



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2005 040 597 A1** 2007.02.22

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2005 040 597.5**

(22) Anmeldetag: **17.08.2005**

(43) Offenlegungstag: **22.02.2007**

(51) Int Cl.⁸: **H04N 13/04 (2006.01)**
G02B 27/22 (2006.01)

(61) Zusatz zu:
10 2005 010 250.6

(72) Erfinder:
Amroun, Sebastien, 01279 Dresden, DE

(71) Anmelder:
SeeReal Technologies GmbH, 01307 Dresden, DE

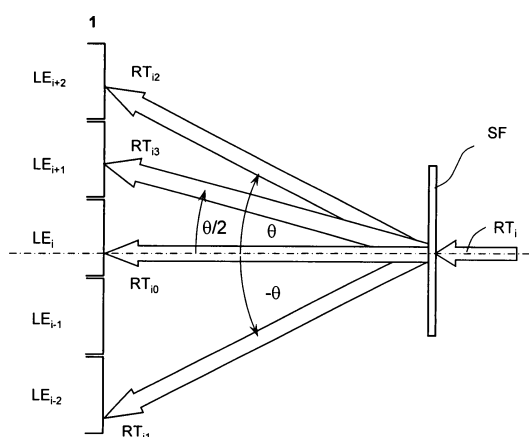
Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Einrichtung zum Nachführen von Sweet-Spots**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Einrichtung zum Nachführen von Sweet-Spots einer Sweet-Spot-Einheit für ein transmissives elektronisches Bilddisplay nach Hauptpatentanmeldung DE 102005010250.

Bei derartigen Displays sollen die Abbildungsqualität und die Homogenität der Ausleuchtung verbessert werden.

Das Display gemäß der Erfindung enthält eine Sweet-Spot-Einheit aus Beleuchtungsmatrix 1, Abbildungsmitteln und einer Bildmatrix 4. Mit einer Steuereinheit werden durch eine inverse Strahlberechnung ermittelte Adressdaten zum Aktivieren von Beleuchtungselementen LE der Beleuchtungsmatrix 1 zum Bereitstellen eines definierten Sweet-Spots 5 für ein Betrachterauge 6 bereitgestellt. Zur Verbesserung der Abbildungsqualität wird für die inverse Strahlberechnung entsprechend der Ausführung der Hauptpatentanmeldung eine zusätzliche optische Komponente im Strahlengang verwendet. Eine Steuereinheit erfasst und berücksichtigt zusätzlich einen definierten Winkel Θ eines Streu- oder Beugungsmittels in einem vorgegebenen Winkelbereich. Damit werden zusätzliche Adressdaten für Beleuchtungselemente LE aktiviert und der definierte Sweet-Spot 5 genauer realisiert.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Einrichtung zum Nachführen von Sweet-Spots einer Sweet-Spot-Einheit für ein transmissives elektronisches Bilddisplay nach Hauptpatentanmeldung DE 10 2005 010 250, um Licht nach Modulation mit Bildern durch das Display gerichtet in Sweet-Spots auf Betrachteraugen für mindestens einen Betrachter abzubilden.

Stand der Technik

[0002] Anwendungsgebiet der Erfindung sind monoskopische und/oder autostereoskopische Displays für einzelne oder mehrere Betrachter. Mit einem Display gemäß der Erfindung können wahlweise Bilder entweder im 2D- oder 3D-Modus oder im gemischten Modus dargestellt werden. Als autostereoskopische Displays werden im Dokument Displays bezeichnet, auf denen mindestens ein Betrachter 3D-Bilder ohne zusätzliche Hilfsmittel sehen kann.

[0003] Die Sweet-Spot-Einheit eines Displays umfasst in Ausbreitungsrichtung des Lichts eine Beleuchtungsmatrix mit einer Vielzahl selbstleuchtender oder lichtdurchstrahlter Beleuchtungselemente sowie Abbildungsmittel mit Abbildungselementen. Die Abbildungsmittel bilden das Licht aktivierter Beleuchtungselemente der Beleuchtungsmatrix in Form eines oder mehrerer Sweet-Spots auf Betrachteraugen mindestens eines Betrachters annähernd durch Parallelstrahlenbündel ab. Dafür ist jedem Abbildungselement der Abbildungsmittel eine Vielzahl von Beleuchtungselementen zugeordnet.

[0004] Aus den Sweet-Spots heraus sollen für jeden Betrachter stets die Homogenität der Darstellung der monoskopischen oder stereoskopischen Informationen auf der Bildmatrix gewährleistet und das Übersprechen auf das jeweils andere Auge bei einer 3D-Darstellung vermieden sowie eine gute Abbildungsqualität realisiert werden. Auch wenn der Betrachter eine neue Position im Raum vor dem Display einnimmt, müssen ihm die monoskopischen oder stereoskopischen Bilder ständig in guter Qualität zur Verfügung stehen.

[0005] Um diese Forderungen optimal erfüllen zu können, wird ein geeignetes Trackingsystem benötigt. Diese bekannten Trackingsysteme sind im Stand der Technik der Hauptpatentanmeldung beschrieben worden. Durch sie werden Daten für die anschließende Verwertung in Nachführeinrichtungen und zur stereoskopischen Informationsdarstellung zur Verfügung gestellt.

[0006] Mit der in der Hauptpatentanmeldung beschriebenen Lösung der hier genannten Probleme unter Anwendung des Verfahrens der inversen

Strahlberechnung werden die im Stand der Technik genannten Nachteile weitestgehend beseitigt. Jedoch hat es sich in der Praxis erwiesen, dass schon bei geringen Abweichungen in der Aktivierung der Lichtquellen, d.h. bei geringfügig zu vielen oder zu wenig aktivierten Lichtquellen für einen definierten Sweet-Spot, Störungen und Defekte der Abbildung auftreten. Beispielsweise ändern sich das Übersprechen zwischen verschiedenen Sweet-Spots sowie die Qualität, wie beispielsweise die Homogenität und der Kontrast der Ausleuchtung, was vom menschlichen Auge sehr genau erkannt wird. Es ist bekannt, dass Streuung und Beugung von optischen Komponenten im Strahlengang ebenfalls einen großen Einfluss auf die Qualität der Abbildung und damit auch der Ausleuchtung der Sweet-Spots haben. Die Streuung oder Beugung kann durch optische Komponenten gezielt in eine horizontale oder vertikale Richtung oder in alle Richtungen gelenkt werden. Durch einen bewussten Einsatz von Streu- oder Beugungsmitteln mit entsprechenden optischen Wirkungen ist es daher möglich, den Strahlenverlauf ohne großen Aufwand kontrolliert zu beeinflussen. Der zugehörige Streu- oder Beugungswinkel dieser Komponenten ist leicht in ein inverses Strahlerechnungsverfahren zu integrieren. Damit kann die Qualität der Sweet-Spots, insbesondere wenn die Struktur der Beleuchtungselemente sehr fein ist, durch eine Erfassung und Berücksichtigung der optischen Eigenschaften der entsprechenden optischen Komponenten bei der Strahlerechnung weiter verbessert werden.

[0007] Die hier benutzte Methode der inversen Strahlerechnung (sogenanntes ray tracing) bestimmt die Lichtausbreitung auf der Basis der geometrischen Optik. Sie nutzt die Eigenschaft des Lichts, dass Lichtwege umkehrbar sind und damit alle Lichtstrahlen vom Auge aus bis zu dem Punkt zurückverfolgt werden, an dem sie erzeugt wurden.

[0008] Die Erfindung geht von einer Einrichtung aus, welche mindestens eine zusätzliche optische Komponente in Form eines Streu- oder Beugungselements im Strahlengang verwendet. Die Erfindung gemäß der Zusatzanmeldung hat daher die Aufgabe, diese zusätzliche optische Komponente in die inverse Strahlerechnung einzubeziehen, um die Qualität der Abbildung und die Homogenität der Ausleuchtung noch weiter zu verbessern.

[0009] Dabei soll weiterhin gelten, dass die Menge der für ein Trackingverfahren in Echtzeit zu berechnenden Daten und die Menge der in einer Look-up-table gespeicherten Daten bei einer vertretbaren Rechenzeit so gering wie möglich ist.

[0010] Mit dem inversen Strahlerechnungsverfahren und der entsprechenden Einrichtung gemäß der Hauptpatentanmeldung, erweitert um die erfindungsgemäßen Merkmale des Hauptanspruchs dieser Zu-

satzanmeldung, wird die vorliegende Aufgabe gelöst. Dazu wird bei der Strahlberechnung mindestens ein Parameter einer zusätzlichen optischen Komponente zur Ermittlung der Adressdaten eingeführt.

[0011] Eine Steuereinheit erfasst und berücksichtigt erfindungsgemäß für die Ermittlung der Adressdaten zusätzlich einen die optischen Eigenschaften eines Streu- oder Beugungsmittels definierenden Winkel θ in Winkelbereichen. Der Winkel θ ist der Streuwinkel eines Streumittels aus mindestens einem Streuelement oder der Beugungswinkel eines Beugungsmittels aus mindestens einem Beugungselement.

[0012] Da zum Generieren eines Sweet-Spots gemäß der Hauptpatentanmeldung eine Vielzahl von Strahlen erforderlich ist, wird auch mit einer Vielzahl von auf den Winkel θ bezogenen Winkelbereichen gerechnet. Die Steuereinheit erfasst diese Winkelbereiche vorzugsweise in Abhängigkeit vom Rastermaß der jeweils verwendeten Beleuchtungsmatrix. Das Erfassen und Berücksichtigen der Daten des Winkelbereichs erfolgt zur Vereinfachung des Berechnungsverfahrens dabei unabhängig vom Ort des im Strahlengang angeordneten Streu- oder Beugungsmittels, aber immer an Orten, die von der inversen Strahlberechnung berührt werden. Zur Bereitstellung eines definierten Sweet-Spots werden alle mit der inversen Strahlberechnung ermittelten Beleuchtungselemente der Beleuchtungsmatrix aktiviert. Das erfindungsgemäße Verfahren kann sowohl in monoskopischen als auch autostereoskopischen Displays jeweils unabhängig für mehrere Betrachter angewandt werden.

Aufgabenstellung

[0013] Durch Einführen einer weiteren Komponente in das Verfahren mit der inversen Strahlberechnung gemäß der Hauptpatentanmeldung wird die Qualität der Ausleuchtung der Sweet-Spots verbessert, ohne dass sich die Menge der in einer Look-up-table (LUT) gespeicherten Transferdaten und deren rechnerische Verarbeitungszeit gegenüber dem Hauptpatent wesentlich vergrößert. Durch die erfindungsgemäße Berücksichtigung von Streu- oder Beugungsmitteln bei der Strahlberechnung werden auf einfache Art und Weise zusätzliche Beleuchtungselemente aktiviert. Damit wird erreicht, dass auftretende Defekte der Abbildung, wie dunkle Streifen, Übersprechen und schlechter Bildkontrast, weiter verringert bzw. beseitigt werden.

[0014] Die Erfindung betrifft ebenfalls eine Einrichtung zum Bereitstellen eines Steuersignals zum Nachführen eines Sweet-Spots einer Sweet-Spot-Einheit für ein Display der eingangs genannten Art mit entsprechenden Steuer- und Speichermitteln sowie Streu- oder Beugungsmitteln zur Durchführung des Verfahrens.

Ausführungsbeispiel

[0015] Anhand von Zeichnungen wird die Erfindung näher dargestellt. Es zeigen

[0016] [Fig. 1](#) eine Draufsicht auf eine schematische Darstellung eines Multi-User-Displays mit einer Sweet-Spot-Einheit, einer Bildmatrix **4** und einem Betrachterauge **6** in einem Sweet-Spot **5**,

[0017] [Fig. 2](#) von Referenzpunkten P_1 bis P_4 eines Sweet-Spots zu Bildpunkten D_p und D_r der Bildmatrix **4** verlaufende Lichtstrahlen mit entsprechenden Blickwinkeln α in Draufsicht,

[0018] [Fig. 3a](#) eine Beleuchtungselemente-Liste **7** mit einem Muster M von Beleuchtungselementen LE ,

[0019] [Fig. 3b](#) einen Ausschnitt der Beleuchtungsmatrix **1** mit aktivierten und nichtaktivierten Beleuchtungselementen LE und

[0020] [Fig. 4](#) in Draufsicht einen im inversen Strahlberechnungsverfahren verfolgten Lichtstrahl RT_i , der an einem Streumittel SF in einem Winkelbereich $\pm\theta$ gestreut wird und dessen gestreute Lichtstrahlen RT_{i0} bis RT_{i3} zu Beleuchtungselementen LE verlaufen.

[0021] In der Beschreibung wird vorzugsweise auf ein autostereoskopisches Display Bezug genommen.

[0022] Einzelheiten des Verfahrens ergeben sich aus der Hauptpatentanmeldung und der Beschreibung von nachfolgenden Ausführungsbeispielen der Erfindung.

[0023] Anhand der [Fig. 1](#) bis [Fig. 4](#) werden das Verfahren zum Nachführen eines Sweet-Spots **5** einer Sweet-Spot-Einheit und eine Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens gemäß der Erfindung näher beschrieben. Dem Verfahren liegt dabei der Gedanke zugrunde, für jede Position eines Betrachters immer nur die Beleuchtungselemente LE zu aktivieren, die einen gut begrenzten Sweet-Spot **5** mit bester Helligkeit und Homogenität bei hoher Stereo-Bildqualität liefern. Zum besseren Verständnis der Zusatzanmeldung werden die [Fig. 1](#), [Fig. 3a](#) und [Fig. 3b](#) aus der Hauptanmeldung hier in einer Kurzdarstellung soweit wiedergegeben, wie es zum Verständnis der Erfindung nötig ist. Sie erklären, wie mit der inversen Strahlberechnung ein definierter Sweet-Spot **5** entsteht.

[0024] In [Fig. 1](#) enthält das autostereoskopische Display die Hauptkomponenten Sweet-Spot-Einheit, gebildet aus der Beleuchtungsmatrix **1** mit den Beleuchtungselementen LE_{on} bis LE_{qk} und Abbildungsmitteln aus einem Lentikular **2** und einer Fresnellinse **3**. Zur Darstellung des Stereobildes dient eine transparente Bildmatrix **4** mit Bildpunkten D_o bis D_q , die

vom unmodulierten Licht der Sweet-Spot-Einheit durchschienen wird. Zur vereinfachten Darstellung enthalten die Figuren nur ein Betrachterauge **6** mit einem Sweet-Spot **5**, der durch Referenzpunkte P_0 bis P_n gekennzeichnet ist.

[0025] In [Fig. 2](#) werden zur Erklärung des inversen Strahlberechnungsverfahrens Strahlenverläufe angenommen, die jeweils von Referenzpunkten P_1 bis P_4 des Sweet-Spots zu zwei willkürlich ausgewählten Bildpunkten D_r und D_o auf der Bildmatrix **4** mit den entsprechenden vier Blickwinkeln α_{r1} bis α_{r4} und α_{p1} bis α_{p4} verlaufen.

[0026] [Fig. 3a](#) zeigt eine Beleuchtungselemente-Liste **7**, in der alle von einer Steuereinheit ermittelten Adressdaten von Beleuchtungselementen LE der Beleuchtungsmatrix **1** berücksichtigt wurden und zu einem Muster M zusammengefasst sind. Entsprechend diesem Muster M werden Beleuchtungselemente LE aktiviert ([Fig. 3b](#)), die den definierten Sweet-Spot **5** realisieren.

[0027] In [Fig. 4](#) ist der Verlauf eines von einem beliebigen Referenzpunkt aus verfolgten Berechnungsstrahls RT_i und seine Streuung an einer beispielgebenden Streufolie SF mit dem definierten Streuwinkel θ dargestellt. Es wird gezeigt, wie unter Einbeziehung einer zusätzlichen optischen Komponente mit einem Winkelbereich $\pm\theta$ und $\pm\theta/2$, ausgehend vom Streuwinkel θ am Ort eines Streu- oder Beugungsmittels SF, zusätzliche Beleuchtungselemente LE aktiviert werden können. Der Winkelbereich $\pm\theta$ wird hier nur in horizontaler Richtung erfasst. Prinzipiell ist diese Vorgehensweise zusätzlich auch noch in vertikaler Richtung möglich.

[0028] Die Beleuchtungsmatrix **1** ist ein wesentliches Element der Sweet-Spot-Einheit eines Multi-User-Displays. Durch sie kann dem Betrachter mit einem Sweet-Spot **5** stets ein optimal homogen ausgeleuchtetes Stereobild auch bei Bewegungen zur Verfügung gestellt werden.

[0029] Mit Hilfe der Beleuchtungsmatrix **1**, die gemäß [Fig. 1](#) aus einer Vielzahl einzeln aktivierbarer Beleuchtungselemente LE_{on} bis LE_{qk} besteht, können der Ort, die Anzahl und auch die Ausdehnungen der zu erzeugenden Sweet-Spots **5** durch eine Steuereinheit, wie in der Hauptpatentanmeldung beschrieben, realisiert werden. Im dargestellten Ausführungsbeispiel sind die Beleuchtungselemente LE die monochromen Beleuchtungselemente eines LCDs, die Licht von einem nicht dargestellten Backlight erhalten. Sie können aber auch LEDs, OLEDs oder ähnliche punkt- oder spaltförmige, einzeln aktivierbare Beleuchtungselemente in regulärer Anordnung sein.

[0030] Das Abbildungsmittel ist mehrteilig ausgeführt und besteht aus einem Lentikular **2** und einer

Fresnellinse **3** in der Funktion einer Feldlinse, welche den Sweet-Spot **5** auf ein Betrachterauge **6** abbildet. Das Abbildungsmittel kann aber auch nur das Lentikular **2** allein sein. Weitere geeignete Abbildungsmittel sind in der Hauptpatentanmeldung aufgeführt.

[0031] Im Betrachterraum vor dem Display ist in [Fig. 1](#) in Draufsicht ein Betrachterauge **6** in einem ausgedehnten Sweet-Spot **5** in einer vorgegebenen Ebene dargestellt. Der Sweet-Spot **5** ist zunächst nicht real vorhanden, sondern wird unter Berücksichtigung von Systemparametern und Betrachterbedingungen vordefiniert. Die Sweet-Spot-Ausdehnung ist durch Referenzpunkte P_1 bis P_n gekennzeichnet. Die Referenzpunkte P_1 bis P_n können auch in einem beliebigen Muster dreidimensional angeordnet sein. Für ein definiertes Rechteck sollte n für die inverse Strahlberechnung z. B. mindestens vier sein, um klar begrenzte Sweet-Spots **5** realisieren zu können. Im Ausführungsbeispiel ist n gleich 12. Die Tiefenausdehnung des Sweet-Spots **5** kann größer oder kleiner sein als hier dargestellt. Das hängt von der Genauigkeit des verwendeten Positionsfinders und/oder der Position des Betrachterauges **6** in Bezug auf das Display ab. Je genauer der Positionsfinder misst, umso kleiner kann die Ausdehnung sein. Der Punkt P_0 gibt genau die Augenposition wieder, die vom Positionsfinder bei der Positionsbestimmung erfasst wird. Bei mehreren Betrachtern werden nacheinander alle im Betrachterraum vorhandenen Augen **6** dynamisch erfasst und deren Positionsdaten der Steuereinheit für die inverse Strahlberechnung zur Verfügung gestellt.

[0032] Nach der kontinuierlich dreidimensional in Echtzeit erfolgenden Positionsbestimmung eines Betrachterauges **6** im Punkt P_0 wird für die Umgebung des Auges in diskreten Referenzpunkten P_1 bis P_n ein real noch nicht vorhandener Sweet-Spot **5** definiert. Von jedem Referenzpunkt P_1 bis P_n aus werden Strahlenverläufe RT_1 bis RT_n zu Bildpunkten D_0 bis D_q einer ausgewählten Zeile der Bildmatrix **4** in der Steuereinheit berechnet (s. [Fig. 1](#)). Als Grundlage der Bildpunktberechnungen ist die Bildmatrix **4** in ein Raster mit einem konstanten Pitch unterteilt. Der Pitch kann mit dem Pitch der Bildmatrix **4** identisch sein, muß es aber nicht. Es ist auch ein Raster denkbar, das aus mehreren Bereichen mit unterschiedlichem Pitch besteht. Für die inverse Strahlberechnung ist es aber vorteilhaft, einen größeren Pitch als den der Bildmatrix zu benutzen, weil dadurch erhebliche Rechenkapazität eingespart wird.

[0033] Die Bildpunkte D_0 bis D_q sind in einer Richtung durch die x-Koordinate der Zeile, auf der sie sich befinden, als Parameter gekennzeichnet. Praktisch wird zur Berechnung die mittlere Zeile der Bildmatrix ausgewählt, da von Betrachtern eine zentrale Blickposition zum Bilddisplay bevorzugt wird. Ein weiterer Parameter der Berechnung ist der Blickwinkel α , mit dem Strahlen von den Referenzpunkten P_1 bis P_n zu

den Bildpunkten D_0 bis D_q des Rasters gelangen. In der Praxis hat sich erwiesen, dass die Anzahl der Blickwinkel α für eine aussagekräftige Berechnung ungefähr 4000 betragen sollte. Nimmt man wesentlich weniger als 4000, würde die Genauigkeit des Trackings negativ beeinträchtigt werden.

[0034] Im Ausführungsbeispiel gemäß [Fig. 1](#) sind die Beleuchtungselemente LE_{0n} bis LE_{qk} die monochromen Beleuchtungselemente eines Shutters mit nicht dargestelltem Backlight. Am Ort des Referenzpunktes P_0 befindet sich das Betrachterauge **6**. Für die äußeren Referenzpunkte P_k und P_n sind die Lichtstrahlen entsprechend der Strahlberechnung zu den äußeren Bildpunkten D_0 und D_q eingezeichnet. Für den Referenzpunkt P_1 ist der Lichtstrahl zum Bildpunkt D_p mit dem Blickwinkel α_{p1} , unter dem er zu einem Rasterpunkt der Bildmatrix **4** gelangt, zu sehen. Der Strahlenverlauf vom Bildpunkt D_p durch das Abbildungsmittel endet auf der Beleuchtungsmatrix **1** im Beleuchtungselement LE_{p1} , das sich vorzugsweise in der mittleren Zeile der Bildmatrix **4** befindet. Diese Berechnung wird für alle Bildpunkte D_0 bis D_q für eine große Anzahl von Blickwinkeln α durchgeführt. So wird garantiert, dass alle Beleuchtungselemente LE_{0n} bis LE_{qk} erreicht werden, die für eine homogene Ausleuchtung des mit den Referenzpunkten P_1 bis P_n definierten Sweet-Spots **5** notwendig sind. Die von den Lichtstrahlen erreichten Beleuchtungselemente LE_{0n} bis LE_{qk} werden mit den zugehörigen Spalten aktiviert.

[0035] Werden zu wenig Beleuchtungselemente LE_{0n} bis LE_{qk} aktiviert, ist der Sweet-Spot **5** mit dem zugeschalteten Bild zu wenig ausgeleuchtet. Werden dagegen zu viele Beleuchtungselemente LE_{0n} bis LE_{qk} aktiviert, beleuchtet der Sweet-Spot **5** zusätzlich das falsche Auge, wodurch ein erhöhtes Stereo-Übersprechen auftritt und der Stereo-Bildkontrast vermindert wird.

[0036] Eine weitere Variante für einen definierten Sweet-Spot ist in [Fig. 2](#) zu sehen. Hier ist dargestellt, dass Lichtstrahlen der inversen Strahlberechnung jeweils von vier Referenzpunkten P_1 bis P_4 aus zu zwei verschiedenen Bildpunkten D_r und D_p mit unterschiedlichen Blickwinkeln α_{r1} bis α_{r4} und α_{p1} bis α_{p4} verlaufen. Diese Sweet-Spot Konfiguration wird bevorzugt definiert, wenn sich ein Betrachter sehr nahe zum Positionsfinder aufhält und daher die Position des Betrachterauges mit wenigen Referenzpunkten sehr genau bestimmt werden kann.

[0037] Allgemein gesagt erhält man als Ergebnis der inversen Strahlberechnung in Echtzeit von Referenzpunkten P eines definierten Sweet-Spots **5** aus bis zu den entsprechenden Bildpunkten D eines Rasters der Bildmatrix **4** Eingangsdaten für in einer Look-up-table (LUT) vorberechnete und gespeicherte Datensätze.

[0038] Durch einen Vergleich der Parameter der in Echtzeit berechneten Datensätze und der vorberechneten Datensätze in der Steuereinheit ermittelt man Adressdaten für jeweils das Beleuchtungselement LE , das vom Lentikular **2** und der Fresnellinse **3** in den entsprechenden Referenzpunkt P abgebildet wird. Dabei kann das gleiche Beleuchtungselement LE mehrfach von Lichtstrahlen getroffen werden, wie es in [Fig. 3a](#) in einer Beleuchtungselemente-Liste **7** erkennbar ist. Die Zahl in der Liste gibt an, wie oft ein Beleuchtungselement LE bei der Strahlberechnung von den Referenzpunkten P aus getroffen wurde. Jedoch zählt für das Aktivieren der Beleuchtungselemente LE nicht die Anzahl der Treffer der Lichtstrahlen, sondern es werden generell alle Beleuchtungselemente LE aktiviert, die mindestens einmal durch einen Lichtstrahl RT getroffen werden. Von der Steuereinheit veranlasst, wird aus den Adressdaten ein Muster M aller Beleuchtungselemente LE gebildet, mit denen in der Beleuchtungsmatrix **1** entsprechende Spalten aktiviert werden (s. [Fig. 3b](#)). Damit kann für das ausgewählte Betrachterauge **6** am vorbestimmten Ort genau der definierte Sweet-Spot **5** realisiert werden.

[0039] Werden nach dem beschriebenen Verfahren der inversen Strahlberechnung einige Beleuchtungselemente LE nicht aktiviert, sieht man vom Ort des Sweet-Spots **5** aus das Stereobild mit den oben genannten Nachteilen. Man kann z.B. die Ränder der einzelnen Lentikel als dunkle Streifen im Bild erkennen und die Ausleuchtung der Bildmatrix **4** ist nicht homogen. Es hat sich als vorteilhaft erwiesen, zusätzlich die Streuung oder Beugung des Lichtes in der inversen Strahlberechnung zu berücksichtigen. Dazu wird erfindungsgemäß ein Winkel θ eingeführt, der ein Streu- oder ein Beugungswinkel sein kann und in festgelegten Winkelbereichen bei der Strahlberechnung erfasst und berücksichtigt wird. Zur Vereinfachung der weiteren Beschreibung wird die Erfindung im Wesentlichen an einem Streumittel dargestellt, das jederzeit durch das Beugungsmittel ersetzt werden kann.

[0040] Dem Abbildungsmittel ist im Strahlengang des Displays praktisch ein Streumittel mit mindestens einem Streuelement zugeordnet. Das Streuelement ist beispielsweise als Streufolie SF mit einem definierten Streuwinkel ausgeführt und vor oder hinter der Fresnellinse **3** oder an anderen Orten im Strahlengang angeordnet. Werden mehrere Streufolien SF verwendet, kann jede einen anderen Streuwinkel besitzen, mit dem entsprechend der Darstellung in [Fig. 4](#) zusätzliche Parameter in Winkelbereichen zur Ermittlung von Adressdaten erfasst und berücksichtigt werden können. Analoges gilt für Beugungsmittel und Beugungswinkel.

[0041] Es liegt im Rahmen der Erfindung, dass der Winkelbereich auch horizontal und vertikal zur Ermitt-

lung von zusätzlichen Adressdaten erfasst und berücksichtigt werden kann.

[0042] Im Ausführungsbeispiel gemäß [Fig. 4](#) wird schematisch und ausschnittsweise für einen inversen Lichtstrahl RT_i gezeigt, wie ausgehend vom definierten Streuwinkel θ einer Streufolie SF, ein Winkelbereich $\pm\theta$ festgelegt wird. Der ausgewählte Lichtstrahl RT_i kommt von einem beliebigen Referenzpunkt P und hat die Bildmatrix **4** in einem Bildpunkt D passiert. Er wird an der Streufolie SF gestreut, wodurch mehrere mit einem Pfeil dargestellte Lichtstrahlen RT_{i0} bis RT_{i3} auf Beleuchtungselemente LE_{i-2} bis LE_{i+2} der Beleuchtungsmatrix **1** treffen. Benutzt man den Winkelbereich $\pm\theta$ zur Strahlberechnung, wird jedes zweite Beleuchtungselement aktiviert. Halbiert man aber die Winkelbereiche nochmals um beispielsweise den Faktor $\theta/2$ entsprechend [Fig. 3](#), werden mit der inversen Strahlberechnung zusätzlich die Beleuchtungselemente LE_{i-2} bis LE_{i+2} von Lichtstrahlen getroffen. Somit kann die Anzahl von zu aktivierenden Beleuchtungselementen LE, die einen Beitrag zur homogenen Ausleuchtung des definierten Sweet-Spots **5** liefern, genauer bestimmt werden und das Risiko des Nichtaktivierens von Beleuchtungselementen LE reduziert sich weiter. Die Anzahl der auf diese Weise zusätzlich zu aktivierenden Lichtstrahlen ist in der Realität aber sehr viel größer.

[0043] Die Größe des jeweils zu verwendenden Winkelbereichs hängt auch von der Rastergröße der verwendeten Beleuchtungsmatrix **1** ab. Je feiner deren Einteilung ist, umso feiner muß der für die Strahlberechnung zu benutzende Winkelbereich auf der Grundlage des aktuellen Streu- oder Beugungswinkels bestimmt werden. Dabei ist aber zu beachten, dass mit feinerer Winkeleinteilung mehr Adressdaten gewonnen werden und sich damit die Rechenzeit erhöhen wird. Deshalb ist es bei der Anwendung des inversen Strahlberechnungsverfahrens wichtig, einen vertretbaren Aufwand von Mitteln und Rechenkapazität einzuhalten und trotzdem eine gute Abbildungsqualität und homogene Ausleuchtung der definierten Sweet-Spots **5** zu erreichen.

[0044] Alle so ermittelten Werte vieler Winkelbereiche werden von der Steuereinheit zur Ermittlung und Berücksichtigung von Adressdaten benutzt. Damit enthalten die Adressdaten neben der x-Koordinate jeweils einen Blickwinkel α und einen dem Streu- oder Beugungswinkel entsprechenden Winkel θ oder $\theta/2$. Mit den zusätzlich ermittelten Adressdaten erhöht sich die Genauigkeit der zu aktivierenden Mindestanzahl von Beleuchtungselementen LE für die Bereitstellung des definierten Sweet-Spots **5**.

[0045] Zur Erfindung gehört auch eine Einrichtung, die als ein Prozessor mit Baugruppen entsprechend dem unabhängigen Einrichtungsanspruch zum Ausführen der beschriebenen inversen Strahlberech-

nung ausgebildet ist.

[0046] Mit dem Verfahren zum Nachführen eines Sweet-Spots einer Sweet-Spot-Einheit wird vorteilhaft ein Display geschaffen, bei dem ein optimales Muster von Beleuchtungselementen mit einem Minimum von Daten einen Sweet-Spot in einer Betrachterebene erzeugt, von dem aus der Betrachter eine Information in einer stets homogen ausgeleuchteten Bildmatrix sehen kann. Da bei der inversen Strahlberechnung die Aberrationen mit berücksichtigt werden, hat das Display vorteilhafterweise sehr geringe Abbildungsfehler.

[0047] Die Verwendung der Look-up-table bringt den Vorteil, dass die einzelnen für die Ausleuchtung des Sweet-Spots benötigten Beleuchtungselemente nicht ständig neu berechnet werden müssen. Dadurch kann in Echtzeit schnell und präzise einem Betrachterauge der Sweet-Spot mit dem entsprechenden Stereobild nachgeführt und der Trackingbereich für einen Betrachter vergrößert werden.

Bezugszeichenliste

1	Beleuchtungsmatrix
2	Lentikular
3	Fresnellinse
4	Bildmatrix
5	Sweet-Spot
6	Betrachterauge
7	Beleuchtungselemente-Liste
LE	Beleuchtungselement
D	Bildpunkt
M	Muster
P	Referenzpunkt
RT	Lichtstrahl
SF	Streufolie
α	Blickwinkel
θ	Winkel (Streu- oder Beugungswinkel)

Patentansprüche

1. Verfahren zum Nachführen von Sweet-Spots einer Sweet-Spot-Einheit im Strahlengang eines Displays, das nach Patentanmeldung DE 10 2005 010 250 eine Bildmatrix und eine Beleuchtungsmatrix mit Beleuchtungselementen zum Bereitstellen des Sweet-Spots für mindestens ein Betrachterauge enthält und bei dem eine Steuereinheit in einer inversen Strahlberechnung, ausgehend von dem entsprechenden Betrachterauge, Adressdaten von Beleuchtungselementen zum Aktivieren dieser Beleuchtungselemente ermittelt, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Steuereinheit für die Ermittlung der Adressdaten zusätzlich einen die optischen Eigenschaften eines Streu- oder Beugungsmittels definierenden Winkel (θ) in Winkelbereichen erfasst und berücksichtigt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem der Winkel (θ) ein Streuwinkel des Streumittels aus mindestens einem Streuelement oder ein Beugungswinkel des Beugungsmittels aus mindestens einem Beugungselement ist.

3. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die auf den Winkel θ bezogenen Winkelbereiche unabhängig vom Ort des im Strahlengang angeordneten Streu- oder Beugungsmittels in die Ermittlung der Adressdaten einbezogen werden.

4. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Steuereinheit die Winkelbereiche in Abhängigkeit vom Rastermaß der verwendeten Beleuchtungsmatrix (1) erfasst.

5. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem zur Bereitstellung des definierten Sweet-Spots (5) wenigstens alle mit der inversen Strahlberechnung ermittelten Beleuchtungselemente (LE) der Beleuchtungsmatrix (1) aktiviert werden.

6. Einrichtung zum Steuern einer Sweet-Spot-Einheit für ein Display mit einer Bildmatrix und Bildpunkten, einer Beleuchtungsmatrix mit Beleuchtungselementen und mit Abbildungsmitteln, um Licht auf Betrachteraugen in Sweet-Spots abzubilden, mit einem Positionsfinder zur Positionserfassung von Betrachteraugen und mit einer Steuereinheit, die Adressdaten zum Aktivieren entsprechender Beleuchtungselemente bereitstellt, zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch

- Steuermittel zum Festlegen von Referenzpunkten (P) für die Definition eines Sweet-Spots (5) und zur Durchführung einer inversen Strahlberechnung von den Referenzpunkten (P) zu den Bildpunkten (D) in einem vorgegebenen Raster auf der Bildmatrix (4), um Adressdaten für ein Beleuchtungselement (LE) zu ermitteln und aus den Adressdaten ein Muster (M) von aktiven Beleuchtungselementen (LE) zum Realisieren definierter Sweet-Spots (5) zu bilden
- Speichermittel zum Speichern berechneter Datensätze für den Strahlenverlauf von definierten Bildpunkten (D) aus und zum Parametervergleich für das Erstellen von Adressdaten für Beleuchtungselemente (LE) und
- Streu- oder Beugungsmittel, deren optische Eigenschaften zusätzliche Adressdaten für zusätzlich zu aktivierende Beleuchtungselemente (LE) festlegen.

7. Einrichtung nach Anspruch 1 und 6, bei der die auf den definierten Winkel θ bezogenen Winkelbereiche in der Strahlberechnung mit in den vorberechneten und in einer LUT gespeicherten Datensätzen enthalten sind.

8. Einrichtung nach Anspruch 6, bei der das Display ein autostereoskopisches Display ist.

9. Einrichtung nach Anspruch 6, bei der das Display ein autostereoskopisches Multi-User-Display ist.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

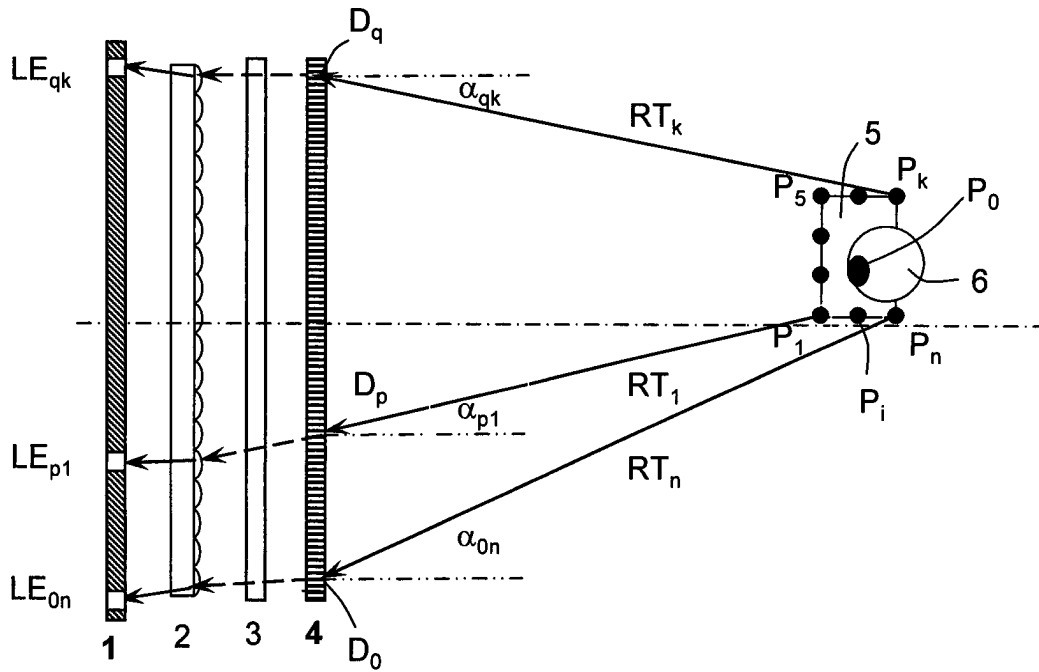


Fig. 1

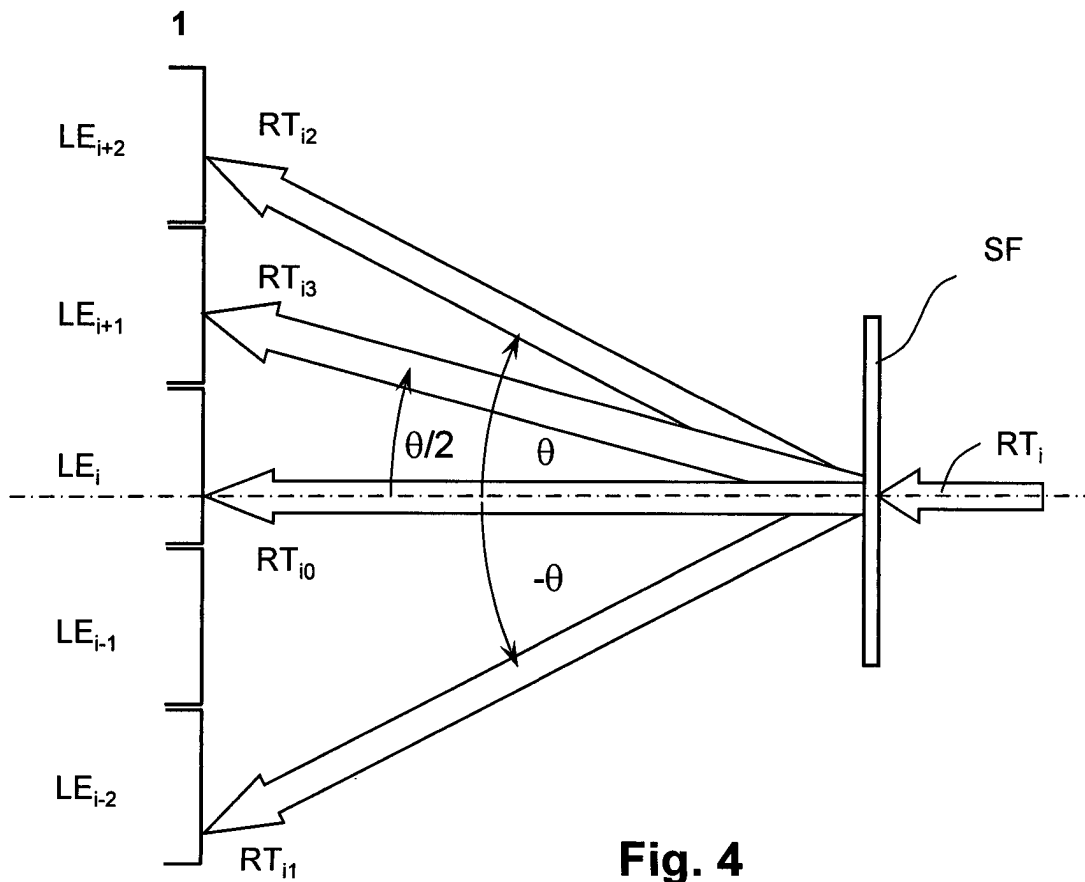


Fig. 4

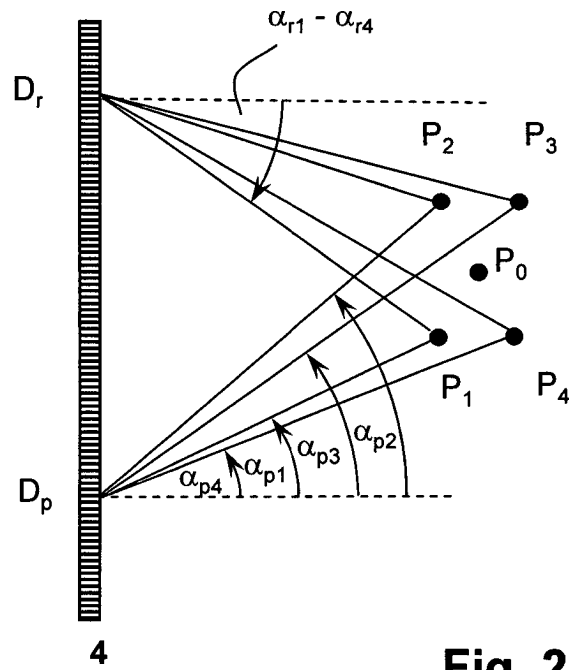


Fig. 2

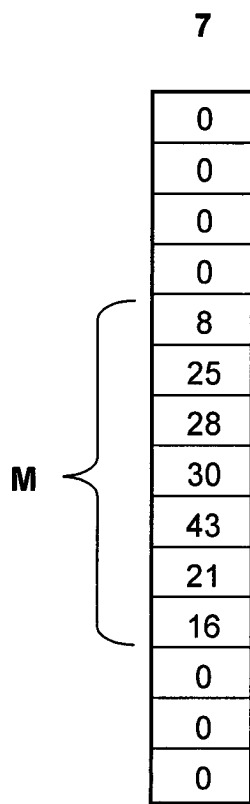


Fig. 3a



Fig. 3b