(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
15. April 2010 (15.04.2010)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2010/040484 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
A61B 3/117 (2006.01) *A61B 3/15* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2009/007094

(22) Internationales Anmeldedatum:
5. Oktober 2009 (05.10.2009)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2008 051 147.1
10. Oktober 2008 (10.10.2008) DE

(71) Anmelder *(für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US)*: **CARL ZEISS MEDITEC AG** [DE/DE]; Goschwitzer Strasse 51-52, 07745 Jena (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder *(nur für US)*: **HACKER, Martin** [DE/DE]; Schützenhofstrasse 32, 07743 Jena (DE). **BUBLITZ, Daniel** [DE/DE]; Stumpfenburgweg 5b, 07743 Jena (DE).

(74) Anwalt: **BECK, Bernhard**; c/o Carl Zeiss AG, Standort Jena, Carl-Zeiss-Promenade 10, 07745 Jena (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, 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, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, 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, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (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, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Erklärungen gemäß Regel 4.17:

— *Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv)*

Veröffentlicht:

— *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*

(54) **Title**: ARRANGEMENT AND METHOD FOR RECEIVING AND ANALYZING SPLIT IMAGES OF PREDOMINANTLY TRANSPARENT MEDIA, PARTICULARLY IN THE EYE

(54) **Bezeichnung** : ANORDNUNG UND VERFAHREN ZUR AUFNAHME UND AUSWERTUNG VON SPALTBILDERN ÜBERWIEGEND TRANSPARENTER MEDIEN, INSBESONDERE IM AUGE

(57) **Abstract**: The present invention relates to a solution of receiving and analyzing split images during the examination of optical, transparent media, particularly in the eye. The arrangement is comprised of an illumination optical path having an illumination source for creating a split illumination, and an analysis optical path having a detection device, and a control and analysis unit comprising connections to the illumination source and connections to the detection device. In order to achieve as efficient a scattering as possible of the illumination light on the structures to be imaged in the direction of the detection device, a means for optimizing the scattering conditions is provided in the illumination optical path, wherein said means has a device for changing the illumination conditions.

(57) **Zusammenfassung**: Die vorliegende Erfindung betrifft eine Lösung zur Aufnahme und Auswertung von Spaltbildern bei der Untersuchung optisch transparenter Medien, insbesondere im Auge. Die Anordnung besteht aus einem Beleuchtungsstrahlengang mit einer Beleuchtungsquelle zur Erzeugung einer Spaltbeleuchtung und einem Auswertungsstrahlengang mit einer Detektionseinrichtung, sowie einer Steuer- und Auswerteeinheit, die sowohl Verbindungen zur Beleuchtungsquelle, als auch zur Detektionseinrichtung aufweist. Zur Erzielung einer möglichst effizienten Streuung des Beleuchtungslichtes an den abzubildenden Strukturen in Richtung der Detektionseinrichtung sind im Beleuchtungsstrahlengang vor der Beleuchtungsquelle Mittel zur Optimierung der Streuungsverhältnisse vorhanden, wobei diese Mittel über eine Vorrichtung zur Veränderung der Beleuchtungsverhältnisse verfügen.

WO 2010/040484 A1

Anordnung und Verfahren zur Aufnahme und Auswertung von Spaltbildern überwiegend transparenter Medien, insbesondere im Auge

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Lösung zur optimierten Aufnahme und Auswertung von Spaltbildern bei der Untersuchung optisch transparenter Medien, insbesondere im Auge.

Für die Untersuchung optisch transparenter Medien ist eine spezielle Beleuchtungstechnik mittels eines auf das Medium abzubildenden Spaltes erforderlich. Diese spezielle Beleuchtungstechnik ist in der Ophthalmologie zur Untersuchung der transparenten Medien der vorderen Augenabschnitte unabdingbar. Verwendet werden dafür in erster Linie Spaltlampen und Scheimpflug-Kameras. Weiterhin werden Spaltprojektionen zur Vermessung von Abständen im vorderen Augenabschnitt benutzt, beispielsweise zur Bestimmung der Vorderkammertiefe gemäß DE198 57 000 A1.

Die Spaltlampe ist ein medizinisches Untersuchungsgerät, mit dem der Augenarzt oder der Augenoptiker die Augen stereoskopisch bzw. räumlich betrachten kann. Dieses optische Gerät bietet dem Nutzer die Möglichkeit, einen scharf begrenzten spaltförmigen Lichtstrahl, der in seiner Breite einstellbar ist, auf das zu untersuchende Auge zu projizieren. Gleichzeitig hat der Untersucher die Möglichkeit, diese Projektion und damit gleichzeitig das Auge durch ein Auflichtmikroskop zu betrachten. Die Vergrößerung des Mikroskops ist bei den meisten Geräten variabel und reicht üblicherweise von 6- bis zu 30-facher Vergrößerung.

Mit der Spaltlampe wird der vordere Augenbereich mit Linse, Hornhaut und vorderer Augenkammer betrachtet. Durch Pupillenerweiterung wird es möglich, Netzhaut oder Hornhautrückfläche zu sehen.

Während bei einer Spaltlampe die Beleuchtung des Auges mittels der Spaltabbildung seitlich und die Beobachtung von vorn erfolgt, wird das Auge bei einer Scheimpflug-Kamera von vorn mit der Spaltabbildung beleuchtet und das beleuchtete Auge seitlich aufgenommen.

Gemäß der Scheimpflug-Bedingung erfolgt eine scharfe Abbildung nur dann, wenn die Bild-, Objektiv- und Schärfeebene entweder parallel zueinander liegen (einfache Fotokamera) oder aber sich in einer gemeinsamen Schnittgeraden schneiden.

Da bei einer Beleuchtung des Auges mit der Spaltabbildung von vorn und seitlich aufgenommen Abbildern des beleuchteten Auges liegen Bild-, Objektiv- und Schärfeebene nicht parallel zueinander, so dass eine in allen Bereichen scharfe Abbildung des beleuchteten Auges nur dann realisiert werden kann, wenn die Filmebene entsprechend der Scheimpflug-Bedingung verkippt wird, so dass sich Bild-, Objektiv- und Schärfeebene in einer gemeinsamen Schnittgeraden schneiden.

Nach dem bekannten Stand der Technik sind zur Augenuntersuchung mittels einer Scheimpflug-Kamera oder einer Spaltlampe zahlreiche Lösungen bekannt.

In EP 1 430 829 B1 wird eine ophthalmologische Messvorrichtung beschrieben, welche mittels eines Lichtprojektors ein Strahlenbündel (z. B. in Form eines Lichtspaltes) durch die Hornhaut eines Auges projiziert. Die beschriebene Vorrichtung erfasst jeweils zusätzlich zum in Scheimpflug-Anordnung erfassten Querschnittsabbild des beleuchteten Querschnittsteils ein Ansichtabbild des Auges, das ein Abbild des beleuchteten Querschnittsteils umfasst. Auf der Basis des Ansichtabbilds bestimmt die Vorrichtung die relative Position des gespeicherten Querschnittsabbilds zum Auge und ermöglicht dadurch eine zusammenhängende (z. B. topografische) Untersuchung der Hornhaut bzw. des

gesamten Auges, wobei Relativbewegungen des Auges zur Vorrichtung berücksichtigt werden.

Die Vorrichtung nach EP 1 430 829 B1 ermöglicht die Erfassung von Messdaten für die Bestimmung geometrischer Augenparameter wie Hornhaut-Topografie oder Hornhautdicke. Das beschriebene Messsystem liefert jedoch keine ausreichenden Daten für die Bestimmung von optischen Eigenschaften des Auges, insbesondere von optischen Eigenschaften der Augenlinse.

In der Patentschrift US 5,512,965 wird eine modifizierte Spaltlampe beschrieben, mit welcher ein dreidimensionaler Ausdruck der Hornhautoberfläche und der jeweiligen lokalen Hornhautdicke erzeugt werden kann. Die beschriebene Lösung umfasst eine modifizierte Spaltlampe, deren Projektionsschlitz zur Verbesserung der Tiefenschärfe gebogen ist und von einem Steuermechanismus über das Auge bewegt wird. Von einer Fernsehkamera mit dazugehörender Steuereinheit werden die aufgenommenen Fernsehbilder ausgewählt und quantifiziert.

Da die Brechung der in die Hornhaut einfallenden Strahlen der Lichtschnitte bekannterweise von der lokalen Oberflächenneigung der Hornhaut abhängt, muss bei der beschriebenen Lösung zur Bestimmung der Hornhautdicke die Neigung der Hornhaut mit einem zusätzlichen Messaufwand gemessen werden.

Das Verfahren erfordert zudem bei jeder Messung eine aufwendige Kalibrierung, da sich der Beleuchtungswinkel, der Beobachtungswinkel sowie der Objektabstand dauernd ändern. Bedingt durch den hohen gerätetechnischen Aufwand kann die Lösung nicht bei liegenden Patienten, beispielsweise im Operationssaal, eingesetzt werden.

Eine Anordnung zur Erzeugung von Schnittbildern in transparenten Medien ist in der Schrift DE 101 55 464 A1 beschrieben, wobei die Parameter des Schnitt-

bündels variabel sind, insbesondere hinsichtlich Einfallswinkel, Abmessungen, Intensität und spektraler Zusammensetzung. Aus der Form, Lage und Intensität des Streulichtes des so erzeugten Schnittbildes können Rückschlüsse auf das zu untersuchende Objekt gewonnen werden.

Die zu lösende Aufgabe bestand hierbei darin, die für eine hohe optische Detailauflösung innerhalb des optischen Schnittes erforderlichen variablen und möglichst geringen Spaltbreiten bei einer hohen Reproduzierbarkeit zu realisieren.

Da es sich bei der Spaltbildprojektion um eine optische Abbildung mit physikalisch begrenzter Schärfentiefe handelt, muss die Abbildung immer streng auf den Ort der Untersuchung fokussiert werden. Ein in der gesamten Ausdehnung des menschlichen Auges scharfes Schnittbündel lässt sich mit den bisher genannten Lösungen nicht erzielen. Eine Verbesserung der Verhältnisse kann zwar mit einer Anordnung nach dem Scheimpflug-Prinzip erreicht werden, jedoch ist der technische Aufwand dafür entsprechend größer.

In den Patentschriften US 5,404,884; US 5,139,022 und US 6,275,718 sind Verfahren und Anordnungen zur Beleuchtung der vorderen Augensegmente beschrieben, bei denen als Lichtquelle ein planar konfigurierter Laser verwendet wird. Nachteilig bei diesen Lösungen sind jedoch unter Umständen die eingeschränkte Variabilität der Spaltabmessungen, die verwendete Wellenlänge der Laserquellen und die fehlende Möglichkeit zur Erzeugung von Mehrfachspaltprojektionen. Die beschriebenen Anordnungen sind keine Spaltlampengeräte, die im normalen Diagnosebetrieb genutzt werden. Weiterhin hat das Aufnahmesystem für das Streulicht vom Auge eine physikalisch begrenzte Schärfentiefe, die den Ausdehnungsbereich des scharfen Laser-Schnittbildes nicht vollständig erfassen kann.

Die nach dem Stand der Technik bekannten technischen Lösungen haben den Nachteil, dass zur Beleuchtung in großem Maße Lichtanteile verwendet wer-

den, die nicht oder nur ineffizient detektiert werden können. Auf Grund von Mehrfachstreuungen und –reflexionen an verschiedenen Strukturen und Flächen des Auges ist weiterhin der Anteil von Störlicht problematisch. Dieses Störlicht führt außer zu einer unnötig hohen Lichtbelastung des Patienten zu schlechten Signalverhältnissen und reduzierter Ortsauflösung, was die Detektion und insbesondere auch die Auswertung erschwert.

Ein Augenfotografiergerät mit einer Korrektureinrichtung zum korrigieren der Bilddichte der zu speichernden bzw. anzuzeigenden Bilder eines Auges wird in der DE 42 21 038 A1 beschrieben. Dabei sollen Bilder gleicher Bilddichte, und zwar unabhängig von der Menge des von der Aufnahmelichtquelle ausgesandten Lichtes erzeugt werden. Dazu wird das Licht der Aufnahmelichtquelle detektiert und die Dichte der gespeicherten Bilddaten zur Aufrechterhaltung einer konstanten Bilddichte entsprechend korrigiert, wobei die Korrektur durch Vergleich mit Referenzdaten erfolgt. Um zu gewährleisten, dass ausschließlich das von den Augesegmenten gestreute Licht auf den Bildsensor fällt, verfügt die Anordnung über einen Polarisationsfilter sowie einen Polarisationsstrahlenteiler, die den Einfall des Beleuchtungslichts auf den Bildsensor verhindern sollen.

Die in der US 4,711,541 A beschriebene Spaltlampe besteht neben einem Spaltlicht-Projekttor und einem Augenmikroskop zur Beobachtung der beleuchteten Augensegmente aus einem optischen Aufnahmegerät zur Aufnahme der mit dem Spalt beleuchteten Augenabschnitte. Im Weiteren wird hierbei davon ausgegangen, dass der direkte Korneareflex (Oberfläche) bei polarisierter Beleuchtung weiter polarisiert bleibt und sich so vom unpolarisierten Licht, das von der Retina (unter kleinen Winkeln) rückgestreut wird, unterscheidet. Deshalb werden die Analysatoren zur Selektion des reflektierten Lichtes aus den Bereichen "Kornea" oder "Retina" benutzt. Von einer polarisationsunabhängige Rückstreuung kann allerdings nur für kleine Winkel ausgegangen werden. Die beschriebene Anordnung stellt somit weder eine breit einsetzbare Lösung dar, noch können damit Spaltbilder transparenter Medien, insbesondere im Auge für die Aufnahme bzw. Auswertung optimiert werden.

Literatur:

[1] Sentenac, A.; Guérin, C.-A.; Chaumet, P. C. et al; „Influence of multiple scattering on the resolution of an imaging system: a Cramér-Rao analysis"; Optics Express, Vol. 15 Issue 3, pp.1340-1347 (2007)

[2] Guillaumée, M.; Liley, M.; Pugin, R.; Stanley, R. P.; "Scattering of light by a single layer of randomly packed dielectric microspheres giving color effects in transmission"; Opt. Express 16, 1440-1447 (2008)

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde die Aufnahme und Auswertung von Spaltbildern bei der Untersuchung optisch transparenter Medien, insbesondere im Auge dahingehend zu verbessern, dass das Signalverhältnis optimiert und dadurch die Lichtbelastung der Probe und insbesondere des Auges wesentlich verringert wird.

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

Die erfindungsgemäße Anordnung zur Aufnahme und Auswertung von Spaltbildern überwiegend transparenter Medien insbesondere im Auge besteht aus einem Beleuchtungsstrahlengang mit einer Beleuchtungsquelle zur Erzeugung einer Spaltbeleuchtung und einem Auswertungsstrahlengang mit einer Detektionseinrichtung, sowie einer Steuer- und Auswerteeinheit, die sowohl Verbindungen zur Beleuchtungsquelle, als auch zur Detektionseinrichtung aufweist.

Zur Erzielung einer möglichst effizienten Streuung des Beleuchtungslichtes an den abzubildenden Strukturen in Richtung der Detektionseinrichtung sind im Beleuchtungsstrahlengang und/oder im Auswertungsstrahlengang Mittel zur

Optimierung der Streuungsverhältnisse vorhanden, wobei diese Mittel über eine Vorrichtung zur Veränderung der Beleuchtungsverhältnisse bzw. Selektion der Detektionsverhältnisse verfügen. Dabei können die vorhandenen Mittel zur Optimierung der Streuungsverhältnisse das Beleuchtungslicht bzw. die Streulichtanteile hinsichtlich dessen Polarisationszustand und/oder Wellenlänge Variieren bzw. Selektieren.

Die erfindungsgemäße technische Lösung zur Aufnahme und Auswertung von Spaltbildern ist zur Untersuchung optisch, überwiegend transparenter Medien vorgesehen. Eine spezielle Anwendung stellt dabei die Aufnahme und Auswertung von Spaltbildern optisch transparenter Medien im Auge dar. Hierbei ist die Lösung sowohl für Spaltlampen als auch für Scheimpflug-Kameras geeignet.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen näher beschrieben.

Die erfindungsgemäße Anordnung zur Aufnahme und Auswertung von Spaltbildern überwiegend transparenter Medien insbesondere im Auge besteht mindestens aus einem Beleuchtungsstrahlengang mit einer Beleuchtungsquelle zur Erzeugung einer Spaltbeleuchtung und einem Auswertungsstrahlengang mit einer Detektionseinrichtung, sowie einer Steuer- und Auswerteeinheit, die sowohl Verbindungen zur Beleuchtungsquelle, als auch zur Detektionseinrichtung aufweist.

Zur Erzielung einer effizienten Streuung des Beleuchtungslichtes an den abzubildenden Strukturen in Richtung der Detektionseinrichtung sind im Beleuchtungsstrahlengang und/oder im Auswertungsstrahlengang Mittel zur Optimierung der Streuungsverhältnisse vorhanden, die über eine Vorrichtung zur Veränderung der Beleuchtungsverhältnisse verfügen.

Hierbei ist unter Optimierung der Streuungsverhältnisse sowohl die Beeinflussung der Streuung an den streuenden Strukturen, als auch die Übertragung der zu optimierenden Streusignale bis zum Detektor zu verstehen.

Als Mittel zur Optimierung der Streuungsverhältnisse im Beleuchtungsstrahlengang kann sowohl eine Polarisationseinheit zur Veränderung des Polarisationszustandes, als auch eine Vorrichtung zur Veränderung der Wellenlänge des Beleuchtungslichtes vorhanden sein, die wahlweise einzeln oder zusammen verwendet werden. Es ist aber auch möglich, dass die im Beleuchtungsstrahlengang vorhandene Beleuchtungsquelle selbst Beleuchtungslicht mit unterschiedlichen, einstellbaren Polarisationszuständen oder Beleuchtungslicht mit breitbandiger oder unterschiedlichen, einstellbaren Wellenlängen ausstrahlt.

Als Mittel zur Optimierung der Streuungsverhältnisse im Auswertungsstrahlengang kann sowohl ein Analysator, zur Unterdrückung ein- oder mehrfach gestreuter Lichtanteile und/oder ein wellenlängenselektives Filter, zur Unterdrückung von Störlicht vorhanden sein, die über Vorrichtung zur gezielten Selektion der zu detektierenden Lichtanteile verfügen.

In einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung werden als Mittel zur Optimierung der Streuungsverhältnisse eine breitbandig abstrahlende Beleuchtungsquelle mit einem im Auswertungsstrahlengang angeordneten wellenlängenselektiven Filter kombiniert. Dadurch kann Störlicht und insbesondere Umgebungslicht effektiv unterdrückt werden. Zur effektiven Unterdrückung von Umgebungslicht können wellenlängenselektive Filter auch mit anderen Kombinationen von Mitteln zur Optimierung der Streuungsverhältnisse kombiniert werden.

Aus der Literatur ist bekannt, dass mehrfach gestreutes Licht die Ortsauflösung eines abbildenden Systems verringern kann [1] und dass die Streuung an und Transmission durch bestimmte, aber immer noch zufällig angeordnete, streuende Strukturen und Partikel winkel- und wellenlängenabhängig sind [2].

Somit können durch Auswahl einer oder mehrerer bestimmter Wellenlängen die Streuungsverhältnisse dahingehend optimiert werden, dass eine effizientere Streuung des Beleuchtungslichtes an den abzubildenden Strukturen in Richtung der Detektionseinrichtung erfolgt. Umgekehrt ist es natürlich auch möglich durch die Auswahl ein oder mehrerer bestimmter Wellenlängen die Streuungsverhältnisse dahingehend zu optimieren, dass keine effiziente Streuung des Beleuchtungslichtes an den abzubildenden Strukturen in Richtung der Detektionseinrichtung erfolgt.

Bei Anwendung der Polarisationseinheit zur Optimierung der Streuverhältnisse am vorderen Abschnitt des Auges ist zu beachten, dass bekanntermaßen die Hornhautdoppelbrechung den Polarisationszustand des einfallenden Lichtes prinzipiell verändern kann. Da die doppelbrechenden Strukturen im Allgemeinen aber radialsymmetrisch zum Apex der Hornhaut orientiert sind, bleibt der Polarisationszustand von im Bezug zur Hornhautfläche einfallendem s- oder p-polarisiertem Licht aber überwiegend erhalten.

In Abhängigkeit der zu lösenden Aufgabe wird der Polarisationszustand der Spaltbeleuchtung von der im Beleuchtungsstrahlengang vorhandenen Polarisationseinheit so verändert, dass entweder eine maximale oder eine minimale Streuung des Beleuchtungslichtes an den abzubildenden Strukturen in Richtung der Detektionseinrichtung erfolgt.

Zur Detektion einzelnen Grenzschichten und Strukturen der überwiegend transparenten Medien mit möglichst guter Ortsauflösung ist es wünschenswert, dass nur das Beleuchtungslicht auf die Detektoreinrichtung fällt, welches nur direkt an den abzubildenden Strukturen und somit einfach gestreut wird.

Um eine maximale (Einfach-) Streuung in Richtung der Detektionseinrichtung zu erreichen, wird der Polarisationszustand der Spaltbeleuchtung von der Polarisationseinheit bevorzugt so eingestellt, dass das E-Feld des Beleuchtungslichtes parallel zur Ebene des Spaltes schwingt, insbesondere im Bereich der ab-

zubildenden Zone. Dabei ist der Polarisationszustand insbesondere dort zu optimieren, wo die zu beobachtenden Streuung erfolgt.

Es kann auch vorteilhaft sein ausschließlich oder überwiegend nur das Beleuchtungslicht auf die Detektoreinrichtung fallen zu lassen, welches nicht direkt an den abzubildenden Strukturen, sondern mehrfach gestreut wurde. Die Stärke und Richtung des mehrfach gestreuten Lichtanteils, insbesondere im Verhältnis zum einfach gestreuten Lichtanteil und in Abhängigkeit von der Wellenlänge, hängt wesentlich von Art, Abstand und Orientierung der streuenden Partikel oder Strukturen ab und ist deshalb geeignet Zusatzinformationen über die streuenden Partikel oder Strukturen, sowie ihrer Abstände und Orientierung zu gewinnen. Dies ist beispielsweise der Literatur [2] zu entnehmen.

Da in diesem Fall die (Einfach-) Streuung in Richtung der Detektionseinrichtung zu minimieren ist, wird der Polarisationszustand der Spaltbeleuchtung von der Polarisationseinheit so eingestellt, dass das E-Feld des Beleuchtungslichtes im Bereich der streuenden Strukturen überwiegend in Richtung der Detektionseinrichtung schwingt, insbesondere senkrecht zur Spaltebene schwingt.

Die stärkste Polarisationsabhängigkeit der Streuung wird unter 90° zur Ausbreitungsrichtung des Lichtes erzielt, weshalb dies eine bevorzugte Detektionsrichtung ist.

In Ergänzung zur Optimierung der Streuung in Richtung der Detektionseinrichtung ist es vorteilhaft im Auswertungsstrahlengang vor der Detektionseinrichtung einen entsprechenden Analysator, zur Unterdrückung einfach- bzw. mehrfach gestreuter Lichtanteile anzuordnen. Dadurch wird eine noch bessere Optimierung erreicht.

Vorzugsweise kann die Einstellung des im Auswertungsstrahlengang vor der Detektionseinrichtung angeordneten Analysators entsprechend der Messaufgabe verändert werden.

In einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung findet die erfindungsgemäße Anordnung zur optimierten Aufnahme und Auswertung von Spaltbildern überwiegend transparenter Medien insbesondere im Auge in einer Scheimpflug-Kamera Verwendung. Neben den zuvor genannten Merkmalen verfügt die Scheimpflug-Kamera zusätzlich über eine Dokumentationseinrichtung mit einer automatisierten Bildauswertung zur Gewinnung von Messwerten vom Untersuchungsobjekt.

Dabei ist die im Beleuchtungsstrahlengang angeordnete Polarisationseinheit bzw. die Beleuchtungslicht mit unterschiedlichen, einstellbaren Polarisationszuständen ausstrahlende Beleuchtungsquelle so ausgebildet, dass die Orientierung des E-Feldes des Beleuchtungslichtes auch bei veränderter Ausrichtung der Spaltbeleuchtung oder rotierender Spaltbeleuchtung erhalten bleibt.

Bei einer Scheimpflug-Kamera kann das Beleuchtungslicht für die Spaltprojektion vorzugsweise eine s-Polarisation aufweisen. Dies gilt jedoch nur, wenn der Spalt nicht zu breit ist. Dies hat den Vorteil, dass die s-Polarisation nahezu unproblematisch ist.

Für den Fall, dass die Ränder des Lichtspaltes unscharf abgebildet werden, könnte die Polarisation räumlich und/oder zeitlich variiert werden.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung findet die Anordnung zur optimierten Aufnahme und Auswertung von Spaltbildern überwiegend transparenter Medien insbesondere im Auge in einer Spaltlampe Verwendung.

Neben den zuvor genannten Merkmalen verfügt die Spaltlampe zusätzlich über einen Beobachtungsstrahlengang mit einer optischen Beobachtungseinheit, wobei der Beobachtungsstrahlengang mit dem Auswertungsstrahlengang zusammenfällt. Dabei verfügt die Spaltlampe ebenfalls über eine Dokumentati-

onseinrichtung mit einer automatisierten Bildauswertung zur Gewinnung von Messwerten vom Untersuchungsobjekt.

Um auch bei einer Spaltlampe den Effekt einer effizienten Streuung des Beleuchtungslichtes an den abzubildenden Strukturen in Richtung der Detektionseinrichtung bzw. der Beobachtungseinheit, durch Verwendung der im Beleuchtungsstrahlengang vor der Beleuchtungsquelle angeordneten Polarisationseinheit zu erreichen, ist es günstig, dass der Winkel zwischen Beleuchtungsstrahlengang und Auswertungs- bzw. Beobachtungsstrahlengang genügend groß ist und im Idealfall 90° beträgt. Dabei sollte der polarisationsabhängige Anteil I_e der Einfachstreuung, der ähnlich wie die Dipolcharakteristik mit

$$I_e \sim \sin^2(\beta),$$

beschrieben wird, zur Realisierung eines gut messbaren Kontrastes >10% sein, wobei β der Winkel zwischen Ausbreitungs- und Detektionsrichtung ist. Im Einzelfall kann diese Abhängigkeit zwar noch durch die Charakteristika der streuenden Strukturen modifiziert sein (Partikelgröße und -abstand sowie Vorzugsorientierung), gilt aber überwiegend fort. Soll also beispielsweise ein polarisationsabhängiger Anteil der Einfachstreuung von > 20% erzielt werden, beispielsweise zur Gewinnung eines Mehrfachstreuungskontrastes, so wäre ein Winkel von 26°...54° zu wählen. Für eine Effizienzsteigerung durch Nutzung, beispielsweise eines >50% polarisationsabhängigen Streuanteils, wären Winkel zwischen 45°...135° zu wählen.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zur Aufnahme und Auswertung von Spaltbildern überwiegend transparenter Medien, insbesondere im Auge werden die transparenten Medien bzw. Augen über einen Beleuchtungsstrahlengang mit einer Beleuchtungsquelle zur Erzeugung einer Spaltbeleuchtung beleuchtet und die so erzeugten Streubilder über einen Auswertungsstrahlengang mit einer Detektionseinrichtung aufgenommen und von einer Steuer- und Auswerte-

einheit, die sowohl Verbindungen zur Beleuchtungsquelle, als auch zur Detektionseinrichtung aufweist, ausgewertet.

Von den im Beleuchtungsstrahlengang und/oder im Auswertungsstrahlengang angeordneten Mitteln zur Optimierung der Streuungsverhältnisse werden die Streuverhältnisse dahingehend optimiert, dass eine effiziente Streuung des Beleuchtungslichtes an den abzubildenden Strukturen in Richtung der Detektionseinrichtung erfolgt.

Hierbei ist unter Optimierung der Streuungsverhältnisse sowohl die Beeinflussung der Streuung an den streuenden Strukturen, als auch die Übertragung der zu optimierenden Streusignale bis zum Detektor zu verstehen.

Zur Optimierung der Streuungsverhältnisse kann sowohl eine Polarisationseinheit zur Veränderung des Polarisationszustandes, als auch eine Vorrichtung zur Veränderung der Wellenlänge des Beleuchtungslichtes, die wahlweise einzeln oder zusammen verwendet werden. Es ist aber auch möglich, dass die im Beleuchtungsstrahlengang vorhandene Beleuchtungsquelle selbst Beleuchtungslicht mit unterschiedlichen, einstellbaren Polarisationszuständen, breitbandiges oder Beleuchtungslicht mit unterschiedlichen, einstellbaren Wellenlängen ausstrahlt.

Zur Optimierung der Streuungsverhältnisse im Auswertungsstrahlengang kann sowohl ein Analysator, zur Unterdrückung ein- oder mehrfach gestreuter Lichtanteile und/oder ein wellenlängenselektives Filter, zur Unterdrückung von Störlicht vorhanden sein, die über Vorrichtung zur gezielten Selektion der zu detektierenden Lichtanteile verfügen.

In einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung werden als Mittel zur Optimierung der Streuungsverhältnisse eine breitbandig abstrahlende Beleuchtungsquelle mit einem im Auswertungsstrahlengang angeordneten wellenlängenselektiven Filter kombiniert. Dadurch kann Störlicht und insbesondere Umge-

bungslicht effektiv unterdrückt werden. Zur effektiven Unterdrückung von Umgebungslicht können wellenlängenselektive Filter auch mit anderen Kombinationen von Mitteln zur Optimierung der Streuungsverhältnisse kombiniert werden.

Aus der Literatur ist bekannt, dass mehrfach gestreutes Licht die Ortsauflösung eines abbildenden Systems verringern kann [1] und dass die Streuung an und Transmission durch bestimmte, aber immer noch zufällig angeordnete, streuende Strukturen und Partikel winkel- und wellenlängenabhängig sind [2].

Somit können durch Auswahl einer oder mehrerer bestimmter Wellenlängen die Streuungsverhältnisse dahingehend optimiert werden, dass eine effizientere Streuung des Beleuchtungslichtes an den abzubildenden Strukturen in Richtung der Detektionseinrichtung erfolgt. Umgekehrt ist es natürlich auch möglich durch die Auswahl ein oder mehrerer bestimmter Wellenlängen die Streuungsverhältnisse dahingehend zu optimieren, dass keine effiziente Streuung des Beleuchtungslichtes an den abzubildenden Strukturen in Richtung der Detektionseinrichtung erfolgt.

Bei Anwendung am vorderen Abschnitt des Auges kann bekanntermaßen die Hornhautdoppelbrechung den Polarisationszustand des einfallenden Lichtes prinzipiell verändern. Da die doppelbrechenden Strukturen im Allgemeinen aber radialsymmetrisch zum Apex der Hornhaut orientiert sind, bleibt der Polarisationszustand von einfallendem s- oder p-polarisiertem Licht aber überwiegend erhalten, kann aber auch durch Anpassung des Polarisationszustandes an andere Doppelbrechungsverhältnisse angepasst werden.

In Abhängigkeit der zu lösenden Aufgabe wird der Polarisationszustand der Spaltbeleuchtung von der im Beleuchtungsstrahlengang vorhandenen Polarisationseinheit so verändert, dass entweder eine maximale oder eine minimale Streuung des Beleuchtungslichtes an den abzubildenden Strukturen in Richtung der Detektionseinrichtung erfolgt.

Zur Detektion der einzelnen Grenzschichten der transparenten Medien ist es wünschenswert, dass nur das Beleuchtungslicht auf die Detektoreinrichtung fällt, welches nur an den abzubildenden Strukturen und somit einfach gestreut wird.

Um eine maximale (Einfach-) Streuung in Richtung der Detektionseinrichtung zu erreichen, wird der Polarisationszustand der Spaltbeleuchtung von der Polarisationseinheit so eingestellt, dass das E-Feld des Beleuchtungslichtes zumindest am Ort der Streuung parallel zur Ebene des Spaltes schwingt, insbesondere im Bereich der abzubildenden Zone. Dabei ist der Polarisationszustand insbesondere dort zu optimieren, wo die zu beobachtenden Streuung erfolgt.

Es kann auch vorteilhaft sein ausschließlich oder überwiegend nur das Beleuchtungslicht auf die Detektoreinrichtung fallen zu lassen, welches nicht direkt an den abzubildenden Strukturen, sondern mehrfach gestreut wurde. Die Stärke und Richtung des mehrfach gestreuten Lichtanteils, insbesondere im Verhältnis zum einfach gestreuten Lichtanteil und in Abhängigkeit von der Wellenlänge, hängt wesentlich von der Art, Abstand und Orientierung der streuenden Partikel oder Strukturen ab und ist deshalb geeignet Zusatzinformationen über die streuenden Partikel oder Strukturen, sowie ihrer Abstände und Orientierung zu gewinnen. Da in diesem Fall die (Einfach-) Streuung in Richtung der Detektionseinrichtung zu minimieren ist, wird der Polarisationszustand der Spaltbeleuchtung von der Polarisationseinheit so eingestellt, dass das E-Feld des Beleuchtungslichtes zumindest überwiegend in Richtung der Detektionseinrichtung schwingt. Dabei ist der Polarisationszustand insbesondere dort zu optimieren, wo die zu beobachtenden Streuung erfolgt.

In Ergänzung zur Optimierung der Streuung in Richtung der Detektionseinrichtung ist es vorteilhaft im Auswertungsstrahlengang vor der Detektionseinrichtung einen entsprechenden Analysator, zur Unterdrückung einfach- bzw. mehrfach gestreuter Lichtanteile und im Allgemeinen unpolarisiertem Umgebungslicht, anzuordnen. Dadurch wird eine noch bessere Optimierung erreicht.

Vorzugsweise kann die Einstellung des im Auswertungsstrahlengang vor der Detektionseinrichtung angeordneten Analysators entsprechend der Messaufgabe verändert werden.

Eine mögliche Messaufgabe, die mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung mit Polarisationseinheit und Analysator durchführbar wäre, ist die Vermessung der Doppelbrechung von Augenstrukturen, wie der Hornhaut oder der Kristalllinse.

In einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens zur Aufnahme und Auswertung von Spaltbildern überwiegend transparenter Medien insbesondere im Auge findet zur Realisierung der zuvor beschriebenen Verfahrensschritte eine Scheimpflug-Kamera Verwendung. Zusätzlich werden in einem weiteren Verfahrensschritt von einer vorhandenen Dokumentationseinrichtung mit automatisierter Bildauswertung aus den Signalen der Detektoreinrichtung Messwerte vom Untersuchungsobjekt gewonnen.

Dabei wird von der im Beleuchtungsstrahlengang angeordneten Polarisationseinheit bzw. die, Beleuchtungslicht mit unterschiedlichen, einstellbaren Polarisationszuständen ausstrahlende Beleuchtungsquelle die Orientierung des E-Feldes des Beleuchtungslichtes auch bei veränderter Ausrichtung der Spaltbeleuchtung oder rotierender Spaltbeleuchtung beibehält.

Bei einer Scheimpflug-Kamera kann das Beleuchtungslicht für die Spaltprojektion vorzugsweise eine s-Polarisation aufweisen. Dies gilt jedoch nur, wenn der Spalt nicht zu breit ist. Dies hat den Vorteil, dass die s-Polarisation nahezu unproblematisch ist.

Für den Fall, dass die Ränder des Lichtspaltes unscharf abgebildet werden oder atypische Doppelbrechungsverhältnisse vorliegen (starke, ortsabhängige Doppelbrechung in der Hornhaut), könnte die Polarisation räumlich und/oder zeitlich variiert werden. Letzteres ist insbesondere relevant, wenn eine Vielzahl

von Spaltaufnahmen in verschieden Richtungen erfolgen sollen, oder aber wenn ein Kontrast von Ein- und Mehrfachstreuung in kurzem Zeitabstand realisiert werden soll, beispielsweise um Bewegungsartefakte durch Patientenbewegung zu minimieren.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens zur Aufnahme und Auswertung von Spaltbildern überwiegend transparenter Medien insbesondere im Auge findet zur Anwendung der zuvor beschriebenen Verfahrensschritte einer Spaltlampe Verwendung. Zusätzlich wird das Streulicht in einem weiteren Verfahrensschritt über einen vorhandenen Beobachtungsstrahlengang mit einer optischen Beobachtungseinheit den Augen des Betrachters zugeführt. Auch hier werden in einem weiteren Verfahrensschritt von einer vorhandenen Dokumentationseinrichtung mit automatisierter Bildauswertung aus den Signalen der Detektoreinrichtung Messwerte vom Untersuchungsobjekt gewonnen.

Um auch bei Verwendung einer Spaltlampe den Effekt einer effizienten Streuung des Beleuchtungslichtes an den abzubildenden Strukturen in Richtung der Detektionseinrichtung bzw. der Beobachtungseinheit, durch definierte Polarisation des Beleuchtungslichtes zu erreichen, ist es erforderlich, dass der Winkel zwischen Beleuchtungsstrahlengang und Auswertungs- bzw. Beobachtungsstrahlengang genügend groß ist und im Idealfall 90° beträgt. Dabei sollte der polarisationsabhängige Anteil I_e der Einfachstreuung, der ähnlich wie die Dipolcharakteristik mit

$$I_e \sim \sin^2(\beta),$$

beschrieben wird, zur Realisierung eines gut messbaren Kontrastes >10% sein, wobei β der Winkel zwischen Ausbreitungs- und Detektionsrichtung ist. Im Einzelfall kann diese Abhängigkeit zwar noch durch die Charakteristika der streuenden Strukturen modifiziert sein (Partikelgröße und -abstand sowie Vorzugsorientierung), gilt aber überwiegend fort. Soll also beispielsweise ein polarisationsabhängiger Anteil der Einfachstreuung von > 20% erzielt werden, beispiels-

weise zur Gewinnung eines Mehrfachstreuungskontrastes, so wäre ein Winkel von 26°...154° zu wählen. Für eine Effizienzsteigerung durch Nutzung, beispielsweise eines >50% polarisationsabhängigen Streuanteils, wären Winkel zwischen 45°...135° zu wählen.

Mit der erfindungsgemäßen Anordnung und dem Verfahren zur Aufnahme und Auswertung von Spaltbildern transparenter Medien insbesondere im Auge wird eine Lösung zur Verfügung gestellt, mit der insbesondere eine optimiert Aufnahme und Auswertung derartiger Spaltbilder erfolgen kann.

Dies wird dadurch erreicht, dass im Beleuchtungsstrahlengang vor der Beleuchtungsquelle eine Polarisationseinheit angeordnet ist, die eine effiziente Streuung des Beleuchtungslichtes an den abzubildenden Strukturen in Richtung der Detektionseinrichtung dadurch realisiert, dass von der Polarisationseinheit dem Beleuchtungslicht definierte Polarisationszustände zugewiesen werden.

Dabei wird berücksichtigt wird, dass die primäre Streuung von Licht letztendlich immer eine Wechselwirkung von transversal polarisierter Strahlung mit oszillierenden Dipolen darstellt und somit der Dipolabstrahlcharakteristik sehr ähnlich ist. Deshalb folgt die Streuintensität überwiegend der $\sin^2(\alpha)$ Dipolcharakteristik, wobei hier α der Winkel zwischen Ausrichtung der durch das schwingende elektrische Feld induzierten Dipole und der Abstrahlrichtung des Streulichtes ist.

So werden beispielsweise in Richtung des Polarisationsvektors (Schwingungsrichtung des E-Feldes) keine Einfachstreuungen auftreten. Das bedeutet insbesondere, dass bei Einstrahlung von unpolarisiertem Licht, unter genau 90° zur Ausbreitungsrichtung nur der linear polarisierte Lichtanteil abgestrahlt werden kann, welcher eine Transversalkomponente zur Streurichtung aufweist.

In der erfindungsgemäßen Lösung wird davon ausgegangen, dass die Rückstreuung der Vorderkammerstrukturen unter großen Streuwinkeln polarisati-

onsabhängig ist. Da das rückgestreute Licht dabei auch eine Vorzugspolarisation aufweist, kann diese für die Optimierung der Aufnahme und Auswertung von Spaltbildern verwendet werden. Das Beleuchtungslicht wird dabei vorzugsweise so polarisiert, dass das einfach gestreute Licht möglichst effizient in die Detektionseinrichtung gelangt.

In Ergänzung dessen können die Spaltbilder weiter optimiert werden, indem durch zusätzliche Anordnung eines entsprechend orientierten Analysators vor der Detektionseinrichtung mehrfach gestreutes Licht, welches dann zufällig polarisiert ist zu unterdrücken. Auch wird unpolarisiertes Umgebungslicht zusätzlich unterdrückt.

Selbstverständlich ist es aber auch möglich das Beleuchtungslicht vorzugsweise so zu polarisieren, so dass das mehrfach gestreute Licht möglichst effizient in die Detektionseinrichtung gelangt. Dies kann durch die zusätzliche Anordnung eines entsprechend orientierten Analysators vor der Detektionseinrichtung, zur Unterdrückung des einfach gestreuten Lichtes wiederum verstärkt werden.

Die Detektion von einfach gestreutem Licht ist dabei insbesondere für die ortsaufgelöste Abbildung der Grenzschichten der Augensegmente in der Biometrie von Interesse, wobei die Messergebnisse durch Unterdrückung von einfach gestreutem Licht erheblich verbessert werden können.

Durch die Detektion von mehrfach gestreutem Licht lassen sich aus dem Verhältnis zwischen Einfach- und Mehrfachstreuungen Rückschlüsse auf Abmessungen, Dichte und Orientierung streuender Partikel, wie beispielsweise Proteine o. a. im Kammerwasser oder in der Kristalllinse, gewinnen.

Patentansprüche

1. Anordnung zur Aufnahme und Auswertung von Spaltbildern überwiegend transparenter Medien, insbesondere im Auge, mindestens bestehend aus einem Beleuchtungsstrahlengang mit einer Beleuchtungsquelle zur Erzeugung einer Spaltbeleuchtung und einem Auswertungsstrahlengang mit einer Detektionseinrichtung, sowie einer Steuer- und Auswerteeinheit, die sowohl Verbindungen zur Beleuchtungsquelle, als auch zur Detektionseinrichtung aufweist, **dadurch gekennzeichnet,** dass im Beleuchtungsstrahlengang und/oder im Auswertungsstrahlengang Mittel zur Optimierung der Streuungsverhältnisse und/oder Streuungsdetektion vorhanden sind, wobei diese Mittel über eine Vorrichtung zur Veränderung der Beleuchtungsverhältnisse verfügen.

2. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die im Beleuchtungsstrahlengang vorhandenen Mittel zur Optimierung der Streuungsverhältnisse eine Polarisationseinheit zur Veränderung des Polarisationszustandes des Beleuchtungslichtes ist.

3. Anordnung nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, dass die im Beleuchtungsstrahlengang vorhandene Beleuchtungsquelle Beleuchtungslicht mit unterschiedlichen, einstellbaren Polarisationszuständen ausstrahlt.

4. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die im Beleuchtungsstrahlengang vorhandenen Mittel zur Optimierung der Streuungsverhältnisse eine Vorrichtung zur Veränderung der Wellenlänge des Beleuchtungslichtes ist.

5. Anordnung nach Anspruch 1 und 4, dadurch gekennzeichnet, dass die im Beleuchtungsstrahlengang vorhandene Beleuchtungsquelle Beleuchtungs-

licht mit unterschiedlichen, einstellbaren Wellenlängen ausstrahlt.

6. Anordnung nach mindestens einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass im Beleuchtungsstrahlengang sowohl eine Polarisationseinheit als auch eine Vorrichtung zur Veränderung der Wellenlänge als Mittel zur Optimierung der Streuungsverhältnisse vorhanden sind, die wahlweise einzeln oder zusammen verwendet werden.

7. Anordnung nach mindestens einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die im Beleuchtungsstrahlengang vorhandene Beleuchtungsquelle Beleuchtungslicht sowohl mit unterschiedlichen, einstellbaren Polarisationszuständen als auch breitbandig oder mit unterschiedlichen, einstellbaren Wellenlängen ausstrahlt.

8. Anordnung nach mindestens einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Polarisationseinheit im Beleuchtungsstrahlengang, zur Erzielung einer maximalen Streuung des Beleuchtungslichtes an den abzubildenden Strukturen in Richtung der Detektionseinrichtung, so eingestellt ist, dass das E-Feld des Beleuchtungslichtes mindestens im Bereich der zu untersuchenden streuenden Strukturen parallel zur Ebene des Spaltes schwingt.

9. Anordnung nach mindestens einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Polarisationseinheit im Beleuchtungsstrahlengang, zur Erzielung einer minimalen Streuung des Beleuchtungslichtes an den abzubildenden Strukturen in Richtung der Detektionseinrichtung, so eingestellt ist, dass das E-Feld des Beleuchtungslichtes zumindest überwiegend in Richtung der Detektionseinrichtung schwingt.

10. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die im Auswertungsstrahlengang vorhandenen Mittel zur Optimierung der Streuungsverhältnisse ein Analysator, zur Unterdrückung ein- oder mehrfach gestreu-

ter Lichtanteile und/oder ein wellenlängenselektives Filter, zur Unterdrückung von Störlicht angeordnet ist.

11. Anordnung nach mindestens einem der Ansprüche 1 und 10, dadurch gekennzeichnet, dass die im Auswertungsstrahlengang vorhandenen Mittel zur Optimierung der Streuungsverhältnisse über Vorrichtung zur gezielten Selektion der zu detektierenden Lichtanteile verfügen.

12. Anordnung nach mindestens einem der Ansprüche 1,10 und 11, dadurch gekennzeichnet, dass das im Auswertungsstrahlengang vorhandene, wellenlängenselektive Filter, zur gezielten Selektion der zu detektierenden Lichtanteile, mit einer im Beleuchtungsstrahlengang vorhandenen, breitbandiges Beleuchtungslicht ausstrahlenden Beleuchtungsquelle kombiniert wird.

13. Anordnung zur optimierten Aufnahme und Auswertung von Spaltbildern überwiegend transparenter Medien insbesondere im Auge, in einer Scheimpflug-Kamera, dadurch gekennzeichnet, dass neben den Merkmalen nach den Ansprüchen 1 bis 11 zusätzliche Dokumentationseinrichtungen mit einer automatisierten Bildauswertung zur Gewinnung von Messwerten vom Untersuchungsobjekt vorhanden sind.

14. Anordnung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Polarisationseinheit bzw. die Beleuchtungslicht mit unterschiedlichen, einstellbaren Polarisationszuständen ausstrahlende Beleuchtungsquelle so ausgebildet sind, dass die Orientierung des E-Feldes des Beleuchtungslichtes auch bei veränderter Ausrichtung der Spaltbeleuchtung oder rotierender Spaltbeleuchtung erhalten bleibt.

15. Anordnung zur optimierten Aufnahme und Auswertung von Spaltbildern überwiegend transparenter Medien insbesondere im Auge, in einer Spalt-

lampe, dadurch gekennzeichnet, dass neben den Merkmalen nach den Ansprüchen 1 bis 12 ein Beobachtungsstrahlengang mit einer optischen Beobachtungseinheit vorhanden ist, wobei der Beobachtungsstrahlengang mit dem Auswertungsstrahlengang zusammenfällt, dass zusätzliche Dokumentationseinrichtungen mit einer automatisierten Bildauswertung zur Gewinnung von Messwerten vom Untersuchungsobjekt vorhanden sind.

16. Anordnung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass der Winkel zwischen Beleuchtungsstrahlengang und Auswertungs- bzw. Beobachtungsstrahlengang genügend groß ist und im Idealfall 90° beträgt und der polarisationsabhängige Anteil I_e der Einfachstreuung, der annähernd mit

$$\sin^2(\beta)$$

beschrieben wird, zur Realisierung eines gut messbaren Kontrastes >10% ist, wobei β der Winkel zwischen Ausbreitungs- und Detektionsrichtung ist.

17. Verfahren zur Aufnahme und Auswertung von Spaltbildern überwiegend transparenter Medien, insbesondere im Auge, bei dem die transparenten Medien bzw. Augen über einen Beleuchtungsstrahlengang von einer Beleuchtungsquelle mit einer Spaltbeleuchtung beleuchtet und die so erzeugten Streubilder über einen Auswertungsstrahlengang mit einer Detektionseinrichtung aufgenommen und von einer Steuer- und Auswerteeinheit, die sowohl Verbindungen zur Beleuchtungsquelle, als auch zur Detektionseinrichtung aufweist, ausgewertet werden **dadurch gekennzeichnet,** dass die von der Beleuchtungsquelle erzeugte Spaltbeleuchtung durch, im Beleuchtungsstrahlengang und/oder im Auswertungsstrahlengang vorhandene Mittel zur Optimierung der Streuungsverhältnisse so verändert wird, dass eine effiziente Streuung des Beleuchtungslichtes an den abzubildenden Strukturen erfolgt.

18. Verfahren nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass im Beleuchtungsstrahlengang als Mittel zur Optimierung der Streuungsverhältnisse eine Polarisationseinheit zur Veränderung des Polarisationszustandes des Beleuchtungslichtes verwendet wird.

19. Verfahren nach den Ansprüchen 17 und 18, dadurch gekennzeichnet, dass die im Beleuchtungsstrahlengang vorhandene Beleuchtungsquelle Beleuchtungslicht mit unterschiedlichen, einstellbaren Polarisationszuständen ausstrahlt.

20. Verfahren nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass im Beleuchtungsstrahlengang als Mittel zur Optimierung der Streuungsverhältnisse eine Vorrichtung zur Veränderung der Wellenlänge des Beleuchtungslichtes verwendet wird.

21. Verfahren nach den Ansprüchen 17 und 20, dadurch gekennzeichnet, dass die im Beleuchtungsstrahlengang vorhandene Beleuchtungsquelle selbst Beleuchtungslicht mit unterschiedlichen, einstellbaren Wellenlängen ausstrahlt.

22. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 17 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass im Beleuchtungsstrahlengang als Mittel zur Optimierung der Streuungsverhältnisse sowohl eine Polarisationseinheit als auch eine Vorrichtung zur Veränderung der Wellenlänge, wahlweise einzeln oder zusammen verwendet werden.

23. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 17 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass die im Beleuchtungsstrahlengang vorhandene Beleuchtungsquelle selbst Beleuchtungslicht sowohl mit unterschiedlichen, einstellbaren Polarisationszuständen als auch mit unterschiedlichen, einstellbaren Wellenlängen ausstrahlt.

24. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 17 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass das Beleuchtungslicht von der Polarisationseinheit, zur Erzielung einer maximalen Streuung an den abzubildenden Strukturen in Richtung der Detektionseinrichtung so polarisiert wird, dass das E-Feld des Beleuchtungslichtes mindestens im Bereich der zu untersuchenden streuenden Strukturen parallel zur Ebene des Spaltes schwingt.

25. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 17 bis 24, dadurch gekennzeichnet, dass das Beleuchtungslicht von der Polarisationseinheit zur Erzielung einer minimalen Streuung an den abzubildenden Strukturen in Richtung der Detektionseinrichtung so polarisiert wird, dass das E-Feld des Beleuchtungslichtes zumindest überwiegend in Richtung der Detektionseinrichtung schwingt.

26. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 17 bis 25, dadurch gekennzeichnet, dass von den im Auswertungsstrahlengang vorhandenen Mittel zur Optimierung der Streuungsverhältnisse durch einen Analysator ein- oder mehrfach gestreuter Lichtanteile und/oder ein wellenlängenselektives Filter Störlichtanteile unterdrückt werden.

27. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 17 bis 26, dadurch gekennzeichnet, dass von den im Auswertungsstrahlengang vorhandenen Mitteln zur Optimierung der Streuungsverhältnisse die zu detektierenden Lichtanteile gezielt selektiert werden.

28. Anordnung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass das im Auswertungsstrahlengang vorhandene wellenlängenselektive Filter, zur gezielten Selektion der zu detektierenden Lichtanteile, mit einer im Beleuchtungsstrahlengang vorhandenen, breitbandiges Beleuchtungslicht ausstrahlenden Beleuchtungsquelle kombiniert wird.

29. Verfahren zur Aufnahme und Auswertung von Spaltbildern überwiegend transparenter Medien insbesondere im Auge, dadurch gekennzeichnet, dass zur Realisierung der Verfahrensschritte nach den Ansprüchen 16 bis 26 eine Scheimpflug-Kamera Verwendung findet, wobei aus den Signalen der Detektoreinrichtung von einer weiterhin vorhandenen Dokumentationseinrichtung mit automatisierte Bildauswertung Messwerte vom Untersuchungsobjekt gewonnen werden.

30. Verfahren nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, dass die Polarisationseinheit bzw. die, Beleuchtungslicht mit unterschiedlichen, einstellbaren Polarisationszuständen ausstrahlende Beleuchtungsquelle die Orientierung des E-Feldes des Beleuchtungslichtes auch bei veränderter Ausrichtung der Spaltbeleuchtung oder rotierender Spaltbeleuchtung beibehält.

31. Verfahren zur optimierten Aufnahme und Auswertung von Spaltbildern überwiegend transparenter Medien insbesondere im Auge, dadurch gekennzeichnet, dass zur Realisierung der Verfahrensschritte nach den Ansprüchen 16 bis 26 eine Spaltlampe Verwendung findet, wobei
das Streulicht über einen zusätzlich vorhandenen Beobachtungsstrahlengang mit einer optischen Beobachtungseinheit betrachtet werden kann und aus den Signalen der Detektoreinrichtung von einer weiterhin vorhandenen Dokumentationseinrichtung mit automatisierte Bildauswertung Messwerte vom Untersuchungsobjekt gewonnen werden.

32. Verfahren nach Anspruch 29, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen Beleuchtungsstrahlengang und Auswertungs- bzw. Beobachtungsstrahlengang ein genügend großer Winkel, im Idealfall von 90° zu wählen ist und der polarisationsabhängige Anteil I_e der Einfachstreuung, der annähernd mit

$$\sin^2(\beta)$$

beschrieben wird, zur Realisierung eines gut messbaren Kontrastes >10% ist, wobei β der Winkel zwischen Ausbreitungs- und Detektionsrichtung ist.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2009/007094

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. A61B3/117 A61B3/15

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	US 4 711 541 A (YOSHINO HISAKAZU [JP] ET AL) 8 December 1987 (1987-12-08) cited in the application	1-3, 8-11,13, 15-19, 24-27, 29-32
Y	column 3, line 40 - column 6, line 39 figure 1	4-7, 20-23
X	EP 0 513 970 A2 (KOWA CO [JP] KOWA CO [GB]) 19 November 1992 (1992-11-19)	1-3,8-9, 15-19, 24-25,31
Y	abstract column 4, line 39 - column 5, line 48 figure 2	4-7, 20-23

-/--

[X] Further documents are listed in the continuation of Box C.

[X] 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	Date of mailing of the international search report
20 November 2009	04/12/2009

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

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2009/007094

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 360 397 A1 (KOWA CO [JP]) 28 March 1990 (1990-03-28)	1-3,8-9, 11, 17-19, 24-25, 27,30
Y	column 4, line 26 - column 5, line 53 figure 1	4-7,12, 14, 20-23,28
Y	US 2008/111972 A1 (BARTH ROLAND [DE] ET AL) 15 May 2008 (2008-05-15) paragraphs [0073] - [0075]	4-7,12, 14, 20-23,28

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/EP2009/007094

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 4711541 A	08-12-1987	NONE	
EP 0513970 A2	19-11-1992	JP 4336028 A	24-11-1992
		US 5355186 A	11-10-1994
EP 0360397 A1	28-03-1990	DE 68915093 D1	09-06-1994
		DE 68915093 T2	15-09-1994
		JP 2077228 A	16-03-1990
		US 5013146 A	07-05-1991
US 2008111972 A1	15-05-2008	NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2009/007094

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. A61B3/117 A61B3/15

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, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 4 711 541 A (YOSHINO HISAKAZU [JP] ET AL) 8. Dezember 1987 (1987-12-08) in der Anmeldung erwähnt	1-3, 8-11,13, 15-19, 24-27, 29-32
Y	Spalte 3, Zeile 40 - Spalte 6, Zeile 39 Abbildung 1	4-7, 20-23
X	EP 0 513 970 A2 (KOWA CO [JP] KOWA CO [GB]) 19. November 1992 (1992-11-19)	1-3,8-9, 15-19, 24-25,31
Y	Zusammenfassung Spalte 4, Zeile 39 - Spalte 5, Zeile 48 Abbildung 2	4-7, 20-23

-/--

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

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

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
20. November 2009	04/12/2009

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL – 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Willig, Hendrik

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2009/007094

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 0 360 397 A1 (KOWA CO [JP]) 28. März 1990 (1990-03-28) Spalte 4, Zeile 26 - Spalte 5, Zeile 53 Abbildung 1	1-3,8-9, 11, 17-19, 24-25, 27,30
Y		4-7,12, 14, 20-23,28
Y	US 2008/111972 A1 (BARTH ROLAND [DE] ET AL) 15. Mai 2008 (2008-05-15) Absätze [0073] - [0075]	4-7,12, 14, 20-23,28

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2009/007094

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 4711541 A	08-12-1987	KEINE	
EP 0513970 A2	19-11-1992	JP 4336028 A	24-11-1992
		US 5355186 A	11-10-1994
EP 0360397 A1	28-03-1990	DE 68915093 D1	09-06-1994
		DE 68915093 T2	15-09-1994
		JP 2077228 A	16-03-1990
		US 5013146 A	07-05-1991
US 2008111972 A1	15-05-2008	KEINE	