



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 699 22 903 T2 2006.01.12

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) EP 0 997 101 B1

(21) Deutsches Aktenzeichen: 699 22 903.0

(96) Europäisches Aktenzeichen: 99 121 334.9

(96) Europäischer Anmeldetag: 26.10.1999

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: 03.05.2000

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: 29.12.2004

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: 12.01.2006

(51) Int Cl.⁸: A61B 3/12 (2006.01)

G06T 7/00 (2006.01)

G01C 11/06 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

30813498 29.10.1998 JP

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, GB

(73) Patentinhaber:

Nidek Co., Ltd., Gamagori, Aichi, JP

(72) Erfinder:

Noda, Manabu, Gamagori-shi, Aichi, JP; Hayashi, Norimasa, Toyohashi-shi, Aichi, JP

(74) Vertreter:

Hoefer & Partner, 81545 München

(54) Bezeichnung: Augenfundus-Messgerät und Speicherträger mit Augenfundus Messprogramm

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelebt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung**Hintergrund der Erfindung**

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Augenfundus-Messgerät zum Messen einer dreidimensionalen Konfiguration des Augenfundus (Fundus) auf der Basis von stereoskopischen Bildern des Augenfundus sowie ein Aufzeichnungsmedium mit einem darauf aufgezeichneten Augenfundus-Messprogramm.

[0002] Es heißt, dass die Beobachtung der optischen Platte (nachfolgend einfach als Platte bezeichnet) durch ein Bild des Augenfundus als Diagnosemittel des Glaukoms wichtig ist, welches als eine der Störungen der Sehfunktion bekannt ist. In den letzten Jahren wurden Vorrichtungen vorgeschlagen, mit denen eine dreidimensionale Konfiguration des Augenfundus auf der Basis von stereoskopischen Bildern des Augenfundus, photographiert von einer stereoskopischen Funduskamera, gemessen wird, und die Wölbung der Platte und ein Umfangsbereich der Platte werden quantitativ analysiert.

[0003] Das Verfahren zum Messen der dreidimensionalen Information des Augenfundus auf der Grundlage von stereoskopischen Bildern des Augenfundus ist allgemein bekannt als ein stereoskopisches Ausgleichsverfahren, und beim Erhalten einer Höheninformation ist es wichtig, entsprechende Punkte im linken und rechten Bild zu entnehmen. Um die Entnahme der entsprechenden Punkte genau durchzuführen, ist es nötig, einen Abweichungsbetrag (nachfolgend als Parallaxe bezeichnet) des Gesamtbildes aufgrund eines Refraktionsfehlers des photographierten Auges zu bestimmen, damit das linke Bild und das rechte Bild miteinander übereinstimmen. Herkömmlicherweise wird die Parallaxe auf der Grundlage eines charakteristischen Punktes, wie einem Abzweigungspunkt eines Blutgefäßes oder der gleichen, auf dem Augenfundus bestimmt, damit das linke und das rechte Bild miteinander übereinstimmen.

[0004] Jedoch gibt es Fälle, bei denen der Kontrast in den photographierten stereoskopischen Bildern des Augenfundus nicht gut ist, und wenn der Abzweigungspunkt des Blutgefäßes unklar ist, ist die Genauigkeit der Übereinstimmung zwischen linkem und rechtem Bild häufig gering, was eine Messung häufig unmöglich macht. Da die Messung der Parallaxe auf der Grundlage des Abzweigungspunktes des Blutgefäßes auf einer zwei-dimensionalen Messung beruht, gibt es zusätzlich das Problem, dass eine lange Verarbeitungszeit erforderlich ist.

[0005] Außerdem verursacht die Entnahme der entsprechenden Punkte aus dem linken und rechten Bild ein Problem, dass die Gesamtverarbeitungszeit lang

ist, denn für die Suche nach Pixeln (Bereichen), die am besten mit bestimmten Pixeln (Bereichen) des einen Bildes übereinstimmen, muss das andere Bild in einem bestimmten Bereich minuziös durchsucht werden.

[0006] Die US 4715703 offenbart eine opto-elektrische Augenfundus-Analysievorrichtung. Um ein dreidimensionales Profil eines Augenfundus zu erhalten, entnimmt diese Analysievorrichtung unterscheidbare Fundusmerkmale der Blutgefäße als Merkmalspunkte von den Fundusstereobildern, um entsprechende Punkte zu erhalten. Weiterhin erhält die Analysievorrichtung für merkmalslose Bereiche ohne unterscheidbare Fundusmerkmale die entsprechenden Punkte auf der Grundlage der Verzerrung eines aufgeschnittenen Bildes, das auf den Fundus projiziert wird.

[0007] Die JP 0800567 offenbart eine Vorrichtung zum Erhalten dreidimensionaler Augenhintergrunddaten aus einem stereoskopischen Bild des Augenhintergrunds. Die Vorrichtung schneidet das stereoskopische Bild des Augenhintergrundes in linke und rechte Bilder, vergrößert das geschnittene rechte und linke Bild durch ein Interpolationsverfahren, eliminiert vertikale und laterale Parallaxe und erhält danach entsprechende Punkte durch Entnehmen von Merkmalspunkten.

[0008] Die FR 2700654 offenbart ein Verfahren zum Schätzen des Unterschieds zwischen den monoskopischen Bildern, die ein stereoskopisches Bild ausmachen.

Zusammenfassung der Erfindung

[0009] Im Hinblick auf die oben beschriebenen Probleme ist es ein Ziel der vorliegenden Erfindung, ein Augenfundus-Messgerät und ein Aufzeichnungsmedium mit einem darauf aufgezeichneten Augenfundus-Messprogramm bereitzustellen, die in der Lage sind, die dreidimensionale Konfiguration des Augenfundus auf der Grundlage der stereoskopischen Bilder des Augenfundus in einer kurzen Verarbeitungszeit genau zu messen.

[0010] Dieses Ziel wird durch ein Augenfundus-Messgerät gemäß Anspruch 1 und ein Aufzeichnungsmedium gemäß Anspruch 7 erreicht. Die Unteransprüche enthalten jeweils bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung.

[0011] Die vorliegende Offenbarung bezieht sich auf den Gegenstand der japanischen Patentanmeldung Nr. Hei 10-308134 (eingereicht am 29. Oktober 1998).

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0012] In den beigefügten Zeichnungen gilt:

[0013] [Fig. 1](#) ist eine schematische Darstellung eines Augenfundus-Messgeräts gemäß einem Ausführungsbeispiel;

[0014] [Fig. 2](#) ist ein Flussdiagramm, das die Prozedur der Messung einer dreidimensionalen Konfiguration des Augenfundus erläutert;

[0015] [Fig. 3](#) ist eine schematische Darstellung der Anordnung der stereoskopischen Bilder des Augenfundus;

[0016] [Fig. 4](#) ist eine erläuternde schematische Darstellung zur Erläuterung der Hintergrundtrennungsverarbeitung;

[0017] [Fig. 5](#) ist eine erläuternde schematische Darstellung, welche die Messungsverarbeitung der vertikalen und horizontalen Parallaxe erläutert; und

[0018] [Fig. 6](#) ist eine erläuternde schematische Darstellung, welche die Verarbeitung der Entnahme des entsprechenden Punktes unter Verwendung von mehrfach aufgelösten Bildern erläutert.

Beschreibung des bevorzugten Ausführungsbeispiels

[0019] Bezug nehmend auf die Zeichnungen wird nun ein Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung beschrieben. [Fig. 1](#) ist eine schematische Darstellung eines Augenfundus-Messgeräts gemäß dem Ausführungsbeispiel.

[0020] Ein Augenfundus-Messgerät **1** umfasst eine Bedienungs- und Analyseeinheit **2**; eine Befehlseingabeeinheit **3** wie eine Tastatur und/oder eine Maus; eine Anzeige **4** zum Anzeigen von Bildern eines Augenfundus, der Messergebnisse und dergleichen; einen Drucker **5** zum Ausdrucken; und eine Bildlesevorrichtung **7**, die als eine Bildeingabeeinheit dient. Die Bildlesevorrichtung **7** liest ein Paar von linken und rechten stereoskopischen Bildern des Augenfundus, der von einer stereoskopischen Augenfunduskamera **6** photographiert wird, und gibt die gelesenen Bilder in die Bedienungs- und Analyseeinheit **2** ein. Es ist möglich, als Messgerät **1** einen im Handel erhältlichen PC und seine Peripheriegeräte zu verwenden. Das heißt, ein Programm zum Messen einer dreidimensionalen Konfiguration eines Augenfundus (wird später beschrieben) kann von einem Aufzeichnungsmedium, auf dem das Programm aufgezeichnet ist, auf einen im Handel verfügbaren PC usw. installiert werden, so dass der im Handel erhältliche PC usw. funktionsfähig ist.

[0021] Die stereoskopische Augenfunduskamera **6** teilt ein Strahlenbündel, das vom Augenfundus reflektiert wird, in zwei Strahlenbündel mittels einer Zweilochmembran, um so ein Paar von linken und rechten stereoskopischen Bildern des Augenfundus zu erhalten. Als stereoskopische Augenfunduskamera **6** ist ein Typ bekannt, bei dem die Bilder auf einen Diafilm photographiert werden, und ein Typ, bei dem die Bilder von einer CCD-Kamera erfasst werden. Beim ersten Typ werden die stereoskopischen Bilder des Augenfundus, die von der Augenfunduskamera **6** photographiert wurden, von der Bildlesevorrichtung **7** in digitale Bilddaten umgewandelt und in die Bedienungs- und Analyseeinheit **2** eingegeben. Beim letzteren Typ werden die Bilder des Augenfundus im Speicher oder dergleichen der Augenfunduskamera **6** als Standbilder gespeichert und können dann direkt oder über ein Aufzeichnungsmedium wie eine Diskette in die Bedienungs- und Analyseeinheit **2** eingegeben werden.

[0022] [Fig. 2](#) ist ein Flussdiagramm, das die Prozedur der Messung der dreidimensionalen Konfiguration des Augenfundus durch die Bedienungs- und Analyseeinheit **2** erläutert. Nachfolgend wird die Messung der dreidimensionalen Konfiguration des Augenfundus beschrieben.

[0023] Die Bilder des Augenfundus eines betreffenden Auges, das von der Augenfunduskamera **6** photographiert wurde, werden als stereoskopische Bilder **10** des Augenfundus erhalten, wobei ein linkes Bild Ph_L und ein rechtes Bild Ph_R links und rechts nebeneinanderliegen (siehe [Fig. 3](#)). Ein Kommentierungsbereich **11** ist auf dem stereoskopischen Bild **10** des Augenfundus vorgesehen, so dass eine Kommentierung bezüglich des Tages der Photographie oder dergleichen darauf geschrieben werden kann.

[0024] Als Erstes wird das stereoskopische Bild **10** des Augenfundus von der Bildlesevorrichtung **7** gelesen. Das stereoskopische Bild **10** des Augenfundus, das von der Bildlesevorrichtung **7** gelesen wurde, wird in digitale Bilddaten umgewandelt und in die Bedienungs- und Analyseeinheit **2** als eine stereoskopische Bilddatei eingegeben. Die digitalisierten stereoskopischen Bilddaten **20** bestehen aus einem Satz von Pixeln, bei denen die Dichte (Helligkeit) jedes Punktes digitalisiert ist, und wird auf einer Skala von 256 z. B. von 0 bis 255 digitalisiert. Durch Betätigen der Befehlseingabeeinheit **3** weist der Bediener die Bedienungs- und Analyseeinheit **2** an, ein Programm zum Messen der dreidimensionalen Konfiguration des Fundus auszuführen. Die Bedienungs- und Analyseeinheit **2** misst die dreidimensionale Konfiguration des Augenfundus auf der Grundlage der stereoskopischen Bilder des Augenfundus durch die folgenden Schritte.

[0025] In Schritt 1 wird eine Hintergrundtrennungs-

verarbeitung durchgeführt, um Bildbereiche und andere Bereiche als diese zu trennen und zu erkennen. Wie in [Fig. 4](#) gezeigt, wird insbesondere, nachdem die Integrationsverarbeitung der Dichtewerte in Bezug auf die jeweiligen X- und Y-Richtungen (horizontale und vertikale Richtungen) der eingegebenen Bilddaten durchgeführt wurde, ein Schwellenwert SL für den erhaltenen Integralwert bereitgestellt, und ein Bereich eines Dichtewertes höher als dieser Schwellenwert SL wird als ein Bildbereich erkannt. Auch wenn der Schwellenwert SL im voraus festgelegt werden kann, wird in diesem Ausführungsbeispiel ein geometrischer Wert, der durch die folgende Formel auf der Grundlage eines Maximalwerts und eines Minimalwerts des integralen Werts erhalten wird, als Schwellenwert SL unabhängig für alle Integralwertdaten festgelegt.

$$\text{Schwellenwert } SL = \{[\text{Maximalwert}] - (\text{Minimalwert})\}/4 + (\text{Minimalwert})$$

[0026] Wenn angenommen wird, dass die Koordinaten jedes Schnittpunktes des Schwellenwerts SL in Bezug auf einen Integralwert It_x in der X-Richtung und einen Integralwert It_y in der Y-Richtung X_1, X_2, X_2, X_4, Y_1 und Y_2 sind, eine Rechteckform geteilt durch X_1, X_2, Y_1 und Y_2 wird ein linkes Augenfundusbild IM_L und eine Rechteckform geteilt durch X_3, X_4, Y_1 und Y_2 wird ein rechtes Augenfundusbild IM_R .

[0027] In Schritt 2 werden Parallaxe (Abweichungen des Bildes) aufgrund des Refraktionsfehlers und der gleichen des photographierten Auges gemessen. Eine vertikale Parallaxe aufgrund der Wirkung des photographischen Optiksystems der Augenfunduskamera **6** und eine horizontale Parallaxe aufgrund des Refraktionsfehlers des photographierten Auges treten im linken und rechten Bild, die durch die Hintergrundtrennung erhalten wurden, auf. Bei der Messung der dreidimensionalen Konfiguration ist es notwendig, Parameter ihrer Berechnungsformel zu korrigieren, so dass die Parallaxe im voraus gemessen werden. Zusätzlich, wenn die vertikalen und horizontalen Parallaxe vor der Entnahme der entsprechenden Punkte in Schritt 5, der später beschrieben wird, bekannt sind, kann der Punkt einer 0-Parallaxe als Anfangswert der Suche des entsprechenden Punktes festgelegt werden (der entsprechende Punkt kann bei Verschieben der Parallaxe gesucht werden) und ein Bereich, in dem der entsprechende Punkt im Umfangsbereich des Bildes nicht existiert, kann von der Entnahme des entsprechenden Punktes ausgeschlossen werden. Die Messung der Parallaxe wird wie folgt durchgeführt.

[0028] Als erstes wird eine Integrationsverarbeitung in der jeweiligen X- und Y-Richtung in Bezug auf die Dichteinformation über das linke und das rechte Bild IM_L und IM_R , die in Schritt 1 erkannt wurden, durchgeführt, um Integralwerte zu bestimmen. Um zu verhin-

dern, dass die Messung der horizontalen Parallaxe von der Platte beeinträchtigt wird, wird die Integrationsverarbeitung in der Y-Richtung auf der Grundlage der Umfangsverteilung ausschließlich des Mittelbereichs des Bildes (die Wölbung der Platte) durchgeführt. Insbesondere werden nur ein Bereich eines oberen Drittels und ein Bereich eines unteren Drittels jedes linken und rechten Bildes IM_L und IM_R einer Integrationsverarbeitung unterworfen, um Integralwerte zu erhalten. Andererseits, da die Messung der vertikalen Parallaxe (Integration in der X-Richtung) die Platte als Referenz nutzt, werden alle Bereiche einschließlich des Mittelbereichs einer Integrationsverarbeitung in der X-Richtung unterworfen.

[0029] Nachdem die jeweiligen Integralwerte erhalten wurden, wird eine Differenzialverarbeitung in Bezug auf jeden der Integralwerte durchgeführt, um so Differenzialwerte zu erhalten. Wie in [Fig. 5](#) gezeigt, werden die Differenzialwerte des linken und des rechten Bildes IM_L und IM_R jeweils als $Df_{XL}, Df_{XR}, Df_{YL}$ bzw. Df_{YR} festgelegt.

[0030] Nachdem die Differenzialwerte $Df_{XL}, Df_{XR}, Df_{YL}$ und Df_{YR} in der X- und der Y-Richtung bestimmt wurden, werden die maximalen Kreuzkorrelationswerte der Differenzialwerte in der vertikalen und der horizontalen Richtung jeweils aus diesen Wellenformen erhalten, und Parallaxe (Beträge der Abweichungen der Bilder) in der vertikalen und der horizontalen Richtung werden auf der Grundlage dieser maximalen Kreuzkorrelationswerte erhalten (dieses Verfahren ist im Allgemeinen bekannt als das Kreuzkorrelations-Koeffizientenverfahren). Bei der Messung der Parallaxe ist die Aufmerksamkeit nicht auf die Struktur eines großen Bereichs, der von der Helligkeitsverteilung und der Reflexion des Augenfundus dominiert wird, gerichtet, sondern auf die Struktur auf Grundlage der Blutgefäße und dergleichen; dadurch kann unter Verwendung der Wellenformen solcher Differenzialwerte die charakteristische Struktur der Blutgefäße und dergleichen genau erkannt werden, sogar im Falle von Bildern des Augenfundus mit schwachem Kontrast. Zusätzlich, da die vertikalen und horizontalen Parallaxe unabhängig voneinander gemessen werden, kann die Rechenmenge verringert werden im Vergleich zu dem Fall, wenn die Parallaxe zweidimensional bestimmt werden, wodurch es möglich wird, die Verarbeitungszeit zu verringern.

[0031] In Schritt 3 wird eine Verarbeitung zur Entnahme linker und rechter Bildbereiche durchgeführt, die in der Entnahmeverarbeitung der entsprechenden Punkte im nachfolgenden Schritt 5 verwendet werden sollen. Insbesondere schließt Schritt 3 diejenigen Bereiche aus, die nur im linken Bild IM_L oder im rechten Bild IM_R auf der Grundlage der Parallaxe (Beträge der Abweichungen der Bilder) in der vertikalen und der horizontalen Richtung, erhalten in Schritt 2, photographiert wurden, wodurch ein linker Bildbe-

reich IM_L' und ein rechter Bildbereich IM_R' entnommen wird, die in der nachfolgenden Entnahmeverarbeitung der entsprechenden Punkte verwendet werden sollen, damit diese einander entsprechen. Durch Entnahme der linken und rechten Bilder, in denen keine Wirkung der Parallaxe mehr vorhanden ist, kann die Entnahme der entsprechenden Punkte vereinfacht werden.

[0032] In Schritt 4 wird, um Störungen, die die entnommenen linken und rechten Bilder IM_L' und IM_R' überlagern, zu verringern, eine Störungsentfernungsverarbeitung mittels eines Störungsentfernungsfilters, wie ein Mittelfilter (Zwischenwertfilter) oder der gleichen, durchgeführt.

[0033] In Schritt 5 wird in Bezug auf die linken und rechten Bilder IM_L' und IM_R' , die der Entnahmeverarbeitung unterworfen wurden, eine Vielzahl von linken und rechten Bildern, deren Auflösung fortlaufend verringert wird (nachfolgend als Bilder mit Mehrfachauflösung bezeichnet), erzeugt und die Entnahmeverarbeitung der entsprechenden Punkte wird auf der Grundlage dieser Bilder durchgeführt.

[0034] Als erstes werden linke und rechte Bilder mit verringriger Auflösung jeweils in Bezug auf die entnommenen linken und rechten Bilder IM_L' und IM_R' erzeugt. Diese Bilder sind z. B. ein Links/Rechtsbild $IM_{1/4}$, bei dem die Auflösung einer Linie auf die Hälfte reduziert ist, ein Links/Rechtsbild $IM_{1/16}$, bei dem die Auflösung einer Linie weiter auf die Hälfte davon reduziert ist, ein Links/Rechtsbild $IM_{1/64}$, bei dem die Auflösung einer Linie noch weiter auf die Hälfte davon verringert ist, und ein Links/Rechtsbild $IM_{1/256}$, bei dem die Auflösung einer Linie noch weiter auf die Hälfte davon reduziert ist (siehe [Fig. 6](#)).

[0035] Nach der Erzeugung der Bilder mit Mehrfachauflösung wird die Entnahme der entsprechenden Punkte zuerst in Bezug auf das Links/Rechtsbild $IM_{1/256}$ mit der niedrigsten Auflösung durchgeführt. Als Verfahren zur Entnahme der entsprechenden Punkte wird dieses Mal ein kleiner Bereich (nachfolgend als ein Fenster bezeichnet) W_L mit einem bestimmten Pixel und seinen benachbarten Pixeln in dem linken Bild festgelegt, und ein Fenster W_R mit gleicher Größe wird in der horizontalen Richtung des rechten Bildes bewegt, um einen Platz zu suchen, welcher in Übereinstimmung dazu der beste ist. Der Bereich, in dem das Fenster W_R bewegt wird, ist vielleicht nicht ein gesamter Bereich, und das Fenster W_R wird vielleicht nur um die Breite bewegt, wo geschätzt wird, dass der entsprechende Punkt vorhanden ist. Zusätzlich kann für die vertikale Richtung die Suche ausgelassen werden, indem die vertikale Parallaxe im voraus beseitigt wird. Somit wird die Entnahme der entsprechenden Punkte zuerst in Bezug auf das Bild $IM_{1/256}$ durchgeführt; da jedoch die Anzahl der Pixel nur 1/256 derjenigen der Originalbilder

IM_L' und IM_R' ist, kann der gesamte Bereich mit einer sehr kurzen Verarbeitungszeit durchsucht werden.

[0036] Nachfolgend wird die Entnahme der entsprechenden Punkte in Bezug auf das Bild $IM_{1/4}$ mit der nächst niedrigeren Auflösung durchgeführt. Zu diesem Zeitpunkt wird die Positionsinformation des entsprechenden Punktes, die vom Bild $IM_{1/256}$ erhalten wurde, zurückgemeldet. Das heißt, da die Positionsbeziehung zwischen dem Bild $IM_{1/256}$ und dem Bild $IM_{1/64}$ auf der Grundlage der Vergrößerung der Auflösung in Übereinstimmung zueinander gebracht werden kann, wird die Entnahme der entsprechenden Punkte des Bildes $IM_{1/64}$ so durchgeführt, dass ein entsprechender Bereich, dem das Fenster WR entspricht, auf der Grundlage der Positionsinformation des entsprechenden Punktes, die vom Bild $IM_{1/256}$ erhalten wurde, festgelegt wird und dann wird die Suche innerhalb eines Bereichs einer vorbestimmten Breite durchgeführt (die Breite, in der vermutet wird, dass der entsprechende Punkt vorhanden ist), einschließlich dieses entsprechenden Bereichs und seines benachbarten Bereichs.

[0037] Durch ein ähnliches Verfahren wird die Entnahme der entsprechenden Punkte nachfolgend in Bezug auf das Bild $IM_{1/16}$ das Bild $IM_{1/4}$ und die Originalbilder IM_L' und IM_R' durchgeführt. Da die Positionsinformation des entsprechenden Punktes somit fortlaufend zu Bildern mit höherer Auflösung zurückgemeldet wird und die Entnahme der entsprechenden Punkte in eng gesteckten Suchbereichen durchgeführt wird, kann der gleiche Bereich insgesamt in einer kurzen Zeit durchsucht werden, verglichen mit dem Fall, wenn die Suche unter Verwendung nur der Bilder IM_L' und IM_R' durchgeführt wird.

[0038] In Schritt 6 wird die Höheninformation auf der Grundlage der in Schritt 5 entnommenen Information über den entsprechenden Punkt berechnet, um dreidimensionale Daten zu erzeugen. Ein bekannter kolleräuer boolescher Ausdruck kann bei der Erzeugung der dreidimensionalen Daten verwendet werden und die Vergrößerung, welche die Refraktionsstärke des photographierten Auges nachteilig beeinträchtigt, wird in der in Schritt 2 erhaltenen Parallaxeinformation korrigiert, um tatsächliche dreidimensionale Daten zu erhalten. Die Vergrößerung für diese Korrektur kann einfach erhalten werden, wenn eine Tabelle bezüglich dem Verhältnis zwischen der Parallaxe (Abweichungsbetrag) und der Korrekturvergrößerung im voraus gespeichert wird.

[0039] Bei der Interpolationsverarbeitung in Schritt 7 wird die Interpolation in Bezug auf die in Schritt 6 erzeugten dreidimensionalen Daten durchgeführt und die Information wird erneut als Höhendaten in Gitterkoordinaten angeordnet. Durch Bewirken der Interpolationsverarbeitung ist es möglich, bessere dreidimensionale Graphiken herzustellen, eine leichtverständli-

che Umrissdarstellung, eine dreidimensionale Ansicht aus Vogelperspektive und so weiter.

[0040] Nachdem die dreidimensionale Konfiguration des Augenfundus wie oben beschrieben gemessen wurde, werden dreidimensionale Graphiken und eine orthogonale Projektionszeichnung des Augenfundus auf der Anzeige 4 dargestellt. Wenn der Benutzer die Ausführung eines Programms zur Analyse der optischen Platte über die Befehlseingabeeinheit 3 anordnet, führt die Bedienungs- und Analyseeinheit 2 ferner ihre Analyseverarbeitung auf der Grundlage der dreidimensionalen Konfigurationsdaten durch, und die Ergebnisse der Analyse werden auf der Anzeige 4 dargestellt.

[0041] Wie oben beschrieben, kann gemäß der vorliegenden Erfindung die Messung einer dreidimensionalen Konfiguration des Augenfundus genau in einer kurzen Verarbeitungszeit auf der Grundlage von stereoskopischen Bildern des Augenfundus durchgeführt werden.

Patentansprüche

1. Augenfundus-Messgerät zum Messen einer dreidimensionalen Konfiguration eines Augenfundus auf der Grundlage eines stereoskopischen Bildes des Augenfundus, wobei das Gerät umfasst:
 eine Eingabeeinrichtung zum Eingeben des stereoskopischen Bildes des Augenfundus;
 eine Bildentnahmeeinrichtung zum Entnehmen linker und rechter Bilder aus dem durch die Eingabeeinrichtung eingegebenen stereoskopischen Bild des Augenfundus; und
 eine Erzeugungseinrichtung für eine dreidimensionale Konfiguration zum Entnehmen entsprechender Punkte der durch die Bildentnahmeeinrichtung entnommenen linken und rechten Bilder und zum Erzeugen einer dreidimensionalen Konfiguration des Augenfundus auf der Grundlage der so entnommenen entsprechenden Punkte,
 wobei die Bildentnahmeeinrichtung umfasst:
 eine Integrationseinrichtung zum Integrieren von Dichteinformation der vertikalen und horizontalen Richtung des stereoskopischen Bildes des Augenfundus, das durch die Bildeingabeeinrichtung eingegeben wurde, um Integralwerte zu erhalten;
 eine Differenzialeinrichtung zum Unterscheiden der erhaltenen Integralwerte jeder der Richtungen, um Differentialwerte zu erhalten; und
 eine Parallaxeberechnungseinrichtung zum Erhalten maximaler Kreuzkorrelationswerte der erhaltenen Differentialwerte jeder der Richtungen und zum Erhalten einer Verschiebung der Parallaxe in jeder der Richtungen auf der Grundlage der erhaltenen maximalen Kreuzkorrelationswerte.

2. Augenfundus-Messgerät nach Anspruch 1, wobei die Integrationseinrichtung die Dichteinforma-

tion der vertikalen Richtung in einem Bereich des Bildes, welcher keine optische Platte enthält, und die Dichteinformation der horizontalen Richtung in einem Bereich des Bildes, der die optische Platte enthält, integriert.

3. Augenfundus-Messgerät nach Anspruch 1, wobei die Bildentnahmeeinrichtung eine Bildtrennungseinrichtung zum Trennen und Entnehmen des linken und rechten Bildes auf der Grundlage der erhaltenen Verschiebung der Parallaxe in jeder der Richtungen umfasst, so dass das linke und das rechte Bild die entsprechenden Punkte enthält.

4. Augenfundus-Messgerät nach Anspruch 1, wobei die Erzeugungseinrichtung für eine dreidimensionale Konfiguration umfasst:
 eine Entnahmeeinrichtung der entsprechenden Punkte zum Erzeugen einer Mehrfachauflösung des linken und des rechten Bildes, deren Auflösung fortlaufend verringert wird in Bezug auf das durch die Bildentnahmeeinrichtung entnommene linke und rechte Bild, wobei entsprechende Punkte auf der Grundlage des linken und rechten Bildes mit niedriger Auflösung entnommen werden und fortlaufend entsprechende Punkte des linken und rechten Bildes mit höherer Auflösung auf der Grundlage der entnommenen entsprechenden Punkte entnommen werden.

5. Augenfundus-Messgerät nach Anspruch 1, wobei die Bildeingabeeinrichtung eine Augenfunduskamera zum Photographieren des stereoskopischen Bildes des Augenfundus umfasst.

6. Augenfundus-Messgerät nach Anspruch 1, ferner umfassend:
 eine Ausgabeeinrichtung zum visuellen Ausgeben der dreidimensionalen Konfiguration des Augenfundus, erzeugt durch die Erzeugungseinrichtung für ein dreidimensionales Bild.

7. Aufzeichnungsmedium, welches ein Programm speichert, welches von einer Betriebs- und Analyseeinheit ausgeführt werden soll, um eine dreidimensionale Konfiguration eines Augenfundus auf der Grundlage eines stereoskopischen Bildes des Augenfundus zu messen, wobei das Programm umfasst:
 einen Bildentnahmeschritt zum Entnehmen eines linken und rechten Bildes aus einem eingegebenen stereoskopischen Bild eines Augenfundus; und einen Schritt zur Erzeugung einer dreidimensionalen Konfiguration zum Entnehmen entsprechender Punkte des so entnommenen linken und rechten Bildes und zum Erzeugen einer dreidimensionalen Konfiguration des Augenfundus auf der Grundlage der so entnommenen entsprechenden Punkte,
 wobei der Bildentnahmeschritt umfasst:
 einen Integrationsschritt zum Integrieren der Dichteinformation der vertikalen und horizontalen Richtung

des eingegebenen stereoskopischen Bildes des Augenfundus, um Integralwerte zu erhalten; einen Differenzialschritt zum Unterscheiden der erhaltenen Integralwerte jeder der Richtungen, um Differenzialwerte zu erhalten; und einen Parallaxeberechnungsschritt zum Erhalten maximaler Kreuzkorrelationswerte der erhaltenen Differenzialwerte jeder der Richtungen und zum Erhalten einer Verschiebung der Parallaxe in jeder der Richtungen auf der Grundlage der erhaltenen maximalen Kreuzkorrelationswerte.

8. Aufzeichnungsmedium nach Anspruch 7, wobei der Integrationsschritt die Dichteinformation der vertikalen Richtung in einem Bereich des Bildes, der keine optische Platte enthält, und die Dichteinformation der horizontalen Richtung in einem Bereich des Bildes, der die optische Platte enthält, integriert.

9. Aufzeichnungsmedium nach Anspruch 7, wobei der Bildentnahmeschritt einen Bildtrennungsschritt zum Trennen und Entnehmen des linken und rechten Bildes auf der Grundlage der erhaltenen Verschiebung der Parallaxe in jeder der Richtungen enthält, so dass das linke und das rechte Bild die entsprechenden Punkte enthalten.

10. Aufzeichnungsmedium nach Anspruch 7, wobei der Schritt zur Erzeugung einer dreidimensionalen Konfiguration umfasst:
einen Schritt zum Entnehmen der entsprechenden Punkte zum Erzeugen linker und rechter Bilder mit Mehrfachauflösung, deren Auflösung fortlaufend verringert wird in Bezug auf das durch den Bildentnahmeschritt entnommene linke und rechte Bild, wobei entsprechende Punkte auf der Grundlage des linken und rechten Bildes mit niedriger Auflösung entnommen werden und fortlaufend entsprechende Punkte des linken und rechten Bildes mit höherer Auflösung auf der Grundlage der entnommenen entsprechenden Punkte entnommen werden.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

FIG. 1

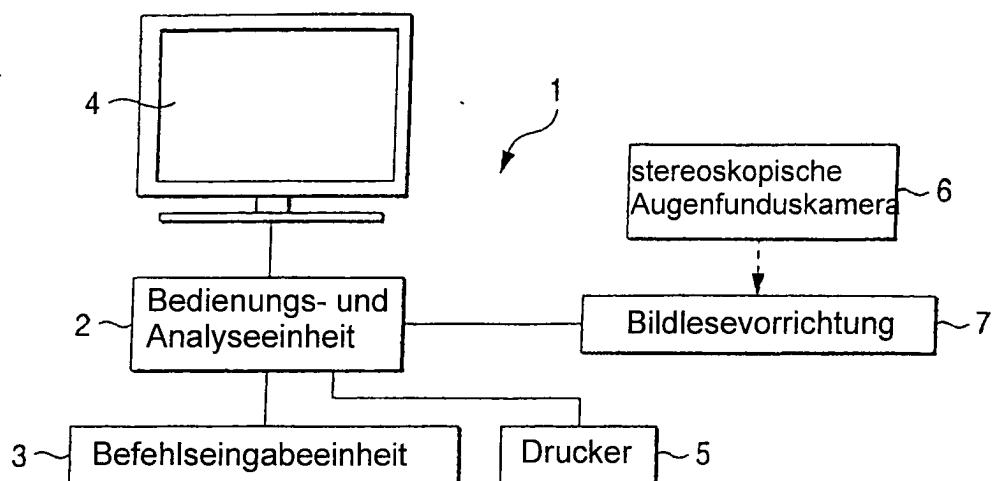


FIG. 2

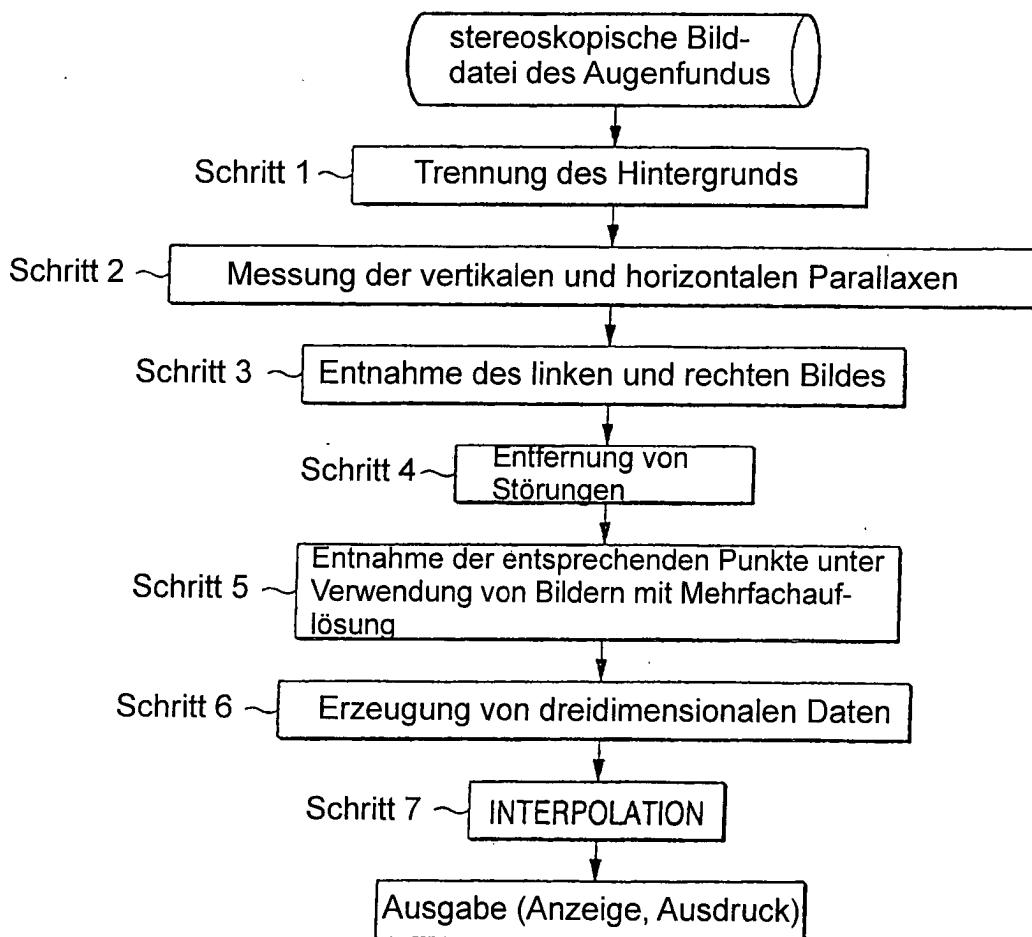


FIG. 3

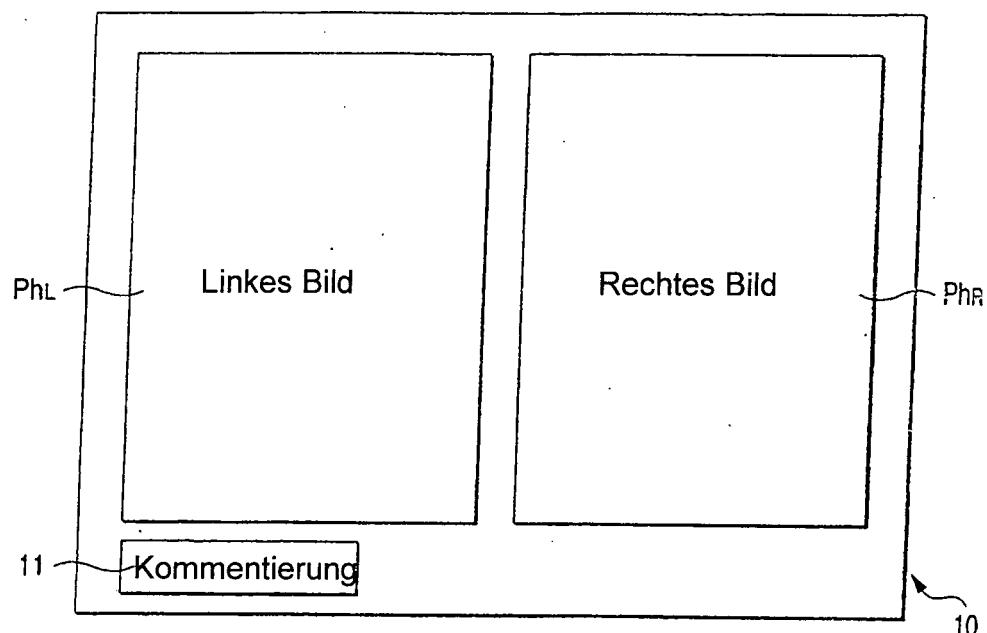


FIG. 4

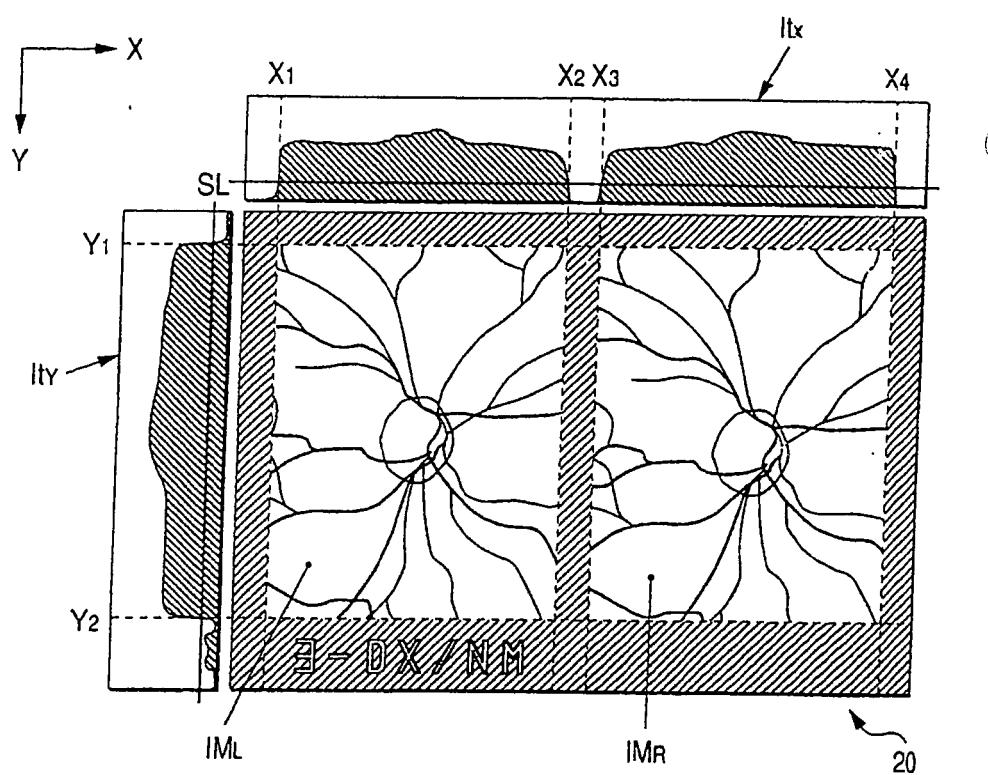


FIG. 5

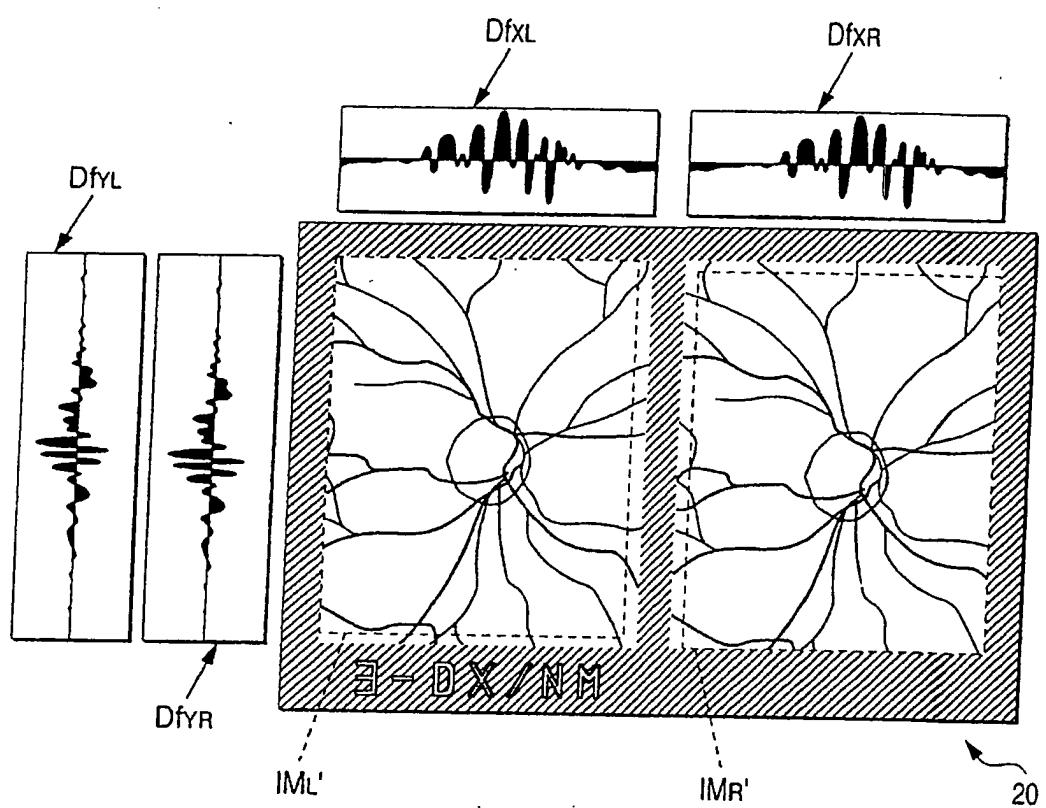


FIG. 6

