

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4933566号
(P4933566)

(45) 発行日 平成24年5月16日(2012.5.16)

(24) 登録日 平成24年2月24日(2012.2.24)

(51) Int.Cl. F I
GO 2 B 15/10 (2006.01) GO 2 B 15/10
GO 2 B 13/24 (2006.01) GO 2 B 13/24
GO 2 B 13/18 (2006.01) GO 2 B 13/18
GO 2 B 13/04 (2006.01) GO 2 B 13/04 D

請求項の数 6 (全 39 頁)

(21) 出願番号	特願2008-554661 (P2008-554661)	(73) 特許権者	508246803
(86) (22) 出願日	平成19年2月13日(2007.2.13)		ジョス、シュナイダー オプティシェ ベルケ ゲーエムベーハー
(65) 公表番号	特表2009-527013 (P2009-527013A)		ドイツ連邦共和国、55543、バート
(43) 公表日	平成21年7月23日(2009.7.23)		クロイツナッハ、リングストラーセ 13
(86) 国際出願番号	PCT/EP2007/001231		2
(87) 国際公開番号	W02007/093378	(74) 代理人	100075144
(87) 国際公開日	平成19年8月23日(2007.8.23)		弁理士 井ノ口 壽
審査請求日	平成20年12月9日(2008.12.9)	(72) 発明者	シュワス、ウド
(31) 優先権主張番号	102006006981.1		ドイツ連邦共和国、55596、ヴァルド
(32) 優先日	平成18年2月14日(2006.2.14)		ベッケルハイム、ツム ハイムバーク 7
(33) 優先権主張国	ドイツ(DE)	審査官	井上 信

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 デジタル映画投影用の光学系

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

光学系であって、

a) 固定焦点距離を有するデジタル画像データ投影用の投影レンズであって、
投影壁から見て、指定された順番で、a 1) 第1負レンズ(210; 710; 1210)と、a 2) 第2負レンズ(215; 716; 1216)と、a 3) 第3負レンズ(222; 722; 1222)と、a 4) 第4の正の光学アセンブリ(228; 728; 1228)と、a 5) 第5正レンズ(244; 744; 1238)と、a 6) 第6負レンズ(250; 750; 1244)と、a 7) 開口絞り(254; 754; 1254)と、a 8) 第7レンズ(258; 758; 1258)と、a 9) 第8レンズ(262; 762; 1262)と、a 10) 第9負レンズ(268; 768; 1268)と、a 11) 第10正レンズ(274; 774; 1274)と、a 12) 第11正レンズ(280; 780; 1280)と、を構成部品として有す

る投影レンズと、

b) 領域エクステンダ(1755; 2247)であって、

前記投影レンズに挿入し、前記投影レンズの焦点距離を延長でき、

10

20

ここにおいて、

c) 前記投影レンズのレンズ配列内の前記開口絞りの空間に挿入でき、かつ、

d) 領域エクステンダ（１７５５；２２４７）は投影壁から見て、指定された順番で、

d 1) 第１負レンズ（１７５８）と、

d 2) 第２正レンズ（１７６４）と、

d 3) 少なくとも３つの別のレンズと、を構成部品として有する領域エクステンダ（１７５５；２２４７）と、

を有する光学系。

【請求項２】

請求項１記載の光学系において、

前記領域エクステンダ（１７５５）の少なくとも３つの別のレンズは、投影壁から見て、指定された順番で、

c) 第３負レンズ（１７７０）と、

d) 第４正レンズ（１７７６）と、

e) 第５負レンズ（１７８０）と、

を構成部品として組み込む光学系。

【請求項３】

請求項１記載の光学系において、

前記領域エクステンダ（２２４７）の少なくとも３つの別のレンズは、投影壁から見て、指定された順番で、

c) 第３正レンズ（２２６４）と、

d) 第４負レンズ（２２６８）と、

e) 第５負レンズ（２２７４）と、

を構成部品として組み込む光学系。

【請求項４】

請求項１記載の光学系において、

前記投影レンズの第４の正の光学アセンブリ（２２８；７２８）は、２つのレンズ（２３２，２３８；７３２，７３８）を有する光学系。

【請求項５】

請求項１記載の光学系であって、

前記投影レンズの第４の正の光学アセンブリ（１２２８）は、１つの正レンズ（１２３２）だけを有する光学系。

【請求項６】

請求項１～５のいずれか記載の光学系において、

前記投影レンズにおいて、前記開口絞り（２５４；７５４；１２５４）の前部の少なくとも１つの負レンズは、フッ化クラウンまたは高屈折率の重フリントまたはCaF₂から形成され、

前記投影レンズにおいて、前記開口絞り（２５４；７５４；１２５４）の後部の少なくとも１つの正レンズは、フッ化クラウンまたは高屈折率の重フリントまたはCaF₂から形成される光学系。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、投影レンズおよびデジタル画像データ投影用の投影レンズを備える光学系に関する。

【０００２】

この種類の投影レンズは主に、映画、宣伝またはプレゼンテーションにおけるデジタル記録画像の投影のためのデジタルビデオ技術において使用される。しかし、本発明の用途の主要な分野はデジタル映画投影である。

【０００３】

10

20

30

40

50

映画投影においては通常2つのフォーマットで投影される。すなわち、第1のデジタルワイドスクリーンフォーマットは、画像の高さ(H)に対する画像の幅(W)の割合 $W:H=1.896:1$ を有し、 $2,048 \times 1,080$ 正画素を有するDMD(以下を参照)により表示される。デジタルワイドスクリーンフォーマットはしばしば $1.9:1$ フォーマットとも称される。第2は、フォーマット $2.37:1$ を有する、デジタルシネマスコープフォーマットで投影される。この場合、縦横比は、幅において、デジタル投影で要求される(アナモルフィック)値に 1.25 倍を乗算して増加され、すなわち $1.896 \times 1.25 = 2.37$ である。

【0004】

シネマスコープフォーマットでは、画像は記録レンズにより記録している間に幅方向に圧縮される。記録された画像は $1.9:1$ の幅と高さの比を有する。投影中の修正は、アナモルフィック光学系を用いて、スクリーン上にフォーマット $2.37:1$ に幅方向に拡大された画像を再構成する、投影レンズにより実行される。

ワイドスクリーンフォーマットでは、画像は一般にフォーマット $1.9:1$ ですでに記録されている。記録画像は投影中に変更されない。

【背景技術】

【0005】

デジタル映像投影技術では、デジタル画像電気信号は光情報に変換され、投影壁に投影される。デジタル映像投影技術の2つの重要な例は、液晶技術(液晶ディスプレイ、LCD)といわゆるDLP技術(デジタルライトプロセッシング)とである。DLP技術は、微小電気機械ミラーシステム(デジタルミラーデバイス、DMD)のマトリックスを使用し、投影レンズによりマトリックスの個々のミラー素子の位置に応じて、投影壁への入射光を遮るかまたは投影する。フルカラー画像情報もまた、例えば、3つの異なるDMDマトリックス上に導かれた三原色の赤、緑および青により表わされる。これらの3つのDMDマトリックスは電子的に駆動され、いずれの場合にも、個々の原色に対する3つのカラーチャネルから画像を生成する。ビーム結合器により、これらの個々に生成された画像は再度組み合わせられて、投影レンズにより拡大して投影壁またはスクリーン上に再生される。映画投影に対して現在使用されているDMDは通常、 $2,048 \times 1,080$ 正画素に対応してフォーマット $1.9:1$ を有する。

【0006】

ビーム結合器に面する側は以下、物体側と称される。従来の投影技術では、これはレンズのフィルム側に対応する。

デジタル投影では、例えばビーム結合器といった大きなスペースを取る光学部品は、画像情報源(例えば、DMD)と投影レンズとの間に組み込まれているため、デジタル投影用の投影レンズは高い頂点焦点距離を有さなければならない。この場合には、頂点焦点距離は、物体側の最後のレンズ面と物体側の焦点面との間の距離として定義される。

【0007】

デジタル投影デバイスの使用は、主に公共設備において、および宣伝および映画においても常に増加し、使用のこれらの目的に対して画像品質を向上するために、マイクロミラーのサイズが減少しているため、この場合には使用される投影レンズのより一層の高い分解能を必要とする。

この投影方法において十分な高コントラスト画像を得るために、したがって、この目的に対して使用される投影レンズについては、高い変調伝達関数(MTF)を有することが必要である。

【0008】

さらに、横色収差は可能な限り小さくしなければならず、すなわち、種々の色の点が投影レンズにより可能な限り同一形体で投影されなければならない。

さらに、デジタル投影用の投影レンズは十分なテレセントリックビーム経路を有していなければならない。これは、ビーム結合器が特定の限界角未満の光のみレンズに供給できるという事実のためである。

10

20

30

40

50

テレセントリシティは、入射瞳孔が実質的に無限遠であることを意味する。言い換えれば、物体の点から生じる主光線（すなわち、入射瞳孔の中心を通る光線）は光軸と平行に延び、すなわち特定の許容範囲角度を超えない。

【0009】

通常、前述した2つのフォーマットのみ、すなわち、1.9:1フォーマット（ワイドスクリーンフォーマット）およびシネマスコープフォーマット2.37:1が映画における（デジタル）画像投影に採用される。個々の映画は、（アナモルフィックシステムを用いる、または用いない）ワイドスクリーンフォーマットとシネマスコープフォーマットとの間の切り換えのためにそれぞれに装備されている。画像の高さを維持し、画像の幅を広げる映画もあれば、画像の幅を維持し、画像の高さを変更する映画もある。映画スクリーン上で画像の高さを一定に維持することは、フィルムフォーマットがワイドスクリーンからシネマスコープに変更される場合、カーテンがより広く開けられることを意味する。一定の画像幅では、スクリーンは、この場合には、上部および底部からカーテンにより減少され、これにより可視の画像高さは減少する。

10

【0010】

両方の映写装置の変形形態（スクリーン上の一定の画像高さまたは一定の画像幅）では、ワイドスクリーンフォーマット1.9:1の投影の間、このフォーマットはDMD上に表示され（図1A）、変更されない幅と高さの比により所定の焦点距離で投影レンズによりスクリーン上に投影される。

【0011】

20

（アナモルフィックシステムを用いて）ワイドスクリーンからシネマスコープに切り換える場合、カーテンは映画のスクリーン上で一定の画像高さを備える映画においてはより幅広く開けられる（図1B）。高さが変化しないため、レンズの焦点距離は変化しない。

【0012】

映画のスクリーン上で一定の画像幅を備える映画では、（アナモルフィックシステムを用いて）ワイドスクリーンからシネマスコープに切り換える場合、スクリーンの可視の高さは上部からおよび底部からカーテンにより減少される（図1C）。このレンズの焦点距離は、スクリーン上の減少された画像高さを実現するために増加される。

【0013】

レターボックスサイズの場合（図1D）、DMD上の画像はフォーマット2.37:1ですでに表示されている。この場合、DMDの上部および底部の縁部において未使用領域が存在する。ワイドスクリーンからシネマスコープに投影を切り換える場合、アナモルフィックシステムは必要とされない。画像は変化しない幅と高さの比によりスクリーンに投影される。

30

【0014】

レターボックスサイズの場合（図1D）、映画のスクリーン上で一定の画像高さを備える映画では、（アナモルフィックシステムを用いずに）ワイドスクリーンからシネマスコープに切り換える場合、カーテンはより広く開けられる。この場合、レンズの焦点距離は、より大きな画像幅を得るために減少される。

【0015】

40

レターボックスサイズの場合（図1D）、映画のスクリーン上で一定の画像幅を備える映画では、ワイドスクリーンからシネマスコープに切り換える場合、スクリーンの可視の高さは上部および底部からカーテンにより減少される（図1D）。この場合、レンズの焦点距離は変化しない。

【0016】

投影レンズの焦点距離に関して、表11に提示されている4つの適用状態はワイドスクリーンフォーマットからシネマスコープに切り換えるために生じる。

【表 1 1】

シネマスコープ投影	一定の画像高さ (スクリーン上)	一定の画像幅 (スクリーン上)
アナモルフィック装置 を使用する。	焦点距離は変化しない。 画像を広くする。	焦点距離を延長する。 画像高さが減少する。
レターボックスサイズ (アナモルフィック装置 を使用しない。)	焦点距離を短縮する。 画像が広がる。	焦点距離は変化しない。 画像高さが減少する。

10

【0017】

フォーマットを切り換えるために、映写装置は通常、特定の変形対象に対して固定され、すなわち、スクリーン上の一定の画像高さまたは画像幅のいずれかを維持する。この結果として、2つの特定の焦点距離のいずれかの投影レンズの焦点距離の切り換えのみが必要である。

【0018】

必要な焦点距離の切り換えは通常、ズームレンズにより実現される。しかし、ズームレンズでは、頂点焦点距離、変調伝達関数、横色収差、およびすべての焦点距離設定に対するテレセントリシティからなる必要条件に適合することは極めて困難である。これに加えて、ワイドスクリーンまたはシネマスコープフォーマットの投影では、従来通りのズーム

20

【特許文献1】米国特許第6, 188, 523号

【発明の開示】

【0019】

以前のズームレンズの欠点を回避する投影レンズを明示することが本発明の目的である。

【0020】

この目的は、独立の請求項の特徴を備える本発明により達成される。本発明の有利な実現形態は、従属の請求項において特徴付けられている。すべての請求項の用語は参照により本開示に組み込まれるものとする。本発明はまた、すべての手段および詳細には独立および／または従属の請求項の前述した組み合わせのすべてを包含する。

30

【0021】

映画のデジタル画像投影において、通常、前述した2つのフォーマットのみ、すなわち1. 9:1フォーマット(ワイドスクリーンフォーマット)およびシネマスコープフォーマット2. 37:1が採用されるという事実から、これらの2つのフォーマットも2つの異なる焦点距離をそれぞれ有する投影レンズを必要とするだけである。したがって、固定焦点距離を有するレンズを使用することが提案される。これらは前述したズームレンズより優れた特性を有する。

したがって、光学系は、固定焦点距離を有するデジタル画像データの投影用の投影レンズを備えること、および、要求される2つの焦点距離の間を切り換えるために投影レンズに挿入される焦点距離エクステンダを備えることが提案される。

40

【0022】

焦点距離エクステンダを回転させて投影レンズ内に挿入することにより、投影レンズの焦点距離は1.25倍に増加する。結果的に、投影画像の係数1.25の縮小が達成される。しかし、この場合、頂点焦点距離は変化しない。逆に、所定の焦点距離は焦点距離エクステンダを取り外すことにより短くなる。

【0023】

焦点距離エクステンダの使用により、固定焦点距離投影レンズを有する映画投影器は、ワイドスクリーンおよびシネマスコープフィルムの両方を投影することができ、それらレ

50

ンズがレターボックスサイズに対して設計されている場合であっても、正確に投影できる。この場合、ワイドスクリーンおよびシネマスコープ投影を実行するために映画館において可能な様々な状況は表 1 2 に示されている。

【表 1 2】

投影	一定の画像高さ (スクリーン上、スクリーンの両側におけるカーテン)	一定の画像幅 (スクリーン上、スクリーンの上端および下端におけるカーテン)
ワイドスクリーン フォーマット	- 一回転して挿入される焦点距離エクステンダを備えるレンズ - アナモルフィックシステムでない - カーテンを部分的に閉じることにより幅が縮小した可視スクリーン	- 焦点距離エクステンダを備えないレンズ - アナモルフィックシステムでない - カーテンを完全に開くことにより高さが拡大した可視スクリーン
アナモルフィック装置を備えるシネマスコープ	- 一回転して挿入される焦点距離エクステンダを備えるレンズ - アナモルフィックシステムを備える - カーテンを完全に開くことにより幅が拡大した可視スクリーン	- 一回転して挿入される焦点距離エクステンダを備えるレンズ - アナモルフィックシステムを備える - カーテンを部分的に閉じることにより高さが縮小した可視スクリーン
レターボックスサイズ (アナモルフィック装置を備えないシネマスコープ)	- 焦点距離エクステンダを備えないレンズ - アナモルフィックシステムを備えない - カーテンを完全に開くことにより幅が拡大した可視スクリーン	- 焦点距離エクステンダを備えないレンズ - アナモルフィックシステムを備えない - カーテンを部分的に閉じることにより高さが縮小した可視スクリーン

10

20

30

【0024】

焦点距離エクステンダは、タレットの原理に従って、投影レンズのレンズ配列の所定の位置において絞り空間内に回転して挿入されるか、または再度取り外されるように構成されている。しかし、焦点距離エクステンダを押し込むためにボルトとして構成することもできる。挿入される焦点距離エクステンダの位置の正確性に対する許容差は最大 20 μm である。

40

【0025】

焦点距離エクステンダ（「領域エクステンダ」とも称される）は有利には、投影壁から見て、指定された順番で、

- a) 第 1 負レンズと、
- b) 第 2 正レンズと、

少なくとも 3 つの別のレンズと、を構成部品として有する。

【0026】

1 つの有利な構成では、少なくとも 3 つの別のレンズは投影壁から見て、指定された順番で、

50

- c) 第3負レンズと、
- d) 第4正レンズと、
- e) 第5負レンズと、を構成部品として組み込む。

この焦点距離エクステンダは、詳細には、40～50mmの間の焦点距離を有する投影レンズに適する。

【0027】

別の有利な構成では、少なくとも3つの別のレンズは投影壁から見て、指定された順番で、

- c) 第3正レンズと、
- d) 第4負レンズと、
- e) 第5負レンズと、を構成部品として組み込む。

10

この焦点距離エクステンダは、詳細には、50～100mmの間の焦点距離を有する投影レンズに適する。

【0028】

デジタル画像データ投影用の投影レンズは有利には、投影壁から見て、指定された順番で、

- a) 第1負レンズと、
- b) 第2負レンズと、
- c) 第3負レンズと、
- d) 第4の正の光学アセンブリと、
- e) 第5正レンズと、
- f) 第6負レンズと、
- g) 一般に正である、第7レンズと、
- h) 一般に負である、第8レンズと、
- i) 第9負レンズと、
- j) 第10正レンズと、
- k) 第11正レンズと、を有する構成部品として有する。

20

【0029】

提示されている光学系は固定焦点距離を有する投影レンズを備える。これは、デジタル投影レンズの必要条件を満たすことを可能にする。このレンズは、分解能および高い頂点焦点距離に関して優れた特性を有する。本発明による投影レンズは、DMD側で2μm未満の最小の横色収差を有する。さらに、レンズは、高いテレセントリシティおよび極めて小さい歪みを有する。これは、固定焦点距離を有するレンズの使用により可能である。このようなレンズは、これらの光学的特性の点からはズームレンズを上回ることができる。詳細には、顕著な横色収差といった限定焦点距離におけるズームレンズの欠点は存在しない。

30

【0030】

提示されている投影レンズは、従来のズーム投影レンズより小さい容積および重量を有する。デジタル画像データの投影において、レンズの直径が従来のズームレンズより小さいため、著しく小さく、かつより低コストのアナモルフィックシステムが使用できる。また、ズームレンズより低コストで製造できる。

40

【0031】

1つの有利な実施形態では、投影レンズは、第4の正の光学アセンブリが2つのレンズを有するように構成される。この構成では、投影レンズは詳細には40～50mmの間の焦点距離によく適している。

【0032】

本発明の1つの有利な実施形態では、焦点距離エクステンダは、投影レンズの第6負レンズと第7正レンズと間に配置される。第4の正の光学アセンブリはこの実施形態では2つのレンズを有する。

【0033】

50

別の有利な実施形態では、投影レンズの第4の正の光学アセンブリは1つだけの正レンズを有する。この構成では、投影レンズは詳細には50～100mmの間の焦点距離によく適している。

絞りは有利には投影レンズの第6負レンズと第7正レンズとの間に配列される。本発明の1つの有利な実施形態では、絞りは、F番号2.5の固定絞りである。絞りは、DMDの個々のミラーの放射角または最大傾斜に適用される。

【0034】

絞りの前部の少なくとも1つの負レンズは有利には、フッ化クラウンまたは高屈折率の重フリントまたはCaF₂（フッ化カルシウム）から形成され、絞りの後部には、少なくとも1つの正レンズが同様に前述した材料から形成される。レンズの焦点距離が短いほど、前述した材料からより多くのレンズが形成される。60mmを超える焦点距離では、絞りの前部の負レンズに対して他の材料を使用することが可能である。

【0035】

このように、本発明による投影レンズは、赤色DMDが緑色DMDより45μmレンズから離れて配列され、青色DMDが緑色DMDから15μm離れて配置されるため、適切に決定される縦色収差を有する。

最初にレンズ内に存在する絞り（固定絞り）は回転して外側に出され、代わりにそれ自体の絞りを有する焦点距離エクステンダが回転して内側に挿入される。絞りは発生している散乱光を低減する。焦点距離エクステンダが内側に回転される結果として、レンズのF値は同様に係数1.25で増加するが、画像はそれに応じて縮小される。したがって、焦点距離エクステンダを利用することにより、スクリーン上の輝度は、焦点距離エクステンダを用いない輝度と比較して同一輝度を維持する。これは従来のズームレンズより優れた、提示されている固定焦点距離投影レンズの利点である。

【0036】

映写オペレータは必ずしも焦点距離エクステンダを使用する必要はない。焦点距離エクステンダの代わりに、レターボックスサイズをデジタル投影機において代わりに設定できる。このとき、焦点距離は特定の構成（表12参照）において変化しないように維持でき、その結果焦点距離エクステンダを用いずに作業することができる。

したがって、本発明はさらに、いずれの場合にも、固定焦点距離を有するデジタル画像データ投影用の様々な投影レンズを含む。

【0037】

第1に、これは、デジタル画像データ投影用の投影レンズであり、投影壁から見て、指定された順番で、

- a) 第1負レンズと、
- b) 第2負レンズと、
- c) 第3負レンズと、
- d) 2つのレンズを有する第4の正の光学アセンブリと、
- e) 第5正レンズと、
- f) 第6負レンズと、
- g) 第7レンズと、
- h) 第8レンズと、
- i) 第9負レンズと、
- j) 第10正レンズと、
- k) 第11正レンズと、を構成部品として有する。

【0038】

有利には、この投影レンズは第6負レンズと第7正レンズとの間に絞りを有する。絞りの前部の少なくとも1つの負レンズは、フッ化クラウンまたは高屈折率の重フリントまたはCaF₂から形成される。さらに、絞りの後部の少なくとも1つの正レンズはフッ化クラウンまたは高屈折率の重フリントまたはCaF₂から形成される。

【0039】

第2に、本発明はデジタル画像データ投影用の投影レンズに関し、投影壁から見て、指定された順番で、

- a) 第1負レンズと、
- b) 第2負レンズと、
- c) 第3負レンズと、
- d) 第4正レンズと、
- e) 第5正レンズと、
- f) 第6負レンズと、
- g) 絞りと、
- h) 第7レンズと、
- i) 第8レンズと、
- j) 第9負レンズと、
- k) 第10正レンズと、
- l) 第11正レンズと、を構成部品として有する。

10

ここで、絞りの前部の少なくとも1つの負レンズはフッ化クラウンまたは高屈折率の重フリントまたはCaF₂から形成され、絞りの後部の少なくとも1つの正レンズはフッ化クラウンまたは高屈折率の重フリントまたはCaF₂から形成される。

【0040】

部分的に一致する特徴を有する投影レンズが、米国特許第6,188,523号で見られる。

20

さらなる詳細および特徴は、従属の請求項と併せて好ましい例示的な実施形態の以下の説明から理解される。この場合、それぞれの特徴はそれら自体によってまたは複数の相互の組み合わせとして実現できる。目的を達成する可能性は例示的な実施形態に限定されない。このように、例えば、範囲の表記は常に、すべての言及されていない中間値およびすべての予測される部分区間を含む。

【0041】

例示的な実施形態は図に概略的に示されている。この場合、個々の図における同一の参照符号は、同一または機能的に同一である、またはこれらの機能に関して互いに対応している、構成部品を指す。

【発明を実施するための最良の形態】

30

【0042】

例示的な実施形態1および2

例示的な実施形態1および2は、そのレンズ配列が図2および図7に示され、レンズが同一基本構成を有するが焦点距離に関して異なる例を表している。

図2に示された第1の例示的な実施形態は焦点距離4.4mmおよび絞り値2.5を有する投影レンズに関する。図7に示された構成による投影レンズは焦点距離4.8mmおよび絞り値2.5を有する。

【0043】

図2および図7による実施例では、いずれの場合にも、投影壁または拡大画像は左に位置し、物体またはデジタル画像媒体は右に位置する。2つの例示的な実施形態では、投影レンズは、スクリーンからDMDへの順番で、すなわち左から右に、

40

a) 第1負メニスカスレンズ210と710、投影壁から離れている凹面212と712、

b) 第2負メニスカスレンズ216と716、投影壁から離れている凹面218と718、

c) 第3負両凹レンズ222と722、投影壁に面するより平らな凹面220と720、

d) 第1正メニスカスレンズ232と732、および第2メニスカスレンズ238と738を有する、第4の正の光学アセンブリ228と728であって、この場合、正の光学アセンブリ228と728の第1正メニスカスレンズ232と732の凸面230と730

50

0は投影壁から離れる一方、正の光学アセンブリ228と728の第2メニスカスレンズ238と738の凸面236と736は投影壁に面し、

e) 第5正メニスカスレンズ244と744、投影壁に面する凸面242と742、

f) 第6負メニスカスレンズ250と750であって、これらレンズの凹面252および752は非球面形で構成され、投影壁から離れ、投影壁に面する表面248と748も非球面として選択でき、1つの変形形態も非球面を不要にし、

g) 絞り254と754、

h) 第7正両凸レンズ258と758、投影壁に面する平坦面256と756、

i) 第8負メニスカスレンズ262と762、投影壁に面する凹面260と760、

j) 第9負両凹レンズ268と768、および投影壁に面するより平坦な凹面266と766、

k) 第10負両凸レンズ274と774、投影壁に面するより大きく曲がった面272と772、および

l) 第11正両凸レンズ280と780、投影壁に面するより大きく曲がった面278と788、を構成部品として有する。

【0044】

レンズ258と262、およびレンズ758と762は、一体に接着され、ダブレットを形成する。

投影壁から見て投影レンズの後部には、光軸290と790を有するビーム結合器286と786の光学的に等しいモデルが続く。ビーム結合器は、セグメント288と788と、セグメント292と792とを備える。これに加えて、第1面294と794を有し、さらに、2つのセグメント間の境界面296と796、さらに第2面298と798を有する。ビーム結合器内の光経路長はレンズの光学的特性の計算において考慮に入れなければならない。この理由は、空気中の頂点焦点距離とビーム結合器を含む頂点焦点距離との間には相違が存在するからである。

【0045】

図2および図7による2つの例示的な実施形態の光学部品の個々の表面に対する精密な仕様が、それぞれに関連付けられた参照符号と併せて表1および表3で見られる。

図2および図7による投影レンズのレンズ面252と752のそれぞれの非球面係数は、表2および表4に記載されている。非球面レンズの表面は一般に以下の式により表すことができる。

$$z = \frac{Cy^2}{1 + \sqrt{1 - (1 + K) \cdot C^2 y^2}} + Dy^4 + Ey^6 + Fy^8 + Gy^{10} + Hy^{12}$$

ここで、

— zは軸方向に垂直な平面に対する矢 (mm)、すなわち平面から光軸に対して垂直に離れる方向、すなわち光軸の方向に対する矢を示す。

— Cはいわゆる頂点の曲率を示す。凸レンズ面または凹レンズ面の曲率を表すのに役立つ、半径の逆数から計算される。

— yは光軸からの距離 (mm) を示す。yは半径方向の座標である。

— Kはいわゆる円錐係数を示す。

— D、E、F、Gはいわゆる非球面係数を表し、これらは非球面の面を表すための関数の多項式展開の係数である。

【0046】

第1の2つの例示的な実施形態による投影レンズのいくつかの特徴パラメータが、図3～図6および図8～図11にグラフで示されている。

図3および図8のそれぞれは、第1の2つの例示的な実施形態による投影レンズについての、中心と比較して拡大された画像の相対図を示す。x軸は拡大される画像の中心から

10

20

30

40

50

の相対偏差を示している。

【0047】

図4および図9のそれぞれは、理想的な画像サイズからの偏差の百分率(%)で、図1および図6の例示的な実施形態による投影レンズについての歪みを示す。

図5および図10のそれぞれは、波長の関数として、図2および図7の例示的な実施形態による投影レンズについての透過率のプロファイルを百分率(%)でグラフ表示する。

図6および図11のそれぞれは、図2および図7のそれぞれから投影レンズの分解能(変調度)を示す。分解能は緑色チャンネルにおいて計算される。波長の以下の重み付けはこの場合、540nmで25%、490nmで10%、500nmで15%、520nmで25%、550nmで15%および560nmで10%を使用した。

10

【0048】

3つの例が計算された。すなわち、上部の2つの曲線はmm当たり18ラインペア(LP/mm)の空間周波数を用いる例に関連し、中間の2つの曲線は36LP/mmに関連し、下部の2つの曲線は72LP/mmに関連している。それぞれの場合における実線は半径方向のラインペアの分解能を示し、点線は接線方向のラインペアの分解能である。x軸は、DMDの中心からの相対偏差を示している。2.5の絞り値kに対する変調伝達関数はy軸に表わされている。ある位置における変調Mは以下の式で計算される。

$$M = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}}$$

20

ここで、 $I_{\max}$ および $I_{\min}$ はそれぞれ最大および最小におけるラインペアの画像の光強度である。15mが撮像距離として表わされた。第1の2つの例示的な実施形態による投影レンズの分解能は極めて高性能の投影レンズの分解能に相当する。

【0049】

例示的な実施形態3

図12に示される第3の例示的な実施形態は、焦点距離60mmおよび絞り値2.5を有する投影レンズに関する。図12によるこの例示的な実施形態では、投影レンズは第1の2つの例示的な実施形態に比べて変更された構成を有する。

【0050】

30

第3の有利な例示的な実施形態では、投影レンズは、拡大された画像から物体への順番で、すなわち左から右に、

- a) 凹面1212が投影壁から離れている、第1負メニスカスレンズ1210、
- b) 凹面1218が投影壁から離れている、第2負メニスカスレンズ1216、
- c) 凹面1220が投影壁に面する、第3負メニスカスレンズ1222、
- d) この例示的な実施形態では正両凸レンズ1232のみを有する、第4の正の光学アセンブリ1228、この場合、より平坦な凸面1230が投影壁に面し、
- e) 凸面1236が投影壁に面する、第5正メニスカスレンズ1238、
- f) 凹面1246が非球面形で構成され、投影壁から離れている、第6負メニスカスレンズ1244であって、投影壁に面する表面1242も非球面としても選択でき、1つの変形形態も非球面を不要にし、

40

- g) 絞り1234、
- h) 凹面1256が投影壁に面する、第7正メニスカスレンズ1258、
- i) 凹面1260が投影壁に面する、第8負メニスカスレンズ1262、
- j) 平坦な凹面1266が投影壁に面する、第9負両凹レンズ1268、
- k) より大きく曲がった面1272が投影壁に面する、第10正両凸レンズ1274、および

l) より大きく曲がった面1278が投影壁に面する、第11正両凸レンズ1280、を構成部品として有する。

【0051】

50

レンズ 1 2 5 8 および 1 2 6 2 は、一体に接着され、ダブレットを形成する。

投影壁から見て投影レンズの後部には、光軸 1 2 9 0 を有するビーム結合器 1 2 8 6 の光学的に等しいモデルが続く。ビーム結合器は、セグメント 1 2 8 8 と 1 2 9 2 とを備える。これに加えて、第 1 面 1 2 9 4 を有し、さらに、2 つのセグメント間の境界面 1 2 9 6、さらに第 2 面 1 2 9 8 を有する。

【0052】

図 1 2 による例示的な実施形態の光学部品の個々の表面に対する精密な仕様が、それぞれに関連付けられた参照符号と併せて表 5 で見られる。

図 1 2 による投影レンズのレンズ面 1 2 4 6 の非球面係数は、表 6 に記載されている。

図 8 ～図 1 1 に対応する図 1 3 ～図 1 6 は、相対照度（図 1 3）、歪み（図 1 4）、透過度プロファイル（図 1 5）および分解能（変調、図 1 6）といった、第 3 の例示的な実施形態（図 1 2）による 60 mm 投影レンズについてのいくつかの特徴パラメータをグラフ表示している。

【0053】

例示的な実施形態 4

図 1 7 に示される第 4 の例示的な実施形態は、図 7 による第 2 の例示的な実施形態と類似の投影レンズに関するが、この投影レンズはさらに、レンズ 7 5 0 または 1 7 5 0 とレンズ 7 5 8 または 1 7 8 0 との間に挿入された焦点距離エクステンダを装備している。

【0054】

この例示的な実施形態における投影レンズは有利には、拡大された画像から DMD への順番で、すなわち左から右に以下の構成部品を有する。

- a) 図 7 による投影レンズの第 1 の 7 つのレンズと同一の第 1 の 7 つのレンズ、および
- b) 焦点距離エクステンダ 1 7 5 5 であって、このエクステンダは、
 - 絞り 1 7 5 4 と、
 - 第 1 負レンズ 1 7 5 8、好ましくは両凹レンズ（このレンズのより大きく凹んだ面 1 7 6 0 は好ましくは投影壁から離れている）と、
 - 第 2 正両凸レンズ 1 7 6 4（このレンズのより大きく曲がった面 1 7 6 2 は投影壁に面する）と、
 - 第 3 負両凹レンズ 1 7 7 0（このレンズのより平坦面 1 7 6 8 は投影壁に面する）と、
 - 第 4 正両凸レンズ 1 7 7 6（このレンズのより平坦な凸面 1 7 7 4 は投影壁に面する）と、
 - 第 5 負メニスカスレンズ 1 7 8 0（このレンズの凹面 1 7 7 8 は投影壁に面する）と、

c) 前述したように、別のレンズは、図 7 による第 2 の例示的な実施形態の対応するレンズと同一である。ビーム結合器 1 7 1 1 0 にも同じことが適用される。

【0055】

図 1 7 による例示的な実施形態の光学部品の個々の表面に対する精密な仕様が、それぞれに関連付けられた参照符号と併せて表 7 で見られる。レンズ面 1 7 5 2 の非球面係数は表 8 に記載されている。これら係数は図 7 または表 4 による第 2 の例示的な実施形態の係数と同一である。

【0056】

図 8 ～図 1 1 に対応する図 1 8 ～図 2 1 は、相対照度（図 1 8）、歪み（図 1 9）、透過率プロファイル（図 2 0）および分解能（変調、図 2 1）といった、第 4 の例示的な実施形態（図 1 7）による投影レンズについてのいくつかの特徴パラメータをグラフ表示している。

【0057】

例示的な実施形態 5

図 2 2 に示される第 5 の例示的な実施形態は、図 1 2 による第 3 の例示的な実施形態と類似の投影レンズに関するが、この投影レンズはさらに、レンズ 1 2 4 4 または 2 2 4 4

とレンズ 1 2 5 8 または 2 2 8 0 との間に挿入された焦点距離エクステンダを装備している。

【0058】

この例示的な実施形態の投影レンズは有利には、拡大された画像から DMD への順番で、すなわち左から右に以下の構成部品を有する。

a) 図 1 2 による投影レンズの第 1 の 6 つのレンズと同一の第 1 の 6 つのレンズ、および

b) 焦点距離エクステンダ 2 2 4 7 であって、このエクステンダは、

— 第 1 負両凹レンズ 2 2 5 0 (このレンズのより大きく曲がった凹面 2 2 5 2 は投影壁から離れ、投影壁に面する凹面 2 2 4 8 は非球面フォーマットで構成されている) と、

— 第 2 正両凸レンズ 2 2 5 6 (このレンズのより大きく曲がった凸面 2 2 5 4 は投影壁に面する) と、

— 絞り 2 2 6 0 と、

— 第 3 正メニスカスレンズ 2 2 6 4 (このレンズの凸面 2 2 6 2 は投影壁に面する) と

、

— 第 4 負メニスカスレンズ 2 2 6 8 (このレンズの凸面 2 2 6 6 は投影壁に面する) と

、

— 第 5 負両凹レンズ 2 2 7 4 (このレンズのより大きく曲がった凹面 2 2 7 2 は投影壁に面する) と、を有する。

c) 前述したように、別のレンズは、図 1 2 による第 3 の例示的な実施形態の対応するレンズと同一である。ビーム結合器 2 2 1 0 6 にも同じことが適用される。

【0059】

レンズ 2 2 6 4 と 2 2 6 8 は、一体に接着され、ダブルレットを形成する。

図 2 2 による例示的な実施形態の光学部品の個々の表面に対する精密な仕様が、それぞれに関連付けられた参照符号と併せて表 9 で見られる。レンズ面 2 2 4 8 の非球面係数は表 1 0 に記載されている。レンズ面 2 2 4 6 の非球面係数は表 6 の係数に一致する。

【0060】

図 8 ~ 図 1 1 に対応する図 2 3 ~ 図 2 6 は、相対照度 (図 2 3)、歪み (図 2 4)、透過率プロファイル (図 2 5) および分解能 (変調、図 2 6) といった、第 5 の例示的な実施形態 (図 2 2) による投影レンズについてのいくつかの特徴パラメータをグラフ表示している。

【0061】

前述したように、図に示された投影レンズの技術データは、表 1 ~ 表 1 0 に記載されている。各表の詳細は以下の通りである。

【0062】

表 1 は、図 2 に示された投影レンズの半径、厚みまたは空間距離、屈折率およびアッベ数の一覧を示す。

【表 1】

焦点距離＝4.4mm、絞り値＝2.5

参照符号	半径/mm	厚さまたは 空間距離/ mm	屈折率 n d	アッベ数 ν d
208	120.648			
210		7.300	1.7552	27.5
212	91.484			
		13.000		
214	313.438			
216		6.000	1.4339	95.0
218	74.331			
		44.830		
220	-1689.208			
222		6.000	1.4339	95.0
224	72.538			
		39.430		
230	-346.584			
232		25.000	1.4875	70.4
234	-77.586			
		17.980		
236	45.620			
238		5.300	1.4339	95.0
240	45.620			
		7.000		
242	64.828			
244		7.450	1.5584	54.0
246	155.028			
		25.000		
248	82.972			
250		5.720	1.4339	95.0
252	31.829 (*)			
		75.55		
256	505.311			
258		20.570	1.5691	71.3
260	-40.218			
262		17.340	1.6134	44.5
264	-66.405			

10

20

30

40

参照符号	半径/mm	厚さまたは 空間距離/ mm	屈折率n d	アッベ数 ν d
		8.368		
266	-1689.208			
268		4.940	1.6134	44.5
270	53.566			
		5.000		
272	61.547			
274		11.700	1.4339	95.0
276	-160.546			
		0.120		
278	102.632			
280		7.700	1.4339	95.0
282	-638.036			
		12.000		
294	0.000			
288		116.500	1.5168	64.2
296	0.000			
292		3.00	1.5085	61.2
298	0.000	0.000		

(*) 非球面

【0063】

表2は、図2に示された投影レンズの非球面係数の一覧を示す。

【表2】

非球面係数：	
K (円錐係数)	0
C	0.0314179
D	0.500000×10^{-7}
E	-0.150000×10^{-9}
F	0
G	0
H	0

【0064】

表3は、図7に示された投影レンズの半径、厚みまたは空間距離、屈折率およびアッベ数の一覧を示す。

【表 3】

焦点距離＝48mm、絞り値＝2.5

参照符号	半径/mm	厚さまたは 空間距離/ mm	屈折率n d	アッベ数 ν d
708	120.648			
710		7.550	1.7552	27.5
712	91.484			
		10.000		
714	313.438			
716		6.000	1.4339	95.0
718	74.331			
		25.000		
720	-1689.208			
722		6.000	1.4339	95.0
724	72.538			
		37.000		
730	-346.584			
732		25.000	1.4875	70.4
734	-77.586			
		16.377		
736	45.620			
738		5.300	1.4339	95.0
740	45.620			
		5.000		
742	64.828			
744		7.450	1.5584	54.0
746	155.028			
		25.757		
748	82.972			
750		5.720	1.4339	95.0
752	31.829 (*)			
		72.88		
756	460.206			
758		20.570	1.5691	71.3
760	-41.253			
762		17.340	1.6134	44.5
764	-66.405			

10

20

30

40

参照符号	半径/mm	厚さまたは 空間距離/ mm	屈折率 n d	アッベ数 ν d
		9.269		
766	-1689.208			
768		4.940	1.6134	44.5
770	53.566			
		4.950		
772	61.547			
774		11.700	1.4339	95.0
776	-160.546			
		0.120		
778	102.632			
780		7.700	1.4339	95.0
782	-638.036			
		12.000		
794	0.000			
788		116.500	1.5168	64.2
796	0.000			
792		3.000	1.5085	61.2
798	0.000			

10

20

(*) 非球面

【0065】

表4は、図7に示された投影レンズの非球面係数の一覧を示す。

【表4】

非球面係数：	
K（円錐係数）	0
C	0.0314179
D	0.500000×10^{-7}
E	-0.150000×10^{-9}
F	0
G	0
H	0

30

【0066】

表5は、図12に示された投影レンズの半径、厚みまたは空間距離、屈折率およびアッベ数の一覧を示す。

40

【表 5】

焦点距離＝60mm、絞り値＝2.5

参照符号	半径/mm	厚さまたは 空間距離/ mm	屈折率n _d	アッベ数 ν _d
1208	260.116			
1210		6.000	1.6477	33.8
1212	83.104			
		13.180		
1214	279.392			
1216		6.000	1.4970	81.5
1218	59.207			
		26.800		
1220	-41.633			
1222		10.000	1.5168	64.2
1224	-45.620			
		0.100		
1230	206.589			
1232		9.300	1.5584	54.0
1234	-120.219			
		3.500		
1236	44.003			
1238		9.450	1.5688	56.0
1240	47.538			
		33.320		
1242	49.083			
1244		5.710	1.4970	81.5
1246	30.177 (*)			
		69.880		
1256	-450.881			
1258		15.570	1.5924	68.3
1260	-35.655			
1262		21.600	1.6134	44.5
1264	-62.146			
		11.390		
1266	-995.653			
1268		4.940	1.6134	44.5
1270	56.656			

10

20

30

40

参照符号	半径/mm	厚さまたは 空間距離/ mm	屈折率 n d	アッベ数 ν d
		5.000		
1272	65.581			
1274		11.700	1.4388	95.0
1276	-165.829			
		0.120		
1278	84.755			
1280		7.700	1.4388	95.0
1282	-750.449			
		12.000		
1294	0.000			
1288		116.500	1.5168	64.2
1296	0.000			
1292		3.000	1.5085	61.2
1298	0.000			

10

(*) 非球面

【0067】

表6は、図12に示された投影レンズの非球面係数の一覧を示す。

【表6】

非球面係数：	
K (円錐係数)	0
C	0.033138
D	0.890000×10^{-7}
E	-0.170000×10^{-9}
F	$-0.700000 \times 10^{-13}$
G	0
H	0

30

【0068】

表7は、図17に示された投影レンズの半径、厚みまたは空間距離、屈折率およびアッベ数の一覧を示す。

【表 7】

焦点距離エクステンダを備えた、焦点距離＝48mm、絞り値＝2.5

参照符号	半径/mm	厚さまたは 空間距離/ mm	屈折率 n d	アッベ数 ν d
1708	120.648			
1710		7.550	1.7552	27.5
1712	91.484			
		10.000		
1714	313.438			
1716		6.000	1.4339	95.0
1718	74.331			
		25.000		
1720	-1.689.208			
1722		6.000	1.4339	95.0
1724	72.538			
		37.000		
1730	-346.584			
1732		25.000	1.4875	70.4
1734	-77.586			
		16.377		
1736	45.620			
1738		5.300	1.4339	95.0
1740	45.620			
		5.000		
1742	64.828			
1744		7.450	1.5584	54.0
1746	155.028			
		25.757		
1748	82.972			
1750		5.720	1.4339	95.0
1752	31.829*			
		10.000		
1756	-1090.064			
1758		2.500	1.5168	64.2
1760	102.356			
		0.100		
1762	46.064			
1764		8.900	1.6201	63.5
1766	-117.272			

10

20

30

40

参照符号	半径/mm	厚さまたは 空間距離/ mm	屈折率 n d	アッベ数 ν_d
		11.667		
1768	-71.852			
1770		2.887	1.8467	23.8
1772	57.079			
		1.995		
1774	72.646			
1776		9.251	1.8467	23.8
1778	-61.080			
1780		2.500	1.8350	43.0
1782	-5401.582			
		23.080		
1784	460.206			
1786		20.570	1.5691	71.3
1788	-41.253			
1790		17.340	1.6134	44.5
1792	-66.405			
		9.269		
1794	-1689.208			
1796		4.940	1.6134	44.5
1798	53.566			
		4.950		
17100	61.547			
17102		11.700	1.4339	95.0
17103	-160.546			
		0.120		
17104	102.632			
17106		7.700	1.4339	95.0
17108	-638.036			
		12.000		
17118	0.000			
17114		116.50	1.5168	64.2
17120	0.000			
17116		3.000	1.5085	61.2
17122	0.000			

(*) 非球面

【0069】

表8は、図17に示された投影レンズの非球面係数の一覧を示す。

10

20

30

40

【表 8】

非球面係数：	
K (円錐係数)	0
C	0.0314179
D	$0.500000*10^{-7}$
E	$-0.150000*10^{-9}$
F	0
G	0
H	0

10

【0070】

表9は、図22に示された投影レンズの半径、厚みまたは空間距離、屈折率およびアッベ数の一覧を示す。

【表 9】

焦点距離エクステンダを備えた、焦点距離＝60 mm、絞り値＝2.5

参照符号	半径/mm	厚さまたは 空間距離/ mm	屈折率 n d	アッベ数 ν d
2208	260.116			
2210		6.000	1.6477	33.8
2212	83.104			
		13.180		
2214	279.392			
2216		6.000	1.4970	81.5
2218	59.207			
		26.800		
2220	-41.633			
2222		10.000	1.5168	64.2
2224	-45.620			
		0.100		
2230	206.589			
2232		9.300	1.5584	54.0
2234	-120.219			
		3.500		
2236	44.003			
2238		9.450	1.5688	56.0
2240	47.538			
		33.320		
2242	49.083			
2244		5.710	1.4970	81.5
2246	30.177*			
		7.120		
2248	-447.776*			
2250		1.900	1.6200	36.3
2252	62.709			
		1.080		
2254	50.447			
2256		9.900	1.6030	65.5
2258	-135.991			
		10.610		
2262	62.451			
2264		4.970	1.8467	23.8

10

20

30

40

参照符号	半径/mm	厚さまたは 空間距離/ mm	屈折率 n d	アッベ数 ν_d
2266	108.556			
2268		3.240	1.8830	40.8
2270	86.779			
		5.630		
2272	-163.039			
2274		2.410	1.8830	40.8
2276	180.333			
		23.020		
2278	-450.881			
2280		15.570	1.5924	68.3
2282	-35.655			
2284		21.600	1.6134	44.3
2286	-62.146			
		11.390		
2288	-995.653			
2290		4.940	1.6134	44.5
2292	56.656			
		5.000		
2294	65.581			
2296		11.700	1.4388	95.0
2298	-165.829			
		0.120		
22100	84.755			
22102		7.700	1.4388	95.0
22104	-750.449			
		12.000		
22114	0.000			
22108		116.500	1.5168	62.2
22116	0.000			
22112		3.000	1.5085	61.2
22118	0.000			

(*) 非球面

【0071】

表10は、図22に示された投影レンズの非球面係数の一覧を示す。

10

20

30

40

【表 10】

非球面係数：	
K (円錐係数)	0
C	0.0314179
D	0.500000×10^{-7}
E	-0.150000×10^{-9}
F	0
G	0
H	0

10

【図面の簡単な説明】

【0072】

【図1A】フォーマット1. 9：1の概略図を示す。

【図1B】一定の画像高さを備える映画スクリーン上のフォーマット2. 37：1の概略図を示す。

【図1C】一定の画像幅を備える映画スクリーン上のフォーマット2. 37：1の概略図を示す。

【図1D】レターボックスサイズの場合におけるDMD上のフォーマット1. 9：1および2. 37：1の概略図を示す。 20

【図2】第1の例示的な実施形態として、焦点距離44mmを有する投影レンズのレンズ配列を示す。

【図3】図2による投影レンズの相対的な照度を示す。

【図4】図2による投影レンズの歪みを示す。

【図5】図2による投影レンズの透過率を示す。

【図6】ミリメートル当たりの18、36および72ラインペアに対する緑色チャンネルにおける図2による構成の変調伝達関数を示す。

【図7】第2の例示的な実施形態として、焦点距離48mmを有する投影レンズのレンズ配列を示す。 30

【図8】図7による投影レンズの相対的な照度を示す。

【図9】図7による投影レンズの歪みを示す。

【図10】図7による投影レンズの透過率を示す。

【図11】ミリメートル当たりの18、36および72ラインペアに対する緑色チャンネルにおける図7による構成の変調伝達関数を示す。

【図12】第3の例示的な実施形態として、焦点距離60mmを有する投影レンズのレンズ配列を示す。

【図13】図12による投影レンズの相対的な照度を示す。

【図14】図12による投影レンズの歪みを示す。

【図15】図12による投影レンズの透過率を示す。 40

【図16】ミリメートル当たりの18、36および72ラインペアに対する緑色チャンネルにおける図12による構成の変調伝達関数を示す。

【図17】第4の例示的な実施形態として、焦点距離48mmおよび焦点距離エクステンダを有する投影レンズのレンズ配列を示す。

【図18】図17による投影レンズの相対的な照度を示す。

【図19】図17による投影レンズの歪みを示す。

【図20】図17による投影レンズの透過率を示す。

【図21】ミリメートル当たりの18、36および72ラインペアに対する緑色チャンネルにおける図17による構成の変調伝達関数を示す。

【図22】第5の例示的な実施形態として、焦点距離60mmおよび焦点距離エクステン 50

ダを有する投影レンズのレンズ配列を示す。

【図 2 3】図 2 2 による投影レンズの相対的な照度を示す。

【図 2 4】図 2 2 による投影レンズの歪みを示す。

【図 2 5】図 2 2 による投影レンズの透過率を示す。

【図 2 6】ミリメートル当たりの 1 8、3 6 および 7 2 ラインペアに対する緑色チャネルにおける図 2 2 による構成の変調伝達関数を示す。

【符号の説明】

【0 0 7 3】

2 0 8	レンズ 2 1 0 の第 1 表面	
2 1 0	負メニスカスレンズ	10
2 1 2	レンズ 2 1 0 の第 2 表面	
2 1 4	レンズ 2 1 6 の第 1 表面	
2 1 6	負メニスカスレンズ	
2 1 8	レンズ 2 1 6 の第 2 表面	
2 2 0	レンズ 2 2 2 の第 1 表面	
2 2 2	負両凹レンズ	
2 2 4	レンズ 2 2 2 の第 2 表面	
2 2 8	正の光学アセンブリ	
2 3 0	レンズ 2 3 2 の第 1 表面	
2 3 2	正メニスカスレンズ	20
2 3 4	レンズ 2 3 2 の第 2 表面	
2 3 6	レンズ 2 3 8 の第 1 表面	
2 3 8	メニスカスレンズ	
2 4 0	レンズ 2 3 8 の第 2 表面	
2 4 2	レンズ 2 4 4 の第 1 表面	
2 4 4	正メニスカスレンズ	
2 4 6	レンズ 2 4 4 の第 2 表面	
2 4 8	レンズ 2 5 0 の第 1 表面	
2 5 0	負メニスカスレンズ	
2 5 2	レンズ 2 5 0 の第 2 表面	30
2 5 4	絞り	
2 5 6	レンズ 2 5 8 の第 1 表面	
2 5 8	正両凸レンズ	
2 6 0	レンズ 2 5 8 の第 2 表面／レンズ 2 6 2 の第 1 表面	
2 6 2	負メニスカスレンズ	
2 6 4	レンズ 2 6 2 の第 2 表面	
2 6 6	レンズ 2 6 8 の第 1 表面	
2 6 8	負両凹レンズ	
2 7 0	レンズ 2 6 8 の第 2 表面	
2 7 2	レンズ 2 7 4 の第 1 表面	40
2 7 4	正両凸レンズ	
2 7 6	レンズ 2 7 4 の第 2 表面	
2 7 8	レンズ 2 8 0 の第 1 表面	
2 8 0	正両凸レンズ	
2 8 2	レンズ 2 8 0 の第 2 表面	
2 8 6	ビーム結合器	
2 8 8	ビーム結合器の第 1 セグメント	
2 9 0	ビーム結合器の光軸	
2 9 2	ビーム結合器の第 2 セグメント	
2 9 4	ビーム結合器の第 1 表面	50

2 9 6	ビーム結合器の境界面	
2 9 8	ビーム結合器の第 2 表面	
7 0 8	レンズ 7 1 0 の第 1 表面	
7 1 0	負メニスカスレンズ	
7 1 2	レンズ 7 1 0 の第 2 表面	
7 1 4	レンズ 7 1 6 の第 1 表面	
7 1 6	負メニスカスレンズ	
7 1 8	レンズ 7 1 6 の第 2 表面	
7 2 0	レンズ 7 2 2 の第 1 表面	
7 2 2	負両凹レンズ	10
7 2 4	レンズ 7 2 2 の第 2 表面	
7 2 8	正の光学アセンブリ	
7 3 0	レンズ 7 3 2 の第 1 表面	
7 3 2	正メニスカスレンズ	
7 3 4	レンズ 7 3 2 の第 2 表面	
7 3 6	レンズ 7 3 8 の第 1 表面	
7 3 8	メニスカスレンズ	
7 4 0	レンズ 7 3 8 の第 2 表面	
7 4 2	レンズ 7 4 4 の第 1 表面	
7 4 4	正メニスカスレンズ	20
7 4 6	レンズ 7 4 4 の第 2 表面	
7 4 8	レンズ 7 5 0 の第 1 表面	
7 5 0	負メニスカスレンズ	
7 5 2	レンズ 7 5 0 の第 2 表面	
7 5 4	絞り	
7 5 6	レンズ 7 5 8 の第 1 表面	
7 5 8	正両凸レンズ	
7 6 0	レンズ 7 5 8 の第 2 表面／レンズ 7 6 2 の第 1 表面	
7 6 2	負メニスカスレンズ	
7 6 4	レンズ 7 6 2 の第 2 表面	30
7 6 6	レンズ 7 6 8 の第 1 表面	
7 6 8	負両凹レンズ	
7 7 0	レンズ 7 6 8 の第 2 表面	
7 7 2	レンズ 7 7 4 の第 1 表面	
7 7 4	正両凸レンズ	
7 7 6	レンズ 7 7 4 の第 2 表面	
7 7 8	レンズ 7 8 0 の第 1 表面	
7 8 0	正両凸レンズ	
7 8 2	レンズ 7 8 0 の第 2 表面	
7 8 6	ビーム結合器	40
7 8 8	ビーム結合器の第 1 セグメント	
7 9 0	ビーム結合器の光軸	
7 9 2	ビーム結合器の第 2 セグメント	
7 9 4	ビーム結合器の第 1 表面	
7 9 6	ビーム結合器の境界面	
7 9 8	ビーム結合器の第 2 表面	
1 2 0 8	レンズ 1 2 1 0 の第 1 表面	
1 2 1 0	負メニスカスレンズ	
1 2 1 2	レンズ 1 2 1 0 の第 2 表面	
1 2 1 4	レンズ 1 2 1 6 の第 1 表面	50

1 2 1 6	負メニスカスレンズ	
1 2 1 8	レンズ 1 2 1 6 の第 2 表面	
1 2 2 0	レンズ 1 2 2 2 の第 1 表面	
1 2 2 2	負メニスカスレンズ	
1 2 2 4	レンズ 1 2 2 2 の第 2 表面	
1 2 2 8	正の光学アセンブリ	
1 2 3 0	レンズ 1 2 3 2 の第 1 表面	
1 2 3 2	正両凸レンズ	
1 2 3 4	レンズ 1 2 3 2 の第 2 表面	
1 2 3 6	レンズ 1 2 3 8 の第 1 表面	10
1 2 3 8	正メニスカスレンズ	
1 2 4 0	レンズ 1 2 3 8 の第 2 表面	
1 2 4 2	レンズ 1 2 4 4 の第 1 表面	
1 2 4 4	負メニスカスレンズ	
1 2 4 6	レンズ 1 2 4 4 の第 2 表面	
1 2 5 4	絞り	
1 2 5 6	レンズ 1 2 5 8 の第 1 表面	
1 2 5 8	正メニスカスレンズ	
1 2 6 0	レンズ 1 2 5 8 の第 2 表面／レンズ 1 2 6 2 の第 1 表面	
1 2 6 2	負メニスカスレンズ	20
1 2 6 4	レンズ 1 2 6 2 の第 2 表面	
1 2 6 6	レンズ 1 2 6 6 の第 1 表面	
1 2 6 8	負両凹レンズ	
1 2 7 0	レンズ 1 2 6 6 の第 2 表面	
1 2 7 2	レンズ 1 2 7 4 の第 1 表面	
1 2 7 4	正両凸レンズ	
1 2 7 6	レンズ 1 2 7 4 の第 2 表面	
1 2 7 8	レンズ 1 2 8 0 の第 1 表面	
1 2 8 0	正両凸レンズ	
1 2 8 2	レンズ 1 2 8 0 の第 2 表面	30
1 2 8 6	ビーム結合器	
1 2 8 8	ビーム結合器の第 1 セグメント	
1 2 9 0	ビーム結合器の光軸	
1 2 9 2	ビーム結合器の第 2 セグメント	
1 2 9 4	ビーム結合器の第 1 表面	
1 2 9 6	ビーム結合器の境界面	
1 2 9 8	ビーム結合器の第 2 表面	
1 7 0 8	レンズ 1 7 1 0 の第 1 表面	
1 7 1 0	負メニスカスレンズ	
1 7 1 2	レンズ 1 7 1 0 の第 2 表面	40
1 7 1 4	レンズ 1 7 1 6 の第 1 表面	
1 7 1 6	負メニスカスレンズ	
1 7 1 8	レンズ 1 7 1 6 の第 2 表面	
1 7 2 0	レンズ 1 7 2 2 の第 1 表面	
1 7 2 2	負両凹レンズ	
1 7 2 4	レンズ 1 7 2 2 の第 2 表面	
1 7 2 8	正の光学アセンブリ	
1 7 3 0	レンズ 1 7 3 2 の第 1 表面	
1 7 3 2	正メニスカスレンズ	
1 7 3 4	レンズ 1 7 3 2 の第 2 表面	50

1 7 3 6	レンズ 1 7 3 8 の第 1 表面	
1 7 3 8	正メニスカスレンズ	
1 7 4 0	レンズ 1 7 3 8 の第 2 表面	
1 7 4 2	レンズ 1 7 4 4 の第 1 表面	
1 7 4 4	正メニスカスレンズ	
1 7 4 6	レンズ 1 7 4 4 の第 2 表面	
1 7 4 8	レンズ 1 7 5 0 の第 1 表面	
1 7 5 0	負メニスカスレンズ	
1 7 5 2	レンズ 1 7 5 0 の第 2 表面	
1 7 5 4	絞り	10
1 7 5 5	焦点距離エクステンダ	
1 7 5 6	レンズ 1 7 5 8 の第 1 表面	
1 7 5 8	負メニスカスレンズ	
1 7 6 0	レンズ 1 7 5 8 の第 2 表面	
1 7 6 2	レンズ 1 7 6 4 の第 1 表面	
1 7 6 4	正両凸レンズ	
1 7 6 6	レンズ 1 7 6 4 の第 2 表面	
1 7 6 8	レンズ 1 7 7 0 の第 1 表面	
1 7 7 0	負両凹レンズ	
1 7 7 2	レンズ 1 7 7 0 の第 2 表面	20
1 7 7 4	レンズ 1 7 7 4 の第 1 表面	
1 7 7 6	正両凸レンズ	
1 7 7 8	レンズ 1 7 7 4 の第 2 表面／レンズ 1 7 8 0 の第 1 表面	
1 7 8 0	負メニスカスレンズ	
1 7 8 2	レンズ 1 7 8 0 の第 2 表面	
1 7 8 4	レンズ 1 7 8 6 の第 1 表面	
1 7 8 6	正両凸レンズ	
1 7 8 8	レンズ 1 7 8 6 の第 2 表面／レンズ 1 7 9 0 の第 1 表面	
1 7 9 0	負メニスカスレンズ	
1 7 9 2	レンズ 1 7 6 2 の第 2 表面	30
1 7 9 4	レンズ 1 7 9 6 の第 1 表面	
1 7 9 6	負両凹レンズ	
1 7 9 8	レンズ 1 7 9 6 の第 2 表面	
1 7 1 0 0	レンズ 1 7 1 0 2 の第 1 表面	
1 7 1 0 2	正両凸レンズ	
1 7 1 0 3	レンズ 1 7 1 0 2 の第 2 表面	
1 7 1 0 4	レンズ 1 7 1 0 6 の第 1 表面	
1 7 1 0 6	正両凸レンズ	
1 7 1 0 8	レンズ 1 7 1 0 6 の第 2 表面	
1 7 1 1 0	ビーム結合器	40
1 7 1 1 2	ビーム結合器の光軸	
1 7 1 1 4	ビーム結合器の第 1 セグメント	
1 7 1 1 6	ビーム結合器の第 2 セグメント	
1 7 1 1 8	ビーム結合器の第 1 表面	
1 7 1 2 0	ビーム結合器の境界面	
1 7 1 2 2	ビーム結合器の第 2 表面	
2 2 0 8	レンズ 2 2 1 0 の第 1 表面	
2 2 1 0	負メニスカスレンズ	
2 2 1 2	レンズ 2 2 1 0 の第 2 表面	
2 2 1 4	レンズ 2 2 1 6 の第 1 表面	50

2 2 1 6	負メニスカスレンズ	
2 2 1 8	レンズ 2 2 1 6 の第 2 表面	
2 2 2 0	レンズ 2 2 2 2 の第 1 表面	
2 2 2 2	負メニスカスレンズ	
2 2 2 4	レンズ 2 2 2 2 の第 2 表面	
2 2 2 8	正の光学アセンブリ	
2 2 3 0	レンズ 2 2 3 2 の第 1 表面	
2 2 3 2	正両凸レンズ	
2 2 3 4	レンズ 2 2 3 2 の第 2 表面	
2 2 3 6	レンズ 2 2 3 8 の第 1 表面	10
2 2 3 8	正メニスカスレンズ	
2 2 4 0	レンズ 2 2 3 8 の第 2 表面	
2 2 4 2	レンズ 2 2 4 4 の第 1 表面	
2 2 4 4	負メニスカスレンズ	
2 2 4 6	レンズ 2 2 4 4 の第 2 表面	
2 2 4 7	焦点距離エクステンダ	
2 2 4 8	レンズ 2 2 5 0 の第 1 表面	
2 2 5 0	負両凹レンズ	
2 2 5 2	レンズ 2 2 5 0 の第 2 表面	
2 2 5 4	レンズ 2 2 5 6 の第 1 表面	20
2 2 5 6	正両凸レンズ	
2 2 5 8	レンズ 2 2 5 6 の第 2 表面	
2 2 6 0	絞り	
2 2 6 2	レンズ 2 2 6 4 の第 1 表面	
2 2 6 4	正メニスカスレンズ	
2 2 6 6	レンズ 2 2 6 4 の第 2 表面／レンズ 2 2 6 8 の第 1 表面	
2 2 6 8	負メニスカスレンズ	
2 2 7 0	レンズ 2 2 6 8 の第 2 表面	
2 2 7 2	レンズ 2 2 7 4 の第 1 表面	
2 2 7 4	負両凹レンズ	30
2 2 7 6	レンズ 2 2 7 4 の第 2 表面	
2 2 7 8	レンズ 2 2 8 0 の第 1 表面	
2 2 8 0	正メニスカスレンズ	
2 2 8 2	レンズ 2 2 8 0 の第 2 表面／レンズ 2 2 8 4 の第 1 表面	
2 2 8 4	負メニスカスレンズ	
2 2 8 6	レンズ 2 2 8 4 の第 2 表面	
2 2 8 8	レンズ 2 2 9 0 の第 1 表面	
2 2 9 0	負両凹レンズ	
2 2 9 2	レンズ 2 2 9 0 の第 2 表面	
2 2 9 4	レンズ 2 2 9 6 の第 1 表面	40
2 2 9 6	正両凸レンズ	
2 2 9 8	レンズ 2 2 9 6 の第 2 表面	
2 2 1 0 0	レンズ 2 2 1 0 2 の第 1 表面	
2 2 1 0 2	正両凸レンズ	
2 2 1 0 4	レンズ 2 2 1 0 2 の第 2 表面	
2 2 1 0 6	ビーム結合器	
2 2 1 0 8	ビーム結合器の第 1 セグメント	
2 2 1 1 0	ビーム結合器の光軸	
2 2 1 1 2	ビーム結合器の第 2 セグメント	
2 2 1 1 4	ビーム結合器の第 1 表面	50

2 2 1 1 6 ビーム結合器の境界面
 2 2 1 1 8 ビーム結合器の第 2 表面

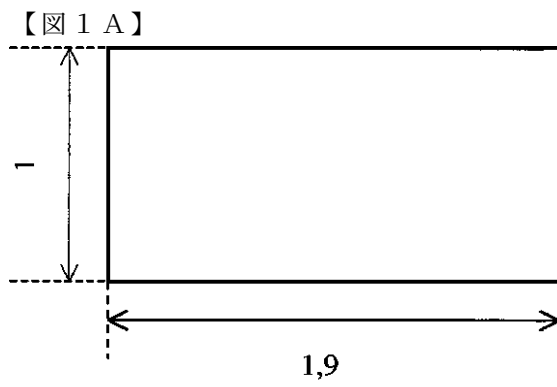


Fig. 1A

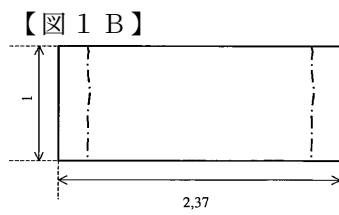


Fig. 1B

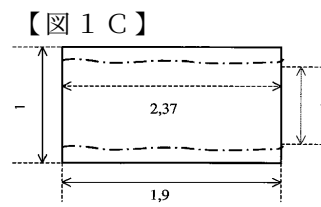


Fig. 1C

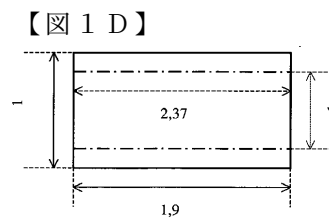


Fig. 1D

【図 2】

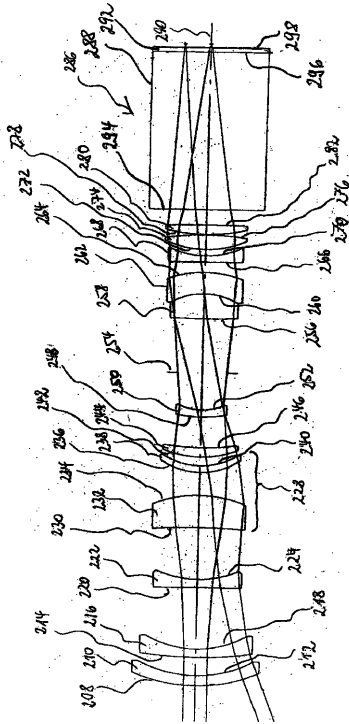
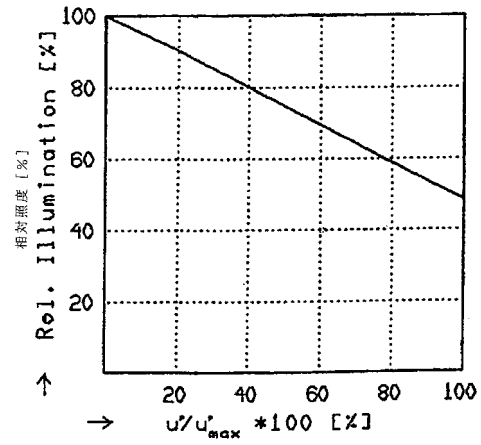
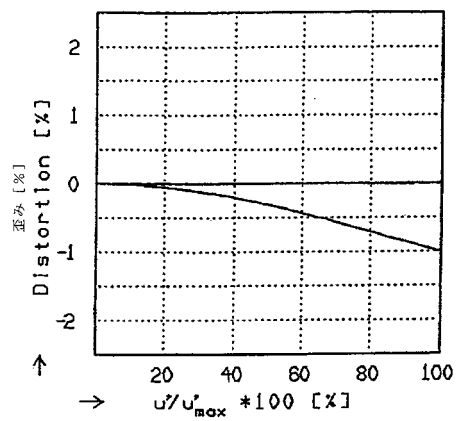


Fig. 2

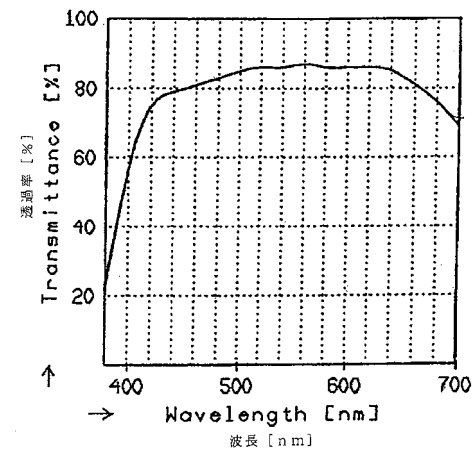
【図 3】



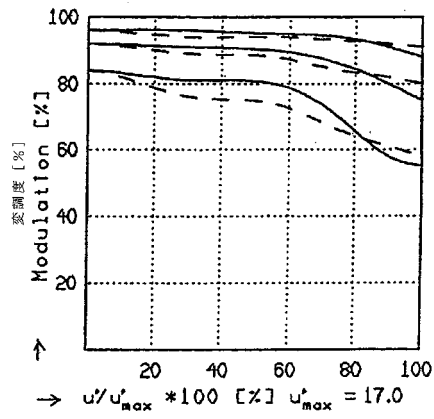
【図 4】



【図 5】



【図 6】



【図 7】

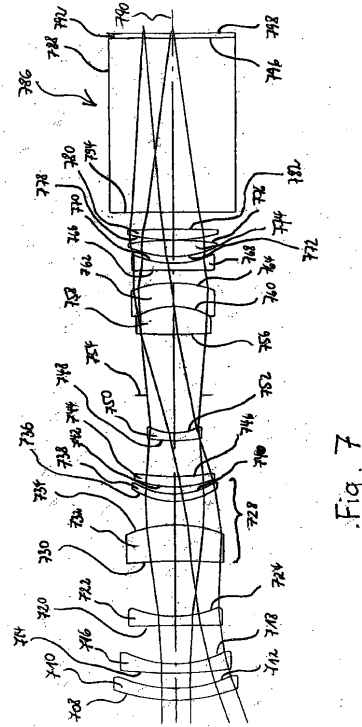
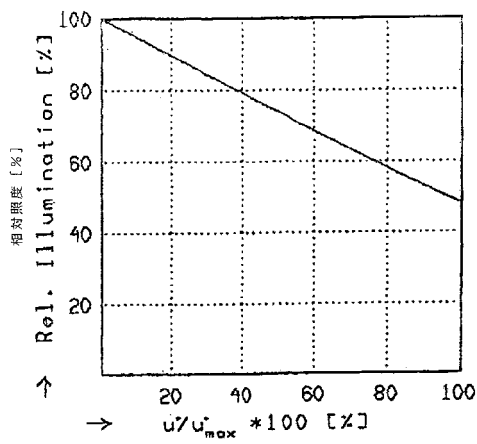
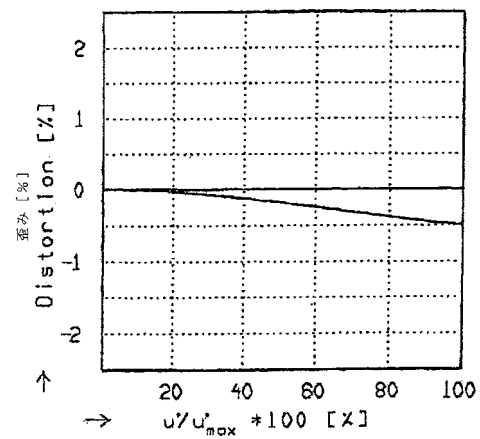


Fig. 7

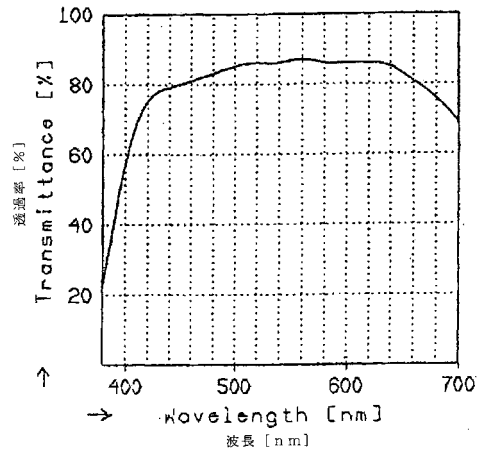
【図 8】



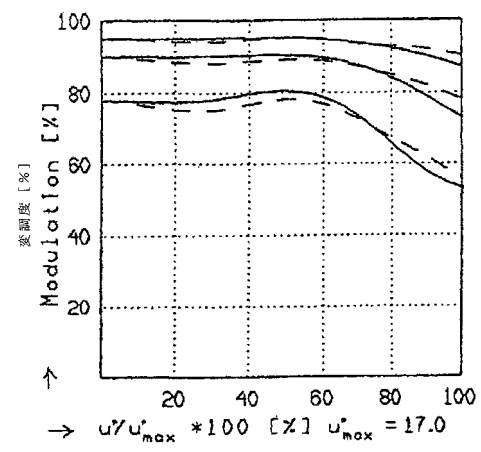
【図 9】



【図 10】



【図 11】



【図 12】

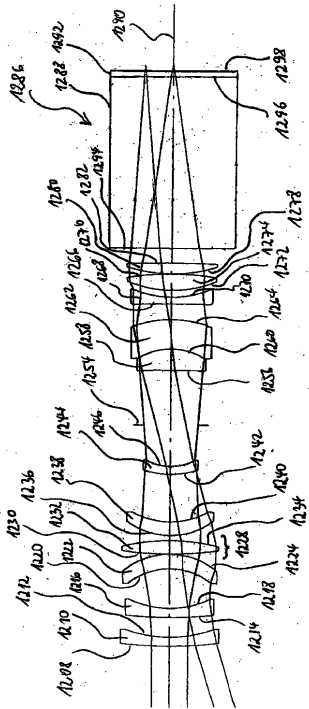
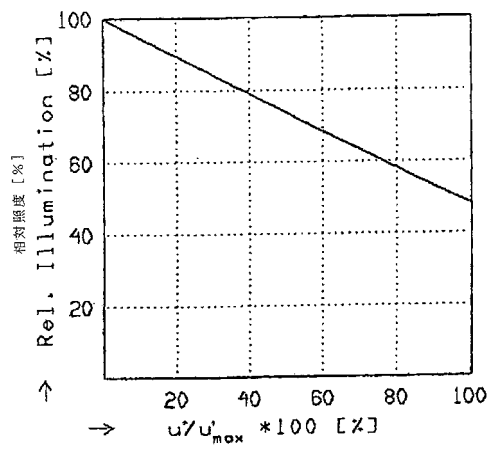
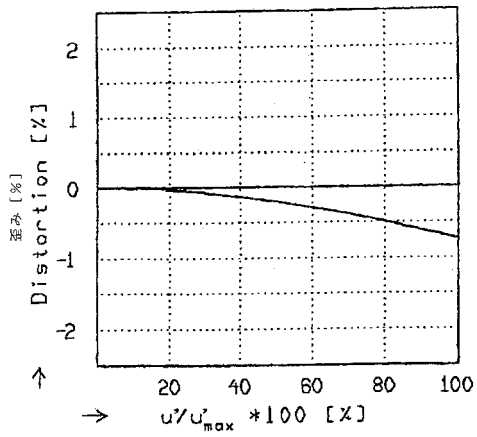


Fig. 12

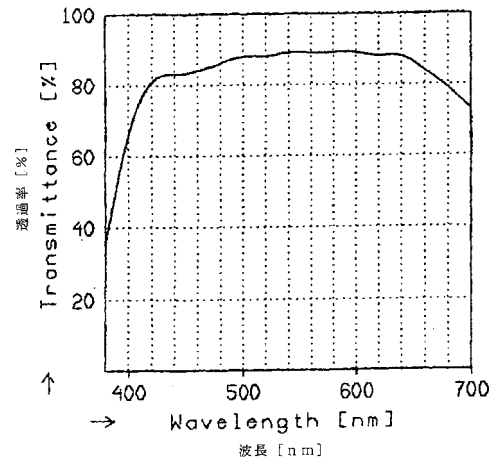
【図 13】



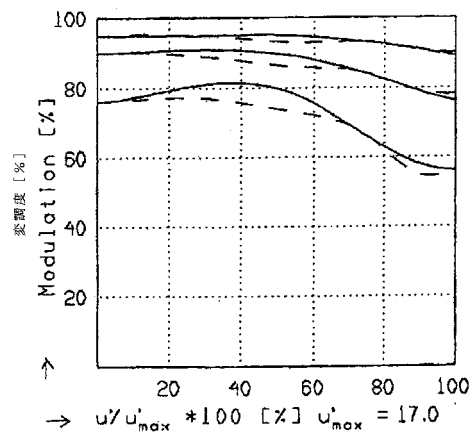
【図 14】



【図 15】



【図 16】



【図 17】

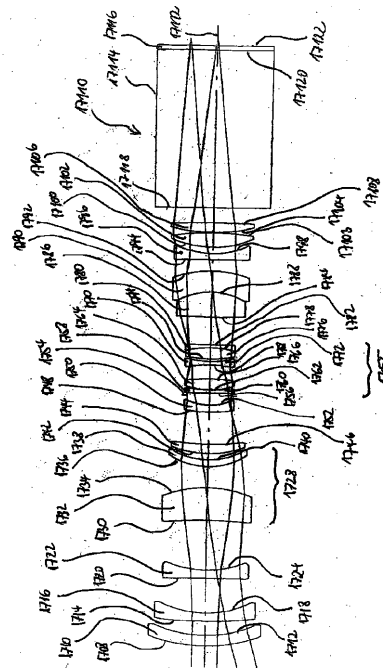
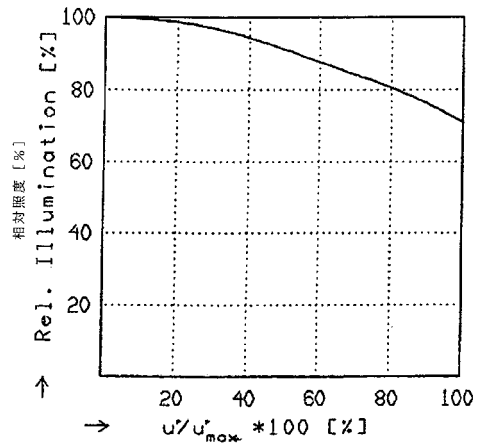
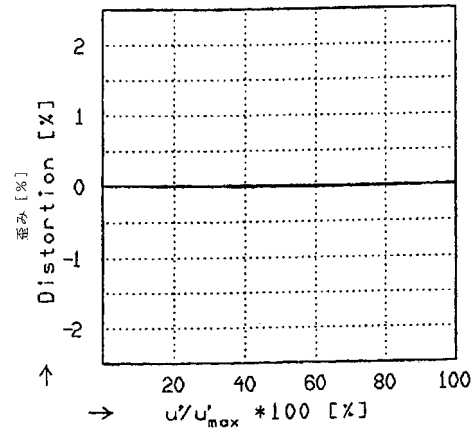


Fig. 17

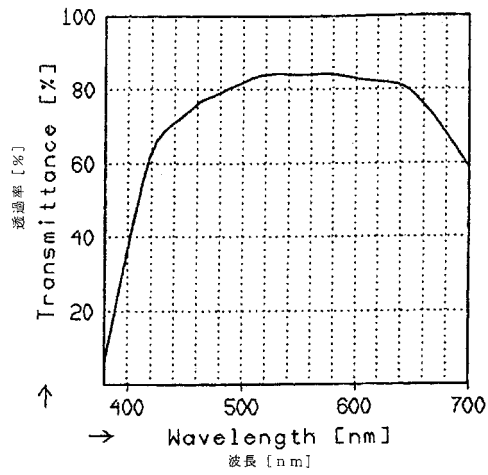
【図 18】



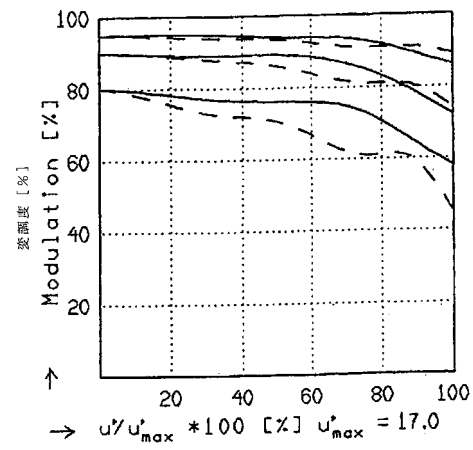
【図 19】



【図 20】



【図 21】



【図 22】

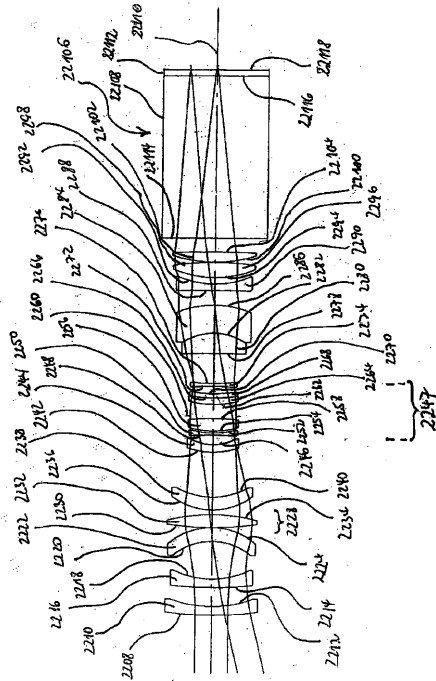
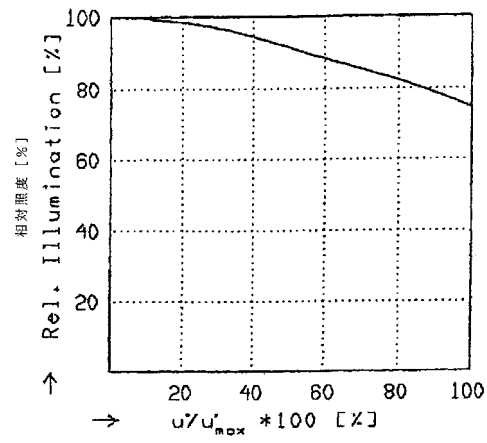
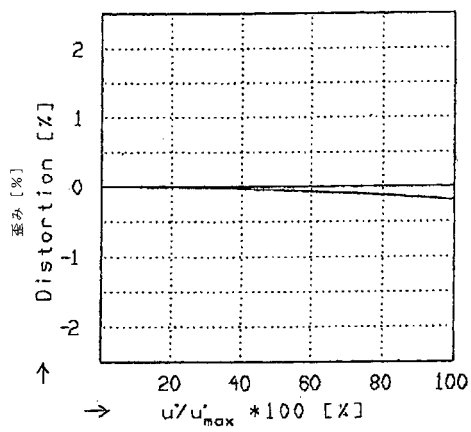


Fig. 22

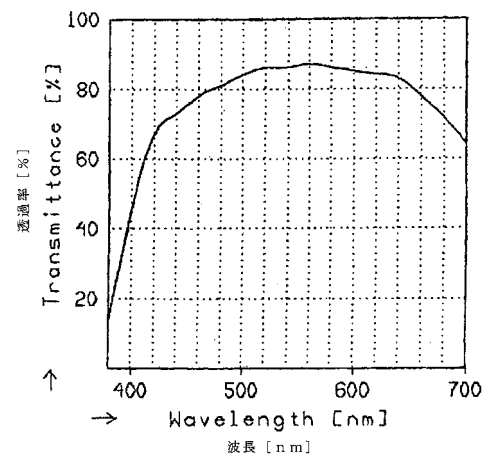
【図 23】



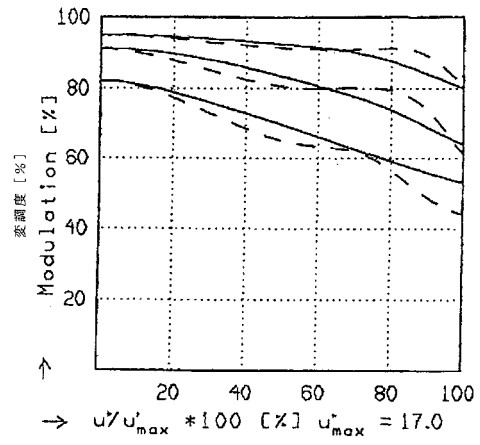
【図 24】



【図 25】



【図 26】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2002-258154 (JP, A)
特開2001-108899 (JP, A)
特開2000-249919 (JP, A)
特開平7-333497 (JP, A)
特開平6-95062 (JP, A)
特開平6-43362 (JP, A)
特開平6-30366 (JP, A)
特開平5-88080 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G02B 13/00 - 15/28