



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 697 32 209 T2** 2005.12.22

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 0 840 159 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **697 32 209.2**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **97 308 803.2**

(96) Europäischer Anmeldetag: **03.11.1997**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **06.05.1998**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **12.01.2005**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **22.12.2005**

(51) Int Cl.⁷: **G02B 27/52**

G02B 26/06, G06E 3/00

(30) Unionspriorität:

29214396 **01.11.1996** **JP**

19257797 **17.07.1997** **JP**

(73) Patentinhaber:

**Hamamatsu Photonics K.K., Hamamatsu,
Shizuoka, JP; Riso National Laboratory, Roskilde,
DK**

(74) Vertreter:

**Rummler, F., Dipl.-Ing.Univ., Pat.-Anw., 81669
München**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, GB

(72) Erfinder:

**Toyoda, Haruyoshi, Hamamatsu-shi,
Shizuoka-ken 435, JP; Gluckstad, Jesper,
Osaka-shi, Osaka 533, JP**

(54) Bezeichnung: **Bilderzeugungsgerät**

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

ALLGEMEINER STAND DER TECHNIK

Gebiet der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Bilderzeugungsgerät für das Erzeugen eines optischen Bildes auf der Grundlage von elektrischen Bildinformationen. Die Erfindung betrifft insbesondere ein Bilderzeugungsgerät für das Erzeugen eines Sollbildes bei hoher Lichtausnutzungseffizienz durch Verwendung eines Bildes mit codierter Phase als Eingabebild und Phasenverschieben eines Fourier-Lichtbildes des Bildes mit codierter Phase.

Allgemeiner Stand der verwandten Technik

[0002] Ein konventionell bekanntes Verfahren für die mikroskopische Beobachtung eines Objektes mit Phasenunterschieden ist das sogenannte Phasenkontrastverfahren nach Zernike, das die kleinen Phasenunterschiede bei der Mikroskopie verstärkt, und in den nachfolgenden Literaturhinweisen werden von Jesper Glückstad Vorschläge unterbreitet, dieses Verfahren auf das Gebiet der Bildanzeige und dergleichen auszuweiten.

Literaturhinweis 1: „Generalized Phase Contrast Imaging“ (Verallgemeinerte Phasenkontrastbilderzeugung), Patentanmeldung WO 96/34307 (31. Oktober 1996)

Literaturhinweis 2: „Adaptive array illumination and structured light generated by spatial zero-order modulation in a Kerr medium“ (Herstellung von adaptiver Arraybeleuchtung und strukturiertem Licht mittels räumlicher Modulation nullter Ordnung in einem Kerr-Medium), Optics Communications 120 (1995), S. 194–203

Literaturhinweis 3: „Phase contrast image synthesis“ (Phasenkontrast-Bildsynthese), Optics Communications 130 (1996), S. 225–230

[0003] Wie in Literaturhinweis 3 offengelegt wird, wird das Eingabebild beispielsweise von einem räumlichen Lichtmodulator vom Phasenmodulationstyp zu einem phasenmodulierten Lichtbild codiert, und das phasenmodulierte Lichtbild wird darauf angezeigt und dann durch eine 4f-Linsenkonfiguration geleitet, damit auf einer Ausgabebene ein Ausgabebild erzeugt wird. Zu diesem Zeitpunkt wird ein Phasenkontrastfilter auf die Fourierebene der 4f-Linsenkonfiguration gelegt, damit die Phase der Lichtkomponente nullter Ordnung auf der Fourierebene verschoben wird, wodurch das Eingabebild in das Ausgabebild (das als Zielbild bezeichnet wird) mit der gewünschten Intensität umgewandelt wird.

[0004] Die Verwendung dieses Verfahrens zur Bildanzeige (bzw. -erzeugung) mittels Phasenverschiebung macht es theoretisch möglich, das Ausgabebild mit der gewünschten Intensität bei einer Lichtausnutzungseffizienz von 100% zu erzeugen. Daher wird im Vergleich zur Lichtausnutzungseffizienz von etwa 20% bei einem normalen Flüssigkristall-Fernsehgerät, das eine Polarisationsplatte als Anzeigebildschirm verwendet, eine viel höhere Lichtausnutzungseffizienz erreicht.

[0005] Ein bekanntes Beispiel für den räumlichen Lichtmodulator vom Phasenmodulationstyp ist ein PALSLM (Parallel Aligned Liquid-crystal Spatial Light Modulator – parallel ausgerichteter räumlicher Flüssigkristall-Lichtmodulator), wie er im Literaturhinweis 4 beschrieben wird: Tsutomu Hara, „Spatial light modulator and optical analog arithmetics“, Opluse, Spezialausgabe Optoelectronic image processing technology, März 1995, Nr. 184, S. 101–108, Hrsg. Shin Gijyutsu Communications Kabushiki Kaisha. Dieser Literaturhinweis 4 berichtet von einem Beispiel für die Modifikation des PALSLM, der ursprünglich vom Typ mit optischer Ansteuerung war, zu einem vom Typ mit elektrischer Ansteuerung durch Kombination mit einem Bildschirm mit Kathodenstrahlröhre. Bei diesem modifizierten räumlichen Lichtmodulator vom Phasenmodulationstyp wird ein Solleingabebild auf der Kathodenstrahlröhre angezeigt, und das Eingabebild wird zum PALSLM geleitet, was die Anwendung eines Computersystems ermöglicht.

[0006] Weiterhin wird im Literaturhinweis 5: Hiroshi Imai et al., „Circular polarization phase modulation characteristics of TN liquid-crystal panel“, Optics Band 21, Nr. 8 (August 1992), S. 42–46, die Verwendung eines billigen Flüssigkristall-Fernsehgeräts mit hoher Auflösung als räumlicher Lichtmodulator vom Phasenmodulationstyp vorgeschlagen. Durch diesen Vorschlag wird auch die Einführung eines Computersystems ermöglicht, da auf dem Flüssigkristall-Fernsehgerät ein Solleingabebild angezeigt werden kann.

[0007] Die oben angeführten Vorschläge in den Literaturhinweisen 1 bis 3 können die gewünschten Ergebnisse bringen, wenn verschiedene Merkmale des optischen Systems in idealer Form vorliegen. In der Praxis

existiert jedoch Rauschen, das beispielsweise durch die Ungleichförmigkeit des Laserlichts, die MTF des optischen Systems, die Ungleichförmigkeit des räumlichen Lichtmodulators, eine Verschlechterung der Genauigkeit des Phasenkontrastfilters, die Temperaturkennlinien jedes optischen Elements und so weiter entsteht. Dieses Rauschen führte manchmal zu einem vom Idealzustand abweichenden ungleichförmigen Kontrast des vom realen System gelieferten Ausgabebildes.

[0008] Bei Anwendungen des als Kombination aus Kathodenstrahlröhre mit PALSLS ausgeführten räumlichen Lichtmodulators aus dem oben erwähnten Literaturhinweis 4 liegt die Bildverzerrung der Kathodenstrahlröhre normalerweise bei etwa 3%, was bei Anwendungen, die diese Verzerrung nicht zulassen, ein ernstes Problem wäre, wie beispielsweise bei der CGH-Technologie (Computer Graphic Holography – computergenerierte Holographie), Hochpräzisions-Laserbearbeitungstechnologie, optischen Filtertechnologie, optischen Modulationstechnologie für die getrennte Steuerung der Phase und der Amplitude von Licht und der Verwendung eines Stapels aus mehreren räumlichen Lichtmodulatoren.

[0009] Bei Anwendungen des Flüssigkristall-Fernsehgeräts im oben erwähnten Literaturhinweis 5 beträgt dessen maximales Öffnungsverhältnis aufgrund der Pixelstruktur des Flüssigkristall-Fernsehgeräts etwa 50%, und die optische Brechung findet an Kanten seiner pixelansteuernden Elektrode statt, was das Problem eines hohen optischen Verlusts aufwirft. Wie in [Fig. 24A](#) gezeigt wird beispielsweise von der Laserlichtquelle 2 emittiertes Laserlicht durch eine Kollimatorlinse 4 in paralleles Licht aufgeweitet, damit das Flüssigkristall-Fernsehgerät 6 bestrahlt wird, und auf dem Flüssigkristall-Fernsehgerät 6 angezeigtes Bildlicht wird von der Fourier-Linse 8 so fokussiert, dass auf dem Schirm 10, der an der Stelle des Brennpunktes der Fourier-Linse 8 positioniert ist, ein Bild entsteht. Dann erscheint, wie in [Fig. 24B](#) gezeigt, durch die Beugung an jedem Pixel des Flüssigkristall-Fernsehgeräts verursachtes Faltungsrauschen (convolution noise) auf dem Schirm 10. Die Intensität der Lichtkomponente nullter Ordnung (das in der optischen Mitte erscheinende Fourier-Bild) wird auf einen Bruchteil reduziert, weil um sie herum Beugungsbilder erscheinen. Dies wirft daher das Problem auf, dass ein durch inverse Fourier-Transformation der Lichtkomponente nullter Ordnung erhaltenes Bild eine geringe Luminanz aufweist und unscharf wird.

[0010] Die vorliegende Erfindung kam angesichts der beschriebenen Probleme bei der konventionellen Technik zustande, und es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Bilderzeugungsgerät für das Erzeugen eines scharfen Bildes bei hoher Lichtausnutzungseffizienz bereitzustellen.

KURZFASSUNG DER ERFINDUNG

[0011] Die vorliegende Erfindung stellt ein Bilderzeugungsgerät für das Erzeugen eines optischen Bildes auf der Grundlage von elektrischen Bildinformationen bereit, das Folgendes umfasst: ein optisches Betriebssystem, das mindestens Folgendes aufweist: (1) eine Anzeigevorrichtung vom Lichttransmissionstyp, die auf der Grundlage der elektrischen Bildinformationen ein dieses entsprechendes zweidimensionales Eingabebild anzeigt, (2) eine Beleuchtungsvorrichtung für das Ausstrahlen von Beleuchtungslicht zum Anzeigebild auf der Anzeigevorrichtung, (3) leselichterzeugende Mittel für das Emittieren von kohärentem Leselicht, (4) einen zweidimensionalen räumlichen Lichtmodulator vom Typ mit optischer Ansteuerung, der mit einem zweidimensionalen Intensitätslichtbild bestrahlt wird, das gemäß dem zweidimensionalen Eingabebild von dem von der Anzeigevorrichtung durchgelassenen Beleuchtungslicht erzeugt wird, wobei der räumliche Lichtmodulator das von den leselichterzeugenden Mitteln abgestrahlte Leselicht entsprechend einer räumlichen Lichtintensitätsverteilung des zweidimensionalen Intensitätslichtbildes phasenmoduliert und ein zweidimensionales phasenmoduliertes Lichtbild mit einer räumlichen Lichtintensitätsverteilung ausgibt, (5) eine Fourier-Linse für das Umwandeln des phasenmodulierten Lichtbildes in ein Fourier-Lichtbild, (6) ein auf einer Fourierebene der Fourier-Linse angeordnetes Phasenkontrastfilter für das Phasenverschieben einer Lichtkomponente nullter Ordnung des Fourier-Lichtbildes, und (7) eine inverse Fourier-Linse, damit das Fourier-Lichtbild einer inversen Fourier-Transformation unterworfen und das optische Bild ausgegeben wird, und Betriebssteuermittel für das Anwenden eines idealen Sollbildes, das als optisches Bild erzeugt werden soll, auf eine theoretische Kennlinie des optischen Betriebssystems, wodurch die elektrischen Bildinformationen rückwärts berechnet werden.

[0012] Ein weiteres Gerät kann in einer solchen Anordnung aufgebaut sein, dass die Fourier-Linse eine erste Linse für eine eindimensionale Fourier-Transformation und die inverse Fourier-Linse eine zweite Linse für eine eindimensionale inverse Fourier-Transformation ist und eine Fourier-Transformationsebene der ersten Linse und eine inverse Fourier-Transformationsebene der zweiten Linse in gleicher Ausrichtung angeordnet sind.

[0013] Das bei der vorliegenden Erfindung verwendete Phasenkontrastfilter kann so strukturiert sein, dass ein

dielektrischer Mehrschichtenfilm mit einem vorher festgelegten Lichttransmissionsgrad zwischen einer Schicht aus lichtmodulierendem Material, die mit einer vorher festgelegten Spannung vorgespannt ist, und einer Fotoleiterschicht angeordnet ist, wobei das Fourier-Lichtbild auf die Schicht aus lichtmodulierendem Material einfällt und von dem dielektrischen Mehrschichtenfilm reflektiert und ausgegeben wird, ein Teil der Lichtkomponente nullter Ordnung des von dem dielektrischen Mehrschichtenfilm durchgelassenen Fourier-Lichtbildes eine elektrische Eigenschaft der Fotoleiterschicht und dadurch eine Doppelbrechungsverteilung der Schicht aus lichtmodulierendem Material verändert und die Schicht aus lichtmodulierendem Material das von dem dielektrischen Mehrschichtenfilm reflektierte Fourier-Lichtbild phasenverschiebt und das phasenverschobene Lichtbild ausgibt.

[0014] Das bei der vorliegenden Erfindung verwendete Betriebssteuermittel kann Folgendes umfassen: Evaluierungswertberechnungsmittel für das Überwachen des von der inversen Fourier-Linse ausgegebenen optischen Bildes und Evaluieren der Übereinstimmung zwischen dem optischen Bild und dem idealen Sollbild, und variable Steuermittel für das variable Steuern einer optischen Eigenschaft des optischen Betriebssystems auf der Grundlage des Ergebnisses der Evaluation durch das Evaluierungswertberechnungsmittel.

[0015] Gemäß den obigen Anordnungen bildet der zweidimensionale räumliche Lichtmodulator das phasenmodulierte Lichtbild entsprechend den elektrischen Bildinformationen. Das phasenmodulierte Lichtbild wird in das Fourier-Lichtbild umgewandelt, und das Phasenkontrastfilter verschiebt die Phase seiner Lichtkomponente nullter Ordnung. Das so phasenverschobene Fourier-Lichtbild wird dann der inversen Fourier-Transformation unterzogen, um ein optisches Bild des reellen Bildes zu erzeugen, das ausgegeben wird. Somit kann ein klares optisches Bild mit hohem Kontrast bei hoher Lichtausnutzungseffizienz erzeugt werden.

[0016] Bei der Anordnung, bei der die Fourier-Linse die erste Linse für eine eindimensionale Fourier-Transformation und die inverse Fourier-Linse die zweite Linse für eine eindimensionale inverse Fourier-Transformation ist, wird das Fourier-Lichtbild durch eine eindimensionale Fourier-Transformation des phasenmodulierten Lichtbildes erzeugt, die Phase der Lichtkomponente nullter Ordnung dieses Fourier-Lichtbildes wird verschoben, und danach wird es durch eine eindimensionale inverse Fourier-Transformation in das optische Bild des reellen Bildes umgewandelt. Dadurch lässt sich die Konzentration von energiereichem Licht an einem Punkt auf dem Phasenkontrastfilter verhindern. Dadurch wiederum lässt sich eine Beschädigung des Phasenkontrastfilters verhindern und so ein Bilderzeugungsgerät realisieren, das energiereiches Licht verwendet.

[0017] Unter Verwendung des Phasenkontrastfilters mit der Schicht aus lichtmodulierendem Material, der Fotoleiterschicht und dem dielektrischen Mehrschichtenfilm wird die Phasenverschiebung entsprechend der Lichtintensität der Lichtkomponente nullter Ordnung des Fourier-Lichtbildes automatisch durchgeführt. Deshalb ist keine optische Feineinstellung mehr notwendig, wodurch das Bilderzeugungsgerät vielseitig einsetzbar ist und verschiedene weitere Bilder erzeugen kann.

[0018] Durch variable Steuerung der Kennlinie des optischen Betriebssystems durch die Betriebssteuermittel können vom Idealzustand abweichende Kennlinien des optischen Betriebssystems und optischer Verlust ausgeglichen werden. Hierdurch wird der hervorragende Effekt erzielt, dass ein mit dem idealen Sollbild übereinstimmendes optisches Bild erzeugt werden kann.

[0019] Dieses Bilderzeugungsgerät weist den hervorragenden Effekt auf, wenn es auf die CGH-Technologie, die optische Filtertechnologie, die optische Modulationstechnologie für das separate Steuern der Phase und der Amplitude von Licht, die Verwendung eines Stapels aus mehreren räumlichen Lichtmodulatoren und so weiter angewandt wird.

[0020] Besser verständlich wird die vorliegende Erfindung durch die nachfolgende ausführliche Beschreibung sowie durch die beigefügten Zeichnungen, die lediglich der Erläuterung dienen und nicht als die vorliegende Erfindung einschränkend betrachtet werden sollen.

[0021] Weitere Anwendungsbereiche für die vorliegende Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden ausführlichen Beschreibung.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0022] **Fig. 1** ist ein Blockdiagramm, das die Konfiguration der ersten Ausführungsform gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt,

- [0023] [Fig. 2](#) ist eine Querschnittsansicht in Längsrichtung, die schematisch die Struktur des bei der Ausführungsform von [Fig. 1](#) verwendeten, parallel ausgerichteten Flüssigkristall-Lichtmodulators zeigt,
- [0024] die [Fig. 3A](#) bis [Fig. 3C](#) sind Querschnittsansichten in Längsrichtung, die schematisch die Strukturen von bei der Ausführungsform von [Fig. 1](#) verwendeten Phasenkontrastfiltern zeigen,
- [0025] [Fig. 4](#) ist ein Flussdiagramm für die Erläuterung des Betriebs der Ausführungsform von [Fig. 1](#),
- [0026] [Fig. 5](#) ist eine Zeichnung, die Ergebnisse eines Experiments zur Überprüfung der Eigenschaften der Ausführungsform von [Fig. 1](#) zeigt, bei denen es sich um verschiedene, durch Fotografieren der Ausgabebilder gewonnene Halbtonbilder handelt,
- [0027] [Fig. 6](#) ist ein Blockdiagramm, das die Konfiguration einer Modifikation der Ausführungsform von [Fig. 1](#) zeigt,
- [0028] [Fig. 7](#) ist eine Perspektivansicht, die die Konfiguration der zweiten Ausführungsform gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt,
- [0029] die [Fig. 8A](#) und [Fig. 8B](#) sind eine Seitenansicht bzw. eine Draufsicht der Ausführungsform von [Fig. 7](#) in x- bzw. y-Koordinatenrichtung,
- [0030] die [Fig. 9A](#), [Fig. 9B](#) und [Fig. 10](#) sind Perspektivansichten, die Strukturen von Phasenkontrastfiltern bei der zweiten Ausführungsform von [Fig. 7](#) zeigen,
- [0031] die [Fig. 11A](#) bis [Fig. 11C](#) sind erläuternde Zeichnungen, die die Struktur eines weiteren Phasenkontrastfilters bei der zweiten Ausführungsform von [Fig. 7](#) zeigen, wobei die [Fig. 11A](#) und [Fig. 11B](#) Querschnittsansichten davon in y- bzw. in x-Koordinatenrichtung sind und [Fig. 11C](#) eine Perspektivansicht ist, die das Positionsverhältnis seiner Hauptbestandteile zeigt,
- [0032] die [Fig. 12A–Fig. 12C](#) sind erläuternde Zeichnungen, die die Struktur noch eines weiteren Phasenkontrastfilters bei der zweiten Ausführungsform von [Fig. 7](#) zeigen, wobei die [Fig. 12A](#) und [Fig. 12B](#) Querschnittsansichten davon in y- bzw. in x-Koordinatenrichtung sind und [Fig. 12C](#) eine Perspektivansicht ist, die das Positionsverhältnis seiner Hauptbestandteile zeigt,
- [0033] [Fig. 13](#) ist eine Zeichnung, die Halbtonbilder zeigt, die durch Fotografieren eines phasenmodulierten Lichtbildes und eines Ausgabebildes bei der zweiten Ausführungsform von [Fig. 7](#) gewonnen wurden,
- [0034] die [Fig. 14A](#) und [Fig. 14B](#) sind Blockdiagramme, die die Konfiguration einer Modifikation der zweiten Ausführungsform von [Fig. 7](#) zeigen, wobei die [Fig. 14A](#) und [Fig. 14B](#) eine Seitenansicht bzw. eine Draufsicht davon in Richtung der x-bzw. y-Koordinatenrichtung sind,
- [0035] die [Fig. 15A](#) und [Fig. 15B](#) sind Blockdiagramme, die die Konfiguration einer weiteren Modifikation der zweiten Ausführungsform von [Fig. 7](#) zeigen, wobei die [Fig. 15A](#) und [Fig. 15B](#) eine Seitenansicht bzw. eine Draufsicht davon in x bzw. y-Koordinatenrichtung sind,
- [0036] die [Fig. 16A](#) und [Fig. 16B](#) sind Blockdiagramme, die die Konfiguration noch einer weiteren Modifikation der zweiten Ausführungsform von [Fig. 7](#) zeigen, wobei die [Fig. 16A](#) und [Fig. 16B](#) eine Seitenansicht bzw. eine Draufsicht davon in x bzw. y-Koordinatenrichtung sind,
- [0037] die [Fig. 17A](#) und [Fig. 17B](#) sind Blockdiagramme, die alternative Konfigurationen eines Bilderzeugungsgerätes zeigen, das nicht der vorliegenden Erfindung entspricht, wobei die [Fig. 17A](#) und [Fig. 17B](#) eine Seitenansicht bzw. eine Draufsicht davon in x- bzw. y-Koordinatenrichtung sind,
- [0038] [Fig. 18](#) ist eine Perspektivansicht, die die Konfiguration der dritten Ausführungsform gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt,
- [0039] [Fig. 19](#) ist eine Seitenansicht der Konfiguration von [Fig. 18](#) in x-Koordinatenrichtung,
- [0040] [Fig. 20](#) ist eine Querschnittsansicht in Längsrichtung, die schematisch die Struktur des Phasenkontrastfilters von [Fig. 18](#) zeigt,

[0041] [Fig. 21](#) ist ein Eingangs-/Ausgangskennlinien-Diagramm des Phasenkontrastfilters von [Fig. 20](#),

[0042] [Fig. 22](#) ist eine Perspektivansicht, die die Konfiguration einer Modifikation der dritten Ausführungsform von [Fig. 19](#) zeigt,

[0043] [Fig. 23](#) ist eine Perspektivansicht, die die Konfiguration einer weiteren Modifikation der dritten Ausführungsform von [Fig. 19](#) zeigt, die jedoch nicht der vorliegenden Erfindung entspricht, und

[0044] [Fig. 24A](#) ist eine schematische Darstellung, die die Konfiguration des konventionellen optischen Bilderzeugungssystems zeigt, und [Fig. 24B](#) ist eine Zeichnung, die ein Halbtonbild zeigt, das durch Fotografieren des vom optischen System gewonnenen Fourier-Lichtbildes gewonnen wurde.

BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0045] Die bevorzugten Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung werden unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen beschrieben. In den Zeichnungen werden gleiche Bestandteile soweit möglich mit den gleichen Bezugszahlen bezeichnet, und auf überflüssige Beschreibungen wird verzichtet.

(Erste Ausführungsform)

[0046] Zunächst wird die erste Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beschrieben.

[0047] Im Blockdiagramm von [Fig. 1](#) umfasst das Bilderzeugungsgerät ein analoges optisches Betriebssystem für das Ausführen analoger optischer Betriebsvorgänge und ein elektrisches Steuersystem für das elektrische Steuern dieses optischen Systems. Das analoge optische Betriebssystem besitzt ein optisches Bildschreibsystem WL und ein optisches Filtersystem FL, deren optische Achsen aneinander ausgerichtet sind. Das elektrische Steuersystem umfasst eine Steuereinheit **100** für das Durchführen eines nachfolgend beschriebenen Steuerprozesses durch Ausführen eines Programms, das auf der Grundlage eines vorher bestimmten Algorithmus erzeugt wird, eine Evaluierungswertberechnungseinheit **200** für das Durchführen eines Evaluierungsberechnungsprozesses und einen Speicherabschnitt **300**, der aus einer Festplatte oder dergleichen besteht.

[0048] Das optische Bildschreibsystem WL umfasst eine Beleuchtungslichtquelle **12**, einen Flüssigkristall-Anzeigebildschirm **14** vom Lichttransmissionstyp, eine Abbildungslinse **16** und einen zweidimensionalen räumlichen Lichtmodulator **18**. Bei dem zweidimensionalen räumlichen Lichtmodulator **18** handelt es sich um einen parallel ausgerichteten räumlichen Flüssigkristall-Lichtmodulator (nachfolgend als PALSML **18** bezeichnet) vom Reflexionstyp.

[0049] Die Beleuchtungslichtquelle **12** strahlt Beleuchtungslicht aus weißem Licht oder dergleichen ohne Spitzen bei einer bestimmten Wellenlänge im sichtbaren Bereich und mit gleichmäßiger Beleuchtungsstärke zum Flüssigkristall-Anzeigebildschirm **14** aus.

[0050] Der Anzeigebildschirm **14** zeigt gemäß von der Steuereinheit **100** zugeführten Bilddaten DH ein Eingabebild $H(x, y)$ für die Projektion eines Ausgabebildes $O(x, y)$ auf die Ausgabebene **34** an. Hier geben das Ausgabebild $O(x, y)$ und das Eingabebild $H(x, y)$ jeweils eine zweidimensionale räumliche Verteilung der Ausgabebildintensität bzw. der Eingabebildintensität auf den Koordinaten (x, y) an. Andere Bilder und Lichtbilder werden auf die gleiche Weise dargestellt. Das Beleuchtungslicht von der Beleuchtungslichtquelle **12** wird durch den Anzeigebildschirm **14** geleitet, wobei das zweidimensionale Intensitätslichtbild $H'(x, y)$, bei dem es sich um ein übertragenes Lichtbild des Eingabebildes $H(x, y)$ handelt, durch die Abbildungslinse **16** auf den PALSML **18** fokussiert wird.

[0051] Der PALSML **18** ist wie schematisch in der Querschnittsansicht in Längsrichtung von [Fig. 2](#) gezeigt aufgebaut. Er weist insbesondere eine Schichtstruktur auf, bei der eine Fotoleiterschicht **18e**, ein dielektrischer Mehrschichtenfilmspiegel **18f** und eine zwischen den Ausrichtschichten **18g**, **18h** angeordnete Schicht aus lichtmodulierendem Material **18i** zwischen lichtdurchlässigen, leitfähigen Filmen (ITO) **18c**, **18d** angeordnet sind, die auf der Innenseite von parallel angeordneten, lichtdurchlässigen Glassubstraten **18a**, **18b** abgeschieden worden sind. Weiterhin ist eine Außenfläche des lichtdurchlässigen Glassubstrats **18a**, **18b** mit einer nicht-reflektierenden Beschichtung **18j**, **18k** versehen. Die Fotoleiterschicht **18e** ist beispielsweise aus hydrogenisiertem amorphem Silizium (a-Si : H) hergestellt und die Schicht aus lichtmodulierendem Material **18i** beispielsweise aus einem Material wie einem parallel ausgerichteten, nematischen Flüssigkristall.

[0052] Die Steuereinheit **100** legt eine Steuer-Wechselspannung V_{18} zwischen den lichtdurchlässigen, leitfähigen Filmen **18c**, **18d** an, und das bereits erwähnte zweidimensionale Intensitätslichtbild $H'(x, y)$ fällt auf das lichtdurchlässige Glassubstrat **18a**. Die zweidimensionale Verteilung der Innenimpedanz der Fotoleiterschicht **18e** verändert sich entsprechend der Lichtintensität dieses zweidimensionalen Intensitätslichtbildes $H'(x, y)$, und die Verteilung der Feldintensität auf der Schicht aus lichtmodulierendem Material **18i** verändert sich mit der Änderung der Impedanz. Dies führt zu einer veränderten Ausrichtung des Flüssigkristalls in der Schicht aus lichtmodulierendem Material **18i** gemäß dieser Feldintensitätsverteilung. Hier wird es durch variables Steuern des Spannungspegels der Steuer-Wechselspannung V_{18} möglich, die Empfangsempfindlichkeit des zweidimensionalen Intensitätslichtbildes $H'(x, y)$, d. h., einen Änderungsbetrag für die Ausrichtung des Flüssigkristalls in der Schicht aus lichtmodulierendem Material **18i** gemäß dem zweidimensionalen Intensitätslichtbild $H'(x, y)$ einzustellen.

[0053] Bei einem Zustand, in dem die Ausrichtung der Schicht aus lichtmodulierendem Material **18i** verändert ist, wird das kohärente Leselicht $h\nu$ zur Rückseite des PALSML **18**, d. h. zu dem lichtdurchlässigen Glassubstrat **18b** ausgestrahlt. Dieses Leselicht $h\nu$ entsteht durch Aufweiten des von der Laserlichtquelle **22** emittierten Laserlichts in gleichmäßiges, paralleles Licht mit Hilfe der Kollimatorlinse **24**, und ist dafür vorgesehen, dass es vom Strahlenteiler **20** reflektiert wird und die Rückseite des PALSML **18** bestrahlt.

[0054] Dann wird das Leselicht $h\nu$ von der Schicht aus lichtmodulierendem Material **18i** des PALSML **18** phasenmoduliert und dann von dem dielektrischen Mehrschichtenfilmspiegel **18f** reflektiert. Dann durchläuft das Leselicht wieder die Schicht aus lichtmodulierendem Material **18i** und wird wieder phasenmoduliert. Das Leselicht wird dann von dem lichtdurchlässigen Glassubstrat **18b**, bei dem es sich um die Einfallsebene handelt, ausgegeben. Dieses Ausgabelicht enthält das phasenmodulierte Lichtbild $\alpha(x, y)$, und der Strahlenteiler **20** lässt nur dieses phasenmodulierte Lichtbild $\alpha(x, y)$ durch und leitet es zur Fourier-Linse **26**. Da der PALSML **18** die zweidimensionale Phasenmodulation des Leselichts $h\nu$ vornimmt, ohne über die Pixelstruktur zu verfügen, wandelt er das Leselicht $h\nu$ ohne Verlust in das phasenmodulierte Lichtbild $\alpha(x, y)$ um.

[0055] Wenn $\phi(x, y)$ für Phasenkomponenten nach der Phasenmodulation durch die Schicht aus lichtmodulierendem Material **18i** steht, lässt sich das phasenmodulierte Lichtbild $\alpha(x, y)$ durch die nachfolgende Gleichung (1) theoretisch ausdrücken.

$$\alpha(x, y) = \exp(i \phi(x, y)) \quad (1)$$

[0056] Die charakteristische Funktion F_2 sei als Eingangs/Ausgangskennlinie des PALSML **18** definiert, d. h. als Ausgangskennlinie des phasenmodulierten Lichtbildes $\alpha(x, y)$ beim Einfallen des zweidimensionalen Intensitätslichtbildes $H'(x, y)$, und F_1 als charakteristische Funktion des optischen Systems bei der Umwandlung des auf dem Flüssigkristall-Anzeigebildschirm **14** angezeigten Eingabebildes $H(x, y)$ in das zweidimensionale Intensitätslichtbild $H'(x, y)$. Das phasenmodulierte Lichtbild wird dann folgendermaßen ausgedrückt.

$$\begin{aligned} \alpha(x, y) &= F_2[H'(x, y)] \\ &= F_2\{F_1[H(x, y)]\} \end{aligned} \quad (2)$$

[0057] Diese charakteristischen Funktionen F_1 , F_2 können vorher empirisch oder theoretisch bekannt sein.

[0058] Das optische Filtersystem FL weist die Fourier-Linse **26** und die inverse Fourier-Linse **30** auf, die beide die Brennweite f aufweisen, und ist mit einer Anordnung aufgebaut, bei der sich die oben erwähnte Schicht aus lichtmodulierendem Material **18i** des PALSML **18** an der Position des vorderen Brennpunktes der Fourier-Linse **26**, das Phasenkontrastfilter **28** an der Position des hinteren Brennpunktes der Fourier-Linse **26** (nachfolgend als Fourierebene bezeichnet) und die Ausgabebene **34** an der Position des hinteren Brennpunktes der inversen Fourier-Linse **30** befindet, wodurch ein optisches 4f-System gebildet wird. Weiterhin befindet sich der oben erwähnte Strahlenteiler **20** zwischen dem PALSML **18** und der Fourier-Linse **26** und der Strahlauskoppler **32** zwischen der inversen Fourier-Linse **30** und der Ausgabebene **34**.

[0059] Das Phasenkontrastfilter **28** ist wie schematisch in der Querschnittsansicht in Längsrichtung von [Fig. 3A](#) gezeigt aufgebaut. Die Schichten aus lichtdurchlässigem Elektrodenmaterial (ITO) **28c**, **28d** werden insbesondere nebeneinander an Innenwandflächen der parallel angeordneten, lichtdurchlässigen Glassubstrate **28a**, **28b** bereitgestellt. Die Flüssigkristallschicht **28e** ist zwischen den Schichten aus lichtdurchlässigem Elektrodenmaterial **28c**, **28d** angeordnet. Dann ändert das auf das lichtdurchlässige Glassubstrat **28a** einfallende Licht einen Betrag seiner Phasenverschiebung, die beim Durchgang durch die Flüssigkristallschicht **28e** stattfindet, gemäß dem Spannungspegel und der Frequenz der Wechselstrom-Steuerspannung V_{28} , die von

der Steuereinheit **100** zwischen den Schichten aus lichtdurchlässigem Elektrodenmaterial **28c**, **28d** angelegt wird.

[0060] Im mittleren Teil der Flüssigkristallschicht **28e** befindet sich ein kreisförmiger Projektionsbereich **28ps** mit dem Durchmesser R, auf den die Lichtkomponente nullter Ordnung des Fourier-Lichtbildes $\alpha_f(x, y)$ fällt (der Einfallsbereich der Lichtkomponente nullter Ordnung wird als Phasenverschiebungsbereich bezeichnet), und der andere Teil der Flüssigkristallschicht **28e** wird in gleichmäßiger Dicke hergestellt.

[0061] Der Durchmesser dieses Phasenverschiebungsbereiches **28ps** wird durch $R = f\lambda/D$ definiert, wobei λ die Wellenlänge des Leselichtes $h\nu$, f die Brennweite der Fourier-Linse **26** und D der aufgeweitete Strahldurchmesser vor der ersten Fourier-Linse ist. Der Phasenverschiebungsbereich **28ps** wird hergestellt, indem die Schichten aus lichtdurchlässigem Elektrodenmaterial **28c**, **28d** zunächst in der gleichmäßigen Dicke auf den lichtdurchlässigen Glassubstraten **28a**, **28b** hergestellt werden, eine kreisförmige Vertiefung mit dem Durchmesser R durch Ätzen, Laserbearbeitung oder dergleichen im mittleren Teil der Schicht aus lichtdurchlässigem Elektrodenmaterial **28c** hergestellt wird und danach die Flüssigkristallschicht **28e** zwischen den Schichten aus lichtdurchlässigem Elektrodenmaterial **28c**, **28d** angeordnet wird.

[0062] Da der Phasenverschiebungsbereich **28ps** und der restliche Teil dieser Flüssigkristallschicht **28e** in Richtung der optischen Achse voneinander verschiedene Dicken aufweisen, unterscheiden sich die von der Steuer-Wechselspannung V_{28} hervorgerufenen Feldintensitäten, so dass sie an der Lichtkomponente nullter Ordnung und den Lichtkomponenten höherer Ordnung des Fourier-Lichtbildes $\alpha_f(x, y)$ jeweils unterschiedliche Phasenverschiebungen bewirken. Die Beträge θ der Phasenverschiebung lassen sich innerhalb des Bereiches von 0 bis 2π hauptsächlich durch das Ändern des Spannungspegels der Steuer-Wechselspannung V_{28} variabel einstellen.

[0063] Die Phasenverschiebung $T(r)$ des Phasenverschiebungsbereiches **28ps** ist durch folgenden Ausdruck gegeben:

$$T(r) = 1 + [\exp(i\theta) - 1] \cos\left(\frac{r}{\Delta r}\right) \quad (3)$$

[0064] In der Gleichung ist θ der Betrag der Phasenverschiebung und Δr ein Radius des Phasenverschiebungsbereiches **28ps**.

[0065] Dann nimmt die Fourier-Linse **26** die Fourier-Transformation des durch die oben angegebene Gleichung (1) ausgedrückten phasenmodulierten Lichtbildes $\alpha(x, y)$ vor, wobei das Phasenkontrastfilter **28** der Lichtkomponente nullter Ordnung des Fourier-Lichtbildes $\alpha_f(x, y)$ die Phasenverschiebung $T(r)$ der oben angegebenen Gleichung (3) verleiht und die inverse Fourier-Linse **30** weiterhin das phasenverschobene Spektrallichtbild zu dem Ausgabebild des reellen Bildes $O(x, y)$ zurückändert und es auf die Ausgabebene **34** projiziert.

[0066] Bei dem Strahlauskoppler **32** handelt es sich beispielsweise um ein lichtteilendes Element mit einem Teilungsverhältnis von 99 : 1. Der Strahlauskoppler **32** projiziert 99% des Lichtbildes von der inversen Fourier-Linse **30** als Ausgabebild $O(x, y)$ zur Ausgabebene **34** und außerdem 1% als abgezwertes Lichtbild $O'(x, y)$ zu einem transluzenten Schirm **36**. Der transluzente Schirm **36** ist an der Position des hinteren Brennpunktes der inversen Fourier-Linse **30** angeordnet und lässt das abgezwerte Lichtbild $O'(x, y)$ durch, während er es in ein optisches Bild ohne Phasenkomponente ändert.

[0067] Dieses optische Bild ohne Phasenkomponente wird von der Abbildungslinse **38** und dem hinter dem transluzenten Schirm **36** angeordneten zweidimensionalen Festkörpersensorsensor **40** aufgenommen, und erfasste Bilddaten DO werden an die Evaluierungsberechnungseinheit **200** ausgegeben.

[0068] Die Intensitätsverteilung $I(x, y)$ des Ausgabebildes $O(x, y)$ wird theoretisch durch Fourier-Transformation eines phasenverschobenen Bildes erhalten, bei dem es sich um ein Multiplikationsbild des Phasenkontrastfilters (Gleichung (3)) und des fouriertransformierten Bildes des Eingabebildes (Gleichung (1)) handelt, und ist durch folgenden Ausdruck gegeben:

$$I(x, y) = 1 + 4|\bar{\alpha}| \sin\left(\frac{\theta}{2}\right) \left[|\bar{\alpha}| \sin\left(\frac{\theta}{2}\right) - \sin\left(\phi_{\alpha} - \phi(x, y) + \frac{\theta}{2}\right) \right] \quad (4)$$

[0069] Hier steht $\bar{\alpha} = |\bar{\alpha}| \exp(i\phi_{\alpha})$ für einen komplexen Mittelwert des phasenmodulierten Lichtbildes $\alpha(x, y)$.

[0070] In Gleichung (4) lässt sich theoretisch erkennen, dass Bedingungen, die das Ausgabebild $O(x, y)$ mit klarem Kontrast erscheinen lassen, darin bestehen, dass die Luminanz der Teile (x_0/y_0) , die dunkel sein sollen, $I(x_0/y_0) = 0$ erfüllen und der Absolutbetrag des komplexen Mittelwertes im Bereich $0 < |\bar{\alpha}| < 1$ liegen muss. Führt man diese Bedingungen in die oben erwähnte Gleichung (4) ein, wird die Beziehung zwischen dem Betrag θ der Phasenverschiebung und dem komplexen Mittelwert α hergeleitet, wodurch man die nachfolgenden Gleichungen (5) und (6) erhält.

$$|\bar{\alpha}| = \left\{ 2 \left| \sin\left(\frac{\theta}{2}\right) \right| \right\}^{-1} \quad (5)$$

$$0,5 < |\bar{\alpha}| < 1,0 \quad (6)$$

[0071] Somit wendet die unten ausführlich beschriebene Steuereinheit **100**, wenn ein Soll-Zielbild $G(x, y)$ bestimmt wird, das auf die Ausgabeebene **34** projiziert werden soll, die Luminanz $I(x, y)$ dieses Zielbildes $G(x, y)$ auf die oben angegebene Gleichung (4) an, um das phasenmodulierte Lichtbild $\alpha(x, y)$ rückwärts zu berechnen, erhält einen Mittelwert für die Luminanz von Teilen des Weißpegels und des Schwarzpegels des phasenmodulierten Lichtbildes $\alpha(x, y)$ (anders ausgedrückt: den komplexen Mittelwert α) und setzt ihn in die oben angegebene Gleichung (5) ein, um den Betrag θ der Phasenverschiebung des Phasenverschiebungsbereiches **28ps** zu bestimmen.

[0072] Weiterhin wird das phasenmodulierte Lichtbild $\alpha(x, y)$ in die oben angegebene Gleichung (2) eingesetzt, um das dem Zielbild $G(x, y)$ entsprechende Eingabebild $H(x, y)$ rückwärts zu berechnen, und das Eingabebild wird auf dem Flüssigkristall-Anzeigebildschirm **14** angezeigt.

[0073] Dementsprechend führt die Steuereinheit **100** eine theoretische Berechnung des Eingabebildes $H(x, y)$ durch und zeigt es als Grundlage für die Projektion des Soll-Zielbildes $G(x, y)$ an, wobei angenommen wird, dass es sich bei dem optischen Bildschreibsystem WL und dem optischen Filtersystem FL um ideale optische Systeme ohne Kennlinienverzerrung handelt. Daten des zu projizierenden Zielbildes $G(x, y)$ werden vorübergehend im Speicherabschnitt **300** gespeichert, die Steuereinheit **100** liest die Daten des Zielbildes $G(x, y)$ dort aus und erhält die Bilddaten DH mit Hilfe des oben erwähnten Vorgangs, und diese Bilddaten DH werden dem Flüssigkristall-Anzeigebildschirm **14** zugeführt, wodurch das Eingabebild $H(x, y)$ darauf angezeigt wird.

[0074] Die Evaluierungswertberechnungseinheit **200** evaluiert eine Differenz zwischen dem Ausgabebild $O(x, y)$, das tatsächlich auf die Ausgabeebene **34** projiziert wird, und dem idealen Zielbild $G(x, y)$ und lässt die Steuereinheit **100** eine Rückführregelung von optischen Elementen des optischen Bildschreibsystems WL und des optischen Filtersystems FL durchführen, um das Ausgabebild $O(x, y)$ an das Zielbild $G(x, y)$ anzupassen.

[0075] Insbesondere berechnet die Evaluierungswertberechnungseinheit **200** die Summe $\varepsilon = \sum (O'(x, y) - G(x, y))$ der Differenzen zwischen den Bilddaten DO des abgezweigten Lichtbildes $O'(x, y)$, die von dem zweidimensionalen Festkörperbildsensor **40** ausgegeben werden, und den Bilddaten des Zielbildes $G(x, y)$ für die jeweiligen Pixel. Die Evaluierungswertberechnungseinheit **200** bestimmt einen Evaluierungswert, der eine bessere Übereinstimmung des Ausgabebildes $O(x, y)$ mit dem idealen Zielbild $G(x, y)$ für kleinere ε dieser Summe der Differenzen anzeigt, und überträgt diesen Evaluierungswert zur Steuereinheit **100**.

[0076] Die Steuereinheit **100** führt unter Verwendung dieses Wertes als Steuerparameter eine Einstellung der Intensität des Beleuchtungslichts durch, indem sie die der Beleuchtungslichtquelle **12** zugeführte Antriebsleistung steuert, die Helligkeit (den Lichttransmissionsgrad) des Flüssigkristall-Anzeigebildschirms **14** durch Steuern des Spannungspegels und der Frequenz der an diesen angelegten Wechsel-Steuerspannung einstellt, den Betrag der Phasenmodulation des PALSLM **18** durch Steuern des Spannungspegels und der Frequenz der an diesen angelegten Wechsel-Steuerspannung V_{18} einstellt und den Betrag θ der Phasenverschiebung durch Steuern des Spannungspegels und der Frequenz der an das Phasenkontrastfilter **28** angelegten Wechselspannung V_{28} einstellt.

[0077] Dann führen die Steuereinheit **100** und die Evaluierungswertberechnungseinheit **200** eine Rückführregelung durch, die darauf abzielt, den Evaluierungswert mit Hilfe des sogenannten dynamischen Hill-Climbing-Verfahrens oder dergleichen zu maximieren (anders ausgedrückt: um die Summe ε der Differenzen zu minimieren). Auf dieser Grundlage wird eine Rückführregelung durchgeführt, um die Kennlinienverzerrung der optischen Elemente des optischen Bildschreibsystems WL und des optischen Filtersystems FL automatisch auszugleichen und dadurch das auf die Ausgabebene **34** projizierte reelle Ausgabebild $O(x, y)$ an das Soll-Zielbild $G(x, y)$ anzupassen.

[0078] Die Betriebsweise des Bilderzeugungsgerätes mit der obigen Konfiguration wird unter Bezugnahme auf das Flussdiagramm von [Fig. 4](#) beschrieben. Wenn eine Bedienperson eine Anweisung gibt, die der Steuereinheit **100** ein Soll-Zielbild $G(x, y)$ angibt, liest die Steuereinheit im Schritt S1000 Daten des Zielbildes $G(x, y)$ aus dem Speicherabschnitt **300**. Als nächstes berechnet die Steuereinheit im Schritt S1010 auf der Grundlage der oben angegebenen Gleichungen (1) bis (6) die Bilddaten DH des Eingabebildes $H(x, y)$ und den Betrag θ der Phasenverschiebung des Phasenverschiebungsbereiches **28ps** des Phasenkontrastfilters **28** unter der Annahme, dass sich die optischen Elemente in einem idealen Zustand befinden, wenn das Zielbild $G(x, y)$ auf die Ausgabebene **34** projiziert wird.

[0079] Als nächstes wird im Schritt S1020 das Eingabebild $H(x, y)$ auf dem Flüssigkristall-Anzeigebildschirm **14** angezeigt, und der Betrag θ der Phasenverschiebung des Phasenverschiebungsbereiches **28ps** wird von der Steuer-Wechselspannung V_{28} eingestellt. Dies bewirkt, dass das reelle Ausgabebild $O(x, y)$, das unter der Annahme, dass sich die optischen Elemente im Idealzustand befinden, dem idealen Eingabebild $H(x, y)$ entspricht, auf die Ausgabebene **34** projiziert wird.

[0080] Es soll nun ein spezielles Beispiel betrachtet werden. Der Dynamikbereich des Eingabebildes $H(x, y)$ ist maximal, wenn der komplexe Mittelwert $\bar{\alpha}$ des phasenmodulierten Lichtbildes $\alpha(x, y)$ des PALSML **18** 0,5 beträgt. Wenn $\bar{\alpha} = 0,5$ in die Gleichung (5) eingesetzt wird, ist der Betrag der Phasenverschiebung $\theta = \pi$. Wenn man nun annimmt, dass das ideale Zielbild $G(x, y)$ auf die Ausgabebene **34** projiziert wird, dann lässt sich die Beziehung des phasenmodulierten Lichtbildes $\alpha(x, y)$ zur Luminanz $I(x, y)$ des Zielbildes $G(x, y)$ wie aus der obigen Gleichung (3) folgt ausdrücken.

$$I(x, y) = 2[1 - \cos(\phi(x, y))] \quad (7)$$

[0081] Weiterhin gelten für das phasenmodulierte Lichtbild $\alpha(x, y)$ bei $\bar{\alpha} = 0,5$ die folgenden Beziehungen.

$$\iint_{\Delta x \Delta y} \cos(\phi(x, y)) dx dy = \bar{\alpha} \Delta x \Delta y = 0.5 \Delta x \Delta y \quad (8)$$

$$\iint_{\Delta x \Delta y} \sin(\phi(x, y)) dx dy = 0 \quad (9)$$

wobei Δx und Δy die Größe der aktiven Fläche des Eingabebildes bezeichnen. Gleichung (8) gibt den Realteil des phasenmodulierten Lichtbildes $\phi(x, y)$ und Gleichung (9) den Imaginärteil davon an.

[0082] Somit erhält man das dem Zielbild $G(x, y)$ entsprechende Eingabebild $H(x, y)$ mittels der Operationen der oben angegebenen Gleichungen (7) bis (9), und der Betrag der Phasenverschiebung des Phasenkontrastfilters **28** wird auf $\theta = \pi$ eingestellt, damit man den maximalen Dynamikbereich erhält.

[0083] Dann wird der Schritt S1030 durchgeführt, bei dem mit Hilfe des zweidimensionalen Festkörpersensors **40** das dem Eingabebild $H(x, y)$ entsprechend tatsächlich projizierte Ausgabebild $O(x, y)$ beobachtet und aufgenommen wird und dann die erhaltenen Bilddaten DO zur Evaluierungswertberechnungseinheit **200** übertragen werden. Die Evaluierungswertberechnungseinheit **200** bestimmt die Summe ε der Differenzen zwischen den Bilddaten DO und den Daten des Zielbildes $G(x, y)$, um die Abweichung des Ausgabebildes $O(x, y)$ vom Ideal zu evaluieren und den Evaluierungswert zur Steuereinheit **100** zu übertragen.

[0084] Dann führt im Schritt S1040 die Steuereinheit **100** auf der Grundlage dieses Evaluierungswertes automatisch die Feineinstellung von Beleuchtungsstärke des Beleuchtungslichts der Beleuchtungslichtquelle **12**, Helligkeit des Flüssigkristall-Anzeigebildschirms **14**, Eingangs-/Ausgangskennlinien des PALSML **18** und Betrag θ der Phasenverschiebung des Phasenkontrastfilters **28** durch. Dann erfolgt die Rückführregelung, und die Prozesse der Schritte S1030 und S1040 werden wiederholt, um den Evaluierungswert durch das sogenannte Hill-Climbing-Verfahren zu maximieren. Auf diese Weise wird schrittweise die Abweichung jedes optischen Elements des optischen Betriebssystems vom idealen Zustand ausgeglichen, wodurch das Ausgabebild

$O(x, y)$ an das Soll-Zielbild $G(x, y)$ angepasst werden kann.

[0085] **Fig. 5** zeigt Ergebnisse eines Experiments, die durch das Fotografieren der Ausgabebilder $O(x, y)$ erhalten wurden, wobei der Betrag der Phasenverschiebung $\theta = \pi$ eingestellt und der Betrag p der Phasenmodulation des phasenmodulierten Lichtbildes des auf dem PALSML **18** in diesem Bilderzeugungsgerät erscheinenden „B“ geändert wurde. Genauer gesagt wurden die Ausgabebilder $O(x, y)$ in Zeitreihen fotografiert, während die Helligkeit der Flüssigkristall-Anzeigeeinheit **14** unter der Rückführregelung der Steuereinheit **100** und der Evaluierungswertberechnungseinheit **200** stand. Das schärfste Ausgabebild $O(x, y)$ wurde erhalten, wenn der Betrag p der Phasenmodulation π ist.

[0086] Die oben angegebenen experimentellen Ergebnisse bestätigten auf empirische Weise, dass das Ausgabebild $O(x, y)$ in Übereinstimmung mit dem Soll-Zielbild $G(x, y)$ mit einer geringeren Rauschkomponente und hoher Luminanz sowie hohem Kontrast erzeugt werden konnte.

[0087] Die obige Beschreibung betraf das Beispiel, das das Phasenkontrastfilter **28** verwendet, das den Betrag θ der Phasenverschiebung variabel steuert, aber bei Anwendungen, bei denen der Betrag θ der Phasenverschiebung festgelegt sein kann, kann wie in **Fig. 3B** oder **Fig. 3C** gezeigt ein festgelegtes Phasenkontrastfilter angewandt werden, das den Betrag θ der Phasenverschiebung für die Lichtkomponente nullter Ordnung des Fourier-Lichtbildes $\alpha_i(x, y)$ auf π festlegt.

[0088] Bei dem Phasenkontrastfilter von **Fig. 3B** wird eine Schicht **28g** aus dielektrischem Material in einer projizierten Form, die dem Strahldurchmesser R der Lichtkomponente nullter Ordnung entspricht, in einer vorgegebenen Dicke d auf der Lichteinfallsebene des lichtdurchlässigen Glassubstrates **28f** ausgebildet. Das Phasenkontrastfilter ist so aufgebaut, dass es die Phase der durch die Schicht **28g** aus dielektrischem Material durchgelassenen Lichtkomponente nullter Ordnung um π verschiebt.

[0089] Das Phasenkontrastfilter von **Fig. 3C** ist so aufgebaut, dass in einem peripheren Teil auf dem lichtdurchlässigen Glassubstrat **28h**, der denjenigen Teil, durch den die Lichtkomponente nullter Ordnung durchgeht, nicht mit einschließt, eine Schicht **28i** aus dielektrischem Material mit einer vorgegebenen Dicke ausgebildet wird, wodurch die Phase der Lichtkomponente nullter Ordnung um π verschoben wird.

[0090] Das in **Fig. 1** gezeigte optische Betriebssystem erzielte das Einfallen von Leselicht $h\nu$ und das Durchlassen des phasenmodulierten Lichtbildes $\alpha(x, y)$ zur Fourier-Linse **26** durch das Bereitstellen des Strahlenteilers **20** zwischen dem PALSML **18** und der Fourier-Linse **26**, aber es kann wie in **Fig. 6** gezeigt auch ohne diesen Strahlenteiler **20** konfiguriert sein.

[0091] Bei der Konfiguration von **Fig. 6** wird das von der Laserlichtquelle **22** emittierte Laserlicht von einem Endteil der Fourier-Linse **26'** in paralleles Licht (Leselicht) umgewandelt und bestrahlt den PALSML **18**, und das aus dem PALSML **18** ausgelesene phasenmodulierte Lichtbild $\alpha(x, y)$ fällt auf den anderen Endteil der Fourier-Linse **26'** ein, was bewirkt, dass es eine Fourier-Transformation erfährt. Da die Fourier-Linse **26'** sowohl mit der wichtigen Funktion als Linse für die Fourier-Transformation als auch der Funktion als Kollimatorlinse versehen ist, kann sowohl der Strahlenteiler **20** als auch die Kollimatorlinse **24** weggelassen werden, wodurch die Konfiguration vereinfacht wird.

[0092] Da durch einen solchen Ausschluss des Strahlenteilers **20** der optische Verlust in diesem optischen Strahlenteiler **20** verringert werden kann, lässt sich ein schärferes Ausgabebild $O(x, y)$ erhalten. Es lässt sich einrichten, dass das Leselicht $h\nu$ durch eine andere Kollimatorlinse als die Fourier-Linse **26'** auf den PALSML **18** fällt.

[0093] Wie oben beschrieben gleicht diese Ausführungsform die vom Idealzustand abweichenden Kennlinien des optischen Betriebssystems und den optischen Verlust automatisch aus, so dass das tatsächliche Ausgabebild $O(x, y)$ an das Soll-Zielbild $G(x, y)$ angepasst werden kann.

[0094] Dieses Bilderzeugungsgerät weist den hervorragenden Effekt auf, wenn es auf die Computerholographie-Technologie (CGH), die optische Filtertechnologie, die optische Modulationstechnologie für das separate Steuern der Phase und der Amplitude von Licht, die Hochpräzisions-Laserbearbeitungstechnologie, die Verwendung eines Stapels aus mehreren räumlichen Lichtmodulatoren und so weiter angewandt wird.

[0095] Die zweite Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird beschrieben.

[0096] Die oben beschriebene erste Ausführungsform benutzte die Fourier-Linse **26** und die inverse Fourier-Linse **30**, die die zweidimensionale Fourier-Transformation durchführen können. Daher wird die Lichtkomponente nullter Ordnung des Fourier-Lichtbildes $\alpha_f(x, y)$ mit hoher Energiedichte an der Position der optischen Achse (der mittleren Position) des auf der Fourierebene angeordneten Phasenkontrastfilters **28** konzentriert. Dies könnte bei Anwendungen, die energiereiches Laserlicht verwenden, zu einer Beschädigung des Phasenkontrastfilters **28** führen.

[0097] Die zweite Ausführungsform betrifft ein Bilderzeugungsgerät, das durch die Verwendung energiereichen Laserlichts Bilder erzeugen kann und das oben erwähnte Problem löst.

[0098] In [Fig. 7](#) (der Perspektivansicht), die die Konfiguration des optischen Betriebssystems zeigt, werden, um die Unterschiede zur ersten Ausführungsform zu beschreiben, die Fourier-Linse **26** und die inverse Fourier-Linse **30** in [Fig. 1](#) durch zylindrische Linsen **42**, **46** ersetzt, die beide die Brennweite f aufweisen, und auf der Fourierebene dieser zylindrischen Linsen **42**, **46** wird das anders als das Phasenkontrastfilter **28** aufgebaute Phasenkontrastfilter **44** bereitgestellt.

[0099] [Fig. 8A](#) ist eine Seitenansicht der Konfiguration dieses optischen Betriebssystems in x-Koordinatenrichtung, und [Fig. 8B](#) ist eine Draufsicht der Konfiguration davon, die das elektrische Steuersystem aufweist, in y-Koordinatenrichtung.

[0100] Die zylindrischen Linsen **42**, **46** sind beide senkrecht zur z-Richtung der optischen Achse und in einer gemeinsamen Ausrichtung auf der xy-Koordinatenebene positioniert. Dann nimmt die erste zylindrische Linse **42** die eindimensionale Fourier-Transformation des aus dem PALSML **18** ausgelesenen phasenmodulierten Lichtbildes $\alpha(x, y)$ vor. Somit fällt das gestreifte Fourier-Lichtbild $\alpha_f(x, y)$, das in y-Koordinatenrichtung verläuft, auf das Phasenkontrastfilter **44**. Die zweite zylindrische Linse **46** nimmt die eindimensionale inverse Fourier-Transformation des vom Phasenkontrastfilter **44** phasenverschobenen Spektrallichtbildes vor, um es in das Ausgabebild des reellen Bildes $O(x, y)$ zurück zu überführen, und projiziert es auf die Ausgabebene **34**.

[0101] Das Phasenkontrastfilter **44** ist von feststehender Art, wie in [Fig. 9A](#) oder [Fig. 9B](#) gezeigt, oder von der Art mit variabler Steuerung, wie in [Fig. 10](#) bis [Fig. 12](#) gezeigt. Das in [Fig. 9A](#) gezeigte Phasenkontrastfilter **44** ist so aufgebaut, dass ein Streifen des Phasenverschiebungsbereiches **44b**, auf den nur die Lichtkomponente nullter Ordnung des Fourier-Lichtbildes $\alpha_f(x, y)$ einfällt, aus einem lichtdurchlässigen Elektrodenmaterial (ITO) auf einer Oberfläche des lichtdurchlässigen Glassubstrats **44a** besteht.

[0102] Er wird beispielsweise hergestellt, indem zunächst das lichtdurchlässige Elektrodenmaterial (ITO) auf der gesamten Oberfläche des lichtdurchlässigen Glassubstrates **44a** abgeschieden und dann außer auf dem Abschnitt, aus dem der Phasenverschiebungsbereich **44b** werden soll, durch Ätzen oder Laserbearbeitung oder dergleichen entfernt wird. Weiterhin ist die Breite X dieses Phasenverschiebungsbereiches **44b** gemäß $X = f/\lambda D$ ausgelegt, wobei λ die Wellenlänge des Laserlichts $h\nu$, D die Querbreite (die Breite in der x-Richtung in [Fig. 7](#)) der lichtaufnehmenden Oberfläche der ersten zylindrischen Linse **42** und f deren Brennweite ist. Die Dicke d wird so festgelegt, dass die Phase der Lichtkomponente nullter Ordnung um π verschoben wird.

[0103] Das in [Fig. 9B](#) gezeigte Phasenkontrastfilter **44** ist so aufgebaut, dass eine Schicht **44d** aus lichtdurchlässigem Elektrodenmaterial außer auf einem Streifen des Phasenverschiebungsbereiches **44c**, auf den die Lichtkomponente nullter Ordnung des Fourier-Lichtbildes $\alpha_f(x, y)$ einfällt, auf der Oberfläche der lichtdurchlässigen Glasplatte **44a** abgeschieden wird. Die Breite X des Phasenverschiebungsbereiches **44c** und die Dicke d der Schicht **44d** aus lichtdurchlässigem Elektrodenmaterial sind genauso ausgelegt wie bei dem Phasenkontrastfilter von [Fig. 9A](#).

[0104] Das in [Fig. 10](#) gezeigte Phasenkontrastfilter **44** von der Art mit variabler Steuerung ist so aufgebaut, dass eine Flüssigkristallschicht **44j** zwischen den Schichten **44g**, **44i** aus lichtdurchlässigem Elektrodenmaterial angeordnet ist, die sich an den Innenwandflächen der parallelen lichtdurchlässigen Glassubstrate **44e**, **44f** befinden. Die Schicht **44g** aus lichtdurchlässigem Elektrodenmaterial liegt jedoch in einem Streifen des Phasenverschiebungsbereiches **44h** nicht vor, auf den die Lichtkomponente nullter Ordnung des Fourier-Lichtbildes $\alpha_f(x, y)$ fällt. Die Dicke d der Schicht **44g** aus lichtdurchlässigem Elektrodenmaterial und die Breite X des

Phasenverschiebungsbereiches **44h** sind genauso ausgelegt wie bei dem Phasenkontrastfilter von [Fig. 9A](#).

[0105] Durch variables Steuern des Spannungspegels und der Frequenz der von der Steuereinheit **100** gelieferten Wechselstrom-Steuerspannung V_{44} , die zwischen den Schichten **44g** und **44i** aus lichtdurchlässigem Elektrodenmaterial angelegt wird, kann die Lichtkomponente nullter Ordnung des Fourier-Lichtbildes $\alpha_f(x, y)$ innerhalb des Bereiches **0** bis 2π wie gewünscht phasenverschoben werden.

[0106] Das in den [Fig. 11A](#) bis [Fig. 11C](#) gezeigte Phasenkontrastfilter **44** ist so aufgebaut, dass die Schicht **44i** aus lichtdurchlässigem Elektrodenmaterial auf der Rückseite des in [Fig. 10](#) gezeigten Phasenkontrastfilters in Form mehrerer Streifen ausgebildet ist. [Fig. 11A](#) ist eine seitliche Querschnittsansicht des Filters mit der xz-Koordinatenebene als Schnittebene, [Fig. 11B](#) eine Querschnittsansicht in Längsrichtung des von der yz-Koordinatenebene geschnittenen Filters und [Fig. 11C](#) eine Perspektivansicht als perspektivische Projektion des Hauptteils.

[0107] Das Phasenkontrastfilter **44** ist so aufgebaut, dass die Flüssigkristallschicht **44j** zwischen den Schichten **44g**, **44i** aus lichtdurchlässigem Elektrodenmaterial angeordnet ist, die sich an den Innenwandflächen der parallelen lichtdurchlässigen Glassubstrate **44e**, **44f** befinden. Die Schicht **44g** aus lichtdurchlässigem Elektrodenmaterial liegt jedoch in dem Streifen des Phasenverschiebungsbereiches **44h**, auf den die Lichtkomponente nullter Ordnung des Fourier-Lichtbildes $\alpha_f(x, y)$ fällt, nicht vor. Die auf der Rückseite der Flüssigkristallschicht **44j** vorgesehenen mehreren Schichten **44i** aus lichtdurchlässigem Elektrodenmaterial verlaufen senkrecht zum Phasenverschiebungsbereich **44h**. Die Breite X des Phasenverschiebungsbereiches **44h** und die Dicke d der Schicht **44g** aus lichtdurchlässigem Elektrodenmaterial sind genauso ausgelegt wie bei dem Phasenkontrastfilter von [Fig. 10](#).

[0108] Ein Regelwiderstand ist mit jeder Schicht **44i** aus lichtdurchlässigem Elektrodenmaterial verbunden, und die Steuer-Wechselspannung V_{44} von der Steuereinheit **100** wird durch diese Regelwiderstände zwischen den Schichten **44g**, **44i** aus lichtdurchlässigem Elektrodenmaterial angelegt. Da eine Änderung des Widerstandes bei jedem Regelwiderstand zu einer Änderung der Intensität des in der Anordnungsrichtung der Schicht **44i** aus lichtdurchlässigem Elektrodenmaterial auf die Flüssigkristallschicht **44j** einwirkenden elektrischen Feldes führt, kann die Lichtkomponente nullter Ordnung des Fourier-Lichtbildes $\alpha_f(x, y)$ unterschiedliche Phasenverschiebungen in Anordnungsrichtung erhalten. Wenn beispielsweise die Verhältnisse weißer und schwarzer Teile von Zeile zu Zeile variieren, können für die Verhältnisse weißer und schwarzer Teile geeignete Phasenverschiebungen verliehen werden.

[0109] Das in den [Fig. 12A](#) bis [Fig. 12C](#) gezeigte Phasenkontrastfilter **44** ist so aufgebaut, dass der Phasenverschiebungsbereich **44k**, auf den die Lichtkomponente nullter Ordnung des Fourier-Lichtbildes $\alpha_f(x, y)$ fällt, aus einem lichtdurchlässigen Elektrodenmaterial (ITO) besteht, mehrere senkrecht zum Phasenverschiebungsbereich **44k** verlaufende Schichten **44i** auf der Rückseite der Flüssigkristallschicht **44j** vorgesehen sind, und das Ganze ist zwischen lichtdurchlässigen Glassubstraten **44f**, **44e** angeordnet. [Fig. 12A](#) ist eine seitliche Querschnittsansicht des von der xz-Koordinatenebene geschnittenen Filters, [Fig. 12B](#) eine Querschnittsansicht in Längsrichtung des von der yz-Koordinatenebene geschnittenen Filters und [Fig. 12C](#) eine Perspektivansicht als perspektivische Projektion des Hauptteils.

[0110] Ein Regelwiderstand ist mit jeder Schicht **44i** aus lichtdurchlässigem Elektrodenmaterial verbunden, und die Steuer-Wechselspannung V_{44} von der Steuereinheit **100** wird durch diese Regelwiderstände zwischen den Schichten **44i** aus lichtdurchlässigem Elektrodenmaterial und dem Phasenverschiebungsbereich **44k** angelegt. Da eine Einstellung des Widerstandes bei jedem Regelwiderstand zu einer Änderung des elektrischen Feldes in der Flüssigkristallschicht **44j** führt, kann die Lichtkomponente nullter Ordnung des Fourier-Lichtbildes $\alpha_f(x, y)$ unterschiedliche Phasenverschiebungen in Anordnungsrichtung erhalten.

[0111] Bei dem wie oben beschrieben aufgebauten Bilderzeugungsgerät der vorliegenden Erfindung wandelt die erste zylindrische Linse **42** das aus dem PALSML **18** ausgelesene phasenmodulierte Lichtbild $\alpha(x, y)$ in das gestreifte Fourier-Lichtbild $\alpha_f(x, y)$ um, so dass verhindert werden kann, dass sich Licht mit hoher Energiedichte an einem Punkt auf dem Phasenkontrastfilter **44** konzentriert. Dadurch lässt sich eine Beschädigung des Phasenkontrastfilters **44** verhindern, wodurch das Bilderzeugungsgerät realisiert wird, das den energiereichen Laser verwendet.

[0112] Weiterhin kann das Ausgabebild $O(x, y)$ sehr nahe am idealen Zustand erzeugt werden, wenn jedes optische Element durch Rückführregelung mit der Steuereinheit **100** und der Evaluierungswertberechnungseinheit **200** wie bei der ersten Ausführungsform eingestellt wird.

[0113] [Fig. 13](#) zeigt experimentelle Ergebnisse der Verwendung des Bilderzeugungsgerätes. Die linke Seite der Zeichnung zeigt das vom PALSLM 18 phasenmodulierte Lichtbild $\alpha(x, y)$, und die rechte Seite der Zeichnung zeigt ein Bild des auf die Ausgabebene 34 projizierten Ausgabebildes $O(x, y)$ mit einer Zwischenauflösung. Bei diesem Experiment wurde ein Feldbeleuchter mit 25% Weiß und 75% Schwarz als Eingabebild $H(x, y)$ auf dem Flüssigkristall-Anzeigebildschirm 14 angezeigt.

[0114] Für dieses phasenmodulierte Lichtbild $\alpha(x, y)$ gibt es die Beziehung der nachstehenden Gleichung (10) zwischen der Weißpegel- und der Schwarzpegel-Wirkleistung (Duty), dem komplexen Mittelwert $\bar{\alpha}$ des phasenmodulierten Lichtbildes $\alpha(x, y)$ und dem Betrag θ der Phasenverschiebung des Phasenkontrastfilters 44.

[0115] $\text{Wirkleistung(Weiß)}\exp(i\pi) + \text{Wirkleistung(Schwarz)}\exp(i0) = \bar{\alpha}$

$$= \left\{ 2 \sin \left(\frac{\theta}{2} \right) \right\}^{-1} \quad (10)$$

[0116] Das bedeutet, dass der Betrag θ der Phasenverschiebung des Phasenkontrastfilters 44 gemäß der Weißpegel- und der Schwarzpegel-Wirkleistung eingestellt werden muss. Da die Weiß- und die Schwarz-Wirkleistung 25% bzw. 75% ausmachte, wurde der PALSLM 18 so ausgelegt, dass er eine Modulation von π auf dem Weißpegel und eine Modulation von null auf dem Schwarzpegel bewirkte, um den Betrag der Phasenverschiebung des Phasenkontrastfilters 44 als $\theta = \pi$ einzustellen. Infolgedessen wurde das Ausgabebild $O(x, y)$ mit sehr guter Übereinstimmung mit dem Zielbild $G(x, y)$ und gutem Kontrast erzeugt, wie auf der rechten Seite von [Fig. 13](#) gezeigt ist. Es bestätigte sich ebenfalls, dass eine Abweichung verschiedener Kennlinien der optischen Elemente von den idealen Kennlinien durch die Rückführregelung der Steuereinheit 100 und der Evaluierungswertberechnungseinheit 200 ausgeglichen wurde.

[0117] Es werden Modifikationen von [Fig. 7](#) beschrieben. [Fig. 14A](#), [Fig. 15A](#) und [Fig. 16A](#) sind jeweils Seitenansichten einer Modifikation in x-Koordinatenrichtung, und [Fig. 14B](#), [Fig. 15B](#) und [Fig. 16B](#) sind dementsprechende Draufsichten auf die Modifikation in y-Koordinatenrichtung.

[0118] Die in den [Fig. 14A](#) und [Fig. 14B](#) gezeigte Modifikation enthält eine dritte zylindrische Linse 48 gleich hinter dem Phasenkontrastfilter 44. Diese zylindrische Linse 48 ist in Bezug auf die erste und die zweite zylindrische Linse 42, 46 um 90° auf der xy-Koordinatenebene (senkrecht) gedreht angeordnet. Diese Konfiguration erzeugt effektiv ein scharfes Bild mit Unterdrückung des Brechungseinflusses.

[0119] Die in den [Fig. 15A](#) und [Fig. 15B](#) und den [Fig. 16A](#) und [Fig. 16B](#) gezeigten Modifikationen sind so gestaltet, dass auch ohne Bereitstellung eines Strahlenteilers das Leselicht $h\nu$ auf den PALSLM 18 fällt und das phasenmodulierte Lichtbild $\alpha(x, y)$ vom PALSLM 18 ausgegeben wird. Insbesondere werden die Kollimatorlinse 24 und die erste zylindrische Linse 42 in dem gleichen Winkel β (der maximal ungefähr 2° beträgt) zum PALSLM 18 versetzt angeordnet. Die Laserlichtquelle 22 befindet sich bei der Kollimatorlinse 24, und das Phasenkontrastfilter 44, die zweite zylindrische Linse 46 und die Ausgabebene 34 befinden sich hinter der ersten zylindrischen Linse 42 und bilden somit das optische 4f-System.

[0120] Das von der Laserlichtquelle 22 emittierte Laserlicht wird durch die Kollimatorlinse 24 zu dem Leselicht $h\nu$ geändert, und das Leselicht $h\nu$ tritt direkt in den PALSLM 18 ein. Dieses Leselicht $h\nu$ wird vom PALSLM 18 phasenmoduliert und nach innen reflektiert, so dass daraus das phasenmodulierte Lichtbild $\alpha(x, y)$ wird, und das phasenmodulierte Lichtbild fällt auf die erste zylindrische Linse 42.

[0121] Eine solche Konfiguration kann optische Verluste bei dem Leselicht $h\nu$ und dem phasenmodulierten Lichtbild $\alpha(x, y)$ beträchtlich verringern. Dadurch erhöht sich die Lichtausnutzungseffizienz, so dass ein schärferes Ausgabebild $O(x, y)$ erzeugt werden kann. Außerdem lässt sich das Bilderzeugungsgerät, das den energiereichen Laser benutzt, realisieren. Wenn die Rückführregelung jedes optischen Elements unter Bereitstellung der Steuereinheit 100 und der Evaluierungswertberechnungseinheit 200 wie in den [Fig. 8A](#) und [Fig. 8B](#) (wenn auch nicht in den [Fig. 15A](#) und [Fig. 15B](#) dargestellt) eingesetzt wird, kann das sehr nahe am idealen Zustand liegende Ausgabebild $O(x, y)$ erzeugt werden, während die Kennlinienabweichung der tatsächlichen optischen Elemente ausgeglichen wird.

[0122] Bei der in den [Fig. 15A](#) und [Fig. 15B](#) gezeigten Modifikation liegt die Kondensorlinse 24 in einer senkrecht zur Längsrichtung (speziell der y-Koordinatenrichtung) des Streifens des im Phasenkontrastfilter 44 bereitgestellten Phasenverschiebungsbereiches verlaufenden Richtung (speziell der x-Koordinatenrichtung). Bei

der in den [Fig. 16A](#) und [Fig. 16B](#) gezeigten Modifikation liegt im Gegensatz dazu die Kondensorlinse **24** entlang der Längsrichtung (speziell der y-Koordinatenrichtung) des Streifens des im Phasenkontrastfilter **44** bereitgestellten Phasenverschiebungsbereiches. Dementsprechend sind die erste und die zweite zylindrische Linse **42**, **46** und das Phasenkontrastfilter **44** bei dem Gerät in den [Fig. 15A](#) und [Fig. 15B](#) im Verhältnis zu denen bei dem Gerät in den [Fig. 16A](#) und [Fig. 16B](#) um 90° gedreht angeordnet.

[0123] Da die Kollimatorlinse **24** bei der Modifikation der [Fig. 16A](#) und [Fig. 16B](#) in der Längsrichtung der ersten zylindrischen Linse **42** (oder in der Richtung, die nicht zur Fourier-Transformation beiträgt) liegt, führt eine leichte Abweichung bei der Position der Kollimatorlinse **24** in dieser Richtung nicht zu einer bedeutenden Verschlechterung der Eigenschaften des gesamten optischen Systems. Daher besitzt die Modifikation der [Fig. 16A](#) und [Fig. 16B](#) den Vorteil, dass die optische Einstellung einfacher wird als bei der Modifikation der [Fig. 15A](#) und [Fig. 15B](#).

[0124] Es werden alternative Konfigurationen eines Bilderzeugungsgerätes unter Bezugnahme auf die [Fig. 17A](#) und [Fig. 17B](#) beschrieben. [Fig. 17A](#) ist eine Seitenansicht des Gerätes in x-Koordinatenrichtung, und [Fig. 17B](#) ist eine Draufsicht auf das Gerät in y-Koordinatenrichtung.

[0125] Die erste und die zweite Ausführungsform sind so konfiguriert, dass sie durch die Verwendung des Anzeigemittels als Kombination aus dem Flüssigkristall-Anzeigebildschirm **14** und dem PALSLM **18** eine Phasencodierung des Eingabebildes $H(x, y)$ zum phasenmodulierten Lichtbild $\alpha(x, y)$ bewirken. Die Konfigurationen der [Fig. 17A](#) und [Fig. 17B](#) übernehmen die in einer anderen Konfiguration realisierten Anzeigemittel.

[0126] In den [Fig. 17A](#) und [Fig. 17B](#) ist der Flüssigkristall-Anzeigebildschirm **50** vom Phasenmodulationstyp an der Position des vorderen Brennpunktes der ersten zylindrischen Linse **42** angeordnet, das von der Laserlichtquelle **22** emittierte Laserlicht wird von der Kollimatorlinse **24** in paralleles Leselicht $h\nu$ umgewandelt, und das Leselicht $h\nu$ wird dem auf dem Flüssigkristall-Anzeigebildschirm **50** angezeigten Eingabebild $H(x, y)$ entsprechend phasenmoduliert, so dass daraus das phasenmodulierte Lichtbild $\alpha(x, y)$ wird, das zur ersten zylindrischen Linse **42** geleitet wird. Dann wird die Lichtkomponente nullter Ordnung des Fourier-Lichtbildes $\alpha(x, y)$ vom Phasenkontrastfilter **44** phasenverschoben, dann wird sie in der zweiten zylindrischen Linse **46** einer inversen Fourier-Transformation unterzogen, so dass daraus das Ausgabebild des reellen Bildes $O(x, y)$ wird, und das Ausgabebild wird auf die Ausgabebene **34** projiziert.

[0127] Das Gerät ist wie in den [Fig. 8A](#) und [Fig. 8B](#) (wenn auch nicht in den [Fig. 17A](#) und [Fig. 17B](#) dargestellt) mit der Steuereinheit **100**, der Evaluierungswertberechnungseinheit **200** und dem Speicherabschnitt **300** ausgerüstet und zeigt das theoretisch aus dem Soll-Zielbild $G(x, y)$ erhaltene Eingabebild $H(x, y)$ an und führt die Rückführregelung jedes optischen Elements durch.

[0128] Da in diesen Konfigurationen kein PALSLM enthalten ist, lässt sich das optische Betriebssystem vereinfachen.

(Dritte Ausführungsform)

[0129] Die dritte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird beschrieben.

[0130] Bei der ersten und der zweiten Ausführungsform besitzt der Phasenverschiebungsbereich des auf der Fourier-Transformationsebene angeordneten Phasenkontrastfilters **28**, **44** eine solche geometrische Form, dass nur die Lichtkomponente nullter Ordnung des Fourier-Lichtbildes $\alpha(x, y)$ darauf fällt. Da jedoch die Breite der spektralen Verteilung dieser Lichtkomponente nullter Ordnung äußerst schmal ist, ist eine sehr genaue Verarbeitungstechnologie erforderlich. Zusätzlich dazu ist auch eine sehr genaue Einstellung der optischen Achse erforderlich. Wenn sich der Durchmesser des Fourier-Lichtbildes $\alpha(x, y)$ ändert, kann die Form und die Position des Phasenverschiebungsbereiches nicht geändert werden. Es sind somit nicht ohne weiteres verschiedene Bilderzeugungsprozesse durchführbar. Die dritte Ausführungsform hat dieses Problem gelöst.

[0131] Die dritte Ausführungsform, die in [Fig. 18](#) in einer Perspektivansicht und in [Fig. 19](#) in einer Seitenansicht gezeigt ist, umfasst die Beleuchtungslichtquelle **52** für das Ausstrahlen von Beleuchtungslicht aus weißem Licht oder dergleichen ohne Spitzen bei einer bestimmten Wellenlänge im sichtbaren Lichtbereich und mit gleichmäßiger Beleuchtungsstärke, einen Flüssigkristall-Anzeigebildschirm **54** vom Transmissionstyp für das Anzeigen des Eingabebildes $H(x, y)$ und die Abbildungslinse **56** für das Erzeugen des zweidimensionalen Intensitätslichtbildes $H'(x, y)$, das, wenn das Beleuchtungslicht von dem Flüssigkristall-Anzeigebildschirm **54** durchgelassen wird, auf der Eingabebene des PALSLM **58** erscheint, die somit das optische Bildschreibsys-

tem bilden.

[0132] Das Gerät umfasst weiterhin die Kondensorlinse **60** und die Laserlichtquelle **62** für das Ausstrahlen des kohärenten Leselichts $h\nu$ zur Ausgabebene des PALSLM **58**, die Fourier-Linse **64** für das Durchführen der Fourier-Transformation des aus dem PALSLM **58** austretenden phasenmodulierten Lichtbildes $\alpha(x, y)$, das auf der Fourierebene angeordnete Phasenkontrastfilter **66** für das Phasenverschieben und Reflektieren des Fourier-Lichtbildes $\alpha_f(x, y)$, die inverse Fourier-Linse **68** für das Durchführen der inversen Fourier-Transformation des vom Phasenkontrastfilter **66** phasenverschobenen Spektrallichtbildes und die Ausgabebene **70**, auf die das Ausgabebild $O(x, y)$ als durch die inverse Fourier-Transformation geändertes reelles Bild projiziert wird, die somit das optische Filtersystem bilden.

[0133] Hier ist der PALSLM **58** der bei der ersten und der zweiten Ausführungsform beschriebene parallel ausgerichtete, räumliche Flüssigkristall-Lichtmodulator, und die Kondensorlinse **60** und die Fourier-Linse **64** sind so positioniert, dass das Leselicht $h\nu$ unter dem gleichen Winkel auf den PALSLM **58** einfällt, unter dem das phasenmodulierte Lichtbild $\alpha(x, y)$ von diesem ausgestrahlt wird.

[0134] Das Phasenkontrastfilter **66** ist wie schematisch in der Querschnittsansicht in Längsrichtung von [Fig. 20](#) gezeigt aufgebaut. Er weist insbesondere eine solche Schichtstruktur auf, dass die Fotoleiterschicht **66e**, der dielektrische Mehrschichtenfilmspiegel **66f** und die zwischen den Ausrichtschichten **66g**, **66h** angeordnete Schicht **66i** aus lichtmodulierendem Material zwischen lichtdurchlässigen, leitfähigen Filmen (ITO) **66c**, **66d** angeordnet sind, die auf der Innenseite des parallelen lichtdurchlässigen Glassubstrats **66a** und des lichtundurchlässigen Glassubstrats **66b** abgeschieden worden sind. Weiterhin ist die Außenwand des lichtdurchlässigen Glassubstrats **66a** mit einer nichtreflektierenden Beschichtung **66j** versehen. Die Fotoleiterschicht **66e** ist beispielsweise aus hydrogenisiertem amorphem Silizium (a-Si:H) hergestellt und die Schicht **66i** aus lichtmodulierendem Material beispielsweise aus einem Material wie einem parallel ausgerichteten, nematischen Flüssigkristall.

[0135] Weiterhin wird die Längs- oder Querbreite W des Phasenkontrastfilters **66** (die Längs- oder Querbreite der Stirnfläche, auf die das Fourier-Lichtbild $\alpha_f(x, y)$ fällt) folgendermaßen bestimmt.

$$w > f/\lambda D \quad (11)$$

[0136] Hier ist f die Brennweite der Fourier-Linse **64**, λ die Mittenwellenlänge des Leselichts $h\nu$ und D die maximale Breite des phasenmodulierten Lichtbildes $\alpha(x, y)$.

[0137] Die Intensität des Lichts nullter Ordnung ist als Gleichung (5) und (6) angegeben. Wenn $|\tilde{\alpha}|$ gleich 0,5 ist, weist die Intensität des Lichts nullter Ordnung 50% der Energie des Eingabebildes auf. Die Größe der ersten Ordnung beträgt etwa $f\lambda/D$, wobei λ die Wellenlänge des Leselichtes, f die Brennweite der Fourier-Linse **26** und D der aufgeweitete Strahldurchmesser vor der Fourier-Linse **26** ist.

[0138] Der dielektrische Mehrschichtenfilmspiegel **66f** weist eine Stapelstruktur aus dielektrischen Dünnschichten auf und ist so ausgelegt, dass er beispielsweise 99,95% der Lichtkomponente nullter Ordnung des Fourier-Lichtbildes $\alpha_f(x, y)$ reflektiert und den Rest durchlässt, d. h. 0,05% davon, abhängig von der Anzahl der dielektrischen dünnen Schichten.

[0139] Wenn das Fourier-Lichtbild $\alpha_f(x, y)$ auf den dielektrischen Mehrschichtenfilmspiegel **66f** fällt, dann gehen (lecken) 0,05% der Lichtkomponente nullter Ordnung durch den dielektrischen Mehrschichtenfilmspiegel **66f** hindurch und treten in die Fotoleiterschicht **66e** ein, was eine Veränderung der Impedanz in dem einfallenden Teil dieses Lecklichts $\Delta\alpha_f$ entsprechend seiner Lichtintensität verursacht. Diese Veränderung der Impedanz der Fotoleiterschicht **66e** verursacht eine Änderung der Feldintensität, wodurch der Schicht **66i** aus lichtmodulierendem Material eine der Lichtintensität der Lichtkomponente nullter Ordnung entsprechende Ausrichtung verliehen wird. Der restliche Teil des Fourier-Lichtbildes $\alpha_f(x, y)$ wird vom dielektrischen Mehrschichtenfilmspiegel **66f** reflektiert und durch die Schicht **66i** aus lichtmodulierendem Material zum lichtdurchlässigen Glassubstrat **66a** ausgegeben. Hier wird die Lichtkomponente nullter Ordnung beim Hindurchgehen durch die Schicht **66i** aus lichtmodulierendem Material durch die oben erwähnte Ausrichtung phasenverschoben.

[0140] Das Phasenkontrastfilter **66** stellt wie oben beschrieben automatisch den Betrag θ der Phasenverschiebung und den Phasenverschiebungsbereich gemäß der Lichtintensität nullter Ordnung des Fourier-Lichtbildes $\alpha_f(x, y)$ ein und gibt die Lichtkomponente nullter Ordnung mit um den Betrag θ der Phasenverschiebung verschobener Phase aus. Somit ist eine Positionierung des Phasenkontrastfilters unnötig, die Stabilität des op-

tischen Systems wird stark verbessert, und das Gerät kann für die Erzeugung von Bildern verschiedener Form angewendet werden, ohne auf bestimmte Bilder beschränkt zu sein. Hinzu kommt, dass der Betrag θ der Phasenverschiebung variabel eingestellt werden kann, indem der Spannungspegel oder die Frequenz der an die lichtdurchlässigen Elektrodenfilme **66c**, **66d** angelegten Steuer-Wechselspannung V_{66} variabel gesteuert wird.

[0141] Dann wird das aus dem Phasenkontrastfilter **66** austretende Spektrallichtbild in der inversen Fourier-Linse **68** der inversen Fourier-Transformation unterzogen, damit daraus das Ausgabebild $O(x, y)$ des reellen Bildes wird, das auf die Ausgabebene **70** projiziert wird.

[0142] [Fig. 21](#) ist ein Eingangs-/Ausgangskennlinien-Diagramm des Phasenkontrastfilters **66**, das die Beziehung des Betrages θ der Phasenverschiebung zur Intensität des Lecklichtes mit einem Parameter der Steuer-Wechselspannung V_{66} zeigt. Wie aus [Fig. 21](#) hervorgeht, sind die Beträge θ der Phasenverschiebung fast proportional zu Logarithmen der Menge des einfallenden Lichts (Menge des Lecklichtes) und erreichen Sättigung, wenn die Lichtmenge über einen bestimmten Pegel steigt. Das Filter weist auch die Eigenschaft auf, dass eine Änderung der Steuer-Wechselspannung V_{66} zu einer Änderung des Sättigungswertes des Betrages θ der Phasenverschiebung führt.

[0143] Daher wird in der Praxis ein Prozess der Feineinstellung des Betrages θ der Phasenverschiebung beispielsweise dadurch durchgeführt, dass ein Sollbetrag θ der Phasenverschiebung durch die Steuer-Wechselspannung V_{66} oder durch die Durchführung der Rückführregelung dieser Steuer-Wechselspannung V_{66} vorgegeben wird, um das an das Soll-Zielbild $G(x, y)$ angepasste Ausgabebild $O(x, y)$ zur Überwachung des Ausgabebildes zu verwenden.

[0144] Es soll nun ein spezielles Beispiel betrachtet werden. Es sei angenommen, dass die Wellenlänge des Leselichtes $h\nu$ $633 \mu\text{m}$, die Intensität davon 1 mW/cm^2 , der Durchmesser D davon 1 cm und die Brennweite f der Fourier-Linse 64 400 mm beträgt und die Lichtintensität nullter Ordnung des Fourier-Lichtbildes $\alpha_t(x, y)$ auf 50% codiert ist. Dann wird die durchschnittliche Intensität I der Lichtkomponente nullter Ordnung und der Punktdurchmesser r_0 folgendermaßen berechnet.

$$\begin{aligned} \bar{I} &= |\bar{\alpha}| \times r_{\text{Eingabe}} \times (\pi D^2) \\ &= 0,5 \times (1 \times 10^{-3}) \times (\pi \times 0,5^2) \\ &= 4 \times 10^{-4} [\text{W}] \end{aligned} \quad (12)$$

$$r_0 = f\lambda/D' = 25 [\mu\text{m}] \quad (13)$$

[0145] Wenn der Transmissionsgrad des dielektrischen Mehrschichtenfilmspiegels **66f** des Phasenkontrastfilters **66** $99,95\%$ beträgt, dann beträgt die Intensität des Lecklichtes $\Delta\alpha_t$ $2 \times 10^5 \text{ mW/cm}^2$. Im Kennliniendiagramm ([Fig. 21](#)) ist zu sehen, dass sich selbst bei einem solchen schwachen Lecklicht $\Delta\alpha_t$ ausreichende Beträge θ der Phasenverschiebung erhalten lassen. Somit ist der optische Verlust des Phasenkontrastfilters **66** unbedeutend, wodurch eine hervorragende Lichtausnutzungseffizienz erzielt wird.

[0146] Das Ausgabebild $O(x, y)$ kann sehr nahe am idealen Zustand erzeugt werden, wenn jedes optische Element der Rückführregelung durch die Steuereinheit **100** und die Evaluierungswertberechnungseinheit **200** wie bei der ersten Ausführungsform unterliegt.

[0147] Es wird unter Bezugnahme auf [Fig. 22](#) eine Modifikation beschrieben. In [Fig. 22](#) sind mit denen in [Fig. 18](#) identische oder ähnliche Teile mit den gleichen Bezugszeichen bezeichnet. Diese Modifikation benutzt statt der Fourier-Linsen **64**, **68** zylindrische Linsen **72**, **74** für die zweidimensionale Fourier-Transformation, um das optische $4f$ -System aufzubauen. Dieser Konfiguration zufolge nimmt die erste zylindrische Linse **72** die eindimensionale Fourier-Transformation des phasenmodulierten Lichtbildes $\alpha(x, y)$ vor, das auf dem Phasenkontrastfilter **66** erzeugt wird. Somit ist es möglich, eine Beschädigung des Phasenkontrastfilters **66** zu verhindern. Außerdem ermöglicht die Modifikation die Bilderzeugung mit dem energiereichen Laser.

[0148] Eine weitere Modifikation eines Bilderzeugungsgerätes wird unter Bezugnahme auf die [Fig. 23](#) beschrieben. Diese Modifikation ist so konfiguriert, dass der Flüssigkristall-Anzeigebildschirm **76** vom Phasenmodulationstyp an der Position des vorderen Brennpunktes der Fourier-Linse **64** angeordnet ist und das von der Kollimatorlinse **60** und der Laserlichtquelle **62** emittierte kohärente Leselicht $h\nu$ durch das auf dem Flüssigkristall-Anzeigebildschirm **76** angezeigte Eingabelichtbild (x, y) hindurchgeht, wodurch das phasenmodulierte Lichtbild $\alpha(x, y)$ erzeugt wird.

[0149] Da diese Modifikation keinen PALSIM enthält, bewirkt sie eine Vereinfachung des optischen Betriebssystems.

[0150] Die oben angeführte Beschreibung zeigte die Konfigurationen, die den PALSIM als räumlichen Lichtmodulator verwenden, aber der räumliche Lichtmodulator der vorliegenden Erfindung ist nicht darauf beschränkt. Er kann beispielsweise unter räumlichen Flüssigkristall-Lichtmodulatoren, die verdrehte nematische Flüssigkristalle (TNLC = Twisted Nematic Liquid Crystal), ferroelektrische Flüssigkristalle (FLC = Ferroelectric Liquid Crystal) und dergleichen verwenden, und räumlichen Lichtmodulatoren mit optischer Ansteuerung oder elektrischer Ansteuerung, die verschiedene lichtmodulierende Materialien wie beispielsweise elektrooptische Kristalle verwenden, ausgewählt werden.

Patentansprüche

1. Bilderzeugungsgerät für das Erzeugen eines zweidimensionalen optischen Bildes auf der Grundlage von elektrischen Bildinformationen, das folgendes umfaßt:

ein optisches Betriebssystem, das mindestens folgendes aufweist:

eine Anzeigevorrichtung (**14, 54**) vom Lichttransmissionstyp, die auf der Grundlage der elektrischen Bildinformationen ein diesen entsprechendes zweidimensionales Eingabebild anzeigt,

eine Beleuchtungsvorrichtung (**12, 52**) für das Abstrahlen von Beleuchtungslicht zum Anzeigebild auf der Anzeigevorrichtung (**14, 54**),

leselichterzeugende Mittel (**22, 62**) für das Emittieren von kohärentem Leselicht,

zweidimensionales räumliches Licht modulierende Mittel (**18, 58**) vom Typ optische Adresse, die mit einem zweidimensionalen Intensitätslichtbild bestrahlt werden, das gemäß dem zweidimensionalen Eingabebild von dem von der Anzeigevorrichtung (**14, 54**) übertragenen Beleuchtungslicht erzeugt wird, wobei die räumliches Licht modulierenden Mittel (**18, 58**) das von den leselichterzeugenden Mitteln (**22, 62**) abgestrahlte Leselicht entsprechend einer räumlichen Lichtintensitätsverteilung des zweidimensionalen Intensitätslichtbildes phasenmodulieren um ein zweidimensionales phasenmoduliertes Lichtbild mit einer räumlichen Lichtintensitätsverteilung auszugeben,

eine Fourier-Linse (**26, 26', 64**) für das Umwandeln des phasenmodulierten Lichtbildes in ein Fourier-Lichtbild,

ein auf einer Fourierebene der Fourier-Linse (**26, 26', 64**) bereitgestelltes Phasenkontrastfilter (**28, 44, 66**) für das Phasenverschieben einer Lichtkomponente nullter Ordnung des Fourier-Lichtbildes und

eine inverse Fourier-Linse (**30, 68**), damit das Fourier-Lichtbild einer inversen Fourier-Transformation unterworfen und das optische Bild ausgegeben wird; und

Betriebssteuermittel für das Anwenden eines idealen Sollbildes, das als optisches Bild erzeugt werden soll, auf eine theoretische Kenngröße des optischen Betriebssystems, wodurch die elektrischen Bildinformationen rückwärts berechnet werden.

2. Bilderzeugungsgerät nach Anspruch 1, bei dem die Fourier-Linse (**26, 26', 64**) und die inverse Fourier-Linse (**30, 68**) Linsen für eine zweidimensionale Fourier-Transformation sind.

3. Bilderzeugungsgerät nach Anspruch 1, bei dem die Fourier-Linse (**26, 26', 64**) eine erste Linse für eine eindimensionale Fourier-Transformation und die inverse Fourier-Linse (**30, 68**) eine zweite Linse für eine eindimensionale inverse Fourier-Transformation ist und eine Fourier-Transformationsebene der ersten Linse und eine inverse Fourier-Transformationsebene der zweiten Linse in gleicher Ausrichtung angeordnet sind.

4. Bilderzeugungsgerät nach Anspruch 3, bei dem eine dritte Linse mit den gleichen optischen Eigenschaften wie die erste Linse senkrecht zur ersten Linse positioniert ist.

5. Bilderzeugungsgerät nach Anspruch 1, bei dem das Phasenkontrastfilter (**28, 44, 66**) ein Filter vom Transmissionstyp für das Durchlassen des Fourier-Lichtbildes ist.

6. Bilderzeugungsgerät nach Anspruch 1, bei dem das Phasenkontrastfilter (**28, 44, 66**) ein Filter vom Reflexionstyp für das Reflektieren des Fourier-Lichtbildes ist.

7. Bilderzeugungsgerät nach Anspruch 1, bei dem das Phasenkontrastfilter (**66**) eine Struktur besitzt, bei der ein dielektrischer Mehrschichtenfilm (**66g**) mit einem vorher festgelegten Lichttransmissionsgrad zwischen einer Schicht (**66i**) aus lichtmodulierendem Material, die mit einer vorher festgelegten Spannung vorgespannt ist, und einer Fotoleiterschicht (**66e**) angeordnet ist und das Fourier-Lichtbild auf die Schicht (**66i**) aus lichtmodulierendem Material einfällt und von dem dielektrischen Mehrschichtenfilm (**66g**) reflektiert und ausgegeben wird, und

bei dem ein Teil der Lichtkomponente nullter Ordnung des von dem dielektrischen Mehrschichtenfilm **(66g)** durchgelassenen Fourier-Lichtbildes eine elektrische Eigenschaft der Fotoleiterschicht **(66e)** und dadurch eine Doppelbrechungsverteilung der Schicht **(66i)** aus lichtmodulierendem Material verändert und die Schicht **(66i)** aus lichtmodulierendem Material eine Phasenverschiebung erfährt und das von dem dielektrischen Mehrschichtenfilm **(66g)** reflektierte Fourier-Lichtbild ausgibt.

8. Bilderzeugungsgerät nach Anspruch 1, bei dem die Betriebssteuermittel folgendes umfassen:
Evaluierungswertberechnungsmittel **(200)** für das Überwachen des von der inversen Fourier-Linse **(30, 68)** ausgegebenen optischen Bildes und Evaluieren der Übereinstimmung zwischen dem optischen Bild und dem idealen Sollbild und
variable Steuermittel **(100)** für das variable Steuern einer optischen Eigenschaft des optischen Betriebssystems auf der Grundlage eines Ergebnisses der Evaluation durch das Evaluierungswertberechnungsmittel **(200)**.

Es folgen 25 Blatt Zeichnungen

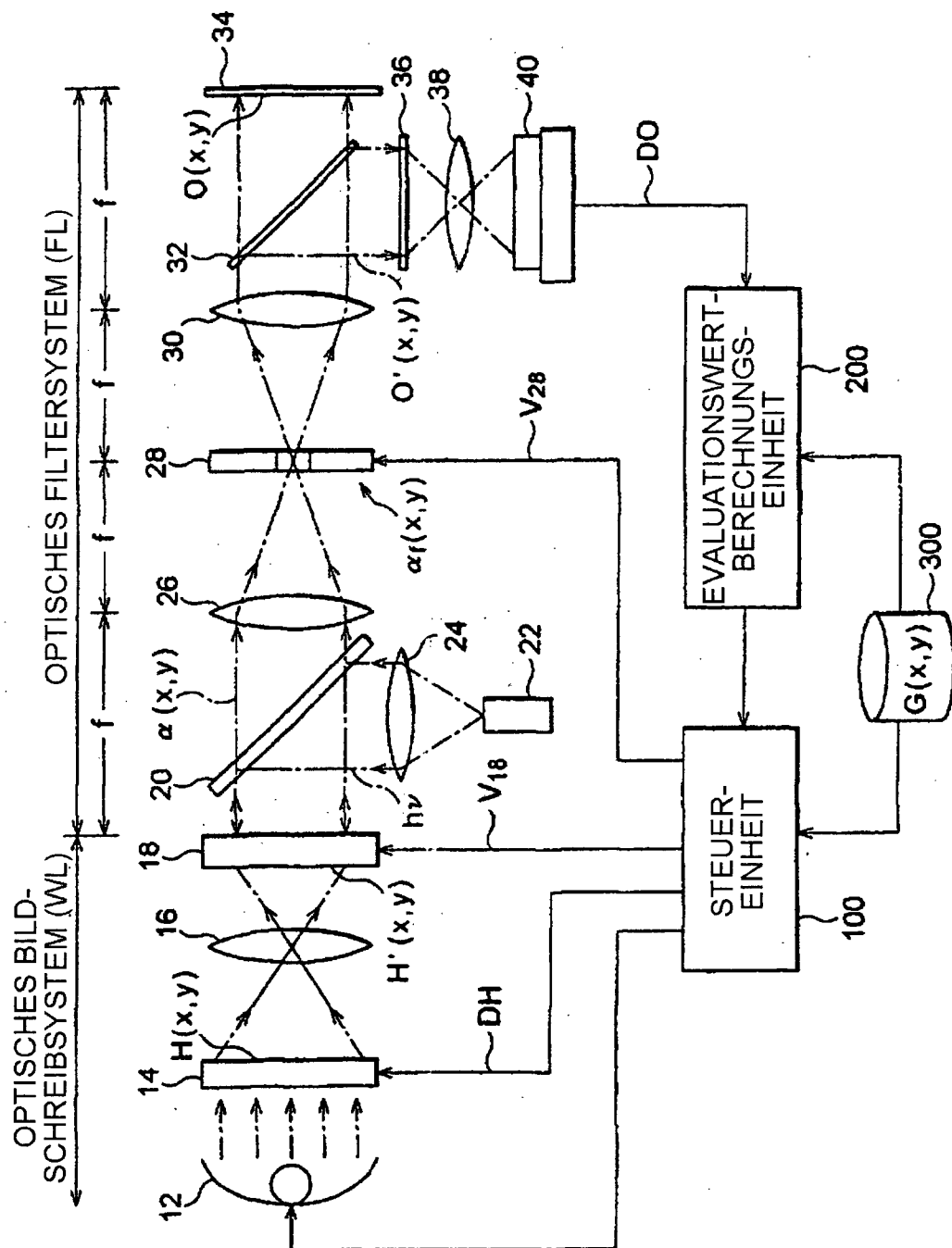
Fig.1

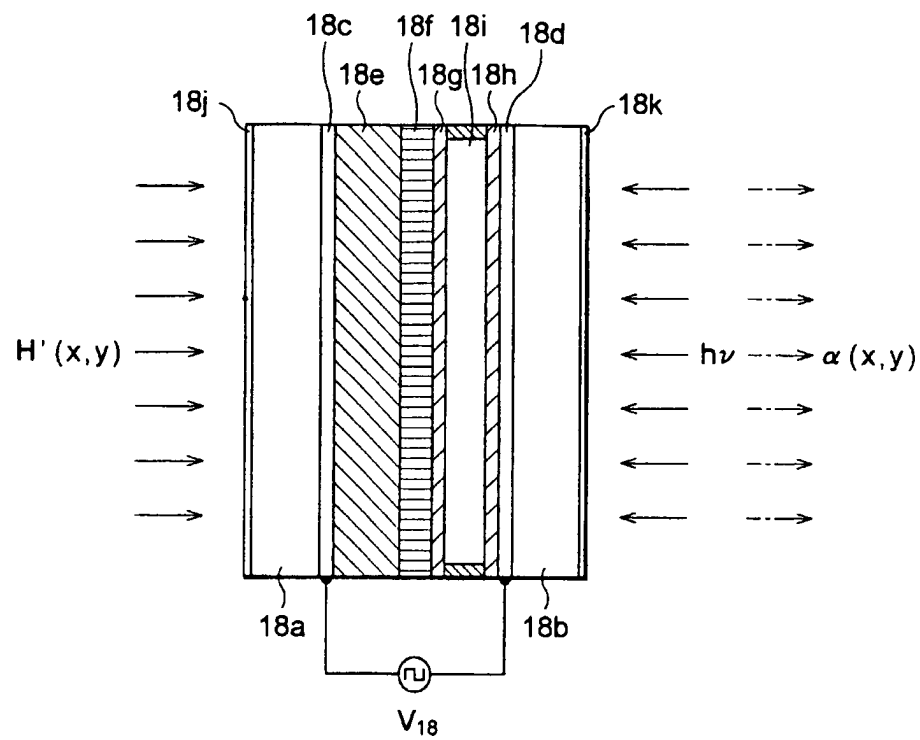
Fig.2

Fig.3A

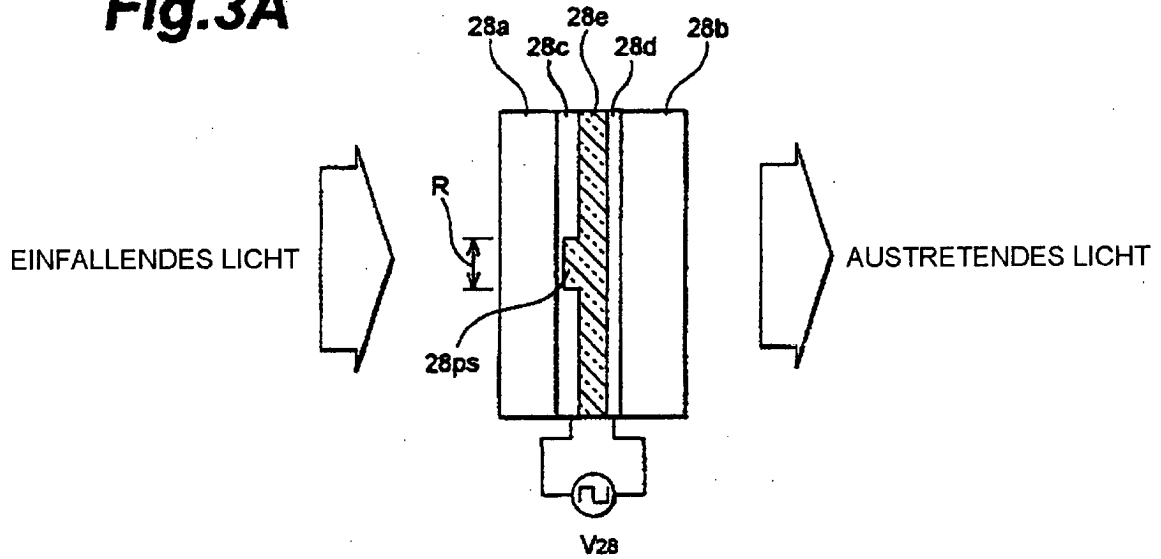


Fig.3B

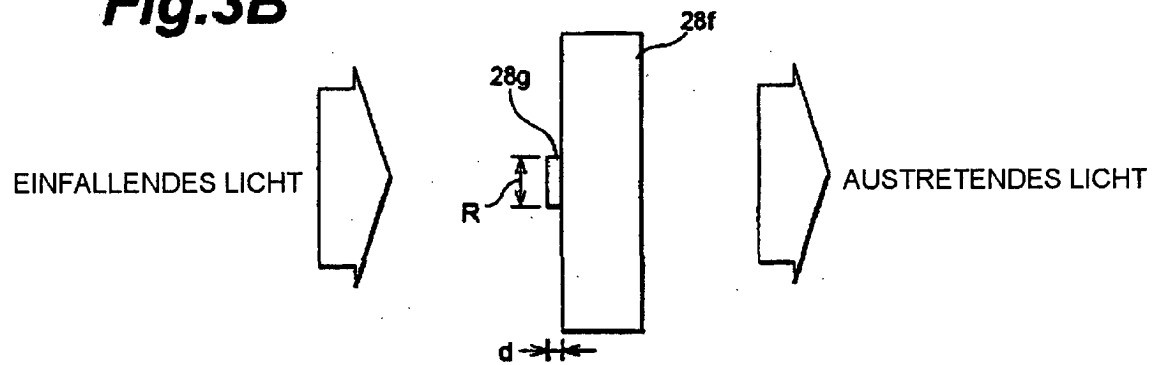


Fig.3C

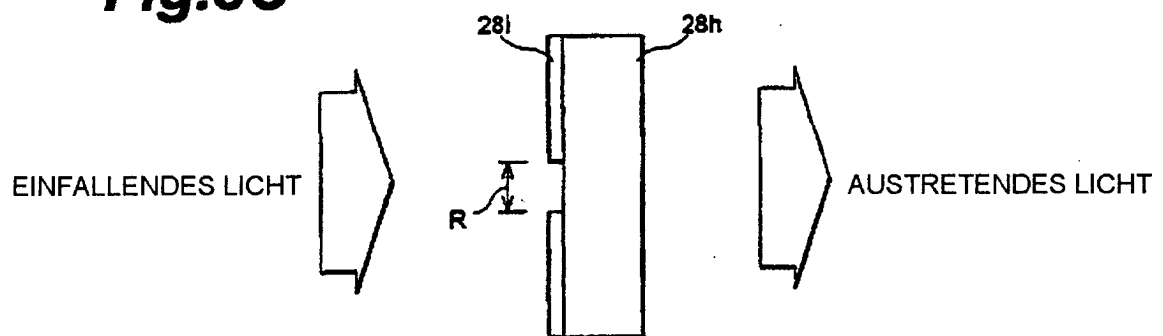


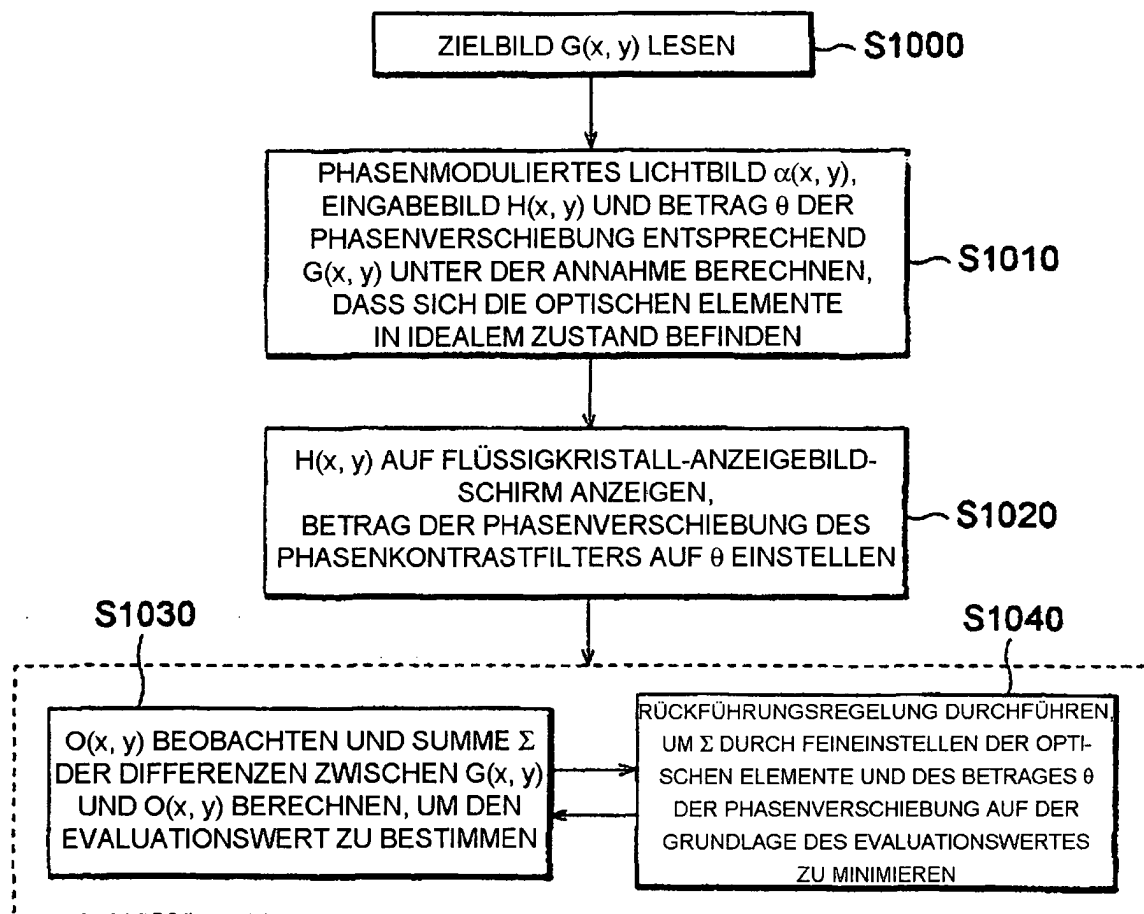
Fig.4

Fig.5

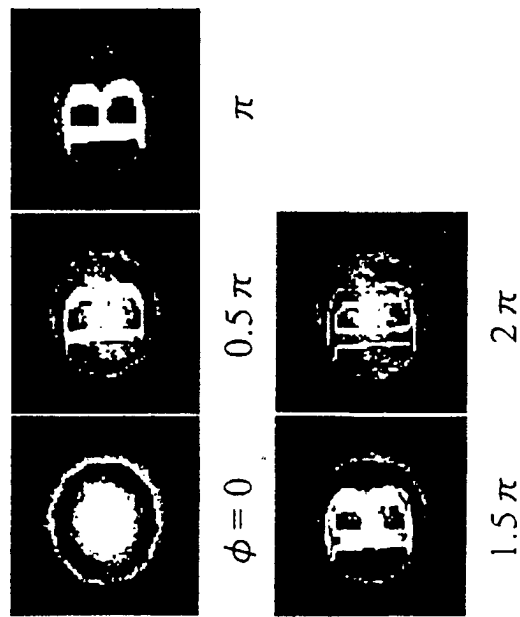


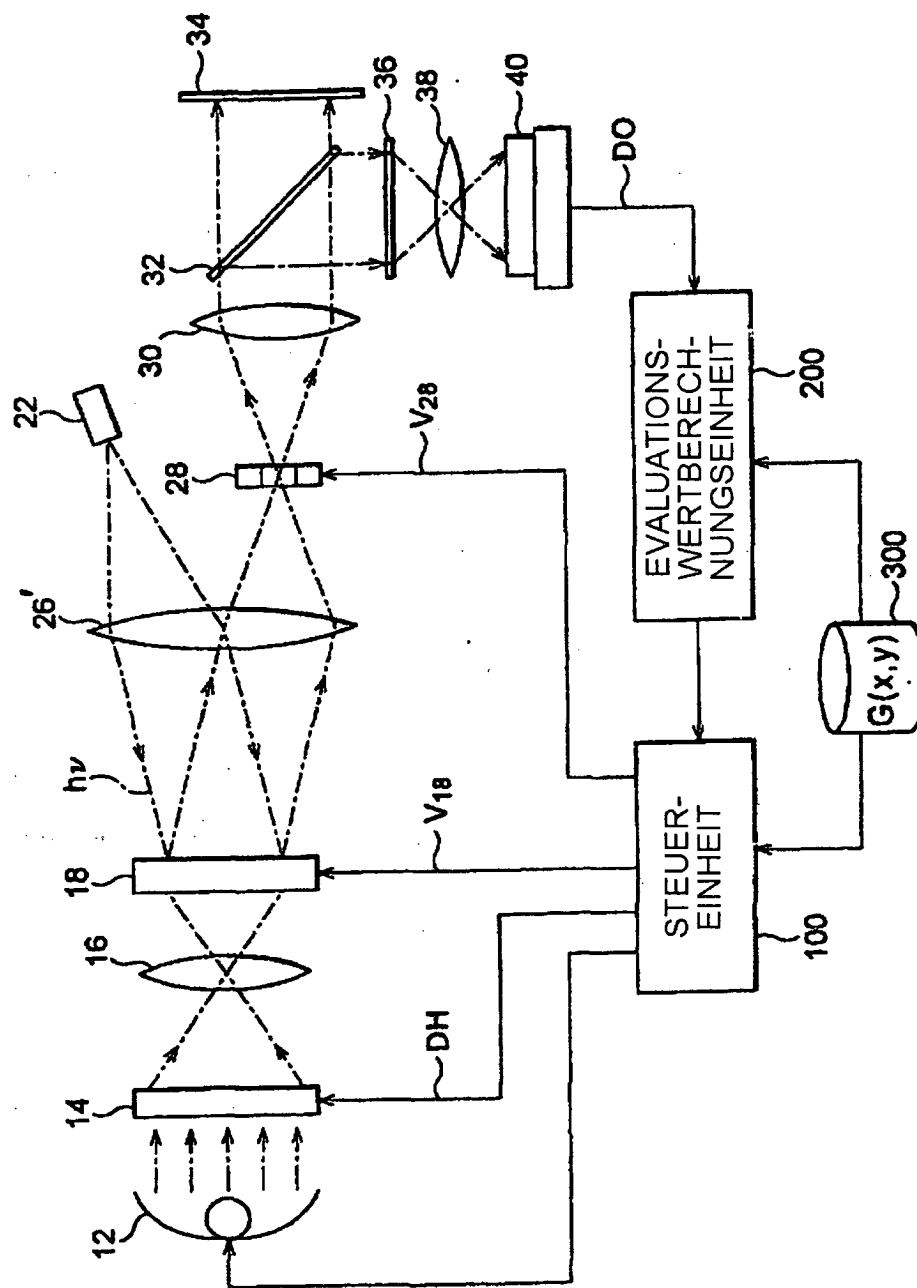
Fig. 6

Fig.7

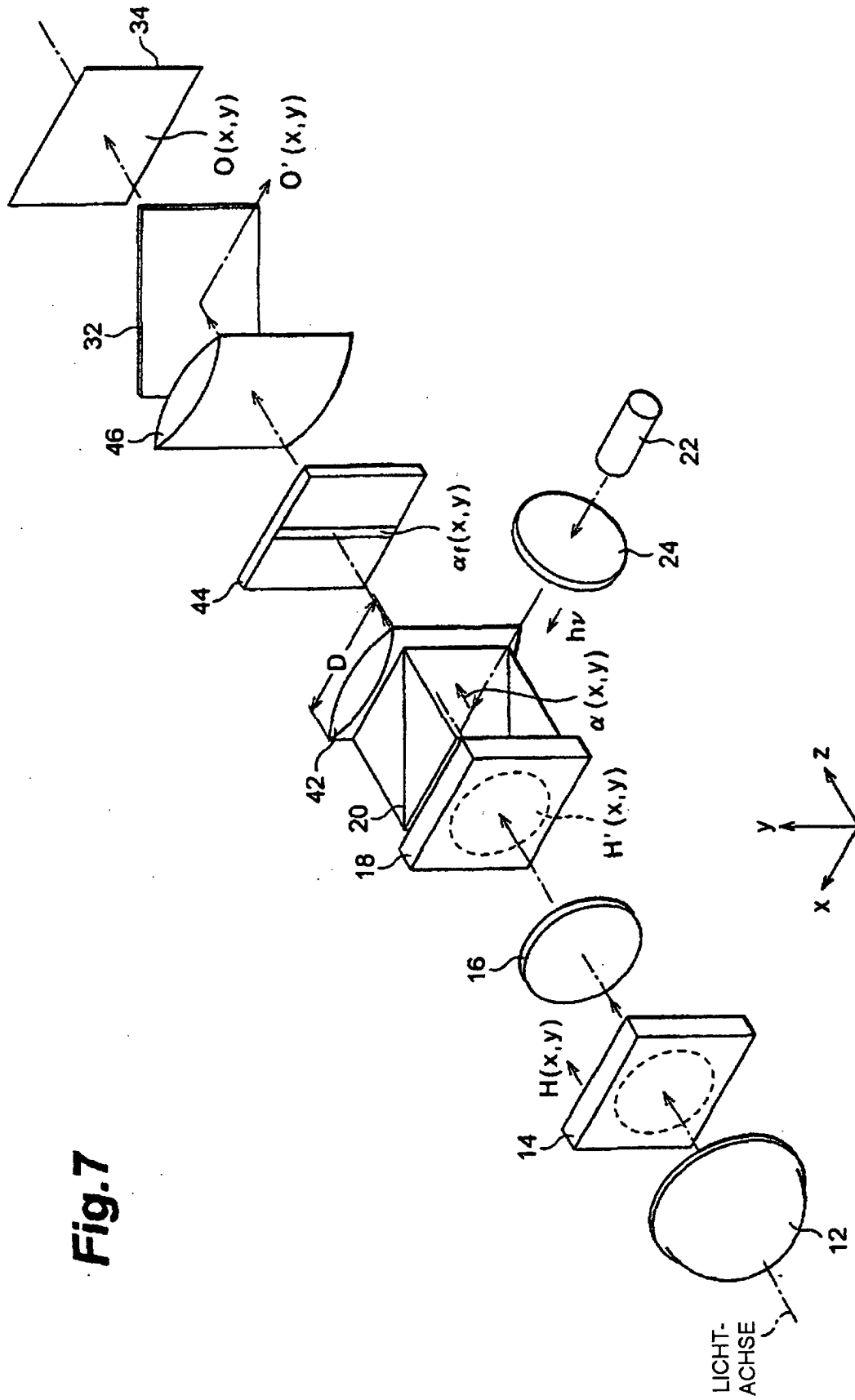


Fig. 8A

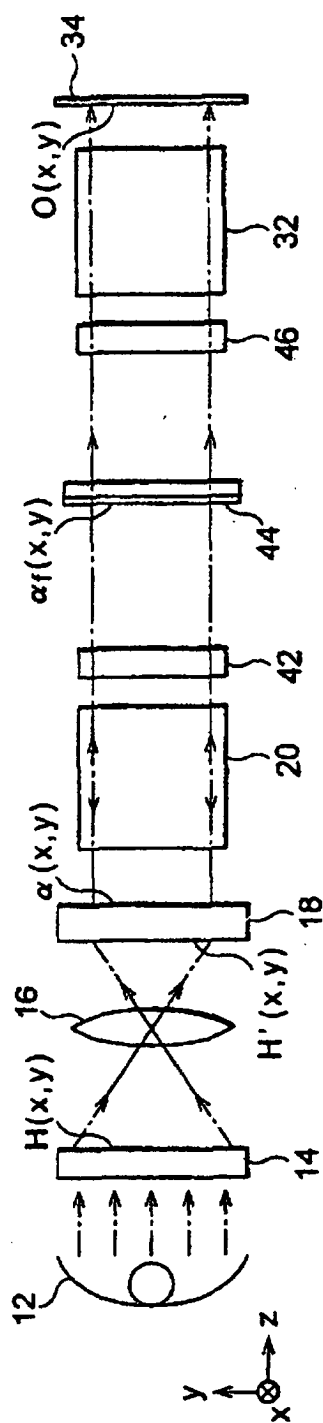


Fig. 8B

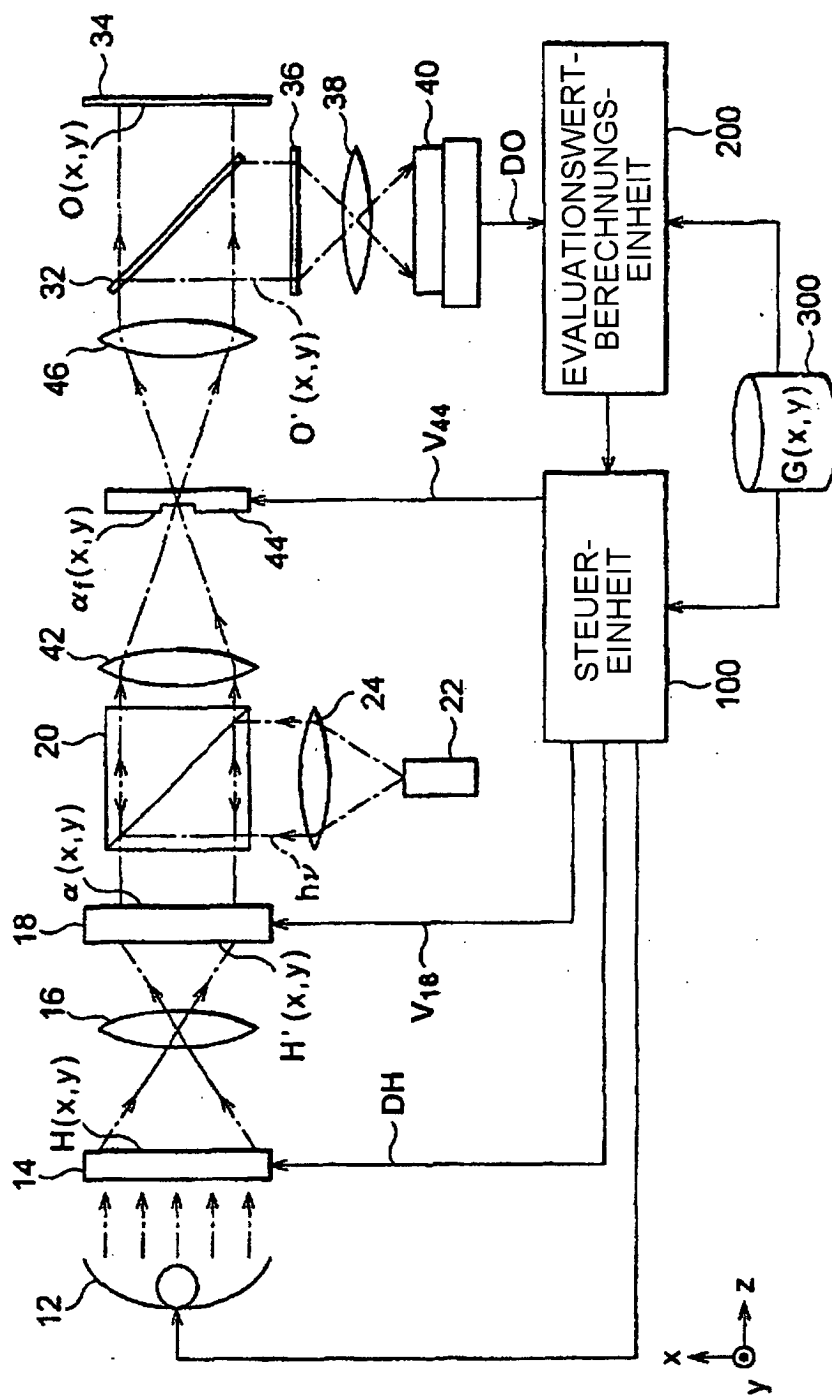


Fig.9A

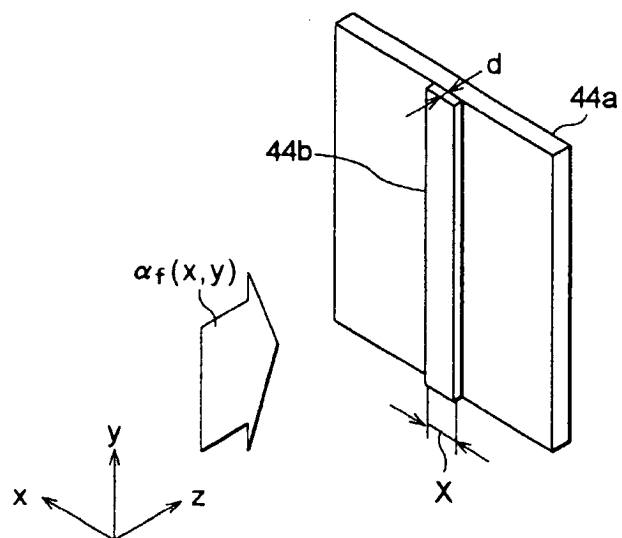


Fig.9B

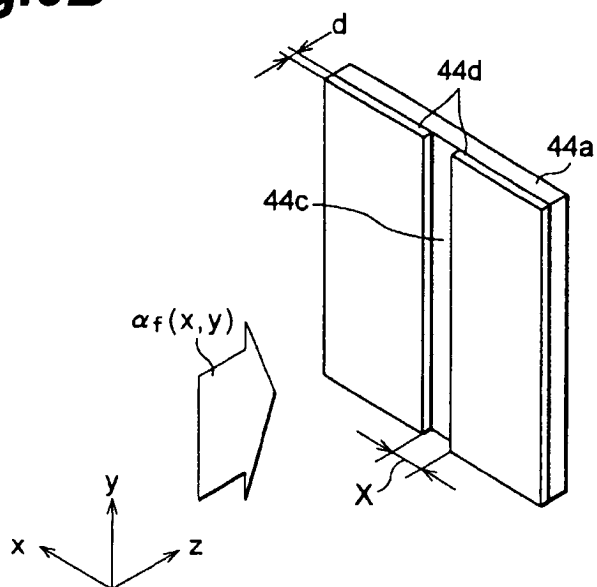


Fig.10

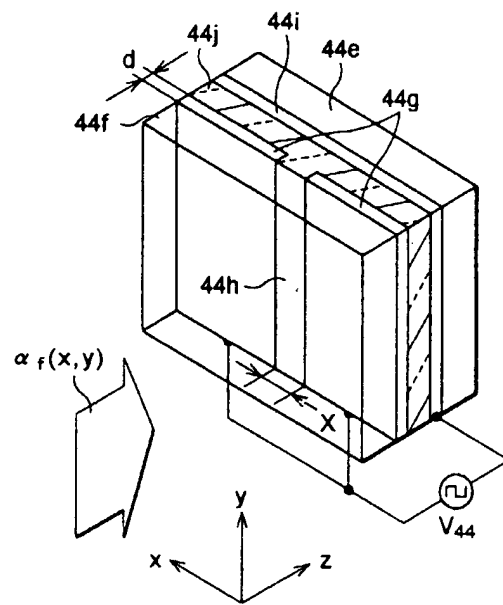


Fig.11A

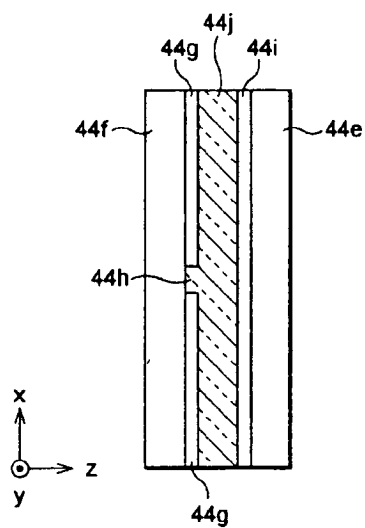


Fig.11B

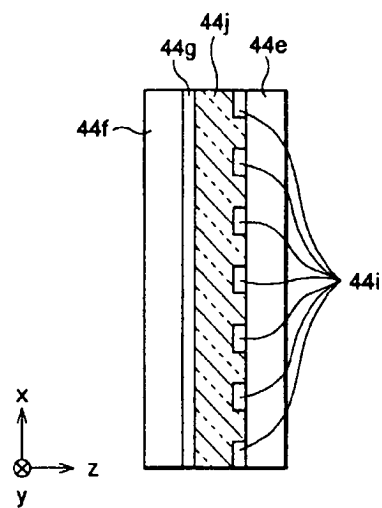


Fig.11C

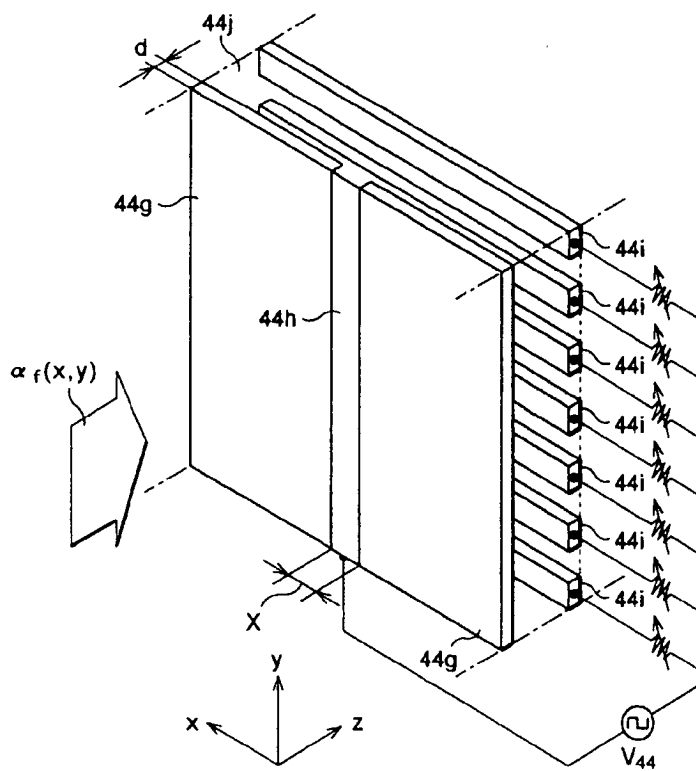


Fig.12A

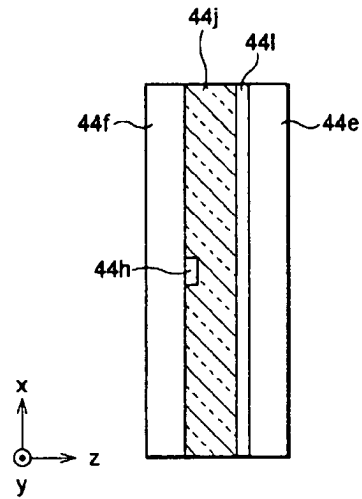


Fig.12B

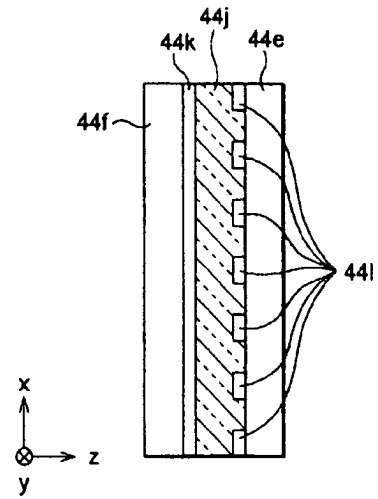


Fig.12C

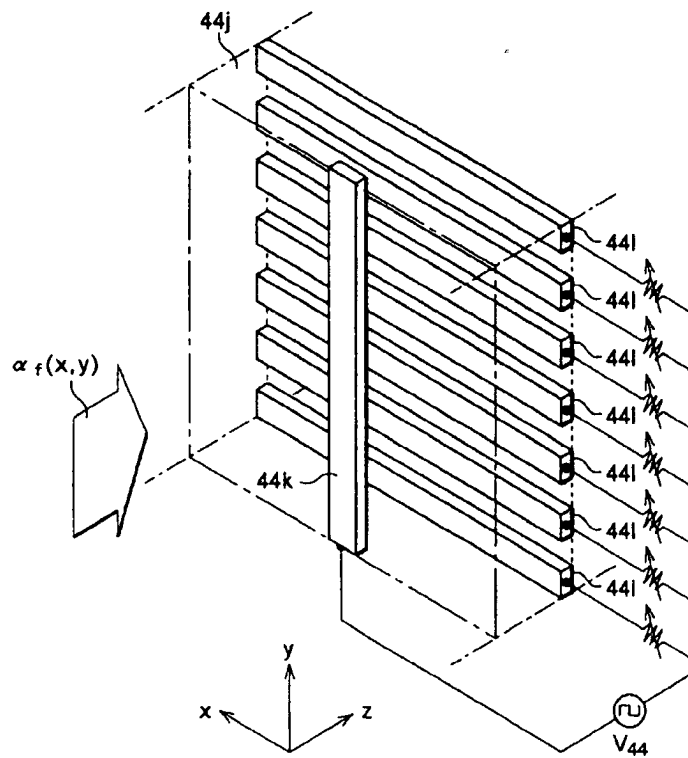


Fig. 13

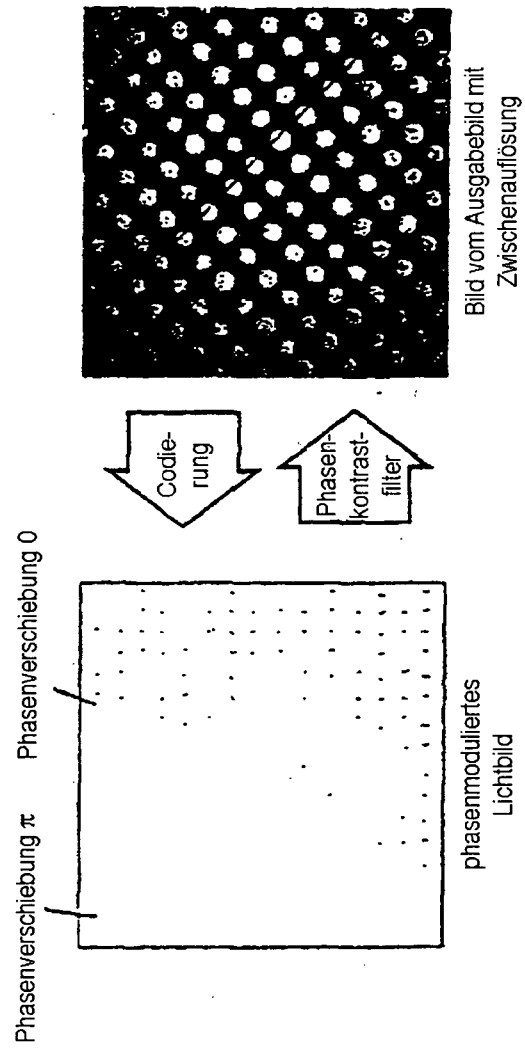


Fig. 14A

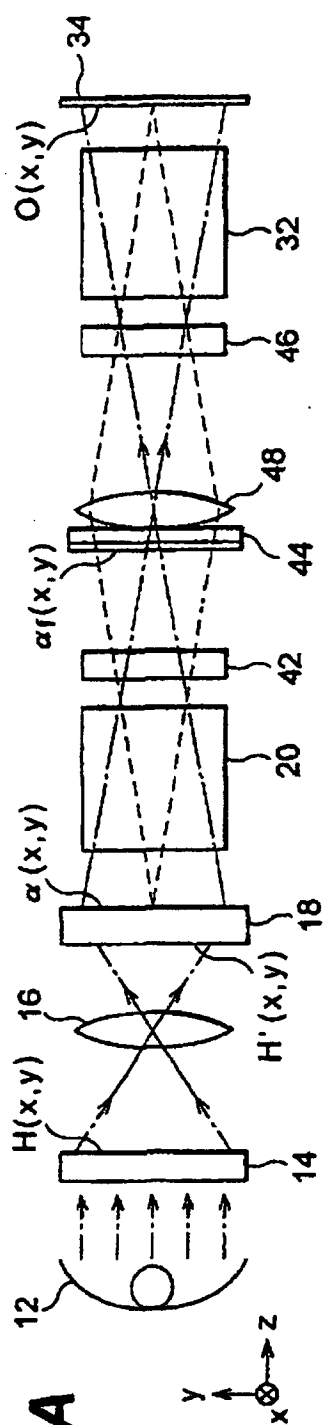
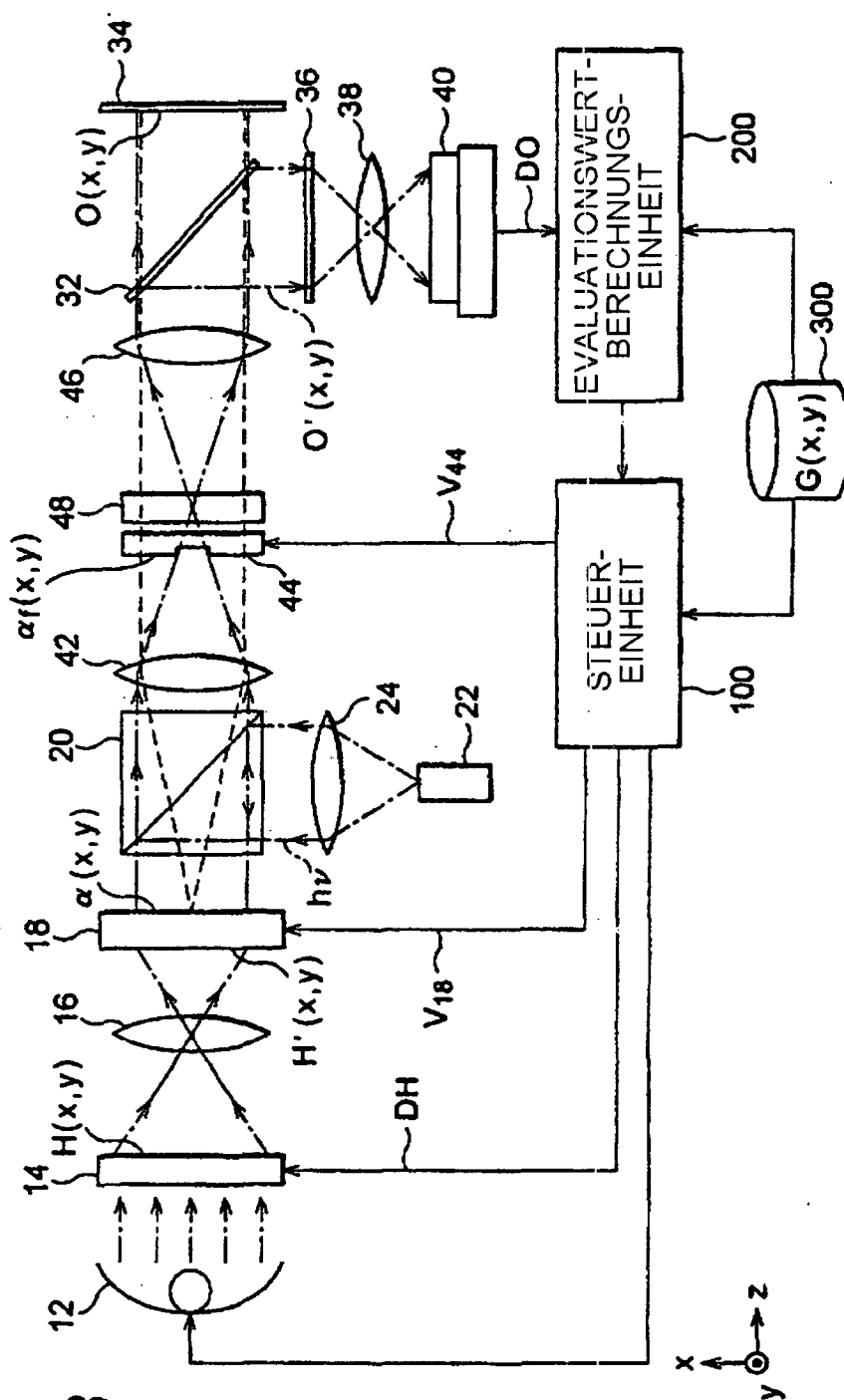
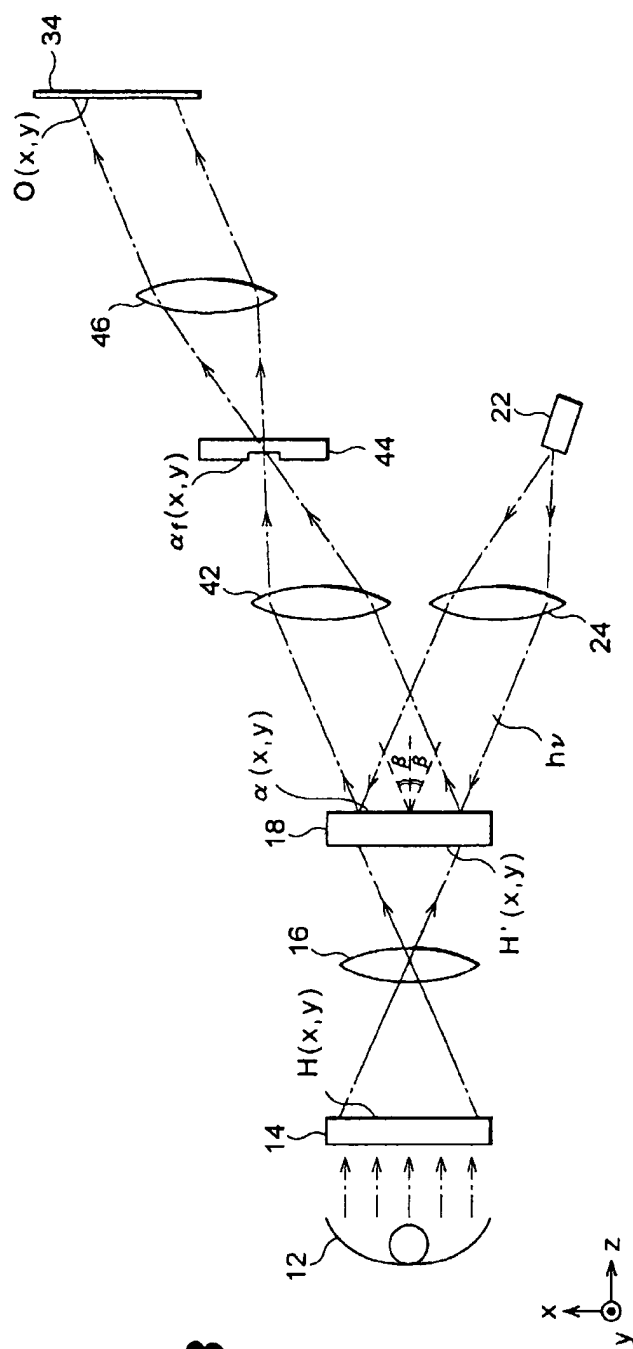
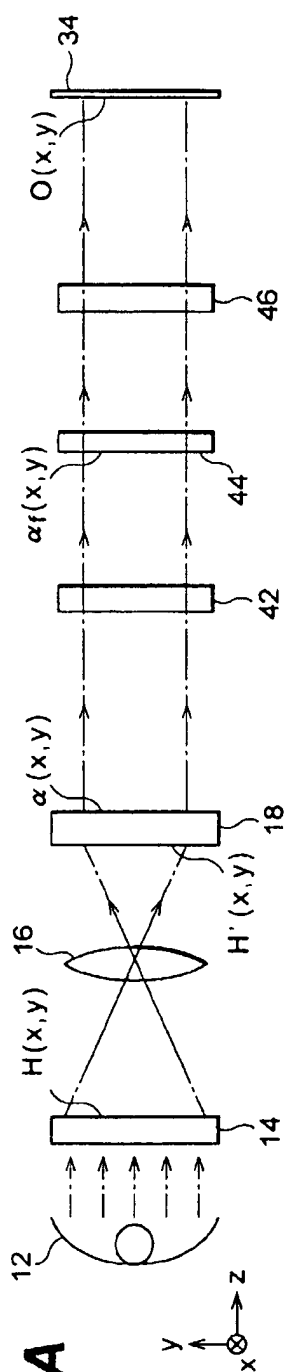


Fig. 14B





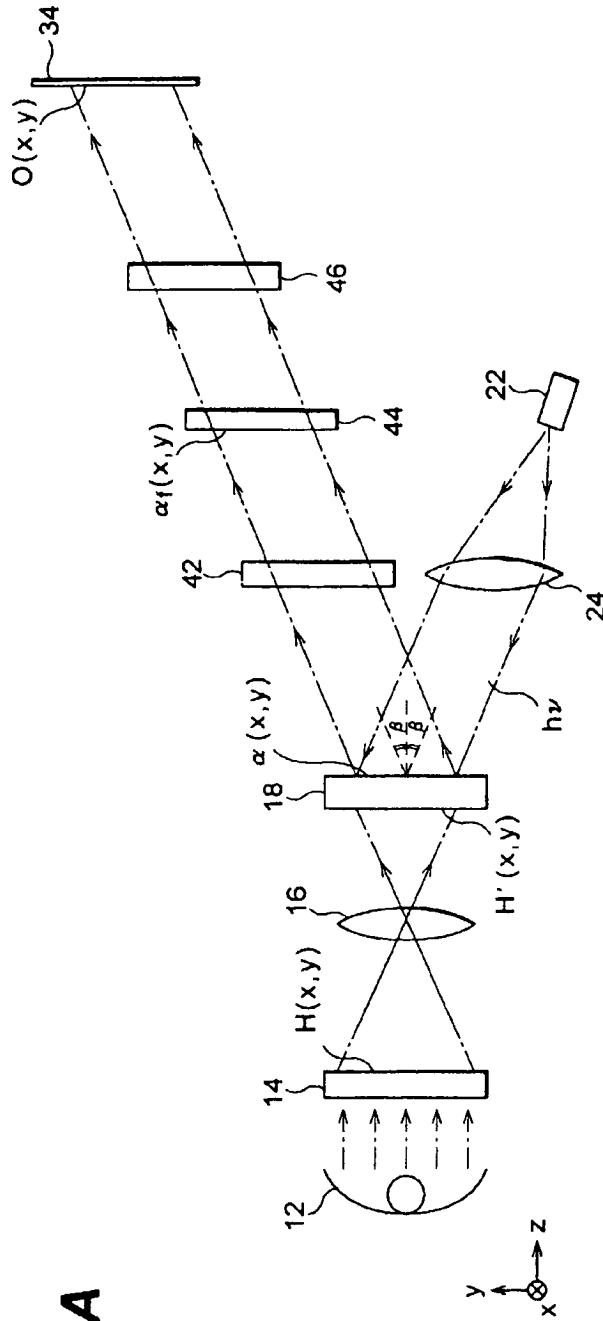


Fig. 16A

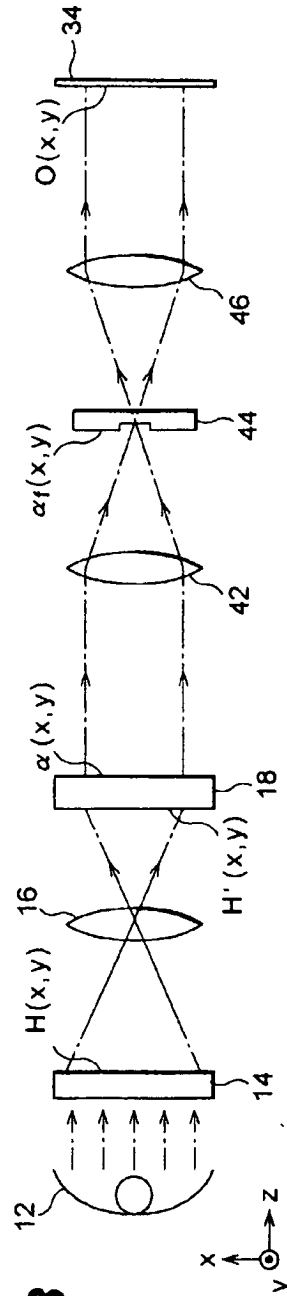
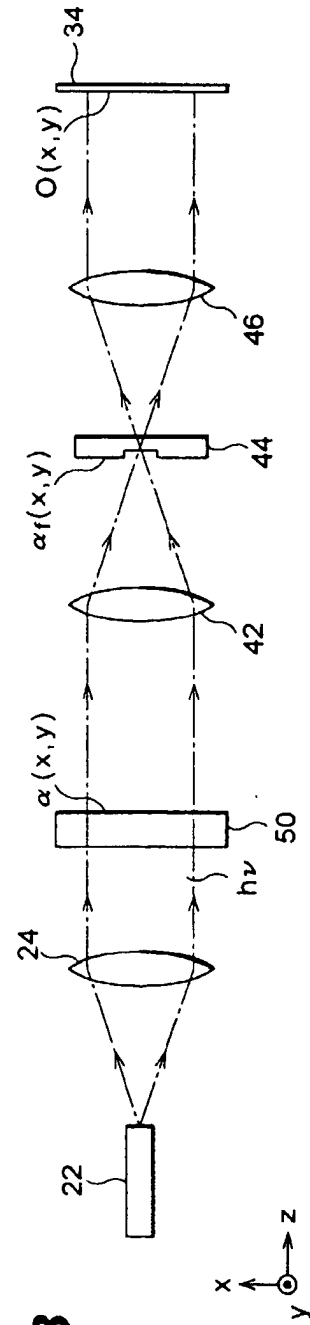
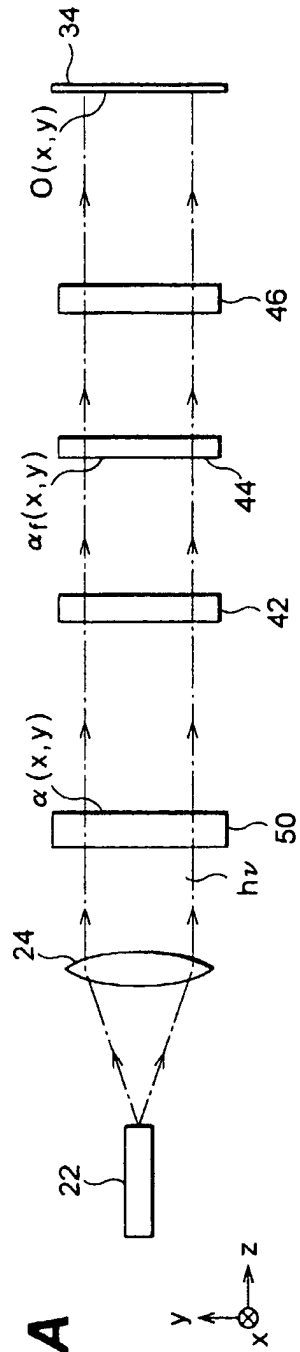


Fig. 16B



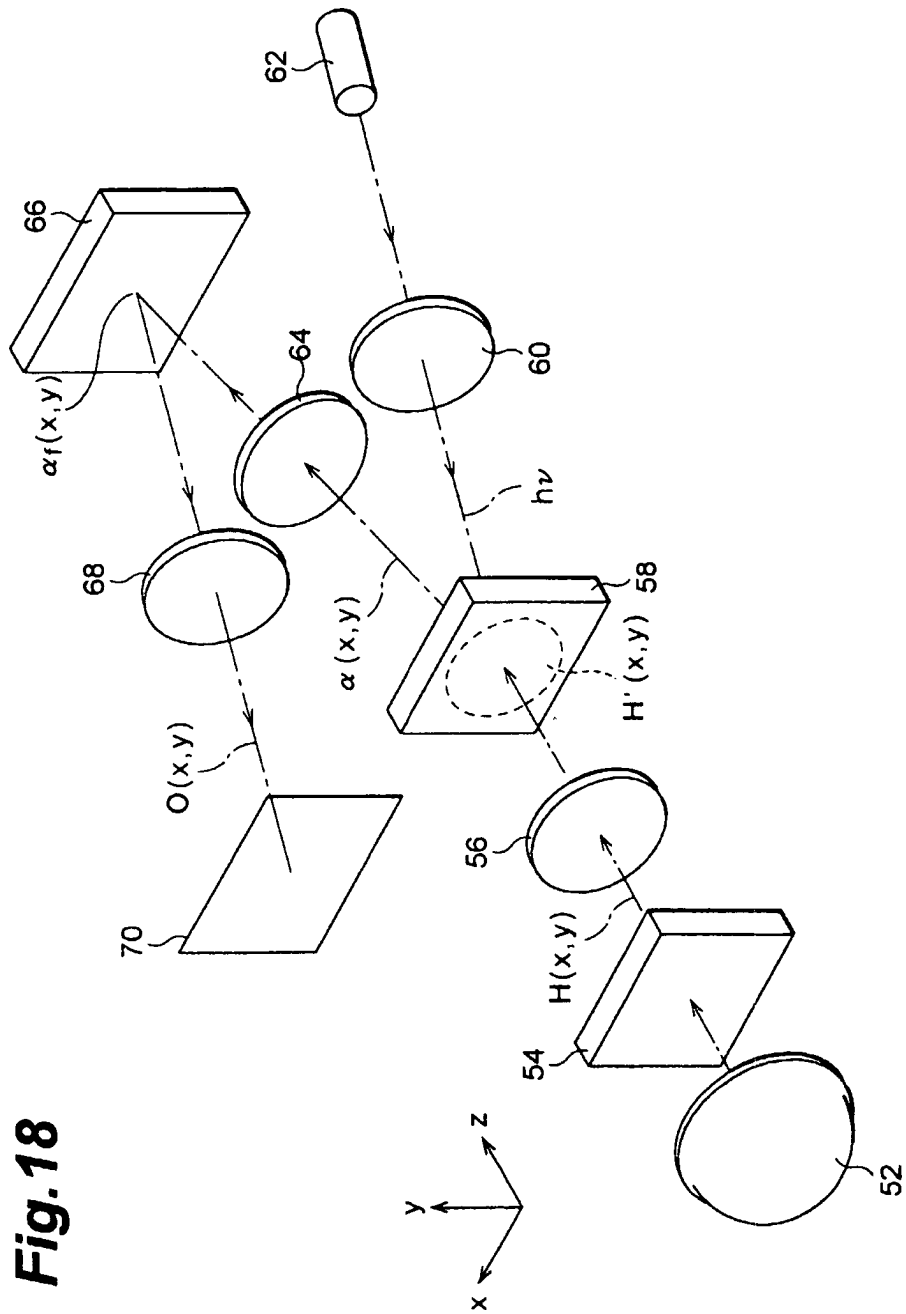


Fig.18

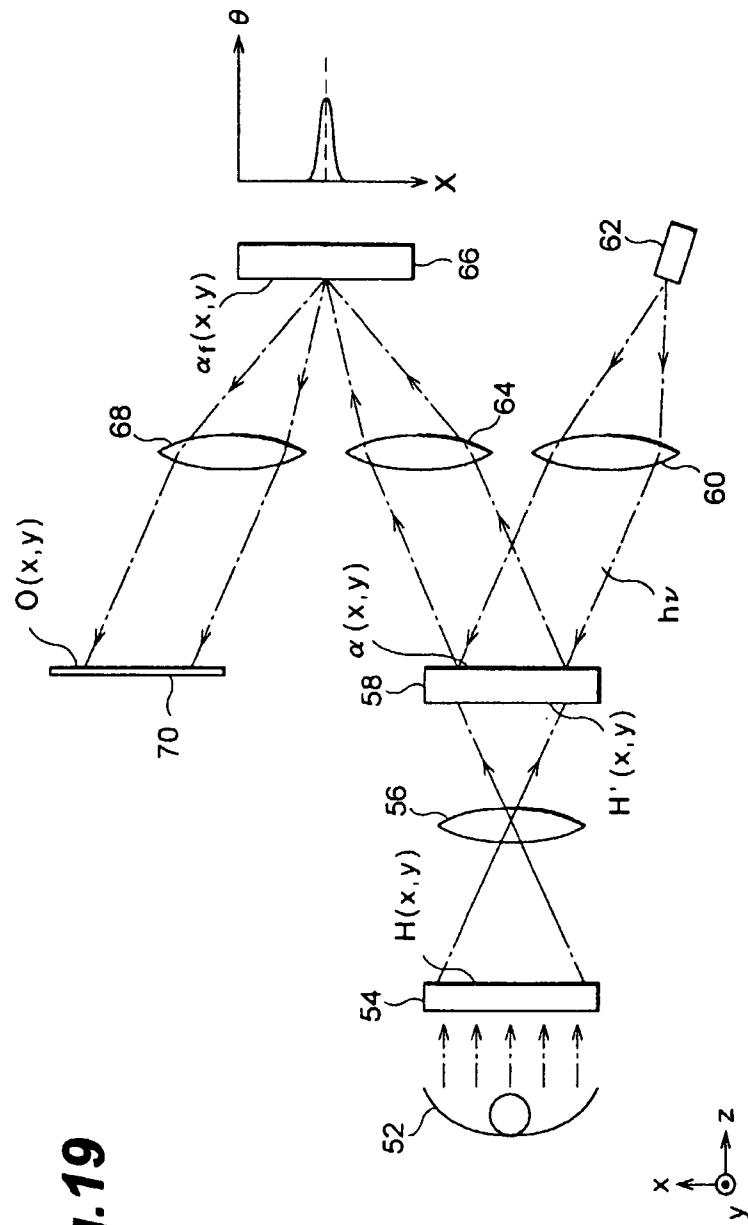


Fig.19

Fig.20

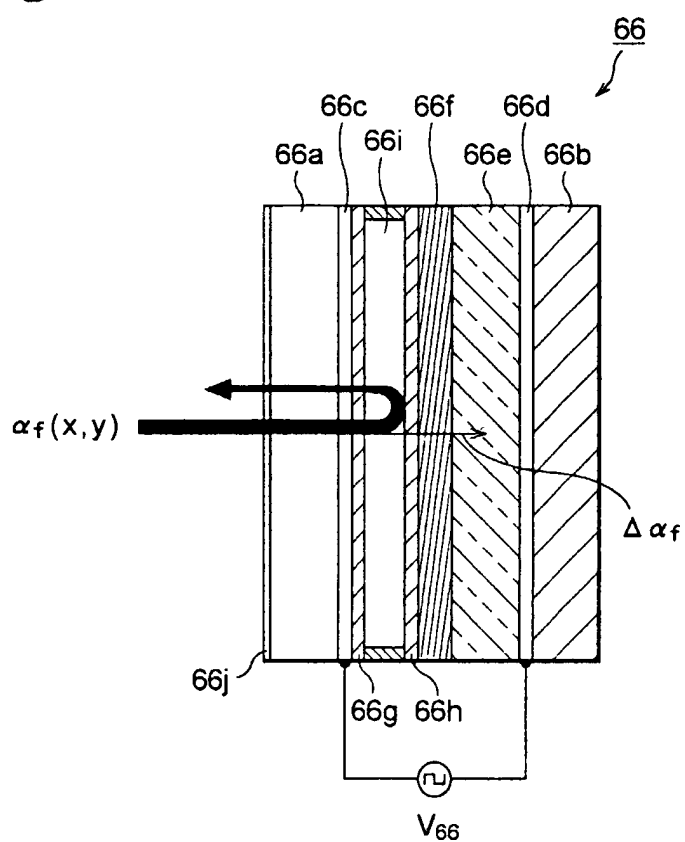
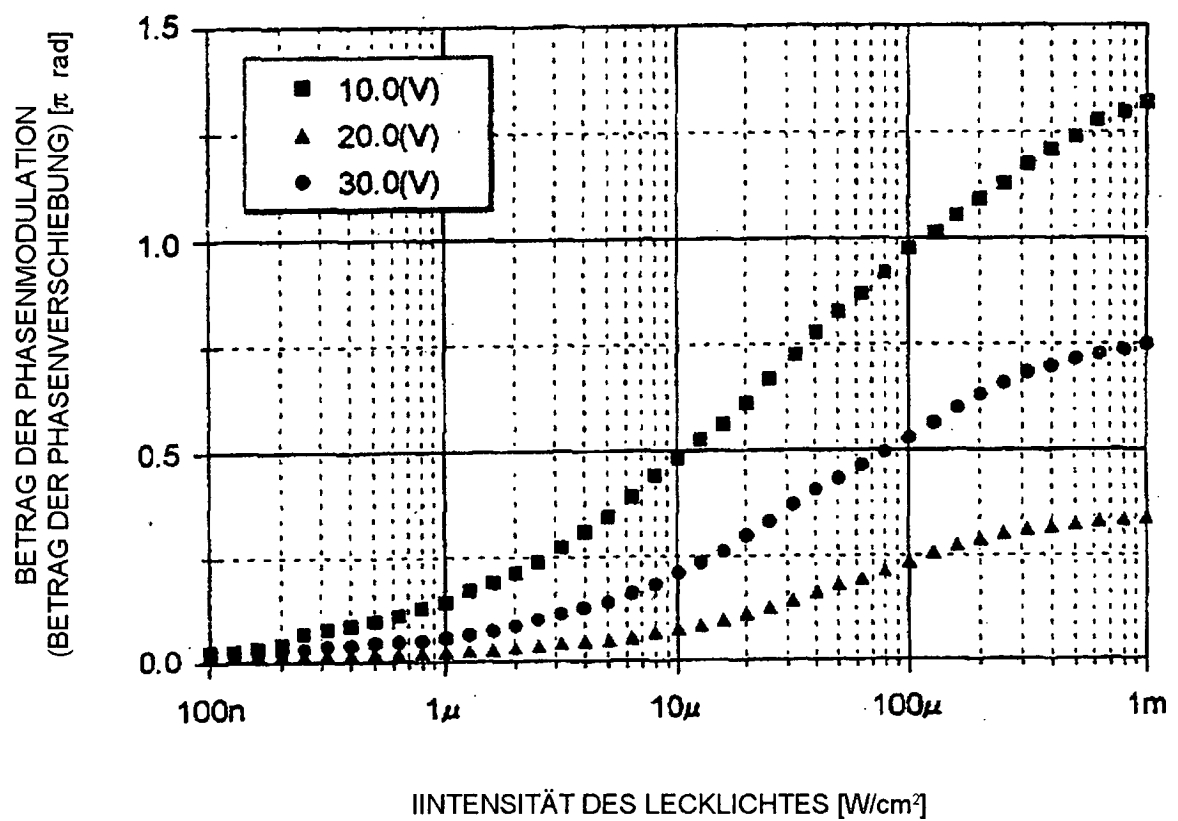


Fig.21

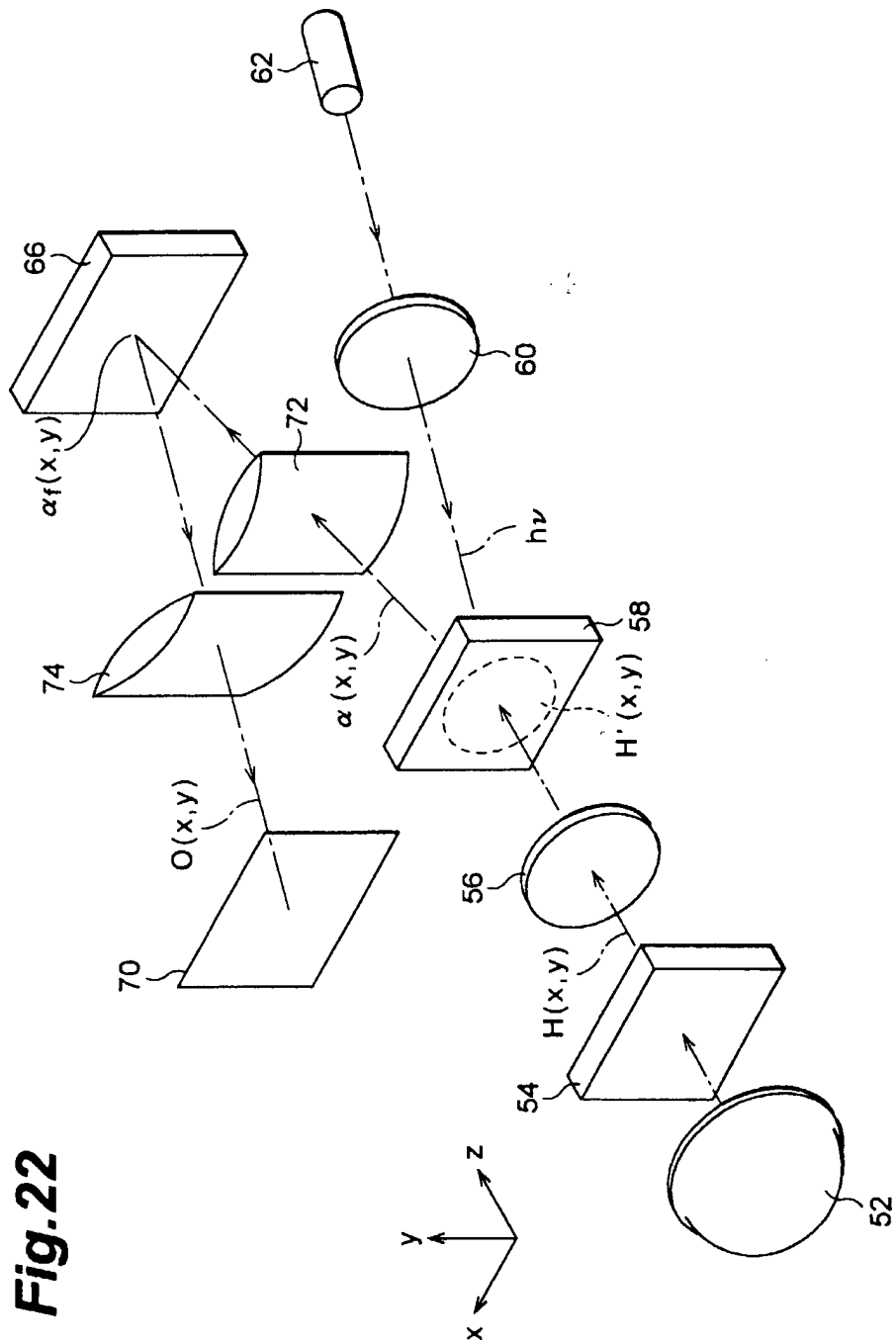


Fig.23

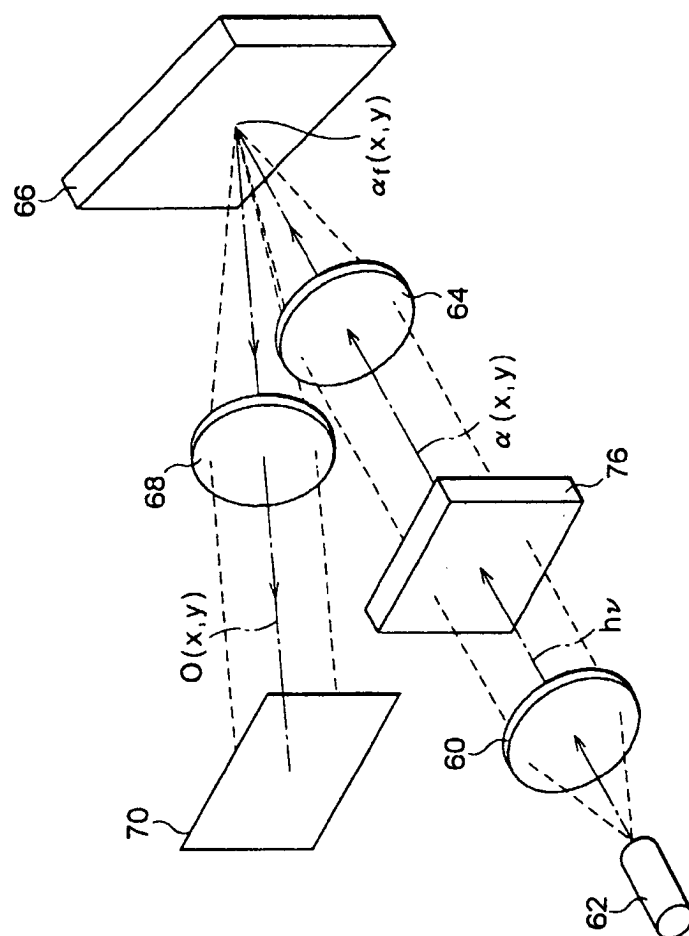


Fig.24A

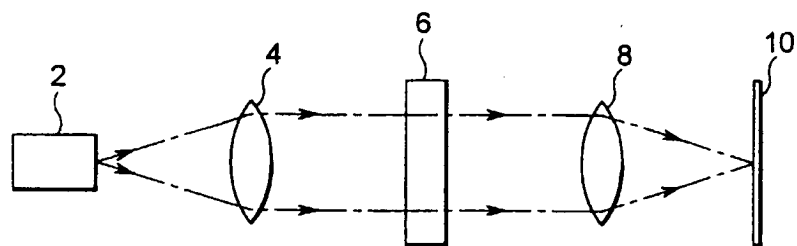


Fig.24B

