(19) **Bundesrepublik Deutschland**
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 602 26 136 T2** 2009.05.07

(12) # Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 1 393 556 B1**
(21) Deutsches Aktenzeichen: **602 26 136.8**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US02/03980**
(96) Europäisches Aktenzeichen: **02 766 722.9**
(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2002/089474**
(86) PCT-Anmeldetag: **07.02.2002**
(87) Veröffentlichungstag der PCT-Anmeldung: **07.11.2002**
(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **03.03.2004**
(97) Veröffentlichungstag der Patenterteilung beim EPA: **16.04.2008**
(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **07.05.2009**

(51) Int Cl.[8]: ***H04N 5/74*** (2006.01)

(30) Unionspriorität:
846405 **01.05.2001** **US**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LI, LU, MC, NL, PT, SE, TR

(73) Patentinhaber:
3M Innovative Properties Co., St. Paul, Minn., US

(74) Vertreter:
derzeit kein Vertreter bestellt

(72) Erfinder:
RODRIGUEZ, Jr. Ernesto M., Saint Paul, MN 55133-3427, US; CARLS, Joseph C., Saint Paul, MN 55133-3427, US; HUGHES, Patricia M., Saint Paul, MN 55133-3427, US

(54) Bezeichnung: **Planarer geformter Bildmodulator für ein integriertes Auflicht-Projektionssystem, und Verfahren dafür**

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

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein integriertes Auflicht-Projektionsanzeigesystem. Insbesondere betrifft die vorliegende Erfindung ein integriertes Auflicht-Projektionssystem von geringer Bauhöhe, das eine spezialisierte Projektionsoptik und einen integralen Schirm koordiniert, der für ein Zusammenwirken mit der Optik optimiert ist, um die beste Betrachtungsleistung hervorzubringen und die erforderliche Perspektivkorrektur zu erzeugen.

[0002] Elektronische oder Videoanzeigesysteme sind Vorrichtungen, die in der Lage sind, Video- oder elektronisch erzeugte Bilder darzustellen. Ob zur Verwendung im Heimunterhaltungsbereich, in der Produktwerbung, für Videokonferenzen, für die Arbeit am Rechner, für Datenkonferenzen oder Gruppenpräsentationen: Es besteht Bedarf an einem zweckdienlichen Videoanzeigegerät.

[0003] Die Bildqualität bleibt ein sehr wichtiger Faktor bei der Auswahl eines Videoanzeigegerätes. In dem Maße jedoch, wie die Nachfrage nach Anzeigegeräten steigt, die ein größeres Bild bieten, werden Faktoren wie zum Beispiel Kosten sowie Größe und Gewicht der Geräte zu einem maßgeblichen Teil der Überlegung. Größere Anzeigesysteme sind für Gruppen- oder interaktive Präsentationen bevorzugt. Die Größe des Anzeigesystemgehäuses hat sich als ein wichtiger Faktor erwiesen, insbesondere für den Heim- oder Bürogebrauch, wo möglicherweise der Platz fehlt, um ein größeres Gehäuse aufzustellen. Das Gewicht des Anzeigesystems ist ebenfalls eine wichtige Überlegung, insbesondere für tragbare oder wandmontierte Präsentationen.

[0004] Derzeit ist das gängigste Videoanzeigegerät der typische Kathodenstrahlröhrenmonitor, der in der Regel die Form eines Fernsehgerätes hat. Kathodenstrahlröhrengeräte sind relativ kostengünstig für Anwendungen, die Bilder von geringer bis mittlerer Größe erfordern (die Bildgröße wird herkömmlicherweise über die Diagonale eines rechteckigen Schirms gemessen). In dem Maße jedoch, wie die Bildgröße zunimmt, werden die massiven Proportionen und das Gewicht großer Kathodenstrahlröhrenmonitore unhandlich und bilden eine schwerwiegende Einschränkung für die Verwendung und Platzierung der Monitore. Des Weiteren wird die Krümmung des Schirms mit zunehmender Schirmgröße problematisch. Und schließlich verbrauchen große Kathodenstrahlröhrenmonitore eine erhebliche Menge an Strom und erzeugen elektromagnetische Strahlung.

[0005] Eine Alternative zu herkömmlichen Kathodenstrahlröhrenmonitoren ist der Rückprojektionsfernseher. Ein Rückprojektionsfernseher weist im Allgemeinen einen Projektionsmechanismus oder eine Projektionsmaschine auf, der bzw. die in einem großen Gehäuse untergebracht ist, um eine Aufprojektion auf die Rückseite eines Schirms auszuführen. Rückprojektionsschirme sind so konstruiert, dass der Projektionsmechanismus und der Betrachter sich auf entgegengesetzten Seiten des Schirms befinden. Der Schirm hat Lichtdurchlasseigenschafen, um das übertragene Bild auf den Betrachter zu richten.

[0006] Aufgrund ihres Funktionsprinzips benötigen Rückprojektionssysteme Raum hinter dem Schirm zum Aufnehmen des Projektionsvolumens, das für die Aufweitung des Bildstrahls erforderlich ist. Da Hintergrund- und reflektiertes Umgebungslicht die Qualität eines rückprojizierten Bildes stark beeinträchtigen kann, umschließt im Allgemeinen ein Gehäuse das Projektionsvolumen. Das Gehäuse kann einen oder mehrere Spiegel enthalten, um den optischen Pfad zu falten und die Tiefe des Gehäuses zu verringern. Der Bedarf an Platz hinter dem Schirm verhindert die Platzierung der Rückprojektionsanzeige an einer Wand.

[0007] Eine neue Kategorie von Videopräsentationssystemen beinhaltet sogenannte Dünnplasmaanzeigen. Es ist viel Aufmerksamkeit darauf verwendet worden, Plasmaanzeigen in einem relativ dünnen (etwa 75–100 mm) Gehäuse unterbringen zu können, das als eine Bildanzeige in einer integrierten kompakten Baugruppe an einer Wand angebracht werden kann. Derzeit sind Plasmaanzeigen allerdings teuer und sind mit den Nachteilen behaftet, dass sie eine geringe Intensität aufweisen (ungefähr im Bereich von 200–400 cd/m^2) und Reparaturen schwierig auszuführen sind. Plasmaanzeigeschirme sind schwer (ungefähr 80–100 lbs., d. h. ungefähr 36–45 kg), und Wände, an denen sie aufgehängt werden, müssen möglicherweise in ihrer Tragfähigkeit verstärkt werden.

[0008] Ein herkömmlicher Typ einer Videopräsentationsvorrichtung, der für neuere Anwendungen nicht den gleichen Grad an Aufmerksamkeit erfahren hat, sind Auflicht-Projektionssysteme. Ein Auflicht-Projektionssystem ist eines, bei dem sich der Projektionsmechanismus und der Betrachter auf derselben Seite des Schirms befinden. Auflicht-Projektionssysteme stellen viele verschiedene optische und anordnungsmäßige Herausfor-

derungen, die sich bei Rückprojektionssystemen nicht finden, da das Bild zum Publikum zurückgeworfen und nicht durchgelassen wird. Ein Beispiel für Auflicht-Projektionssysteme ist die Verwendung von tragbaren Bildwerfern mit einem Auflicht-Projektionsschirm zur Verwendung in einem Sitzungsraumumfeld oder an Orten wie zum Beispiel einer Flugzeugkabine.

[0009] Einer der Vorteile von Bildwerfern ist die Größe der Projektionsmaschine. Elektronische Bildwerfer sind herkömmlicherweise im Hinblick auf die kleinstmögliche Aufstellfläche ("Footprint") des Projektors gestaltet worden. Damit ist die Fläche gemeint, die der Projektor auf einem Tisch oder einer Bank einnimmt. Es sind tragbare Bildwerfer konstruiert worden, die ein Gewicht von etwa 5–20 lbs. (2,5–9 kg) haben.

[0010] Ungeachtet dessen sind Auflicht-Projektionssysteme herkömmlicherweise für neuere interaktive Anwendungen nicht als attraktiv erachtet worden. Das liegt an Faktoren wie zum Beispiel dem Behindern des Bildes durch den Projektor oder den Präsentator, schlechte Bildhelligkeit, Bildverzerrung und Probleme beim Einrichten.

[0011] Herkömmliche elektronische Bildwerfer erfordern in der Regel einen Raum, der das Projektionsvolumen bietet, das für die Bildaufweitung erforderlich ist, ohne jegliche physische Behinderungen. Obgleich Bilder auf eine große klare flache Fläche, wie zum Beispiel eine Wand, projiziert werden können, erreicht man eine bessere Bildqualität durch Verwendung eines separaten Schirms. Fig. 1 und Fig. 2 veranschaulichen ein herkömmliches Auflicht-Projektionssystem. Ein Projektor **10** ist auf einem Tisch oder einer sonstigen erhöhten Fläche aufgestellt, um ein Bild auf einen Schirm oder eine Projektionsfläche **20** zu projizieren. Der im Umgang mit elektronischen Projektoren Geübte weiß, dass ein Neigen des Projektors unter die normale Achse des Schirms eine trapezförmige Verzerrung des Bildes erzeugt, die als "Keystone-Effekt" (Trapezverzerrung) bekannt ist. Die meisten neuen elektronischen Projektoren bieten einen begrenzten Grad an Perspektivkorrektur ("Keystone-Korrektur"). Wie jedoch aus Fig. 2 zu erkennen ist, können die Aufstellung des Projektors und die Sichtlinie des Publikums sich immer noch gegenseitig behindern.

[0012] Von größerer Bedeutung ist die Tatsache, dass zum Erreichen einer geeigneten Bildgröße, und auch aufgrund von Grenzen beim scharfstellen, der Projektor **10** eine gewisse "Projektionszone" vor dem Schirm **20** benötigt.

[0013] Tabelle A listet die veröffentlichten Spezifikationen für einige gängige elektronische Projektoren, die es derzeit auf dem Markt gibt.

Tabelle A

Projektortyp	Brennweite des Objektivs	Diagonale des Bildmodulators	Kleinste Schirmdiagonale	Kürzeste Projektionsentfernung	Projektionsentfernungsverhältnis	Maximale Perspektivkorrektur
CTX Opto ExPro 580	*	163 mm Durchlässiges LCD	1,0 m	1,1 m	1,1	20° Versatz/optisch
InFocus LP425	*	18 mm Reflektierendes DMD	1,3 m	1,5 m	1,2	18° Versatz
Chisholm Dakota X800	43–58,5 mm	23 mm Reflektierendes LCD	0,55 m	1,2 m	2,2	15° elektronisch
Epson Powerlite 7300	55–72 mm	33,5 Durchlässiges LCD	0,58 m	1,1 m	1,9	*
Proxima Impression A2	45–59 mm	23 mm Durchlässiges LCD	0,5 m	1,0 m	2,0	12° Versatz
3M MP8620	167 mm	163 mm Durchlässiges LCD	1,0 m	1,2 m	1,2 m	16° Versatz/optisch

* keine Angabe in den veröffentlichten Spezifikationen

[0014] Die Projektionsentfernung ist als die Entfernung von dem Projektionsobjektiv zu dem Projektionsschirm definiert. Das Projektionsentfernungsverhältnis ist in der Regel als das Verhältnis von Projektionsentfernung zu Schirmdiagonale definiert. Die kürzeste Projektionsentfernung, die bei den aufgelisteten Projektoren möglich ist, beträgt einen Meter. Um ein größeres Bild zwischen 40 und 60 Inch (ungefähr 1 bis 1,5 Meter) zu erreichen, müssen die meisten Projektoren noch weiter entfernt aufgestellt werden, mindestens 8 bis 12 Fuß (ungefähr 2,5 to 3,7 Meter) von der Wand oder dem Schirm entfernt.

[0015] Das Vorhandensein dieser "Projektionszone" vor dem Schirm verhindert, dass der Betrachter unmittelbar mit dem projizierten Bild interagieren kann. Wenn sich der Präsentator zum Beispiel dem Bild nähern will, so behindert der Präsentator die Projektion und wirft einen Schatten auf den Schirm.

[0016] Herkömmliche integrierte Projektoren erfordern eine optische Justierung, wie zum Beispiel Fokussieren, sobald der Projektor woanders aufgestellt wird, sowie eine mechanische Justierung, wie zum Beispiel Anheben der vorderen Stützfüße. Elektronische Verbindungen, wie zum Beispiel solche zu einem Laptop-Computer, erfolgen im Allgemeinen direkt zu dem Projektor, so dass es erforderlich ist, dass der Projektor ohne Weiteres für den Präsentator zugänglich ist oder dass der Präsentator die benötigten Kabel schon vorher verlegt.

[0017] Ein weiteres Problem bei Bildwerfern ist störendes Umgebungslicht. Bei einem herkömmlichen Auflichtprojektor wird ein beträchtlicher Teil des projizierten Lichts gestreut und wird nicht zum Publikum zurückgeworfen. Der Lichtverlust hat eine verringerte Bildhelligkeit zur Folge. Dementsprechend ist ein hoch-reflektierender Schirm wünschenswert. Je stärker allerdings der Schirm reflektiert, desto größer ist die mögliche Verschlechterung des projizierten Bildes durch Umgebungslichtquellen. Die vorliegende Lösung versucht, beim Betrachten hochwertiger Projektionssysteme, wie zum Beispiel 35-mm-Farbdia-Präsentationssysteme, jegliches Umgebungslicht auszulöschen. In einigen sehr kritischen Betrachtungssituationen ist versucht worden, sogar die Rückreflexion von Licht einzudämmen, das von dem Projektor selbst stammt.

[0018] Einige Schirm-Konstrukteure haben versucht, das Umgebungslichtproblem mit "Monodirektionalreflexions"-Schirmen zu lösen, das heißt, ein Projektionsschirm versucht, Licht zu absorbieren, das nicht von dem Projektor stammt, während er die Reflexion von auftreffendem Licht maximiert, das aus der Richtung des Projektors kommt. Weil aber tragbare Projektoren nun einmal tragbar sind und in verschiedenen Projektionsentfernungen und Projektionswinkeln verwendet werden, hat es sich als sehr schwierig erwiesen, einen Schirm für alle möglichen Projektorpositionen und optischen Eigenschaften zu optimieren.

[0019] Eine Alternative ist die Konstruktion einer eigenen Projektionseinrichtung. Eine solche Konstruktion erfordert einen eigenen Konferenzraum, in dem die Projektor- und die Schirmposition sowie die optischen Eigenschaften des Projektors genauestens kontrolliert und kalibriert werden. Es können tragende Elemente verwendet werden, um den ausgewählten Projektor an der Decke aufzuhängen. Nach erfolgter Kalibrierung wäre ein solches System dauerhaft stationiert. Die Nachteile einer solchen Einrichtung können hohe Kosten und fehlende Ortsveränderlichkeit sein.

[0020] Ein weiteres Problem, das eine optimale Leistung von Bildwerfern verhindert, ist der Keystone-Effekt. Wenn Projektoren außermittig von dem Schirm aufgestellt werden, so kommt es zu einem "Keystoning" (Trapezverzerrung). Das Keystoning ist eine bestimmte Bildverzerrung, bei der die Projektion eines rechteckigen oder quadratischen Bildes zu einem Schirmbild führt, das einem "Keystone" (deutsch: Schlussstein eines Gewölbebogens) ähnelt. Dies ist ein Trapezoid mit paralleler Ober- und Unterseite, die aber unterschiedlich lang sind.

[0021] Soweit dem Anmelder bekannt ist, liegt die derzeit verfügbare optische Keystone-(oder Perspektiv)-Korrektur handelsüblicher tragbarer elektronischer Bildwerfer zwischen 10° und 20°.

[0022] Es besteht nach wie vor Bedarf an einem Videopräsentationssystem mit großem Schirm, das effiziente Raumausnutzung, geringeres Gewicht und einen attraktiven Preis bietet. Ein solches System sollte vorzugsweise helle, hochwertige Bilder unter Raumlichtbedingungen erbringen. Des Weiteren würde ein solches System vorzugsweise verschiedene Verzerrungskomponenten in einem angezeigten Bild korrigieren.

[0023] EP-A-1 059 555 offenbart ein Projektionssystem mit einem gekrümmten Flüssigkristallanzeigefeld zum Korrigieren von Verzerrungen und Krümmungsaberration. In EP-A-1 059 555 ist das Flüssigkristallanzeigefeld so verzerrt und/oder gekrümmt, dass ein Lichtabstrahlungspunkt einer Bilderzeugungsquelle entspre-

chend der verzerrten und/oder gekrümmten Form eines Bildes, das auf einem Schirm vor der Korrektur gebildet wird, verändert wird. US-5,986,634 betrifft einen kompakten Monitor oder eine kompakte Anzeige, die dafür ausgelegt ist, zur Aufbewahrung und zum Transport an einen anderen Ort in eine Basiseinheit hinein zusammengeklappt zu werden. JP-A-2309387 offenbart ein Verfahren zum Anzeigen einer minimal verzerrten scharfen Bildebene auf einem Schirm, das eine Umkehrkorrektur der Form eines auf dem Schirm angezeigten Bildes und das Verwenden eines durchlässigen Lichtventils mit einer schwellenden Form beinhaltet. JP-A-4110991 betrifft ein Verfahren zum Beseitigen von Keystone-Effekten, bei dem zuerst das ursprüngliche Bild eines Lichtventils einer umgekehrten trapezförmigen Verzerrung unterzogen wird und ein konvexes Objektiv mit langer Brennweite zum Bilden eines Bildes auf einem Schirm verwendet wird.

KURZDARSTELLUNG DER ERFINDUNG

[0024] Die vorliegende Erfindung ist in den angehängten Ansprüchen definiert und betrifft ein Projektionssystem und ein Verfahren dafür, das Verzerrungskomponenten in einem projizierten Bild unter Verwendung einer geformten Bildmodulatorkomponente verbessert. Die geformte Bildmodulatorkomponente ist physisch so konfiguriert, dass sie ein eingegebenes Bild vorverzerrt, um eine erwartete Verzerrung in dem projizierten Bild mindestens teilweise zu kompensieren, zum Beispiel eine Verzerrung infolge der Komponenten des Projektionssystems und eine Verzerrung infolge der außeraxialen Projektion. Die physische Konfiguration für den geformten Bildmodulator kann durch eine modellierte oder tatsächliche Strahldurchrechnung durch das Projektionssystem bestimmt werden, und die resultierende physische Konfiguration kann eine geometrische Form sein, die eine gekrümmte Oberseite, eine gekrümmte Unterseite und gekrümmte Seiten aufweist. Auf diese Weise kann eine Verzerrungskorrektur, die durch die Optik und/oder die Elektronik des Projektionssystems ausgeführt wird, verringert werden oder möglicherweise entfallen.

[0025] In einer Ausführungsform wird eine Auflicht-Bildprojektionsvorrichtung bereitgestellt, die Folgendes enthält: Projektionskomponenten, die dafür geeignet sind, ein eingegebenes Bild auf einen Projektionsschirm zu projizieren, um ein Schirmbild zu erzeugen; Beleuchtungskomponenten, die mit den Projektionskomponenten gekoppelt sind; und Bilderzeugungskomponenten, die dafür geeignet sind, das eingegebene Bild zu erzeugen, wobei die Bilderzeugungskomponenten eine geformte Bildmodulatorkomponente aufweisen, die physisch so konfiguriert ist, dass sie das eingegebene Bild vorverzerrt, um eine erwartete Verzerrung in dem angezeigten Schirmbild mindestens teilweise zu kompensieren, wobei die physische Konfiguration mindestens teilweise anhand einer Strahldurchrechnung bestimmt wird. Die Strahldurchrechnung kann zum Beispiel eine tatsächliche Strahldurchrechnung oder eine modellierte Strahldurchrechnung durch das Projektionssystem sein. In detaillierteren Aspekten kann der Projektionsschirm mit der Projektionsvorrichtung gekoppelt sein und kann in der Projektionsvorrichtung integriert sein, und die Projektionskomponenten können eine außeraxiale Optik mit einem Verhältnis von Projektionsentfernung zu Schirmdiagonale von maximal 1 aufweisen. Außerdem können die Projektionskomponenten eine optische und geometrische Verzerrung in dem Schirmbild mit Bezug auf das eingegebene Bild erzeugen, und die geformte Bildmodulatorkomponente kann eine berechnete geometrische Form aufweisen, welche die optische und geometrische Verzerrung der Projektionskomponenten kompensiert. Des Weiteren kann die geformte Bildmodulatorkomponente mehrere Pixelzeilen sein, und die Anzahl von Pixeln je Zeile kann die gleiche sein, wobei der Abstand zwischen jedem Pixel in einer jeweiligen Zeile für verschiedene Pixelzeilen verschieden ist.

[0026] In einer weiteren Ausführungsform wird ein integriertes Auflicht-Bildprojektionssystem bereitgestellt, das Folgendes enthält: einen Auflicht-Projektionsschirm; einen beweglichen Arm, der mit dem Auflicht-Projektionsschirm gekoppelt ist und eine Aufbewahrungsposition und eine Projektionsposition aufweist; einen Auflicht-Projektionskopf, der mit dem Arm auf der von dem Auflicht-Projektionsschirm entfernten Seite gekoppelt ist; Projektionskomponenten, die in dem Auflicht-Projektionskopf untergebracht sind und dafür geeignet sind, ein eingegebenes Bild auf einen Projektionsschirm zu projizieren, wodurch ein Schirmbild angezeigt wird; Beleuchtungskomponenten, die mit den Projektionskomponenten gekoppelt sind; und Bilderzeugungskomponenten, die dafür geeignet sind, das eingegebene Bild zu erzeugen, wobei die Bilderzeugungskomponenten eine geformte Bildmodulatorkomponente aufweisen, die physisch so konfiguriert ist, dass sie das eingegebene Bild vorverzerrt, um eine erwartete Verzerrung in dem angezeigten Schirmbild mindestens teilweise zu kompensieren, wobei die physische Konfiguration eine geometrische Form mit einer gekrümmten Oberseite, einer gekrümmten Unterseite und gekrümmten Seiten aufweist. In detaillierteren Aspekten können die Projektionskomponenten eine außeraxiale Optik mit einem Verhältnis von Projektionsentfernung zu Schirmdiagonale von maximal 1 aufweisen. Außerdem können die Projektionskomponenten eine optische und geometrische Verzerrung in dem Schirmbild mit Bezug auf das eingegebene Bild erzeugen.

[0027] In einer weiteren Ausführungsform wird ein Verfahren zum Projizieren eines korrigierten Schirmbildes

mit einer Auflicht-Projektionsvorrichtung bereitgestellt, das folgende Schritte enthält: Bereitstellen einer Auflicht-Projektionsvorrichtung, die so konfiguriert ist, dass sie ein eingegebenes Bild auf einen Projektionsschirm projiziert, wodurch einen Schirmbild angezeigt wird, und Kompensieren einer Verzerrung in dem Schirmbild, die durch Komponenten der Auflicht-Projektionsvorrichtung hervorgerufen wird, mindestens teilweise durch Verwenden einer geformten Bildmodulatorkomponente, die physisch so konfiguriert ist, dass sie ein eingegebenes Bild vorverzerrt, wobei die physische Konfiguration eine geometrische Form mit einer gekrümmten Oberseite, einer gekrümmten Unterseite und gekrümmten Seiten aufweist. In detaillierteren Aspekten kann das Verfahren auch Folgendes enthalten: Projizieren des eingegebenen Bildes mit der Auflicht-Projektionsvorrichtung, um ein Schirmbild zu bilden, dessen Verzerrung durch den geformten Bildmodulator korrigiert wurde. Außerdem kann diese Projektion unter Verwendung von Komponenten bewerkstelligt werden, die eine außeraxiale Optik mit einem Verhältnis von Projektionsentfernung zu Schirmdiagonale von maximal 1 aufweisen. Des Weiteren kann die Verzerrung eine optische und geometrische Verzerrung in dem Schirmbild mit Bezug auf das eingegebene Bild sein, und die geformte Bildmodulatorkomponente kann eine berechnete geometrische Form aufweisen, um die optische und geometrische Verzerrung der Projektionskomponenten zu kompensieren. Außerdem kann die geformte Bildmodulatorkomponente mehrere Pixelzeilen enthalten, und die Anzahl von Pixeln in jeder Zeile kann konstant sein, wobei der Abstand zwischen jedem Pixel in einer jeweiligen Zeile für verschiedene Pixelzeilen verschieden ist.

[0028] In einer weiteren Ausführungsform wird ein Bildmodulator für ein Projektionssystem bereitgestellt, der eine geformte Bildmodulatorkomponente enthält, die physisch mit einer gekrümmten Oberseite, einer gekrümmten Unterseite und gekrümmten Seiten konfiguriert ist, um ein eingegebenes Bild vorzuverzerren, um eine erwartete Verzerrung in einem projizierten Bild mindestens teilweise zu kompensieren. In detaillierteren Aspekten kann die geformte Bildmodulatorkomponente mehrere Pixelzeilen aufweisen, und die Anzahl von Pixeln je Zeile kann die gleiche sein, wobei der Abstand zwischen jedem Pixel in einer jeweiligen Zeile für verschiedene Pixelzeilen verschieden ist.

[0029] In einer weiteren Ausführungsform wird ein Verfahren zum Bestimmen einer physischen Konfiguration für einen geformten Bildmodulator bereitgestellt, um eine Verzerrungskorrektur in einem projizierten Bild vorzunehmen, wobei das Verfahren aufweist: Bestimmen optischer Projektionsparameter für das Projektionssystem, einschließlich Projektionswinkel und Projektionsentfernungsverhältnis; Ausführen einer Strahldurchrechnung des Projektionssystems zum Bestimmen einer Verzerrung in einem projizierten Bild; und Verwenden der Strahldurchrechnung zum physischen Konfigurieren eines geformten Bildmodulators, um mindestens teilweise die Verzerrung des projizierten Bildes zu korrigieren. In detaillierteren Aspekten kann der Ausführungsschritt aufweisen, das Projektionssystem zu modellieren, um die Strahldurchrechnung auszuführen oder eine tatsächliche Strahldurchrechnung durch das Projektionssystem durchzuführen.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0030] Fig. 1 ist eine perspektivische Ansicht einer herkömmlichen Projektionsvorrichtungs- und Schirmanordnung.

[0031] Fig. 2 ist ein Seitenaufriss der in Fig. 1 veranschaulichten Anordnung.

[0032] Fig. 3 ist eine perspektivische Ansicht eines integrierten Auflicht-Projektionssystems gemäß der vorliegenden Erfindung in der Gebrauchs- oder Projektionsposition.

[0033] Fig. 4 ist eine perspektivische Ansicht des in Fig. 3 veranschaulichten integrierten Auflicht-Projektionssystems in der geschlossenen oder Aufbewahrungsposition.

[0034] Fig. 5 ist ein Seitenaufriss des in Fig. 3 veranschaulichten integrierten Auflicht-Projektionssystems in der Gebrauchs- oder Projektionsposition.

[0035] Fig. 6 ist ein schematischer geöffneter Seitenaufriss einer ersten Ausführungsform des Arms und des Projektionskopfes des in Fig. 3 veranschaulichten integrierten Auflicht-Projektionssystems.

[0036] Fig. 7 ist ein schematischer geöffneter Seitenaufriss einer zweiten Ausführungsform des Arms und des Projektionskopfes des in Fig. 3 veranschaulichten integrierten Auflicht-Projektionssystems.

[0037] Fig. 8 ist ein Seitenaufriss einer dritten Ausführungsform eines integrierten Auflicht-Projektionssystems gemäß der vorliegenden Erfindung in der Gebrauchs- oder Projektionsposition.

[0038] Fig. 9 ist ein schematischer geöffneter Seitenaufriss einer vierten Ausführungsform des Arms und des Projektionskopfes eines integrierten Auflicht-Projektionssystems gemäß der vorliegenden Erfindung.

[0039] Fig. 10 ist ein schematischer geöffneter Seitenaufriss einer fünften Ausführungsform des Arms und des Projektionskopfes eines integrierten Auflicht-Projektionssystems gemäß der vorliegenden Erfindung.

[0040] Fig. 11 ist eine Draufsicht auf das in Fig. 10 veranschaulichte integrierte Auflicht-Projektionssystem.

[0041] Fig. 12 ist eine perspektivische Ansicht einer sechsten Ausführungsform eines integrierten Auflicht-Projektionssystems gemäß der vorliegenden Erfindung.

[0042] Fig. 13 ist eine perspektivische Ansicht einer siebenten Ausführungsform eines integrierten Auflicht-Projektionssystems gemäß der vorliegenden Erfindung.

[0043] Fig. 14 ist ein Seitenaufriss des vertikalen Reflexionsmusters eines Auflicht-Projektionsschirms mit gesteuerter Lichtverteilung gemäß der vorliegenden Erfindung.

[0044] Fig. 15 ist eine Draufsicht auf das horizontale Reflexionsmuster des in Fig. 14 veranschaulichten Auflicht-Projektionssystems.

[0045] Fig. 16 ist eine vertikale Querschnittsansicht eines Auflicht-Projektionsschirms mit gesteuerter Lichtverteilung gemäß der vorliegenden Erfindung.

[0046] Fig. 17 ist eine horizontale Querschnittsansicht des in Fig. 16 veranschaulichten Auflicht-Projektionsschirms.

[0047] Fig. 18 ist eine perspektivische Ansicht eines Abschnitts der Wabenstruktur des in Fig. 3 veranschaulichten integrierten Auflicht-Projektionssystems.

[0048] Fig. 19 ist eine Detaildraufsicht auf den in Fig. 18 veranschaulichten Abschnitt der Wabenstruktur.

[0049] Fig. 20A, Fig. 20B und Fig. 20C sind Querschnittsansichten von beispielhaften optischen Systemen, die dadurch gekennzeichnet sind, dass sie axial, extrem außeraxial und extrem außeraxial mit Korrektur sind.

[0050] Fig. 21 ist eine Draufsicht, die eine Verzerrung veranschaulicht, zu der es in einem unkorrigierten, extrem außeraxialen Projektionssystem mit kurzer Projektionsentfernung wie dem vorliegenden integrierten Auflicht-Projektionssystem kommen kann.

[0051] Fig. 22 ist eine Draufsicht auf eine geneigte Projektion auf einen vertikalen Schirm.

[0052] Fig. 23 ist ein Blockschaubild einer Ausführungsform eines Auflicht-Projektionssystems mit einem verzerrungskorrigierenden geformten Bildmodulator gemäß der vorliegenden Erfindung.

[0053] Fig. 24 ist eine Draufsicht auf die Geometrie einer Ausführungsform eines verzerrungskorrigierenden Bildmodulators gemäß der vorliegenden Erfindung.

[0054] Fig. 25A und Fig. 25B sind Schaubilder der Systemparameter, die bei der Berechnung der Bildmodulatorform verwendet werden.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0055] Fig. 3–Fig. 6 veranschaulichen eine erste beispielhafte Ausführungsform eines integrierten Auflicht-Projektionssystems **100** gemäß der vorliegenden Erfindung. Dieses Auflicht-Projektionssystem integriert eine optische Maschine, die eine modulare Steuer- und Stromversorgungselektronik aufweist, und enthält einen eigenen Projektionsschirm **102**, der auf einem Rahmen **104** montiert ist. Ein Projektionskopf **106** kann schwenkbar durch einen Arm **108** an einem mittigen oberen Abschnitt des Rahmens **104** an einer Scharniereinheit **110** montiert sein. Der Arm **108** kann von 0° bis etwa 90° herausgedreht werden, wodurch der Projektionskopf **106** aus einer geschlossenen oder Aufbewahrungsposition in eine geöffnete oder Projektionsposition schwenken kann.

[0056] Der Schirm **102** ist optisch mit dem Projektionskopf gekoppelt. Der Schirm **102** kann ein flexibles Material sein, das sich über den Rahmen **104** erstreckt, oder kann eine steife Komponente sein. In einer alternativen Ausführungsform bestehen sowohl der Schirm als auch der Rahmen aus einer integralen Materialbahn. Der Schirm **102** kann Mehrfachschichten oder Spezialbeschichtungen enthalten, um zum Beispiel seine Verwendung als eine abwischbare weiße Tafel zu ermöglichen, wie im US-Patent 5,361,164 an Walltalkers, Barrington, Illinois, beschrieben.

[0057] Der Rahmen **104** enthält und stützt weitere Komponenten des Systems. Der Rahmen **104** kann zusätzliche Komponenten beherbergen, wie zum Beispiel integrierte Lautsprecher **112**, Eingangs- und Ausgangsbuchsen **113** und ein Bedienfeld **114**. In der vorliegenden beispielhaften Ausführungsform enthalten die mechanische Infrastruktur des Projektionssystems **100**, der Arm **108** und der Rahmen **104** leichte Materialien wie zum Beispiel Aluminium, Magnesium oder Kunststoffverbundmaterialien. Das gesamte Projektionssystem ist dementsprechend relativ leicht (20–25 Pfund, 9–11 Kilogramm).

[0058] In der vorliegenden beispielhaften Ausführungsform kann der Arm **108** steif und hohl sein. Der Arm **108** enthält druckgegossenes Aluminium oder Magnesium oder sonstige geeignete Materialien, die von einer Hartplastikschale umgeben sind. Oben und in der Mitte des Rahmens **104** ermöglicht es die Scharniereinheit **10** dem Projektionsarm **108** und -kopf **106**, zwischen einer geschlossenen (Aufbewahrungs-)Position und einer offenen (Gebrauchs-)Position zu schwenken. Fig. 4 veranschaulicht das Projektionssystem **100** in einer geschlossenen oder Aufbewahrungsposition. Wenn er sich nicht im Gebrauch befindet, so kann der Arm **108** in der geschlossenen Position gehalten werden, so dass er im Wesentlichen parallel zu dem Rahmen **104** angeordnet ist und somit kein Hindernis für Objekte darstellt, die sich möglicherweise im Raum vor dem Rahmen **104** bewegen. Obgleich der Arm so gezeigt ist, dass er in eine Position links vom Publikum zurückgeklappt ist, kann das System auch so angepasst werden, dass eine Aufbewahrung des Arms und des Projektionskopfes in einer Position rechts vom Publikum möglich ist. Die Fähigkeit, die Aufbewahrungsposition auszuwählen, kann von großem Nutzen sein, um Hindernisse zu meiden, die sich vor der Installation des Systems im Projektionsbereich befinden. Die Rotationsfähigkeit des Arms **108** hilft, die Dicke des Projektionssystems in der Aufbewahrungsposition auf ungefähr 2–3 Inch (5–7,5 cm) zu minimieren.

[0059] Das System **100** gestattet es, den Projektionskopf **106** im Arbeits- oder Projektionsmodus in eine exakte Ausrichtung auf den optischen Schirm **102** zu schwenken.

[0060] In dem System **100** befindet sich die Gebrauchsposition in einem normalen Armwinkel mit Bezug auf den Schirm und allgemein oberhalb des Schirms. Es können jedoch auch andere Ausführungsformen um andere vorgegebene Positionen herum gestaltet werden, wie zum Beispiel an den Seiten, in der Mitte oder an der Unterseite des Schirms. Eine Bewegung zwischen den zwei Positionen kann manuell unterstützt werden oder kann motorgetrieben erfolgen.

[0061] In der vorliegenden Ausführungsform steuert ein Elektromotor **116**, der sich in der Scharniereinheit **110** befindet, die Bewegung des Arms **108**. Der Motor **116** kann ein Wechselstrommotor oder ein Gleichstrommotor sein oder kann manuell über Arretierungen oder über eine Sprungvorrichtung (federbelastet) oder eine sonstige Art von Mechanismus angetrieben werden, die eine zuverlässige wiederholbare Positionierung ermöglicht. Der Motor **116** kann ein präzisionsgeführter Zahnradantriebsmotor sein, der zwei Begrenzungssensorschalter aufweist, um den Arm **108** und dementsprechend den Projektionskopf **106** in präzise und wiederholbare geschlossene und offene Positionen zu bringen.

[0062] Die Bewegung des Arms **108** und die Funktionen des Projektorsystems **100** können über das Bedienfeld **114**, eine (nicht gezeigte) Fernbedienung oder einen anderen Steuermechanismus gesteuert werden. Obgleich der Arm **108** des Projektionssystems **100** an einem einzelnen Punkt angelenkt ist, ist dem Fachmann ohne Weiteres klar, dass eine Vielzahl verschiedener Gestänge- und/oder Schwenkmechanismen im Geist der vorliegenden Erfindung implementiert werden können. In alternativen Ausführungsformen können der Kopf und der Arm weitere Scharnier- oder Teleskopbewegungen enthalten, und der Arm kann auch mit anderen Abschnitten des Rahmens oder an eine Wand oder einen Pfosten gekoppelt sein.

[0063] Wie mit Bezug auf die Fig. 14–Fig. 17 noch ausführlicher erläutert werden wird, optimiert das System **100** die Kopplung der Projektionsmaschine mit der genauen Positionierung des Kopfes **106** in Bezug auf den Schirm **102**, um einen hohen Kontrast, die größtmögliche Helligkeit, ein gleichmäßiges Bild, eine optimale Bildposition und eine hohe Schärfe zu erreichen. Da die optischen Parameter der Projektionsmaschine bekannt sind und im Hinblick auf Kompatibilität ausgewählt werden und die genaue Position des Projektorkopfes **106** in der Gebrauchsposition bekannt und vorgegeben ist, kann der beispielhafte Schirm **102** so konstruiert und

optimiert werden, dass er eine maximale Beleuchtung für das Publikum erzeugt, während er Störeinflüsse durch Umgebungslicht mindert.

[0064] Im Betriebszustand erzeugt das Projektionssystem **100** einen Lichtstrahl, der aus mehreren Lichtstrahlen **162** besteht. In Bezug auf ein Koordinatensystem, in dem der Schirm eine z-Ebene definiert, enthält jeder Lichtstrahl **162** Komponenten entlang sowohl der horizontalen x-Ebene als auch der vertikalen y-Ebene. Der Einfallswinkel jedes Lichtstrahls **162** auf den Schirm **102** richtet sich nach den optischen Eigenschaften des Projektors, wie zum Beispiel der Öffnungszahl, und der Position des Projektionskopfes **106** in Bezug auf den Schirm **102**.

[0065] Fig. 14 ist ein Seitenaufriss eines Strahlschaubildes entlang der vertikalen Achse, das die Reflexion von Lichtstrahlen **162** veranschaulicht, die von dem Projektionssystem **100** abgestrahlt werden. Punkt **60** ist die bekannte genaue Stelle der idealen Punktquelle für das Projektionsobjektiv **140** (in Fig. 6 veranschaulicht), wenn sich der Projektionskopf **106** in der "GEBRAUCHS"-Position befindet. Die Einfallswinkel der Lichtstrahlen **162** auf den Schirm werden entlang der positiven x-Richtung größer (siehe die Richtungsachse in Fig. 14).

[0066] Bei einem herkömmlichen Schirm würden die Lichtstrahlen **162** jeweils gemäß ihren Einfallswinkeln reflektiert werden. Insbesondere in dem spitzen Projektionswinkel des Systems **100** würde das resultierende Lichtmuster gestreut werden, wobei nur ein Teil der Lichtstrahlen das Publikum erreicht. Um die allmähliche Vergrößerung der Einfallswinkel zu kompensieren, enthält der Schirm **102** ein vertikal abgestuftes Reflexionsmuster, das so ausgerichtet ist, dass es die projizierten Lichtstrahlen **162** in dem erwarteten Einfallswinkel für jeden Punkt auf dem Schirm **102** empfängt und die Strahlen ungefähr in einem normalen Winkel entlang der vertikalen Ebene reflektiert. Die Lichtstrahlen **162** werden in einer Richtung vertikal nahe der Normalen reflektiert, weil das dem erwarteten Aufenthaltsort des Publikums entspricht. In alternativen Ausführungsformen kann, wenn das Publikum an einer anderen Stelle erwartet wird, ein anderes Reflexionsmuster implementiert werden.

[0067] Fig. 15 veranschaulicht eine Draufsicht auf die horizontale Verteilung des Lichts, das vom Punkt **60** ausgeht. Da davon ausgegangen wird, dass das Publikum über eine horizontale Ebene verteilt ist, ist das horizontale Reflexionsmuster des Schirms so angeordnet, dass es eine breitere Beleuchtungsausbreitung in der horizontalen Richtung erzeugt.

[0068] Fig. 16 veranschaulicht eine auseinandergezogene Ansicht eines vertikalen Querschnitts des Projektionsschirms **104**. Fig. 17 veranschaulicht eine auseinandergezogene Draufsicht auf einen horizontalen Querschnitt des Schirms. Der Projektionsschirm enthält ein Mehrschichtmaterial. Der Schirm **104** enthält ein erstes lineares Fresnellinsenelement **170**, ein zweites lineares Fresnelelement **172** und eine reflektierende Komponente **174**. Ein erstes und ein zweites Abstandshalterelement **171** und **173** kann zwischen den Fresnelelementen **170** und **172** bzw. zwischen dem zweiten Fresnelelement **172** und dem reflektierenden Element **174** angeordnet werden. Die linearen Fresnellinsenelemente **170** und **172** enthalten eine planare Seite, **176** bzw. **178**, und eine prismatische Seite, **180** bzw. **182**. Das erste Fresnelelement **170** enthält eine dünne isotrope Diffusionsschicht **184** auf seiner planaren Seite **176**. Die Diffusionsschicht **184** fungiert als eine Bildempfangsfläche. Die prismatische Seite **180** enthält mehrere lineare Rillen **186**, die horizontal in einem abgestuften Muster verlaufen. Die Rillen **186** sind dafür ausgelegt, die vertikale Lichtausbreitung zu steuern. Die Linsenmitte ist nahe der Oberseite des Projektionsschirms positioniert.

[0069] Die prismatische Seite **182** des zweiten linearen Fresnellinsenelements **172** enthält mehrere vertikale Rillen **188** (Fig. 17), die den mehreren Rillen **186** des ersten Fresnellinsenelements **170** zugewandt sind. Das zweite lineare Fresnellinsenelement **172** hat eine Linsenmitte, die auf einer vertikalen Linie liegt, die durch die Mitte des Schirms verläuft. Die planare Fläche **178** des zweiten Fresnelelements **172** ist einem Rückstrahler **174** zugewandt, der eine vertikale lineare Struktur aufweist, die das Licht in Richtung des Publikums zurückwirft. Die Rillen des strukturierten Rückstrahlers **174** weisen vorzugsweise eine zylindrische Form auf, wie zum Beispiel eine linsenförmige Struktur, oder können ein sich wiederholendes Rillenmuster aus Mikrofacetten sein, die sich einer zylindrischen Form annähern. Eine Einfallsfläche **175** des Rückstrahlers **174** kann je nach dem gewünschten Betrag der Schirmverstärkung und der gewünschten Art des Aussehens des Schirms spiegelnd oder diffus reflektierend, metallisch oder weiß beschichtet sein. Das zweite lineare Fresnelelement **172** ermöglicht in Verbindung mit dem strukturierten Rückstrahler **174** eine Steuerung der Lichtverteilungsausbreitung in der horizontalen Richtung, um Betrachter zu berücksichtigen, die sich horizontal vor dem Schirm befinden. Alternativ kann die Reflektorstruktur **174** in die planare Fläche **178** eingeprägt sein, wodurch die Anzahl von Schirmelementen verringert wird.

[0070] Alternative Ausführungsformen des Schirms können Mehrschichtfilmtechnologie enthalten, wie es zum Beispiel im US-Patent Nr. 6,018,419 (an 3M) beschrieben ist.

[0071] Wie aus Fig. 5 zu erkennen ist, versetzt das Projektionssystem **100** den Projektionskopf **106** in einen extremen Winkel und in eine nahe Entfernung zu dem Schirm **102**, so dass die Möglichkeit von Störungen durch den Präsentator minimiert wird. Das Anordnen des optischen Kopfes **106** am Ende eines radial versetzten Projektionsarms **108** stellte einzigartige mechanische und optische Herausforderungen dar. Selbst bei den leichtesten und kompaktesten der herkömmlichen tragbaren Projektoren von etwa 7 lb. (3,2 kg) konnte es passieren, dass eine unausgeglichene Belastung auf die Strukturkomponenten hebelverstärkt wurde. Optisch hat die Projektionsentfernung, die erforderlich ist, um das Bild überhaupt scharfstellen zu können, einen langen Arm erforderlich gemacht, wodurch weitere hebelverstärkte Belastungen auf die Struktur erzeugt werden. Selbst wenn das System strukturell stabil ist, würde es ein stark trapezverzerrtes und relativ kleines Bild projiziert haben.

[0072] Eine elektronische optische Maschine enthält Bildmodulations- und elektronische Komponenten. Wie in Fig. 6 besser veranschaulicht, ist der Arm **108** in dem Projektionssystem **100** eine steife Hohlstruktur. Die Struktur des Arms **108** definiert eine Armkammer **122** und gestattet die modulare und separate Anordnung eines Lampensteuerungselektronikmoduls **118** und eines Bildmodulationsmoduls **120**. Das Lampensteuerungselektronikmodul **118** enthält Steuerplatinen, Vorschaltgeräte und weitere elektronische Komponenten. Die elektronischen Elemente sind intern über eine Anordnung aus internen Strom- und Datenverbindungen verbunden. Das Bildmodulationsmodul **120** enthält eine Lichtquelle, eine Projektionsoptik, ein Farbrad und einen Bildmodulator. Durch Verteilen von Komponenten des Projektionssystems entlang dem Arm und dem Rahmen wirkt eine geringere Last auf das Scharnier und den Arm. Außerdem wird ein kleinerer Projektorkopf möglich. Dem Fachmann ist klar, dass eine Vielzahl verschiedener modularer Anordnungen im Rahmen alternativer Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung möglich sind. Zum Beispiel können alternativ Komponenten des elektronischen Moduls im Inneren des Rahmens **104** angeordnet werden.

[0073] Ein erheblicher Betrag an EMI/RFI-Abschirmung ist in herkömmlichen Projektordesigns erforderlich, um ein EM-Übersprechen zwischen der Lampe und den elektronischen Komponenten zu verringern und um Hochfrequenzen einzudämmen. Die separate Anordnung der elektronischen Komponenten **20** in dem Arm **108** verringert natürlich die EMI/RFI-Interferenzen. Des Weiteren wird in dem beispielhaften System **100** das Stromversorgungs- und Steuerelektronikmodul **118** von einer Wabenstruktur **124** umschlossen, die mehrere sechseckige Zellen **125** enthält. Die Wabenstruktur umgibt das Bildmodulationsmodul **120** und bietet sowohl eine EMI/RFI-Abschirmung als auch Wärmemanagementeigenschaften. Die Fig. 18 und Fig. 19 veranschaulichen Details der Wabenstruktur **124**. Wie im US-Patent 6,109,767 mit dem Titel "Honeycomb Light und Heat Trap for Projector" an 3M, das hiermit durch Bezugnahme in den vorliegenden Text aufgenommen wird, können die Form, die Ausrichtung, die Dicke und die Größe der sechseckigen Zellen darauf abgestimmt werden, bestimmte elektromagnetische Frequenzen zu dämpfen. In der vorliegenden beispielhaften Ausführungsform sind die sechseckigen Zellen **125** allgemein längs entlang dem Arm **108** ausgerichtet und sind in einem vorgegeben bestimmten Winkel ϕ ausgerichtet, um elektromagnetische Hochfrequenzen zu dämpfen. Die Wabenstruktur **124** ist ein sechseckiger Aluminiumkern mit einer Zellengröße S von 0,25–0,0625 Inch (0,635–0,159 cm), einer Foliendicke T von 0,002 Inch (ungefähr 0,005 cm) und einer korrosionsfesten Beschichtung. Die physische Trennung der elektronischen Komponenten und der Wabenstruktur **124** bietet genügend Dämpfung, um die Notwendigkeit weiterer herkömmlicher Beschichtungen oder Abschirmungen zu reduzieren.

[0074] Die vorliegende Anordnung bietet außerdem ein effizientes Wärmemanagementsystem. Ein Lufteinlass **126** befindet sich in dem Gehäuse der Scharniereinheit **110**. Ein Lüfter **130**, der in dem Projektionskopf **106** angeordnet ist, zieht Luft durch den Lufteinlass **126** und durch das Innere des hohlen Projektionsarms **108** und kühlt dadurch das darin befindliche Bildmodulationsmodul **120**. Die Luft verlässt den Projektionskopf **106** durch einen Luftauslass **129**. Luft kann auch durch den Projektionskopf **106** gezogen werden. Der Kühlluftstrom kann auch zum Kühlen von Komponenten verwendet werden, die sich in dem Projektorkopf **106** befinden, oder es können ein separater Kühlluftstrom oder separate Wärmemanagementelemente benutzt werden.

[0075] Die Ausrichtung der Wabenstruktur **124** ist des Weiteren dafür ausgelegt, als eine Konvektionswärmesenke zu fungieren, um die durch das Bildmodulationsmodul **120** erzeugte Wärmeenergie zu absorbieren, und überträgt die Wärme durch Konvektion in den durch den Lüfter **130** angesaugten Kühlluftstrom. Die Wabenstruktur ist so ausgerichtet, dass der Luftstrom über empfindliche Komponenten geleitet wird. Verschiedene Abschnitte der Wabenstruktur **124** können verschiedene Neigungswinkel aufweisen, um den Luftstrom zu verschiedenen Komponenten zu richten. Die Kammer **122** kann außerdem außen liegende oder innen liegende Rippen, **127** bzw. **128**, enthalten, um als hoch-effiziente Wärmetauscher zum Kühlen sowohl der Lampe als

auch der Elektronik zu fungieren. Die Fähigkeit, den Kühlluftstrom mit der Wabenstruktur **124** in die innen liegenden Rippen **128** zu richten, gestattet eine bessere Konvektionskühlung, wodurch die Verwendung eines Lüfters **130** mit geringer Kubikmeterleistung oder sogar die Verwendung von natürlicher Konvektion ermöglicht wird. Die Kühlungsanordnung, die durch den Arm und die Wabenstruktur geboten wird, gestattet auch einen insgesamt sehr niedrigen Stromverbrauch und ein geringes Betriebsgeräusch.

[0076] Handelsübliche elektronische Bildwerfer sind dafür ausgelegt, eine spezifizierte Schirmdiagonale (D) bei einer spezifizierten Projektionsentfernung (TD) zu projizieren. Das Projektionsentfernungsverhältnis (TR) eines Projektors ist als das Verhältnis von Projektionsentfernung zu Schirmdiagonale definiert. Die Vergrößerung wird als Schirmdiagonale/Bildmodulatordiagonale gemessen. Optisch erfordert die behinderungsfreie Anordnung des Projektionskopfes **106** des Projektionssystems **100**, dass das Bild gleichzeitig drei sehr anspruchsvollen Anforderungen genügt: (1) kurze Projektionsentfernung, (2) hohe Vergrößerung und (3) leistungsstarke Perspektivkorrektur. Um ein Abschatten des Bildes zu minimieren, ist der Projektorkopf **106** in der vorliegenden beispielhaften Ausführungsform in einem Projektionswinkel von etwa 15° angeordnet, und der Arm misst etwa 30 Inch (ungefähr 76,2 cm). Der Schirm **102** hat eine Schirmdiagonale zwischen 42 und 60 Inch (ungefähr 107–152 cm). Dementsprechend gehörte zu den Konstruktionszielen für das beispielhafte Anzeigesystem **100**: (1) eine Projektionsentfernung ≤ 800 mm; (2) ein Vergrößerung > 60-fach; und (3) eine Bildverzerrungskorrektur für einen Projektionswinkel von etwa 15°.

[0077] Wenden wir uns Fig. 6 zu. Der Projektionskopf **106** enthält eine Lampeneinheit **132**, einen Bildmodulator oder ein Lichtventil **134**, eine Kondensationsoptik **136**, ein Farbrad **138**, einen Kondensationsspiegel **139** und eine Projektionsobjektiv **140**. Der Projektionskopf kann außerdem Polarisationskonverter (zum Polarisieren von Rotationsbildmodulatoren), Infrarot- und Ultraviolettabsorptions- oder -reflexionsfilter, eine alternative Lichtquelle, die eventuell mit einem Lampenwechselmechanismus gekoppelt ist, Reflektorspiegel und weitere (nicht gezeigte) optische Komponenten enthalten. Die Lampeneinheit **132** enthält einen Reflektor **131** und eine Lampe **133**. Der Reflektor **131** fokussiert das von der Lampe **133** erzeugte Licht durch das Farbrad **138**. Der Lichtstrahl wird dann durch die Kondensationsoptik **136** und den Kondensationsspiegel **139** kondensiert. Der nun kondensierte Lichtstrahl wird von dem Kondensationsspiegel zurückgeworfen und wird auf den reflektierenden Bildmodulator **134** gerichtet, der seinerseits das Licht auf das Projektionsobjektiv **140** reflektiert.

[0078] Die Lampeneinheit **132** enthält einen elliptischen Reflektor **131** und eine Bogenentladungslampe hoher Intensität **133**, wie zum Beispiel vom Philips-UHP-Typ von Philips, Eindhoven, Niederlande, oder die OSRAM VIP-270 von Osram, Berlin, Deutschland. Es können noch weitere geeignete Glühlampen und Lampenanordnungen verwendet werden, wie zum Beispiel Halogenmetalldampflampen oder Wolframhalogenlampen.

[0079] In der vorliegenden beispielhaften Ausführungsform enthält der Bildmodulator **134** ein einzelnes XGA-Ditital-Mikrospiegelbauelement (DMD) mit einer Diagonale von etwa 18 mm (etwa 0,7 Inch), wie zum Beispiel jene, die von Texas Instruments, Inc., Dallas, Texas, hergestellt werden. Das Farbrad **138** ist eine sich drehende Rot/Grün/Blau (RGB)-Farbsequenzscheibe, die 16,7 Millionen Farben in dem projizierten Bild erzeugt. In alternativen Ausführungsformen können das Farbrad und der Bildmodulator **134** durch verschiedene geeignete Konfigurationen ersetzt werden, wie zum Beispiel einen Flüssigkristall-RGB-Farbsequenzverschluss und einen reflektierenden oder durchlässigen Flüssigkristallanzeige (LCD)-Bildmodulator. Dem Fachmann ist ohne Weiteres klar, dass auch andere optische Komponenten und Anordnungen gemäß dem Geist der vorliegenden Erfindung möglich sein können.

[0080] Der Bildmodulator **134** und die Lampe **132** können durch den Luftstrom gekühlt werden, der durch den Lüfter **130** erzeugt wird. Ein weiterer thermischer Vorteil der Anordnung der vorliegenden Ausführungsform ist, dass die wärmeren Komponenten, wie zum Beispiel die Lampe, an einem Endabschnitt des Strömungspfades der Kühlluft angeordnet sind, so dass verhindert wird, dass die intensive Wärme von der Lampe die empfindlichen elektronischen Komponenten beschädigt.

[0081] Um eine Perspektivkorrektur von 15° zu ermöglichen, kann die Lichtventilmitte von der Projektionsobjektivmitte um einen Betrag gleich dem Projektionswinkel verschoben werden. Eine vollständige Perspektivkorrektur durch dieses optische Mittel erfordert ein komplexeres Projektionsobjektivdesign. Zum Beispiel kann ein großer Vollbildfeldwinkel erforderlich sein. Die Perspektivkorrekturmerkmale brauchen nicht auf lediglich die Optik beschränkt zu sein. Eine Perspektiv-Teilkorrekturoptik, ein elektronisches Perspektivkorrekturmittel und Schirmneigung können kombiniert werden, um ein verzerrungsfreies Bild zu erhalten. In einer alternativen Ausführungsform kann der Schirm motorgetrieben sein, um eine geneigte Projektionsposition zu dem Zeitpunkt zu erreichen, wo der Arm in der offenen Position angeordnet wird.

[0082] Im Hinblick auf die Korrektur von Verzerrungen sind die Fig. 20A, Fig. 20B und Fig. 20C Querschnittsansichten von beispielhaften optischen Systemen, die dadurch gekennzeichnet sind, dass sie axial, außeraxial und außeraxial mit Korrektur sind. Wie in Fig. 20A gezeigt, kann ein axiales optisches System, das allgemein mit **800** bezeichnet ist, eine Lampe/einen Reflektor **802**, eine Bildquelle **803**, einen Bildmodulator **804** und ein Projektionsobjektiv **806** enthalten. Diese Komponenten des optischen Systems **800** wirken zusammen, um entlang einer Projektionsachse **805** ein Bild **807** auf einen Schirm **808** zu projizieren. **805A** ist eine Schirmachse normal zu der Schirmmitte. Das optische System **800** ist insofern "axial", als die Projektionsoptik-Achse **805** (welche die Lampe/den Reflektor **802**, den Bildmodulator **804** und das Projektionsobjektiv enthält) und die Schirmachse **805A** aufeinander ausgerichtet sind. Als ein axiales System erzeugt das optische System **800** ein Bild auf dem Schirm **808**, das relativ verzerrungsfrei ist.

[0083] Im Gegensatz dazu zeigt die Fig. 20B ein allgemein mit **810** bezeichnetes optisches System, bei dem sich die Komponenten in einer außeraxialen Konfiguration befinden, wie bei den im vorliegenden Text beschriebenen integrierten Auflicht-Projektionssystemen. Wie gezeigt, ist die optische Achse **805** für die Lampe/den Reflektor **802** nun nicht auf die Schirmachse **805A** ausgerichtet. Oder anders ausgedrückt: Das Bild wird in einem spitzen Winkel nach unten projiziert. Darum wird das optische System **810** insofern als "außeraxial" bezeichnet, als die Projektionsoptik und die Projektionsschirm-Normale nicht auf einer gemeinsamen Achse liegen und das Projektionsobjektiv **806** relativ weit von der Achse entfernt liegt. In diesem außeraxialen Fall des optischen Systems **810** wird ein unkorrigiertes Bild **812**, das auf einen Schirm **808** projiziert wird, infolge der extremen außeraxialen Ausrichtung und anderer optischer Aberrationen, wie zum Beispiel einer kissenförmigen Linsenverzerrung, verzerrt, wie gezeigt. Fig. 21 und der zugehörige Text unten beschreiben ausführlicher die Verzerrungskomponenten, die in einem solchen außeraxialen System erzeugt werden können.

[0084] Fig. 20C veranschaulicht ein allgemein mit **814** bezeichnetes außeraxiales optisches System mit Verzerrungskorrektur. Wie gezeigt, kann, wenn eine Verzerrung gemäß der vorliegenden Erfindung korrigiert wird, ein auf einen Schirm **808** projiziertes korrigiertes Bild **816** relativ verzerrungsfrei erscheinen, wie bei dem Bild, das durch das axiale optische System **800** projiziert wird.

[0085] Fig. 21 ist eine Draufsicht, die Verzerrungskomponenten veranschaulicht, die in einem unkorrigierten, extrem außeraxialen Projektionssystem mit kurzer Projektionsentfernung wie dem vorliegenden integrierten Auflicht-Projektionssystem erzeugt werden können. Diese Verzerrung ist relativ einzigartig, weil die Entfernung von dem Projektor zu dem Schirm kurz ist und das optische System außeraxial ist. Wie in Fig. 21 gezeigt, kann die außeraxiale Optik mit kurzer Projektionsentfernung eine kissenförmige Verzerrungskomponente **820**, eine Trapezverzerrungskomponente **822** und eine anamorphe Verzerrungskomponente **824** ergeben, die zusammen eine kombinierte Verzerrung **826** ergaben. Folglich würde die Erzeugung eines geradlinigen verzerrungsfreien projizierten Bildes die Korrektur dieser drei Verzerrungskomponententypen durch elektronische und optische Mittel gemäß der vorliegenden Erfindung beinhalten.

[0086] Die kissenförmige Verzerrungskomponente **820** ist eine Verzerrung dritter Ordnung, die durch das Projektionsobjektiv erzeugt wird. Dies ist eine Folge der Anforderungen einer hohen Vergrößerung und einer kurzen Projektionsentfernung und des Wunsches, die Größe und die Kosten des Objektivs zu verringern. Mit Bezug auf die Komponente **820** stellt der Kasten **851** ein gewünschtes unverzerrtes Bild dar, das zum Beispiel mit einem idealen axialen Projektionssystem projiziert werden kann. Das Segment A stellt die unverzerrte Entfernung von der Mitte des Bildes zu der Ecke des Bildkastens **851** dar. Der verzerrte Kasten **821** stellt die kissenförmige Verzerrung dieses idealen Bildes dar. Das Segment B stellt die Entfernung von der Mitte des Bildes bis zu der verzerrten Ecke des verzerrten Bildkastens **821** dar. Die kissenförmige Verzerrungskomponente **820** kann als ein Verzerrungsprozentsatz ausgedrückt werden, der definiert ist als:

$$\text{Verzerrung [\%]} = [(B - A)/A] \times 100$$

wobei die in Fig. 21 gezeigten Variablen verwendet werden. In einer Ausführungsform des vorliegenden integrierten Auflicht-Projektionssystems ist das verwendete Objektiv ein Projektionsobjektiv von der Zeiss GmbH aus Jena, Deutschland, mit einer Brennweite von 9,44 mm und einer freien Öffnung von 53,2 mm, das eine kissenförmige Verzerrung von 10,4%, oder ungefähr 10%, beim Design des Objektivs gestattet.

[0087] Zu der Trapezverzerrungskomponente **822** (vertikale Verzerrung) kommt es, weil das optische System zum Beispiel 15° außeraxial von der Horizontalen projiziert. Folglich wäre das verzerrte projizierte Bild unten breiter als oben. Mit Bezug auf die Komponente **822** stellt der Kasten **853** ein gewünschtes unverzerrtes Bild dar, das zum Beispiel mit einem idealen axialen Projektionssystem projiziert werden kann. Der verzerrte Kasten **823** stellt die Trapezverzerrung dieses idealen Bildes dar. Segment A stellt die obere Breite des Bildes dar,

und Segment B stellt die untere Breite des Bildes dar. Anhand von Fig. 21 kann diese Verzerrung als ein Prozentsatz ausgedrückt werden, der definiert ist als:

Verzerrung [%] = [(B – A)/A] × 100

[0088] Zum Beispiel beträgt die berechnete Trapezverzerrung für eine Ausführungsform des vorliegenden Auflicht-Projektionssystems 73,9% oder ungefähr 74%.

[0089] Weil die Projektion außeraxial ausgeführt wird, kommt es zu der anamorphen Verzerrungskomponente **824** gleichzeitig mit der Trapezverzerrungskomponente **822**. Wie gezeigt, verursacht die anamorphe Verzerrung **824** ein Recken des unkorrigierten Bildes in der vertikalen Richtung relativ zu der horizontalen Richtung. Mit Bezug auf die Komponente **824** stellt der Kasten **855** ein gewünschtes unverzerrtes Bild dar, das zum Beispiel mit einem idealen axialen Projektionssystem projiziert werden kann. Der verzerrte Kasten **825** stellt die anamorphe Verzerrung dieses idealen Bildes dar. Die Punkte A und A' stellen den oberen und den unteren Rand des Bildes **855** in der Mitte des Bildes dar. Die Punkte B und B' stellen den oberen und den unteren Rand des verzerrten Bildes **825** entlang der Mitte des Bildes dar, und Punkt B" stellt den Mittelpunkt des verzerrten Bildes dar. Anhand von Fig. 21 kann diese Verzerrung als ein Prozentsatz ausgedrückt werden, der definiert ist als:

Verzerrung [%] = [(x tan(α – θ) + x tan(α + θ) – 2x sec(θ)tan(α))/2x sec(θ)tan(α)] × 100

[0090] Zum Beispiel beträgt die berechnete anamorphe Verzerrung für eine Ausführungsform des vorliegenden Auflicht-Projektionssystems 33,5% oder ungefähr 34%.

[0091] Im Hinblick auf die obige Gleichung für anamorphe Verzerrung ist Fig. 22 eine Draufsicht auf die geneigte Projektion **828** auf einen vertikalen Schirm, welche die Variablen definiert, die in dieser Gleichung verwendet werden. Die Illustration von Fig. 22 ist einer Verweisquelle entnommen: Rudolph Kingslake, "Optical System Design", Academic Press, 1983, Seiten 269–272.

[0092] Wenden wir uns Fig. 22 ausführlicher zu. Das Segment von Z bis B" stellt die Projektionsachse dar, wobei B" der Punkt ist, an dem die Bildachse den Schirm kreuzt.

[0093] Der Schirm ist durch das Segment dargestellt, das durch die Punkte V und K verläuft und auf dem auch die Punkte B", B und B' liegen. Die Entfernung "x" stellt die senkrechte Entfernung von dem Schirm am Punkt K zu dem Punkt Z dar, der den Projektionspunkt auf der Projektionsachse darstellt. Das Segment A bis A' stellt die Bildebene dar, die durch Punkt B" verläuft. Der Winkel "θ" stellt den Winkel zwischen der Bildebene und dem Schirm dar. Die Entfernung "x sec(θ)" stellt die Entfernung von dem Punkt Z zu dem Punkt B" dar. Der Winkel "a" stellt den Winkel zwischen dem Segment Z bis B" und dem Segment Z bis A und dem Segment Z bis A' dar. Der Punkt B stellt den Punkt dar, an dem das Segment Z bis A durch den Schirm verläuft. Der Punkt B' stellt den Punkt dar, an dem das Segment Z bis A' durch den Schirm verläuft. Wie in Fig. 21 gezeigt, folgen das Segment B bis B" und das Segment B' bis B" den Gleichungen unten.

BB" = AB"[cos(α)/cos(θ – α)]

B'B" = A'B"[cos(α)/cos(θ + α)]

[0094] Zusammenfassend ausgedrückt, wie oben dargestellt, gibt Fig. 22 die geometrischen Variablen für die Gleichungen an, die mit Bezug auf die anamorphe Verzerrung **824** in Fig. 21 besprochen wurden.

[0095] Kehren wir zu Fig. 21 zurück. Wie gezeigt, ist das Ergebnis der Verzerrungskomponenten **820**, **822** und **824** die kombinierte Bildverzerrung **826**. Für diese Gesamtverzerrung **826** stellt der Kasten **857** ein gewünschtes unverzerrtes Bild dar, das zum Beispiel mit einem idealen axialen Projektionssystem projiziert werden kann. Der verzerrte Kasten **827** stellt die Kombination der kissenförmigen Verzerrungskomponente **820**, der Trapezverzerrungskomponente **822** und der anamorphen Verzerrungskomponente **824** dar.

[0096] Um diese Verzerrungskomponenten zu korrigieren, kann vorzugsweise eine Kombination aus optischer und Bildmodulatorformungs-Verzerrungskorrektur verwendet werden, und diese Kombinationslösung kompensiert die in Fig. 21 gezeigten Verzerrungskomponenten.

[0097] Fig. 23 ist eine Blockschaubildansicht einer Ausführungsform des Kombinierens von Bildmodulatorfor-

mungs- und optischer Korrektur von Verzerrungen gemäß der vorliegenden Erfindung, um ein geradliniges verzerrungsfreies Bild zu erreichen. Wie in Fig. 23 gezeigt, wird ein unmodifiziertes Bild **830** durch eine Korrekturkomponente **832** eines geformten Bildmodulators korrigiert, die bewirkt, dass das Bild **830** in geeigneter Weise um eine Verzerrung vorverzerrt wird, die normalerweise durch das Projektionssystem hervorgerufen wird. Das vorverzerrte Bild wird dann durch die Optik **834** projiziert, die inhärente Verzerrungseigenschaften aufweist, um ein korrigiertes Schirmbild **836** zu erzeugen. Die inhärente Verzerrungscharakteristik der Optik **836** kann theoretisch von keiner Verzerrung bis zu einer sehr großen Verzerrung reichen, so dass die Optik **836** auch so betrachtet werden könnte, dass sie eine Korrekturkomponente aufweist, die von voller Korrektur bis zu einer eingeschränkten Korrektur reicht.

[0098] Im Gegensatz zu dem verzerrungskorrigierenden Bildmodulator der vorliegenden Erfindung haben herkömmliche elektronische Bildmodulatoren in der Regel eine solche Größe, die an die Auflösung des zu projizierenden Bildes angepasst ist. Zum Beispiel könnte ein XGA-Bildmodulator, wie zum Beispiel das oben beschriebene XGA-Ditital-Mikrospiegelbauelement (DMD), auf die Größe einer bestimmten rechteckigen Form von 1024 horizontalen und 768 vertikalen Pixeln gebracht werden.

[0099] Im Gegensatz dazu ist der verzerrungskorrigierende Bildmodulator gemäß der vorliegenden Erfindung im Vergleich zu der herkömmlichen Geometrie anders geformt, um ein vorverzerrtes Bild **876** zu erzeugen, wie in Fig. 24 gezeigt, das eine in dem Projektionssystem inhärente Verzerrung kompensiert. Zum Beispiel kann eine solche inhärente Verzerrung durch die Projektionsoptik in einem Projektionssystem hervorgerufen werden. In dieser Ausführungsform ist die Korrekturkomponente **832** des geformten Bildmodulators so geformt, dass sie das Bild **830** so vorverzerrt, dass die Verzerrung, die durch die Projektionsoptik, wie zum Beispiel die Optik **834**, hervorgerufen wird, praktisch das Bild zu der gewünschten, unverzerrten Form zurückführt. Wenn also das vorverzerrte Bild **830** durch die Projektionsoptik **834** projiziert wird, so ist das Ergebnis ein korrigiertes Schirmbild **836**.

[0100] Fig. 24 ist eine Draufsicht auf die Geometrie, die zu einer Ausführungsform der Korrekturkomponente **832** des geformten Bildmodulators gemäß der vorliegenden Erfindung gehört. In Fig. 24 sind die Einheiten der X- und der Y-Achse Millimeter (mm). Der geradlinige Bereich **870** stellt, als Referenz, die Geometrie eines herkömmlichen ungeformten Bildmodulators dar, wie zum Beispiel des oben beschriebenen XGA-Ditital-Mikrospiegelbauelements (DMD). Diese Geometrie für den aktiven Bereich **870** misst – zum Beispiel in der gezeigten Ausführungsform – 14,12 mm mal 10,59 mm (7,06 mm + 7,06 mm für den oberen und den unteren Rand und 5,295 mm + 5,295 mm für den linken und den rechten Rand).

[0101] In Fig. 24 stellt der Umriss **872** dar, wie eine Bildgrenze geformt sein würde, um zum Beispiel Trapez- und andere optischen Verzerrungen zu kompensieren. Das heißt, wenn das Bild **836** projiziert wird, so würde es als ein unverzerrtes geradliniges Bild projiziert werden. Diese Vorverzerrung kann mit Hilfe eines elektronischen digitalen Krümmungsmittels bewerkstelligt werden, zum Beispiel durch Abbilden des vollen Pixelbereichs für einen rechteckigen Bildmodulator **870**, mit regelmäßig beabstandeten Pixeln, in den vorverzerrten Umriss **872** hinein. Eine solche digitale Bildkrümmungstechnik ist im US-Patent 5,594,676 an Genesis Microchip, Inc. beschrieben. Allerdings gehen durch den Abbildungs- und Extrapolationsprozess Bildinformationen verloren. Das liegt daran, dass zum Beispiel in der obersten Zeile ein Bild, das nominal 14,12 mm breit ist, zu einem Bild komprimiert wird, das 10,248 mm breit ist. Wenn die Pixeldichte des Bildmodulators nicht justiert wird, so enthält der Abschnitt **876** im Umriss **872** weniger Pixel als die gesamte Bildmodulatorgröße **870** und versucht trotzdem, die gleichen Bildinformationen zu transportieren. Dadurch gehen Bildinformationen verloren. Pixel im Abschnitt **874**, die nach der Neuabbildung in den Abschnitt **872** nicht verwendet werden, sind einfach dunkel und werden für die Bildprojektion nicht verwendet. Dieser Abschnitt **874** stellt darum vergeudeten Bildmodulatorraum dar.

[0102] Wie durch die vorliegende Erfindung in Betracht gezogen, kann der Bildmodulator selbst so modifiziert sein, dass er an die gewünschte Form des vorverzerrten Bildes angepasst ist. Das heißt, der Umriss **872** stellt auch die Form für eine Korrekturkomponente **832** des geformten Bildmodulators dar, die so geformt ist, dass ein bestimmter Betrag an Trapez- und optischer Verzerrung kompensiert wird. Insofern, anstatt zum Beispiel rechteckig zu sein, hat die nominale Bildform **872** dieser Ausführungsform des Bildmodulators **832** einen gekrümmten unteren Rand mit einer Breite von ungefähr 13,798 mm (6,899 mm + 6,899 mm), einen gekrümmten oberen Rand mit einer Breite von ungefähr 10,428 mm (5,124 mm + 5,124 mm) und gekrümmte Seiten, die von der Unterseite zur Oberseite verlaufen. Des Weiteren korreliert, wie gezeigt, die Bildmitte mit einer Position ungefähr 5,163 mm von der Unterkante des Bildmodulators **872**, und die Gesamthöhe des Bildmodulators **872** beträgt ungefähr 8,065 mm (2,902 mm + 5,163 mm). Insbesondere würde sich die in Fig. 24 gezeigte Ausführungsform der Korrekturkomponente **832** des geformten Bildmodulators zur Verwendung in einer optischen

Anwendung mit einer kurzen Projektionsentfernung und hohem Neigungswinkel eignen, wie zum Beispiel die, die im vorliegenden Text beschrieben ist.

[0103] Die genaue Form eines Bildmodulators, der erforderlich ist, um ein geradliniges Bild auf dem Projektionsschirm zu erzeugen, kann mit Hilfe einer dreidimensionalen Strahldurchrechnung, die das optische System als einen Punkt in der Objektivaustrittspupille modelliert, oder alternativ mit Hilfe einer tatsächlichen Strahldurchrechnung durch das System berechnet werden. Dies beinhaltet eine mathematische Beschreibung der Effekte der kissenförmigen Linsenverzerrung, Trapezverzerrung und anamorphen Verzerrung. Unter Verwendung dieser modellierten oder tatsächlichen Strahldurchrechnung und der zugehörigen mathematischen Beschreibung kann die physische Konfiguration für den geformten Bildmodulator so ausgewählt und bestimmt werden, dass das Eingabebild in das Projektionssystem in einer solchen Weise vorverzerrt wird, dass Verzerrungseffekte, wie zum Beispiel kissenförmige, Trapez- und anamorphe Verzerrung, kompensiert werden. Um zum Beispiel lediglich Trapezverzerrungseffekte in Betracht zu ziehen, könnte eine einfache Trapezform verwendet werden. Um hingegen kompliziertere Verzerrungseffekte in Betracht zu ziehen, würde man eine physische Konfiguration verwenden, die eine gekrümmte Oberseite, eine gekrümmte Unterseite und gekrümmte Seiten enthält, wie zum Beispiel die physische Konfiguration, die mit Bezug auf Fig. 24 besprochen wurde.

[0104] Die Fig. 25A und Fig. 25B zeigen Projektorsystemparameter, die für die Berechnung der Bildmodulatorform verwendet werden können. Der Projektionsschirm kann zum Beispiel vertikal sein und kann 922,4 mm hoch mal 1227,2 mm breit sein. Die Projektionsobjektivaustrittspupille kann 782 mm von der Schirmebene entfernt liegen und kann sich 74,5 mm oberhalb der Oberkante des Schirms befinden. Und die optische Projektionsachse weist 15° von der Horizontalen abwärts. Die optische Projektionsachse kann 3,7 mm von der optischen Mitte des Bildmodulators versetzt sein, um eine optische Korrektur von ungefähr 52% der Gesamttrapezverzerrung vorzunehmen. Die Stellen des Pupillenpunktes (PP) und des Schnittpunktes der optischen Achse mit der Schirmebene (OX) sind in den Fig. 25A und Fig. 25B markiert. Für dieses beispielhafte System kann PP durch die Koordinaten x = 0, y = –782, z = 997,2 definiert sein, und OX kann durch die Koordinaten x = 0, y = 0, z = 787,6 definiert sein.

[0105] Die berechnete Form des Bildmodulators berücksichtigt die restliche Trapez- und anamorphe Verzerrung, die durch die um 15° abwärts geneigte Projektionsachse erzeugt wird, und ungefähr 10,4% kissenförmige Projektionsobjektivverzerrung. Um die Stelle der Randpunkte des geformten Bildmodulators zu berechnen, wird eine Gruppierung von Projektionsbild-Randpunkten für die gewünschte Projektionsbildgröße in der in Fig. 25A gezeigten Schirmebene definiert. Einige Beispiele von Punkten in dem definierten dreidimensionalen Koordinatenraum würden sein: x = –613,6, y = 0, z = 922,4; x = 613,6, y = 0, z = 922,4; x = 613,6, y = 0, z = 0; x = –613,6, y = 0, z = 0. Diese vier Punkte definieren die vier Ecken des projizierten Bildes auf der Schirmebene, wobei zusätzliche Randpunkte durch Variieren von "x" von –613,6 bis 613,6 und "z" von 0 bis 922,4 definiert werden, um eine Gruppierung von Randpunkten zu bilden.

[0106] Eine Reihe von Zeileneinheitsvektoren von jedem Punkt auf dem Projektionsbildrand, die durch den Pupillenpunkt PP verlaufen, wird dann als EP0 definiert. Außerdem wird eine Ebene definiert, die den Punkt OX enthält und parallel zu der Ebene des geformten Bildmodulators verläuft, wie in Fig. 25B. Wenn dasselbe optische System ein Bild auf diese Ebene projizieren würde, so würde das Bild keine Trapez- oder anamorphe Verzerrung aufweisen, da der Projektionswinkel 0 Grad betragen würde. In dieser Ebene wird der Schnittpunkt der Projektionsrandpunkt-Zeileneinheitsvektoren EP0 für jeden Randpunkt berechnet. Diese Punkte können durch folgende Gleichung beschrieben werden:

$$EP1 = PP + \frac{L2}{EP0 \times OA} \times OA,$$

wobei PP die Stelle des Pupillenpunktes ist, L2 die Entfernung vom Punkt PP zum Punkt OX ist, EP0 die Gruppierung von Vektoren ist, welche die Stelle der tatsächlichen projizierten Bildrandpunkte in der Schirmebene definieren, und OA der Einheitsvektor der optischen Achse ist.

[0107] Wir bleiben in der Ebene parallel zur Ebene des geformten Bildmodulators und durch den Punkt OX hindurch. Dabei kann der Effekt der optischen Verzerrung betrachtet werden, indem man einen Satz Punkte in dieser Ebene definiert, die ein Bild mit 0% optischer Verzerrung darstellen würden, und sie mit den durch EP1 definierten Punkten vergleicht. Diese Punkte können durch folgende Gleichung beschrieben werden:

$$ep2 = ep1 \times d,$$

wobei ep2 die Entfernung von OX zu jedem unverzerrten Punkt in dieser Ebene ist, ep1 die Entfernung von

OX zu jedem verzerrten Punkt in dieser Ebene ist, der durch EP1 definiert wird, und d ein Maß der Systemverzerrung ist, für dieses System 0,104 oder 10,4%. Eine Gruppierung von Vektoren, welche die Stellen jedes Punktes ep2 definieren, kann als EP2 definiert werden, und eine Gruppierung von Zeileneinheitsvektoren von den Punkten EP2 durch den Pupillenpunkt PP kann als V2 definiert werden.

[0108] Ein komplexes optisches System kann als ein Loch in der Austrittspupille modelliert werden. In einem solchen Modell sind das Objekt und die Bildpunkte entlang einer geraden Linie durch den Pupillenpunkt angeordnet. Da die Effekte von Trapez-, anamorpher Verzerrung und optischer Verzerrung bei der Berechnung von V2 berücksichtigt wurden, können die endgültigen Randpunktstellen des geformten Bildmodulators definiert werden, indem jeder Punkt berechnet wird, wo eine Linie von den Punkten EP2 durch den Pupillenpunkt PP hindurch die Ebene des geformten Bildmodulators schneidet. Diese Punkte können im dreidimensionalen Koordinatenraum dieser Transformation definiert werden als:

$$V1 = PP - \frac{L1}{V2 \times OA} \times OA,$$

wobei PP der Pupillenpunkt ist, L1 die Entfernung von PP bis zu der Ebene des geformten Bildmodulators entlang der optischen Achse ist, V2 die Gruppierung von Zeileneinheitsvektoren von Punkt EP2 bis PP ist und OA der Einheitsvektor der optischen Achse ist. V1 ergibt die x-, y- und z-Koordinaten der Randpunkte des geformten Bildmodulators im dreidimensionalen Koordinatenraum dieser Transformation.

[0109] Um den Umriss des geformten Bildmodulators in der zweidimensionalen Ebene des geformten Bildmodulators aufzutragen, werden die durch V1 definierten Punkte zum Ursprung des dreidimensionalen Transformationsraum translatiert und 15 Grad um die x-Achse gedreht, so dass Folgendes erhalten wird:

$$XZ = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos 15° & -\sin 15° \\ 0 & \sin 15° & \cos 15° \end{pmatrix} \times V0,$$

wobei V0 die Entfernung von den Punkten, die durch V1 definiert sind, zu dem Punkt, wo die optische Achse die Ebene des geformten Bildmodulators schneidet, ist. XZ ist dann eine Gruppierung von Punkten im dreidimensionalen Raum, die alle y = 0 haben, und die x- und z-Koordinaten stellen die Stelle der Randpunktkoordinaten des geformten Bildmodulators in der Ebene des Bildmodulator dar, wobei der Punkt x = 0, z = 0 als der Punkt definiert ist, an dem die optische Achse die Ebene schneidet.

[0110] Die resultierende berechnete Form des Bildmodulators zum Erzeugen eines geradlinigen Bildes auf dem Projektionsschirm – vor dem Hintergrund der erwarteten Objektivverzerrung und der Trapez- und der anamorphen Verzerrung, die durch die außeraxiale Projektion erzeugt werden – entspricht **872**, wie in Fig. 24 gezeigt. Für eine Systemvergrößerung von 88,3-fach hat der geformte Bildmodulator eine untere Breite von ungefähr 13,8 mm und einer oberen Breite von ungefähr 10,4 mm. Des Weiteren korreliert die Bildmodulatormitte mit einer Position ungefähr 5,2 mm von der Mitte der Untergrenze, und die Gesamthöhe des Bildmodulators **872** beträgt ungefähr 8,1 mm. Die Auswärtskrümmung der Bildmodulatorgrenze ist der einwärts gekrümmten Grenze eines projizierten Bildes mit kissenförmiger Verzerrung entgegengesetzt.

[0111] Beim Formen des Bildmodulators dürfte klar sein, dass ein Bildmodulator zum Beispiel aus mehreren Zeilen von Elementen bestehen kann, die Bildpixel erzeugen oder darstellen. Diese mehreren Pixelzeilen können mit einer gleichen Anzahl von Pixeln in jeder Zeile angeordnet sein. Auf diese Weise sind die Bildinformationen je Zeile die gleichen. Beim Konstruieren der Geometrie des geformten Bildmodulators kann der Abstand zwischen den Pixeln in jeder Zeile so modifiziert werden, dass eine gewünschte Bildmodulatorform erreicht wird. Zum Beispiel können, wobei wir uns Fig. 24 ansehen, die Pixel in den oberen Zeilen von Abschnitt **876** näher beieinander liegen als die Pixel in den unteren Zeilen von Abschnitt **876**. Auf diese Weise kann sich der Abstand zwischen Pixeln in jeder betreffenden Zeile von dem Abstand zwischen Pixeln in einer anderen Zeile unterscheiden. Der resultierende geformte Bildmodulator kann ein geformtes Bild mit gleichen Pixelinformationen je Zeile erzeugen, wobei die Eingangsauflösung beibehalten wird. Es ist anzumerken, dass gewünschtenfalls auch andere Element- oder Pixeldichten und/oder -anordnungen verwendet werden können, um den geformten Bildmodulator der vorliegenden Erfindung zu erreichen. Des Weiteren versteht der Fachmann, dass diese Geometrie des geformten Bildmodulators mit variablem Pixelabstand auf verschiedene Arten von Bildmodulatoren Anwendung finden kann, zum Beispiel durchlässige oder reflektierende LCD-Bildmodulatoren, oder reflektierende DMD-Bildmodulatoren.

[0112] Bei der Verwendung eines geformten Bildmodulators **832** zum Vorverzerren des projizierten Bildes kann das Beleuchtungssystem dafür ausgelegt sein, das gesamte Licht in einen einzigartigen Strahl zu konzentrieren, der an die Geometrie des Bildmodulators **832** angepasst ist. Das Bild wird dann auf das Projektionsobjektiv fokussiert und dann auf einen Schirm projiziert. Dank seiner Form kann der Bildmodulator **832** auf diese Weise ein geradliniges, korrigiertes Schirmbild **836** ohne die Notwendigkeit einer elektronischen Skalierung erzeugen.

[0113] Des Weiteren kann der Bildmodulator **832** im Hinblick auf die Bildauflösung so konstruiert sein, dass eine vollständige Bildauflösung erreicht wird. Zum Beispiel können im Fall eines DMD-Bauelements die einzelnen Spiegelelemente so bemessen sein, dass sich in jeder Zeile des verzerrungskorrigierenden Bildmodulators **832** die gleiche Anzahl von Elementen befindet. Dadurch ist es möglich, dass das vorverzerrte Bild die vollständigen Bildinformationen ohne Verschlechterung mit sich führt. Oder anders ausgedrückt: Durch das Formen des verzerrungskorrigierenden Bildmodulators **832** wird es möglich, das optische System mit dem Bildmodulator zu koppeln, der so geformt ist, dass er das Erfüllen der Anforderungen an eine getreue Auflösung (d. h. XGA, SXGA, HDTV usw.) des Projektionssystems unterstützt. Die Fähigkeit, ein vollständig verarbeitetes Bild mit einem Auflicht-Projektionssystem ohne die Notwendigkeit einer extremen elektronischen Neuskalierung zu projizieren, ist vorteilhaft und einzigartig.

[0114] Fig. 7 veranschaulicht eine weitere beispielhafte Ausführungsform **200** der vorliegenden Erfindung. Diese Ausführungsform **200** ähnelt in einigen Aspekten der in Fig. 6 gezeigten Ausführungsform **100**. Mit Bezug auf die Fig. 6 und Fig. 7 bezeichnen die gleichen letzten zwei Ziffern in den Bezugszahlen ähnliche Elemente in allen beispielhaften Ausführungsformen. Um die Lichtmaschine noch weiter zu verkleinern und die Größe und das Gewicht des Projektorkopfes **206** und des Arms **208** zu verringern, können die Lampe **232** und der Lüfter **230** in der Scharniereinheit **210** oder im Rahmen **204** untergebracht werden. Stromversorgung und elektronische Komponenten **218** können im Inneren des Rahmens **204** und hinter dem Schirm **202** angeordnet werden. Ein sequenzielles Farbrad **238**, ein Projektionsobjektiv **240** und eine Kondensationsoptik **236**, die einen Kondensationsspiegel **239** enthält, können in dem Projektorkopf **206** verbleiben. Ein flexibler Beleuchtungswellenleiter **242** kann durch den Projektionsarm **208** hindurchgeführt werden und koppelt die Beleuchtung von der Lampe oder Lichtquelle **232** in die Kondensationsoptik **236** ein. Die Lampe **232** fokussiert Licht in eine Eintrittsöffnung **246** des Beleuchtungswellenleiters **242**. Das Licht kann durch den Beleuchtungswellenleiter **242** bis zu einer Austrittsöffnung **245** übertragen werden, wo das Licht dann durch das Farbrad **138** zu der Kondensationsoptik **236** und **239** gerichtet werden kann. In der vorliegenden Ausführungsform kann der Beleuchtungswellenleiter **242** eine optische Kunststofffaser mit massivem großem Kern sein, wie zum Beispiel der Spotlight-Typ LF90FB von Sumitomo 3M Company, Ltd., Japan, oder der Stay-Flex-Typ SEL 400 von Lumenyte International Corp. aus Irvine, Kalifornien.

[0115] Die Kühlung in dem System **200** kann in einer umgekehrten Richtung im Vergleich zum System **100** ausgeführt werden. Der Kühlmechanismus oder Lüfter **230** zieht Luft von dem Lufteinlass **226**, der sich in dem Projektionskopf **206** befindet, und trägt Luft durch den Luftauslass **227**, der sich an der Scharniereinheit **210** befindet, aus.

[0116] Fig. 8 veranschaulicht eine dritte beispielhafte Ausführungsform eines Projektionssystems **300** gemäß der vorliegenden Erfindung. Das Projektionssystem **300** enthält einen Projektionskopf **306**, der in der Mitte der Reichweite eines Schwenkarms **308** montiert ist. Der Projektionskopf **306** ähnelt im Wesentlichen dem Projektionskopf **106** in System **100**. Das Bild, das durch ein Projektionsobjektiv **340** des Projektionskopfes **306** projiziert wird, kann von einem Spiegel oder einer reflektierenden Fläche **346** auf einen Schirm **302** zurückgeworfen werden. Die Anordnung des optischen Systems **300** gestattet eine höhere Projektionsentfernung und Vergrößerung bei gleicher Armlänge oder die gleiche Projektionsentfernung und Vergrößerung mit einem kürzeren Schwenkarm.

[0117] Fig. 9 veranschaulicht eine vierte beispielhafte Ausführungsform eines Projektionssystems **400** gemäß der vorliegenden Erfindung mit einem Schirm **402**, einem Rahmen **404**, einem Projektionskopf **406** und einem Arm **408**. Der Projektionskopf **406** des Projektionssystems **400** enthält eine Lampe **432**, die optisch auf ein durchlässiges Farbrad **438** und eine Kondensationsoptik **436** ausgerichtet ist. Nach dem Passieren des Farbrades **438** und der Kondensationsoptik **436** wird ein Lichtstrahl auf einen reflektierenden Bildmodulator **434** fokussiert, der seinerseits den Lichtstrahl zu einem Retrofokus-Projektionsobjektiv **440** richtet. Das Projektorsystem **400** enthält eine modulare Stromversorgungs- und Systemelektronik **418** und eine separate modulare Ansteuerplatine **448** für den Bildmodulator **434**.

[0118] Fig. 10 veranschaulicht eine fünfte beispielhafte Ausführungsform eines Projektionssystems **500** ge-

mäß der vorliegenden Erfindung. In dem Projektionssystem **500** kann die Stromversorgungselektronik **519** im Inneren eines Rahmens **504** positioniert sein. Ein Scharnier **510** koppelt einen Arm **508**, der einen Projektorkopf **506** hält, an den Rahmen **504**. Elektronische Steuerplatinen **550** können in dem Arm **508** angeordnet sein. Der Projektionskopf **506** enthält eine Lampeneinheit **532**, einen Polarisator **535**, eine Optik **536**, einen durchlässigen LCD-Bildmodulator **534** und ein Projektionsobjektiv **540**, die alle in einem geraden optischen Pfad ausgerichtet sind. Ein Lüfter **530** sorgt für Lüftung. Wie in Fig. 11 veranschaulicht, kann der Arm **508** um etwa ±90° zum Aufbewahren auf die rechte oder die linke Seite gedreht werden.

[0119] Die Fig. 12 und Fig. 13 veranschaulichen die Vielseitigkeit des Projektionssystems der vorliegenden Erfindung. Fig. 12 veranschaulicht ein digitales Whiteboard-System **601**, das ein Projektionssystem **600** gemäß der vorliegenden Erfindung und ein Eingabegerät, wie zum Beispiel einen Grafikstift, **653** enthält. Das Projektionssystem **600** enthält eine integrierte Elektronik für ein Anmerkungssystem **652** sowie LTV, K-Laser oder sonstige Arten von Sensoren **654**. Die Sensoren **654** können so kalibriert sein, dass sie die Bewegung des Grafikstiftes **653** auf der Oberfläche des Schirms verfolgen. Der Grafikstift **653** kann gleichermaßen Sender und/oder Sensoren enthalten, um die Verfolgung zu unterstützen und um Zeitsteuerungs- oder Steuersignale mit einer Elektronik **652** zu koordinieren. Der Schirm **602** kann beschichtet sein, damit er als eine abwischbare weiße Tafel verwendet werden kann. Die integrierte Elektronik **652** kann eine CPU enthalten.

[0120] Fig. 13 veranschaulicht ein Videokonferenz- und/oder Datenkonferenzsystem **701**, das ein Projektionssystem **700** gemäß der vorliegenden Erfindung enthält. Eine Kamera **756**, wie zum Beispiel eine CMOS- oder CCD-Kamera, kann an dem Projektionskopf **706** oder an dem Rahmen **704** montiert sein. Die Kamera **756** kann schwenken, um einen Präsentator zu erfassen oder um Dokumente zu erfassen, die sich auf dem Schirm **702** befinden. Alternativ können zusätzliche Kameras auf den Präsentator und auf den Schirm gerichtet sein. Auch hier kann der Schirm beschichtet sein, um als abwischbare weiße Tafel verwendet werden zu können. Die Kamera **756** kann direkt mit einer CPU **758** gekoppelt sein, die integral in dem Rahmen **704** angeordnet ist. Ein Mikrofon **760** kann ebenfalls in dem Rahmen **704** angeordnet sein. Zusätzliche Elektronikmodule, wie zum Beispiel eine Abstimmvorrichtung, eine Netzwerkkarte, eine Soundkarte, eine Videokarte, Kommunikationsvorrichtungen und andere, können in dem Rahmen **704** angeordnet sein.

[0121] Dem Fachmann ist ohne Weiteres klar, dass Elemente der vorliegenden Erfindung, separat oder in einem einzigen System, kombiniert werden können, um Videokonferenzen, Datenkonferenzen und elektronische Whiteboard-Funktionen sowie jegliche weitere Funktion zu erfüllen, wo ein leichtes und kompaktes Anzeigesystem von Nutzen sein kann.

[0122] Da das System der vorliegenden Erfindung dafür ausgelegt ist, das Projektionsbild an der vorgegeben Projektionsposition zu optimieren, brauchen keine Einrichtungsjustierungen an der Optik, der Mechanik oder der Elektronik vorgenommen zu werden, und es wird eine gleichbleibend optimale Auflichtleistung auf dem Schirm angeboten. Die integrale Struktur des Systems **100** gestattet eine einfachere Aufbewahrung und Transportfähigkeit und vermeidet Verkabelungen und Positionierungen, wie es beim Gebrauch herkömmlicher Projektoren üblich ist.

[0123] Dem Fachmann ist klar, dass die vorliegende Erfindung mit einer Vielzahl verschiedener optischer Komponenten verwendet werden kann. Obgleich die vorliegende Erfindung anhand beispielhafter bevorzugter Ausführungsformen beschrieben wurde, kann die Erfindung auch in anderen konkreten Formen verkörpert sein, ohne dass der Geltungsbereich der Erfindung verlassen wird. Dementsprechend versteht es sich, dass die Ausführungsformen, die im vorliegenden Text beschrieben und veranschaulicht sind, lediglich beispielhaft sind und nicht so verstanden werden dürfen, als würden sie den Geltungsbereich der vorliegenden Erfindung einschränken.

Schlüssel zu den Figuren

Fig. 6

Flow = Strömung

Fig. 13

Data = Daten
Microphone = Mikrofon
Document Camera = Dokumentenkamera

RGB Direct or HUB = RGB direkt oder Hub
Power Cable = Stromkabel
Presenters HUB = Hub des Präsentators

Fig. 20A

Schirm mit unverzerrtem Bild
Axiales System

Fig. 20B

Schirm mit verzerrtem Bild
Außeraxiales System

Fig. 20C

Verzerrungsfreies Schirmbild
Außeraxiales System mit Korrektur

Fig. 21

Kissenverzerrung + Trapezverzerrung + Anamorphe Verzerrung/Kombinierte Verzerrung

Fig. 23

Bezugszeichenliste

830 Unmodifiziertes Bild
832 Korrekturkomponente des geformten Bildmodulators
834 Optik mit inhärenter Verzerrung
836 Korrigiertes Schirmbild

Fig. 24:

Geformter Bildumriss

Fig. 25A + Fig. 25B

Ebene des Bildmodulators/Schirmebene

Patentansprüche

1. Auflicht-Bildprojektionsvorrichtung mit:
Projektionskomponenten, die dafür geeignet sind, ein eingegebenes Bild auf einen Projektionsschirm zu projizieren, um ein Schirmbild zu erzeugen, wobei die Projektionskomponenten eine optische und geometrische Verzerrung in dem Schirm mit Bezug auf das eingegebene Bild erzeugen;
Beleuchtungskomponenten, die mit den Projektionskomponenten gekoppelt sind; und
Bilderzeugungskomponenten, die dafür geeignet sind, das eingegebene Bild zu erzeugen, wobei die Bilderzeugungskomponenten eine planare geformte Bildmodulatorkomponente (**832**) aufweisen, die mehrere Pixelzeilen in der Bildmodulatorebene aufweist, wobei die Anzahl der Pixel je Zeile die gleiche ist und wobei der Abstand zwischen benachbarten Pixeln innerhalb einer jeweiligen Zeile für verschiedene Pixelzeilen verschieden ist.

2. Auflicht-Bildprojektionsvorrichtung nach Anspruch 1, wobei ein Projektionsschirm (**102**) mit der Projektionsvorrichtung gekoppelt und in der Projektionsvorrichtung integriert ist.

3. Auflicht-Bildprojektionsvorrichtung nach Anspruch 2, wobei die Projektionskomponenten eine außeraxiale Optik aufweisen und wobei ein Verhältnis von Projektionsentfernung zu Schirmdiagonale maximal 1 beträgt.

4. Auflicht-Bildprojektionsvorrichtung nach Anspruch 1, wobei die geformte Bildmodulatorkomponente (**832**) eine geometrische Form aufweist, die dafür konfiguriert ist, die optische und geometrische Verzerrung der Projektionskomponenten zu kompensieren, wobei die geometrische Form eine gekrümmte Oberseite, eine gekrümmte Unterseite und gekrümmte Seiten aufweist.

5. Integriertes Auflicht-Bildprojektionssystem (**100**), mit:
einem Auflicht-Projektionsschirm (**102**);
einem beweglichen Arm (**108**), der mit dem Auflicht-Projektionsschirm (**102**) gekoppelt ist, wobei der Arm eine Aufbewahrungsposition und eine Projektionsposition aufweist;
einem Auflicht-Projektionskopf (**106**), der mit dem Arm auf der von dem Auflicht-Projektionsschirm (**102**) entfernten Seite gekoppelt ist; und
der Auflicht-Bildprojektionsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4.

6. Verfahren zum Projizieren eines korrigierten Schirmbildes mit einer Auflicht-Projektionsvorrichtung, umfassend:
Bereitstellen einer Auflicht-Projektionsvorrichtung, die dafür konfiguriert ist, ein eingegebenes Bild auf einen Projektionsschirm zu projizieren, wodurch ein Schirmbild angezeigt wird; und
Kompensieren einer Verzerrung in dem Schirmbild, die durch Komponenten der Auflicht-Projektionsvorrichtung verursacht wird, mindestens teilweise durch Verwenden einer planaren geformten Bildmodulatorkomponente, die mehrere Pixelzeilen in der Bildmodulatorebene aufweist, wobei die Anzahl der Pixel je Zeile die gleiche ist und wobei der Abstand zwischen benachbarten Pixeln innerhalb einer jeweiligen Zeile für verschiedene Pixelzeilen verschieden ist.

7. Verfahren nach Anspruch 6, das ferner aufweist, das eingegebene Bild mit der Auflicht-Projektionsvorrichtung so zu projizieren, dass ein Schirmbild entsteht, dessen Verzerrung durch den geformten Bildmodulator korrigiert wurde.

8. Verfahren nach Anspruch 7, wobei das Projizieren unter Verwendung von Projektionskomponenten bewerkstelligt wird, die eine außeraxiale Optik aufweisen, und wobei ein Verhältnis von Projektionsentfernung zu Schirmdiagonale maximal 1 beträgt.

9. Verfahren nach Anspruch 7, wobei die Verzerrung eine optische und eine geometrische Verzerrung in dem Schirmbild mit Bezug auf das eingegebene Bild ist.

10. Bildmodulator für ein Projektionssystem, der eine planare geformte Bildmodulatorkomponente (**832**) aufweist, die mehrere Pixelzeilen in der Bildmodulatorebene aufweist, wobei die Anzahl der Pixel je Zeile die gleiche ist und wobei der Abstand zwischen benachbarten Pixeln innerhalb einer jeweiligen Zeile für verschiedene Pixelzeilen verschieden ist.

11. Bildmodulator nach Anspruch 10, wobei die geformte Bildmodulatorkomponente physisch mit einer gekrümmten Oberseite, einer gekrümmten Unterseite und gekrümmten Seiten konfiguriert ist, um ein eingegebenes Bild vorzuverzerren, um mindestens teilweise eine erwartete Verzerrung eines projizierten Bildes zu kompensieren.

12. Verfahren zum Bestimmen einer physischen Konfiguration für einen geformten Bildmodulator eines Projektionssystems zum Bereitstellen einer Verzerrungskorrektur in einem projizierten Bild, wobei das Verfahren aufweist:
Bestimmen optischer Projektionsparameter für das Projektionssystem, einschließlich Projektionswinkel und Projektionsentfernungsverhältnis;
Ausführen einer Strahldurchrechnung des Projektionssystems zum Bestimmen einer Verzerrung in einem projizierten Bild; und
Verwenden der Strahldurchrechnung zum physischen Konfigurieren des planaren geformten Bildmodulators nach Anspruch 10 oder 11, um mindestens teilweise die Verzerrung des projizierten Bildes zu korrigieren.

13. Verfahren nach Anspruch 12, wobei der Ausführungsschritt aufweist, das Projektionssystem zu modellieren, um die Strahldurchrechnung auszuführen.

14. Verfahren nach Anspruch 12, wobei der Ausführungsschritt aufweist, eine tatsächliche Strahldurchrechnung durch das Projektionssystem auszuführen.

Es folgen 23 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

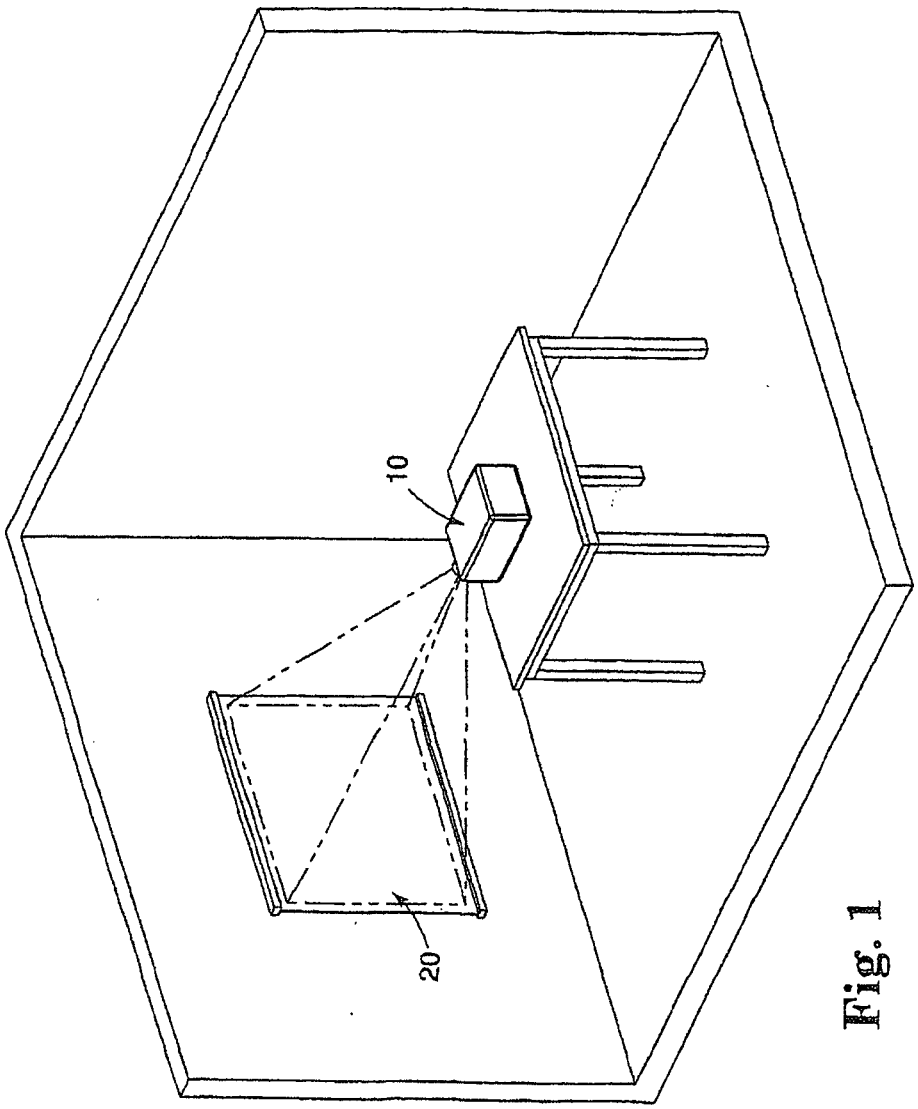


Fig. 1

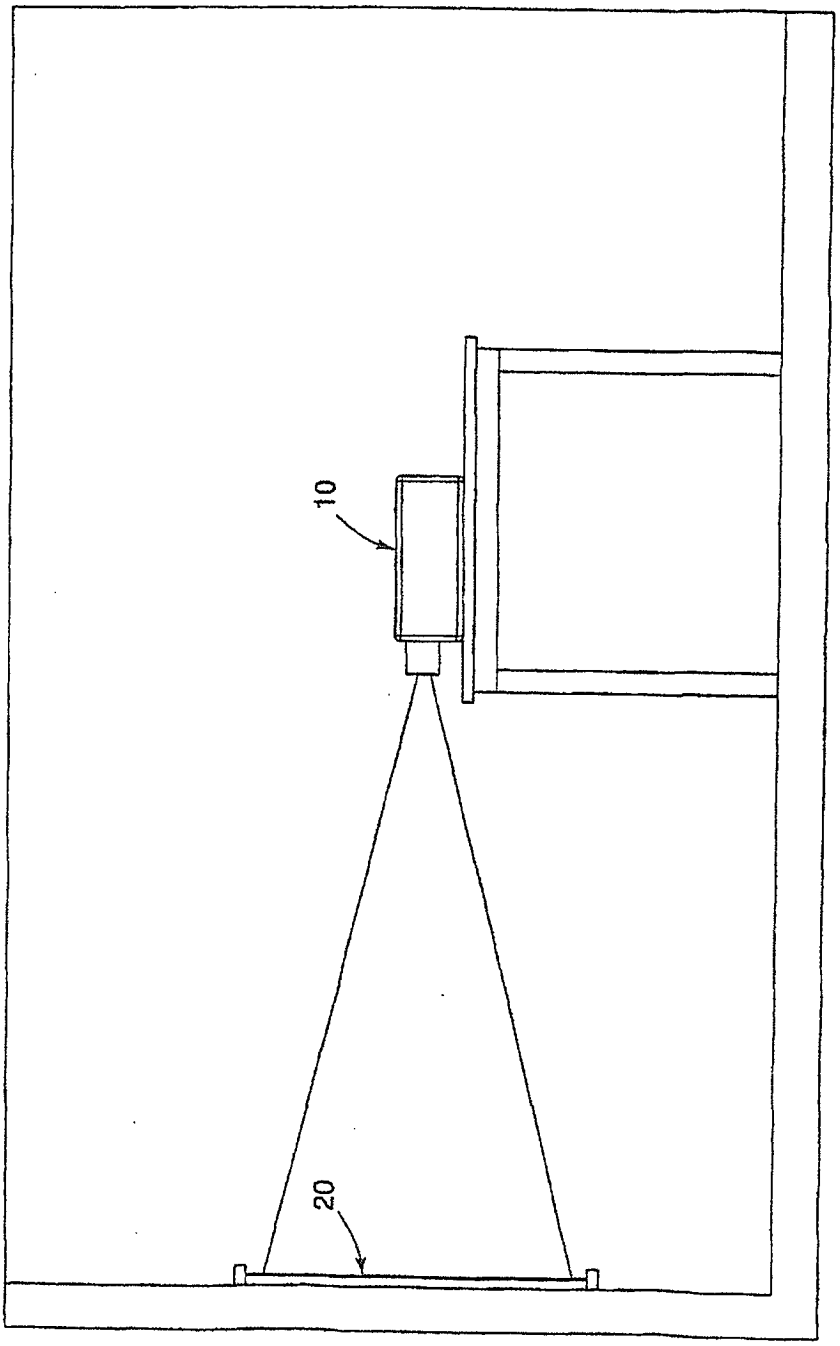


Fig. 2

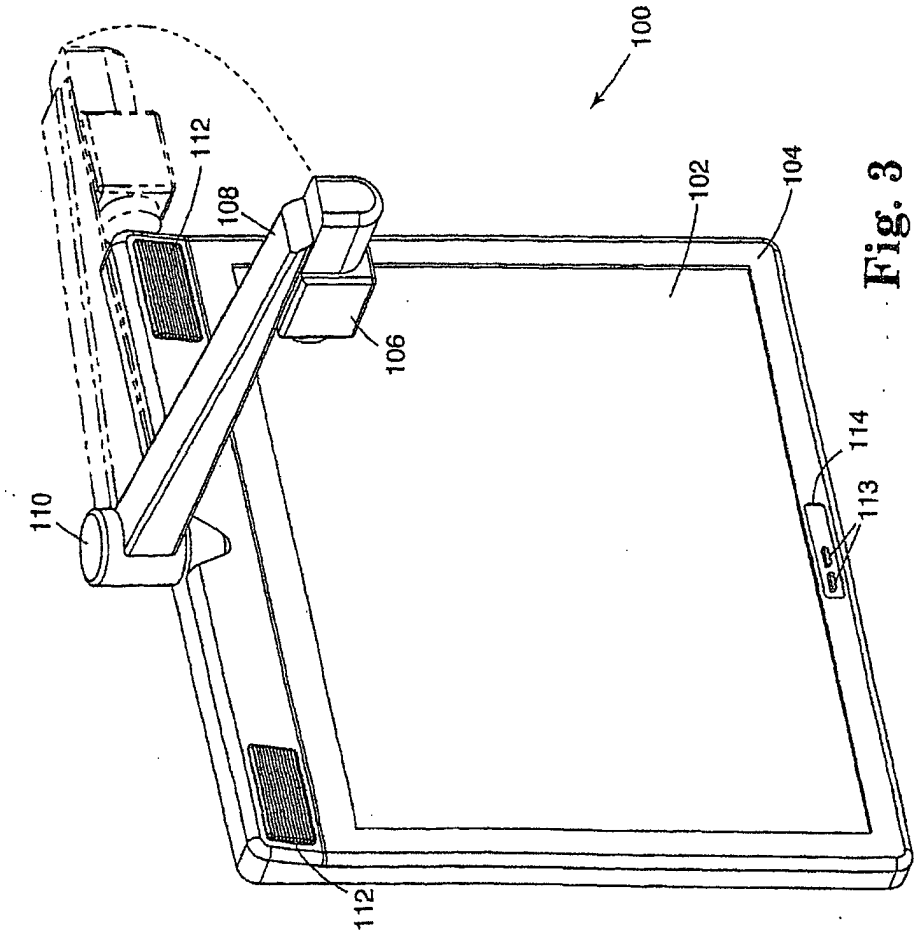


Fig. 3

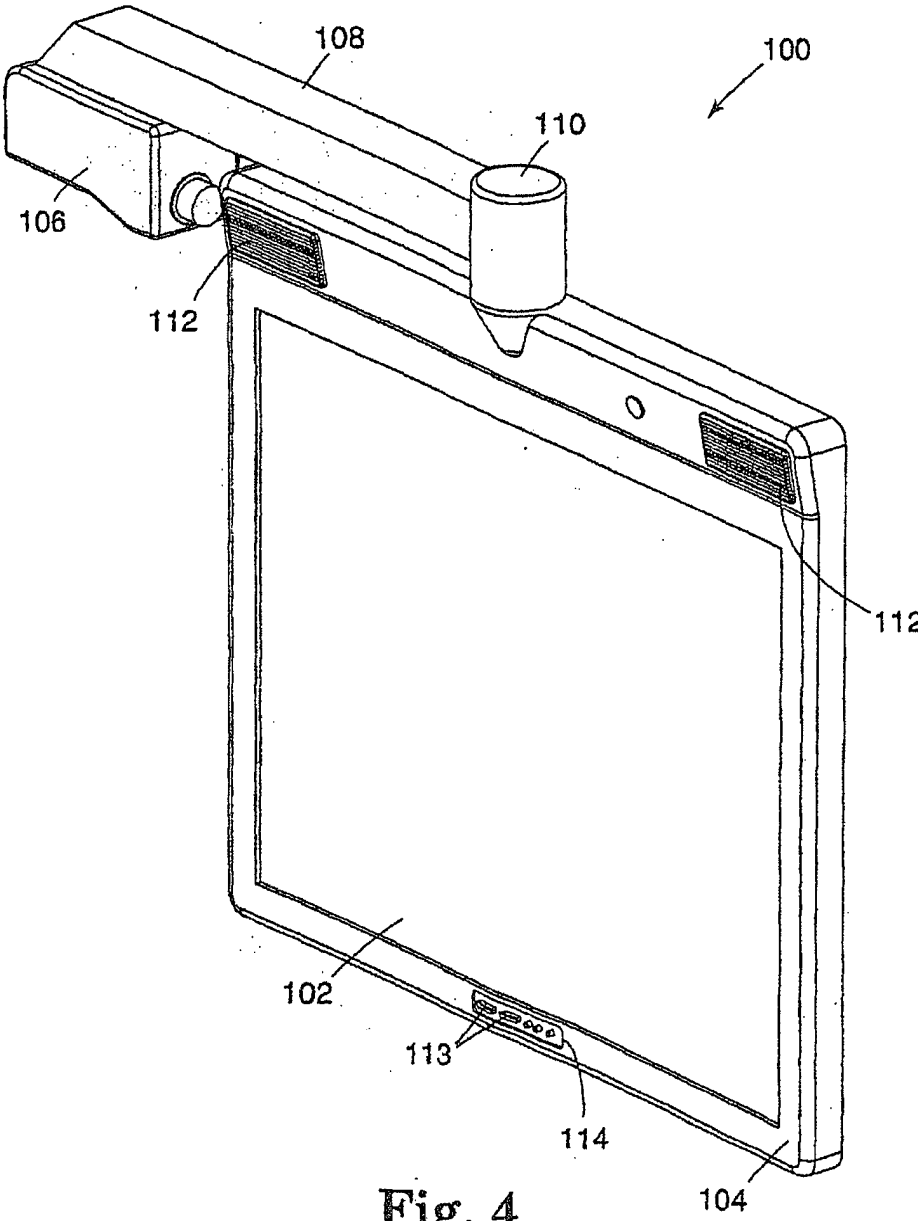


Fig. 4

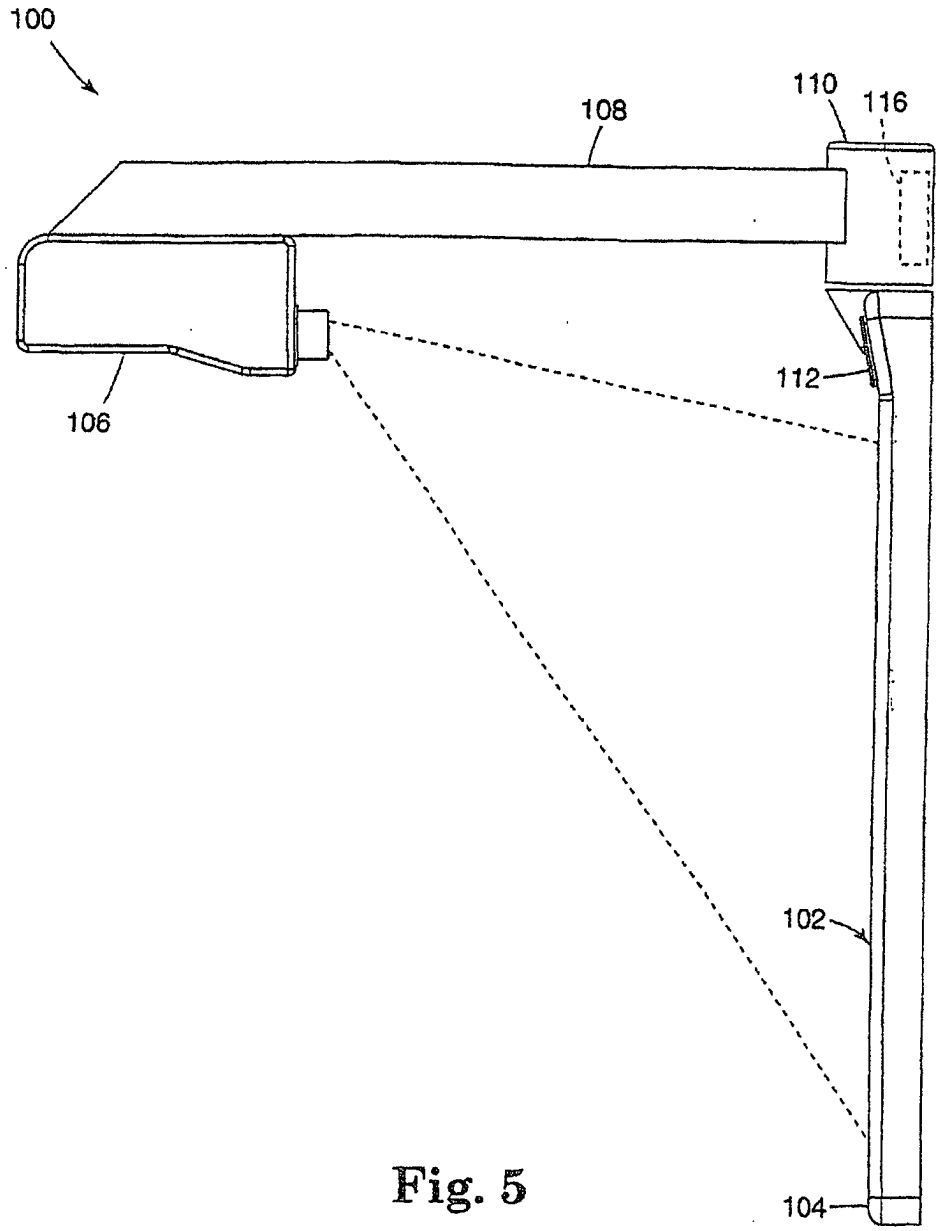


Fig. 5

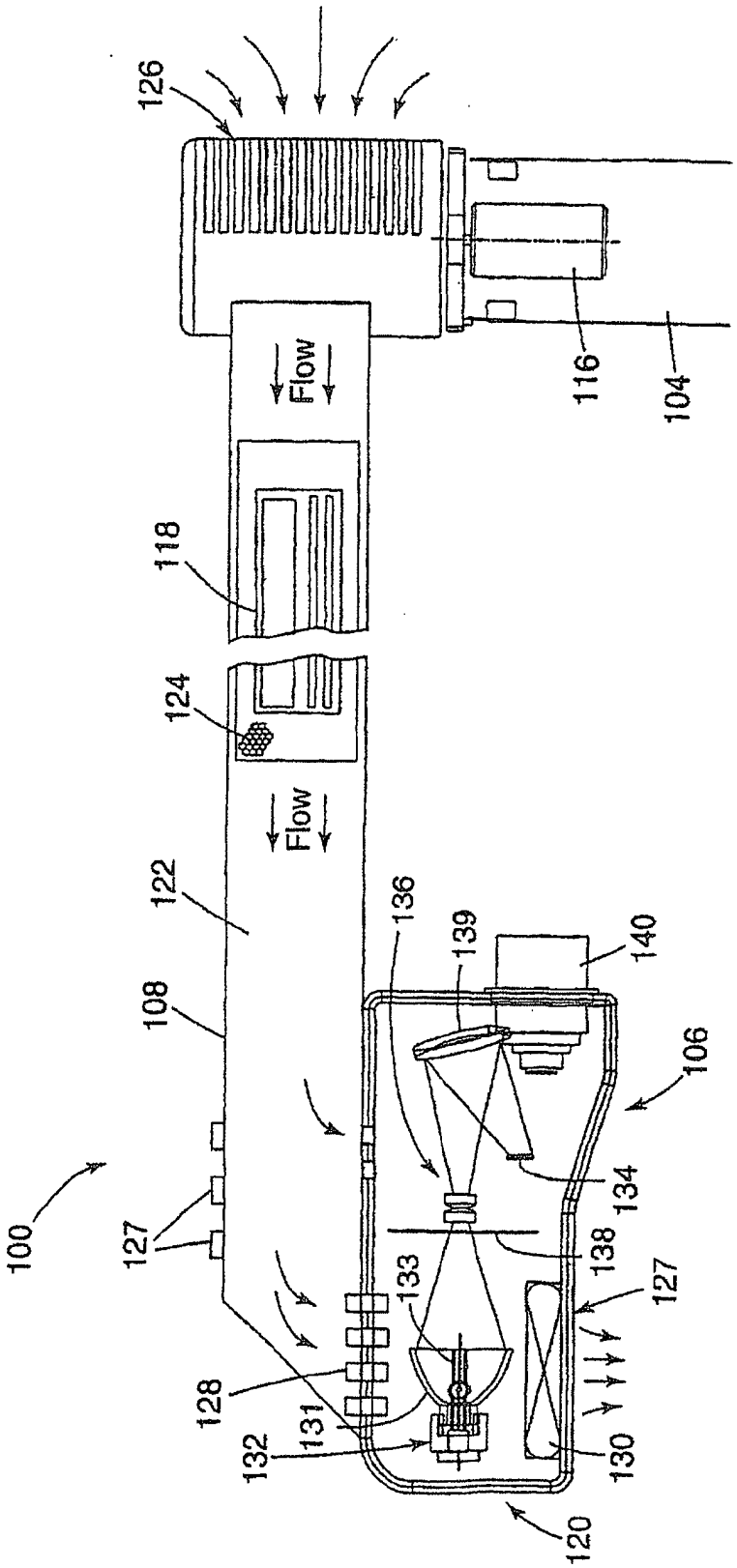

126
116
104
Flow
118
124
Flow
122
136
139
140
108
106
100
127
134
138
133
127
128
131
132
130
120

Fig. 6

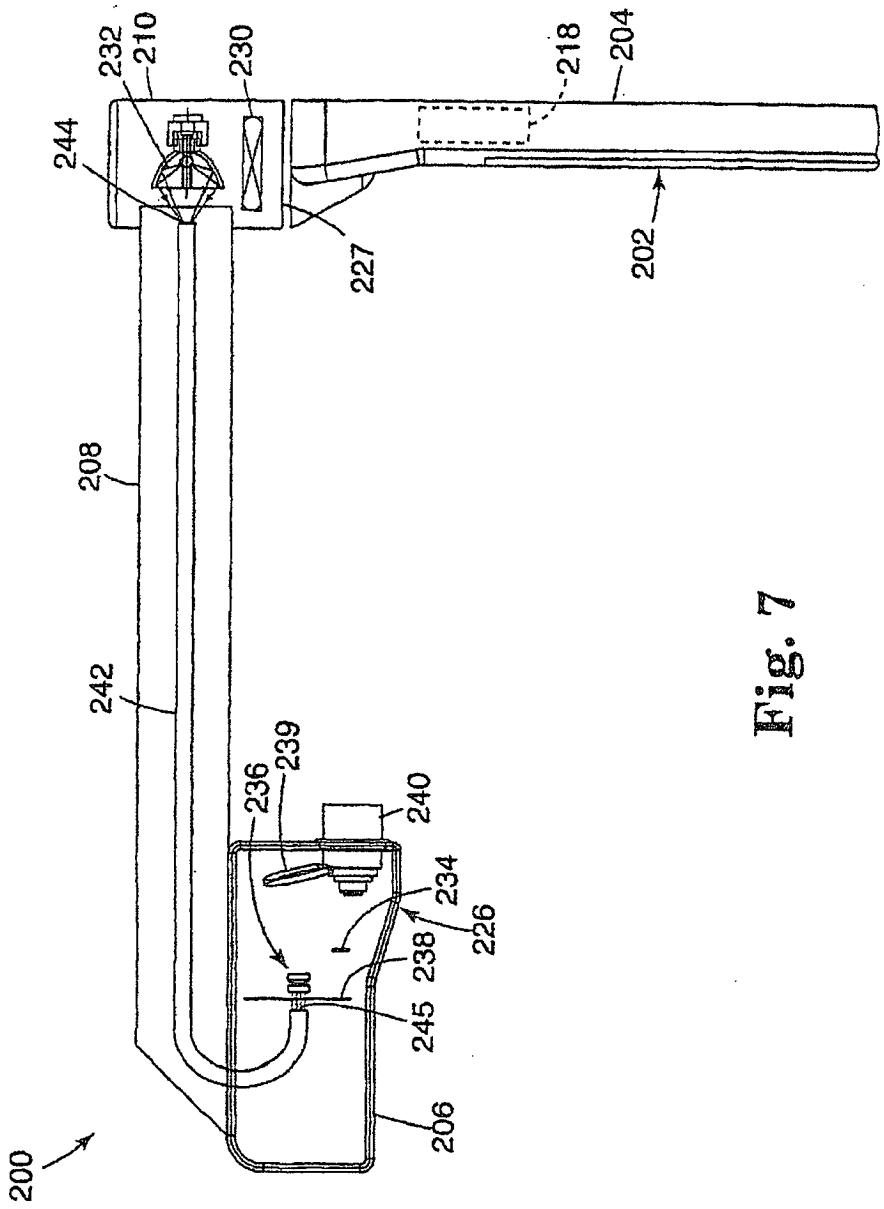

232
210
230
218
204
244
227
202
208
242
239
236
240
234
226
238
245
206
200

Fig. 7

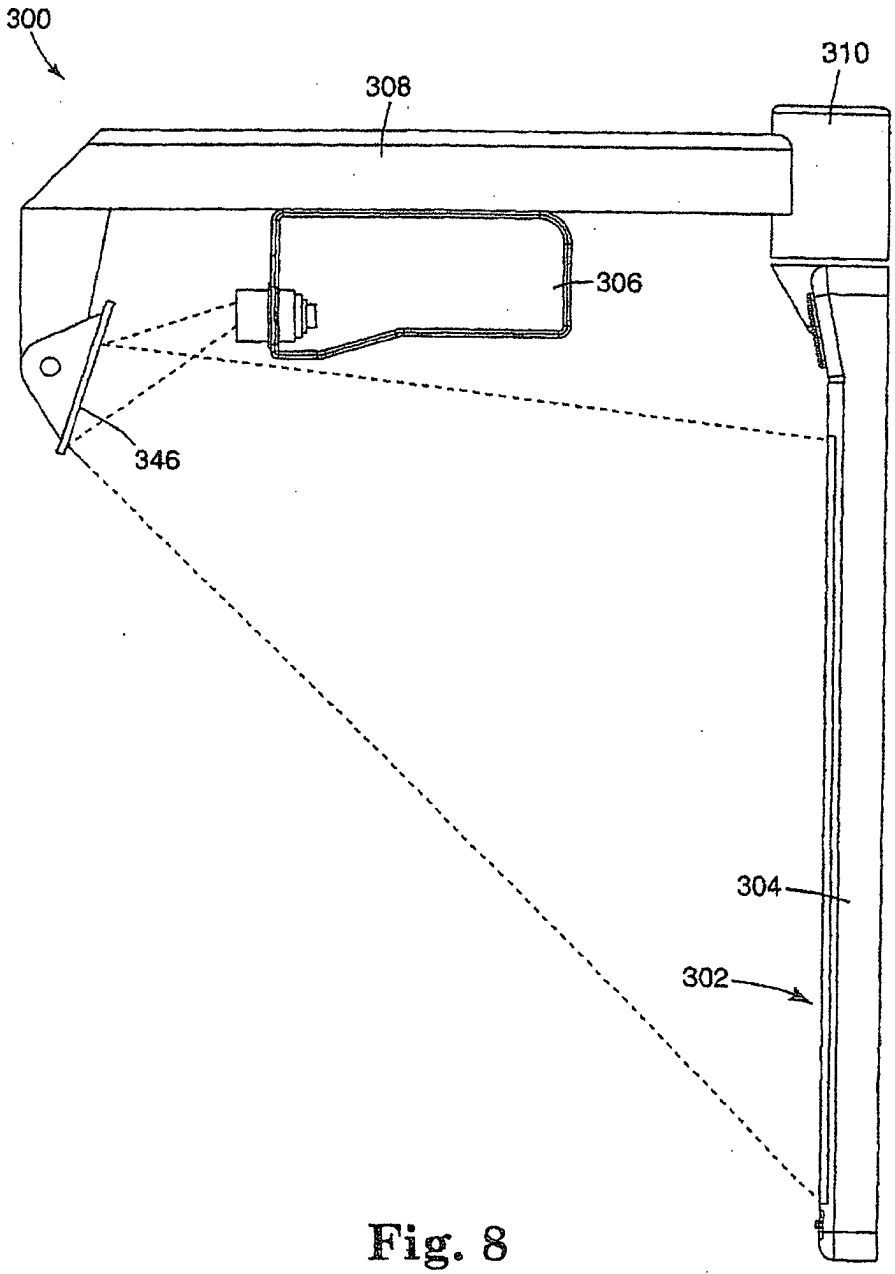


Fig. 8

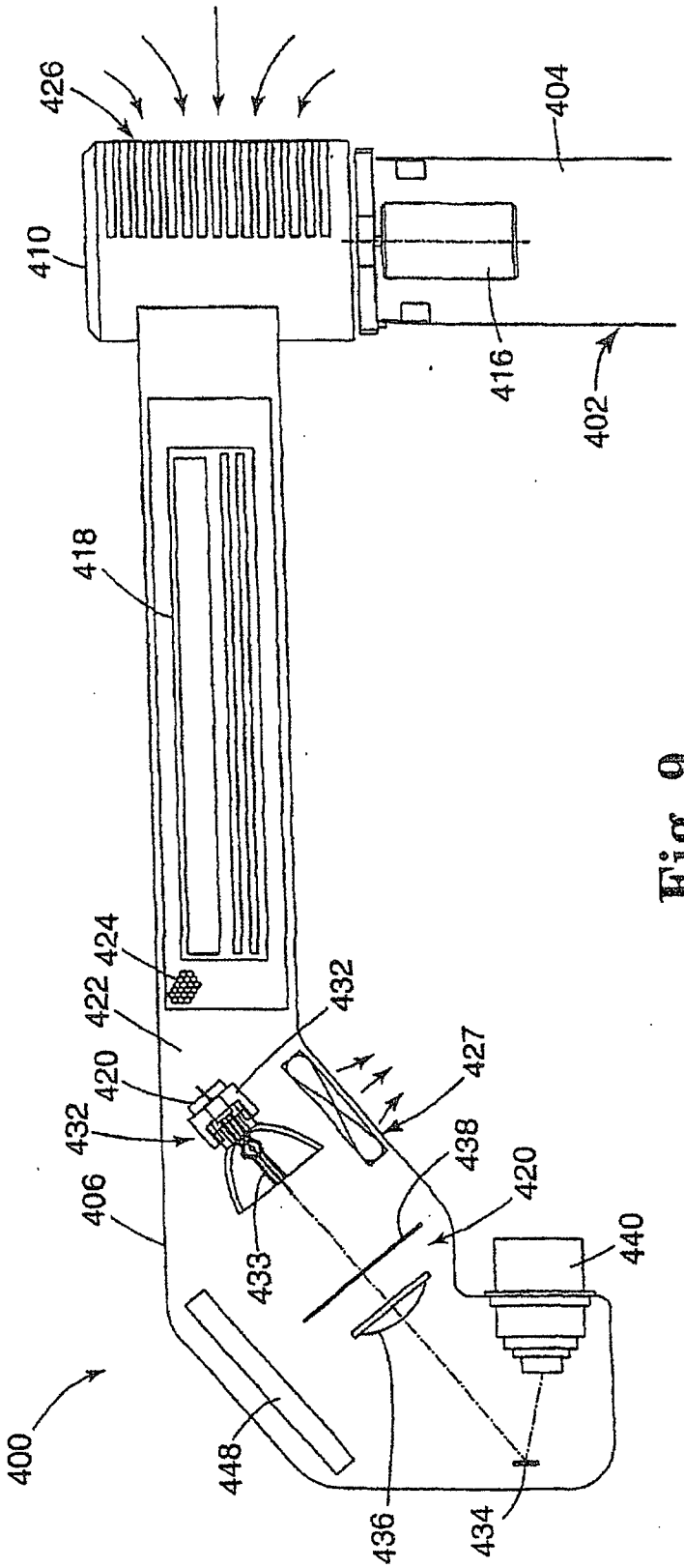

426
404
410
416
402
418
424
422
432
427
420
432
438
420
406
440
433
400
448
436
434

Fig. 9

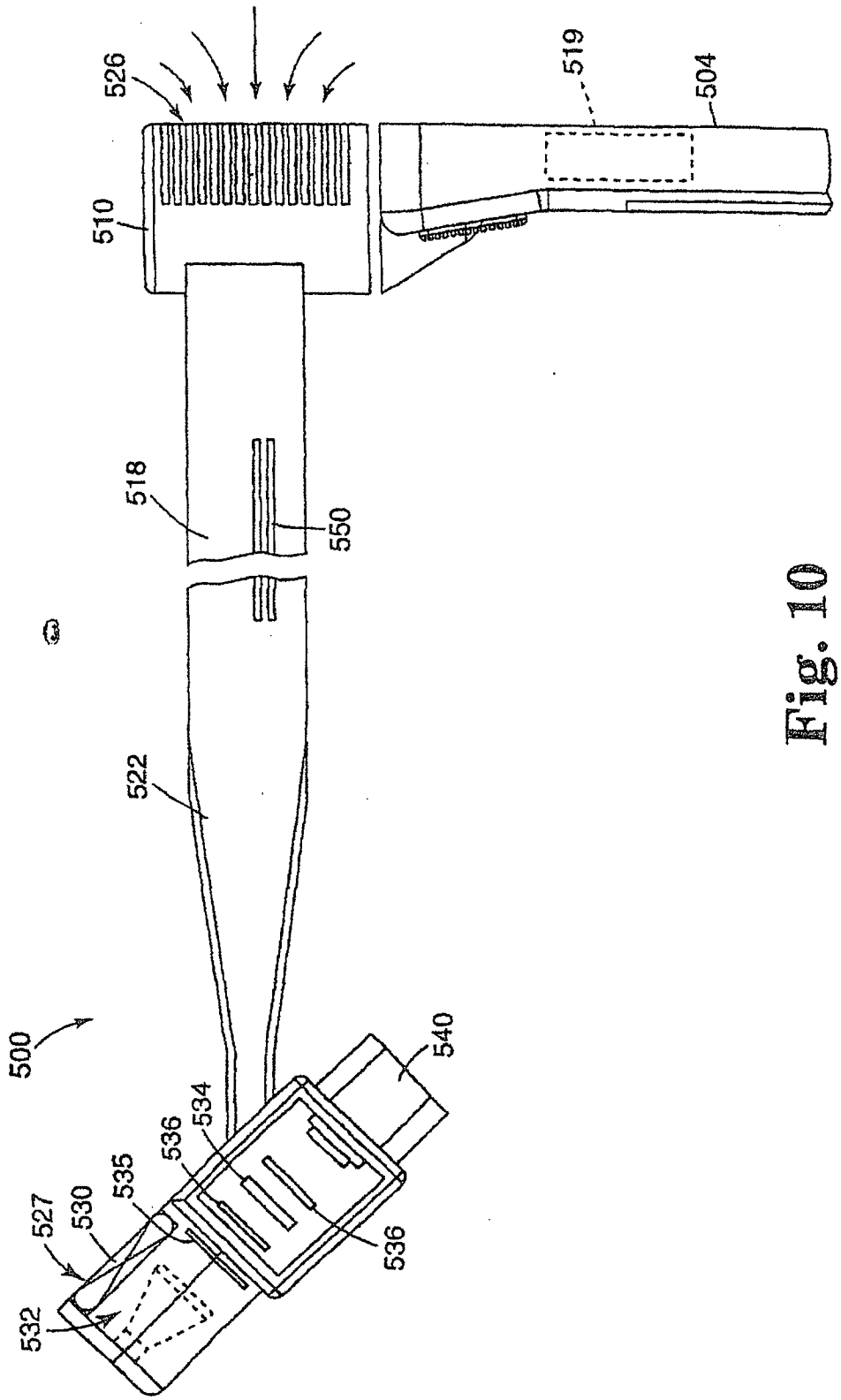


Fig. 10

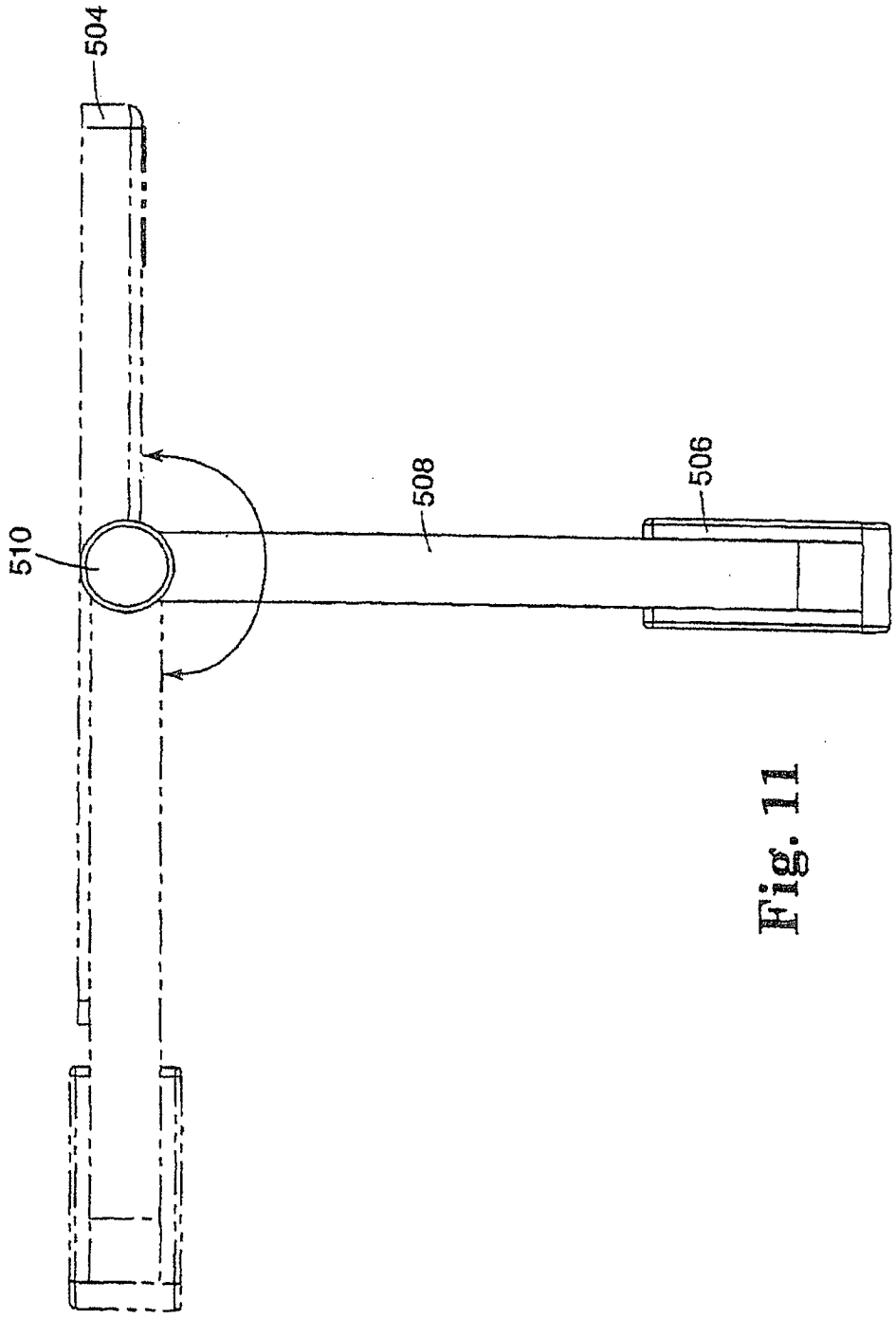


Fig. 11

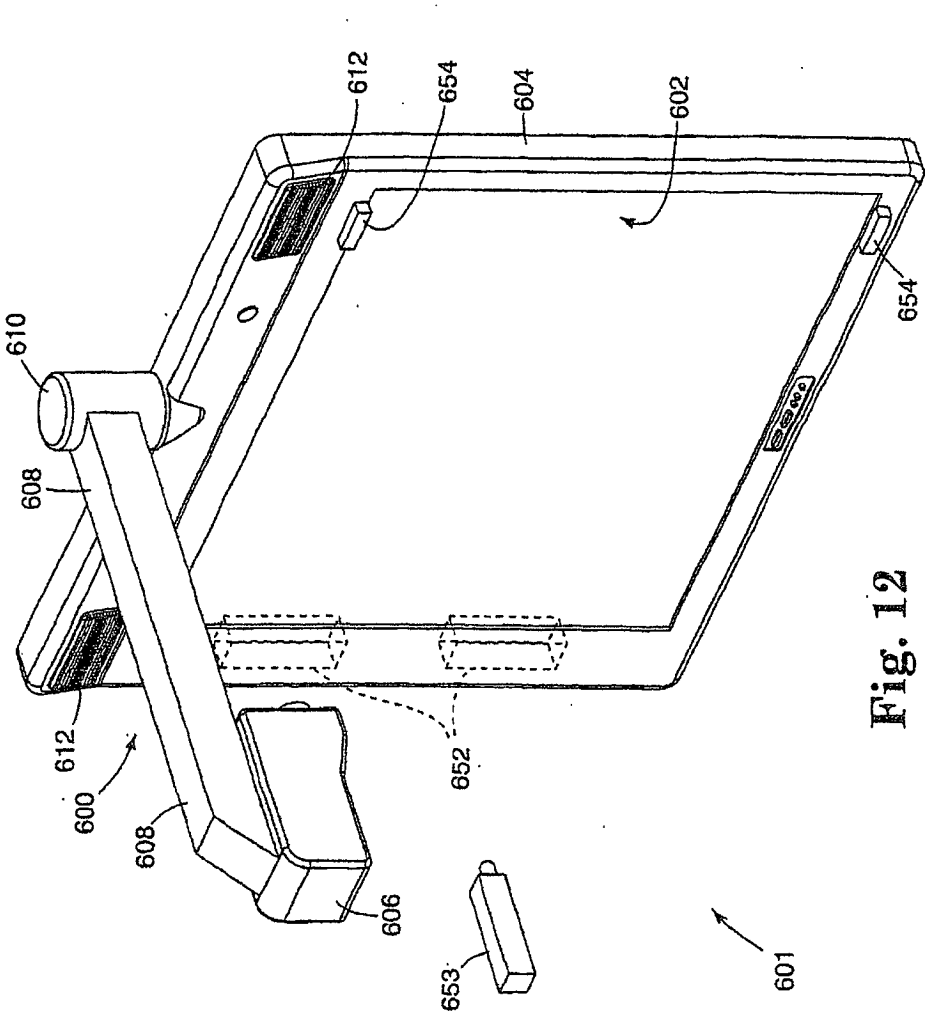


Fig. 12

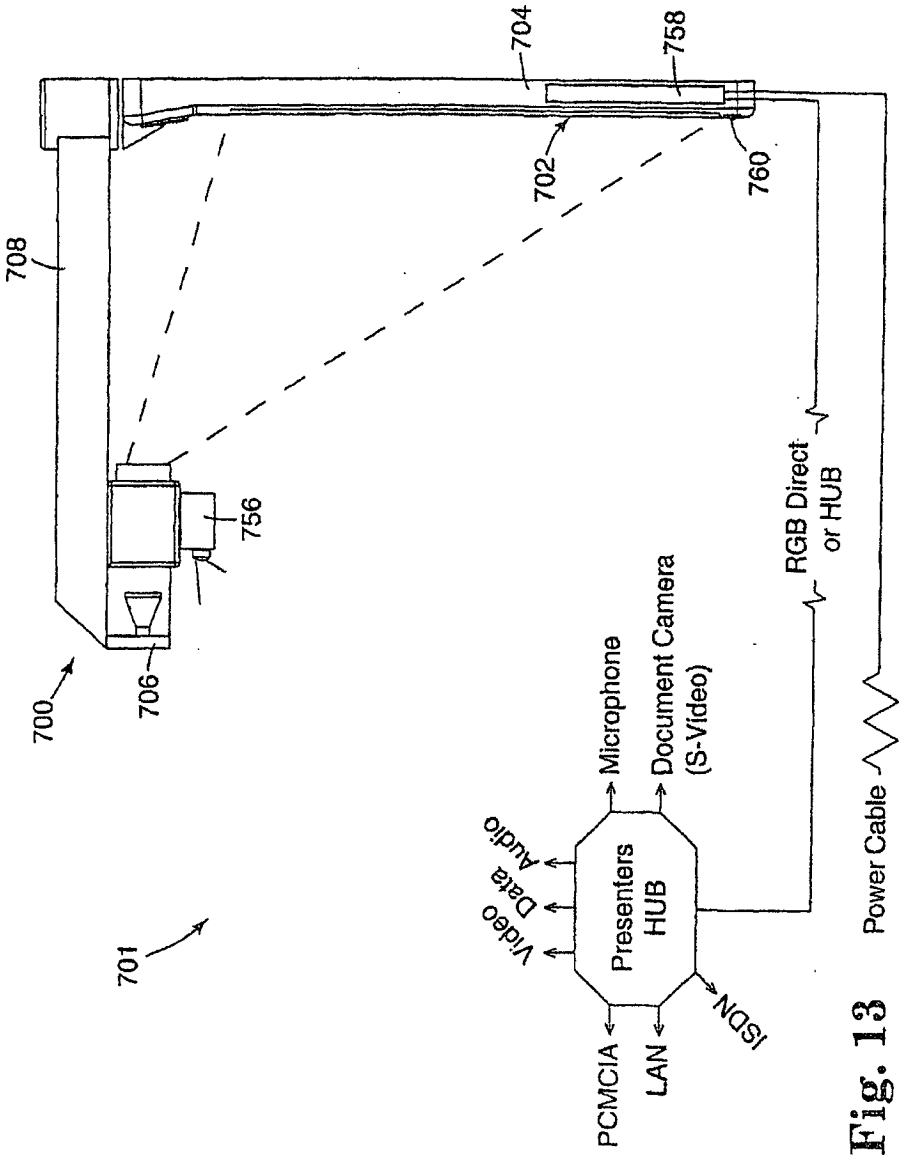

704
758
702
760
708
756
706
700
701
RGB Direct
or HUB
Microphone
Document Camera
(S-Video)
Video
Data
Audio
Presenters
HUB
ISDN
PCMCIA
LAN
Power Cable

Fig. 13

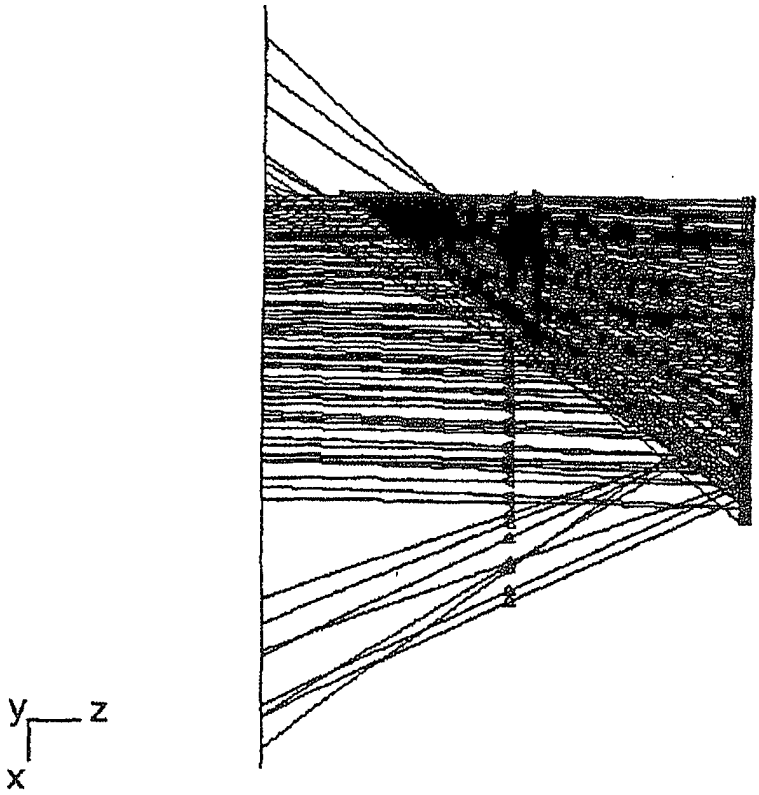


Fig. 14

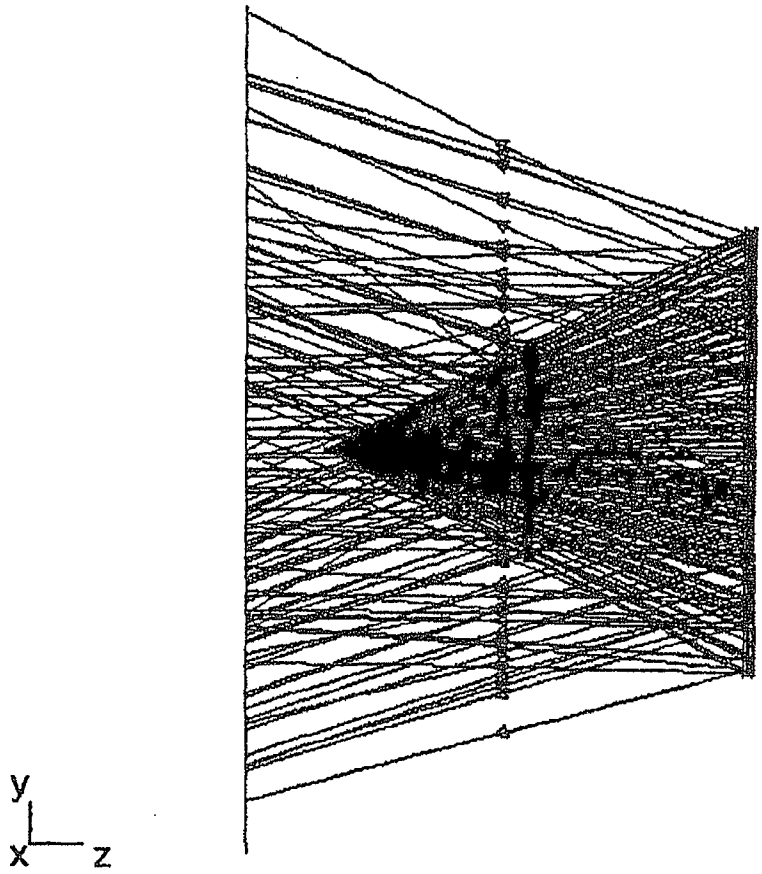


Fig. 15

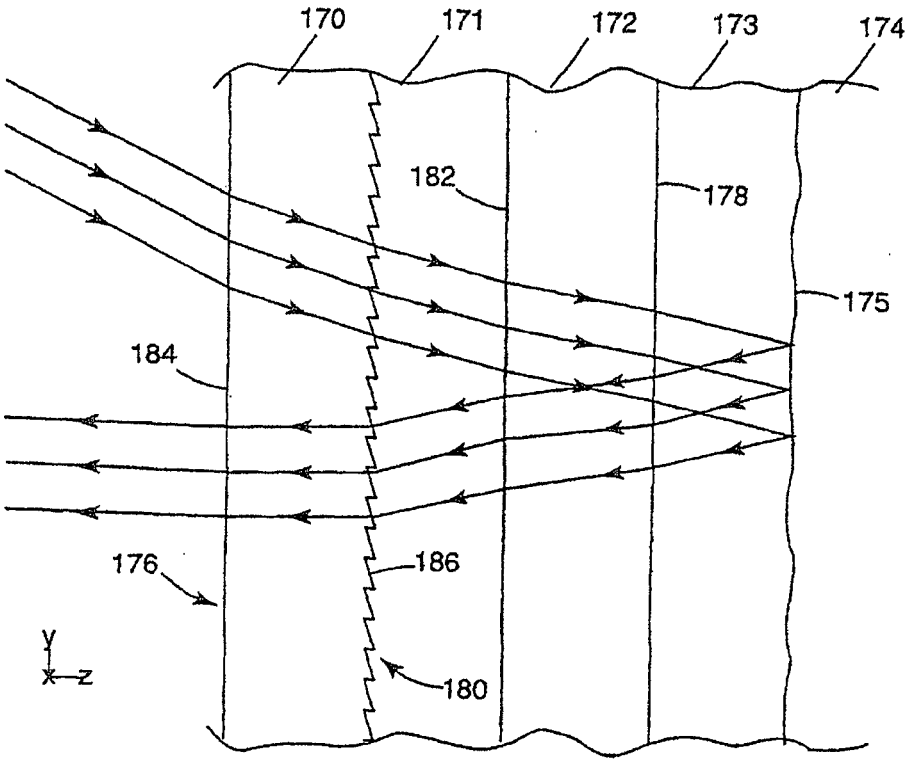


Fig. 16

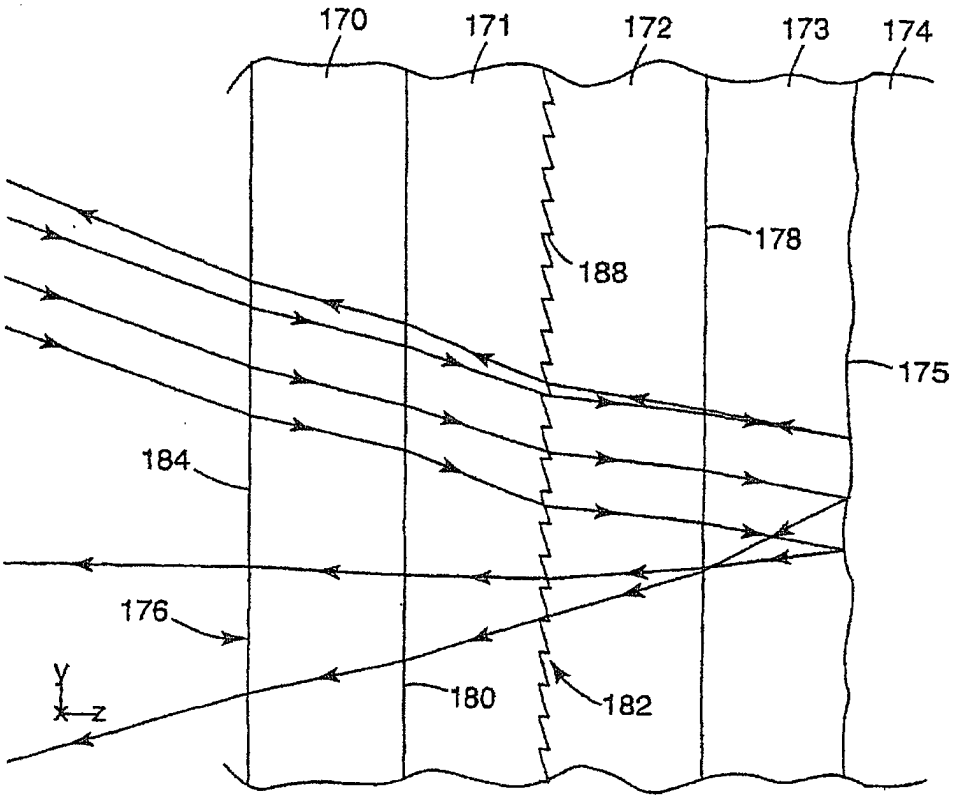


Fig. 17

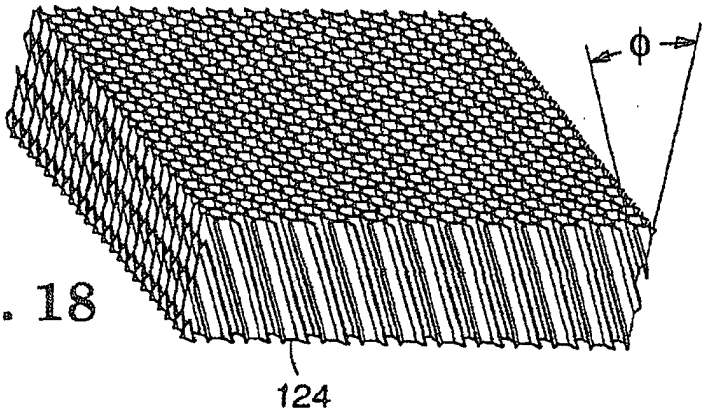


Fig. 18

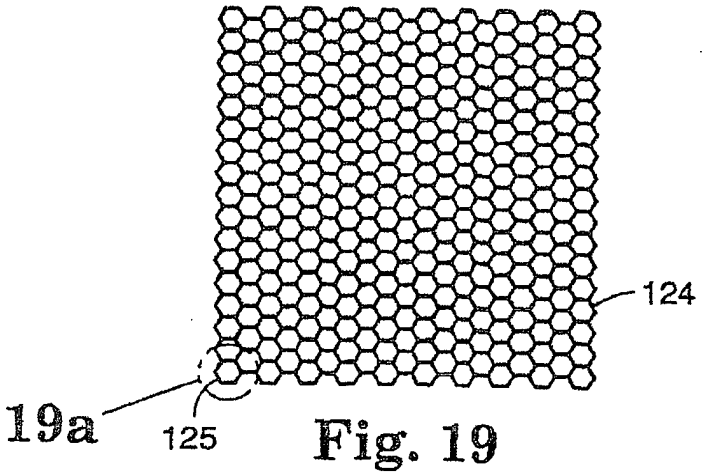


Fig. 19

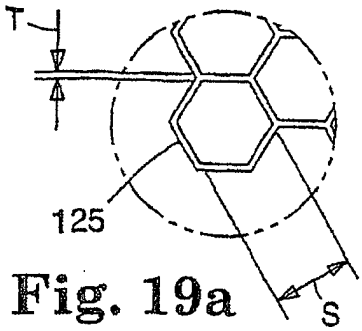


Fig. 19a

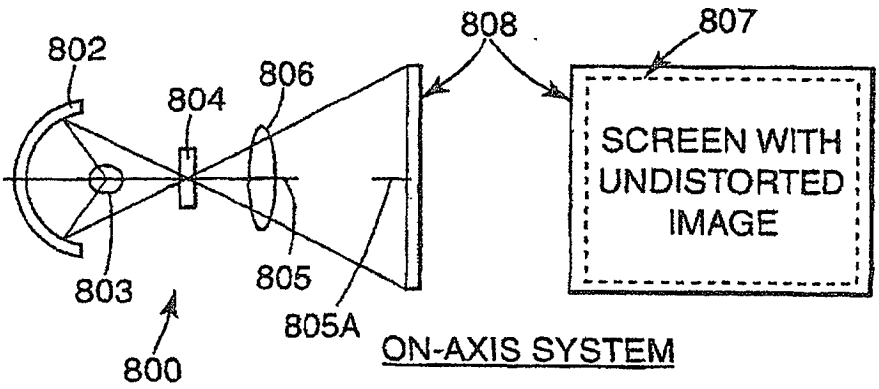


Fig. 20A

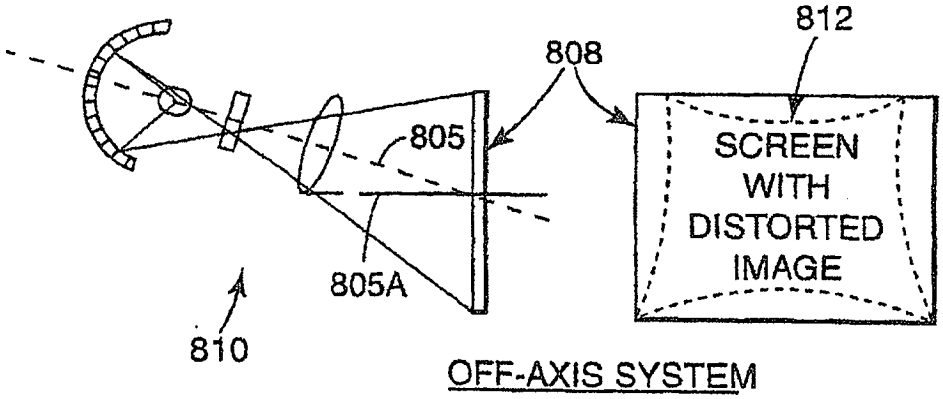


Fig. 20B

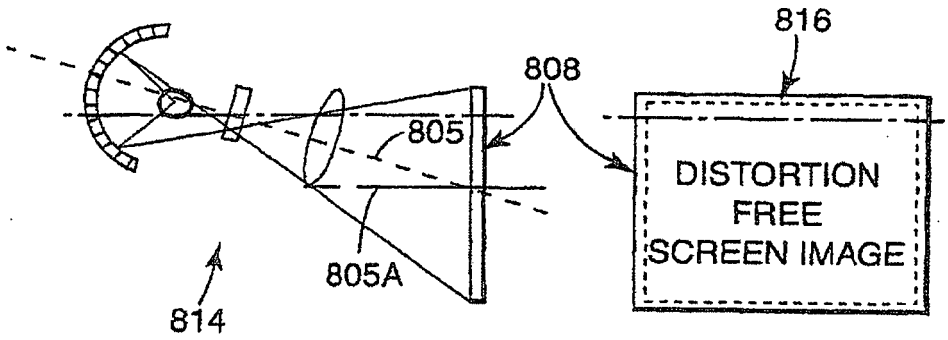

816
808
805
DISTORTION
FREE
SCREEN IMAGE
805A
814
OFF-AXIS SYSTEM W/ CORRECTION

Fig. 20C

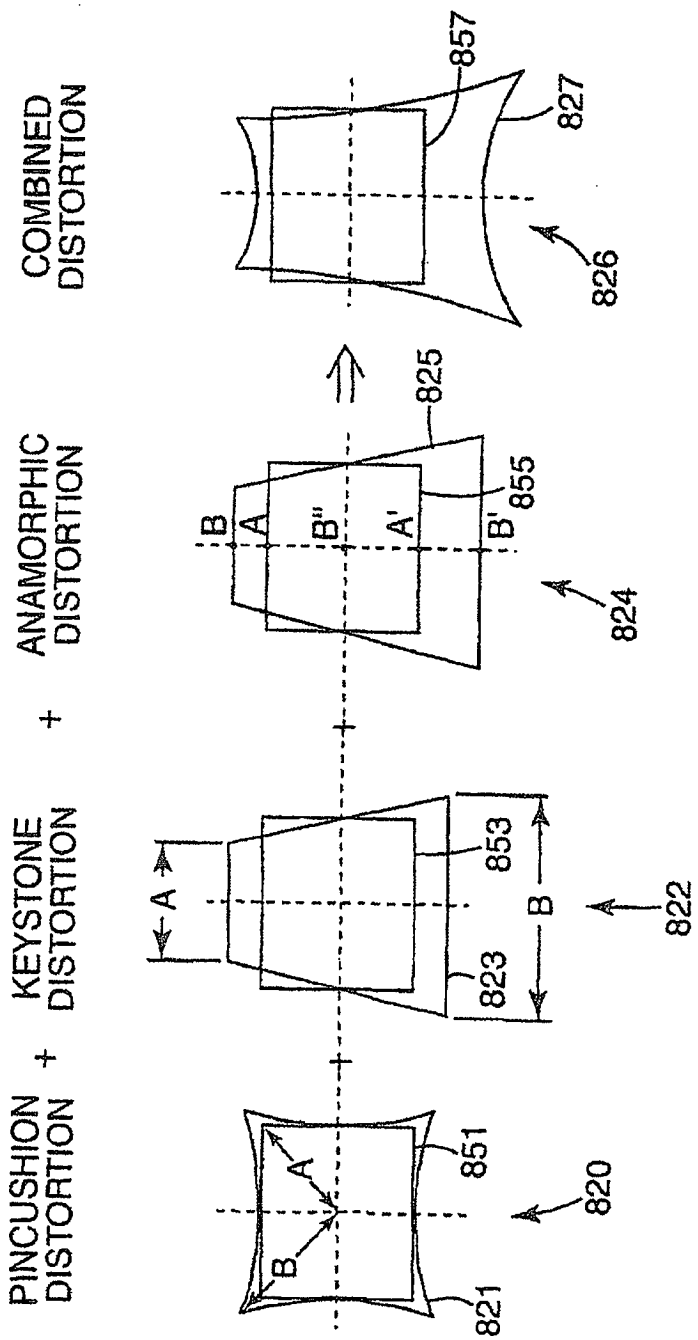

PINCUSHION DISTORTION
+
KEYSTONE DISTORTION
+
ANAMORPHIC DISTORTION
COMBINED DISTORTION
A
B
820
821
851
822
823
853
824
825
855
826
827
857

Fig. 21

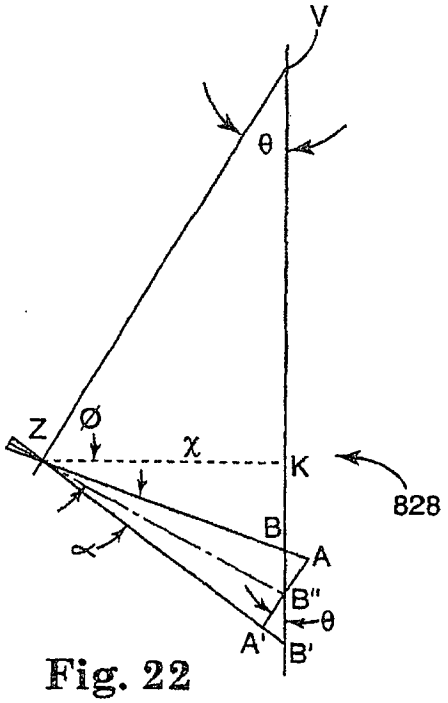

V
θ
Z
Ø
χ
K
828
B
A
B''
θ
A'
B'

Fig. 22

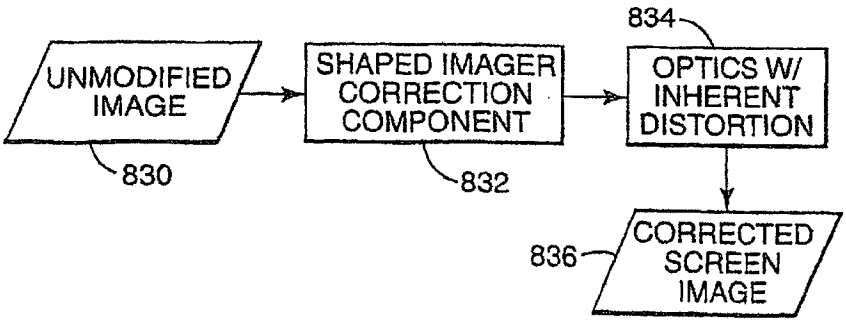

UNMODIFIED IMAGE
830
SHAPED IMAGER CORRECTION COMPONENT
832
834
OPTICS W/ INHERENT DISTORTION
836
CORRECTED SCREEN IMAGE

Fig. 23

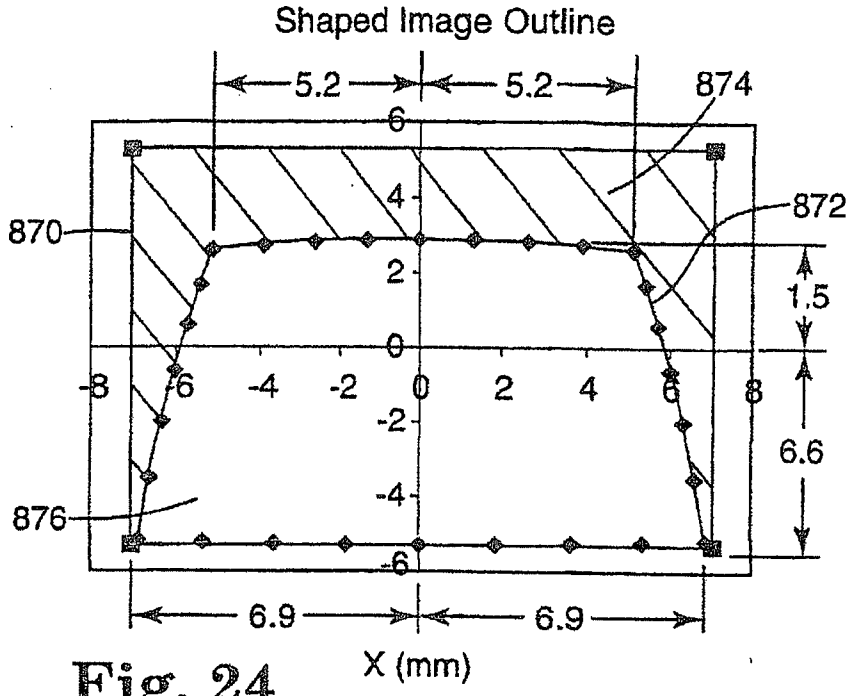


Fig. 24

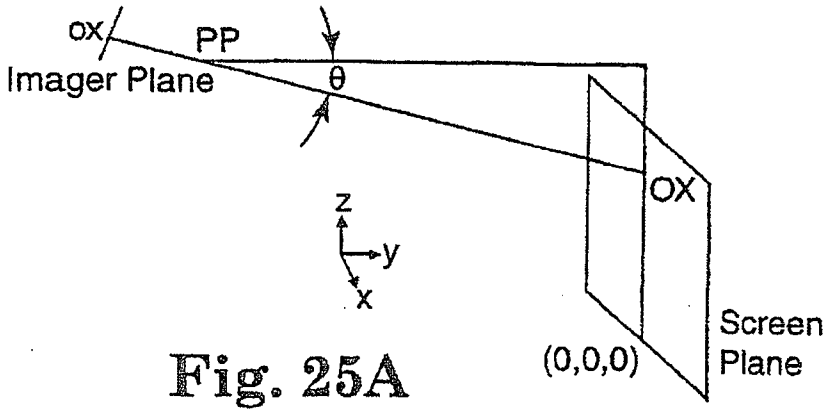


Fig. 25A

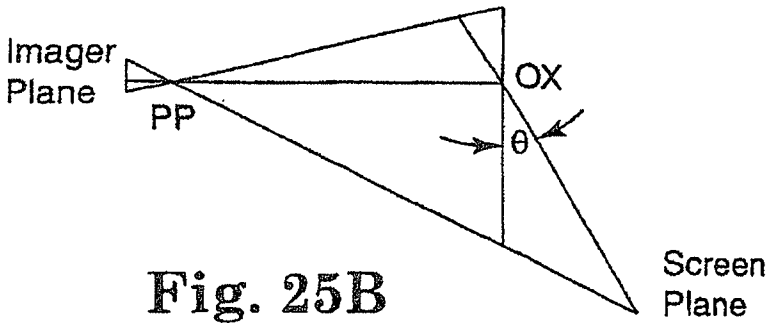


Fig. 25B