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

(10) **DE 696 35 437 T2** 2006.07.27

(12) # Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 0 763 220 B1**
(21) Deutsches Aktenzeichen: **696 35 437.3**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/IB96/00269**
(96) Europäisches Aktenzeichen: **96 905 972.4**
(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 1996/031803**
(86) PCT-Anmeldetag: **01.04.1996**
(87) Veröffentlichungstag der PCT-Anmeldung: **10.10.1996**
(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **19.03.1997**
(97) Veröffentlichungstag der Patenterteilung beim EPA: **16.11.2005**
(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **27.07.2006**

(51) Int Cl.[8]: ***G03B 21/62*** (2006.01)

(30) Unionspriorität:
418231 **06.04.1995** **US**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE, DK, FR, GB, IT

(73) Patentinhaber:
Koninklijke Philips Electronics N.V., Eindhoven, NL

(74) Vertreter:
Volmer, G., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 52066 Aachen

(72) Erfinder:
GOLDENBERG,Jill F.,, 5656 AA Eindhoven, NL; HUANG, Qiang, Cortlandt Manor, US; VAN DEN VEN, C., Johannes, NL-5521 JV Eersel, NL

(54) Bezeichnung: **DURCHSICHTPROJEKTIONSSCHIRM MIT REDUZIERTEM GRANULATIONSEFFEKT**

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

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf einen Rückprojektionsschirm, und insbesondere bezieht sie sich auf einen derartigen Schirm zur Verwendung von Projektoren, wobei der Projektionsstrahl nahezu kohärent ist.

[0002] Rückprojektionsschirme übertragen zu einem Zuschauerraum ein auf die Rückseite des Schirms projiziertes Bild. Die Leistung von Rückprojektionsschirmen wird gekennzeichnet durch ihre Verstärkung (definiert als die Leuchtdichte des Schirms in der Vorwärtsrichtung gegenüber der Leuchtdichte von einem idealen Lambertian Reflektor), durch ihren Zuschauraum, durch die Auflösung, durch den Kontrast und durch die Artefakte. Ein idealer Rückprojektionsschirm würde ein helles, knackiges strahlendes Bild hohen Kontrastes für einen großen Zuschauraum liefern. Das heißt, der Schirm sollte Folgendes haben: 1) eine hohe Auflösung, 2) keine Artefakte aufweisen, 3) Kontrastverbesserung, 4) eine hohe Verstärkung und 5) Streuung des Lichtes von dem Projektor in einen großen bereich vertikaler und horizontaler Winkel.

[0003] In Wirklichkeit gibt es einen Schirm mit all diesen Merkmalen nicht. Um beispielsweise die Schirmverstärkung zu steigern muss der Schirmentwerfer den Zuschauraum begrenzen. Typischerweise werden Zuschauer von Rückprojektionsschirmen über einen großen Bereich von horizontalen Winkeln zerstreut (d.h. sie befinden sich überall im Raum) aber sie fallen alle innerhalb eines begrenzten Bereichs von vertikalen Winkeln (keiner ist nahe die der Decke oder unmittelbar unterhalb des Schirms). Deswegen kann zur Steigerung der Helligkeit des Systems die Schirmverstärkung dadurch gesteigert werden, dass die vertikale Verteilung des Lichtes von etwa 90 Grad auf typischerweise etwa 8 Grad begrenzt wird. Durch "Zusammenpressung" des Lichtes in diesen begrenzten Zuschauraum kann die Verstärkung des Schirms so groß wie 6.0 gemacht werden.

[0004] Eine hohe Auflösung erfordert sehr kleine Strukturen in dem Schirm. Ein hoher Kontrast erfordert einen Mechanismus zum Reduzieren des Betrags an Umgebungslicht, das an dem Schirm reflektiert wird. Typischerweise wird dem Schirm ein schwarzer Farbstoff hinzugefügt oder es werden schwarze Streifen zu der Vorderfläche des Schirms hinzugefügt zum Reduzieren von Reflexion von Umgebungslicht. Mit schwarzem Farbstoff wird der Kontrast gesteigert aber die Verstärkung wird reduziert (Licht von dem Projektor wird gleichzeitig mit dem Umgebungslicht absorbiert). Mit schwarzen Streifen wird die Auflösung durch den Mittenabstand der Streifen begrenzt.

[0005] Deswegen müssen verschiedene Schirmentwurfskonzepte angewandt werden um den optimalen Schirm für eine spezifische Applikation zu entwerfen.

[0006] Der kommerzielle Markt für Rückprojektionsschirme kann in zwei Hauptkategorien aufgeteilt werden: Schirme für Konsumenten-Rückprojektionsfernsehen (PTV), und Schirme für spezielle Applikationen.

[0007] Fast alle PTVs verwenden Doppellinsenschirme mit hohem Kontrast und hoher Verstärkung. **Fig. 1** zeigt einen Längsschnitt durch einen typischen Doppellinsenschirm, wie dieser beispielsweise in dem US Patent 5.066.099 beschrieben ist. Der Schirm besteht aus zwei Teilen. Der hintere Teil ist eine Fresnel-Linse **10**, die im Allgemeinen entworfen ist zum Abbilden der Ausgangspupille des Projektors auf der Bildfläche. Dadurch kann ein Zuschauer, der auf der Achse sitzt, das ganze Bild sehen. Der vordere Teil **12** hat eine vordere **14** und hintere **16** vertikal orientierte Linsenfläche (eine mit schwarzen Streifen **18**) mit einer Bulkschicht zwischen den beiden Oberflächen. Eine Bulkschicht wird definiert als ganz kleine gallertartige Teilchen **19**, die überall in den Schirm suspendiert sind. Die Teilchen (typischerweise kleiner als 40 µm) haben eine etwas andere Brechzahl als die des Schirms. Die Bulkdiffusionsschicht ist entworfen um die gewünschte vertikale Verteilung des Bildes in dem Zuschauraum zu schaffen, typischerweise etwa 8 Grad.

[0008] Die hintere Linsenfläche **16** fokussiert das von der Fresnel-Linse herrührende Licht zu Streifen in der Ebene der vorderen Fläche **14**. Die Linsen **14a** der vorderen Linsenfläche sind zu diesen Lichtstreifen ausgerichtet und sie streuen das Licht in einem weiten Bereich von horizontalen Winkeln. Zwischen diesen Streifen, wo der Schirm nicht optisch aktiv ist, sind Streifen **18** aus schwarzer Farbe vorgesehen. Die schwarzen Streifen haben keinen Einfluss auf das aus dem Projektor kommende Licht, aber sie absorbieren etwa 50% des Umgebungslichtes, das auf die vordere Oberfläche des Schirms trifft.

[0009] Für diesen Schirmtyp gibt es zwischen dem Mittenabstand der Linsenfläche und der Dicke des Schirm

ein direktes Verhältnis. Eine minimale Dicke ist erforderlich um eine mechanische Strapazierfähigkeit zu gewährleisten. Dies begrenzt den minimalen Mittenabstand (Abstand zwischen den Linsen) auf etwa 0,5 mm, was an sich wieder die endgültige Auflösung des Schirms begrenzt.

[0010] Andere Schirme werden für Nischen-Märkte hergestellt. Diffusionsschirme (rotationssymmetrische Bulk- oder Oberflächendiffusionsschichten), die eine geringe Verstärkung haben (weniger als 2.0) und keine Kontrastverbesserung oder Farbstoffe werden in Systemen mit hoher Auflösung, wie Lesegeräte für Mikrofilm/Mikrofilmkarte verwendet.

[0011] Nicht geschwärzte Linsenschirme (siehe Fig. 2) sind typischerweise einteilig. Die Fresnel-Linse **20** befindet sich auf der hinteren Fläche und auf der Vorderseite befindet sich eine Linsenfläche **22**. Überall in der Bulkschicht sind Diffusionsteilchen **19**. Die Kombination der Bulk-Diffusionsschicht und der Linsen schafft ein einen Zuschauraum mit einem hohen Seitenverhältnis und einer hohen Verstärkung. Da es zwischen der Stärke des Schirms und dem Mittenabstand der Linsen keine Beziehung gibt, wird die Auflösung nur durch die Fähigkeit der einzelnen Linsenelemente begrenzt. Die Fresnel-Linse kann auf der hinteren Fläche vorgesehen sein, wenn der Abstand von der Ausgangspupille zu dem Schirm wenigstens 1,33 mal größer ist als der Durchmesser des Schirms. Sonst ist ein einzelner Teil für die Fresnel-Linse erforderlich. Bradley u. a. "IEEE Trans. on Consumer Electronics"; v. 31; (3); Seiten 185–193, Aug.'85.

[0012] Fig. 3 zeigt einen Rückprojektionsschirm von dem als TIR-Schirm bezeichneten Typ. Ein derartiger Schirm ist in dem US Patent 4.730.897 der Anmelderin der vorliegenden Erfindung, beschrieben. Diese Schirme benutzen Bulk-Diffusionsschichten, manchmal begrenzt auf ein Gebiet **38**, grenzend an die Linsen, für vertikale Verteilung und eine einzige vordere Fläche **30** für die horizontale Verteilung. Die Linsen **30a** haben steile Seitenwände **32**, die das Licht zu dem Spitzengebiet **34** der Linsen total reflektieren (TIRs). Das Gebiet zwischen den Linsen kann mit einer geschwärzten Substanz **36** derart gefüllt werden, dass das Reflexionsvermögen der steilen Seitenwandflächen beibehalten wird, um dadurch einen hohen Kontrast zu schaffen. Dieser Schirm kann die Fresnel-Linse **39** auf der hinteren Fläche oder auf einem zweiten Teil haben. Dieser Schirm hat ähnliche Charakteristiken wie der Doppellinsenschirm, d.h. einen hohen Kontrast und eine hohe Verstärkung, aber die Auflösung kann verbessert werden, weil es zwischen der Schirmstärke und der Auflösung kein Verhältnis gibt. Es wurden bereits Schirme mit einem Mittenabstand von 0,2 hergestellt.

[0013] Rückprojektionsschirme enthalten typischerweise einen gewissen Mechanismus, wie sehr kleine gallertartige Teilchen zum Streuen des Lichtes in den gewünschten Zuschauraum. Wenn diese Schirme mit hohen Verstärkungssystemen verwendet werden, wobei der Projektionsstrahl nahezu kohärent ist, lässt sich oft ein störender Artefakt in Form eines Granulationsmusters spüren. Dieses Granulationsmuster ist am deutlichsten bei Schirmen mit einer hohen Verstärkung.

[0014] Granulation lässt sich auch beobachten bei Lesegeräten für Mikrofilmkarten und Mikrofilme, wobei die f/# des Strahles und die Verstärkung hoch ist. Granulationsbildung wird sehr oft assoziiert mit Laserbeleuchtung. Siehe beispielsweise D. Gabor, IBM "J. Res. Develop." September 1970, Seiten 509–514. Dies tritt auf, wenn beliebige Flächen mit nahezu kohärenten Strahlen beleuchtet werden.

[0015] Granulationsreduktion ist in der Literatur bereits beschrieben worden. Es ist durchaus bekannt, dass zum Reduzieren der Sichtbarkeit von Granulation die Kohärenz des Beleuchtungsstrahles gestreut werden muss. Dies ist dadurch erreicht, dass der eine Diffusionsschirm gegenüber dem anderen verlagert wird und die Diffusionsflächen getrennt werden. S. Lowenthal u. a. "J. Opt. Soc. Am" Seiten 847–851 (1971); N. George u. a. "Opt. Commun." Seiten 71–71 (1975); E.G. Rawson u. a. "J. Opt. Soc. Am", Seiten 1290–1294 (1976) und L.G. Shirley u. a. "J. Opt. Soc. Am. A" Seiten 765–781 (1989).

[0016] Es wurde beobachtet, dass Steigerung des Betrags an Diffusion und Steigerung der Stärke der Diffusionsschicht auch die Sichtbarkeit der Granulation reduzieren kann, aber andererseits beeinträchtigt dies die Auflösung des Schirms.

AUFGABEN UND ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0017] Es ist nun u. a. eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung das Granulationsmuster bei Rückprojektionsschirmen zu reduzieren.

[0018] Wiedergabeschirm ist eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung, das Granulationsmuster bei Rückprojektionsschirmen zu reduzieren, während die Auflösung, der Zuschauraum und die Verstärkung des

Schirms beibehalten werden.

[0019] Noch eine andere Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, das Granulationsmuster in einem Rückprojektionsschirm von dem Typ mit einer vorderen Linsenfläche zur horizontalen Streuung des Lichtes in einen Zuschauraum zu reduzieren.

[0020] Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, den bestehenden TIR-Typ Rückprojektionsschirm zu modifizieren zum Reduzieren des Granulationsmusters ohne Beeinträchtigung der Auflösung oder ohne eine wesentliche Änderung des Zuschauraums oder der Verstärkung des Schirms.

[0021] Im Falle von Rückprojektionslichtventilsystemen setzt das Licht von der Projektionslinse einem sehr kleinen Winkel zu dem Schirm entgegen. Nach unserer Erfindung haben wir erkannt, dass die Bulk-Diffusionsteilchen dieses Licht ablenken, wodurch Granulation entsteht. Für eine f/3 Projektionslinse, einen 52 Zoll Schirm und ein 1,3 Zoll Flüssigkristall-Lichtventil ist die Winkelgröße des projizierten Strahles nur etwa ±0,32 Grad. Dieser kleine Winkel führt zu einer großen räumlichen Kohärenzlänge am Schirm. Lichtbrechung von Teilchen innerhalb der Kohärenzlänge wird kohärent stören, was zu Granulation führt. Wir können die Kohärenzlänge durch Verwendung der nachfolgenden Gleichung berechnen:

$$\rho = 0{,}612\lambda/\sin(\alpha) \qquad \text{(Gl.1)}$$

wobei ρ die Kohärenzlänge ist, wobei λ die Wellenlänge des Lichtes ist und wobei α die Winkelgröße des Strahles ist. Für λ = 0,55 μm, ρ = 72 μm. Typischerweise haben die Bulk-Diffusionsteilchen in den Schirmen eine Größe von weniger als 40 μm. Da verschiedene dieser Teilchen innerhalb der Kohärenzlänge liegen, wird am Schirm ein Granulationsmuster erscheinen.

[0022] Im Gegensatz dazu ist für ein CRT-System, wobei 5-Zoll-Röhren verwendet werden, die Kohärenzlänge am Schirm nur 7 μm. Deswegen ist die Lichtbrechung an dem einen Teilchen völlig inkohärent gegenüber der Lichtbrechung an dem nächsten Teilchen. Dadurch gibt es keine Interferenz und keine Granulation.

[0023] Weiterhin haben wir nach der vorliegenden Erfindung erkannt, dass die Granulation in Rückprojektionsschirmen von dem Typ mit einer vorderen Linsenfläche dadurch wesentlich reduziert werden kann, dass ein Brechungsgitter in der hinteren Fläche des Schirms vorgesehen wird.

[0024] Auf entsprechende Weise umfasst ein Rückprojektionsschirm nach der vorliegenden Erfindung die nachfolgenden Elemente: eine vordere Fläche, Mittel zum Zerstreuen des projizierten Lichtes in einen Zuschauraum, eine hintere Phasengitterfläche und ein nicht zerstreuendes Gebiet, das die Diffusionsmittel und das Phasengitter voneinander trennt.

[0025] Derartige Diffusionsmittel können Bulk-Diffusion, Oberflächendiffusion oder holographische Diffusion oder aber eine Kombination von zwei oder mehr dieser Mittel umfassen.

[0026] Nach einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird die vordere Fläche des Schirms durch eine Anordnung zueinander paralleler Linsen zur horizontalen Streuung projizierten Lichtes in den Zuschauraum definiert, beispielsweise eine TIR Linsenfläche, wobei die Linsen steile Seitenwände zur Totalreflexion (TIR) haben.

[0027] EP-A 732615, wobei es sich um den Stand der Technik handelt unter Art 54(3),(4) EPC für die überlappenden Kontraktstaaten DE, FR, GB beschreibt einen Rückprojektionsschirm mit einer vorderen Fläche, einer hinteren Fläche und mit ersten Diffusionsmitteln zum Zerstreuen von Licht in einen Zuschauraum, und mit zweiten Diffusionsmitteln und mit einem nicht zerstreuenden Gebiet zwischen den ersten und zweiten Diffusionsmitteln, wobei die genannten zweiten Diffusionsmittel aus einem Bulk-Diffusionsgebiet bestehen.

[0028] Nach einer anderen bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfassen die Diffusionsmittel ein Bulk-Diffusionsgebiet zwischen dem nichtzerstreuenden Gebiet und der Linsenfläche und/oder innerhalb der Linsenfläche. Auf alternative Weise weist ein derartiges Diffusionsmittel eine Aufrauhung der vorderen Linsenfläche auf. Das Phasengitter wird durch eine regelmäßige Anordnung von Gitterelementen mit einem festen Mittenabstand von etwa 15 bis 60 μm definiert, wobei der Mittenabstand der Abstand zwischen den Mitten benachbarter Phasengitterelement ist. Eine derartige Anordnung kann zweidimensional sein, beispielsweise eine x-y-Matrix, aber für die Herstellbarkeit vorzugsweise eindimensional, beispielsweise ein lineares Gitter zueinander paralleler Elemente. Vorzugsweise haben die Elemente des Phasengitters einen gekrümm-

ten Querschnitt, beispielsweise, einen sphärischen oder zylinderförmigen Querschnitt, und eine Krümmungsradius von etwa 50 bis 300 µm. Unterhalb eines Mittenabstandes von etwa 15 µm und/oder eines Radius von etwa 50 µm wird die Winkelstreuung des Lichtes, verursacht durch das Gitter, übermäßig, was zu einer reduzierten Verstärkung und Auflösung führt; über einem Mittenabstand von etwa 60 µm und/oder einem Radius von etwa 300 µm wird die Auflösung reduziert und das Gitter wird als Granulationsreduzierer weniger effektiv.

[0029] Eine Fresnel Linse ist in einem separaten Teil vorgesehen, der sich hinter dem Phasengitter befindet.

[0030] Die Verwendung eines derartigen Brechungsgitters zum Modifizieren des bestehenden Rückprojektionsschirms vom TIR-Typ reduziert wesentlich das Granulationsmuster ohne Beeinträchtigung der Auflösung oder ohne wesentliche Änderung des Zuschauraums oder der Verstärkung des Schirms.

[0031] Nach einer anderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird das Brechungsgitter durch Diffusionsmittel ersetzt, entweder durch Flächen- oder Bulk-Diffusion.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNG

[0032] Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und werden im Folgenden näher beschrieben. Es zeigen:

[0033] Fig. 1 einen Längsschnitt durch einen bekannten zweiteiligen Doppellinsen-Rückprojektionsschirm mit einem Vorderteil mit einer vorderen und hinteren Linsenfläche, und mit einem Hinterteil mit einer vorderen Fresnel Linsenfläche,

[0034] Fig. 2 einen Längsschnitt durch einen bekannten einteiligen Rückprojektionsschirm mit einer vorderen Linsenfläche und einer hinteren Fresnel Linsenfläche,

[0035] Fig. 3 einen Längsschnitt durch einen bekannten zweiteiligen Rückprojektionsschirm mit eine, Vorderteil mit einer vorderen Linsenfläche, und einem Hinterteil mit einer vorderen Fresnel Linsenfläche,

[0036] Fig. 4 einen Längsschnitt durch einen zweiteiligen Rückprojektionsschirm nach der vorliegenden Erfindung mit einem Vorderteil mit einer vorderen Linsenfläche und einer hinteren Brechungsgitterfläche, und einem Hinterteil mit einer vorderen Fresnel Linsenfläche,

[0037] Fig. 5 bis Fig. 7 eine graphische Darstellung von Zeilenabtastungen der Leuchtdichteausgänge, die Granulation darstellen von drei Schirmen, die je eine andere Schirmkonfiguration haben, und

[0038] Fig. 8 eine graphische Darstellung einer Zeilenabtastung, welche die Winkelverteilung des Leuchtdichteausgangs eines Gitters darstellen, geeignet zur Verwendung bei der vorliegenden Erfindung, dies im Vergleich zu einer Berechnung eines erwarteten Leuchtdichteausgangs für ein derartiges Gitter unter Anwendung der Fourier Brechungstheorie,

[0039] Fig. 9 einen vergrößerten Teil der Brechungsgitterfläche nach Fig. 4, wobei der Flächenumfang der Gitter dargestellt ist, und

[0040] Fig. 10 einen Längsschnitt durch ein Beispiel eines zweiteiligen Rückprojektionsschirms, wobei das Brechungsgitter durch ein Bulk-Diffusionsgebiet ersetzt worden ist.

BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0041] Fig. 4 zeigt die bevorzugte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, wobei ein Rückprojektionsschirm einen Vorderteil oder Substrat aufweist mit einer vorderen Linsenanordnung **40**, einem Bulk-Diffusionsgebiet **48** und einer hinteren Fläche, die ein Brechungsgitter **50** definiert. Die vordere Fläche wird durch einzelne parallel zueinander vorgesehene Linsenelemente **40a** definiert, die je Seitenwände **42** und Spitzengebiete **44** haben. Wie dargestellt, sind ein lineares Phasengitter **50**, manchmal als Mikrolinsenanordnung bezeichnet, und ein Bulk-Diffusionsgebiet **48** durch ein klares Gebiet **49** voneinander getrennt. Das Bulk-Diffusionsgebiet **48** kann sich auch in das Linsengebiet **40** erstrecken. Die Stärke des klaren Gebietes oder des Substrats **49** ist typischerweise etwa 3 mm.

[0042] Fig. 9 zeigt einen vergrößerten Teil des Phasengitters **50**, wobei die einzelnen parallel zueinander vor-

gesehenen Gitter **50a** eine zylinderförmige Fläche **52** haben, definiert durch einen Radius r und einen Mittenabstand a. Die Stärke des Substrats und die Gitterparameter sind entworfen um gerade genügend Streuung des Lichtes zu ergeben, um Granulation zu reduzieren, während die hohe Auflösung beibehalten wird. Das Phasengitter hat typischerweise einen Mittenabstand von etwa 32,5 µm und einen Radius r von etwa 100 µm. Ein derartiges Phasengitter bricht das eintreffende Licht in die horizontale Richtung mit einer Streuung, die typischerweise kleiner ist als ±2°. Dagegen wird eine hohe Verstärkung beibehalten.

[0043] Im Allgemeinen soll die Substratstärke zwischen etwa 1 und 5 mm liegen, vorzugsweise etwa 3 mm betragen.

[0044] Die Stärke des Bulk-Diffusionsgebietes soll vorzugsweise unterhalb 1 mm gehalten werden, beispielsweise 0,25–0,75 mm, für eine hohe Auflösung, könnte aber auf 2 mm gesteigert werden für Applikationen mit niedrigerer Auflösung, was zu einer weiteren Reduktion von Granulation führt.

[0045] Ein Hinterteil **52** definiert eine Fresnel Linse, deren Zweck es ist, die Ausgangspupille des Projektors auf die Schaufläche abzubilden.

[0046] In dem in Fig. 10 dargestellten Beispiel ist das Phasengitter **50** durch ein zweites Bulk-Diffusionsgebiet **100** ersetzt worden. Alle anderen Merkmale entsprechen denen aus Fig. 4 und zur Bezeichnung dieser Merkmale in Fig. 10 sind dieselben Bezugszeichen verwendet worden. Die Stärke des Bulk-Diffusionsgebietes und des Substrats soll derart entworfen sein, dass die Sichtbarkeit von Granulation reduziert wird und eine gute Auflösung und eine hohe Verstärkung beibehalten werden.

[0047] Reduktion von Granulation, erhalten durch Verwendung der oben beschriebenen Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung, wurde gemessen unter Verwendung einer Breitbandlichtquelle zum Beleuchten von Schirmteilen, so dass die Winkelgröße des Beleuchtungsstrahles der eines typischen Lichtventilprojektors entspricht, d.h. etwa ±0,5°. Die Beleuchtungsintensität wurde derart eingestellt, dass die DC Anteile der Intensitätsmuster von Abtastwert zu Abtastwert konstant waren. Das Granulationsmuster wurde erfasst und digitalisiert unter Verwendung einer 8-Bit Schwarz-Weiß-CCD-Kamera, und eines PCs mit einer Bildbearbeitungsplatte. Es wurden Zeilenabtastungen verwendet um die Granulationsreduktion zu bewerten. Die Tabelle 1 zeigt die Schirmcharakteristiken jedes der drei Abtastwerte, der Ausführungsform mit dem Phasengitter nach Fig. 4, der Ausführungsform mit dem doppelten Diffusionsgebiet aus Fig. 10, und des bekannten Schirms aus Fig. 3.

TABELLE 1

Hintere Schicht	Vordere Schicht	Stärke der Trennschicht	Halbwinkel	Figurnummer
Phasengitter	1,5 mm Bulk-Diffusionsgebiet	3 mm	± 8°	Fig. 5
0,75 mm Bulk-Diffusionsgebiet	0,75 mm Bulk-Diffusionsgebiet	3mm	± 6°	Fig. 6
Keine	0,75 mm Bulk-Diffusionsgebiet	Keine	± 8°	Fig. 7

[0048] Die Fig. 5, Fig. 6 und Fig. 7 zeigen Zeilenabtastungen für jedes dieser Abtastwerte. Es dürfte einleuchten, dass Fig. 7, entsprechend dem in Fig. 3 dargestellten bekannten Schirm, eine Amplitudenvariation in der relativen Intensität der Leuchtdichte über den Schirm bis etwa **40** zeigt; dass Fig. 6, entsprechend dem Schirm nach Fig. 10, eine wesentliche Reduktion dieser Amplitudenvariation auf ein Maximum von etwa **30** zeigt (die Spitze in der Mitte des Schirms stellt einen Spiegelanteil dar, verursacht durch eine Diffusion, schwächer als eine normale Diffusion des hinteren Bulk-Diffusionsgebietes). Fig. 5 zeigt, entsprechend der Ausführungsform mit dem Brechungsgitter nach Fig. 4 eine weitere Verbesserung, wie durch eine Reduktion der Amplitudenvariation von weniger als **20** dokumentiert.

[0049] Die Analyse und der Entwurf des Phasengitters erfordert eine Fourier Brechungstheorie. Die Fläche

des Gitters kann wie folgt beschrieben werden:

$$comb(\tfrac{x}{a}) \otimes f(x) \qquad \text{(Gl.1)}$$

wobei $comb(\frac{x}{a})$ als $\sum\delta(x - a)$ definiert ist und a gleich dem Mittenabstand der Elemente ist.

[0050] f(x) kann durch die Gleichung erster Ordnung des Durchhangs einer zylinderförmigen Oberfläche angenähert werden (siehe Fig. 8):

$$f(x) = \frac{x^2}{2r} \qquad \text{(Gl. 2)}$$

wobei r der Radius des Elementes ist.

[0051] Diese Fläche wird auftreffendes Licht in Größenordnungen von Winkeln θ_m brechen, gegeben durch die Gittergleichung, durch E. Hecht und Zajac, "OPTICS", Addison-Wesley Publishing Company, Seite 357, (1979),

$$a(\sin(\theta_m)) = m\lambda \quad m = 0, 1, 2, 3, \ldots \qquad \text{(Gl.3)}$$

wobei λ die Wellenlänge von Licht ist.

[0052] Zum berechnen der Intensität jedes Größenordnung der Brechung wird die Fernfeldbrechungstheorie angewandt. Es kann dargelegt werden, dass in dem Fernfeld die Amplitudenfunktion der Fourier Transformation von A(x, y) proportional ist, wobei A(x, y) die Amplitudenfunktion des gesendeten Strahles ist und gegeben ist durch:

$$A(x, y) = e^{\frac{2\pi i OPD}{\lambda}} \qquad \text{(Gl.4)}$$

wobei OPD die durch ein Element eingeführte optische Strecke ist.

$$OPD = (n-1) f(x) = \frac{x^2(n-1)}{2r} \qquad \text{(Gl. 5)}$$

[0053] Deswegen ist:

$$A(x, y) = e^{\frac{\pi i x^2 (n-1)}{r\lambda}} = e^{iqx^2} \qquad \text{(Gl. 6)}$$

wobei

$$\varphi = \frac{\pi(n-1)}{r\lambda} \qquad \text{(Gl.7)}$$

[0054] Das normalisierte Intensitätsmuster wird gegeben durch:

$$I(u, v) = \overline{A}(u, v)\,\overline{A}\cdot(u, v) \text{ wobei } \overline{A} = FT(A(x, y)) \qquad \text{(Gl.8)}$$

[0055] MATLAB für Windows, ein kommerziell verfügbares mathematisches Analysenprogramm von "The Mathwork, Inc.", wurde verwendet zum Durchführen einer FFT der ausgesendeten Wellenfront, A(x, y) und zum Berechnen des normalisierten Intensitätsmusters, I(u, v).

[0056] Für r = 100 μm, a = 32,5 μm und λ = 0,6328, ist das berechnete Muster als gezogene Linie in Fig. 8 dargestellt. Experimentelle Datenpunkte wurden mit einem Winkelmesser erhalten und in derselben Figur als die kleinen Kreise aufgetragen.

[0057] Es ist ersichtlich, dass die sehr hohe Korrelation zwischen dem berechneten und dem experimentellen Intensitätsmuster bestätigt, dass das Gitter als ein Brechungselement wirksam ist.

[0058] Die vorliegende Erfindung ist notwendigerweise in Termen einer begrenzten Anzahl Ausführungsformen beschrieben worden. Andere Ausführungsformen dürften dem Fachmann einfallen und sollen als im Rahmen der beiliegenden Patentansprüche liegend, betrachtet werden. So können beispielsweise die linearen

Phasengitterelemente, während sie parallel zu den vorderen Linsenelementen in der Ausführungsform nach Fig. 4 ausgerichtet dargestellt sind, auch senkrecht zu den Linsenelementen ausgerichtet sein. Außerdem könnte das hintere Diffusionsgebiet aus dem Beispiel nach Fig. 10 durch Oberflächendiffusion ersetzt werden, d.h. eine Aufrauhung der hinteren Fläche des Substrats, oder durch holographische Diffusion, wobei es sich entweder um Oberflächen- oder Bulk-Diffusion handelt.

Patentansprüche

1. Rückprojektionsschirm mit einer vorderen Oberfläche (**40**), einer hinteren Oberfläche (**50**) und mit Diffusionsmitteln (**48**) zum Streuen von Licht in einen Zuschauerraum, **dadurch gekennzeichnet**, dass die hintere Oberfläche eine Phasenrasterung (**50**) hat und dass der Schirm ein nicht streuendes Gebiet (**49**) zwischen den Streumitteln und der Phasenrasterung hat.

2. Rückprojektionsschirm nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die vordere Oberfläche durch eine Anordnung paralleler Linsen (**40a**) zum Streuen von Licht in den Zuschauerraum definiert ist.

3. Rückprojektionsschirm nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Diffusionsmittel ein Hauptdiffusionsgebiet (**48**) zwischen der vorderen Oberfläche und dem Nicht-Diffusionsgebiet aufweisen.

4. Rückprojektionsschirm nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Hauptdiffusionsgebiet sich in die Spitzengebiete (**44**) der Linsen erstreckt.

5. Rückprojektionsschirm nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Hauptdiffusionsgebiet Kolloidalteilchen, suspendiert in dem Schirm, aufweist.

6. Rückprojektionsschirm nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Kolloidalteilchen kleiner sind als 40 µm.

7. Rückprojektionsschirm nach Anspruch 3, 4, 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Hauptdiffusionsgebiet zwischen 0,25 und 3 mm liegt.

8. Rückprojektionsschirm nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Diffusionsmittel eine Aufrauhung der vorderen Linsenoberfläche (**40**) aufweist.

9. Rückprojektionsschirm nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Phasenrasterung (**50**) eine Anordnung zueinander paralleler linearer Rasterelemente (**50a**) aufweist.

10. Rückprojektionsschirm nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Phasenrasterung einen Rasterabstand zwischen etwa 15 und 60 µm hat, wobei dieser Abstand der Abstand zwischen den Mitten benachbarter Elemente der Phasenrasterung ist.

11. Rückprojektionsschirm nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Elemente (**50a**) der Phasenrasterung eine gekrümmte Oberfläche (**52**) haben.

12. Rückprojektionsschirm nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Elemente eine zylinderförmige Oberfläche haben mit einem Krümmungsradius von etwa 50 bis 300 µm.

13. Rückprojektionsschirm nach einem der Ansprüche 9 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Phasenrasterung einen Mittelabstand von etwa 40 µm und einen Krümmungsradius von etwa 100 µm hat.

14. Rückprojektionsschirm nach einem der Ansprüche 9 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Elemente (**50a**) der Phasenrasterung parallel zu den Linsenelementen (**40a**) orientiert sind.

15. Rückprojektionsschirm nach einem der Ansprüche 9 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Elemente der Phasenrasterung senkrecht zu den vorderen Linsenelementen orientiert sind.

16. Rückprojektionsschirm nach einem der Ansprüche 2 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Linsen Spitzengebiete (**44**) zwecks eine internen Totalreflexion und Steile Seiten (**42**) haben.

17. Rückprojektionsschirm nach Anspruch 2 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen den Linsen

(**40a**) der vorderen Linsenoberfläche Licht absorbierende Material vorgesehen ist.

18. Rückprojektionsschirm nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das nicht streuende Gebiet etwa 1 bis 5 mm ist.

19. Rückprojektionsschirm nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass das nicht streuende Gebiet etwa 3 mm ist.

20. Rückprojektionsschirm nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass hinter der hinteren Oberfläche eine Fresnellinse (**52**) vorgesehen ist.

Es folgen 8 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

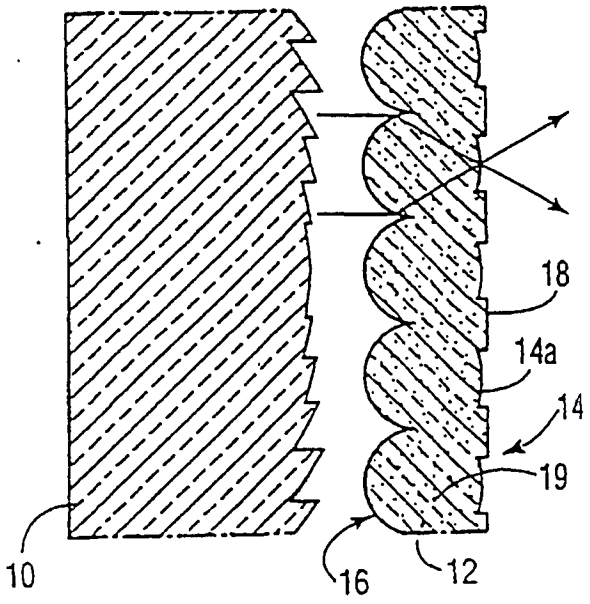

FIG. 1

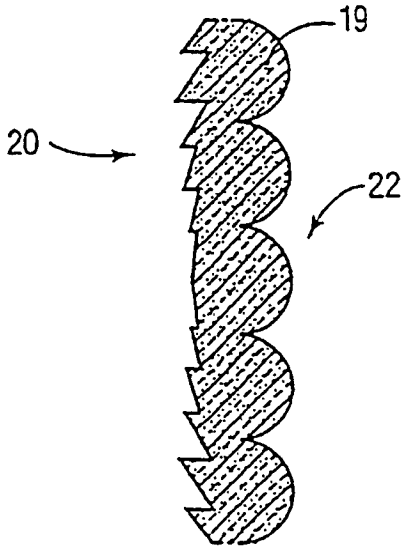

FIG. 2

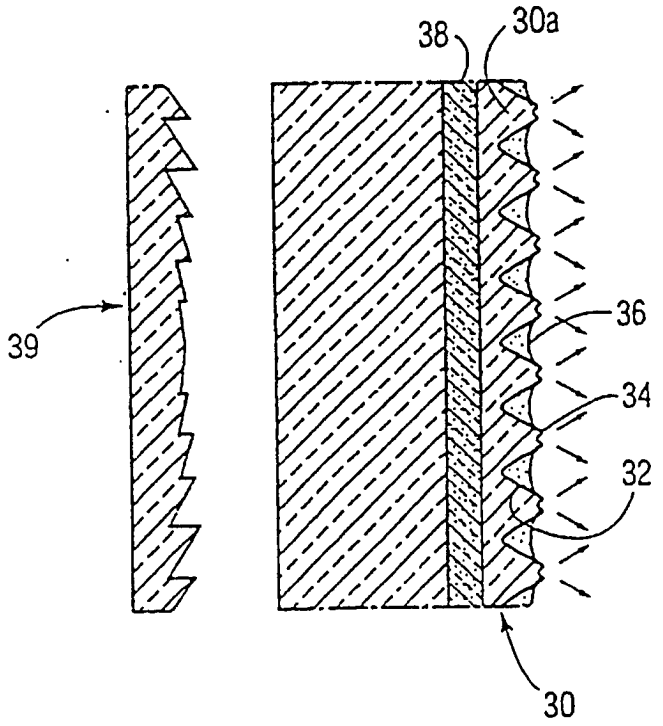

FIG. 3

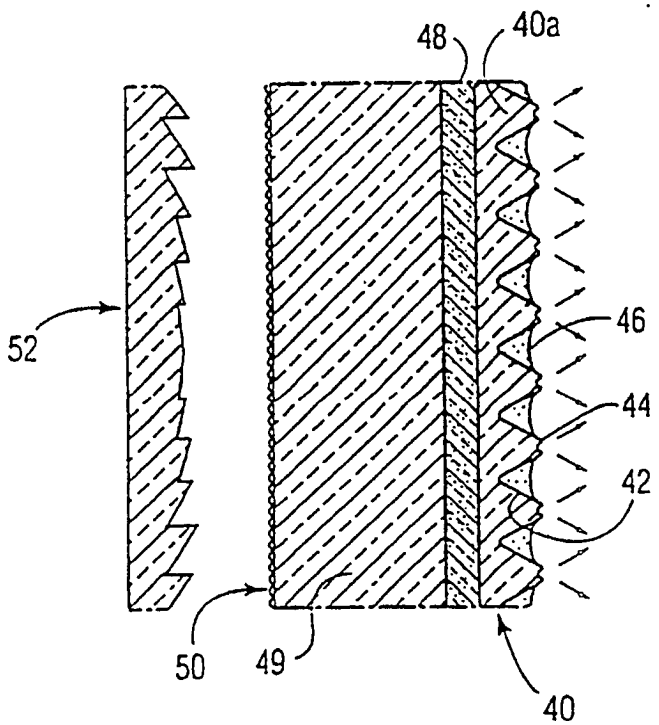

FIG. 4

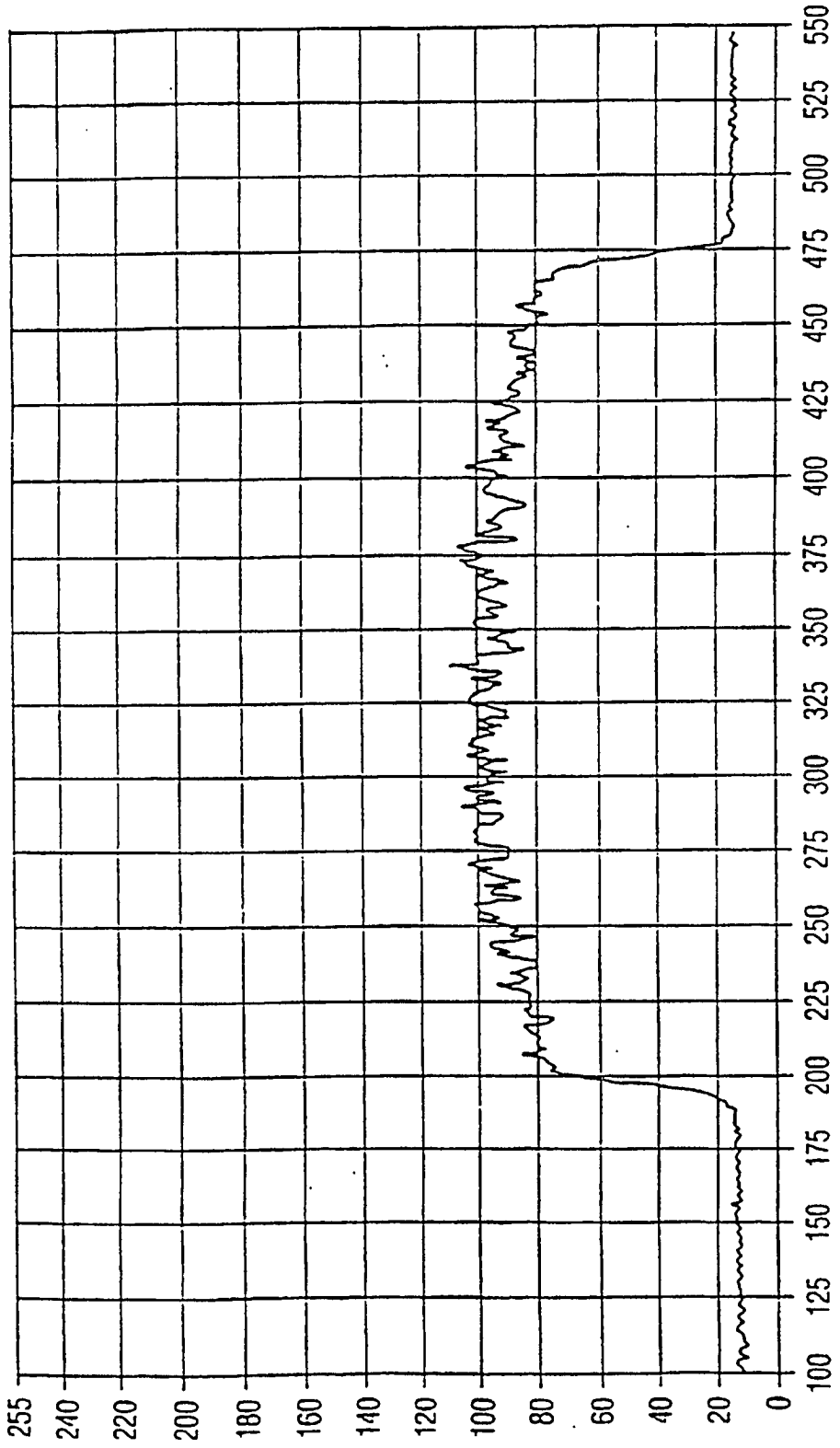
255
240
220
200
180
160
140
120
100
80
60
40
20
0
100
125
150
175
200
225
250
275
300
325
350
375
400
425
450
475
500
525
550

FIG. 5

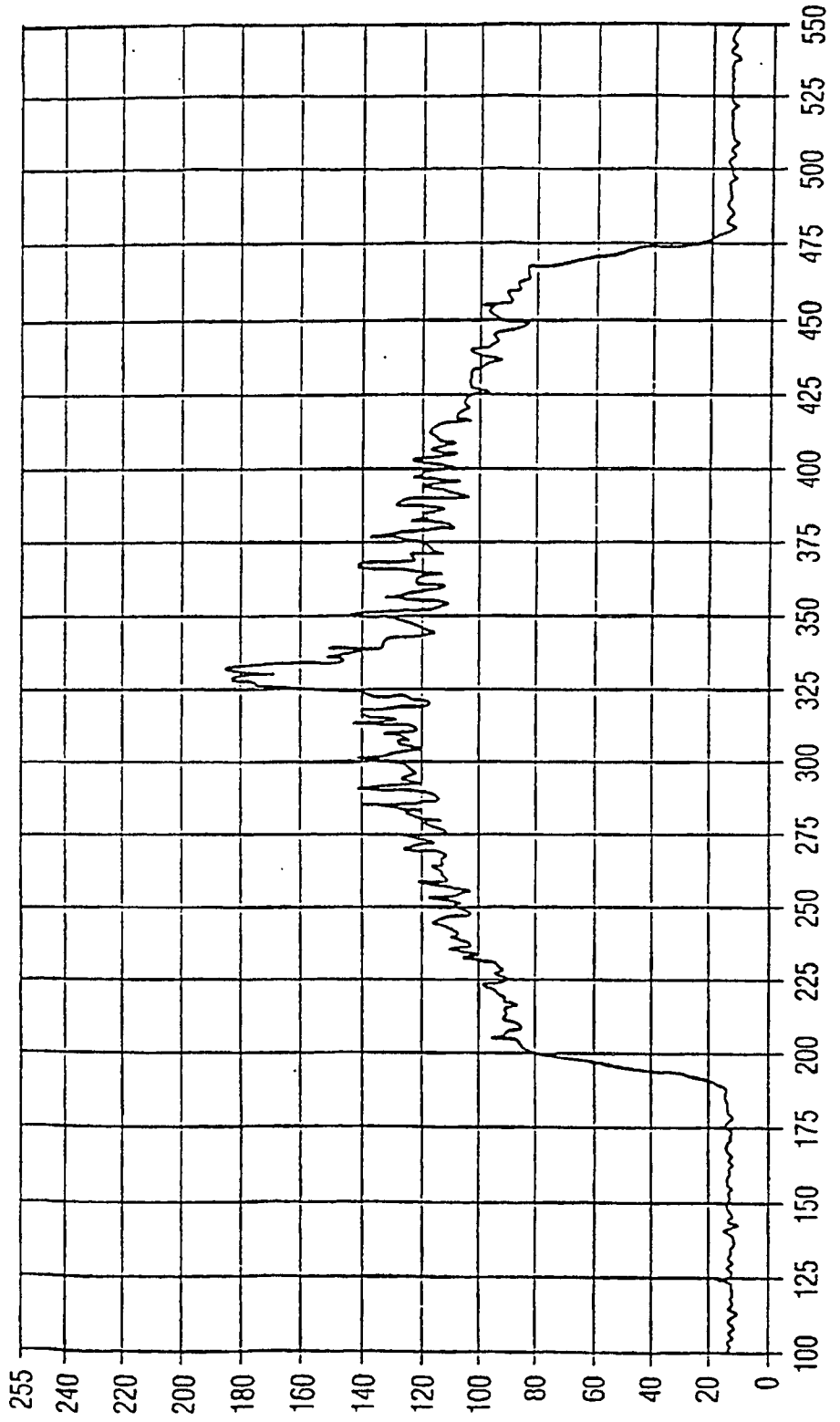
255
240
220
200
180
160
140
120
100
80
60
40
20
0
100
125
150
175
200
225
250
275
300
325
350
375
400
425
450
475
500
525
550

FIG. 6

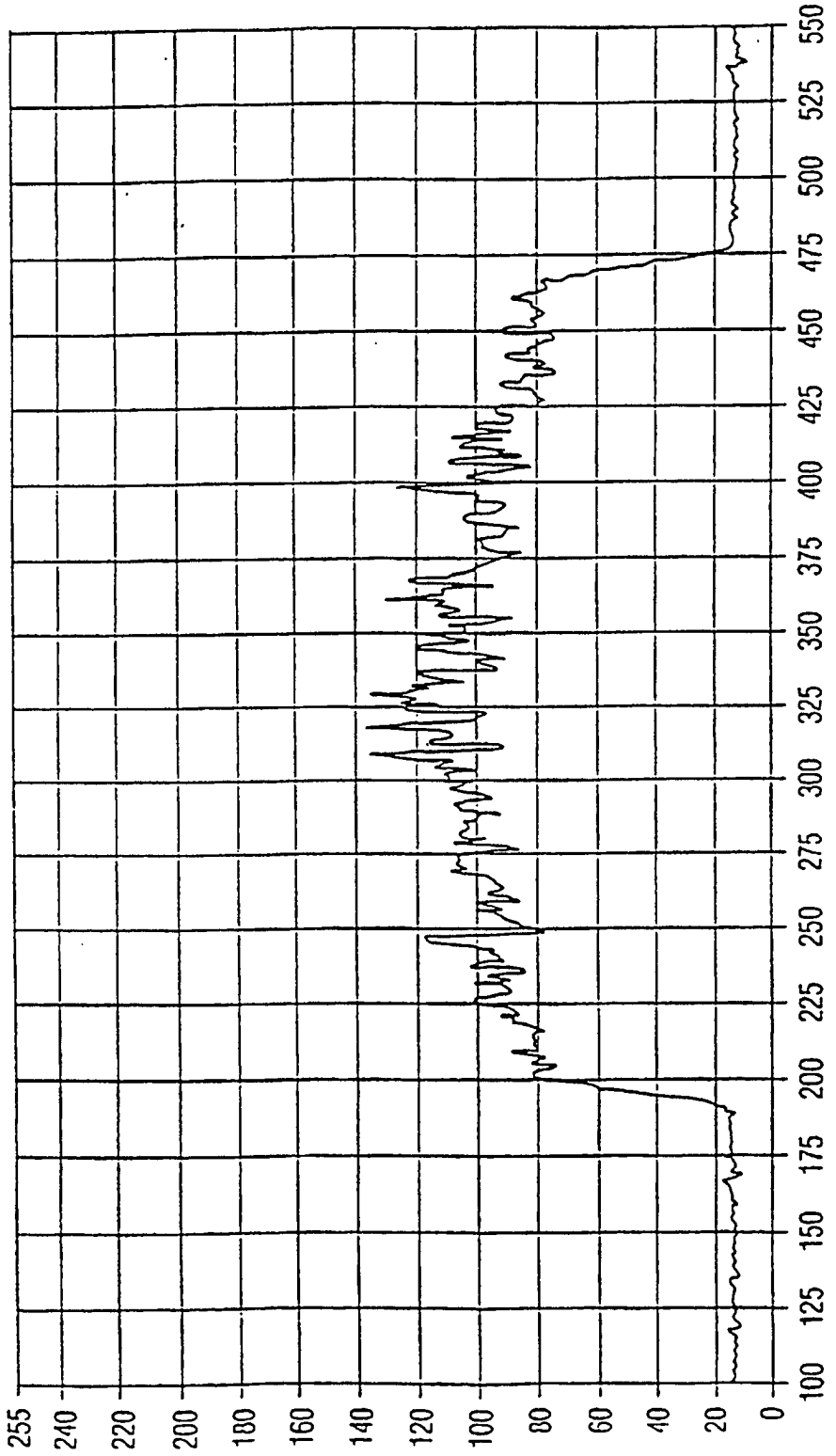
255
240
220
200
180
160
140
120
100
80
60
40
20
0
100
125
150
175
200
225
250
275
300
325
350
375
400
425
450
475
500
525
550

FIG. 7

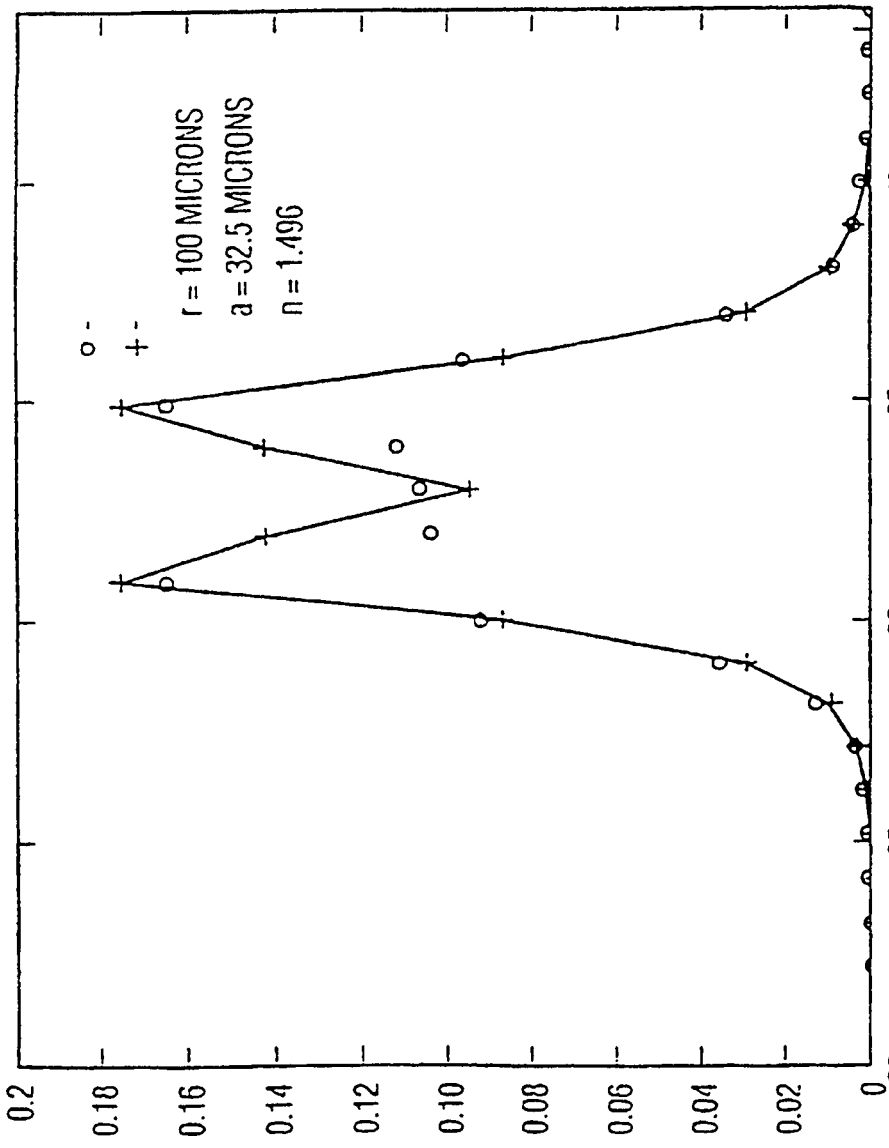
r = 100 MICRONS
a = 32.5 MICRONS
n = 1.496
o -
+ -
0.2
0.18
0.16
0.14
0.12
0.10
0.08
0.06
0.04
0.02
0
20
25
30
35
10

FIG. 8

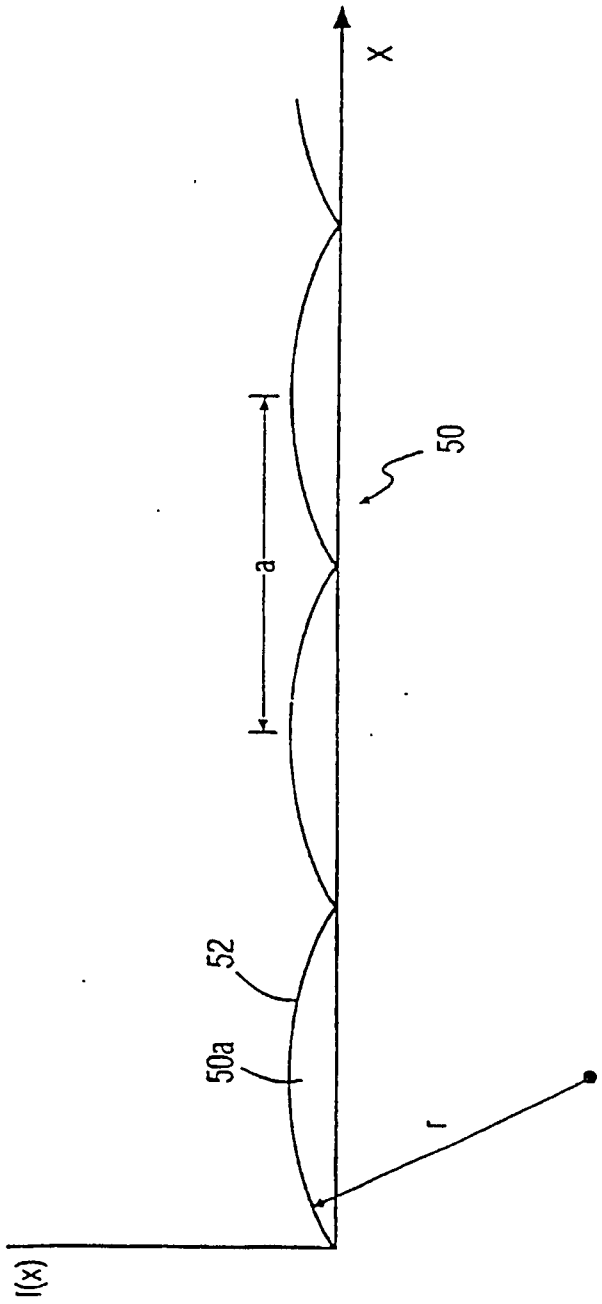

FIG. 9

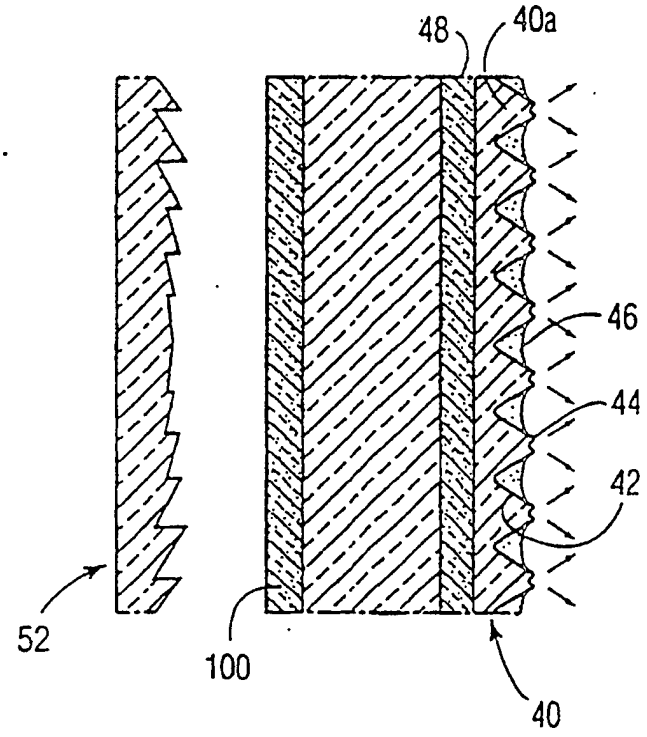

FIG. 10