

PCT
 WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
 Internationales Büro
 INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
 INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)



(51) Internationale Patentklassifikation ⁶ : G02B 5/32, G03B 21/60	A1	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 98/34135 (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 6. August 1998 (06.08.98)
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP98/00135 (22) Internationales Anmeldedatum: 13. Januar 1998 (13.01.98) (30) Prioritätsdaten: 197 03 592.2 31. Januar 1997 (31.01.97) DE (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): DAIMLER-BENZ AG [DE/DE]; Epplestrasse 225, D-70546 Stuttgart (DE). HSM HOLOGRAPHIC SYSTEMS MÜNCHEN GMBH [DE/DE]; Melchior-Huber-Strasse 25, D-85652 Ottersberg (DE). (71) Anmelder (nur für US): GNÄDIG, Zora (Erbin des verstorbenen Erfinders) [DE/DE]; Feichthofstrasse 57, D-81247 München (DE). GNÄDIG, Nina, Franziska (Erbin des verstorbenen Erfinders) [DE/DE]; Feichthofstrasse 57, D-81247 München (DE). GNÄDIG, Mara, Sophie (Erbin des verstorbenen Erfinders) [DE/DE]; Feichthofstrasse 57, D-81247 München (DE). (72) Erfinder: GNÄDIG, Klaus (verstorben). (72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): DAUSMANN, Günther [DE/DE]; Schlachthausstrasse 7, D-85435 Erding (DE).		(81) Bestimmungsstaaten: JP, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE). Veröffentlicht <i>Mit internationalem Recherchenbericht.</i> <i>Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist. Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.</i>

(54) Title: LASER BACK-PROJECTION SCREEN

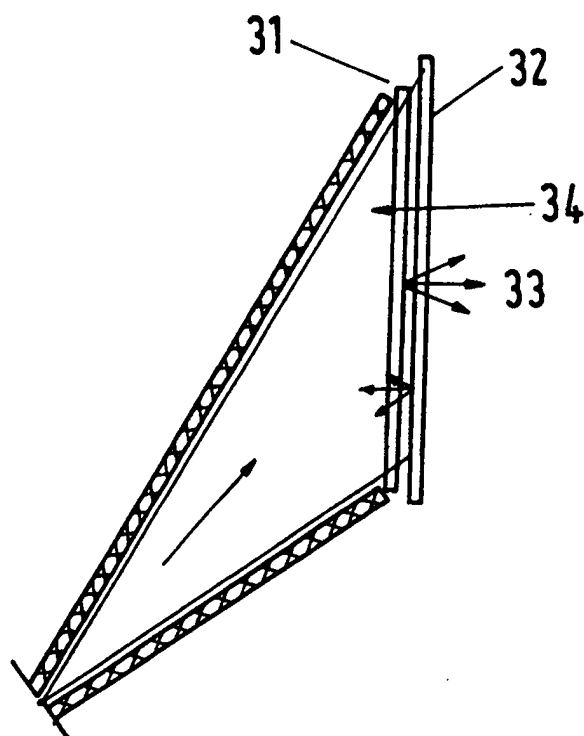
(54) Bezeichnung: BILDSCHIRM FÜR LASERRÜCKPROJEKTION

(57) Abstract

The invention concerns a holographic screen for the laser back-projection of at least one or a plurality of laser wavelengths, said holographic screen selectively and diffusely front-scattering (14) the incident narrow-band laser radiation (13) in a predetermined solid angle and simultaneously allowing through the disruptive spectrally broad-band ambient light (15) from the observation area. To that end, the holographic screen comprises at least one holographic transmission grid (31) which is coupled to a light absorber (17).

(57) Zusammenfassung

Es wird ein holografischer Bildschirm für die Laserrückprojektion mindestens einer oder mehrerer Laserwellenlängen vorgeschlagen, der selektiv die einfallende schmalbandige Laserstrahlung (13) in einen vorherbestimmten Raumwinkel diffus vorwärtsstreut (14) und gleichzeitig das störende, spektral breitbandige Umgebungslicht (15) aus dem Betrachtungsraum durchlässt. Dies wird dadurch erreicht, dass er mindestens ein holografisches Transmissionsgitter (31) aufweist, das an einen Lichtabsorber (17) gekoppelt ist.



LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidshan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	ML	Mali	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	MN	Mongolei	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MR	Mauretanien	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MX	Mexiko	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	PL	Polen		
CM	Kamerun	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CU	Kuba	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
CZ	Tschechische Republik	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DE	Deutschland	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
DK	Dänemark	LR	Liberia	SG	Singapur		
EE	Estland						

Bildschirm für Laserrückprojektion

Die Erfindung betrifft einen Bildschirm für Laserrückprojektion, der selektiv für eine oder mehrere Laserwellenlängen, die einfallende, spektral schmalbandige Laserstrahlung in einen vorherbestimmten Raumwinkel vorwärtsstreut, aber gleichzeitig das störende, spektral breitbandige Umgebungslicht stark absorbiert.

Die Notwendigkeit der Visualisierung von Informationen nimmt zur Zeit enorm zu. Für die Displaytechnik eröffnet sich dadurch ein Markt mit vielen Segmenten, großem Umsatz und hohen Wachstumsraten. In der Funktionskette Bildaufnahme, Übertragung und Verarbeitung von Informationen sind in den vergangenen Jahren große Fortschritte erzielt worden. Die Qualität der heutigen Darstellungsverfahren jedoch ist diesem hohen Entwicklungsstand nicht mehr angepaßt. Die heute verbreiteten Displays wie Kathodenstrahlröhre und Flüssigkristallanzeige sind in ihrem Verbesserungspotential begrenzt.

Die Laserdisplaytechnik, d.h. der sequentielle Aufbau von Bildern durch Laserstrahlumlenkung ohne Nachleuchten des Bildschirms, bietet ein inhärentes Potential zur Erzeugung hoch qualitativer Bilder. Die Bildinformation wird seriell mit geeigneten elektro-optischen oder akusto-optischen Modulatoren dem Laserstrahl aufmoduliert. Die Strahlablenkung erfolgt mit Hilfe von mechanischen Spiegelscannern, ähnlich wie bei heutigen Fernsehröhren zeilenförmig über die Bildfläche. Auch sind Laserquellen als Ersatz für thermische Strahler wie Halogenlampen und Entladungslampen in den herkömmlichen Lichtventilprojektoren mit Flüssigkristall - oder Mikrospiegelmatrizen, von mehreren Projektorherstellern in Vorbereitung.

Die thermischen Strahler sind grundsätzlich in ihrer Lichtstärke durch ihre interne Betriebstemperatur begrenzt (Schwarzkörperstrahlung). Die spektrale Verteilung der Grundfarben Rot, Grün und Blau (RGB) kann nur durch entsprechende Filterung und Intensitätsabgleich optimiert werden. Außerdem strahlt eine solche Lampe gleichmäßig in alle Raumrichtungen. Für die Abstrahlung in eine bestimmte Projektionsrichtung ist - trotz Rückspiegels - nur ein Teil der Gesamtstrahlung verfügbar.

Dagegen ist beim Laser theoretisch jede Strahlleistung herstellbar und steht in einem eng gebündelten Strahl nahezu verlustfrei zur Verfügung. Außerdem kann infolge der spektralen Schmalbandigkeit seine Leistung für die benötigte

2

Grundfarbe voll umgesetzt werden. In der letzten Jahren wurden Halbleiterlaser und Festkörperlaser mit einer wesentlich höheren Effizienz (Lumen/Watt) und deutlich größerer Lebensdauer (über 50.000 Std.) entwickelt als mit den üblichen Lampen erreicht wird.

Die prinzipielle Eignung von Laserstrahlen für die Displaytechnik wurde schon früh erkannt. Von Hitachi wurde 1970 eine Farbfernsehen - Großprojektion demonstriert. Ähnliche Anlagen zeigten General Electric, Texas-Instruments, General Telephone and Electronic Labs., sowie andere in den siebziger Jahren. Damals besaßen jedoch die verfügbaren Laser (Gaslaser) einen geringen Wirkungsgrad, waren voluminös und für eine wirtschaftliche Serienherstellung ungeeignet.

Infolge der deutlichen technologischen Fortschritte in der Entwicklung der Laserquellen, Bildmodulatoren und Bildscanner eröffnen sich für die Laserdisplaytechnik heute völlig neue technische und wirtschaftliche Potentiale:

- die Möglichkeit der Realisierung der geeigneten Grundfarben, Rot, Grün und Blau mit einem hohen Wirkungsgrad,
- eine sehr hohe Güte der Projektion hinsichtlich Helligkeit, Kontrast und Auflösung und
- eine wirtschaftliche Herstellbarkeit durch Miniaturisierung und funktionale Integration.

Der Laser ist eine kohärente, monochromatisch gebündelte Lichtquelle. Jede erforderliche Strahldichte kann prinzipiell realisiert werden. Außerdem kann infolge der Schmalbandigkeit seine Leistung für die benötigte Grundfarbe voll umgesetzt werden. Bei dem sequentiellen punktuellen Bildaufbau am Schirm ist das Bild in jeder Entfernung scharf und kann auch auf schiefe und gekrümmte Flächen projiziert werden.

Ein Bild kann mit allen Projektoren grundsätzlich auf zweierlei Weise am Bildschirm generiert werden: in Aufprojektion bzw. Frontprojektion und in Rück- bzw. Durchprojektion. In dem ersten Fall wird das Bild auf die Fläche des Schirmes geworfen, auf der es auch betrachtet wird. Der Schirm sollte in diesem Fall möglichst stark das auffallende Licht diffus zurückstreuen. In dem zweiten Fall wird das Bild auf die entgegengesetzte Seite des Schirmes (von

3

hinten) projiziert. Der Schirm sollte dann möglichst gut das Licht durchlassen, aber gleichzeitig über einen größeren Winkel vorwärtsstreuen. Die Erfindung betrifft ausschließlich dieses zweite Verfahren der Rückprojektion oder Durchprojektion.

Schirme für Rückprojektionen mit den üblichen Bildprojektoren (Beamern) sind in verschiedenen Größen mit verschiedenen Bildwandmaterialien auf dem Markt erhältlich. Der Schirm streut die auf jeden Bildpunkt auf der Rückseite ein einfallende gerichtete Lichtstrahlen durch Streuung an der Oberfläche oder auch durch Mehrfachstreuung im Inneren einer dünnen Schicht des Materials. Dadurch wird erreicht, daß auf der Seite des Betrachters der Bildpunkt als aufgeweitetes Strahlenbündel aus der Bildfläche diffus herausstrahlt. Dieses Phänomen ist z.B. bei den Mattscheiben, die auch in Suchern usf. von Kameras eingesetzt werden, wohlbekannt.

Da nun die Lichtstreuung an der Oberfläche oder innerhalb des Bildmaterials nicht alleine zur Weiterleitung des Lichtes in Vorwärtsrichtung, sondern auch zu einem gewissen Anteil zu einer Rückstreuung des Lichtes aus der Projektionsfläche führt, ist diese Lichtübertragung immer mit Verlusten behaftet. Ein zweiter Nachteil dieser Schirme ist der, daß helles Licht aus dem Zuschauer-raum auch in den Schirm hineintritt und dabei nicht nur durch den Schirm geleitet wird, sondern auch wiederum zu einem gewissen Anteil zurückgestreut wird. Dadurch erscheint der Schirm in einem beleuchtendem Raum immer hell, - je nach dem Verhältnis der Vorwärts- zur Rückstreuintensität, in unterschiedlichen Grauabstufungen.

Um diese Verluste zu kompensieren und die Schirmaufhellung zu vermindern, werden häufig sogenannte Linsenrasterbild - bzw. Lentikularwände eingesetzt. Mit einem feinen dichten Linsenraster auf der Lichtaustrittsfläche zum Zuschauer, wird der Winkel der Vorwärtsstreuung eingeengt. Dadurch wird das Bild nur in einem engen Winkelbereich um die Normale sichtbar und aufgehellt. Gleichzeitig wird der Aufnahmewinkel der Projektionswand für seitliches, z.B. von der Seitenbeleuchtung des Raumes stammendem Störlicht, das dem Zuschauer zugeleitet wird, reduziert. Insgesamt erscheinen diese Bildwände trotz Beleuchtung aus dem Zuschauerraum dann dunkler und erbringen gleichzeitig ein helleres Bild. Es versteht sich, daß große Bildwände dieser letzteren Art in der Herstellung sehr teuer sind. Da sie jedoch nur begrenzte Verbesserungen bringen, kann die Projektion nur in halb abgedunkelten, aber

nicht in hellen Räumen oder bei Tageslicht in der erwünschten Qualität erfolgen.

Bei Aufprojektionen auf Bildschirme wird der rückstreuende Belag des Schirmes so ausgelegt, daß das Licht des Projektors vom Schirm in einen eingegengten Bildwinkel zurückgestreut wird, mit dem gleichen Vorteil wie bei den verbesserten Rückprojektionsschirmen.

Ein großer Vorteil bei der Verwendung von Lasern zur Projektion ist nun, daß durch die dadurch mögliche höhere Strahldichte gegenüber anderen Lichtquellen die Helligkeit des Bildes auf dem Schirm deutlich angehoben werden kann. Jedoch kann dieser Vorteil nur im begrenzten Maße zur Erhöhung der Bildqualität umgesetzt werden, denn hier gilt das gleiche wie in der Fernsehtechnik: erst durch die Entstehung des Bildes auf einem schwarzen Schirm können sowohl der vom Gerät hergestellte inhärente Bildkontrast und als auch die Farbsättigung unverfälscht dem Zuschauer übermittelt werden. Dies liegt darin begründet, daß der minimale, vom Auge wahrnehmbare Kontrast proportional zu der Grundhelligkeit des Bildes ist (Weber-Fechnersches Gesetz), d.h. je höher die Leuchtdichte, desto geringer der wahrnehmbare Kontrast.

Bei der Farbwiedergabe in hellen Räumen addiert sich die meist graue oder weiße Grundhelligkeit des Schirmes mit der von dem Projektionsgerät hergestellten Farbvalenz, damit ändert sich die Sättigung der Farbtöne des Gesamtbildes gleichzeitig mit der Abnahme des Kontrastes.

Dieses Problem der hochwertigen Bildwiedergabe von Kontrast und Farben in hellen Räumen tritt, sowohl in der Aufprojektion, als auch in der Rückprojektion auf. Die Erfindung betrifft ausschließlich das zweite Verfahren der Rückprojektion, d.h. die Wiedergabe des durch einen Schirm geleiteten Bildes und die Auslegung und Herstellung eines solchen Bildschirmes für die Laserprojektion.

Die bereits erläuterte Maßnahme zur Erhöhung der Bildhelligkeit am Schirm durch Einengung des Abstrahlwinkels mit gleichzeitiger Unterdrückung des Umgebungslichtes, die den Schirm grau erscheinen läßt, verbessert auch die Kontrast- und Farbwiedergabe. Je dunkler der Schirm, desto besser ist die Wiedergabe.

In der Farbfernsehtechnik mit selbstleuchtenden Kathodenstrahlröhren konnte dies durch die Verwendung von Grauglas in der Bildröhre und mit Hilfe der sogenannten „black-matrix“ - Schirme erreicht werden. Die Glasschicht des Grauglases dämpft das durch sie hindurchgehende Licht auf die Hälfte. Die maximale Bildleuchtdichte wird entsprechend reduziert. Umgebungslicht, das auf die weiß reflektierende Leuchtstoffschicht hinter dem Grauglas trifft und damit das Bildfeld aufhellt, muß das Glas zweimal durchlaufen und wird daher auf 25% reduziert. Dadurch entsteht günstigenfalls eine Kontrastverdoppelung. Eine weitere Maßnahme besteht in dem Auftragen einer „black-matrix“ auf die Leuchtstoffschicht. Die nicht benutzten Teile der Leuchtstoffschicht (Punktzwischenräume, Landungsreserve) werden von vorne gesehen mit einer schwarzen Schicht abgedeckt. In dunklen Räumen liefern z.B. heutige Kathodenstrahlröhren Kontrastverhältnisse von mehr als 1:200. Im praktischen Betrieb liegen sie jedoch bei 1:40, siehe z.B. das Buch „Fernsehtechnik“, Hüttig - Verlag, Heidelberg, 1988.

Im Vergleich dazu bringen Lichtventilprojektoren in dunklen Räumen einen Kontrast von 1:60 und in hellen Räumen, bedingt durch die Streuung der Projektionswand, von nur 1:6. In den heute weitverbreiteten Großbildwänden, bei denen mehrere nebeneinander gereihte Kathodenstrahlröhren auf eine große Rückprojektionsleinwand projiziert werden, geht jedoch der letztgenannte Kontrastgewinn des „black-matrix“ - Schirmes wieder verloren.

Laserprojektoren besitzen gegenüber anderen Projektionsverfahren einen sehr hohen Primärkontrast von 1:300. Dies ermöglicht deshalb in halbdunklen Räumen eine deutlich bessere Wiedergabe als mit den herkömmlichen Projektoren. In sehr hellen Räumen, bzw. bei Tageslicht kommt dieser inhärente Vorteil jedoch nicht mehr zum Tragen, denn der Kontrast wird auch hier vorwiegend durch die Streueigenschaften und die Grundhelligkeit des Schirms bestimmt.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, vorzugsweise für eine Laserprojektion einen Rückprojektionsschirm anzugeben, der das spektral schmalbandige Laserlicht in einer oder mehreren Farben mit hohem Wirkungsgrad in einen definierten Raumwinkel diffus vorwärtsstreut, aber das breitbandige Umgebungslicht aus dem Zuschauerraum weitgehend ungehindert durchläßt und einem Lichtabsorber zuleitet.

Durch diesen erfindungsgemäßen Projektionsschirm soll erreicht werden, daß große Bilder auch bei normaler Umgebungsbeleuchtung in hellen Räumen bzw. bei Tageslicht sich gegen die helle Umgebung abheben. Zweitens soll der ursprünglich im Gerät verfügbare Kontrast auch am Schirm dem Betrachter wiedergegeben werden. Drittens soll die Farbbeeinflussung durch das Umgebungslicht minimiert werden.

Diese Aufgabe wird im Sinne der Erfindung durch einen holografischen Bildschirm gemäß dem kennzeichnenden Teil von Anspruch 1 gelöst. Objekt der Aufnahme dieses holografischen Schirms ist vorzugsweise ein angepaßter Schirm, der vorzugsweise mit allen verwendeten Laser Projektionswellenlängen in das Hologramm einbelichtet wird. Bei der Aufnahme wird dafür gesorgt, daß der Schirm mit dem Objektstrahl so ausgeleuchtet wird, daß seine Vorwärtsstreucharakteristik die gleiche ist, wie sie später in der Anwendung erwünscht ist. Als Referenzstrahl bei der holografischen Aufnahme dient dabei ein aufgeweitetes Strahlenbündel, das von einem entsprechenden Ort ausgeht, wie der spätere Projektionsstrahl. Zur Wiedergabe kann bei einem Hologramm entweder ein flächenhafter Strahl wie bei der Aufnahme, oder ein punktuell oder in Zeilen tastender (scannender) Strahl verwendet werden.

Das Hologramm wird vorzugsweise als sogenanntes off-axis - Transmissionshologramm aufgenommen, d.h. geeignet für die Betrachtung in transmittiertem Licht. Es können sowohl „dünne“ als auch „dicke“ Hologramme als Bildschirmhologramme verwendet werden. Die Entscheidung, welche Art verwendet wird, richtet sich nach den verfügbaren Aufnahmematerialien, ihren Kosten, dem angestrebten Beugungswirkungsgrad und der Art der Wiedergabe. Mit dicken Hologrammen kann insbesondere eine hohe Winkel- und Wellenlängenselektivität bei der Wiedergabe erreicht werden.

In der hier vorgeschlagenen Aufnahme eines dünnen Hologramms in einem Schritt wird der Schirm als zweidimensionale Gitterstruktur einbelichtet. Es wird die bekannte Aufnahmegeometrie nach Leith und Upatnieks verwendet mit einem divergenten Referenzstrahl. Der Schirm erscheint bei der Wiedergabe mit einem Projektionsstrahl, der dem Referenzstrahl entspricht, als virtuelles Bild (in der ersten Beugungsordnung) und kann als solcher auch direkt verwendet werden. Die störenden Lichtanteile in der 0-ten Beugungsordnung und den anderen Beugungsordnung werden minimiert und außerhalb des Hologramms absorbiert. Wie bei anderen Hologrammen dieser Art erscheint das Bild des Schirmes hinter der Hologrammplatte am gleichen Ort wie bei

der Aufnahme. Solche holografischen Bildschirme sind für viele Anwendungen geeignet z.B. für PC-Schirme, um den Leseabstand zum Schirm virtuell zu vergrößern und damit die Akkommodation der Augen zu erleichtern.

Es wird für weitere Anwendungen vorgeschlagen, das Transmissionshologramm des Schirmes in zwei Stufen herzustellen. Der erste Schritt ist dann der gleiche wie der oben beschriebene. Nur wird hier anstatt des virtuellen Bildes das reelle Bild des Schirmes als Objekt für eine zweite Aufnahme verwendet und dahingehend optimiert. Dies hat den Vorteil, daß damit die Lage des Schirmbildes bei der Wiedergabe gegenüber der Hologrammplatte frei gewählt werden kann. Für viele Anwendungen z.B. für Video, Fernsehen oder Großprojektion ist es sinnvoll, daß der Schirm in der Ebene des Hologramms liegt. Mit dieser Aufnahmetechnik ist es auch möglich, den Schirm vor das Hologramm heraustreten zu lassen, was insbesondere für Werbezwecke oder künstlerische Gestaltung von Bildern von Interesse ist.

Ein weißer holografischer Schirm wird, wie vorhin erläutert, vorzugsweise durch Aufnahme eines Schirmes mit allen verwendeten Laserwellenlängen, z.B. rot, grün und blau (RGB) in das gleiche Hologramm hergestellt. Hier ergeben sich drei verschiedene Ausführungsmöglichkeiten. Als erstes können drei Belichtungen aller Farben in eine Aufnahmeschicht durchgeführt werden. Als zweites können mehrere Schichten unterschiedlicher spektraler Sensitivität, an die verschiedenen Laserwellenlängen angepaßt, aufgestapelt werden. Als drittes können die verschiedenen Aufnahmematerialien nebeneinander angeordnet sein, beispielsweise punktförmig als RGB-Tripel innerhalb jedes Bildpunktes in Dreiecksanordnung, wie die Phosphore einer Fernseh- Delta - Schattenmaskenröhre oder als drei benachbarte vertikale RGB- Streifen, wie die Phosphore in der bekannten Fernseh - Trinitronröhre.

Eine Aufnahme von drei unterschiedlichen Farben zuzuordnenden Hologrammen in einer einzigen dünnen Schicht, wie in dem ersten Alternativverfahren vorgeschlagen, hat das Problem, daß jede einzelne Gitterstruktur auch das Licht der anderen Wellenlänge beugt. Bei einem solchen Schirm entstehen bei dreifarbigter Projektion 9 verschiedene Streukeulen in 3 unterschiedlichen Farben, von denen drei zu einer weißen Keule zusammenfallen, die dann das eigentliche Betrachtungslicht liefert. Ob die anderen Streukeulen können durch später angegebene Maßnahmen, wie Lamellenstrukturen unterdrückt werden.

In einem Stapelaufbau der Schichten können z.B. drei verschiedene, an die Farben angepaßte Aufnahmematerialien verwendet werden. Durch die Verwendung von drei lateral angeordneten Schichten für die verschiedenen Farben, kann zusätzlich das Farbübersprechen, wie bei der Kathodenstrahlröhre eines Farbfernsehers unterbunden werden.

Die Erfindung sieht weiterhin vor, daß „dicke“ Transmission - Hologramme für die Schirmaufnahmen verwendet werden, vor allem in Anwendungen, wo eine hohe Selektivität des Hologramms in Bezug auf Wiedergabewellenlänge und Einstrahlrichtung von Vorteil ist.

In dicken Hologrammen bildet sich bei der Aufnahme ein Volumengitter in der Aufnahmeschicht von in der Regel 5-30 μm Dicke. Bei der Wiedergabe gilt dann wegen der Interferenz benachbarter gegeneinander phasenverschobenen Teilstrahlen die Bragg - Bedingung für die konstruktive Interferenz. Damit ist eine starke Beugungseffizienz für die Aufnahmewellenlängen und die Beleuchtungsrichtung des Referenzstrahles in den Schirm integriert und breitbandiges diffuses bzw. auch Laserlicht von der Seite des Betrachters geht zum größten Teil ungehindert durch, siehe dazu z.B. das Buch „Holographie“ von J. Eichler und G. Ackermann, Springer Verlag 1993.

Wie bei einem „dünnen“ Hologramm können entweder mehrere Aufnahmen des Schirmes bei unterschiedlichen Farben in der gleichen Hologrammschicht, in unterschiedlichen aneinandergereihten oder nebeneinander angeordneten Schichten mit angepaßter Farbempfindlichkeit aufgenommen werden.

Der besondere Vorteil des holografischen Bildschirms mit sowohl dünnen als auch dicken Aufnahmematerialien ist seine Eigenschaft, nur ein Bild des ursprünglich diffus streuenden Objektschirmes bei der Rückprojektion mit den Aufnahmewellenlängen für den Zuschauer zu erzeugen, aber das diffuse breitbandige Licht aus dem Zuschauerraum fast ungehindert durchzulassen, wo es dann nachträglich absorbiert wird. Die Hologramme können vorzugsweise auf einer Glasscheibe aufgezogen sein, die vorzugsweise mit einer Entspiegelung für sichtbares Licht versehen ist.

Zur Unterbindung des Störlichtes von 0-ter und -1 Ordnung sieht die Erfindung Zusatzhologramme bzw. Blendenstrukturen vor.

Durch den Einbau von optischen Zusatzelementen in den Strahlengang des Referenzstrahles oder des Objektstrahls kann das holografische Bild des Schirms beeinflußt werden. Damit kann z.B. der Abstrahlwinkel des holografischen Schirmes gegenüber dem Originalschirm in Elevation und Azimuth verändert werden, die Helligkeitsverteilung über den Schirm kann anders eingestellt werden und Bildfehler der Projektionsoptik können nachträglich verbessert werden.

Die Herstellung eines solchen erfindungsgemäßen Rückprojektors und holografischen Bildschirmes ist oben beispielhaft beschrieben worden. Sie kann jedoch auf einer Vielzahl von verschiedenen Wegen und in unterschiedlichen Schritten erfolgen, die dem Fachmann bekannt und verständlich sind. Die Erfindung wird im folgenden anhand der in den Figuren teilweise schematisch dargestellten Ausführungsbeispiele näher beschrieben. Es zeigen:

- Fig. 1 einen erfindungsgemäßen Rückprojektor mit Transmissionshologramm und Lichtfalle,
- Fig. 2 einen Rückprojektor nach der Erfindung mit Transmissionshologramm, Lichtfalle und Lamellenblendenfolie zur Absorption von Störlicht,
- Fig. 3 einen Rückprojektor mit Transmissionshologramm, Lichtfalle und Reflexionshologramm zur Rückweisung von Störlicht,
- Fig. 4 die Aufnahme eines Leith-Upatnieks off-axis Hologramms des Schirmes mit divergentem Referenzstrahl,
- Fig. 5 die Aufnahme eines Transmissionsmasters des Bildschirmes,
- Fig. 6 Aufnahme eines Reflexionsmasters des Bildschirmes,
- Fig. 7 die Aufnahme eines Schirmhologramms vom Transmissionsmaster,
- Fig. 8 die Aufnahme eines Schirmhologramms vom Reflexionsmaster,

Fig. 9 die Aufnahme eines Zusatzreflexionshologramms mit Hilfe eines Spiegels,

Fig. 10 die Aufnahme eines Zusatzreflexionshologramms, und

Fig. 11 einen Querschnitt durch einen beispielhaften, fertigen holografischen Rückprojektionsschirm mit 3 holografischen Aufnahmeschichten für die Farben rot, grün und blau.

Fig. 1 zeigt den Querschnitt eines Rückprojektors. Das Licht aus dem Projektor 11, der annähernd eine Punktlichtquelle darstellt, fällt auf die Rückseite des Schirmes 12 und kann z.B. punktuell oder zeilenförmig gescannt sein oder in einem raumfesten aufgeweiteten Strahl 13 auffallen. Durch die Bildmodulation wird das Bild dann seriell oder parallel je nach Projektionsverfahren in allen Farben auf die Hologrammfläche geschrieben, von wo es in den Zuschauerraum als diffuses Licht 14 vorwärtsgestreut wird. Beide Hologrammtypen, das dünne und das dicke Hologramm, haben die Eigenschaft, daß sie das diffuse spektral breite Umgebungslicht 15 aus dem Zuschauerraum und auch gerichtetes breitbandiges Licht von z.B. Scheinwerfern fast ungehindert durchlassen.

Damit der Schirm insgesamt für den Betrachter als schwarze oder dunkle Fläche erscheint, muß wie die Fig. 1 zeigt, eine Lichtfalle (Absorber) 17 vorhanden sein, die dieses Störlicht vollständig absorbiert. Das Hologramm wird deshalb vorzugsweise als Frontseite eines geschlossenen lichtdichten Gehäuses (wie beim Fernseher) integriert. Eine eingebaute Lichtfalle, die den Projektionsstrahl dicht umschließt wird jede Lichtstrahlung, die nicht entlang des Strahlenkegels zwischen Projektionsort und Hologramm verläuft, effizient absorbieren. Ein gewisser Anteil des Umgebungslichtes wird wegen seiner eingebauten Streufunktion aus dem Zuschauerraum entlang des Streukegels zum Ort der Projektion gelangen. Mit dem Einbau einer Pupille 18 an diesem Ort kann verhindert werden, daß dieses Licht in Rückwärtsrichtung zu dem holographischen Bildschirm zurückgelangt.

Ein Nachteil dieser Anordnung ist der Lichtanteil der 0-Ordnung, der bei dünnen Hologrammen am stärksten auftritt. Dieses Störlicht 16, das zwar bei einem effizienten Hologramm gegenüber dem Nutzstrahl wesentlich schwächer ist, tritt in der momentane Strahlrichtung ohne Umlenkung aus dem Hologramm heraus. Da dieser Strahlenkegel auch die Bildinformation trägt, kann

er für verschiedene Anwendungen genutzt werden. Als Störlicht kann die 0-Ordnung, zusammen mit den schwachen Anteilen der -1-Ordnung durch geschicktes Ausblenden absorbiert werden.

Dies zeigt die Anordnung in Fig. 2, die in den anderen Einzelheiten bis auf den Zusatz einer Lamellenfolie der Fig. 1 entspricht. Hier wird eine kommerziell bekannte Lamellenfolie 21 über das Hologramm 22 auf der Austrittsseite zusätzlich aufgezogen. Diese dünne für sichtbares Licht transparente Kunststofffolie mit etwa 1 mm Stärke ist über ihre ganze Fläche mit feinen Lamellen mit einer Strukturgröße von etwa 100 μm versehen. Die Lamellen sind geschwärzt und absorbieren jeden Lichtstrahl ab einem bestimmten Neigungswinkel zur Lamellenachse. Es können entweder Lamellenstrukturen die senkrecht oder mit einer anderen Neigung zur Folienfläche verlaufen eingesetzt werden. Durch eine entsprechende Auslegung des Projektionswinkels auf den holografischen Schirm, der Dicke der Lamellenfolie und Einstellung der Abstrahlkeule des Hologramms kann dafür gesorgt werden, daß das Nutzlicht in der + 1-Ordnung weitgehend durchgeleitet wird, aber die Störlichtanteile der 0-ten und -1-Ordnung sowie höherer Ordnungen mit einer anderen Ausbreitungsrichtung effizient absorbiert werden.

Eine zweite von der Erfindung vorgeschlagene Anordnung zeigt Fig. 3, die bis auf den Zusatz eines Reflexionshologramms in den anderen Einzelheiten der Fig. 1 entspricht. Hier wird zusätzlich ein Reflexionshologramm 32 in den Strahlengang hinter dem Transmissionshologramm 31 in Richtung zum Zuschauer eingefügt. Dieses Reflexionshologramm kann nun beispielsweise als ein selektiver holografischer Spiegel, der selektiv die verwendeten Wellenlängen reflektiert, ausgeführt sein und/oder beispielsweise als Reflexionshologramm des diffus streuenden Bildschirms, der bereits für das Transmissionshologramm verwendet wurde, aber hier als Reflexionshologramm das Licht der 0-ten und -1-ten Ordnung zurückweist, ausgelegt werden. Seine Herstellung wird in Fig. 9 und Fig. 10 dargestellt und weiter unten beschrieben. Das Reflexionshologramm, das nur als Volumenhologramm mit seiner besonderen Selektivität der Einstrahlrichtung realisiert werden kann, wird hier als Trennscheibe benutzt, die alle Laserstrahlen, die noch aus der Richtung des Projektionsortes (0-te Ordnung) ausgehen, zurückstreut, aber die Strahlen, die vom dem vorgeschalteten Transmissionshologramm umgelenkt worden sind (1-te Ordnung), durchläßt. Da diese letztgenannten diffusen Strahlen aus dem Transmissionshologramm über einen größeren Winkelbereich verteilt sind, muß in der Auslegung der Strahlengänge dafür Sorge getragen werden, daß

die Strahlrichtungen dieses Nutzlichtes sich deutlich von der Strahlrichtung der 0-ten Ordnung absetzen.

Fig. 4 zeigt die erfindungsgemäße Aufnahme des Schirmhologramms in einem Aufbau nach Leith und Upatniek. Der Objektschirm 41 wird hier mit den Strahlen 42 beleuchtet. Das vom Schirm ausgehende Streulicht 43 beleuchtet das Hologramm. Als Referenz dient ein divergenter Referenzstrahl 45, der vom gleichen Ort 46 ausgeht, wie der Projektionsstrahl bei der Wiedergabe. Nach der Entwicklung des Hologramms kann es direkt als ein virtuelles Bild des Schirmes benutzt werden, wobei das Schirmbild am gleichen Ort wie der Objektschirm erscheint.

Fig. 5 zeigt die Aufnahme eines Transmissionsmasterhologramms eines diffus rückstreuenden Schirms 51 für ein zweistufiges Herstellungsverfahren beispielsweise mit zwei Beleuchtungsstrahlen 52. Hier tritt das Referenzlicht 53 wie beim Leith - Upatniek Verfahren von der gleichen Seite wie das Streulicht des Schirmes 54 auf die Hologrammplatte 55.

Fig. 6 zeigt die Aufnahme eines Masterhologramms eines transparenten Schirms 61 in Reflexionstechnik für ein analoges zweistufiges Herstellungsverfahren. Hier trifft das Referenzlicht 62 von der entgegengesetzten Seite auf die Hologrammplatte 65 wie das Objektlicht 64. Die Beleuchtung des Schirms 63 geschieht hier vorzugsweise von hinten, wobei sich z.B. Vorteile bezüglich der Lichtstärke der Anordnung ergeben und korrigierende Maßnahmen bezüglich der Streulichtverteilung leicht möglich sind.

Fig. 7 zeigt das „Umkopieren“ des Transmissionsmasters in einen holografischen Projektionsschirm als Bildebenenhologramm des Originalschirms. Hierzu wird ein reelles Bild des Schirms 71 durch den zur Referenz konjugierten Rekonstruktionsstrahl 73 vom Transmissionshologramm 72 erzeugt und am Ort des reellen Bildes das holografische Aufnahmematerial 76 plaziert und zusätzlich mit einem Referenzstrahl 77 beleuchtet, der in seiner Geometrie der späteren Projektionsgeometrie entsprechen muß, wie bereits oben ausgeführt wurde.

In Fig. 8 ist der analoge Vorgang des Umkopierens bei Verwendung eines Reflexionsmasters dargestellt. Hierzu wird wiederum ein reelles Bild des Schirms 81 durch den zum Referenzstrahl der Aufnahme konjugierten Rekonstruktionsstrahl 83 erzeugt und am Ort des Bildes das holografische Auf-

nahmematerial 86 plaziert und zusätzlich zu diesem Objektlicht mit einem Referenzstrahl 87 beaufschlagt, der wiederum in seiner Geometrie der späteren Reflexionsgeometrie entsprechen muß.

Fig. 9 zeigt die holografische Aufnahme eines Spiegels 91 als Objekt, der als Zusatzhologramm gebraucht wird in der Anordnung nach Fig. 3, um die durch das Transmissionshologramm durchgehende 0-te Ordnung zurückzuweisen. Hier wird die Richtung der Reflexion durch die Einstellung des Einfallswinkels des Referenzstrahles 92 gegen die Hologrammplatte 93 bestimmt.

Wie oben bereits beschrieben, kann dies vorzugsweise auch mit Hilfe eines Reflexionshologramms von dem Schirm durchgeführt werden, der z.B. schon zur Aufnahme des Transmissionshologramms des Schirms verwendet wurde. Fig. 10 zeigt die Aufnahme eines solchen Reflexionshologramms 102 des Schirmes 101, der als Zusatzhologramm in dem Aufbau nach Fig. 3 verwendet werden kann. Vorzugsweise wird hier ein transparenter streuender Schirm 101 verwendet, der im Durchlicht 103 beleuchtet wird. Die Lage des Referenzstrahles 104 ist die gleiche wie später bei der Bildprojektion.

In Fig. 11 ist noch ein Querschnitt durch einen fertigen holografischen Projektionsschirm für den beispielhaften Fall dargestellt, daß drei Aufnahmeschichten für die Farben rot 111, grün 112 und blau 113 verwendet werden. Der holografische Schirm ist vorzugsweise ein Sandwich aus einer transparenten Trägerschicht 114, z.B. aus Glas oder Acrylglas, die mit einer Vergütung (Entspiegelungsschicht) 115 versehen ist, mit den holografischen Schichten (111,112,113) und einer, gegebenenfalls durch eine brechzahlangepaßte Klebe- oder Zwischenschicht 116 an eine zweite transparente Platte 117 zum Schutz der Hologrammschichten, ebenfalls mit einer Vergütung 118 versehen ist. Das Zusatzhologramm zur Unterbindung der 0-ten Ordnung nach Fig. 1 kann gleichzeitig auf die äußere Trägerplatte aufgebracht bzw. auch getrennt hergestellt und dann an die erste Platte 117 optisch angekittet werden.

Es kann anstatt von drei verschiedenen Schichten für die drei Farben auch eine einzige holografische Schicht vorhanden sein, in der drei Gitterstrukturen für drei Farben niedergelegt sind, oder aber andere Schicht- und Farbkombinationen. Wie oben ausführlich dargestellt, können die einzelnen Farben zuzuordnenden Aufnahmeflächen auch in Tripelpunkten lateral nebeneinander, analog zu Farbphosphoren von Fernsehröhren, auf einer gemeinsamen Trägerplatte angebracht sein.

14

Als Aufnahmematerial für die „dünnen“ Hologramme eignen sich z.B. Silberhalogenidmaterial und Photoresist. Für die „dicken“ Hologramme kommen vorzugsweise Silberhalogenidmaterial, Dichromat - Gelatine oder Photopolymer-Material in Frage.

Die Herstellung der beugenden holografischen Gitterstrukturen für die drei Grundfarben kann grundsätzlich mit drei Lasern in diesen Grundfarben durch gleichzeitige oder aufeinanderfolgende Belichtung in eine oder mehrere Aufzeichnungsschichten erfolgen, wenn die nachfolgende Weiterverarbeitung farbgetreu erfolgt, d.h. die Wiedergabewellenlänge der holografischen Gitter nach erfolgter Verarbeitung gleich der Aufnahmewellenlänge ist. Erfolgt bei der Verarbeitung jedoch eine Schrumpfung oder Schwellung der Schichten, so verschieben sich die Wiedergabewellenlängen. Dies kann, wie dem Fachmann bekannt, auch zur Erzeugung holografischer Gitterstrukturen für unterschiedliche Farben bei Belichtung mit nur einer Laserwellenlänge, durch vorheriges oder nachfolgendes Schwellen oder Schrumpfen der Aufzeichnungsschichten, ausgenutzt werden.

Der Ort des Referenz - Ausgangspunktes bei der Belichtung des holografischen Projektionsschirms richtet sich nach dem späteren erwünschten Aufstellungsort des Projektors. Projektions- bzw. Scanwinkel können je nach Anwendung unterschiedlich sein, z.B. $30^\circ \times 30^\circ$ oder $45^\circ \times 45^\circ$. Unterschiedliche Winkel in Azimuth und Elevation können ebenfalls realisiert werden. Diese geometrischen Parameter fließen in die Aufnahmegeometrie ein.

Der Abstrahlwinkel des Projektionshologramms des Bildschirms kann je nach Anwendung unterschiedlich sein, z.B. vertikal $\pm 10^\circ$ und $\pm 45^\circ$ horizontal. Diese Winkel können mit Hilfe von optischen Zusatzelementen in dem Strahlengang entweder des Referenz - oder des Objektstrahles während der Aufnahme eingestellt werden, wie bereits oben dargestellt wurde.

Durch den Einbau von optischen Zusatzelementen im Strahlengang des Referenz - oder Objektstrahles kann das holografische Bild ebenfalls beeinflusst werden, z.B. in der Helligkeitsverteilung der Wiedergabe oder zur gezielten Korrektur von Bildfehlern des Projektors.

Die Schirmvorlage für die holografischen Aufnahme braucht nicht plan zu sein. Es können gekrümmte Schirmoberflächen und für spezielle Projektionen beliebig

dreidimensional geformte Flächen verwendet werden, wie z.B. die Oberflächen von Litfaßsäulen oder Gipsköpfen.

An die Stelle von interferenzoptisch aufgezeichneten Masterhologrammen können auch computergenerierte, bzw. von computergenerierten Hologrammen erzeugte Hologramme treten, in die rechnerisch eine bestimmte Streufunktion niedergelegt worden ist.

Es versteht sich nach dem vorgesagten, daß der holografische Schirm im Sinne der Erfindung für eine oder mehrere Laserlinien verwendet werden kann. Diese Laserlinien müssen nicht zwingend im sichtbaren Spektrum liegen, sondern können bei Verwendung von geeigneten Aufnahmematerialien auch im UV- oder IR - Bereich, zur Aufnahme von Bildern mit technischen Sensoren wie Kameras, Photodetektoren oder Photodetektorarrays dienen.

Obwohl meist hohe Anforderungen an die spektrale Schmalbandigkeit (zeitliche Kohärenz) der Beleuchtungsquelle für die Bildschirmaufnahme gestellt werden, können bei der Wiedergabe, sowohl Lichtquellen mit einzelnen scharfen Spektrallinien wie Laser oder Gasentladungslampen als auch gefilterte breitbandige Lampen wie Halogen- und Glühlampen verwendet werden.

Patentansprüche

1. Holografischer Bildschirm für die Laserrückprojektion mindestens einer oder mehrerer Laserwellenlängen, der selektiv die einfallende schmalbandige Laserstrahlung in einen vorherbestimmten Raumwinkel diffus vorwärtsstret und gleichzeitig das störende, spektral breitbandige Umgebungslicht aus dem Betrachtungsraum durchläßt, **dadurch gekennzeichnet, daß** er mindestens ein holografisches Transmissionsgitter aufweist, das an einen Lichtabsorber gekoppelt ist.
2. Holografischer Bildschirm nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** er mindestens eine zusätzliche transparente Trägerschicht aufweist.
3. Holografischer Bildschirm nach Anspruch 1-2, **dadurch gekennzeichnet, daß** er mindestens eine zusätzliche Vergütungsschicht (Entspiegelungsschicht) aufweist.
4. Holografischer Bildschirm nach Anspruch 1-3, **dadurch gekennzeichnet, daß** er mindestens ein holografisches Oberflächengitter aufweist.
5. Holografischer Bildschirm nach Anspruch 1-3, **dadurch gekennzeichnet, daß** er mindestens ein holografisches Volumengitter aufweist.
6. Holografischer Bildschirm nach Anspruch 1-3, **dadurch gekennzeichnet, daß** er drei holografische Oberflächengitter aufweist, die drei Grundfarben zugeordnet sind.
7. Holografischer Bildschirm nach Anspruch 1-3, **dadurch gekennzeichnet, daß** er drei holografische Volumengitter aufweist, die drei Grundfarben zugeordnet sind.
8. Holografischer Bildschirm nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, daß** er die drei holografischen Volumengitter in einer Schicht enthält.

9. Holografischer Bildschirm nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, daß** er die drei holografischen Volumengitter in mehreren Schichten enthält.
10. Holografischer Bildschirm nach Anspruch 1 - 3 und 5, **dadurch gekennzeichnet, daß** er andere Kombinationen von holografischen Schichten und zugeordneten Grundfarben aufweist.
11. Holografischer Bildschirm nach Anspruch 1-10, **dadurch gekennzeichnet, daß** er mindestens ein Amplitudengitter oder anteilmäßiges Amplitudengitter aufweist, das die Rolle des Lichtabsorbers ganz oder teilweise übernimmt.
12. Holografischer Bildschirm nach Anspruch 1-11, **dadurch gekennzeichnet, daß** vor dem Transmissionshologramm in Richtung zum Betrachter eine Lamellenblendenfolie vorgestellt ist, die Störlicht aus dem Transmissionshologramm und von der Betrachterseite absorbiert.
13. Holografischer Bildschirm nach Anspruch 1-11, **dadurch gekennzeichnet, daß** vor dem Transmissionshologramm in Richtung zum Projektor eine Lamellenblendenfolie vorgestellt ist, die Störlicht von der Betrachterseite absorbiert.
14. Holografischer Bildschirm nach Anspruch 1-13, **dadurch gekennzeichnet, daß** vor dem Transmissionshologramm in Richtung zum Betrachter ein Volumenreflexionshologramm vorgestellt ist, das Störlicht aus dem Transmissionshologramm in Richtung zum Lichtabsorber reflektiert.
15. Holografischer Bildschirm nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Volumenreflexionshologramm als holografischer Spiegel, der die Störstrahlung gerichtet reflektiert, ausgelegt ist.
16. Holografischer Bildschirm nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Reflexionshologramm als Reflektor, der die Störstrahlung diffus reflektiert, ausgelegt ist.
17. Holografischer Bildschirm nach Anspruch 1-10, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Lichtabsorber als Hohlraumabsorber den Raum und Strahlengang hinter der Projektionsfläche auf das Transmissionshologramm bis auf die

Eintrittsöffnung des Projektionsstrahles auf das Hologramm lichtdicht umschließt.

18. Holografischer Bildschirm nach Anspruch 1-17, **dadurch gekennzeichnet, daß** Bilder durch serielles Punktabtasten (Punktscannen) eines modulierten Bildstrahles auf dem Schirm erzeugt werden.

19. Holografischer Bildschirm nach Anspruch 1-17, **dadurch gekennzeichnet, daß** Bilder durch paralleles Zeilenabtasten (Zeilenscannen) einer modulierten Bildzeile auf dem Schirm erzeugt werden.

20. Holografischer Bildschirm nach Anspruch 1-17, **dadurch gekennzeichnet, daß** Bilder durch flächenhafte raumfeste Projektion einer Bildmatrix eines Lichtventilmodulators auf dem Schirm erzeugt werden.

21. Holografischer Bildschirm nach Anspruch 1-20, **dadurch gekennzeichnet, daß** anstatt Laserquellen bei der Bildwiedergabe schmalbandige Leuchtdioden als Lichtquellen verwendet werden.

22. Holografischer Bildschirm nach Anspruch 1-20, **dadurch gekennzeichnet, daß** zur Bildwiedergabe eine spektral gefilterte breitbandige Lampe verwendet werden.

23. Verfahren zur Herstellung eines holografischen Bildschirms nach Anspruch 1-17, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Hologramm in einem Schritt als Leith-Upatniek Transmissionshologramm mit einem diffusen reflektierenden Schirm als Objekt und divergentem Referenzstrahl aufgenommen wird.

24. Verfahren zur Herstellung eines holografischen Bildschirms nach Anspruch 1-17, **dadurch gekennzeichnet, daß** ein Masterhologramm in einem zweistufigen Verfahren zur Herstellung des holografischen Bildschirms verwendet wird.

25. Verfahren zur Herstellung eines holografischen Bildschirms nach Anspruch 24, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Objekt ein diffus reflektierender Schirm ist mit dem ein Transmissionsmaster hergestellt wird.

26. Verfahren zur Herstellung eines holografischen Bildschirms nach dem Anspruch 24, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Objekt ein diffus transmittierendes Objekt ist.

tierender Schirm ist, mit dem ein Transmissions- oder Reflexionsmaster hergestellt wird.

27. Verfahren zur Herstellung eines holografischen Bildschirms nach Anspruch 24-26, **dadurch gekennzeichnet, daß** bei der Aufnahme des Schirmhologramms aus dem Master die Bildebene des Schirmes in der Ebene des Hologramms liegt.

28. Verfahren zur Herstellung eines holografischen Bildschirms nach Anspruch 24-26, **dadurch gekennzeichnet, daß** bei der Aufnahme des Schirmhologramms aus dem Master die Bildebene des Schirmes vor der Ebene des Hologramms liegt.

29. Verfahren zur Herstellung eines holografischen Bildschirms nach Anspruch 24-26, **dadurch gekennzeichnet, daß** bei der Aufnahme des Schirmhologramms aus dem Master die Bildebene des Schirmes hinter der Ebene des Hologramms liegt.

30. Verfahren zur Herstellung eines holografischen Bildschirms nach Anspruch 23-29, **dadurch gekennzeichnet, daß** in mindestens einem der Aufnahmeschritte durch optische Zusatzelemente im Strahlengang Helligkeitsverteilung und Bildfehler korrigiert werden.

31. Verfahren zur Herstellung eines holografischen Bildschirms nach Anspruch 23-29, **dadurch gekennzeichnet, daß** optische Elemente im Referenzstrahlengang eingebaut werden, die Bildfehler eines Laserscanners kompensieren.

32. Verfahren zur Herstellung eines holografischen Bildschirms nach Anspruch 23-29, **dadurch gekennzeichnet, daß** optische Elemente im Referenzstrahlengang eingebaut werden, die Bildfehler bei flächenhafter Projektion einer Bildmatrix kompensieren.

33. Verfahren zur Herstellung eines holografischen Bildschirms nach Anspruch 23-32, **dadurch gekennzeichnet, daß** durch Mehrstrahlbeleuchtung des Schirms die Gesamtstreulichtverteilung des holografischen Bildschirms eingestellt wird.

34. Verfahren zur Herstellung eines holografischen Bildschirms nach Anspruch 23-33, **dadurch gekennzeichnet, daß** durch optische Zusatzelemente in der Schirmbeleuchtung die Gesamtstreulichtverteilung des holografischen Bildschirms eingestellt wird.

35. Verfahren zur Herstellung eines holografischen Bildschirms nach Anspruch 24, **dadurch gekennzeichnet, daß** ein computergeneriertes Hologramm zur Herstellung des holografischen Bildschirms verwendet wird.

1/6

Fig.1

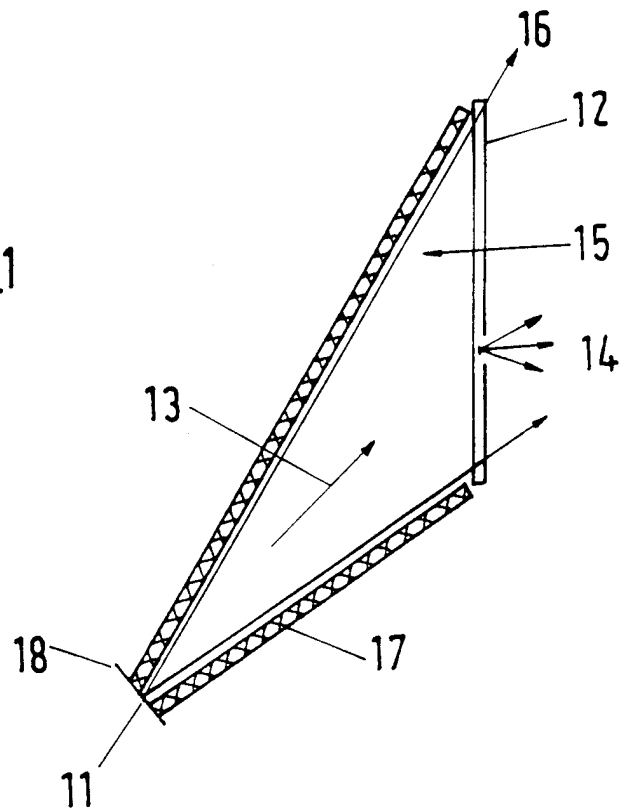
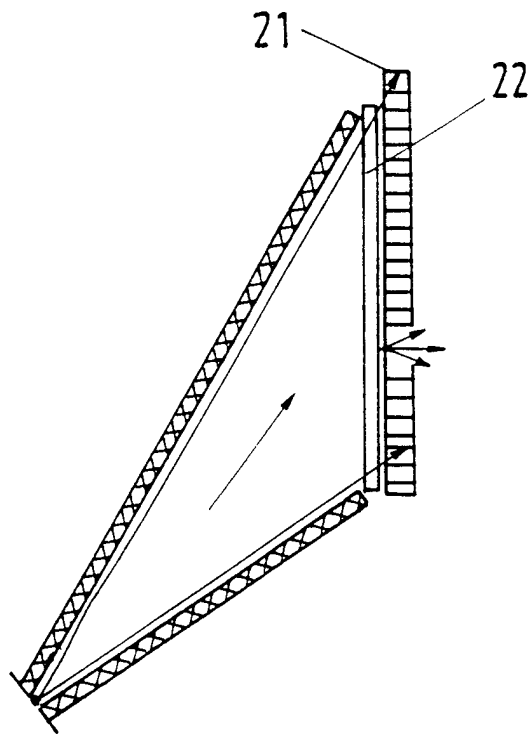


Fig.2



2/6

Fig.3

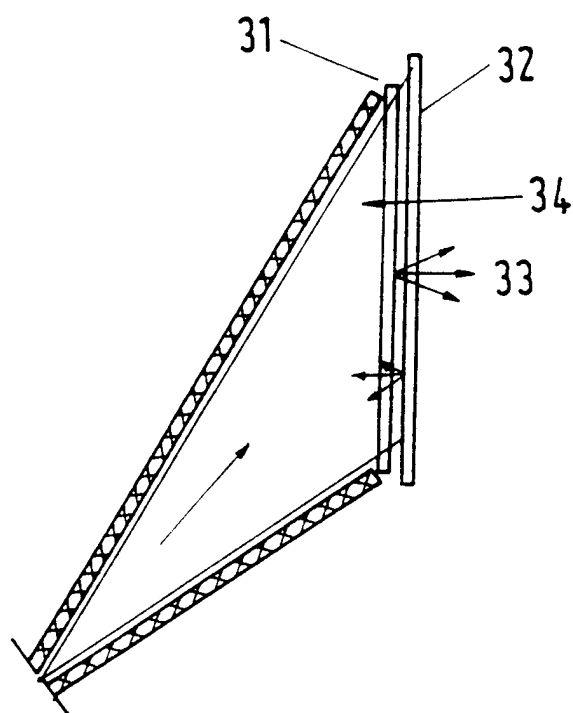
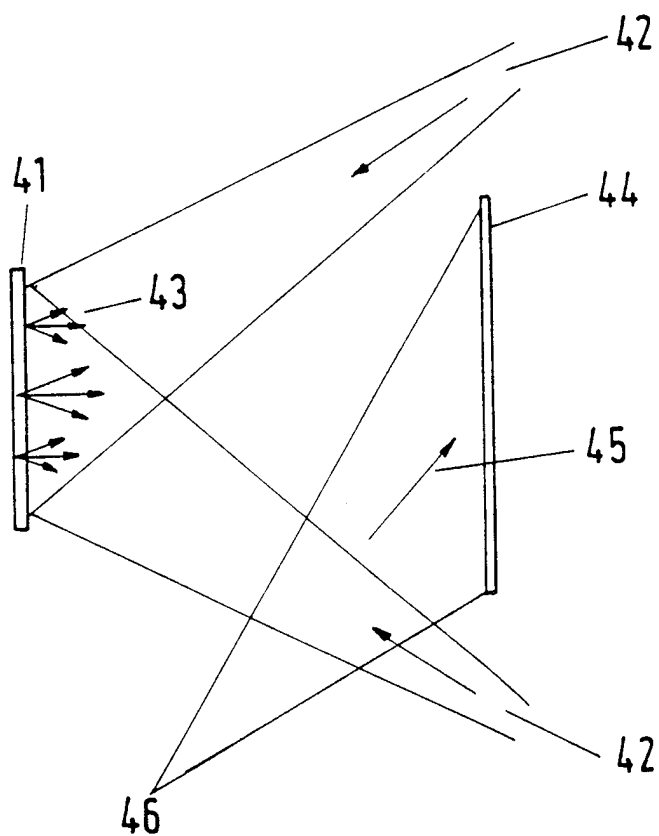


Fig.4



3/6

Fig5

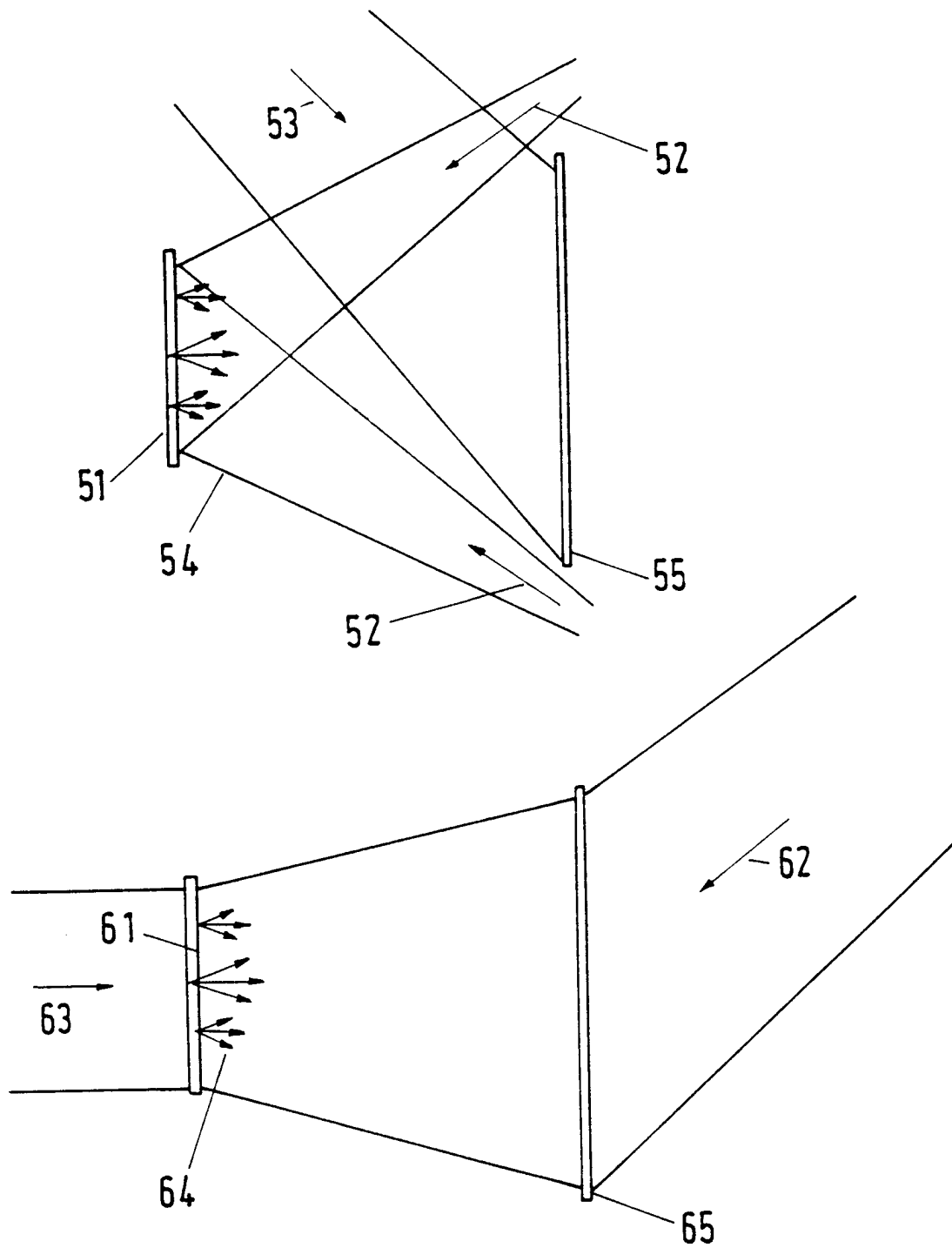


Fig.6

Fig.7

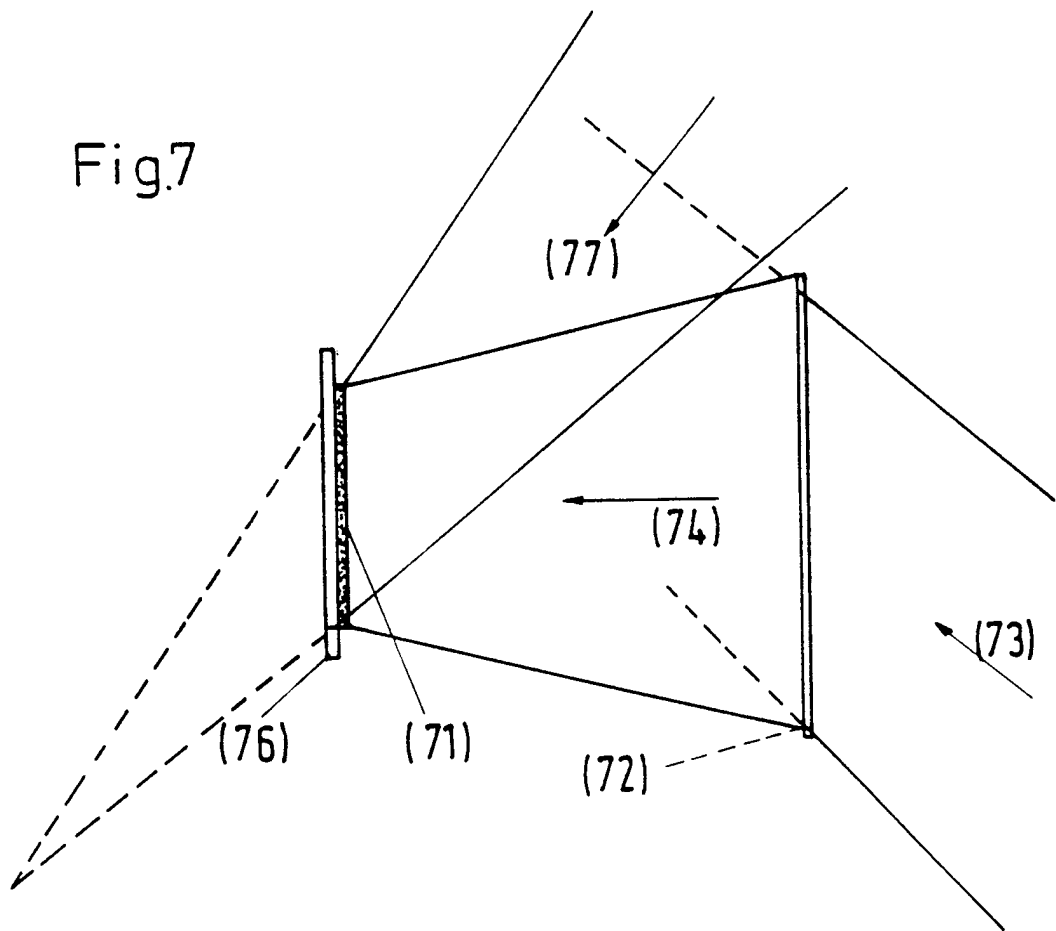
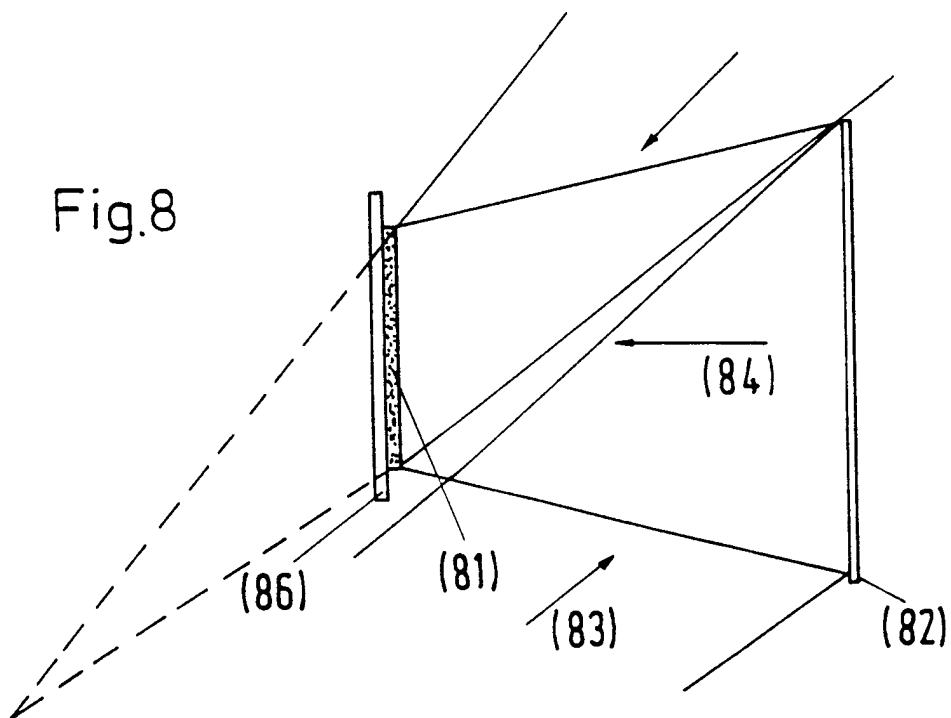


Fig.8



5/6

Fig.9

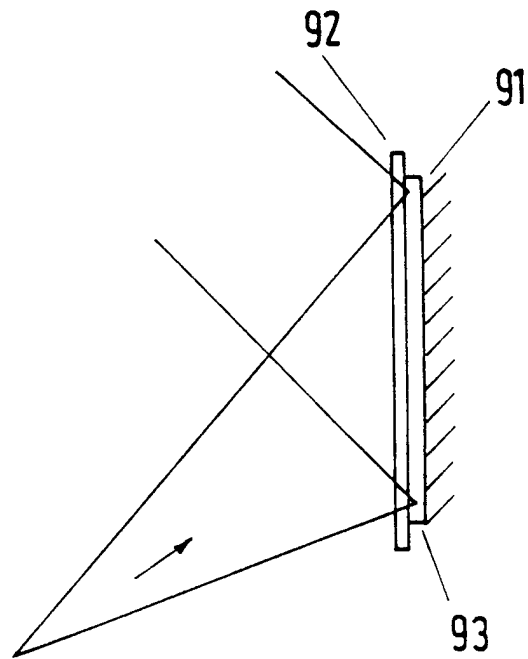
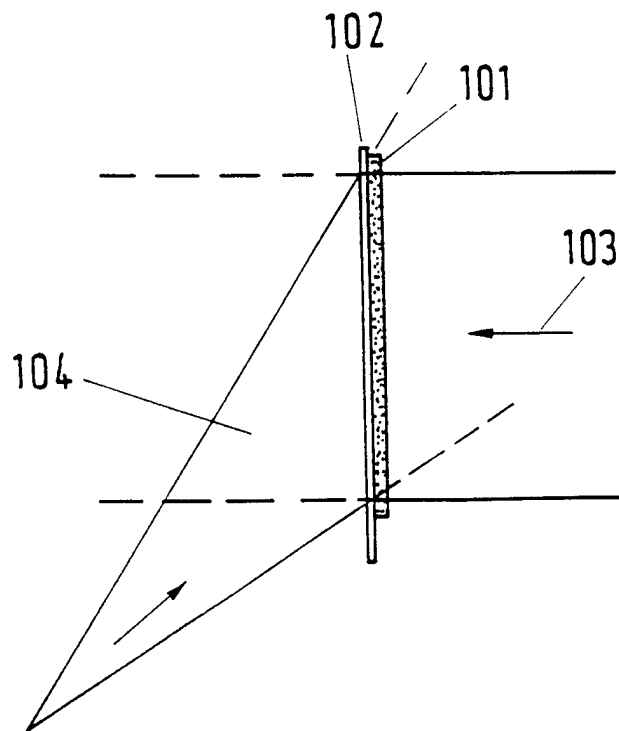


Fig.10



6/6

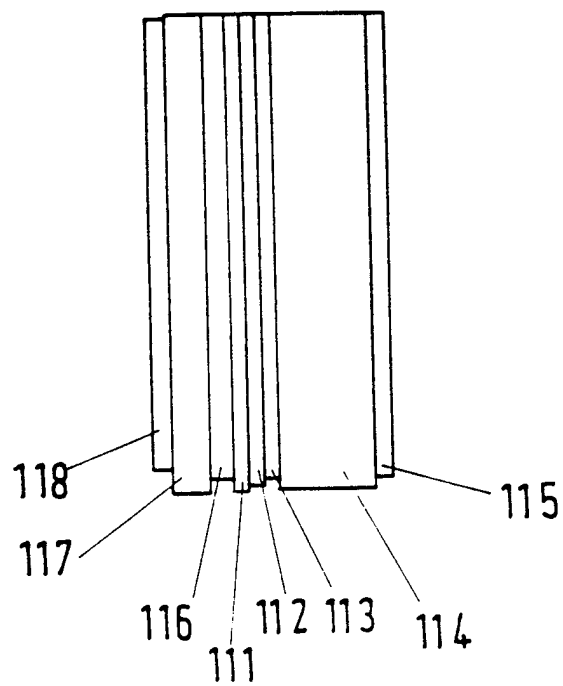


Fig.11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 98/00135

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 6 G02B5/32 G03B21/60

According to International Patent Classification(IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 6 G02B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	FR 2 699 289 A (THOMSON CSF) 17 June 1994 see page 6, line 11 - page 7, line 36 see figures 4A,4B,5	1,2,12, 23
A	---	6-9,26
Y	EP 0 349 884 A (HUGHES AIRCRAFT CO) 10 January 1990 see column 3, line 33 - column 5, line 28 see figures 4,5	1,2,12, 23
A	---	1
	US 4 610 499 A (CHERN MAO-JIN ET AL) 9 September 1986 see column 3, line 54 - column 4, line 37 see figure 2 --- -/--	



Further documents are listed in the continuation of box C.



Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

26 May 1998

Date of mailing of the international search report

05/06/1998

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Krametz, E

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Internatio. Application No
PCT/EP 98/00135

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 4 984 856 A (MOSS GAYLORD E ET AL) 15 January 1991 see column 4, line 15 - column 5, line 11 ---	2,3
A	EP 0 349 947 A (HUGHES AIRCRAFT CO) 10 January 1990 see column 3, line 48 - column 4, line 36 see figure 2 ---	12
A	DE 34 19 098 A (BARTELT HARTMUT DR;STREIBL NORBERT) 28 November 1985 see page 8, line 7 - line 24 see claims 1,2,7 ---	5,7-9, 18,19
A	FR 2 640 772 A (LUNAZZI JOSE) 22 June 1990 see page 3, line 23 - line 30 see page 4, line 22 - line 28 see figure 1 -----	26,35

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No
PCT/EP 98/00135

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
FR 2699289 A	17-06-1994	WO 9534832 A EP 0714522 A JP 9503078 T	21-12-1995 05-06-1996 25-03-1997
EP 0349884 A	10-01-1990	US 5016950 A CA 1328752 A DE 68920920 D DE 68920920 T DK 330989 A JP 2072321 A	21-05-1991 26-04-1994 16-03-1995 24-05-1995 06-01-1990 12-03-1990
US 4610499 A	09-09-1986	NONE	
US 4984856 A	15-01-1991	CA 2022016 A,C DE 69026775 D DE 69026775 T EP 0415245 A ES 2086339 T JP 2055575 C JP 3092886 A JP 7076861 B	01-03-1991 05-06-1996 05-09-1996 06-03-1991 01-07-1996 23-05-1996 18-04-1991 16-08-1995
EP 0349947 A	10-01-1990	US 4960314 A CA 1320366 A DE 68911218 D DE 68911218 T DK 170006 B JP 2077737 A	02-10-1990 20-07-1993 20-01-1994 07-07-1994 24-04-1995 16-03-1990
DE 3419098 A	28-11-1985	NONE	
FR 2640772 A	22-06-1990	NONE	

A. KLASSTIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 6 G02B5/32 G03B21/60

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 6 G02B

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie ^o	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	FR 2 699 289 A (THOMSON CSF) 17. Juni 1994 siehe Seite 6, Zeile 11 - Seite 7, Zeile 36 siehe Abbildungen 4A, 4B, 5	1, 2, 12, 23
A	---	6-9, 26
Y	EP 0 349 884 A (HUGHES AIRCRAFT CO) 10. Januar 1990 siehe Spalte 3, Zeile 33 - Spalte 5, Zeile 28 siehe Abbildungen 4, 5	1, 2, 12, 23
A	US 4 610 499 A (CHERN MAO-JIN ET AL) 9. September 1986 siehe Spalte 3, Zeile 54 - Spalte 4, Zeile 37 siehe Abbildung 2	1

	-/--	



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

^o Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen:

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

26. Mai 1998

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

05/06/1998

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Krametz, E

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie ^o	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 4 984 856 A (MOSS GAYLORD E ET AL) 15.Januar 1991 siehe Spalte 4, Zeile 15 - Spalte 5, Zeile 11 ---	2,3
A	EP 0 349 947 A (HUGHES AIRCRAFT CO) 10.Januar 1990 siehe Spalte 3, Zeile 48 - Spalte 4, Zeile 36 siehe Abbildung 2 ---	12
A	DE 34 19 098 A (BARTELT HARTMUT DR;STREIBL NORBERT) 28.November 1985 siehe Seite 8, Zeile 7 - Zeile 24 siehe Ansprüche 1,2,7 ---	5,7-9, 18,19
A	FR 2 640 772 A (LUNAZZI JOSE) 22.Juni 1990 siehe Seite 3, Zeile 23 - Zeile 30 siehe Seite 4, Zeile 22 - Zeile 28 siehe Abbildung 1 -----	26,35

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationaler Aktenzeichen

PCT/EP 98/00135

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
FR 2699289 A	17-06-1994	WO 9534832 A EP 0714522 A JP 9503078 T	21-12-1995 05-06-1996 25-03-1997
EP 0349884 A	10-01-1990	US 5016950 A CA 1328752 A DE 68920920 D DE 68920920 T DK 330989 A JP 2072321 A	21-05-1991 26-04-1994 16-03-1995 24-05-1995 06-01-1990 12-03-1990
US 4610499 A	09-09-1986	KEINE	
US 4984856 A	15-01-1991	CA 2022016 A,C DE 69026775 D DE 69026775 T EP 0415245 A ES 2086339 T JP 2055575 C JP 3092886 A JP 7076861 B	01-03-1991 05-06-1996 05-09-1996 06-03-1991 01-07-1996 23-05-1996 18-04-1991 16-08-1995
EP 0349947 A	10-01-1990	US 4960314 A CA 1320366 A DE 68911218 D DE 68911218 T DK 170006 B JP 2077737 A	02-10-1990 20-07-1993 20-01-1994 07-07-1994 24-04-1995 16-03-1990
DE 3419098 A	28-11-1985	KEINE	
FR 2640772 A	22-06-1990	KEINE	