(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
13. August 2009 (13.08.2009)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2009/098092 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
A61B 19/00 (2006.01) *A61B 3/13* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2009/000998

(22) Internationales Anmeldedatum:
4. Februar 2009 (04.02.2009)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2008 008 475.1
8. Februar 2008 (08.02.2008) US

(71) Anmelder *(für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US)*: **CARL ZEISS SURGICAL GMBH** [DE/DE]; Carl-Zeiss-Strasse 22, 73447 Oberkochen (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder *(nur für US)*: **ERNSPERGER Stefan** [DE/DE]; Goethestrasse 7/3, 73479 Ellwangen (DE). **REIMER, Peter** [DE/DE]; Grenadierstrasse 12, 73479 Ellwangen (DE).

(74) Anwalt: **THEOBALD, Andreas**; Glinkastrasse 30, 10117 Berlin (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, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, 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, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

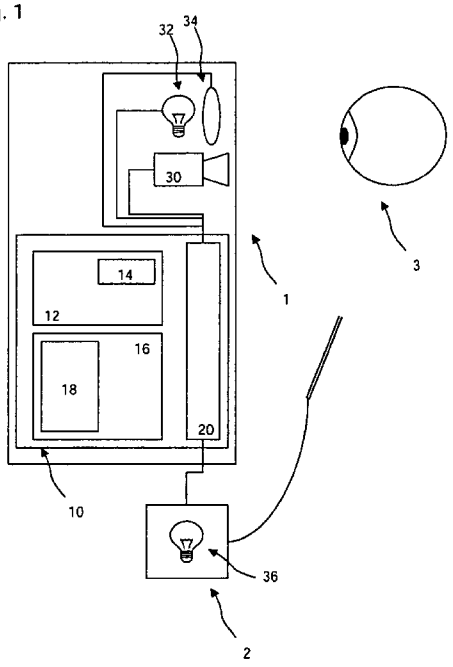
— *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND APPARATUS FOR DETERMINING THE ILLUMINATION BEAM DOSE IN SURGICAL FIELD ILLUMINATION

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR BESTIMMUNG DER BELEUCHTUNGSSTRAHLENDOSIS BEI DER OPERATIONSFELDBELEUCHTUNG

Fig. 1



(57) Abstract: A method is disclosed for determining an illumination beam dose in surgical field illumination. Said method comprises the following steps: at least one actual illumination-relevant value is sensed; and an illumination beam dose is calculated from said sensed actual value. Sensing of the actual illumination-relevant value includes sensing of a value of at least one adjustable parameter of an illumination device. Furthermore, simulated dose characteristics associated with the adjustable parameter are selected, at least one simulated dose value is calculated taking into account the value of the adjustable parameter and the associated simulated dose characteristics, and the illumination beam dose is calculated taking into account the at least one simulated dose value. Also disclosed are an apparatus, a computer program product, and a surgical microscope for carrying out said method.

(57) Zusammenfassung: Es wird ein Verfahren zur Bestimmung einer Beleuchtungsstrahlendosis bei der Operationsfeldbeleuchtung, mit den Schritten Erfassen mindestens eines beleuchtungsrelevanten Zustandswertes und Berechnen einer Beleuchtungsstrahlendosis aufgrund des erfassten Zustandswertes, wobei das Erfassen des beleuchtungsrelevanten Zustandswertes das Erfassen eines Einstellparameterwertes mindestens eines Einstellparameters einer Beleuchtungsvorrichtung beinhaltet, eine dem Einstellparameter zugeordnete Dosissimulationscharakteristik ausgewählt wird, mindestens ein Dosissimulationswert berechnet wird unter Einbeziehung des

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2009/098092 A1

— *vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)*

Einstellparameterwertes und der zugeordneten Dosissimulationscharakteristik und das Berechnen der Beleuchtungsstrahlendosis erfolgt unter Einbeziehung des mindestens einen Dosissimulationswertes, zur Verfügung gestellt sowie eine Vorrichtung, ein Computerprogrammprodukt und ein Operationsmikroskop hierfür.

Verfahren und Vorrichtung zur Bestimmung der Beleuchtungsstrahlendosis bei der Operationsfeldbeleuchtung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung der Beleuchtungsstrahlendosis bei der Operationsfeldbeleuchtung, mit den Schritten Erfassen mindestens eines beleuchtungsrelevanten Zustandswertes und Berechnen einer Beleuchtungsstrahlendosis aufgrund des erfassten Zustandswertes, sowie eine Vorrichtung, ein Operationsmikroskop und ein Computerprogrammprodukt hierfür.

Für Operationen, bei denen strahlungsempfindliches Gewebe einer gewissen Beleuchtungsstrahlendosis ausgesetzt werden muss, um die Operation durchführen zu können, etwa bei ophthalmochirurgischen Operationen (Augenoperationen), ist es nach dem Stand der Technik bekannt, Dosimeter zu verwenden. Solche Dosimeter messen die Dosis einer elektromagnetischen oder Teilchenstrahlung, beispielsweise das für die Ausleuchtung des Operationsbereiches eingesetzte Licht, und können in die Operationsfeldbeleuchtung eines Operationsmikroskopes integriert sein.

Aus der deutschen Offenlegungsschrift DE 36 10 024 A1 ist ein Beleuchtungsstärkendosisgerät für Operationsmikroskope bekannt. Hier wird die Strahlungs- bzw. Lichtdosis gemessen, indem zunächst ein kleiner Bruchteil des Feldbeleuchtungsstromes, der von der mikroskopinternen Beleuchtungsvorrichtung erzeugt wird, entnommen wird. Die Entnahme erfolgt, indem eine transparente Planplatte mit ausreichender Streuung im Beleuchtungsstrahlengang angeordnet wird, an deren Kante ein Photodetektor angeordnet ist. Das elektrische Signal des Photodetektors für

die so gemessene Strahlung wird dann in einem Mikroprozessor erfasst und zeitlich integriert.

Diese Vorgehensweise berücksichtigt jedoch nicht, dass Licht unterschiedlicher Wellenlängen unterschiedliche Wirkung auf das strahlenempfindliche Gewebe haben. Sie weist daher den Nachteil auf, dass beispielsweise Strahlung weniger schädlicher Lichtwellenlängen gleich bewertet wird wie Strahlung schädlicherer Lichtwellenlängen und somit eine aufgrund des Dosisergebnisses geschätzte maximale Restoperationszeit geringer ausfällt als die tatsächlich mögliche.

Dies ist insbesondere problematisch, wenn die Spektralanteile des von den Lichtquellen erzeugten Lichts je nach gewünschter Helligkeit variieren, oder die Lichtquelle während der Operation gewechselt wird oder Spektralfilter eingesetzt werden.

Um diese Probleme zu lösen, ist aus der deutschen Offenlegungsschrift DE 10 2005 055 058 A1 ein System bekannt, das eine spektral gewichtete Messung des erzeugten Lichtes durchführt. Hierzu wird das Licht über mehrere Sensoren gemessen, etwa je ein Sensor für infrarotes, sichtbares und ultraviolettes Licht, und von einem Mikroprozessor erfasst. Hierbei wird die spektrale Gewichtung insgesamt durch die jeweilige spektrale Empfindlichkeit der Sensoren erzielt. Der Mikroprozessor erfasst die so spektral gewichteten Messwerte, vergleicht sie mit den entsprechenden biologischen Strahlengefährdungsgrenzwerten und berechnet die daraus resultierende Restoperationsdauer.

Die hierfür benötigten messtechnischen Elemente sind jedoch relativ aufwändig und teuer, und liefern bei der Anwendung externer Zusatz- oder Speziallichtquellen nur bedingt oder praktisch gar keine verwendbaren Ergebnisse.

Es ist somit Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zur Bestimmung der Beleuchtungsstrahlendosis bei der Operationsfeldbeleuchtung anzugeben, welches zuverlässig arbeitet, den erforderlichen technischen Aufwand verringert und gleichwohl ermöglicht, die

Auswirkungen unterschiedlicher Lichtspektren und Beleuchtungssituationen zu berücksichtigen.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Ansprüche 1, 13, 21 und 22 gelöst.

Anspruch 1 schlägt ein Verfahren zur Bestimmung einer Beleuchtungsstrahlendosis bei der Operationsfeldbeleuchtung, bspw. eines Operationsmikroskops und insbesondere eines ophthalmologischen Operationsmikroskops, vor, mit den Schritten Erfassen mindestens eines beleuchtungsrelevanten Zustandswertes und Berechnen einer Beleuchtungsstrahlendosis aufgrund des erfassten Zustandswertes, dadurch gekennzeichnet, dass das Erfassen des beleuchtungsrelevanten Zustandswertes das Erfassen eines Einstellparameterwertes mindestens eines Einstellparameters einer Beleuchtungsvorrichtung beinhaltet, eine dem Einstellparameter zugeordnete Dosissimulationscharakteristik ausgewählt wird, mindestens ein Dosissimulationswert berechnet wird unter Einbeziehung des Einstellparameterwertes und der zugeordneten Dosissimulationscharakteristik und das Berechnen der Beleuchtungsstrahlendosis erfolgt unter Einbeziehung des mindestens einen Dosissimulationswertes.

Indem die Einstellparameterwerte der Beleuchtungsvorrichtung erfasst werden, und diese als Berechnungsgrundlage für eine simulierte Beleuchtungsstrahlungsdosis herangezogen werden, wird eine technisch aufwandsarme und zuverlässig arbeitende Lösung erzielt. Der Aufwand an notwendiger Messsensorik, und aus der Operationsumgebung entstehende Messstörungen werden gegenüber herkömmlichen Lösungen verringert, da hierbei nicht, oder nicht ausschließlich, erfasste Strahlungsmeßwerte die Berechnungsgrundlage bilden. Die zu erfassenden Einstellparameterwerte liegen in der Regel in der Steuerung für die Beleuchtungsvorrichtung sowieso vor und können daher ohne großen Aufwand abgerufen werden.

Die für die Simulationsberechnungen verwendete, dem Einstellparameter zugeordnete Dosissimulationscharakteristik kann demnach so gewählt sein, dass sie den Beitrag einer durch den Einstellparameter beeinflussten

Komponente der Beleuchtungsvorrichtung zur Beleuchtungsstrahlendosis wiedergibt.

Anstelle der, oder zusätzlich zur, Messung der entstehenden Helligkeit wird so das Strahlungs- und Spektralverhalten aller Beleuchtungsvorrichtungen oder Leuchtmittel in Abhängigkeit von deren Steuerung durch den Benutzer, d.h. den entsprechenden Steuerungssignalen, rechnerisch durch Simulation ermittelt.

Weitere Ausführungsformen der Erfindung nach Anspruch 1 können entsprechend der auf diesen Anspruch rückbezogenen Unteransprüche verwirklicht werden.

Die Erfindung kann etwa dadurch weitergebildet sein, dass das Auswählen der Dosissimulationscharakteristik ein Auswählen einer Berechnungsfunktion beinhaltet. Gleichzeitig oder alternativ kann das Auswählen der Dosissimulationscharakteristik ein Auswählen einer tabellarischen Speicherzuordnung mit Einstellparameterwerten und Funktionswerten beinhalten.

Die tabellarische Speicherzuordnung kann über einen Datenträger eines Produktanbieters oder andere Datenübertragungswege in das Verfahren gebracht werden. Ausführungsformen des Verfahrens können die tabellarische Speicherzuordnung erzeugen durch Messung von Helligkeitswerten zu ausgewählten Einstellparameterwerten.

Die Erfindung kann ferner weitergebildet werden, indem das Erfassen des beleuchtungsrelevanten Zustandswertes ferner das Erfassen eines Helligkeitsmesswertes beinhaltet. Dabei kann das Berechnen einer Beleuchtungsstrahlendosis erfolgen unter Ermitteln eines Dosiswertes aus dem erfassten Helligkeitsmesswert und Modifizieren des Dosiswertes mit dem Dosissimulationswert. Hierdurch kann das Simulationsergebnis an ein erfasstes Messergebnis gekoppelt werden, welches allerdings mit technisch aufwandsarmer Messtechnik erlangt worden ist.

In Ausführungsformen der Erfindung kann das Erfassen des Helligkeits-messwertes erfolgen unter Erfassung eines Videobildes mindestens eines

Teils des Operationsbereiches. Der Helligkeitsmesswert kann dann rechnerisch aus dem Videobild abgeleitet werden. Hierdurch erübrigen sich weitere aufwändige Messvorrichtungen, wie etwa ein nach Spektralanteilen abgestuftes Sensorarray oder breitbandige Strahlungssensoren.

Optional ist es auch möglich, wenigstens eine Dosissimulationscharakteristik von Zeit zu Zeit anhand des auf der Basis eines erfassten Helligkeitsmesswertes ermittelten Dosiswertes zu aktualisieren.

Wird die Erfindung dahingehend weitergebildet, dass das Erfassen des beleuchtungsrelevanten Zustandswertes ferner das Erfassen eines Operationscharakteristikwertes beinhaltet und das Berechnen des Dosissimulationswertes in Abhängigkeit vom Operationscharakteristikwert erfolgt, so können typische Operationssituationen in die Berechnung der Strahlungsdosis einfließen, etwa das Vorhandensein einer getrübten Linse bei einer Augenoperation, oder eine teilweise Verdeckung des Operationsgebietes, welche sich beide reduzierend auf die tatsächlich einwirkende Strahlungsmenge auswirken. Dabei kann der Operationscharakteristikwert rechnerisch aus dem Videobild abgeleitet werden, etwa durch geeignete automatische Bilderkennungsmittel und statistische Klassifizierungsfunktionen.

Varianten der Erfindung können weiter so ausgestaltet sein, dass das Erfassen des beleuchtungsrelevanten Zustandswertes ferner das Erfassen eines Konfigurationszustandswertes beinhaltet und das Berechnen des Dosissimulationswertes in Abhängigkeit vom Konfigurationszustandswert erfolgt. Hierdurch können etwa unterschiedliche Typen von Leuchtmitteln, die in Beleuchtungsvorrichtungen alternativ oder gleichzeitig eingesetzt werden können, ihrem jeweiligen helligkeitsabhängigen Spektralverhalten gemäß in die Simulationsrechnung einbezogen werden, oder es können zusätzliche, externe Filter- oder Beleuchtungsvorrichtungen ihrem beleuchtungsrelevanten Beitrag gemäß berücksichtigt werden.

Die Erfindung nach Anspruch 15 stellt eine Vorrichtung zur Bestimmung einer Beleuchtungsstrahlendosis bei der Operationsfeldbeleuchtung nach dem Verfahren eines der Ansprüche 1 bis 15 dar, mit einem Prozessor,

einem mit dem Prozessor gekoppelten Speicher, und einer mit dem Prozessor gekoppelten Ein/Ausgabeschnittstelle, dadurch gekennzeichnet, dass die Ein-/Ausgabeschnittstelle ausgebildet ist, einen Einstellparameterwert mindestens eines Einstellparameters einer anschließbaren Beleuchtungsvorrichtung zu erfassen, der Speicher eine dem Einstellparameter zugeordnete Dosissimulationscharakteristik beinhaltet, der Prozessor ausgebildet ist, mindestens einen Dosissimulationswert zu berechnen unter Einbeziehung des Einstellparameterwertes und der zugeordneten Dosissimulationscharakteristik, und der Prozessor ferner ausgebildet ist, die Beleuchtungsstrahlendosis unter Einbeziehung des mindestens einen Dosissimulationswertes zu berechnen.

Hierdurch wird eine Vorrichtung zur Durchführung des oben dargestellten Verfahrens angegeben, welche die oben genannten vorteilhaften Wirkungen entsprechend verwirklicht.

Ausführungsformen der Erfindung nach Anspruch 20 können entsprechend der auf diesen Anspruch rückbezogenen Unteransprüche verwirklicht werden, sowie entsprechend übriger Weiterbildungen zur Durchführung des Verfahrens und dessen Ausführungsformen.

Weiterbildungen der Vorrichtung können dadurch gekennzeichnet sein, dass die dem Einstellparameter zugeordnete Dosissimulationscharakteristik den Beitrag einer durch den Einstellparameter beeinflussten Komponente der Beleuchtungsvorrichtung zur Beleuchtungsstrahlendosis wiedergibt.

Die Ein-/Ausgabeschnittstelle kann ferner zur Erfassung eines Helligkeitsmesswertes ausgebildet sein, und der Prozessor kann ausgebildet sein, unter Zuordnung erfasster Helligkeitsmesswerte zu Einstellparameterwerten eine Dosissimulationscharakteristik zu erzeugen und/oder anzupassen.

In Ausführungsformen kann der Prozessor ausgebildet sein, für die Berechnung der Beleuchtungsstrahlendosis aus dem erfassten Helligkeitsmesswert einen Dosiswert zu ermitteln und den Dosiswert mit dem Dosissimulationswert zu modifizieren.

Wird die Ein/Ausgabeschnittstelle zur Erfassung eines Videobildes ausgebildet, und der Prozessor zur Berechnung eines Helligkeitsmesswertes aus dem Videobild, so wird technisch aufwandsarm ein Helligkeitsmesswert in die Rechnung einbezogen. Ferner kann der Prozessor eine Bilderkennungskomponente aufweisen, die ausgebildet ist, ein erfasstes Videobild zu klassifizieren unter Zuweisung eines Operationscharakteristikwertes.

Die Ein-/Ausgabeschnittstelle kann weiter ausgebildet sein, einen Konfigurationszustandswert zu erfassen und der Prozessor ausgebildet ist, den Dosissimulationswert ferner in Abhängigkeit vom Konfigurationszustandswert zu berechnen.

Die Erfindung nach Anspruch 23 stellt ein auf einem computerlesbaren Speichermedium gespeichertes Computerprogrammprodukt bereit, welches computerlesbare Programmittel zur Ausführung der Schritte des erfindungsgemäßen Verfahrens durch einen Computer enthält.

Das Computerprogrammprodukt kann entsprechend auf einem magnetischen oder optischen Datenträger gespeichert sein, wie einer CD-ROM, DVD-ROM, Diskette oder Festplatte, oder in einem Halbleiterbaustein, wie etwa einem Speicherbaustein oder einem Speicherteil eines Prozessors.

Die Erfindung nach Anspruch 24 ist ein Operationsmikroskop, insbesondere ein ophthalmologisches Operationsmikroskop, mit einer Vorrichtung zur Bestimmung einer Beleuchtungsstrahlendosis bei der Operationsfeldbeleuchtung nach einem der Ansprüche 15 bis 22. Die Vorrichtung kann dabei in das computerisierte Steuerungssystem des Operationsmikroskops integriert sein, etwa durch Installation und Ausführung geeigneter Programmbestandteile im Steuerungssystem.

Die Erfindung wird nachfolgend beispielhaft anhand mehrerer Figuren erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Übersicht über ein Ausführungsbeispiel der Vorrichtung zur Bestimmung einer Beleuchtungsstrahlendosis,

Fig. 2 eine schematische Übersicht über ein erstes Ausführungsbeispiel des Verfahrens zur Bestimmung einer Beleuchtungsstrahlendosis, und

Fig. 3 eine Darstellung eines zweiten Ausführungsbeispiels des Verfahrens zur Bestimmung einer Beleuchtungsstrahlendosis.

Figur 1 zeigt eine schematische Übersicht über ein Ausführungsbeispiel der Vorrichtung zur Bestimmung einer Beleuchtungsstrahlendosis, welche in ein Video-Operationsmikroskop integriert ist. Das stark schematisiert dargestellte Operationsmikroskop 1 enthält eine interne Beleuchtungsvorrichtung 32, die im Laufe einer Operation eine Lichtdosis auf das Operationsgebiet des Auges 3 durch vom Benutzer einschwenkbare Filter 34 hindurch abgibt. Videokamera 30 erfasst eine zeitliche Reihe von Videobildern vom Operationsgebiet. Zusätzlich wird eine zweite, externe Beleuchtungsvorrichtung 2 mit Leuchtmittel 36 vom Operateur verwendet, um das Operationsfeld manuell zu beleuchten. Die eigentliche Mikroskopoptik ist der Übersichtlichkeit halber nicht dargestellt. Obwohl die erfindungemäße Vorrichtung zur Bestimmung einer Beleuchtungsstrahlendosis im Ausführungsbeispiel in einem Operationsmikroskop zur Anwendung kommt, kann sie selbstverständlich auch in einem rein optischen Operationsmikroskop zur Anwendung kommen.

Das Operationsmikroskop 1 enthält eine Vorrichtung zur Bestimmung einer Beleuchtungsstrahlendosis 10, die hier in der computerisierten Steuerungseinheit des Operationsmikroskopes implementiert ist, und einen Prozessor 12, einen Speicher 16 mit darin enthaltener Dosissimulationscharakteristik 18 und eine Ein-/Ausgabeschnittstelle 20 aufweist. Die interne Beleuchtungsvorrichtung 32 (hier identisch mit dem internen Leuchtmittel dargestellt), einschwenkbare Filter und/oder Blenden 34, Videokamera 30 sowie externe Beleuchtungsvorrichtung 2 sind über die Schnittstelle 20 mit der Dosisbestimmungsvorrichtung 10 verbunden.

Zur Bedienung des Mikroskops 1, der Beleuchtungs- und der Filtervorrichtung 32 bzw. 34 kann der Operateur zahlreiche verschiedene Parameter an den Komponenten oder an der Steuerungseinheit, die die

Komponenten steuert, einstellen. So erhält der jeweilige Einstellparameter einen bestimmten Wert. Einstellparameter können die Helligkeit einer Lichtquelle betreffen, oder, ob ein Filter 34 eingeschwenkt ist, oder eine Blende. Die Dosissimulationscharakteristik 18 weist Werten von Einstellungsparametern, oder Kombinationen solcher Werte, Dosissimulationswerte zu, derart, dass die aus der Einstellung resultierende, durch die Beleuchtungsvorrichtungen erzeugte Lichtdosis (ggf. unter Berücksichtigung weiterer Parameter wie charakteristischer Operationssituationen oder Filter und Blenden) möglichst genau bestimmt wird. Dabei können mehrere Dosissimulationscharakteristika für verschiedene Beleuchtungsvorrichtungen rechnerisch kombiniert werden.

So kann die Dosissimulationscharakteristik 18 bspw. die Änderung des Spektrums der Lichtquelle entsprechend der eingestellten Intensität berücksichtigen, etwa bei einer Halogen-Lichtquelle. Hierzu kann eine Funktion ausgewählt werden, die das Kennlinienfeld der Lichtquelle approximiert. Im vorliegenden Beispiel sind entsprechende Kennlinienfelder tabellarisch in einer diskreten Zuordnungstabelle abgelegt. Auch nichtkontinuierliche, getaktete Lichtquellen können in Dosissimulationscharakteristiken modelliert sein.

Ferner kann die Dosissimulationscharakteristik 18 die Wirkung eingeschwenkter Blenden, wie Spaltbeleuchtung oder eine Retinaschutzblende, oder eingeschwenkter Filter, wie Grau- oder Gelbfilter, berücksichtigen. Auch manuell eingegebene Parameter, wie etwa zur Beschaffenheit des Operationsgegenstandes, können berücksichtigt werden. Ferner können Einstellungsparameter, die sich auf die Beleuchtungsgeometrie auswirken, wie etwa Beleuchtungswinkel, Spotdurchmesser, oder der Anteil der Umfeldbeleuchtung an der Red-Reflex-Beleuchtung in Dosissimulationscharakteristiken berücksichtigt sein.

Anstelle oder zusätzlich zur Videokamera 30 kann ein einfacher Lichtsensor an die Dosisbestimmungsvorrichtung gekoppelt sein, oder der Helligkeitswert kann rechnerisch aus dem Videobild ermittelt werden.

Ausführungen der Dosisbestimmungsvorrichtung 10 können ein Bilderkennungsmodul 14 enthalten, welches durch Bilderkennungsfunktionen programmtechnisch im Prozessor verwirklicht sein kann. Die Bilderkennung mit nachgeschalteter Klassifikation kann so ausgebildet sein, dass sie durch Lernprozesse der künstlichen Intelligenz, wie etwa neuronale Netze, mit und/oder ohne Feedback durch den Operateur, trainierbar ist.

Auf diese Weise können Operationscharakteristiken, d.h. Kategoriewerte charakteristischer Operationssituationen, automatisch ermittelt werden, die in den Dosissimulationscharakteristiken berücksichtigt werden können. Operationscharakteristikwerte umfassen hier den Umstand, ob die Retina des Auges 3 beleuchtet wird, ob Teile der Retina verdeckt werden, etwa durch chirurgische Geräte während des Eingriffs, oder ob das Auge eine getrübte Linse aufweist.

Die Arbeitsweise der Erfindung wird anhand des darin hard- und/oder softwaretechnisch verwirklichten Verfahrens mit den Figuren 2 und 3 näher erläutert.

Figur 2 zeigt eine Ausführung des Verfahrens, die die Grundelemente der simulationsbasierten Dosisberechnung umfasst. In Schritt 150 werden die aktuellen Werte der sich auf die tatsächlich entstehende Lichtdosis auswirkenden Einstellparameter erfasst. Dann werden in Schritt 200 eine oder mehrere Dosissimulationscharakteristiken, die den Einstellparametern entsprechen, im Speicher addressiert und es werden die zugeordneten Dosissimulationswerte in Schritt 300 berechnet. Hierzu werden ggf. verschiedene Einzelwerte ermittelt und dann rechnerisch kombiniert, sodass schließlich in Schritt 400 die simulierte Beleuchtungsstrahlendosis berechnet wird.

Dieses Verfahren lässt sich so erweitern, dass die Simulationswerte mit tatsächlich gemessenen Helligkeitswerten rechnerisch kombiniert werden, und ferner weitere beleuchtungsrelevante Rahmenbedingungen berücksichtigt werden, wie im Ausführungsbeispiel gemäß Figur 3 gezeigt ist.

Figur 3 zeigt, wie nacheinander oder nebenläufig in Schritt 100 eines aus einer zeitlichen Reihe von Videobildern erfasst wird und in Schritt 150 Einstellparameterwerte für Beleuchtungs-, Filter- und Blendenvorrichtungen, erfasst werden. Aus dem erfassten Videobild wird in Schritt 110 ein Helligkeitswert ermittelt, auf dessen Grundlage in Schritt 350 ein (messbasierter) Dosiswert berechnet wird.

Zudem wird aus dem in Schritt 100 erfassten Videobild mittels Bilderkennungsfunktionen ein Operationscharakteristikwert ermittelt, wie zuvor beschrieben, welcher in die Auswahl der Dosissimulationscharakteristik in Schritt 200 und/oder in die entsprechende Berechnung der Dosissimulationswerte in Schritt 300 einfließt. Hier nicht näher dargestellt ist die Erfassung eines Konfigurationszustandswertes, welcher Abhängig ist von der Anzahl und Art an die Vorrichtung angeschlossener Zubehörgeräte, wie etwa zusätzliche externe Lichtquellen. Auch dieser Erfassungsschritt kann nebenläufig ausgeführt werden und in die Auswahl in Schritt 200 und/oder Berechnung in Schritt 300 einfließen.

Schließlich werden die Dosissimulationswerte mit den messbasierten Dosiswerten rechnerisch kombiniert, sodass entsprechend die Beleuchtungsstrahlendosis in Schritt 400 berechnet wird.

Das vorgeschlagene System stellt somit ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Bestimmung einer Beleuchtungsstrahlendosis bei der Operationsfeldbeleuchtung bereit, das anstelle von, oder zusätzlich zu, Helligkeitsmesswerten Einstellparameterwerte für die Berechnung der Beleuchtungsstrahlendosis verwendet und somit den messtechnischen Aufwand für genaue Ergebnisse deutlich reduziert. Ferner stellt das System Mittel bereit, für verschiedene Operationssituationen automatisch eine Korrektur der simulierten Berechnung vorzunehmen, und verbessert damit die Qualität der Prognose insgesamt.

Auf der Basis der erfindungsgemäß berechneten Beleuchtungsstrahlendosis kann der Prozessor optional die zur Verfügung stehende Restoperationsdauer ermitteln, also diejenige Zeitdauer, die das Auge (bzw. ein anderes Operationsfeld) noch mit den aktuellen Einstellparameterwerten beleuchtet

werden kann, ohne Schaden zu nehmen. Weiterhin besteht auch die weitere Option, dass der Prozessor – etwa auf Aufforderung durch den Chirurgen – Restoperationsdauern auf der Basis alternativer Einstellparameter simuliert und auf der Basis der Simulation Vorschläge für alternative Einstellungen der Beleuchtungsvorrichtung unterbreitet, welche die Restoperationsdauer verlängern.

Bezugszeichenliste

1	Operationsmikroskop
2	Externe Beleuchtungsvorrichtung
3	Auge
10	Vorrichtung zur Bestimmung der Beleuchtungsstrahlendosis
12	Prozessor
14	Bilderkennungsmodul
16	Speicher
18	Dosissimulationscharakteristik
20	Schnittstelle
30	Videokamera
32	Lichtquelle
34	einschwenkbare Filter
36	Lichtquelle
100	Videobild erfassen
110	Helligkeitswert berechnen
120	Bilderkennung
150	Einstellparameterwerte erfassen
200	Dosissimulationscharakteristiken auswählen
300	Dosissimulationswerte berechnen
350	Messbasierten Dosiswert berechnen
400	Beleuchtungsstrahlendosis berechnen

Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung einer Beleuchtungsstrahlendosis bei der Operationsfeldbeleuchtung, mit den Schritten:

- Erfassen mindestens eines beleuchtungsrelevanten Zustandswertes (100, 150) und
- Berechnen einer Beleuchtungsstrahlendosis (400) aufgrund des erfassten Zustandswertes,

dadurch gekennzeichnet, dass

- das Erfassen des beleuchtungsrelevanten Zustandswertes das Erfassen (150) eines Einstellparameterwertes mindestens eines Einstellparameters einer Beleuchtungsvorrichtung beinhaltet,
- eine dem Einstellparameter zugeordnete Dosissimulationscharakteristik ausgewählt wird (200),
- mindestens ein Dosissimulationswert berechnet wird (300) unter Einbeziehung des Einstellparameterwertes und der zugeordneten Dosissimulationscharakteristik und
- das Berechnen der Beleuchtungsstrahlendosis (400) erfolgt unter Einbeziehung des mindestens einen Dosissimulationswertes.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die dem Einstellparameter zugeordnete Dosissimulationscharakteristik den Beitrag einer durch den Einstellparameter beeinflussten Komponente der Beleuchtungsvorrichtung zur Beleuchtungsstrahlendosis wiedergibt.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Auswählen der Dosissimulationscharakteristik ein Auswählen einer Berechnungsfunktion beinhaltet.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Auswählen der Dosissimulationscharakteristik ein Auswählen einer tabellarischen Speicherzuordnung mit Einstellparameterwerten und Funktionswerten beinhaltet.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die tabellarische Speicherzuordnung erzeugt wird durch Messung von Helligkeitswerten zu ausgewählten Einstellparameterwerten.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Erfassen des beleuchtungsrelevanten Zustandswertes ferner das Erfassen (100, 110) eines Helligkeitsmesswertes beinhaltet.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Berechnen einer Beleuchtungsstrahlendosis erfolgt unter:

- Ermitteln (350) eines Dosiswertes aus dem erfassten Helligkeitsmesswert,
- Modifizieren (400) des Dosiswertes mit dem Dosissimulationswert.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Erfassen des Helligkeitsmesswertes unter Erfassung (100) eines Videobildes mindestens eines Teils des Operationsbereiches erfolgt.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Helligkeitsmesswert rechnerisch aus dem Videobild abgeleitet wird (110).

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eine Dosissimulationscharakteristik von Zeit zu Zeit anhand des auf der Basis eines erfassten Helligkeitsmesswertes ermittelten Dosiswertes aktualisiert wird.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass das Erfassen des beleuchtungsrelevanten Zustandswertes ferner das Erfassen eines Operationscharakteristikwertes beinhaltet und das Berechnen des Dosissimulationswertes in Abhängigkeit vom Operationscharakteristikwert erfolgt.

12. Verfahren nach Anspruch 11, soweit auf Anspruch 8 rückbezogen, dadurch gekennzeichnet, dass der Operationscharakteristikwert rechnerisch aus dem Videobild abgeleitet wird (120).

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass das Erfassen des beleuchtungsrelevanten Zustandswertes ferner das Erfassen eines Konfigurationszustandswertes beinhaltet und das Berechnen des Dosissimulationswertes in Abhängigkeit vom Konfigurationszustandswert erfolgt.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass eine Berechnung der Restoperationsdauer auf der Basis des Dosissimulationswertes erfolgt.

15. Vorrichtung zur Bestimmung einer Beleuchtungsstrahlendosis (10) bei der Operationsfeldbeleuchtung nach einem Verfahren gemäß der Ansprüche 1 bis 14, mit einem Prozessor (12), einem mit dem Prozessor gekoppelten Speicher (16), und einer mit dem Prozessor gekoppelten Ein-/Ausgabeschnittstelle (20)
dadurch gekennzeichnet, dass
- die Ein-/Ausgabeschnittstelle ausgebildet ist, einen Einstellparameterwert mindestens eines Einstellparameters einer anschließbaren Beleuchtungsvorrichtung zu erfassen,
- der Speicher eine dem Einstellparameter zugeordnete Dosissimulationscharakteristik (18) beinhaltet,
- der Prozessor ausgebildet ist, mindestens einen Dosissimulationswert zu berechnen unter Einbeziehung des Einstellparameterwertes und der zugeordneten Dosissimulationscharakteristik, und
- der Prozessor ferner ausgebildet ist, die Beleuchtungsstrahlendosis unter Einbeziehung des mindestens einen Dosissimulationswertes zu berechnen.

16. Vorrichtung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass die dem Einstellparameter zugeordnete Dosissimulationscharakteristik den

Beitrag einer durch den Einstellparameter beeinflussten Komponente der Beleuchtungsvorrichtung zur Beleuchtungsstrahlendosis wiedergibt.

17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 oder 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Ein-/Ausgabeschnittstelle ferner zur Erfassung eines Helligkeitsmesswertes ausgebildet ist.

18. Vorrichtung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass der Prozessor ausgebildet ist, unter Zuordnung erfasster Helligkeitsmesswerte zu Einstellparameterwerten eine Dosissimulationscharakteristik zu erzeugen und/oder anzupassen.

19. Vorrichtung nach Anspruch 17 oder 18, dadurch gekennzeichnet, dass der Prozessor ausgebildet ist, für die Berechnung der Beleuchtungsstrahlendosis aus dem erfassten Helligkeitsmesswert einen Dosiswert zu ermitteln und den Dosiswert mit dem Dosissimulationswert zu modifizieren.

20. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass die Ein-/Ausgabeschnittstelle zur Erfassung eines Videobildes und zur Berechnung eines Helligkeitsmesswertes aus dem Videobild ausgebildet ist.

21. Vorrichtung nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, dass der Prozessor eine Bilderkennungskomponente (14) aufweist, die ausgebildet ist, ein erfasstes Videobild zu klassifizieren unter Zuweisung eines Operationscharakteristikwertes.

22. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass die Ein-/Ausgabeschnittstelle ausgebildet ist, einen Konfigurationszustandswert zu erfassen und der Prozessor ausgebildet ist, den Dosissimulationswert ferner in Abhängigkeit vom Konfigurationszustandswert zu berechnen.

23. Auf einem computerlesbaren Speichermedium gespeichertes Computerprogrammprodukt, welches computerlesbare Programmmittel zur Ausführung der Schritte des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 14 durch einen Computer enthält.

5

24. Operationsmikroskop (1) mit einer Vorrichtung zur Bestimmung einer Beleuchtungsstrahlendosis bei der Operationsfeldbeleuchtung nach einem der Ansprüche 15 bis 22.

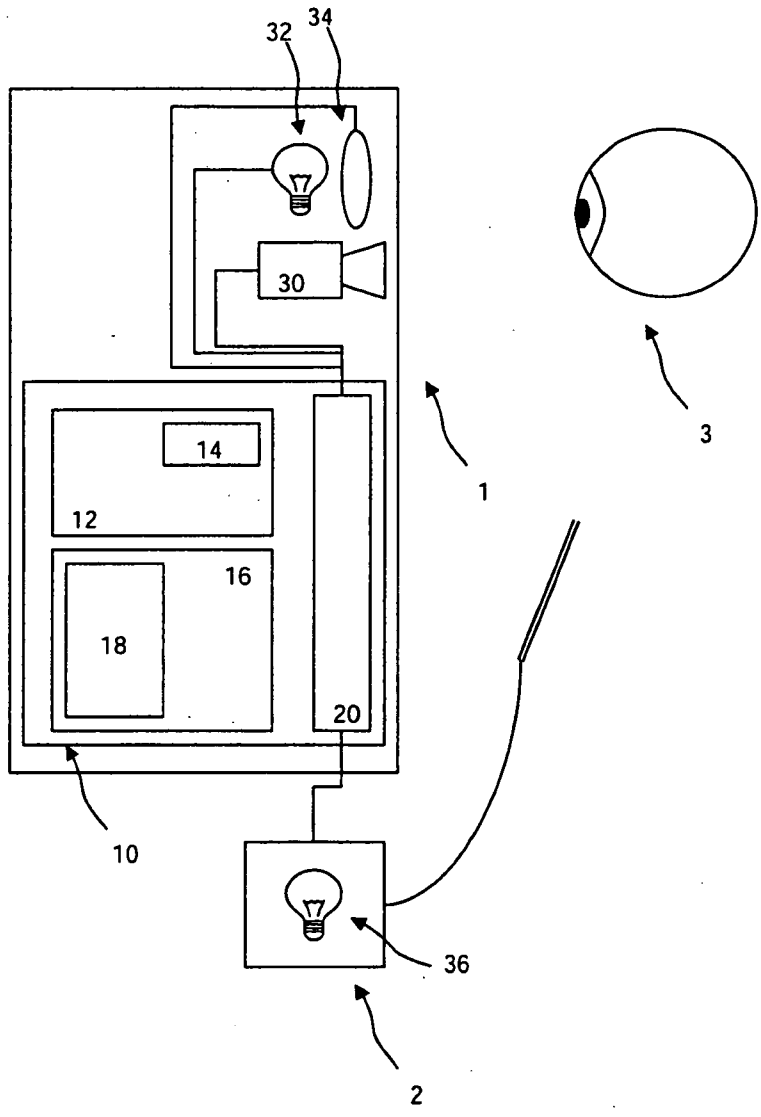


Fig. 1

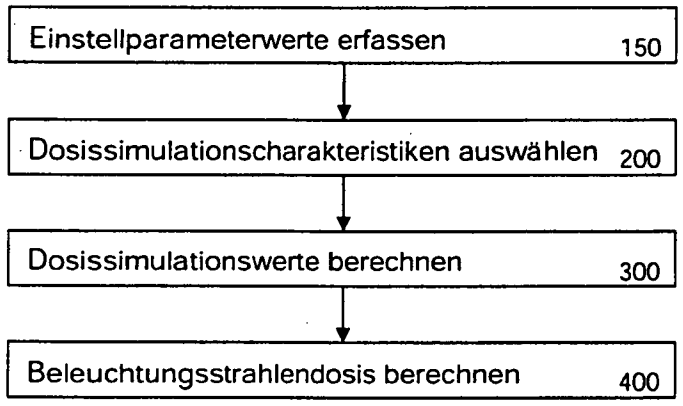

Einstellparameterwerte erfassen
150
Dosissimulationscharakteristiken auswählen
200
Dosissimulationswerte berechnen
300
Beleuchtungsstrahlendosis berechnen
400

Fig. 2

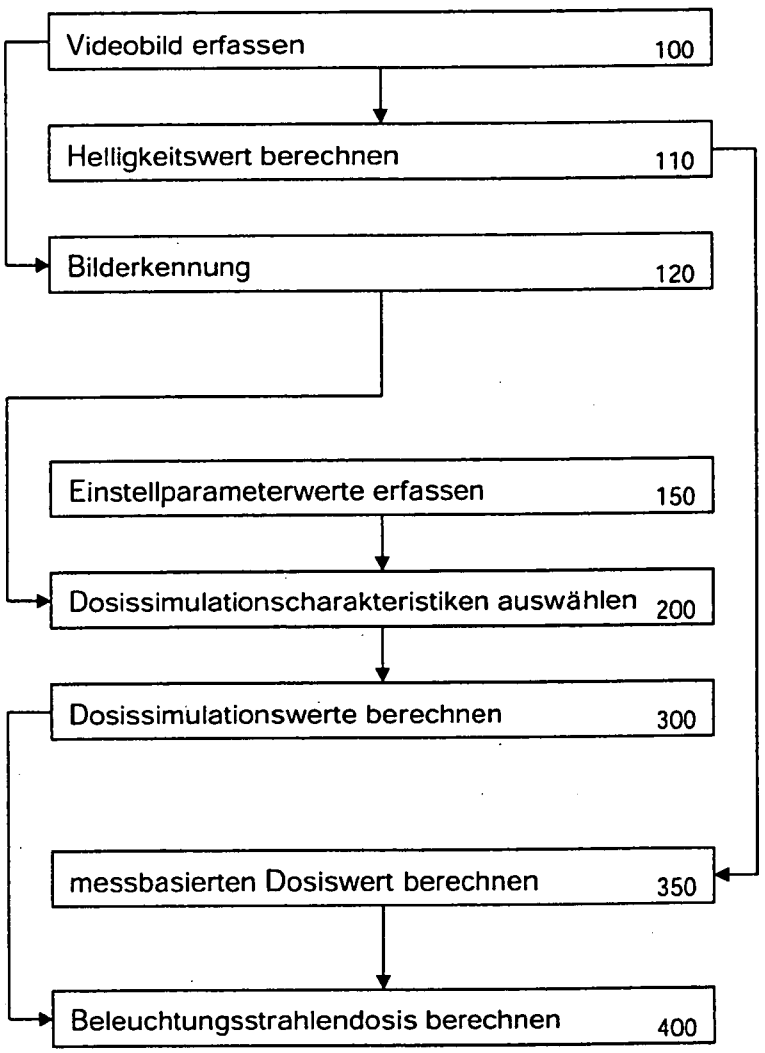

Videobild erfassen 100
Helligkeitswert berechnen 110
Bilderkennung 120
Einstellparameterwerte erfassen 150
Dosissimulationscharakteristiken auswählen 200
Dosissimulationswerte berechnen 300
messbasierten Dosiswert berechnen 350
Beleuchtungsstrahlendosis berechnen 400

Fig. 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2009/000998

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. A61B19/00
ADD. A61B3/13

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 G02B F21S A61F

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.
A	DE 36 10 024 A1 (ZEISS CARL FA [DE]) 25 September 1986 (1986-09-25) cited in the application abstract; claim 5; figure 1	1,15,23
A	DE 103 14 944 A1 (ZEISS CARL MEDITEC AG [DE]) 14 October 2004 (2004-10-14) paragraphs [0018], [0022]	1,15,23
A	DE 20 2006 013192 U1 (LEICA MICROSYSTEMS SCHWEIZ AG [CH]) 9 November 2006 (2006-11-09) paragraph [0021]	1,15,23

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
17 Juni 2009	24/06/2009

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	Mayer-Martenson, E

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/EP2009/000998

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 3610024 A1	25-09-1986	US 4657013 A	14-04-1987
DE 10314944 A1	14-10-2004	EP 1608259 A1	28-12-2005
		WO 2004086960 A1	14-10-2004
		US 2007008725 A1	11-01-2007
DE 202006013192 U1	09-11-2006	NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2009/000998

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. A61B19/00
ADD. A61B3/13

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
A61B G02B F21S A61F

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.
A	DE 36 10 024 A1 (ZEISS CARL FA [DE]) 25. September 1986 (1986-09-25) in der Anmeldung erwähnt Zusammenfassung; Anspruch 5; Abbildung 1	1,15,23
A	DE 103 14 944 A1 (ZEISS CARL MEDITEC AG [DE]) 14. Oktober 2004 (2004-10-14) Absätze [0018], [0022]	1,15,23
A	DE 20 2006 013192 U1 (LEICA MICROSYSTEMS SCHWEIZ AG [CH]) 9. November 2006 (2006-11-09) Absatz [0021]	1,15,23

☐ 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" 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
17. Juni 2009	24/06/2009

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	Mayer-Martenson, E

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2009/000998

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 3610024 A1	25-09-1986	US 4657013 A	14-04-1987
DE 10314944 A1	14-10-2004	EP 1608259 A1	28-12-2005
		WO 2004086960 A1	14-10-2004
		US 2007008725 A1	11-01-2007
DE 202006013192 U1	09-11-2006	KEINE	