

(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
12. Dezember 2024 (12.12.2024)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2024/251604 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
A61B 3/00 (2006.01) A61B 3/10 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2024/064898

(22) Internationales Anmeldedatum:
30. Mai 2024 (30.05.2024)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2023 205 348.9
08. Juni 2023 (08.06.2023) DE

QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, 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, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(71) Anmelder: CARL ZEISS MEDITEC AG [DE/DE]; Goe-schwitzer Strasse 51 - 52, 07745 Jena (DE).

(72) Erfinder: BERGNER, Roland; Boegeholdstrasse 4, 07745 Jena (DE). DICK, Manfred; Birkenweg 9, 07926 Gefell (DE). LEITGEB, Rainer; Gestettengasse 14/4/14, 1030 Wien (AT). KENDRISIC, Milana; Bellegardegasse 11/10, 1220 Wien (AT).

(74) Anwalt: NIETEN, Christoph; Carl-Zeiss-Promenade 10, 07745 Jena (DE).

Erklärungen gemäß Regel 4.17:

— Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv)

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,

(54) Title: METHOD WITH HIGH MEASUREMENT SENSITIVITY FOR OPTICAL BIOMETRICS ON EYES WITH CATARACT DISEASE

(54) Bezeichnung: VERFAHREN MIT HOHER MESSEMPFINDLICHKEIT ZUR OPTISCHEN BIOMETRIE VON AUGEN MIT EINER KATARAKTERKRANKUNG

(57) Abstract: The invention relates to a method for optical biometrics carried out in particular on eyes with a cataract disease. The method is based on a method of optical coherence tomography in which measuring beams are generated not only along the visual axis of the patient's eye, but also with a lateral shift relative to the visual axis in order to obtain usable measurement data with potentially improved transmission through the cataract-infected eye. The proposed method for optical biometrics carried out on eyes with cataract disease is based on an interferometric OCT system without an active scanner or wobble device, in which, in addition to the A-scan along the visual axis, laterally offset A-scans with a high repetition rate are carried out. This method makes it possible to collect biometric measurement data even for eyes with cataract disease. As the method does not require a technical scanner or wobble device, it is very simple and inexpensive to implement.

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur optischen Biometrie insbesondere von Augen mit einer Katarakterkrankung. Das Verfahren basiert auf einem Verfahren der optischen Kohärenz-Tomographie, bei dem Messstrahlen nicht nur entlang der Sehachse des Patientenauges, sondern auch lateral zur Sehachse verschoben realisiert werden, um verwertbare Messdaten bei einer eventuell besseren Transmission des katarakterkrankten Auges zu erhalten. Das vorgeschlagene Verfahren zur optischen Biometrie von Augen mit einer Katarakterkrankung basiert auf einem interferometrischen OCT-System ohne aktive Scanner- oder Wobbel-Einrichtung, bei dem neben dem A-Scan entlang der Sehachse lateral zu diesem versetzte A-Scans mit einer hohen Wiederholrate realisiert werden. Das vorliegende Verfahren ermöglicht es, biometrische Messdaten auch für Augen mit einer Katarakterkrankung zu erheben. Da das Verfahren ohne eine technische Scanner- oder Wobbeleinrichtung auskommt, ist es sehr einfach und kostengünstig zu realisieren.



WO 2024/251604 A1

Verfahren mit hoher Messempfindlichkeit zur optischen Biometrie von Augen mit einer Katarakterkrankung

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur optischen Biometrie insbesondere von Augen mit einer Katarakterkrankung. Das Verfahren basiert auf einem Verfahren der optischen Kohärenz-Tomographie (kurz: OCT, englisch: optical coherence tomography), bei dem Messstrahlen nicht nur entlang der Sehachse des Patientenauges, sondern auch lateral zur Sehachse verschoben realisiert werden, um verwertbare Messdaten bei einer eventuell besseren Transmission des katarakterkrankten Auges zu erhalten.

Die Katarakt, auch Grauer Star, Linsenstar und Linsentrübung genannt, bezeichnet eine Trübung der Augenlinse. Betrachtet man Menschen, die an einer fortgeschrittenen Katarakt erkrankt sind, kann man die graue Färbung hinter der Pupille erkennen, woher sich die Bezeichnung „grauer Star“ ableitet. Die getrübe Linse kann in den meisten Fällen operativ durch ein künstliches Linsenimplantat ersetzt werden.

Die Kataraktchirurgie zur Entfernung der eingetrübten natürlichen Augenlinse und der Implantation einer Kunstlinse (Intraokularlinse – IOL) stellt mit ca. 25-30 Mio. Eingriffen pro Jahr weltweit die am häufigsten durchgeführte Operation am menschlichen Körper dar.

Vor der Kataraktchirurgie ist die Vermessung der Biometrie des Kataraktauges zwingend erforderlich, um die individuell passende optische Brechkraft der IOL berechnen zu können und nach dem Eingriff ein möglichst rechtsichtiges, d. h. emmetropes Auge zu erzielen.

Für die optische Biometrie werden allerdings optische Medien benötigt, die eine gewisse Mindesttransmission zulassen, was insbesondere bei Augen mit völlig undurchsichtiger Katarakt u. U. nicht gegeben ist.

Nach dem bekannten Stand der Technik sind zahlreiche Lösungen bekannt, die sich mit der Vermessung der Biometrie von Augen mit Katarakt befassen.

Optische Biometer zur Vermessung von Augen mit Katarakt haben seit Einführung des IOLMaster von der Firma ZEISS im Jahr 1999 die Vermessung der Augenzlänge mit Ultraschallverfahren weitestgehend abgelöst, da diese ohne Kontakt mit dem Auge und zudem genauere Messdaten erheben können. Allerdings benötigen optische Verfahren eine ausreichende Transmission des Messstrahls durch die getrübbte Augenlinse, um überhaupt Messdaten erheben zu können.

Durch den Einsatz modernen OCT-Biometern, die auf einer sogenannten „swept source“ mit einer Messempfindlichkeit von ca. 100 dB basieren, ist es möglich bei ca. 95 % der Kataraktpatienten biometrische Messungen durchzuführen.

Wie im Prospekt [1] des IOLMaster 700 der Firma ZEISS beschrieben, nutzen moderne Biometer neben dem empfindlichen interferometrischen Messverfahren im sogenannten A-Scan (Vermessung der Position der optischen Flächen im Auge entlang der Sehachse) zusätzlich noch Scanner zur lateralen Auslenkung des OCT-Messstrahls für die bildgebende Biometrie im sogenannten B-Scan (azimutale Schnittbilder der optischen Flächen im Auge).

Diese B-Scans können mit Hilfe von z.B. eines x-y-Galvanometer-Scanner-Systems unter beliebigen azimutalen Winkeln innerhalb der Öffnung der Augenpupille die optischen Flächen (und sonstige optische streuende Strukturen) im Auge vermessen. Damit gelingt es auch, bei lokal in der Öffnung der Augenpupille optisch dichten Kataraktstellen immer noch die optischen Grenzflächen trotz dieser lokalen Bildausfälle zu erfassen. Folglich leistet ein laterales Scannen auch einen beachtlichen Beitrag zur Erhöhung der Messempfindlichkeit bei sehr dichten Katarakten in der optischen Biometrie.

Nachteilig sind allerdings die steigenden Kosten für optische Biometer durch zusätzliche optische Scanner-Systeme. Insbesondere ist dabei zu berücksichtigen,

dass Ultraschall-Biometer sehr viel kostengünstiger als optische Biometer im Markt angeboten werden und auch alle sehr dichten Katarakte ohne Probleme vermessen können.

In der JP 6198675 B2 wird ein ophthalmologisches Gerät beschrieben, welches in der Lage ist, vom Auge eines Patienten reflektierte Licht ohne Verwendung eines Galvanometerspiegels abzutasten. Dazu umfasst das ophthalmologische Gerät eine Lichtquelle und ein optisches System, welches das Licht von der Lichtquelle zum Auge eines Patienten leitet. Das optische System enthält eine Linse, die über einen Linsenantriebsmechanismus verfügt, um die Linse innerhalb einer orthogonalen Ebene senkrecht zur Lichtachse zu verschieben. Für das von der Lichtquelle erzeugte und zum Auge der Testperson emittierte Licht kann somit die Bestrahlungsposition und/oder der Bestrahlungswinkel verändert werden.

Mit dem hier beschriebenen Lösungsansatz einer elektromagnetischen (sogenannten) Wobbeleinrichtung ist es möglich durch U- bzw. V-artige Scanmuster zusätzliche, lateral versetzte A-Scans zu erzeugen, um auch für Augen mit sehr dichten Katarakten Messdaten zu erhalten. Allerdings ist dafür trotzdem ein zusätzlicher technischer Aufwand für optische Biometer erforderlich.

Unter anderem wurde in der Master Dissertation "Detection of Purkinje Images for Automatic Positioning of Fixation Target and Interferometric Measurements of Anterior Eye Chamber" von Mariana Q. D. R. Almeida [2] bereits eine Lösung zur Motivation einer aktiven Umfixation von Patienten in einem optischen Biometer untersucht.

Dabei stand die Erfassung von Purkinje-Reflexen der Linsengrenzflächen des Patientenauges im Vordergrund, die für eine biometrische Vermessung der Linsenabstände mit einem weniger empfindlichen „Time Domain“-Verfahren der partiellen Kohärenzinterferometrie (mit ca. 80 dB) zwingend erforderlich sind.

Als Fixationstarget wurden Spiralmuster und der Teil eines Spiralmusters zur Aktivierung der Umfixation eines zu vermessenden Patientenauges verwendet. Ein Einsatz derartiger, dynamischer 2d-Fixationstargets zur verbesserten Durchdringung inhomogener dichter Katarakte wurde jedoch nicht bekannt.

Literatur:

- [1] DE_32_010_0009II; gedruckt in Deutschland: CZ-I/2015;
www.zeiss.com/iolmaster700

- [2] Master Dissertation; Integrated Master on Biomedical Engineering;
“Detection of Purkinje Images for Automatic Positioning of Fixation Target and Interferometric Measurements of Anterior Eye Chamber”;
Mariana Quelhas Dias Rodrigues Almeida (student number 23279);
Winter Semester 2011/12 20th of April, 2012 Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências e Tecnologia

- [3] Scott M. McRae et al; “Customized Corneal Ablation and Super Vision”;
Journal of Refractive Surgery, 2013;16(2):S230–S235;
<https://doi.org/10.3928/1081-597X-20000302-06>

- [4] Christoph K. Hitzenberger; “Optical Measurement of the Axial Eye Length by Laser Doppler Interferometry“; Investigative Ophthalmology & Visual Science; Vol. 32, No. 3, March 1991

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde ein Verfahren zur optischen Biometrie zur Verfügung zu stellen, mit dem auch Messdaten für Augen mit einer Katarakterkrankung realisiert werden können. Dabei soll das für das Verfahren zur optischen Biometrie zu verwendende Gerät kostengünstig sein und vorzugsweise ohne eine technische Scanner- oder Wobbeleinrichtung auskommen. Insbesondere ist der OCT-Messstrahl nicht nur auf der Sehachse des Patientenauges bei strenger Fixation des Patienten einzusetzen, sondern auch für

lateral zur Sehachse verschobene Messaperturen, mit eventuell besserer Transmission durch die optisch inhomogene Katarakt.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch die Merkmale der unabhängigen Ansprüche gelöst. Bevorzugte Weiterbildungen und Ausgestaltungen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

Die vorliegende Aufgabe wird mit dem vorgeschlagenen Verfahren zur optischen Biometrie von Augen mit einer Katarakterkrankung, basierend auf einem interferometrischen OCT-System ohne aktive Scanner- oder Wobbel-Einrichtung, dadurch gekennzeichnet, dass neben dem A-Scan entlang der Sehachse lateral zu diesem versetzte A-Scans mit einer hohen Wiederholrate realisiert werden.

Erfindungsgemäß wird dazu innerhalb einer längeren Messzeit die Fixationsruhe des Patienten Auges ausgenutzt. Durch Auswertung einer Vielzahl von A-Scans wird jeweils ein Messwert für eine intraokulare Distanz jeder Grenzfläche des Auges ermittelt und ausgegeben.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch die Merkmale der unabhängigen Ansprüche gelöst. Bevorzugte Weiterbildungen und Ausgestaltungen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

Eine erste Gruppe vorteilhafter Ausgestaltungen betrifft die längere Messzeit, die im Bereich von 5s bis 30s, vorzugsweise bis 60s und besonders bevorzugt bis zu 200s oder auch länger liegt.

Eine zweite Gruppe vorteilhafter Ausgestaltungen betrifft die Bestimmung des Abstandes und/oder der Richtung der lateral zur Sehachse versetzten A-Scans. Dies erfolgt bevorzugt durch Detektion des 1. Purkinje Reflexes oder des Reflexes einer externen Lichtquelle aus einem Bild des Auges.

Eine dritte Gruppe vorteilhafter Ausgestaltungen betrifft die Überprüfung, ob eine ausreichend große Augenbewegung innerhalb der Fixationsruhe des Patientenauges gewährleistet ist. Insbesondere werden hierbei aus der Vielzahl von A-Scans nur die bei der Auswertung berücksichtigt, deren detektierte Richtung bzw. deren detektierter Abstand von der Sehachse nicht zu groß sind.

Eine vierte Gruppe vorteilhafter Ausgestaltungen betrifft die Beurteilung der Qualität der Messwerte. Insbesondere wird dazu kontrolliert, dass bei der Vielzahl von A-Scans einzelne A-Scans vorhanden sind, deren detektierte Richtung bzw. deren detektierter Abstand innerhalb einer Toleranz zur Sehachse liegt.

Eine letzte Gruppe vorteilhafter Ausgestaltungen betrifft das Messverfahren an sich. So laufen die Messungen der Vielzahl von A-Scans innerhalb der längeren Messzeit automatisiert ab, sobald die Messungen aktiviert werden, wobei während der Messungen der Vielzahl von A-Scans keine Änderung der Position und/oder Richtung des Fixierlichtes erfolgt.

Das vorliegende, auf der optischen Kohärenz-Tomographie basierende Verfahren dient der Messung von Abständen eines an Katarakt erkrankten Auges, um die zu implantierende IOL mit der entsprechenden Brechkraft auswählen zu können. Obwohl das Verfahren insbesondere für die Messung an bereits an Katarakt erkrankten Augen vorgesehen ist, kann es prinzipiell für die Messungen aller Augen verwendet werden, also z.B. auch Augen mit bereits implantierter IOL, silikongefüllte Augen, aphake Augen und phake Augen ohne Katarakt.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen näher beschrieben.

Bei dem vorgeschlagenen, auf einem interferometrischen OCT-System ohne aktive Scanner- oder Wobbel-Einrichtung basierendem Verfahren mit hoher Messempfindlichkeit zur optischen Biometrie von Augen mit einer Katarakt-

erkrankung werden neben dem A-Scan entlang der Sehachse lateral zu diesem versetzte A-Scans mit einer hohen Wiederholrate realisiert.

Erfindungsgemäß wird dazu innerhalb einer längeren Messzeit die Fixationsunruhe des Patientenauges ausgenutzt, eine Vielzahl von A-Scans ausgewertet und jeweils nur ein Messwert für eine intraokulare Distanz jeder Grenzfläche des Auges ausgegeben.

Insbesondere ist erfindungsgemäß vorgesehen, die natürliche Fixations-Unruhe des Patientenauges bei längeren Messzeiten mit hohen A-Scan Repetitionsraten auszunutzen. Dadurch soll gewährleistet werden, dass zusätzlich zum A-Scan in der Sehachse mit einer möglicher Weise optischer Undurchdringbarkeit weitere lateral versetzte, aber messbare A-Scans des Patientenauges aufzeichnen zu können.

Aus dem Fachartikel [3] von Scott M. McRae u. a. ist bekannt, dass sich das menschliche Auge in einem Zeitraum bis etwa 30 Sekunden in einem Bereich von typischerweise 0,5 bis 2 mm in horizontaler und vertikaler Richtung um ein Fixationstarget bewegt.

Diese Eigenbewegung soll ausgenutzt werden, um bei längeren Messzeiten A-Scans an unterschiedlichen Stellen der Augenlinse zu realisieren. Aus der Applikation von Augentrackern ist bekannt, dass nach ca. 30 – 60 s diese Augenbewegungen noch größer werden.

Da nun bei diesen recht sporadischen und statistischen „B-Scans“ keine lateralen Positionen bekannt werden, die man bei Scanner-Systemen streng jedem A-Scan zuordnen kann, wird man mit dem erfindungsgemäßen Verfahren eine Vielzahl von Messdaten erhalten (oder an optisch dichten Stellen in der Kataraktlinse nicht erhalten), die man insbesondere zur Ermittlung der Augenlänge und aber auch zur Ermittlung der anderen axialen Längen im Auge, wie der Korneadicke, der Vorderkammertiefe und der Linsendicke ordnen muss.

Erfindungsgemäß ist dafür vorgesehen auf Basis der bekannten generellen Anatomie und Geometrie der interessierenden Lage der optischen Flächen des Auges Kriterien abzuleiten, in Algorithmen umzusetzen und die plausiblen Biometriedaten mit Toleranzen sofort nach der Messung Computer gestützt auszuwerten und am Biometer für die weitere Verwendung anzugeben. Durch zusätzliche Detektion des 1. Purkinje Reflexes im Bild des Auges lässt sich die laterale Position des jeweiligen A-Scans ermitteln.

Von Christoph K. Hitzenberger wurde in seinem Fachartikel [4] die Ergebnisse seiner Untersuchungen zum Vergleich von Genauigkeit und Reproduzierbarkeit der Messung der geometrischen Augenlänge mittels der Laserinterferometrie und der Ultraschalltechnik dokumentiert. Dabei wurde festgestellt, dass die auf der Doppler-Technik basierende Laserinterferometrie (LDI) in Verbindung mit teilkohärentem Licht hohe Genauigkeit, hohe transversale Auflösung und mehr Komfort für den Patienten erreicht.

Weiterhin wurde festgestellt, dass bei +/- 10° lateralem Versatz bei der Augenlängenmessung zur Sehachse nur ein Messfehler von ca. 100µm auftritt, der für die allgemeine biometrische Anwendung bei starken Katarakten akzeptabel und bezüglich der Messfehler somit zu Ultraschallmessungen vergleichbar ist.

Für das vorgeschlagene Verfahren ist die Verwendung einer Fixiermarke von Vorteil, um eine Änderung der Blickrichtung des zu vermessenden Auges zu motivieren. Dafür können neben einem einfachen Fixierlicht auch veränderliche zweidimensionale Muster oder Bilder verwendet werden.

Weiterhin kann eine vorhandene Kopfstütze so ausgebildet sein, dass leichte laterale Bewegungen oder Drehbewegung des Kopfes des Patienten ermöglicht werden.

Einer ersten vorteilhaften Ausgestaltung entsprechend liegt die längere Messzeit im Bereich von 5s bis 30s, vorzugsweise bis 60s und besonders bevorzugt bis zu 200s oder auch noch länger.

Wie bereits beschrieben werden neben dem A-Scan entlang der Sehachse lateral zu diesem versetzte A-Scans mit einer hohen Wiederholrate realisiert. Erfindungsgemäß werden dabei der Abstand und/oder die Richtung der lateral zur Sehachse versetzten A-Scans bestimmt. Dies erfolgt einer zweiten vorteilhaften Ausgestaltung entsprechend bevorzugt durch Detektion des 1. Purkinje Reflexes aus einem Bild des Auges.

Es ist aber auch möglich den Abstand und/oder die Richtung der lateral zur Sehachse versetzten A-Scans durch Detektion kontrollierter Reflexe einer externen Lichtquelle aus einem Bild des Auges zu bestimmen.

Für die Funktion des erfindungsgemäßen Verfahrens ist es zwingend erforderlich zu kontrollieren, ob für das Patientenaugen eine ausreichend große Augenbewegung innerhalb der Fixationsunruhe gewährleistet ist.

Einer dritten vorteilhaften Ausgestaltung entsprechend werden hierbei insbesondere aus der Vielzahl von A-Scans nur die bei der Auswertung berücksichtigt, deren detektierte Richtung bzw. deren detektierter Abstand von der Sehachse nicht zu groß sind.

Erfindungsgemäß sollen nur A-Scans bei der Auswertung berücksichtigt werden, deren detektierte Richtung $<10^\circ$ bzw. deren detektierter Abstand $<2\text{mm}$ von der Sehachse abweicht.

Von Vorteil ist auch, wenn gewährleistet wird, dass bei der Vielzahl von A-Scans einzelne A-Scans vorhanden sind, deren detektierte Richtung bzw. deren detektierter Abstand innerhalb einer Toleranz zur Sehachse liegt. Dadurch kann die Qualität der Messwerte beurteilt werden.

Dazu sollen bei der Vielzahl von A-Scans mindestens ein A-Scan, vorzugsweise mehr als 5 vorhanden ist/sind, dessen/deren detektierte Richtung $>2,5^\circ$ bzw. dessen/deren detektierter Abstand $> 0,5$ mm von der Sehachse abweicht. Wodurch zwangsläufig auch gewährleistet ist, dass eine ausreichend große Augenbewegung innerhalb der Fixationsruhe des Patientenauges vorliegt.

Erfindungsgemäß werden die Messungen mit der vorgegebenen Messzeit so lange wiederholt werden, bis mindestens 1, bevorzugt 5 Messwerte vorhanden ist/sind, dessen/deren detektierte Richtung zwischen 0° und 10° bzw. dessen/deren detektierter Abstand zwischen 0mm und 2mm von der Sehachse abweicht.

Es ist aber auch möglich die Zeitdauer für die Messungen so lang zu wählen, dass diese Bedingung erfüllt ist.

Einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung entsprechend laufen die Messungen der Vielzahl von A-Scans innerhalb der längeren Messzeit automatisiert ab, sobald die Messungen einmal aktiviert werden. Vorzugsweise erfolgt während der Messungen der Vielzahl von A-Scans keine Änderung der Position und/oder Richtung des Fixierlichtes.

Mit der erfindungsgemäßen Lösung wird ein Verfahren zur optischen Biometrie insbesondere von Augen zur Verfügung gestellt, welches insbesondere für Augen mit einer Katarakterkrankung geeignet ist. Das Verfahren basiert auf einem Verfahren der optischen Kohärenz-Tomographie, bei dem Messstrahlen nicht nur entlang der Sehachse des Patientenauges, sondern auch lateral zur Sehachse verschoben realisiert werden, um verwertbare Messdaten bei einer eventuell besseren Transmission des katarakterkrankten Auges zu erhalten.

Das für das Verfahren zur optischen Biometrie zu verwendende Gerät ist kostengünstig und kommt ohne eine technische Scanner- oder Wobbleeinrichtung aus.

Das vorliegende, auf der optischen Kohärenz-Tomographie basierende Verfahren dient der Messung von Abständen eines an Katarakt erkrankten Auges, um die zu implantierende IOL mit der entsprechenden Brechkraft auswählen zu können. Obwohl das Verfahren insbesondere für die Messung an bereits an Katarakt erkrankten Augen vorgesehen ist, kann es prinzipiell für die Messungen aller Augen verwendet werden, also z.B. auch Augen mit bereits implantierter IOL, silikongefüllte Augen, aphake Augen und phake Augen ohne Katarakt.

Patentansprüche

1. Verfahren mit hoher Messempfindlichkeit zur optischen Biometrie von Augen mit einer Katarakterkrankung, bei dem, basierend auf einem interferometrischen OCT-System ohne aktive Scanner- oder Wobbel-Einrichtung, neben dem A-Scan entlang der Sehachse lateral zu diesem versetzte A-Scans mit einer hohen Wiederholrate realisiert werden, **dadurch gekennzeichnet**, dass dazu innerhalb einer längeren Messzeit die Fixationsunruhe des Patientenauges ausgenutzt wird, dass eine Vielzahl von A-Scans ausgewertet werden und dass jeweils ein Messwert für eine intraokulare Distanz jeder Grenzfläche des Auges ausgegeben wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die längere Messzeit im Bereich von 5s bis 30s, vorzugsweise bis 60s und besonders bevorzugt bis zu 200s oder auch länger liegt.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Abstand und/oder die Richtung der lateral zur Sehachse versetzten A-Scans durch Detektion des 1. Purkinje Reflex aus einem Bild des Auges bestimmt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Abstand und/oder die Richtung der lateral zur Sehachse versetzten A-Scans durch Detektion kontrollierter Reflexe einer externen Lichtquelle aus einem Bild des Auges bestimmt wird.
5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass aus der Vielzahl von A-Scans nur die bei der Auswertung berücksichtigt werden, deren detektierte Richtung $<10^\circ$ bzw. deren detektierter Abstand $< 2\text{mm}$ von der Sehachse abweicht.
6. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass bei der Vielzahl von A-Scans mindestens ein A-Scan, vorzugsweise mehr als 5 vorhanden

ist/sind, dessen/deren detektierte Richtung $>2,5^\circ$ bzw. dessen/deren detektierter Abstand $> 0,5$ mm von der Sehachse abweicht, um zu kontrollieren, ob eine ausreichend große Augenbewegung innerhalb der Fixationsunruhe des Patientenauges gewährleistet ist.

7. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Messungen mit der vorgegebenen Messzeit so lange wiederholt werden, bis mindestens 1, bevorzugt 5 Messwerte vorhanden ist/sind, dessen/deren detektierte Richtung zwischen 0° und 10° bzw. dessen/deren detektierter Abstand zwischen 0mm und 2mm von der Sehachse abweicht.
8. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Zeitdauer für die Messungen so lang gewählt wird, dass mindestens 1, bevorzugt 5 Messwerte gewonnen wurden, dessen/deren detektierte Richtung zwischen 0° und 10° bzw. dessen/deren detektierter Abstand zwischen 0mm und 2mm von der Sehachse abweicht.
9. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Messungen der Vielzahl von A-Scans innerhalb der längeren Messzeit automatisiert ablaufen, sobald die Messungen aktiviert werden.
10. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Messungen der Vielzahl von A-Scans ohne Änderung der Position und/oder Richtung des Fixierlichtes erfolgen.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2024/064898

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER <i>A61B 3/00</i> (2006.01)i; <i>A61B 3/10</i> (2006.01)i 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 practicable, search terms used) EPO-Internal		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2019246898 A1 (BUBLITZ DANIEL [DE] ET AL) 15 August 2019 (2019-08-15) paragraphs [0215], [0019]; claims 34, 35 paragraphs [0048], [0050] - [0052]	1-10
A	DE 102018101917 A1 (ZEISS CARL AG [DE]) 01 August 2019 (2019-08-01) paragraphs [0001], [0013] - [0015] paragraphs [0028], [0029], [0036] paragraph [0054] figures 1a, 1b, 4	1-10
A	DE 10349230 A1 (ZEISS CARL MEDITEC AG [DE]) 07 July 2005 (2005-07-07) paragraphs [0011] - [0019] figure 1	1-10
A	DE 102012016379 A1 (ZEISS CARL MEDITEC AG [DE]) 20 February 2014 (2014-02-20) paragraphs [0001], [0002], [0014] - [0017] paragraphs [0033], [0043], [0056] figures 1-4	1-10
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“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)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“&” document member of the same patent family</p>		
Date of the actual completion of the international search 10 July 2024		Date of mailing of the international search report 18 July 2024
Name and mailing address of the ISA/EP European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands (Kingdom of the) Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer Neumann, Wiebke Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2024/064898

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	AT 507140 B1 (ZEISS CARL MEDITEC AG [DE]) 15 March 2013 (2013-03-15) paragraphs [0027], [0028] figure 1	1-10
A	WO 2010117386 A1 (DOHENY EYE INST [US]; WALSH ALEXANDER C [US] ET AL.) 14 October 2010 (2010-10-14) paragraphs [0033], [0036], [0143] paragraphs [0153], [0176], [0371] figures 6a-6c	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No. PCT/EP2024/064898

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
US	2019246898	A1	15 August 2019	CN 109414166 A DE 102016218290 A1 US 2019246898 A1 WO 2018011407 A1	01 March 2019 18 January 2018 15 August 2019 18 January 2018
DE	102018101917	A1	01 August 2019	NONE	
DE	10349230	A1	07 July 2005	DE 10349230 A1 JP 2007508879 A WO 2005045362 A1	07 July 2005 12 April 2007 19 May 2005
DE	102012016379	A1	20 February 2014	DE 102012016379 A1 US 2014049753 A1	20 February 2014 20 February 2014
AT	507140	B1	15 March 2013	NONE	
WO	2010117386	A1	14 October 2010	NONE	

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. A61B3/00 A61B3/10
 ADD.
 Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE
 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

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 2019/246898 A1 (BUBLITZ DANIEL [DE] ET AL) 15. August 2019 (2019-08-15) Absätze [0215], [0019]; Ansprüche 34, 35 Absätze [0048], [0050] - [0052] -----	1 - 10
A	DE 10 2018 101917 A1 (ZEISS CARL AG [DE]) 1. August 2019 (2019-08-01) Absätze [0001], [0013] - [0015] Absätze [0028], [0029], [0036] Absatz [0054] Abbildungen 1a, 1b, 4 -----	1 - 10
A	DE 103 49 230 A1 (ZEISS CARL MEDITEC AG [DE]) 7. Juli 2005 (2005-07-07) Absätze [0011] - [0019] Abbildung 1 ----- -/- -	1 - 10

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

- "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
- "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
- "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
- "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
- "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
10. Juli 2024	18/07/2024

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 Neumann, Wiebke
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 10 2012 016379 A1 (ZEISS CARL MEDITEC AG [DE]) 20. Februar 2014 (2014-02-20) Absätze [0001], [0002], [0014] - [0017] Absätze [0033], [0043], [0056] Abbildungen 1-4 -----	1-10
A	AT 507 140 B1 (ZEISS CARL MEDITEC AG [DE]) 15. März 2013 (2013-03-15) Absätze [0027], [0028] Abbildung 1 -----	1-10
A	WO 2010/117386 A1 (DOHENY EYE INST [US]; WALSH ALEXANDER C [US] ET AL.) 14. Oktober 2010 (2010-10-14) Absätze [0033], [0036], [0143] Absätze [0153], [0176], [0371] Abbildungen 6a-6c -----	1-10

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2024/064898

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2019246898 A1	15-08-2019	CN 109414166 A	01-03-2019
		DE 102016218290 A1	18-01-2018
		US 2019246898 A1	15-08-2019
		WO 2018011407 A1	18-01-2018

DE 102018101917 A1	01-08-2019	KEINE	

DE 10349230 A1	07-07-2005	DE 10349230 A1	07-07-2005
		JP 2007508879 A	12-04-2007
		WO 2005045362 A1	19-05-2005

DE 102012016379 A1	20-02-2014	DE 102012016379 A1	20-02-2014
		US 2014049753 A1	20-02-2014

AT 507140 B1	15-03-2013	KEINE	

WO 2010117386 A1	14-10-2010	KEINE	
