



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 600 23 692 T2** 2006.07.13

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 183 558 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **600 23 692.7**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/GB00/01903**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **00 927 601.5**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2000/075699**

(86) PCT-Anmeldetag: **18.05.2000**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **14.12.2000**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **06.03.2002**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **02.11.2005**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **13.07.2006**

(51) Int Cl.⁸: **G02B 5/32** (2006.01)
G03H 1/26 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

9913432 09.06.1999 GB

(73) Patentinhaber:

QinetiQ Ltd., London, GB

(74) Vertreter:

**BEETZ & PARTNER Patentanwälte, 80538
München**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT,
LI, LU, MC, NL, PT, SE**

(72) Erfinder:

**PAIN, Douglas, Malvern, Warwickshire WR14 3PS,
GB; SLINGER, Christopher W., Malvern,
Warwickshire WR14 3PS, GB**

(54) Bezeichnung: **HOLOGRAPHISCHE ANZEIGE**

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 eingelegt, 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

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf holographische Anzeigevorrichtungen und insbesondere auf holographische Anzeigen, bei denen ein elektrisch adressierbarer Raumlichtmodulator eingesetzt wird, um modulierte Licht zu erzeugen, das auf einen optisch adressierbaren Raumlichtmodulator geworfen wird.

[0002] Es ist allgemein bekannt, dass ein dreidimensionales Bild dargestellt werden kann durch Bilden eines Interferenzmusters oder Hologramms auf einer ebenen Oberfläche. Das dreidimensionale Bild wird sichtbar, wenn das Hologramm entsprechend beleuchtet wird. In letzter Zeit stieg das Interesse an so genannten Rechner-erzeugten Hologrammen (Computer Generated Holograms, CGH), die die Möglichkeit eröffnen, Bilder, die nicht auf realen Objekten basieren müssen, mit hoher Qualität und mit entsprechender Tiefe (Depth Cues) und ohne Notwendigkeit von Betrachtungsbrillen darstellen zu können. Das größte Interesse herrscht vielleicht an medizinischen und Design-Gegenständen, wo der Bedarf an realistischen Darstellungstechniken groß ist.

[0003] Typischerweise beinhaltet ein Rechner-erzeugtes Hologramm die Erzeugung einer Matrix von Datenwerten (wobei jeder Datenwert einem Lichttransmissionspegel entspricht), die das Hologramm simulieren, das andernfalls auf einer realen planen Oberfläche erzeugt werden könnte. Die Matrix steuert einen elektrisch adressierbaren Raumlichtmodulator (Electrically Addressable Spatial Light Modulator, EASLM), der beispielsweise aus einem zweidimensionalen Array aus Flüssigkristallelementen oder aus akusto-optischen Modulatoren bestehen kann. Kohärentes Licht wird auf den EASLM beispielsweise unter Verwendung eines Lasers gelenkt, so dass das Ergebnis entweder nach Reflexion von dem EASLM oder nach Durchlaufen durch den EASLM am Ende ein modulierte Lichtmuster ist.

[0004] Um ein dreidimensionales Bild von vernünftiger Größe und Ansichtswinkel zu erzeugen, umfasst der EASLM typischerweise eine große Anzahl von Pixeln, z. B. 10^{10} . Außerdem müssen die Pixel des EASLM mit hoher Genauigkeit in Bezug aufeinander angeordnet werden. Die Vorrichtung muss außerdem in der Lage sein, kohärentes Licht zu modulieren, das beispielsweise von einem Laser erzeugt wurde. Diese Anforderungen sind extrem anspruchsvoll und lassen sich in der Praxis nur mit hohem Aufwand erfüllen.

[0005] Ein anderer Ansatz ergibt sich aus GB2330471A und ist schematisch in [Fig. 1](#) dargestellt. In dieser Veröffentlichung wird eine holographische Anzeigetechnik beschrieben, die als "Active Ti-

ling" (Handelsname) bezeichnet wird und bei der ein relativ kleiner EASLM **1** im Zusammenhang mit einem relativ großen optisch adressierbaren Raumlichtmodulator (Optically Addressable Spatial Light Modulator, OASLM) **2** eingesetzt wird. Die holographische Matrix wird in eine Gruppe von Teilhologrammen unterteilt, wobei die Daten für jedes Teilhologramm ihrerseits an den EASLM **1** geschickt werden. Der EASLM **1** wird von einer Seite mit inkohärentem Licht **3** beleuchtet. Der OASLM **2** umfasst eine Schicht aus einem bistabilen Flüssigkristall (in einem Beispiel ist der Flüssigkristall ein ferroelektrischer Flüssigkristall), der durch einfallendes Licht von einem ersten in einen zweiten Zustand gebracht wird. Leiteroptiken **4** zwischen dem EASLM **1** und dem OASLM **2** bewirken, dass das Ausgangssignal des EASLM **1** (d.h. Licht, das durch den EASLM **1** hindurch fällt) schrittweise über die Oberfläche des OASLM **2** abgelenkt wird. Die bistabile Eigenschaft des OASLM-Flüssigkristalls hat zur Folge, dass der Abschnitt oder der "Teilbereich" **5** des OASLM **2**, auf den das Teilhologrammbild abgebildet wird, sich bis zu dem Zeitpunkt an das Bild erinnert, an dem der OASLM durch das Anlegen einer elektrischen Spannung zurückgesetzt wird. Es versteht sich, dass das Erzeugen einer Spannung zum Zurücksetzen nur am Ende eines vollständigen Durchlaufs stattfindet, unmittelbar vor dem Zurücksetzen wird der OASLM **2** eine Kopie der vollständigen holographischen Matrix "abgespeichert" haben. Die holographische Anzeige umfasst typischerweise eine große Ausgangslinse, die jedoch in [Fig. 1](#) nicht gezeigt ist.

[0006] Der Einsatz eines OASLM **2** in der Anzeige nach GB2330471A ist anspruchsvoll und aufwendig bei der Implementierung in der Praxis. Die Notwendigkeit, dass der OASLM Speicherkapazitäten hat und am Ende jedes Durchlaufs zurückgesetzt werden muss, was den Einsatz von Oberflächenelektroden zwingend erforderlich macht, macht die holographische Anzeige außerdem komplizierter und daher aufwendiger.

[0007] In US5652666 wird eine Vorrichtung zum Anzeigen von holographischen Bildern beschrieben. Die Vorrichtung umfasst einen Raumlichtmodulator, der Bilder erzeugt, die vertikale Streifen eines Hologramms darstellen. Ein Abtastspiegel wird eingesetzt, um die Streifen über eine Bildebene abzutasten, so dass ein Betrachter ein zusammengesetztes Hologramm wahrnimmt, das aus diesen Bildstreifen zusammengesetzt ist.

[0008] Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, die oben genannten Nachteile zu überwinden oder wenigstens zu verringern. Diese und weitere Aufgaben werden wenigstens teilweise gelöst durch eine holographische Anzeige mit einem EASLM, der mit kohärentem Licht beleuchtet wird und der verwendet wird, um Teilhologrammbilder anzuzeigen.

[0009] Gemäß einem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung umfasst die holographische Anzeige: eine kohärente Lichtquelle, einen elektrisch adressierbaren Raumlichtmodulator (EASLM) auf dem Weg von der Lichtquelle, um nacheinander eine Gruppe von Teilhologrammen anzuzeigen, die zusammen einem holographischen Bild entsprechen, und eine Lichtleitereinrichtung, um modulierte Licht von dem EASLM so zu führen, dass die Teilhologramme nacheinander in den jeweiligen Teilbereichen einer EASLM-Projektionsfläche erscheinen, und ist dadurch gekennzeichnet, dass die kohärente Lichtquelle eingerichtet ist, um den EASLM unter einem Einfallswinkel zu beleuchten, der von der räumlichen Position innerhalb des Hologramms eines Teilhologramms, das angezeigt wird, abhängt, wobei der Winkel synchron zu der Aktualisierungsrate der Teilhologramme des EASLM geschaltet wird.

[0010] Die vorliegende Erfindung nutzt die "Speichereigenschaft" des menschlichen Auges. Unter der Voraussetzung, dass das Lichtausgangssignal zu jedem Teilhologramm eine ausreichende Amplitude aufweist, erinnert sich ein Betrachter an das Teilhologramm wenigstens für die Zeit, die notwendig ist, um den gesamten Satz von Teilhologrammen darzustellen, aus denen das teilholographische Bild besteht. Es besteht daher keine Notwendigkeit für einen OASLM.

[0011] Bei bestimmten Ausführungsformen der Erfindung erscheinen die Teilhologrammbilder auf der Projektionsoberfläche, als wären sie mit einer ebenen Welle belichtet.

[0012] Vorzugsweise umfasst die Lichtleitereinrichtung Verdoppelungsoptiken, um im Betrieb das Lichtausgangssignal von dem EASLM zu verdoppeln, um so mehrere Bilder zu erzeugen. Besonders bevorzugt umfasst die Lichtleitereinrichtung ein Array aus elektronisch gesteuerten Blenden oder Verschlüssen zwischen der Verdoppelungsoptik und der EASLM-Projektionsoberfläche, wobei die Blenden-/Verschlüsse so gesteuert werden, dass nur die Blende/der Verschluss in Ausrichtung mit einem Teilbereich der EASLM-Projektionsoberfläche zu einem gegebenen Teilhologramm geöffnet wird, wenn der EASLM durch das Teilhologramm angesteuert wird.

[0013] Vorzugsweise umfasst die Lichtleitereinrichtung Einrichtungen, die an der EASLM-Projektionsoberfläche oder zwischen dem EASLM und der EASLM-Projektionsoberfläche angeordnet sind, um divergierendes Licht so abzulenken, dass eine ebene Welle entsteht. Besonders bevorzugt umfasst diese Einrichtung ein Array aus Linsen oder eine holographische Ablenkungseinrichtung an oder in der Nähe der EASLM-Projektionsoberfläche.

[0014] Die Teilhologrammbilder auf der EASLM-Projektionsoberfläche können diskrete Sätze von Wellenfronten bilden, die in Objektpunkten konvergieren.

[0015] Die Lichtquelle, die zum Beleuchten des EASLM eingesetzt wird, kann eine einzige Lichtquelle oder mehrere Lichtquellen umfassen. Beispielsweise kann die Lichtquelle ein Array von Lichtquellen umfassen, die hinter den Verdoppelungsoptiken angeordnet sind, so dass der EASLM in dem gewünschten Einfallswinkel und mit einer Wellenfront der gewünschten Form (z. B. plan/konvergierend/divergierend) beleuchtet wird.

[0016] Vorzugsweise umfasst die Lichtquelle ein Array von Lichtquellen zwischen einem Blenden-/Verschluss-Array.

[0017] Gemäß einem zweiten Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren zur Anzeige eines Hologramms angegeben, das umfasst: Anzeige einer Gruppe von Teilhologrammen in einer Folge auf einem elektrisch adressierbaren Raumlichtmodulator (EASLM), die zusammen einem holographischen Bild entsprechen, Ablenken von kohärentem Licht auf den EASLM und Leiten von moduliertem Licht von dem EASLM in der Art, dass die Teilhologramme nacheinander in entsprechenden Teilbereichen einer EASLM-Projektionsfläche angezeigt werden, und gekennzeichnet ist durch die Schritte: Beleuchten des EASLM mit der kohärenten Lichtquelle unter einem Einfallswinkel, der von der räumlichen Position innerhalb des Hologramms eines Teilhologramms abhängt, das dargestellt wird, und Umschalten des Winkels synchron zu der Aktualisierungsrate des Teilhologramms des EASLM.

[0018] Gemäß einem dritten Aspekt der vorliegenden Erfindung wird eine holographische Anzeigevorrichtung geschaffen mit: einer Lichtquelle, einem elektrisch adressierbaren Raumlichtmodulator (EASLM) hinter der Lichtquelle, um im Betrieb nacheinander eine Gruppe von Teilhologrammen anzuzeigen, die zusammen einem holographischen Bild entsprechen, einer Lichtleitereinrichtung, um modulierte Licht von dem EASLM so zu leiten, dass die Teilhologramme nacheinander in jeweiligen Teilbereichen einer EASLM-Projektionsfläche erscheinen, und einer Matrix aus Linsen auf der Ausgangsseite der EASLM-Projektionsebene, wobei die Linsen der Matrix in Bezug auf die Teilbereiche ausgerichtet sind.

[0019] Zum besseren Verständnis der vorliegenden Erfindung und um zu zeigen, wie sie umgesetzt werden kann, wird im Folgenden auf die beigefügten Zeichnungen als Beispiel Bezug genommen.

[0020] [Fig. 1](#) zeigt das holographische Anzeigesystem "Active Tiling" (Handelsname).

[0021] [Fig. 2](#) zeigt EASLM-Bilder auf einer EASLM-Projektionsoberfläche, die erzeugt wurden durch Beleuchten des EASLM mit kohärentem Licht.

[0022] [Fig. 3](#) zeigt EASLM-Bilder auf einer EASLM-Projektionsoberfläche, die erzeugt wurden durch Beleuchten des EASLM mit kohärentem Licht, wobei aber das Licht an der EASLM-Projektionsoberfläche durch ein Mikrolinsen-Array abgelenkt wurde.

[0023] [Fig. 4](#) zeigt EASLM-Bilder auf einer EASLM-Projektionsoberfläche, die erzeugt wurden durch Beleuchten des EASLM mit kohärentem Licht, wobei aber das Licht an der EASLM-Projektionsoberfläche durch ein holographisches Ablenkelement abgelenkt wurde.

[0024] [Fig. 5](#) zeigt schematisch einen EASLM-Beleuchtungsprozess.

[0025] [Fig. 6](#) zeigt schematisch einen alternativen EASLM-Beleuchtungsprozess.

[0026] [Fig. 7](#) zeigt schematisch einen Abschnitt eines Ausgangsabschnittes einer konventionellen holographischen Anzeigeeinrichtung.

[0027] [Fig. 8](#) zeigt schematisch einen Abschnitt eines Ausgangsabschnittes einer verbesserten holographischen Anzeigeeinrichtung.

[0028] In [Fig. 2](#) ist eine holographische Anzeigeeinrichtung "Active Tiling" (Handelsname) dargestellt, die einen elektrisch adressierbaren Raumlichtmodulator (EASLM) umfasst, der dazu dient, Daten für ein holographisches Bild von einem (nicht dargestellten) Rechner einzulesen. Der EASLM kann beispielsweise ein akusto-optischer Modulator sein, der unterteilt ist in eine Matrix aus Modulatorelementen oder ein Array aus Flüssigkristallelementen.

[0029] Die Bilddaten, die von dem Computer kommen, umfassen eine Folge von Teilhologrammen oder Hogels (z. B. Teile eines größeren Hologramms, holographische Stereogramme oder phasenaddierte Stereogramme), die jeweils aus einer Matrix von Lichtmodulationsdaten bestehen: wenn sie zusammengesetzt werden, bilden diese Matrizen ein vollständiges Daten-Array, durch das ein Hologramm definiert wird. Die Teilhologramm-Matrizen werden an den EASLM in einer rasterförmigen Sequenz geschickt, d.h. Zeile für Zeile. Die teilholographischen Matrizen werden ihrerseits auf die EASLM-Modulationselemente abgebildet, wobei die Daten (oder besser die entsprechende Spannung) an jedem Matrixpunkt einem entsprechenden Modulationselement zugeordnet werden. Ein Strahl kohärenten Lichtes,

der wie unten beschrieben erzeugt wird, wird auf die Oberfläche des EASLM gelenkt. Das von dem EASLM reflektierte Licht wird in dem Umfang moduliert, der gegeben ist durch die Spannung, die an dem Modulationselement anliegt, durch das es hindurch tritt.

[0030] Das von dem EASLM reflektierte Licht wird auf ein Lichtleitersystem abgelenkt. Das Lichtleitersystem umfasst eine erste große Linse, der ein Array aus Lichtablenklinsen folgt. Vor dem Linsen-Array befindet sich ein Array aus elektronisch gesteuerten Verschlüssen. Das Verschluss-Array ist ausgerichtet mit dem Linsen-Array und wird durch Steuerungssignale gesteuert, die von dem Computer kommen, der die holographischen Bilddaten erzeugt. Die Steuerungssignale werden mit den Bilddaten synchronisiert, die von dem Computer an den EASLM geschickt werden, so dass immer nur ein Verschluss zu einem Zeitpunkt offen ist. Außerdem ist jeder Verschluss in etwa für die Dauer offen, während der das Teilhologrammbild an dem EASLM anliegt. Die Verschlüsse werden in einer rasterförmigen Sequenz geöffnet, und zwar von links nach rechts und Zeile für Zeile.

[0031] Jede Linse des Linsen-Arrays ist ausgelegt, um Licht zu leiten, das durch den Verschluss hindurch tritt, mit dem sie ausgerichtet ist, und zwar hin zu einem entsprechenden Bereich (bezeichnet als "Teilbereich") einer EASLM-Projektionsoberfläche (in diesem Beispiel ist die virtuelle Oberfläche eine planare Oberfläche, obwohl sie beispielsweise sphärisch oder zylindrisch sein kann). Das Ergebnis der Synchronisation zwischen dem Schalten des EASLM zwischen den Teilhologrammen und dem Öffnen der Verschlüsse in dem Array ist es, dass jedes Teilhologramm seinerseits auf den entsprechenden Teilbereich der Projektionsoberfläche abgebildet wird.

[0032] Es ist allgemein bekannt, dass das menschliche Auge und das Gehirn ein Bild für eine kurze Zeit speichern, nachdem das Bild ausgeblendet wurde, vorausgesetzt, dass die Intensität des Bildes genügend groß ist. Je größer die Intensität des Bildes, desto länger bleibt es in der Erinnerung haften. Die Anzeigevorrichtung, die hier beschrieben wird, nutzt diesen Wahrnehmungsspeicher, indem ein einziger Teilbereich der Projektionsoberfläche für eine Zeit dargestellt wird, die kleiner als die Gesamtzeit ist, um das gesamte Hologramm abzutasten. Das bedeutet, dass zu einem gegebenen Zeitpunkt in dem Abtastprozess nur ein Teil der Teilbereiche tatsächlich ein Bild zeigt. Am Ende der Bildabtastung hat das Auge das vollständige Bild wahrgenommen, obwohl nur ein Teil der Teilbereiche, aus denen das Bild besteht, tatsächlich zu einem Zeitpunkt dargestellt wird. Damit wird der OASLM nach Stand der Technik (siehe [Fig. 1](#)) überflüssig.

[0033] Aus [Fig. 2](#) ergibt sich, dass bei Beleuchtung des EASLM mit kohärentem Licht Bilder von kohärent

beleuchteten Teilhologrammen an der EASLM-Projektionsoberfläche erscheinen (wo sich sonst der OASLM befunden hätte). Der Nachteil bei dem Einsatz von kohärentem Licht besteht jedoch darin, dass größere Sorgfalt bezüglich der Richtung der Beleuchtung notwendig ist – obgleich Bilder des EASLM in den korrekten Positionen erscheinen, ist es, als ob sie unter einem falschen Winkel ausgeleuchtet wären.

[0034] Dieser Effekt kann durch den Einbau zusätzlicher Optiken in dem System korrigiert werden. Strahlverfolgung (Ray Tracing) zeigt, dass die notwendige Optik aus einem zweiten Linsen-Array an der Projektionsebene der EASLM-Bilder ([Fig. 3](#)) bestehen kann. Alternativ kann ein Beugungs- oder holographisches Element anstelle der Mikrolinsen ([Fig. 4](#)) eingesetzt werden.

[0035] Um die korrekte Funktion der Anzeige sicherzustellen, ist es notwendig, dass der EASLM 1 bei jedem Teilhologramm mit kohärentem Licht unter dem korrekten Winkel beleuchtet wird. Dies macht verschiedene Winkel für verschiedene Teilhologramme notwendig. Wenn man daran denkt, dass ein Zwischenbild des gewünschten 3D-Objekts durch jedes Hogel erzeugt wird und innerhalb der Anzeigevorrichtung erscheint, ergeben sich die folgenden Möglichkeiten.

- 1) Zu dem Fleck nullter Ordnung und zu dem konjugierten Bild in dieser Ebene beitragendes Licht kann in der Zwischenbildebene blockiert werden. Dadurch minimiert sich der Umfang an Licht, das sich durch das restliche System fortpflanzt, so dass Blendung reduziert wird. Es gibt außerdem einen erheblichen Umfang von freiem Raum für Kabel, Verbinder etc. für ein Verschluss-Array.
- 2) Durch Einsetzen eines symmetrischen Linsen-Arrays (oder einer äquivalenten holographischen Ablenkeinrichtung) sollte die Positionierung einer Punktquelle an der Position des Flecks nullter Ordnung für eine Linse eine Ebenenwellenbeleuchtung des EASLM unter korrektem Winkel für das Bild ergeben, das sich durch die gegenüberliegende Linse fortpflanzt. Diese Punktquelle kann ein Halbleiterlaser oder eine optische Faser/Wellenleiter sein. Damit lässt sich ein System aufbauen, das kompakt gestaltet werden kann.
- 3) Durch Ausschalten der Lichtquellen, wenn sie nicht benötigt werden, wird der Umfang von unerwünschtem Licht, das sich durch das System fortpflanzt, reduziert, wodurch wiederum Blendung minimiert wird. Es können nach wie vor Verschlüsse notwendig sein, um Beugungen höherer Ordnung zu eliminieren, die von dem EASLM reflektiert werden, wenn sie nicht als schwach genug angesehen werden, um sie vernachlässigen zu können. Dies hängt stark von der Struktur der EASLM-Pixel ab.

[0036] [Fig. 5](#) zeigt ein geeignetes Beleuchtungssystem, bei dem ein Array aus kohärenten Lichtquellen in der Ebene des Verschluss-Arrays angeordnet ist. [Fig. 6](#) zeigt ein alternatives System, bei dem eine externe ebene Welle verwendet wird, obwohl erwartet wurde, dass dies weniger effizient ist.

[0037] Die Vergrößerung des EASLM-Bildes zum Erzeugen der Ausgangsanzeige lässt sich erreichen, indem eine Ausgangslinse vor der EASLM-Projektionsebene angeordnet wird, wobei die Linse eine entsprechende Brennweite aufweist. Verdoppelungsoptiken unterhalb der EASLM-Bilder können genauso wie für ein konventionelles System eingerichtet sein, außer dass es nicht notwendig ist, eine "OASLM-Leselichtbeleuchtung" vorzusehen. Alternativ kann natürlich das zweite Linsen-Array verwendet werden, um eine extern hergestellte ebene Welle zu bündeln, um Punktlichtquellen herzustellen, obgleich dies ein weniger wünschenswertes Verfahren wäre (siehe [Fig. 6](#)).

[0038] Wenn der EASLM 1 in Transmission arbeitet, lässt er sich unter geeigneten Winkeln mit mehreren Quellen oder mit schaltbaren Optiken beleuchten. Es kann von Vorteil sein, den EASLM mit einer nicht ebenen Welle zu beleuchten, obgleich sich dies noch herausstellen muss. Beispielsweise kann eine gebündelte Welle dazu führen, dass ein EASLM mit kleineren Pixeln (größerer Beugungswinkel) eingesetzt werden kann, wobei Vignettierung vermieden wird (Lichtstrahlen aus Bereichen auf dem EASLM 1 abseits der Mitte, die nicht durch die Verdoppelungsoptiken verlaufen). Gebündelte Wellen zur Beleuchtung erhält man einfach dadurch, dass die Punktquellen in eine Richtung weg von dem EASLM bewegt werden.

[0039] Man beachte, dass die hier beschriebenen Ausführungsformen besonders geeignet sind für Hologramme aus "Hogels" (eine Art von Teilhologramm). Hogels werden in dem Artikel "Holographic Bandwidth Compression Using Spatial Subsampling" von M. Lucente, Optical Engineering, Band 35, Nr. 6, Juni 1996, beschrieben. Die Verwendung von Hogels berücksichtigt die endliche Auflösung des menschlichen Auges, um so den Informationsgehalt des Rechnererzeugten Hologramms zu minimieren (was zu einem Bild mit niedrigerer Auflösung führt). Hogels eröffnen die Möglichkeit, das Berechnungsverfahren zu beschleunigen.

[0040] Im Wesentlichen kann jeder Hogel angesehen werden als eine Einrichtung, die Lichtstrahlen in eine Anzahl von Richtungen beugt. Für jede Richtung gibt es ein entsprechendes Randmuster, das sich aus einer Nachschlagetabelle ablesen lässt. Die Helligkeit der Strahlen in irgendeine Richtung (oder die Frage, ob es überhaupt einen Strahl gibt) wird dadurch bestimmt, ob der Strahl durch einen Punkt auf

dem 3D-Objekt verläuft, und durch die Helligkeit des Objektes an dem Punkt. Der Hogel, der angezeigt werden soll, ist eine lineare Summe aller dieser Randmuster, die entsprechend gewichtet sind, um die erforderliche Intensität in dem Bild zu erzeugen. Die Auflösung des Bildes ist in etwa bestimmt durch die Hogel-Größe, und es wird somit versucht, diese Größe an die Auflösung des Auges der Betrachter anzupassen. Die Auflösungsanpassung erfolgt da, wo die Minimierung der Rechenzeit vermutlich erreicht wird. [Fig. 2](#) zeigt das Prinzip der 3D-Anzeige von Hogels.

[0041] Ein Merkmal des Hogel-Verfahrens ist es, dass, obgleich jeder Hogel mit kohärentem Licht beleuchtet werden muss, die Hogels untereinander inkohärent sein können. Im Rahmen dieser Diskussion wird der Ausdruck diskrete Kohärenz (nicht zu verwechseln mit partieller Kohärenz) verwendet, um solches zu beschreiben. Man erwartet, dass ein solches diskretes kohärentes Anzeigesystem zur Reduzierung von Flecken (Speckle) in dem Bild führt.

[0042] Es wird ausdrücklich anerkannt, dass ein modifiziertes "Active Tiling"- (Handelsname) System in gewisser Weise geeignet sein könnte, diskrete, kohärent beleuchtete Hogels zu schaffen. Das zugrundeliegende Konzept ist es, dass die Hogels mit kohärentem Licht zeitlich nacheinander beleuchtet werden, so dass zu jedem Zeitpunkt Licht von nur einem Hogel in das Auge fällt. Das 3D-Bild wird in dem Auge aufgebaut, weil dieses die Lichtbeiträge aller Hogels über die Zeit integriert. Dies ist ein inkohärenter Prozess. Der Teilbereichsprozess nach dem Active Tiling- (Handelsname) System ist selbstverständlich sequenziell in der Zeit. Die Geschwindigkeit der zeitlich sequenziellen Beleuchtung müsste schneller sein als die Bildlatenz des Auges (z. B. Videobildraten).

[0043] Man erwartet, dass die Hogel-Bilder nicht perfekt "aneinander anstoßen" müssen, so dass die Anforderungen an den optischen Aufbau abgemildert werden. Bewusste Überlappungen von Hogels können gewisse Modifizierungen der Bildqualität zulassen (vielleicht Reduktion der Wahrnehmung der Hogel-Grenzen), obgleich dies effektiv eine größere Anzahl von Pixeln in der Gesamtanzeige erforderlich machen würde. Die diskrete kohärente Natur der Teilhologramme (und insbesondere der Hogel) bedeutet, dass Teilhologrammbilder mit individuellen Optiken zusammengefügt werden können, was die Notwendigkeit von besonders großen Elementen reduziert. In [Fig. 7](#) ist schematisch eine konventionelle Kopieroptik dargestellt, wo eine einzige große Linse (in der Figur ist nur der untere Abschnitt der Linse gezeigt) vor der EASLM-Projektionsoberfläche positioniert ist. [Fig. 8](#) zeigt, wie zusammengefügte EASLM-"Bild-Ebenen" den Winkel reduzieren, unter dem die Kopieroptik das Licht ablenken muss. Dadurch

werden dünnere, kleinere Optiken möglich.

[0044] Für den Fachmann auf diesem Gebiet versteht es sich, dass verschiedene Modifizierungen an den oben beschriebenen Ausführungsformen vorgenommen werden können, ohne den Umfang der vorliegenden Erfindung zu verlassen. Beispielsweise kann die oben beschriebene Vorrichtung einen einzigen Kanal eines holographischen Mehrkanalanzeigegerätes enthalten. Mit anderen Worten, die Anzahl der Anzeigevorrichtungen muss in einem Array so abgestimmt werden, dass das Ausgangssignal zu einem einzigen Hologramm führt.

Patentansprüche

1. Holografische Anzeigevorrichtung mit:
einer kohärenten Lichtquelle,
einem elektrisch adressierbaren Raumlichtmodulator (EASLM) hinter der Lichtquelle, um im Betrieb nacheinander eine Gruppe von Teilhologrammen anzuzeigen, die zusammen einem holografischen Bild entsprechen, und
einer Lichtleitereinrichtung, um modulierte Licht von dem EASLM so zu leiten, dass die Teilhologramme nacheinander in jeweiligen Teilbereichen einer EASLM-Projektionsfläche erscheinen,
dadurch gekennzeichnet, dass
die kohärente Lichtquelle dazu dient, den EASLM unter einem Einfallswinkel zu beleuchten, der von der räumlichen Position eines Teilhologramms, das angezeigt wird, innerhalb des Hologramms abhängt, wobei der Winkel synchron zu der Aktualisierungsrate der Teilhologramme des EASLM geschaltet wird.

2. Anzeigevorrichtung nach Anspruch 1, bei der die Lichtleitereinrichtung Vervielfältigungsoptiken umfasst, um im Betrieb das Licht von dem EASLM zu vervielfältigen und so mehrere Bilder zu erzeugen.

3. Anzeigevorrichtung nach Anspruch 2, bei der die Lichtleitereinrichtung eine Matrix von elektronisch gesteuerten Verschlüssen zwischen den Vervielfältigungsoptiken und der EASLM-Projektionsfläche umfasst, wobei die Verschlüsse derart gesteuert werden, dass nur derjenige Verschluss, der auf einer Linie mit einem Teilbereich der EASLM-Projektionsfläche zu einem gegebenen Teilhologramm liegt, geöffnet ist, wenn der EASLM durch dieses Teilhologramm angesteuert wird.

4. Anzeigevorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei der die Lichtleitereinrichtung eine Einrichtung an der EASLM-Projektionsfläche oder zwischen dem EASLM und der EASLM-Projektionsfläche umfasst, die dazu dient, die Beleuchtung durch die EASLM-Bilder mit scheinbar divergierendem Licht derart neu auszurichten, dass sich eine Beleuchtung mit einer ebenen Welle oder einer anderen Wellenfront ergibt.

5. Anzeigevorrichtung nach Anspruch 4, bei der die Einrichtung zum Neuausrichten von divergierendem Licht, um eine Beleuchtung mit einer scheinbaren Wellenfront zu erzeugen, eine Matrix aus Linsen oder eine holografische Umlenkung in oder in der Nähe der EASLM-Projektionsfläche umfasst.

ßen Anzahl von Pixeln wiedergegeben werden kann.

Es folgen 6 Blatt Zeichnungen

6. Anzeigevorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei der die Lichtquelle zum Beleuchten des EASLM eine einzige Lichtquelle oder mehrere Lichtquellen umfasst.

7. Anzeigevorrichtung nach Anspruch 6, bei der die Lichtquelle eine Matrix aus Lichtquellen hinter den Vervielfältigungsoptiken umfasst.

8. Anzeigevorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei der Blenden in einer Bildzeichenebene angeordnet sind, so dass Licht, dass zu dem Fleck nullter Ordnung und dem konjugierten Bild gehört, ausgeblendet wird.

9. Verfahren zur Anzeige eines Hologramms, wobei das Verfahren umfasst:

die Anzeige einer Gruppe von Teilhologrammen in einer Folge auf einem elektrisch adressierbaren Raumlichtmodulator (EASLM), die zusammen einem holografischen Bild entsprechen, Ablenken von kohärentem Licht auf den EASLM und Leiten von moduliertem Licht von dem EASLM in der Art, dass die Teilhologramme nacheinander in entsprechenden Teilbereichen einer EASLM-Projektionsfläche angezeigt werden, gekennzeichnet durch die Schritte:

Beleuchten des EASLM mit der kohärenten Lichtquelle unter einem Einfallswinkel, der von der räumlichen Position innerhalb des Hologramms eines Teilhologramms abhängt, das dargestellt wird, und Umschalten des Winkels synchron zu der Aktualisierungsrate des Teilhologramms des EASLM.

10. Holografische Anzeigevorrichtung mit:

einer Lichtquelle, einem elektrisch adressierbaren Raumlichtmodulator (EASLM) hinter der Lichtquelle, um im Betrieb nacheinander eine Gruppe von Teilhologrammen anzuzeigen, die zusammen einem holografischen Bild entsprechen, einer Lichtleitereinrichtung, um moduliertes Licht von dem EASLM so zu leiten, dass die Teilhologramme nacheinander in jeweiligen Teilbereichen einer EASLM-Projektionsfläche erscheinen, und einer Matrix aus Linsen auf der Ausgangsseite der EASLM-Projektionsebene, wobei die Linsen der Matrix in Bezug auf die Teilbereiche ausgerichtet sind.

11. Holografische Anzeigevorrichtung mit mehreren Anzeigevorrichtungen nach Anspruch 10, wobei die Anzeigevorrichtungen kombiniert sind, um sicherzustellen, dass ein holografisches Bild mit einer gro-

Anhängende Zeichnungen

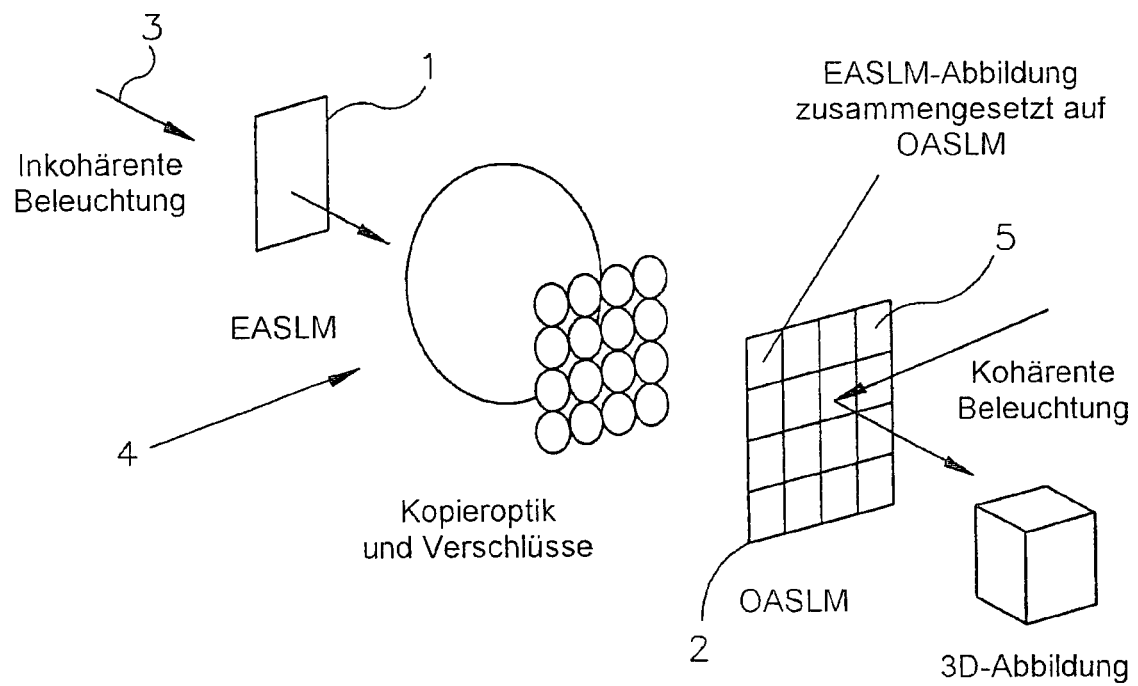


FIG 1

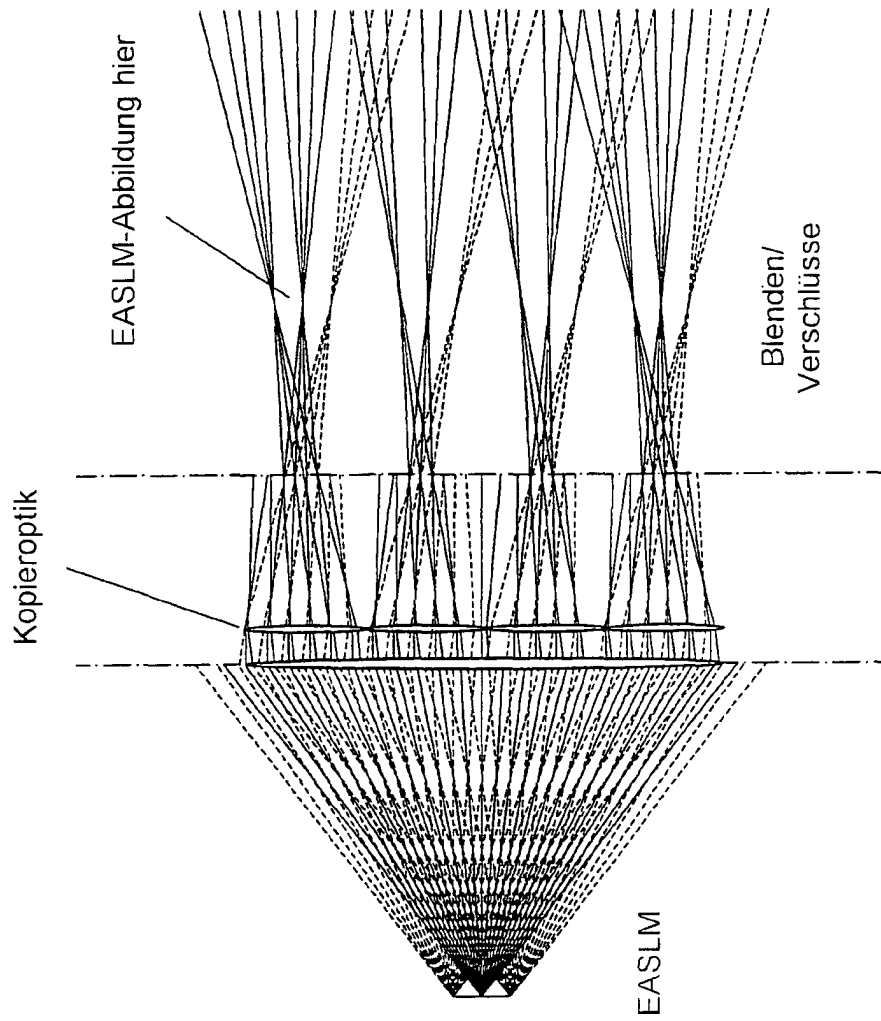


FIG 2

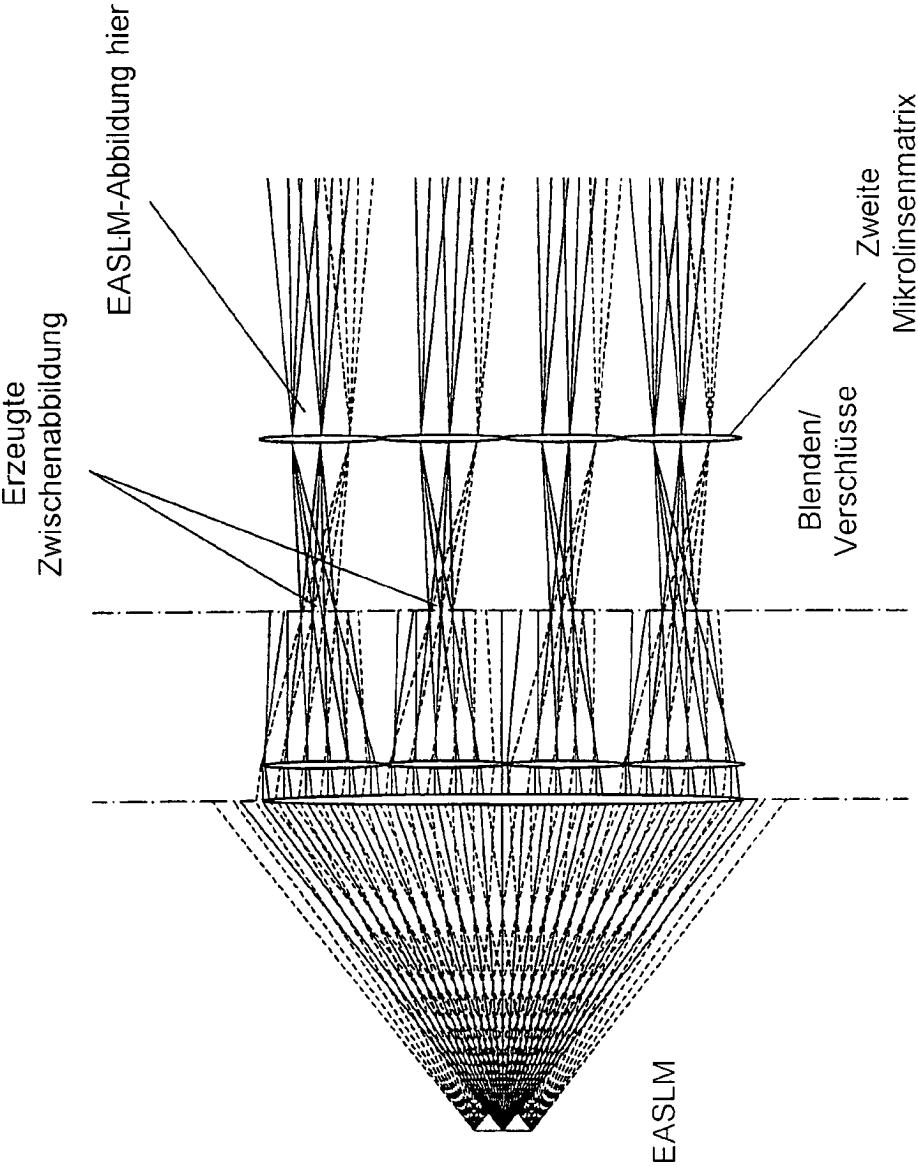


FIG 3

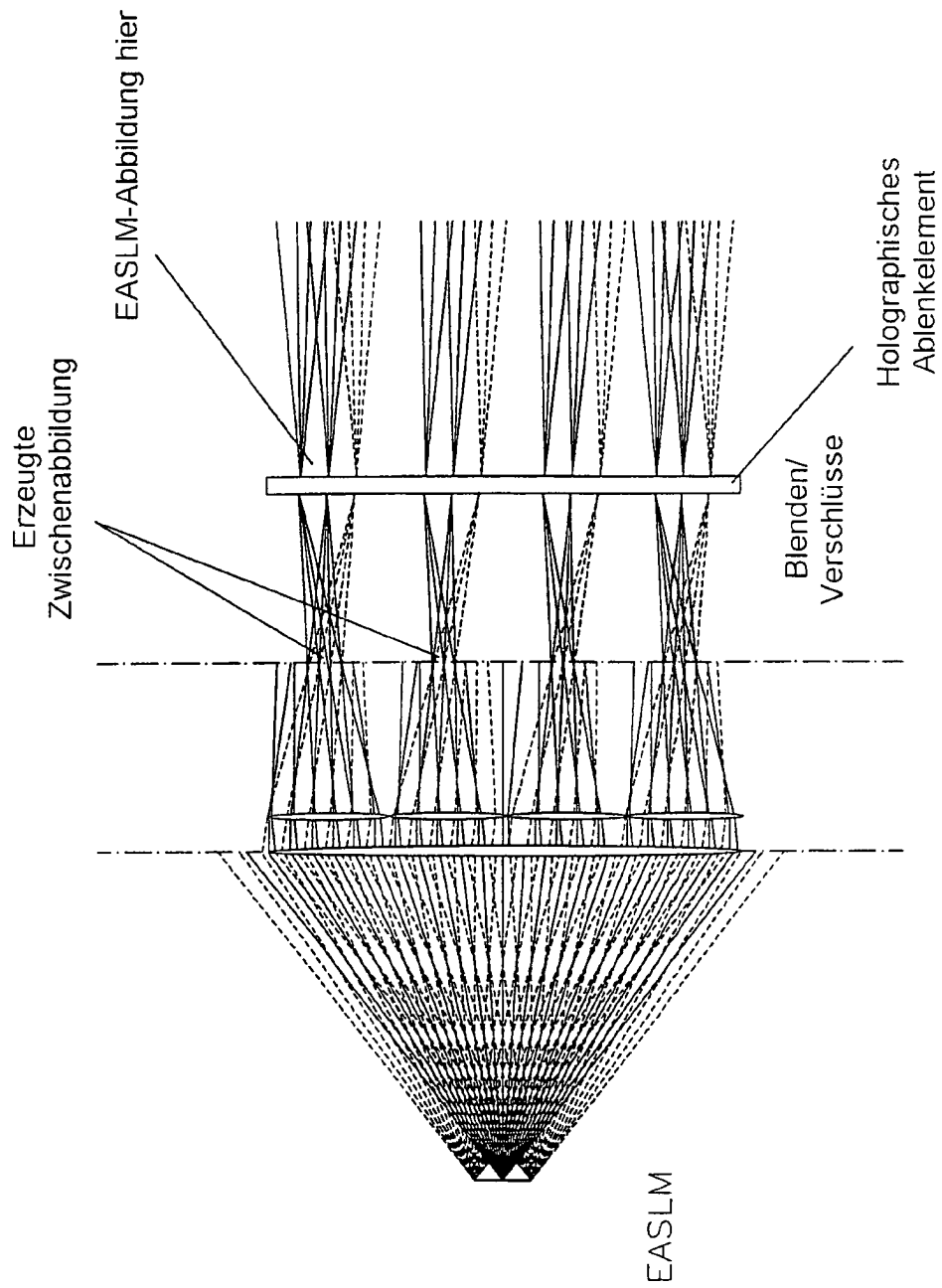


FIG 4

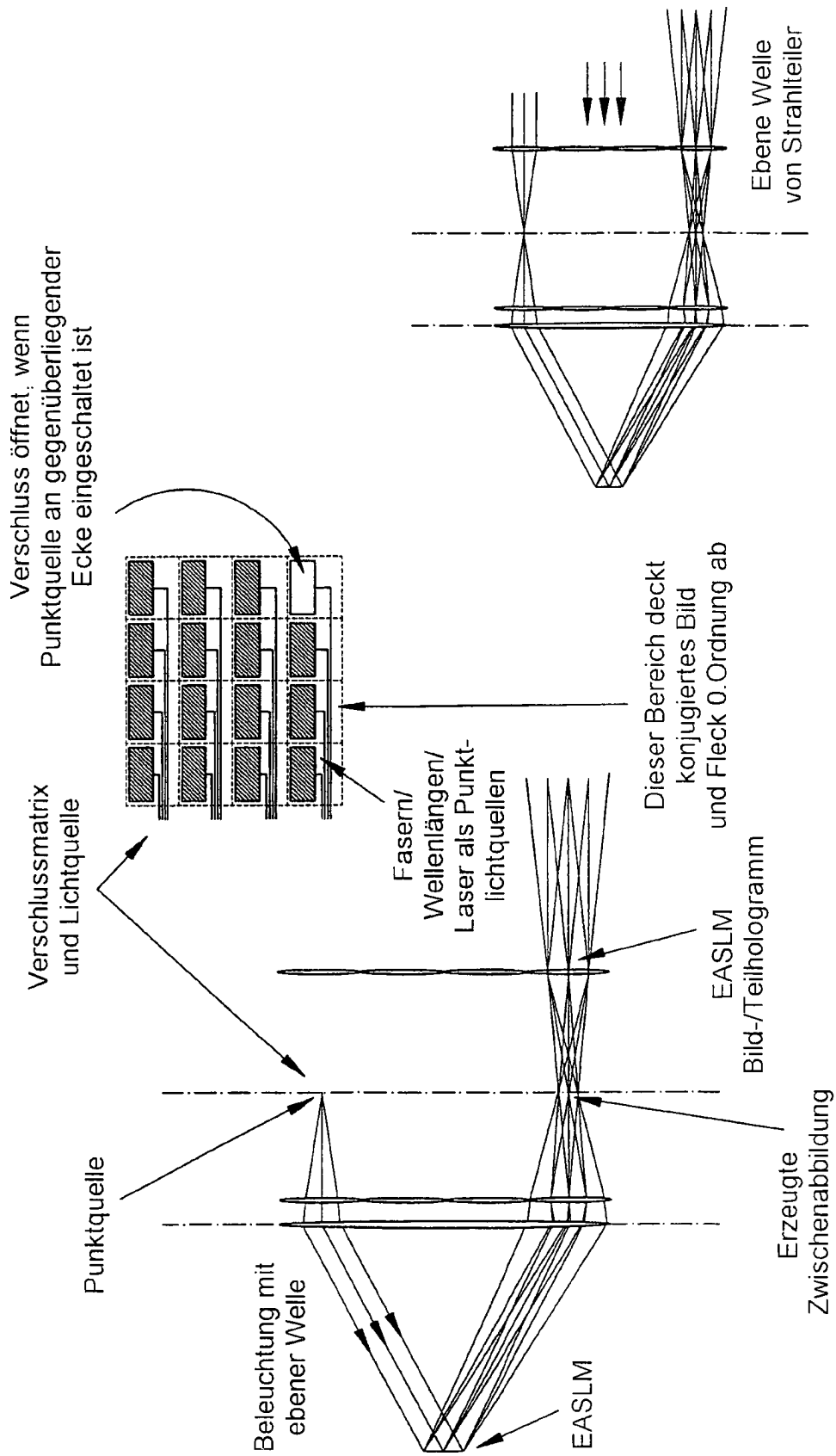


FIG 6

FIG 5

Koplanare Matrix
EASLM-Abbildungen

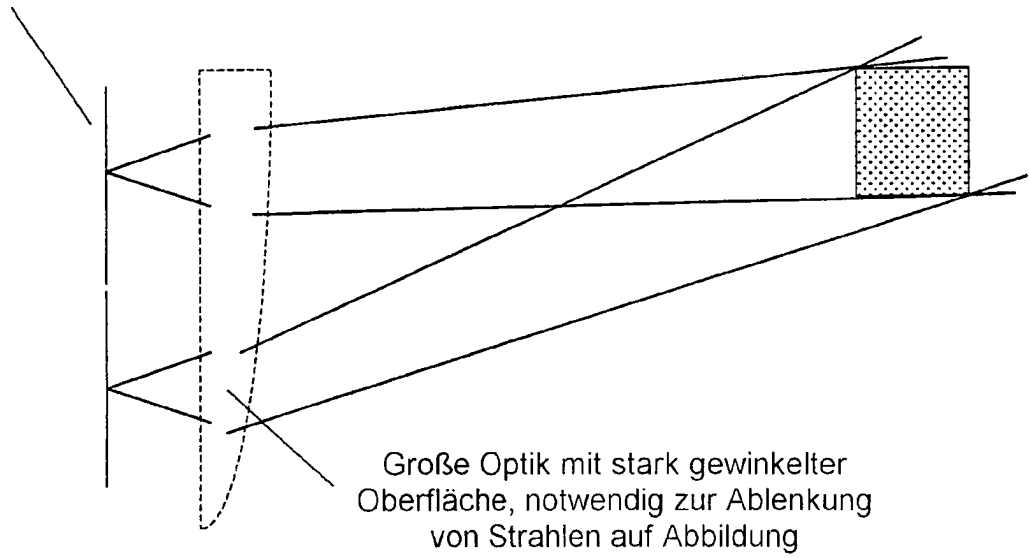


FIG 7

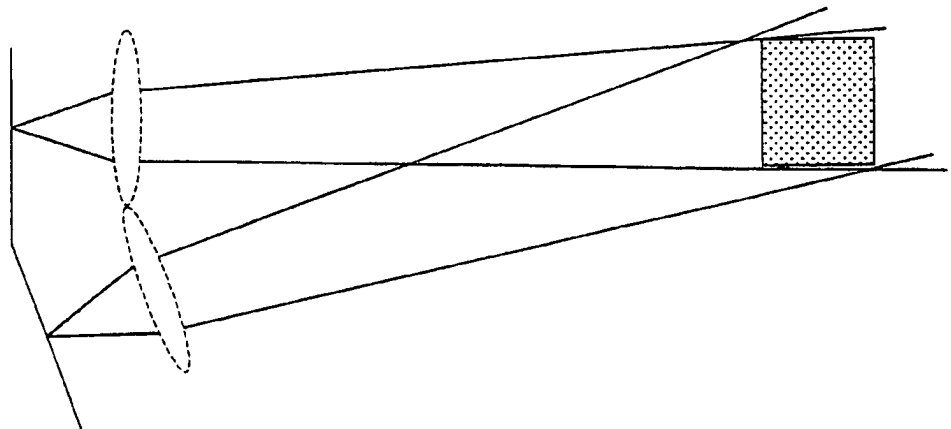


FIG 8