Umschaltung der Weglängen und/oder der Fokusslage und/oder der Dispersion kann bei eindimensionalen Messungen längs einer Achse ebenfalls eingesetzt werden.

Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass die Tiefenschnittbilder in bekannter Weise durch Abrastern oder Scannen in Zeilen und Spalten erfasst und / oder mittels der Auswerteeinheit erzeugt werden. In einer besonderen alternativen Ausgestaltung der Erfindung wird anstelle eines vollständigen Tiefenschnittbilds in einer Tiefe lediglich eine einzige Spalte oder ggf. nur wenige Spalten, insbesondere maximal 10 Spalten, erzeugt. Hierdurch können die Dauer des Verfahrens und / oder der Messzeit nicht unerheblich verkürzt werden.

Durch die Aufnahme von Tiefschnittbildern an verschiedenen lateralen Positionen können Volumenbilder erzeugt werden. Auch hier kann durch den Einsatz der Weglängenschalteinheit der Messbereich erweitert werden.

Eine große Bedeutung haben interferometrische Messtechniken zur Aufnahme von Tiefschnittbildern in der medizinischen Diagnostik erhalten. Hier sind diese Messtechniken unter dem Begriff „OCT“ (optische Kohärenztomographie) bekannt. Insbesondere in der Ophthalmologie können Tiefschnittbilder aus großen Tiefen generiert werden und ein großer Messbereich ist erforderlich.

Fig. 8 zeigt schematisch auf der linken Seite mit einem Messbereich von jeweils 8mm aufgenommene Tiefschnittbilder 30, 31 in unterschiedlichen Tiefen des menschlichen Auges und mit unterschiedlichen Fokuslagen, welche an die unterschiedlichen Tiefen angepasst sind. Diese Aufnahmen wurden mit einer Weglängenschalteinheit mit zwei Wegen aufgenommen. Durch den Einsatz einer Weglängenschalteinheit mit mehr Wegen lassen sich Tiefschnittbilder über die gesamte Tiefe des Auges erzeugen und zu einem Gesamtbild zusammensetzen. Das obere Tiefschnittbild 30 zeigt die Cornea 32 und einen Teil der Linse 33, während im unteren Tiefschnittbild 31 im wesentlichen die Linse 33 zu erkennen ist und von der Cornea 32 lediglich ein kleiner Teilbereich. Wie ersichtlich, weisen die beiden Tiefschnittbilder 30, 33 einen Überlappungsbereich auf, in welchen gemeinsame Strukturen vorhanden sind. Es ist von Vorteil, wenn die mittels der Weglängenschalteinheit in verschiedenen Tiefen aufgenommenen Tiefschnittbilder derart vorgegeben werden, dass über einstimmende Überlappungsbereiche vorhanden sind. Aufgrund der im Überlappungsbereich vorhandenen übereinstimmenden Strukturen können erfindungsgemäß Informationen über die relative Lage der einzelnen Tiefschnittbilder erhalten werden. Aufgrund dieser insbesondere mittels der Auswerteeinheit erhaltenen und / oder erfassten Informationen werden die Tiefschnittbilder 30, 31 zu einem Gesamt-Tiefschnittbild 34 zusammengesetzt, wie auf der rechten Seite gezeigt. Dieser Überlappungsbereich ist allerdings nicht zwangsläufig erforderlich, da durch die konstruktive Ausgestaltung der Schalteinheit die relative Lage der Messbereiche festgelegt werden kann und somit bei bekannter Geometrie ein Gesamtbild berechnet werden kann.

Fig. 9 und 10 zeigen Beispiele für weitere mögliche Ausführungsformen der Weglängenschalteinheit:

Fig. 9 zeigt beispielhaft eine Anordnung mit nur einem verstellbaren Spiegel 21, welche um eine zur Zeichenebene orthogonale Achse drehbar ist und auf welchen der Lichtstrahl 14 der

Lichtquelle 4 auftrifft. Es sind zwei einander zugeordnete, in der Weglängenschalteinheit 16 angeordnete, bevorzugt stationäre Spiegelpaare 36, 37 sowie 38, 39 vorhanden. Je nach Winkelstellung des Spiegels 21 gelangt der einfallende Lichtstrahl 14 entweder über das Spiegelpaar 36, 37 oder das Spiegelpaar 38, 39 zurück zum verstellbaren Spiegel 21. Entsprechend der Abstände der Spiegel der jeweiligen Spiegelpaare 36, 37 oder 38, 39 zueinander sowie zum verstellbaren Spiegel 21 sind die jeweiligen Weglängen unterschiedlich.

Es versteht sich, dass im Rahmen der Erfindung mehr als zwei Spiegelpaare oder allgemein Spiegelgruppen vorgesehen werden können. Die Spiegelgruppen können zudem auch mehr als zwei Spiegel enthalten.

In dem in Fig. 10 gezeigten Ausführungsbeispiel der Weglängenschalteinheit ist der Spiegel 21 über einen Arm 42 mit dem einem Galvanometer 43 verbunden, dessen Schwenkachse orthogonal zur Zeichenebene steht. Mittels des Galvanometers 43 wird der Spiegel 21 zur Weglängenänderung 44 um den Winkel 45 in die dargestellte Position 21' bewegt bzw. geschwenkt. Der weitere Spiegel 22 ist ebenfalls mittels eines hier nicht dargestellten Galvanometers bewegbar bzw. schwenkbar. Die Drehachse bzw. Schwenkachse des weiteren Spiegels 22 weist zur Achse des Galvanometers 43 zweckmäßig einen Abstand auf, welcher im Wesentlichen halb so groß ist wie die Länge des Arms 42. Der Spiegel 22 ist derart angeordnet, dass der vom Spiegel 21 in den beiden dargestellten Positionen reflektierte Lichtstrahl im Wesentlichen auf den Mittelpunkt des weiteren Spiegels 22 gelangt, wobei durch den Mittelpunkt die Dreh- oder Schwenkachse des zugeordneten Galvanometers verläuft. Der konstruktive Aufbau und die Funktionsweise dieser Ausführungsform mit den Spiegeln 21 und 22 samt Galvanometern stimmt mit der Vorrichtung des deutschen Patents DE 41 03 298 C2 überein, dessen Offenbarungsinhalt hiermit ausdrücklich zum Gegenstand der vorliegenden Patentanmeldung erklärt wird.

Fig. 11 und 12 zeigen zwei besondere Vorrichtungen zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens, insbesondere zur Analyse des Auges. Durch den Einsatz von Wechselobjektiven oder der Modifizierung der Abbildungsgeometrie durch eine Anordnung von optischen Komponenten im jeweils geschalteten Weg kann mit Hilfe der Weglängenschalteinheit 16 eine Vorrichtung zur Darstellung und Vermessung sämtlicher Strukturen des menschlichen Auges realisiert werden.

Mit einem Kreis 50 ist ein Pivot bzw. eine Systemachse einer Vorrichtung zur optischen Kohärenz Tomographie (OCT) angedeutet. Die optische Kohärenz Tomographie ermöglicht die Erzeugung von zwei dimensional Schnittbildern und / oder Tiefenschnittbildern im Wesentlichen senkrecht zur Netzhautoberfläche, sogenannte B-Scans, und zwar linienförmig aus in die Tiefe gehenden A-Scans. Ferner ist ein Austauschobjektiv 52 für Biometrie und Bildgebung der Vorderkammer vorgesehen. Mit der Linie 54 ist der Fokus des Objektivs 52 im Bereich der Cornea angedeutet, zweckmäßig mit einer Referenz 1 mm vor der Cornea mit Abstand von im Wesentlichen  $sO + 30$  mm. Weiterhin ist mit der Linie 58 der Fokus in der Linse 60 angedeutet, und zwar mit Referenz 1 mm hinter posterior Linse 60, mit im Wesentlichen Abstand  $sO + 1$  mm. Des Weiteren ist mit der Linie 62 der Fokus auf die Retina 64 angedeutet, und zwar mit Referenz vor der Retina  $sO$ . Mit der Vorrichtung gemäß Fig. 11 werden zudem die Tiefenschnittbilder 30, 31 erzeugt und zum Gesamt-Tiefenschnittbild 34 zusammengesetzt, wie anhand von Fig. 8 erläutert.

Zur Weglängenschalteinheit 16 wird auf die Erläuterungen der Fig. 6 und 7 Bezug genommen.

Die in Fig. 12 dargestellte Vorrichtung enthält ein Austauschobjektiv 66 für einen Scan der Retina 64. Mit einem Kreis 68 ist ein Pivot und / oder Achse für ein System zur Erzeugung eines Flächenbildes 70 der Retina angedeutet durch Angiografie oder als Reflexionsbild oder Autofluoreszenzbild. Des Weiteren kann mit dieser Vorrichtung das Tiefenschnittbild 72 insbesondere durch Optische Kohärenztomographie (OCT) erzeugt werden. Das System und / oder die Vorrichtung sowie das Verfahren sind in der Patentanmeldung gemäß der Veröffentlichung WO 2008/052 793 A1 beschrieben und anhand der Zeichnung erläutert. Der Offenbarungsinhalt dieser Veröffentlichung wird ausdrücklich zum Bestandteil der vorliegenden Patentanmeldung erklärt.

Die Vorrichtung, insbesondere zur Analyse des Auges, kann auch ohne Wechselobjektive realisiert werden, durch die Umschaltung auf verschiedene Objektive mittels der erfindungsgemäßen Weglängenschalteinheit mit wenigstens einem verstellbaren Spiegel.

**Bezugszeichen**

1	Messapparat / Interferometer
2	Probe
3	Bereich in 2 / Messbereich
4	Lichtquelle
5	Auswerteeinheit
6	Strahlteiler
7	Spiegel
8	Ablenkeinheit
9	optischer Referenzweg
10	optischer Probenweg
11	optische Einheit
12	Abstand
13	Tiefe
14	Probenstrahl / Probenweg
14P	Probenstrahl
15	Referenzstrahl / Referenzweg
15P	Referenzstrahl
16	Weglängenschalteinheit
17	gestrichelte Linie / Weg in 16
18	gestrichelte Linie
21, 22	Spiegel bewegbar / drehbar
23, 24, 25	Spiegel
26, 27	Eintritt- bzw. Austritt Position von 16 des Lichtstrahls
30, 31	Tiefenschnittbild
32	Cornea
33	Linse
34	Gesamt-Tiefenschnittbild
36-38	stationärer Spiegel
42	Arm
43	Galvanometer
44	Weglängenänderung
45	Winkel
50	Kreis / Pivot OCT

52	Telezentrische Optik
54	Linie / Fokus auf 56
56	Cornea
58	Linie / Fokus auf 60
60	Linse
62	Linie / Fokus auf 64
64	Retina
66	Austauschobjektiv
68	Kreis / Pivot IR
70	Flächenbild
72	Tiefenschnittbild

## Patentansprüche

1. Verfahren für die sequenzielle Aufnahme von interferometrischen Schnittbildern in verschiedenen Tiefen, insbesondere zur Analyse eines Auges, wobei mittels eines Interferometers (1), welches einen optischen Referenzweg (9) und einen optischen Probenweg (10) enthält, ein Probenstrahl (14) einen Messbereich (3) einer Probe (2), insbesondere des Auges, abgetastet zur Erzeugung eines Tiefenschnittbilds, dadurch gekennzeichnet, dass die Weglänge des Probenstrahls (14) und / oder des Referenzstrahls (15) mittels einer Weglängenschalteinheit (16) verändert wird und Tiefenschnittbilder in wenigstens zwei unterschiedlichen Tiefen der Probe (2) erzeugt werden und die Veränderung der Weglänge in einer Schalteinheit durch Umlenken der Strahlengänge auf unterschiedliche geometrische Wege erfolgt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens ein in der Weglängenschalteinheit (16) bewegbar und / oder drehbar angeordneter Spiegel (21, 22) in wenigstens zwei unterschiedliche Winkelpositionen mittels eines Motors eingestellt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Tiefenschnittbild (30, 31) durch Auswertung von interferometrischen Signalen des Interferometers (1), welche sich durch Überlagerung der Probenstrahlen (14) und Referenzstrahlen (15) an verschiedenen lateralen Positionen und / oder unterschiedlichen Tiefenpositionen auf der Probe (2) ergeben, berechnet wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass mittels des oder der genannten Spiegel (21, 22) der Weglängenschalteinheit (16) der Probenstrahl (14) und / oder der Referenzstrahl (15) derart eingestellt werden, dass unabhängig von der Spiegelstellung die genannten Strahlen an einer Position (26) der Weglängenschalteinheit (16) eintreten und an eine Position (27) austreten oder umgekehrt.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Bewegung oder Drehung des Spiegels (21, 22) mittels eines diesem zugeordneten Motors durchgeführt wird und / oder dass der Spiegel (21, 22) in wenigstens zwei unterschiedlichen Positionen zur Vorgabe der Weglänge des jeweiligen Strahls (14, 15) eingestellt wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass mittels einer optischen Einheit (11) der Probenstrahl (14) in eine vorgegebene Tiefe der Probe fokussiert wird, wobei der Fokus auf die mittels der Weglängenschalteinheit (16) vorgegebene Tiefe angepasst ist.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass aus wenigstens zwei Tiefenschnittbildern (30, 31) ein Gesamt-Tiefenschnittbild (34), bevorzugt mittels der Auswerteeinheit (5), zusammengesetzt wird und / oder dass die relative Lage der abgetasteten Bereiche und / oder Teil-Tiefenschnittbilder (30, 31) erfasst wird.
8. Tiefenschnittbild nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass unter Berücksichtigung übereinstimmender Referenzsignale der genannten Einzel-Tiefenschnittbilder (30, 31) das Gesamt-Tiefenschnittbild (34), bevorzugt mittels der Auswerteeinheit (5) erzeugt wird, und / oder dass das oder die Referenzsignale aufgrund von gleichen Strukturen, bevorzugt in einem Überlappungsbereich der Einzel-Tiefenschnittbilder (30, 31) erzeugt werden.
9. Vorrichtung für die sequenzielle Aufnahme von interferometrischen Tiefenschnittbildern in verschiedenen Tiefen, insbesondere zur Analyse des Auges, enthaltend ein Interferometer (1) mit einem optischen Referenzweg (9) und einem optischen Probenweg (10), wobei das Interferometer (1) zur Abtastung eines Messbereichs (3) einer Probe (2) mittels eines Probenstrahls (14) ausgebildet ist, dadurch gekennzeichnet, dass im optischen Referenzweg (9) und / oder optischen Probenweg (10) eine Weglängenschalteinheit (16) angeordnet ist, mittels welcher die Länge des optischen Referenzwegs (9) und / oder des optischen Probenwegs (10) derart veränderbar und / oder vorgebbar ist, dass der Messbereich (3) in der Probe (12) in wenigstens zwei voneinander verschiedenen Messtiefen vorgebbar ist.
10. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Weglängenschalteinheit (16) wenigstens einen bewegbaren und / oder drehbaren Spiegel (21, 22) enthält, welcher in wenigstens zwei verschiedene Positionen mittels eines Motors einstellbar ist, welcher insbesondere als Galvanometer ausgebildet ist.

11. Vorrichtung nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Weglängenschalteinheit (16) wenigstens einen weiteren Spiegel (23, 24, 25) aufweist, welcher stationär angeordnet ist und / oder dass der wenigstens eine Spiegel (23, 24, 25) derart angeordnet ist, dass in Zusammenwirkung mit dem bewegbar und / oder drehbar angeordneten Spiegel (21, 22) der Probenstrahl (14) und / oder der Referenzstrahl (15) für die jeweils eingenommene Stellung des Spiegels (21, 22) an der gleichen Position (26) eintritt und an der gleichen Position (27) austritt oder umgekehrt.

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 11, welche in wenigstens einem der optischen Wege eine optische Einheit (11) aufweist, mit welcher Fokusposition, Dispersion oder Abbildungsgeometrie für den jeweiligen Messbereich vorgebar ist.

Fig. 1

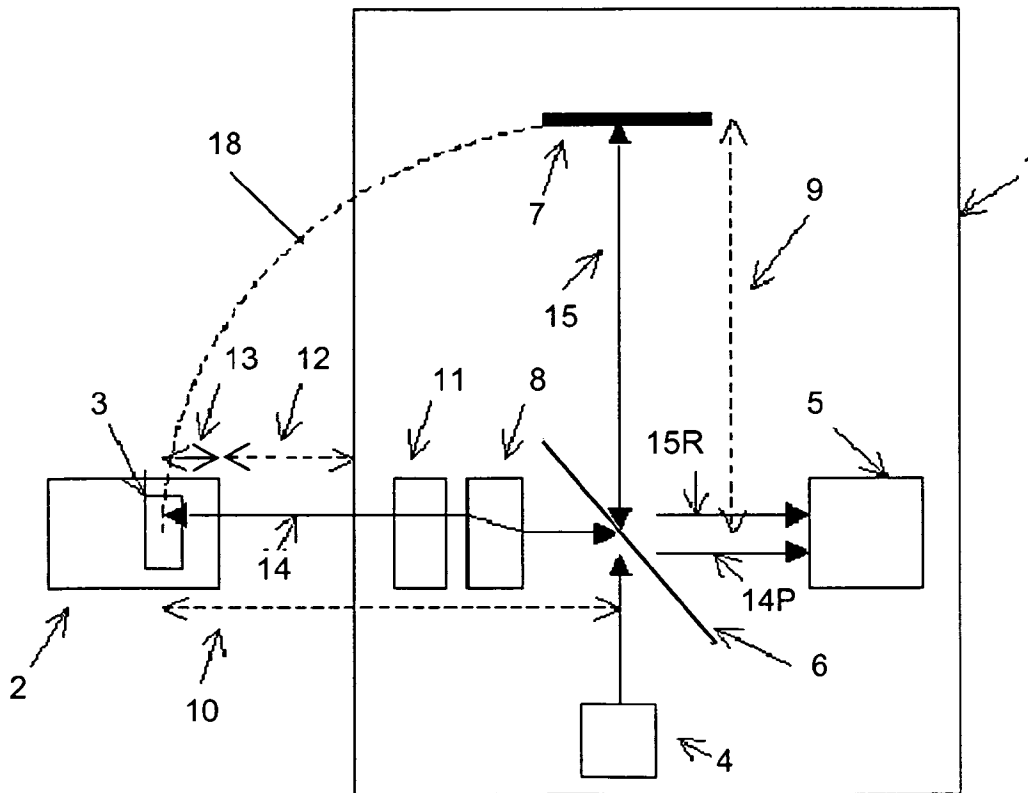


Fig. 2

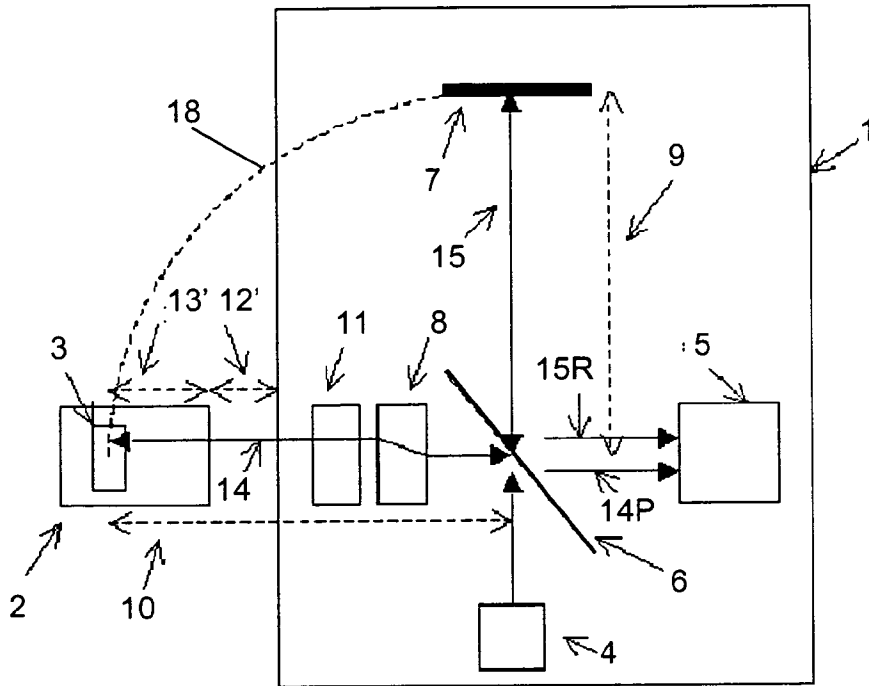


Fig.3

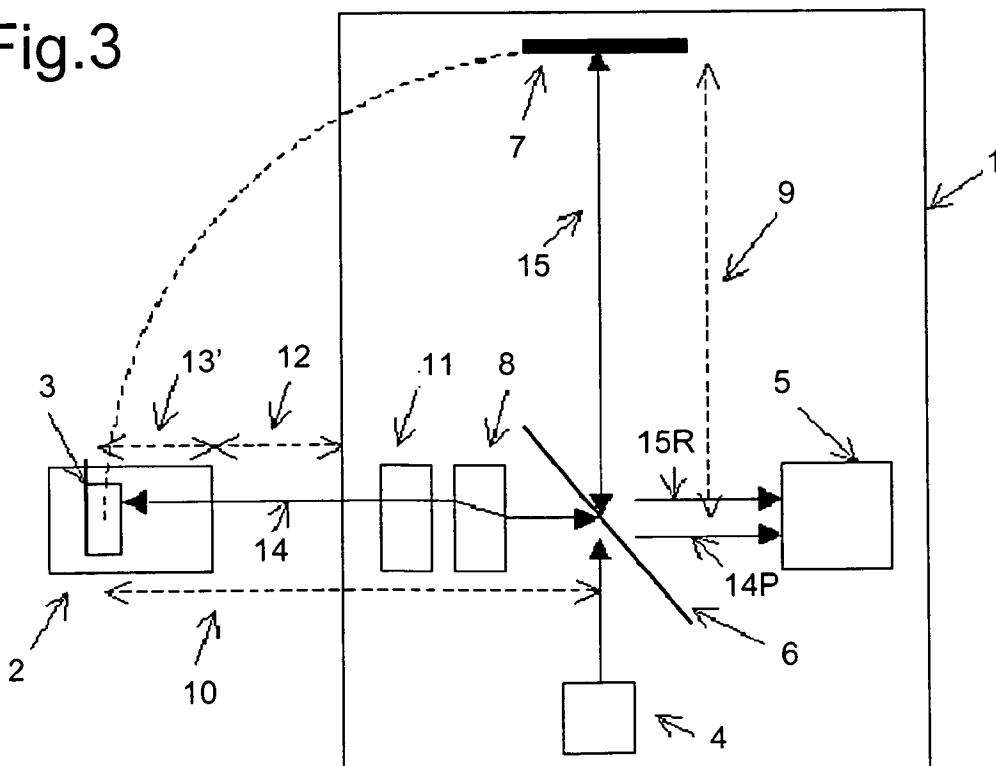


Fig. 4

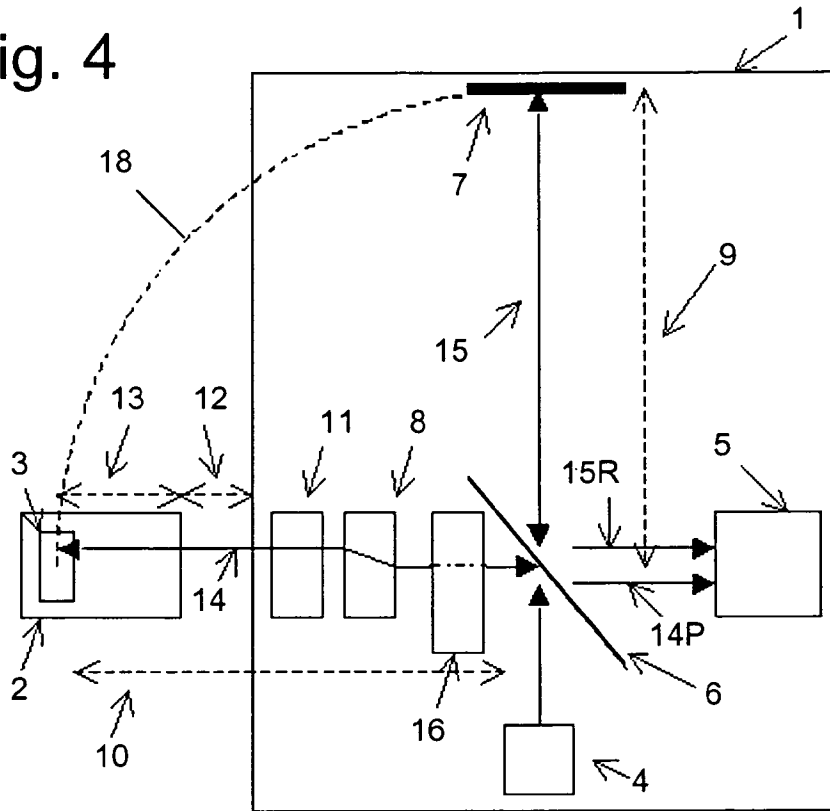


Fig. 5

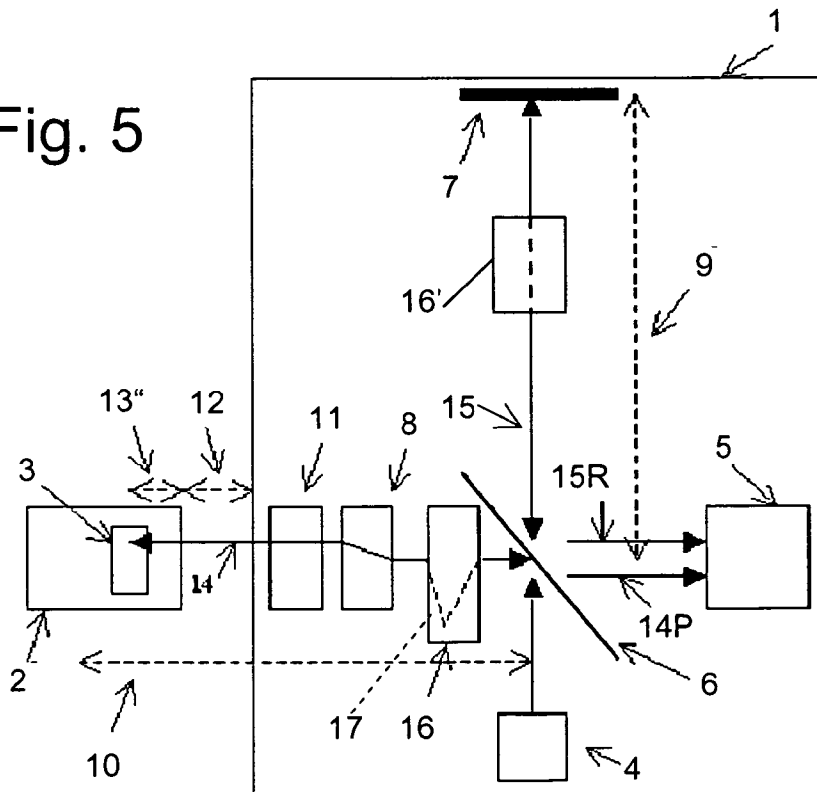


Fig. 6

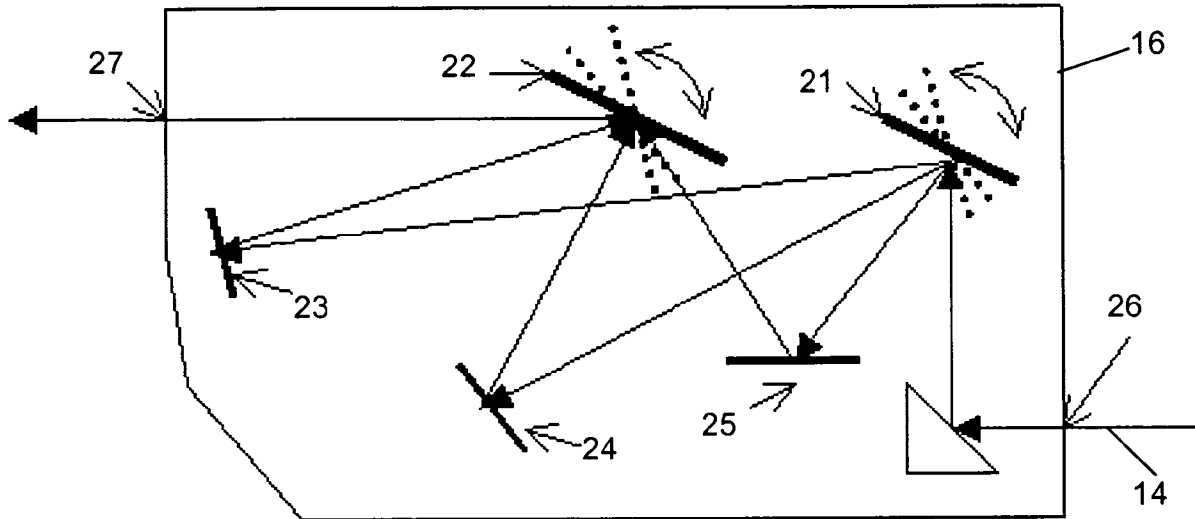


Fig. 7

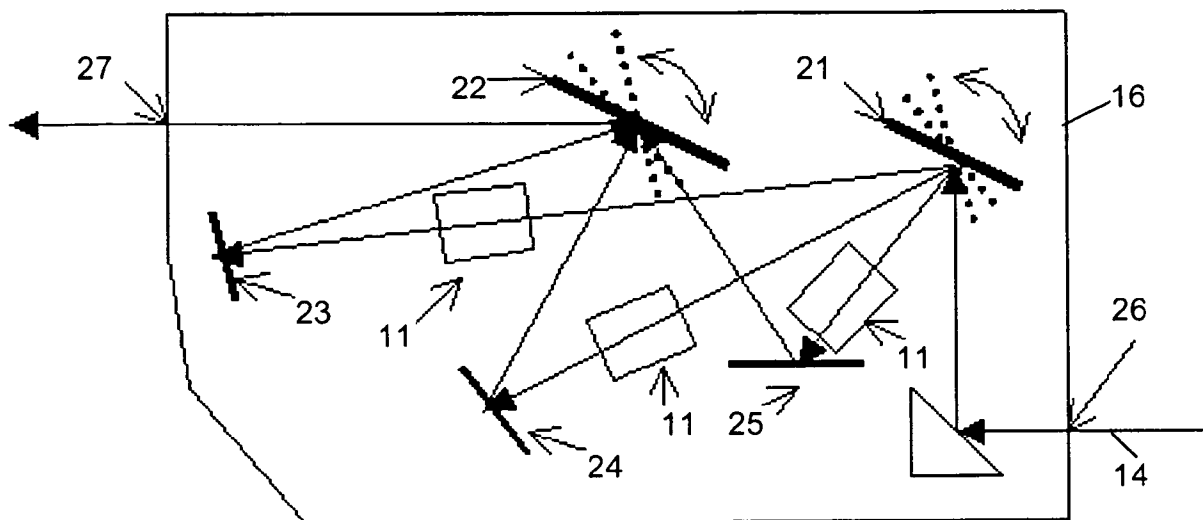


Fig. 8

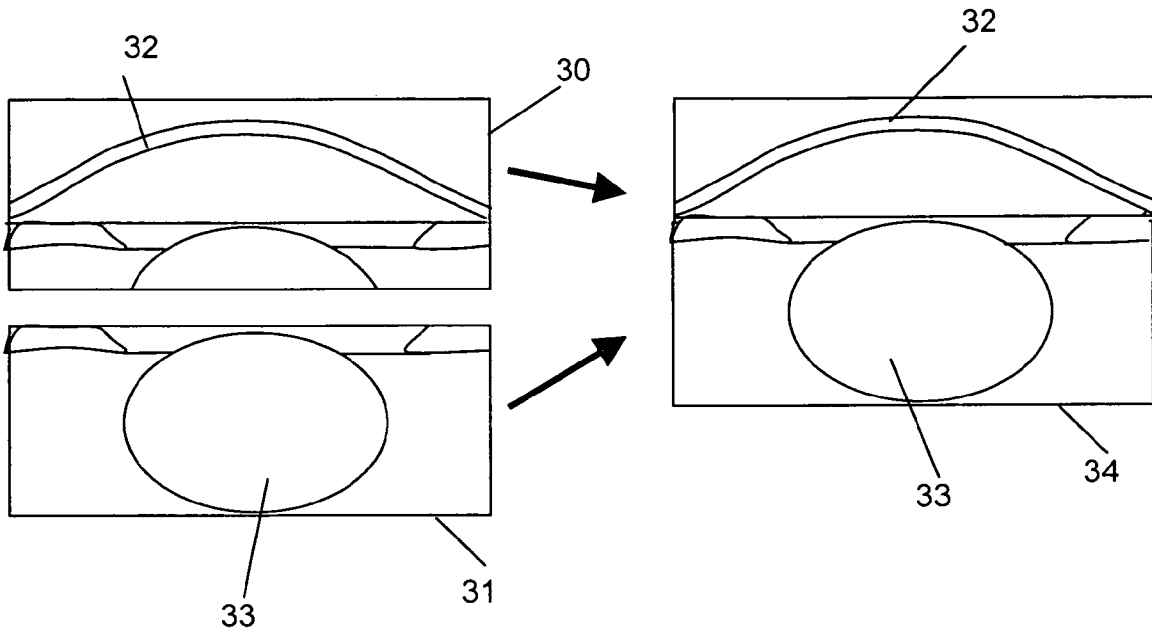




Fig. 10

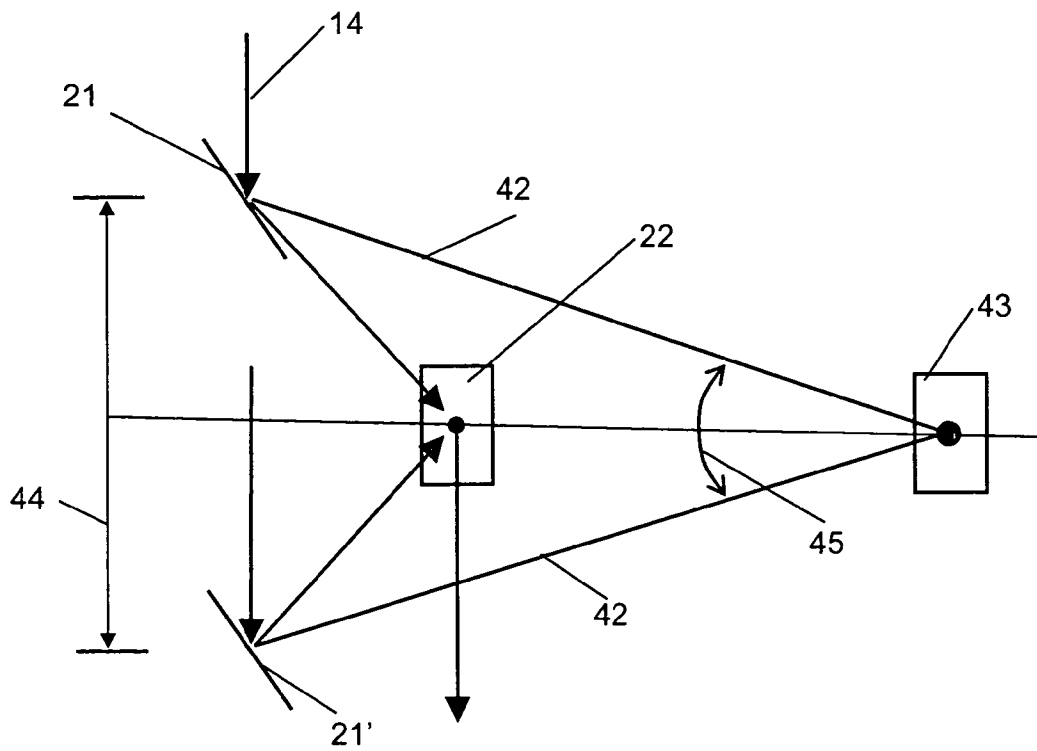


Fig. 11

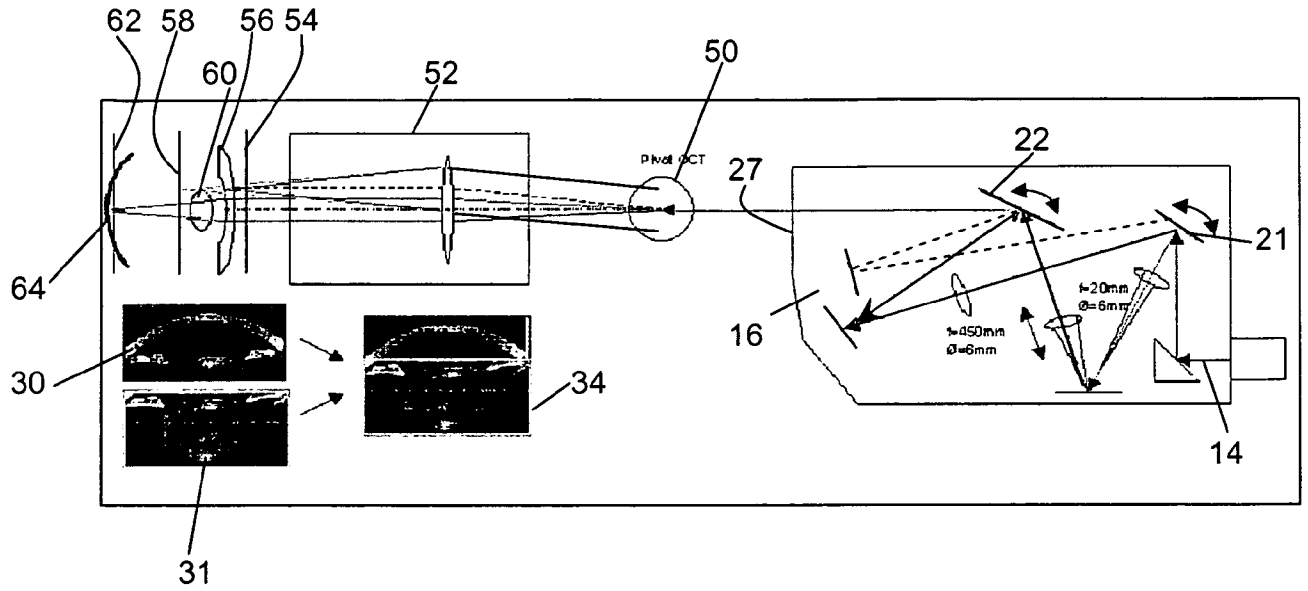
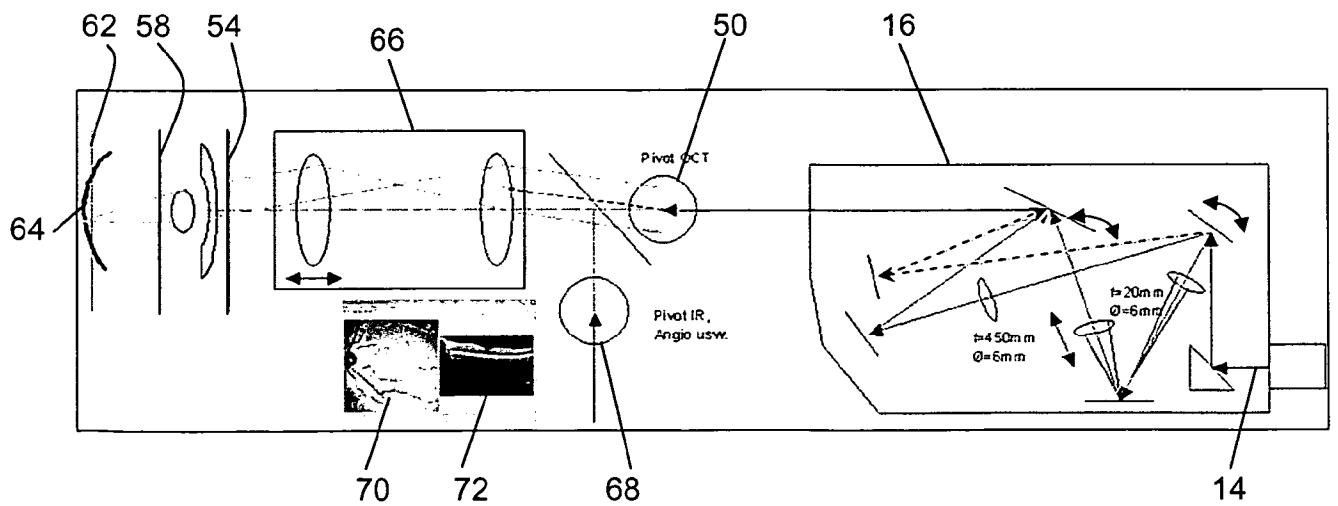


Fig. 12



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No  
PCT/EP2012/000487

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
 INV. A61B3/10  
 ADD.  
 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**  
 Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
 A61B

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)  
 EPO-Internal, WPI Data

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2010/074098 A1 (CANON KK [JP]; HIROSE FUTOSHI [JP]) 1 July 2010 (2010-07-01)	1-7,9-12
A	figures 1,4 -----	8

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

\* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step 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  
 20 April 2012

Date of mailing of the international search report  
 02/05/2012

Name and mailing address of the ISA/  
 European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
 NL - 2280 HV Rijswijk  
 Tel. (+31-70) 340-2040,  
 Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer  
 Fischer, Martin

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2012/000487

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 2010074098	A1	01-07-2010	
		JP 2010151704 A	08-07-2010
		US 2011234975 A1	29-09-2011
		WO 2010074098 A1	01-07-2010
-----			

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2012/000487

<b>A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES</b> INV. A61B3/10 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
<b>B. RECHERCHIERTE GEBIETE</b>		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole ) A61B		
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) EPO-Internal, WPI Data		
<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	WO 2010/074098 A1 (CANON KK [JP]; HIROSE FUTOSHI [JP]) 1. Juli 2010 (2010-07-01) Abbildungen 1,4 -----	1-7,9-12  8
<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	"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	
"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist	"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden	
"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)	"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	
"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht	"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist	
"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche  <div style="text-align: center; font-size: 1.2em;">20. April 2012</div>	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts  <div style="text-align: center; font-size: 1.2em;">02/05/2012</div>	
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter  <div style="text-align: center; font-size: 1.2em;">Fischer, Martin</div>	

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2012/000487

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2010074098 A1	01-07-2010	JP 2010151704 A	08-07-2010
		US 2011234975 A1	29-09-2011
		WO 2010074098 A1	01-07-2010
-----			