

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2007年12月13日 (13.12.2007)

PCT

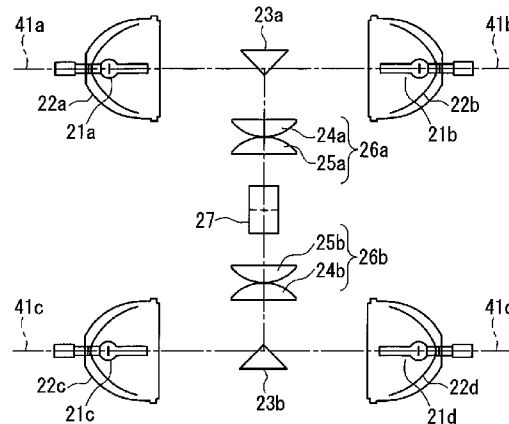
(10) 国際公開番号
WO 2007/142141 A1

- (51) 国際特許分類:
G03B 21/14 (2006.01) G03B 21/00 (2006.01)
G02B 27/00 (2006.01)
- (72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 三戸真也 (SANNOHE, Shinya). 和田充弘 (WADA, Mitsuhiro).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2007/061194
- (74) 代理人: 特許業務法人池内・佐藤アンドパートナーズ (IKEUCHI SATO & PARTNER PATENT ATTORNEYS); 〒5306026 大阪府大阪市北区天満橋1丁目8番30号OAPタワー26階 Osaka (JP).
- (22) 国際出願日: 2007年6月1日 (01.06.2007)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (30) 優先権データ:
特願2006-154266 2006年6月2日 (02.06.2006) JP
特願2006-323385 2006年11月30日 (30.11.2006) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 松下電器産業株式会社 (MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO., LTD.) [JP/JP]; 〒5718501 大阪府門真市大字門真1006番地 Osaka (JP).

[続葉有]

(54) Title: ILLUMINATION OPTICAL DEVICE AND PROJECTION DISPLAY DEVICE

(54) 発明の名称: 照明光学装置及び投写型表示装置



(57) Abstract: An illumination optical device has $2n$ (n is 2 or more) number of light sources (22a-22d), a first light collecting optical system, n number of first light synthesizing optical systems, second light collecting optical systems (26a, 26b), $n/2$ number of second light synthesizing optical systems, and a third light collecting optical system (35). The first light collecting optical system has $2n$ number of concave ellipsoidal surface mirrors (22a-22d) arranged so as to collect light emitted from the light sources. The n number of first light synthesizing optical systems have triangular prisms (23a, 23b) having an isosceles triangular cross-section and arranged so as to synthesize light emitted from two corresponding prisms of the first light collecting systems. The second light collecting optical systems (26a, 26b) are arranged so as to collect light from the first light synthesizing optical systems. The $n/2$ number of second light synthesizing optical systems have triangular prisms (27) having an isosceles triangular cross-section and arranged so as to synthesize light emitted from two corresponding prisms of the second light collecting systems. The third light collecting optical system (35) has lenses and lens arrays and is placed so that light from the second light synthesizing optical systems enters in it. The optical axes of the $2n$ number of the first light collecting systems are substantially in parallel with each other.

(57) 要約: $2n$ 個 (n は2以上)の光源21a~21dと、各光源からの出射光を各々集光するように配置された $2n$ 個の楕円面鏡21a~21dからなる第1集光光学系と、断面が二等辺三角形である三角柱状のプリズム23a、23bからなり、各々、第1集光光学系のうちの対応する2個からの出

[続葉有]

WO 2007/142141 A1



(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

添付公開書類:

— 国際調査報告書

射光を合成するように配置されたn個の第1合成光学系と、各第1合成光学系からの出射光を各々集光するように配置された第2集光光学系26a、26bと、断面が二等辺三角形である三角柱状のプリズム27からなり、各々、第2集光光学系のうちの対応する2個からの出射光を合成するように配置されたn/2個の第2合成光学系と、複数のレンズ、及び複数のレンズアレイからなり、第2合成光学系からの出射光が入射するように配置された第3集光光学系35とを備え、2n個の第1集光光学系の光軸はそれぞれ互いに略平行である。

明 細 書

照明光学装置及び投写型表示装置

技術分野

[0001] 本発明は、光源からの光を画像形成手段としてのライトバルブ上に照射する照明光学装置、及びライトバルブに形成される画像を照明光で照射し、投写レンズによりスクリーン上に拡大投写する投写型表示装置に関するものである。

背景技術

[0002] 大画面映像を得るために、ライトバルブに映像信号に応じた光学像を形成し、その光学像に光を照射し、投写レンズによりスクリーン上に拡大投写する、プロジェクタ等の拡大型表示装置がよく知られている。

[0003] このような投写型表示装置において、赤、緑、青の3原色光に対応してライトバルブを3つ用いれば、高輝度、高解像度でかつ色再現性の良好な投写画像を表示できる。さらに、光源を複数用いれば、より高輝度な投写画像が実現できるうえ、万が一、1つの光源に不具合が発生して不点灯となった場合でも他方の光源が点灯していれば、投写画像が途切れないという利点を有する。このような複数の光源を用いた投写型表示装置は、例えば特許文献1、特許文献2などに開示されている。

[0004] 特許文献2に開示された、2つの光源を用いた投写型表示装置の構成例を、図11に示す。図11において、光源1a、1bからの放射光は、楕円面鏡2a、2bによってそれぞれ合成プリズム3に集光される。合成プリズム3は、光の入射面に反射ミラーが形成され、楕円面鏡2a、2bからの集光光を互いの光軸を近接させ、2つの光の進行方向を集光光学系の光軸10に沿って同一に合成させて、集光レンズ11をはじめとする集光光学系側へ発散光として反射させる。

[0005] 合成プリズム3からの光は集光レンズ11により略平行光に変換される。集光レンズ11からの略平行光は、複数のレンズから構成される第1レンズアレイ板12に入射する。第1レンズアレイ板12に入射した光束は多数の光束に分割され、分割された多数の光束は、複数のレンズから構成される第2レンズアレイ板13に収束する。第2レンズアレイ板13上には複数の光源1a、1bの多数の微小光源像が形成される。

- [0006] 第1レンズアレイ板12のレンズ素子の焦点距離は第1レンズアレイ板12と第2レンズアレイ板13の間隔と等しい。第1レンズアレイ板12のレンズ素子は液晶パネル15と相似形の開口形状である。第2レンズアレイ板13のレンズ素子は、第1レンズアレイ板12面と液晶パネル面16とが略共役関係となるように焦点距離が決められている。
- [0007] 照明レンズ14は、第2レンズアレイ板13の各レンズ素子からの出射した光を液晶パネル16上に重畳照射するためのレンズである。第2レンズアレイ板13から出射する多数の光束は、液晶パネル16上に重畳され、液晶パネル16を高効率で均一に照射する。
- [0008] フィールドレンズ15は、液晶パネル16上に照射される光を投写レンズ17の瞳面18に集光するためのものである。投写レンズ17は、液晶パネル16上に形成された光学像をスクリーン(図示せず)上に投写する。
- 特許文献1:特許第3581568号公報
特許文献2:特開2000-171901号公報
- 発明の開示
- 発明が解決しようとする課題
- [0009] 一般的に、投写型表示装置の明るさを向上させるためには、光源となる放電ランプの消費電力を高くすればよいが、そうすると、放電ランプの寿命が短くなる。放電ランプの寿命を確保しつつ、消費電力を高くすると、発光部が大きくなり、光利用効率が低下するという課題がある。
- [0010] このため、比較的消費電力の小さい光源を複数個用いた方が、投写型表示装置の明るさを効率よく向上させることができる。
- [0011] しかしながら、図11の構成の場合、使用できる光源は2つに限定されるため、光源単体で使用できる消費電力も信頼性を確保するためには限界がある。光源をさらに増やそうとすれば装置内の収納スペースが大きくなってしまい、従って、投写型表示装置を大きくしなければならなくなる。
- [0012] 本発明は、このような従来の問題を解決するものであり、光源を2つより多く使用した場合でも、光利用効率を低下させることなく、しかも全体をコンパクトに構成できる投写型表示装置を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0013] 上記目的を達成するために、本発明の照明光学装置は、 $2n$ 個 (n は2以上)の光源と、前記各光源からの出射光を各々集光するように配置された $2n$ 個の楕円面鏡からなる第1集光光学系と、断面が二等辺三角形である三角柱状のプリズムからなり、各々、前記第1集光光学系のうちの対応する2個からの出射光を合成するように配置された n 個の第1合成光学系と、前記各第1合成光学系からの出射光を各々集光するように配置された第2集光光学系と、断面が二等辺三角形である三角柱状のプリズムからなり、各々、前記第2集光光学系のうちの対応する2個からの出射光を合成するように配置された $n/2$ 個の第2合成光学系と、複数のレンズ、及び複数のレンズアレイからなり、前記第2合成光学系からの出射光が入射するように配置された第3集光光学系とを備え、前記 $2n$ 個の第1集光光学系の光軸はそれぞれ互いに略平行であることを特徴とする。

[0014] また、本発明の投写型表示装置は、入射光を変調して画像形成する画像形成装置と、前記画像形成装置に光源からの光を照射する照明光学装置と、前記画像形成装置上に形成された光学像を拡大透写する投写装置とを備え、前記照明光学装置として、上記構成の照明光学装置を用いたことを特徴とする。

発明の効果

[0015] 本発明の構成によれば、3つ以上の光源を用いる場合において、光源単体の消費電力を抑えることで信頼性を確保し、かつコンパクトでありながら高効率に照明でき、超高輝度な投写画像を投写する投写型表示装置を実現できる。

図面の簡単な説明

[0016] [図1A]図1Aは、本発明の実施の形態1における投写型表示装置の全体構成を示す正面図である。

[図1B]図1Bは、図1Aにおける光源の配置を矢印Aの方向から見た底面図である。

[図1C]図1Cは、図1Aにおける光源の配置を矢印Bの方向から見た側面図である。

[図2]図2は、本発明の実施の形態1における投写型表示装置の楕円面鏡の概略構成を示す断面図である。

[図3]図3は、同投写型表示装置の集光レンズ系の概略構成を示す断面図である。

[図4]図4は、同投写型表示装置の集光レンズ系の概略構成を示す断面図である。

[図5A]図5Aは、同投写型表示装置に含まれる第1レンズアレイの概略構成を示す正面図である。

[図5B]図5Bは、同投写型表示装置に含まれる第2レンズアレイの概略構成を示す正面図である。

[図6A]図6Aは、本発明の実施の形態2における投写型表示装置の全体構成を示す正面図である。

[図6B]図6Bは、図6Aにおける光源の配置を矢印Cの方向から見た底面図である。

[図7A]図7Aは、本発明の実施の形態3における投写型表示装置の全体構成を示す正面図である。

[図7B]図7Bは、図7Aにおける光源の配置を矢印Dの方向から見た底面図である。

[図7C]図7Cは、図7Aにおける光源の配置を矢印Eの方向から見た側面図である。

[図8]図8は、本発明の実施の形態3における投写型表示装置の凹面ミラーの構造を説明するための図である。

[図9]図9は、同凹面ミラーの構造の詳細を説明するための図である。

[図10A]図10Aは、本発明の実施の形態4における投写型表示装置の全体構成を示す正面図である。

[図10B]図10Bは、図10Aにおける光源の配置を矢印Fの方向から見た底面図である。

[図10C]図10Cは、図10Aにおける光源の配置を矢印Gの方向から見た側面図である。

[図11]図11は、従来例の投写型表示装置の全体構成を示す正面図である。

符号の説明

- [0017] 1a~1b、21a~21d、51a~51d、81a~81d、111a~111d 光源
2a~2b、22a~22b、52a~52b、82a~82b、112a~112b 楕円面鏡
3、23a、23b、27、53a、53b、57、83a、83b、85、114a、114b、116 合成プリズム
35、65、93、125 第3集光光学系

38a～38c、68a～68c、96a～96c、128a～128c 反射型ライトバルブ

39、69、97、129 投写レンズ

26a、26b、56a、56b 集光レンズ系

84a、84b、115a、115b 凹面ミラー

発明を実施するための最良の形態

[0018] 本発明の照明光学装置は上記構成を基本として、種々の態様をとることができる。例えば、前記第2集光光学系は、少なくとも1つのレンズから構成されるか、または、反射面がアナモフィック非球面形状の凹面ミラーから構成することができる。その他、各請求項に記載のような態様を適用することにより、種々の用途に応じた特性を得ることが可能である。

[0019] 以下、本発明の投写型表示装置の実施の形態について、図面を参照しながら説明する。

[0020] (実施の形態1)

図1Aは、本発明の実施の形態1における投写型表示装置の全体構成を示す正面図である。図1Bは、図1Aにおける光源の配置を矢印Aの方向から見た底面図である。図1Cは、同様に光源の配置を矢印Bの方向から見た側面図である。図2は楕円面鏡の概略構成を示す断面図、図3、図4は集光レンズ系の概略構成を示す断面図である。図5A、5Bは各々、第1及び第2レンズアレイの概略成を示す正面図である。

[0021] 本実施の形態の投写型表示装置では、入射光を変調して画像形成するための空間光変調素子として、反射型ライトバルブ38a、38b、38cが用いられる。反射型ライトバルブ38a、38b、38cは、画素ごとにミラー素子がマトリクス状に配列され、映像信号に応じて光の進行方向を変調して、反射角の変化として光学像を形成する。反射型ライトバルブ38a、38b、38cに照明光を照射するための光源としては、超高圧水銀灯からなる4つの光源21a、21b、21c、21dが用いられる。

[0022] 楕円面鏡22a、22b、22c、22dは、第1集光光学系として作用する。合成プリズム23a、23bは、第1合成光学系として作用する。入射側レンズ24a、24b、及び出射側レンズ25a、25bは、第2集光光学系として作用する。合成プリズム27は、第2合成光学系として作用する。レンズ28、31、34、第1レンズアレイ29、第2レンズアレイ30、

及び全反射ミラー32、33は、第3集光光学系として作用する。

- [0023] 光源21a、21b、21c、21dからの出力光は、断面形状が楕円面をなしている楕円面鏡22a、22b、22c、22dによって集光される。楕円面鏡22a、22b、22c、22dによって集光された光源21a、21b、21c、21dの光源像は、それぞれ対応する合成プリズム23a、23bのミラー面に結像され、集光レンズ系26a、26b側へ反射される(図1B参照)。合成プリズム23a、23bは、断面が二等辺三角形の三角柱状であり、光が入射する面には、低屈折率材料と高屈折率材料とを交互に積層した誘電体多層膜ミラーが形成されている。
- [0024] 合成プリズム23a、23bを出射した光は、楕円面鏡22a、22bからの収束光の光軸41a、41b、及び楕円面鏡22c、22dからの集光光の光軸41c、41dがそれぞれ近接したまま発散光として進行し、それぞれ対応する入射側レンズ24a、24b、出射側レンズ25a、25bで構成される第2集光光学系としての集光レンズ系26a、26bによって再び収束光に変換される。
- [0025] 集光レンズ系26a、26bによって集光された光は、第2合成プリズム27のミラー面で第3集光光学系35(図1A参照)側へ再び発散光として反射される。合成プリズム27は断面が二等辺三角形の三角柱状であり、前述の合成プリズム23a、23bと同様に、光が入射する面には、低屈折率材料と高屈折率材料とを交互に積層した誘電体多層膜ミラーが形成されている。
- [0026] 第3集光光学系35は、正パワーのレンズ28、31、34、第1レンズアレイ29、第2レンズアレイ30、レンズ31、全反射ミラー32、33、レンズ34の順に配置される。合成プリズム27を出射した発散光は、レンズ28によって略平行光に変換され、第1レンズアレイ29に入射する。第1レンズアレイ29は多数のマイクロレンズから構成され、高効率で均一性の高い照明をするために、光源像を細分化する。第1レンズアレイ29から出射する光は、第2レンズアレイ30、正レンズ31を透過した後、全反射ミラー32、33により反射されて、レンズ34に入射する。
- [0027] レンズ34を出射した光は、全反射プリズム36を経て色分解合成プリズム37に入射する。色分解合成プリズム37によって白色光から赤、青、緑の3原色光に分解された照明光は、対応する3つのライトバルブ38a、38b、38cに入射する。

[0028] 3つのライトバルブ38a、38b、38cは、それぞれの映像信号に応じて光の進行方向を変調して、光学像を形成する。ライトバルブ38a、38b、38cからの反射光は、色分解合成プリズム37によって再び1つに合成され、全反射プリズム36を透過して投写レンズ39によって拡大投写される。

[0029] 以下に、本実施の形態の投写型表示装置を構成する上述の各要素について、より詳細に説明する。

[0030] 楕円面鏡22a、22b、22c、22dは、ガラス製機材の内面に、赤外光を透過させ可視光を反射させる誘電体光学多層膜を形成したものである。

[0031] 楕円面鏡22a、22b、22c、22dの楕円面形状について、図2を用いて説明する。図2において、楕円面22の頂点から、光源の発光体中心21が配置された位置までの距離を第1焦点距離 f_{E1} とし、楕円面22の頂点から、光源からの出力光を集光し発光体を結像させる位置までの距離を第2焦点距離 f_{E2} とする。第1及び第2焦点距離 f_{E1} 、 f_{E2} は、式(1)の関係を満足していることが望ましい。

$$[0032] \quad 8 \leq f_{E2} / f_{E1} \leq 11 \quad (1)$$

上記数値が8より小さい場合は、第2焦点距離 f_{E2} に結像される光源の発光体像の結像倍率が大きくなり、集光効率が低下する。集光効率の低下を補うためには、以降の全ての光学部品の有効面積を大きくしなければならないため、セット全体が大きくなり、コンパクトに構成することが困難となる。

[0033] また、上記数値が11より大きい場合は、第2焦点距離 f_{E2} に集光する集光角が大きくなり、以降のレンズ系の有効径を大きくする必要があり、この場合もセットサイズをコンパクトに構成することが困難となる。

[0034] 一方、第2焦点距離 f_{E2} が長くなる場合は光路長が長くなるため、楕円面鏡22a、22b、22c、22d周辺をコンパクトに構成できない。

[0035] また、第1焦点距離 f_{E1} が短くなる場合は、光源21a、21b、21c、21dが、楕円面鏡22a、22b、22c、22dに近接するため、光源21a、21b、21c、21d、楕円面鏡22a、22b、22c、22d双方とも信頼性を確保するための良好な冷却条件を満足することが困難となる。

[0036] また、第2焦点距離 f_{E2} が短くなる場合は、楕円面鏡22a、22b、22c、22dが以降の

光学系に近づくため、保持構造や冷却構造の構成が困難になってくる。

- [0037] 上記数値 (f_{E2} / f_{E1}) は、さらに望ましくは、9以上10以下とする。以上の条件を満足させることによって、集光効率、セットコンパクト性、及び、無理のない冷却構造を両立できる。
- [0038] 合成プリズム23a、23b、及び合成プリズム27とも、光源21a、21b、21c、21dからの出力光が微小な面積に集光されるため、ミラー面を形成する多層膜に用いる材料は、耐熱性、対紫外線に優れた材料を用いる必要がある。そうでない場合は、多層膜面にクラックや表面変質が発生し、良好な反射率を維持できなくなる恐れがある。
- [0039] この条件を満足するために、誘電体多層膜を構成する低屈折率層として屈折率が1.46の SiO_2 を、高屈折率層として屈折率が2.10の Ta_2O_5 を用い、交互周期層を形成する。高屈折率材料としては、他に Ta_2O_5 と TiO_2 の混合材料を用いても良い。
- [0040] 集光レンズ系26a、26bを構成する入射側レンズ24a、24bと、出射側レンズ25a、25bとしては、図3に示すように、いずれも正パワーを有し、球面収差を最小限に抑えるため、片面が非球面の平凸レンズが用いられる。有効口径、非球面形状、及び焦点距離は互いに同一であり、入射側レンズ24a、24bは、発散光を略平行光に変換し、出射側レンズ25a、25bで収束光に変換する。
- [0041] このように、レンズの凸面形状を非球面とし、かつ、集光レンズ系26a、26bを2つのレンズによってパワー配分させることによって、レンズで発生する収差を最小限に抑えることができる。
- [0042] さらに、入射側レンズ24a、24bと、出射側レンズ25a、25bとを同一形状に設計することによって、部品コストも安価に抑えることが出来、量産性にも適した構成とすることが出来る。
- [0043] ここで、複数の楕円面鏡で集光した光を小型かつ効率よく合成する為の条件について補足する。図4は、これを説明する為の概略図である。図4において、光軸106aおよび光軸103aは各々、楕円面鏡22aの光軸41aが、合成プリズム23aにより反射された後、及び集光レンズ系26aから出射した後の状態を示す。図4に示すように、光軸107aは集光レンズ系26aの光軸105aに平行である。
- [0044] 図4に示す光学系は、合成プリズム23aの反射面の法線104aと楕円面鏡22aの光

軸41aを含む面内において、式(2)の関係を満足するように構成されることが望ましい。

[0045]
$$L1/3 \leq L2 \leq L1 \quad (2)$$

ここで、L1は、合成プリズム23a上における楕円面鏡22aの光軸41aと集光レンズ系26aの光軸105aとの交点から、集光レンズ系26aの光入射面と光出射面との中間点102aまでの間の距離である。L2は、楕円面鏡22aの光軸と集光レンズ系26aの光軸105aとの交点から、合成プリズム23aによって反射される楕円面鏡22aの光軸上の光線106aが集光レンズ系26aの光軸105aと交差する位置までの距離である。

[0046] L2が上式を満たさない場合は、集光レンズ系26aを出射後の楕円面鏡22aの光軸103aの平行度が悪くなり、後述する第2合成プリズム27以降の集光度が悪くなる。

[0047] また、L2が下限値よりも小さい場合には、集光レンズ系26aに対する光軸106aの高さが高くなり、集光レンズ系26aの口径が大きくなりすぎるので小型化が困難になる。

[0048] 更には、楕円面鏡22aの光軸41aの反射位置100aと集光レンズ系26aの光軸105aの間の距離をL3とする時、L2とL3との関係は式(3)の関係を満足するように構成することが望ましい。

[0049]
$$L3/L2 = \tan \theta$$
$$5^\circ \leq \theta \leq 20^\circ \quad (3)$$

θ が 5° 未満、または 20° を超える場合、良好な集光効率の確保とセット全体の小型化との両立が困難となる。

[0050] 更に望ましくは、L3を式(4)で示される寸法範囲内で構成すればよい。

[0051]
$$1.2\text{mm} \leq L3 \leq 5\text{mm} \quad (4)$$

L3が下限値(1.2mm)未満である場合は、楕円面鏡22aで集光した光の合成プリズム23aからのみ出し量が多くなる為、合成効率が悪くなる。また、上限値(5mm)よりも大きい場合は、集光レンズ系26aに対する光軸106aの高さが高くなり、集光レンズ系26aの口径が大きくなりすぎるので小型化が困難になる。

[0052] 以上の説明は楕円面鏡22aを例としたが、楕円面鏡22b、22c、22dについても同様である。

- [0053] 以上のように構成することで、複数の楕円面鏡で集光した光をより小型かつ効率よく合成することが可能になる。
- [0054] 以上の構成において、光源21a、21b、21c、21dの光軸41a、41b、41c、41dは、それぞれ互いに平行となるように配置される。
- [0055] また、光源21aと21b、及び楕円面鏡22aと22bはそれぞれ、対応する合成プリズム23aの断面形状である二等辺三角形の頂角から底辺への垂線に対し、互いに軸対称に配置される。同様に、光源21cと21d、及び楕円面鏡22cと22dはそれぞれ、対応する合成プリズム23bの断面形状である二等辺三角形の頂角から底辺への垂線に対し、互いに軸対称に配置される。
- [0056] さらに、光源21a、21b、楕円面鏡22a、22b、合成プリズム23a、及び集光レンズ系26aからなる系と、光源21c、21d、楕円面鏡22c、22d、合成プリズム23b、及び集光レンズ系26bからなる系とは、合成プリズム27の断面形状である二等辺三角形の頂角から底辺への垂線に対し、互いに軸対称に配置される。
- [0057] また、4つの光源21a、21b、21c、21dから以降の光学系に展開される4つの光軸は、合成プリズム27から出射するときには、断面における配置が略正方形の4隅に各々位置するように設計されている。即ち、4つの光軸の隣り合う光軸が互いに同じ間隔で第3集光光学系35に入射するように配置される。
- [0058] 以上のように配置することによって、複数の光源を用いた光学系の場合においても、照明光に対称性があるため、輝度の不均一性が発生し難い。また光学系全体も無駄な空間が無くコンパクトに構成できるうえ、同一の光学部品を対称に配列することで、保持構造や冷却構造も、同様に、共通部品を用いて構成できる。
- [0059] 以上の構成において、各集光光学系間の関係は式(5)を満足することが望ましい。
- [0060]
$$(D_1/f_1) = (D_2/f_2) = (D_3/f_3) \quad (5)$$
- 但し、 D_1 は、楕円面鏡22a、22b、22c、22dの光出射側開口の有効径である。 f_1 は、楕円面鏡22a、22b、22c、22dの光出射側開口面から、光源21a、21b、21c、21dの出射光が最小サイズに集光される面までの距離である。 D_2 は、集光レンズ系26a、26bを構成する入射側レンズ24a、24b、及び、出射側レンズ25a、25bそれぞれの有効口径である。 f_2 は、入射側レンズ24a、24b、及び、出射側レンズ25a、25bの焦

点距離である。 D_3 は、第3集光光学系35を構成するレンズ28の有効口径である。 f_3 はレンズ28の焦点距離である。

- [0061] この条件を満足することによって良好な集光効率を得ることが出来る。
- [0062] 第1レンズアレイ29に入射する光は光軸に近い中心付近が最も明るく、周辺ほど急激に暗くなる傾向にあるため、このまま反射型ライトバルブ38a、38b、38c上に照射させた場合、面内に輝度の不均一性が残る。
- [0063] そこで、図5Aに示すように、第1レンズアレイ29は、細分化された各マイクロレンズ29aの開口形状を二次面光源として扱うように構成される。各マイクロレンズ29aの外形は、反射型ライトバルブ38a、38b、38cの有効表示面と同じアスペクト比とし、各マイクロレンズ29aから、対応する第2レンズアレイ30の各マイクロレンズ30a上に、光源像をレンズアレイの数だけ細分化して結像させるようにする。それにより、各マイクロレンズ30a上には、4つの光源21a、21b、21c、21dの発光体像が結像される。
- [0064] また、4つの発光体像が第2レンズアレイ30の有効領域内で細密充填に配置されるように、発光体像の結像位置に応じて第2レンズアレイ30の各マイクロレンズ30aの開口形状を最適化する。こうすることで、第2レンズアレイ30の有効径を大きくすることなく、良好な集光効率を得られる。
- [0065] 第2レンズアレイ30からの出力光は、(途中でミラー32、33を経て、)第2レンズアレイ30及び集光レンズ31、34により、反射型ライトバルブ38a、38b、38c上で、第1レンズアレイ29の各レンズ形状の像が重畳された状態の照明になる。このような構成とすることで、均一でかつ反射型ライトバルブ38a、38b、38cのアスペクト比に対応した集光効率の高い照明を得ることができる。
- [0066] 全反射プリズム36は2つのプリズムから構成され、互いのプリズムの近接面には非常に薄い空気層が形成されている。空気層は、照明光が空気層に入射する場合には、臨界角以上の角度で入射して全反射されて、反射型ライトバルブ38a、38b、38c側に斜め方向から進行し、投写画像として反射型ライトバルブ38a、38b、38cから反射された光は、臨界角以下の角度で空気層に入射し透過して、投写レンズ39に入射するように角度設定されている。このように、全反射プリズム36を設けることにより、投写光学系全体をコンパクトに構成できる。

- [0067] 全反射プリズム36と反射型ライトバルブ38a、38b、38cとの間に配置された色分解合成プリズム37は、3つのプリズムからなり、それぞれのプリズムの近接面には青反射ダイクロイックミラーと赤反射ダイクロイックミラーが形成されている。
- [0068] 3つの反射型ライトバルブ38a、38b、38cは、各々赤用、緑用、青用に用いられる。全反射プリズム36から入射した光が、まず青反射ダイクロイックミラーによって青色光のみ反射され、青色光となって青色用反射型ライトバルブ38cに入射する。次に、青反射ダイクロイックミラーを透過した光は、赤反射ダイクロイックミラーによって赤色光のみ反射され、赤色光となって赤色用反射型ライトバルブ38aに入射する。そして、青反射ダイクロイックミラーと赤反射ダイクロイックミラーをいずれも透過した緑色光は、緑色用反射型ライトバルブ38bに入射する。3色の光はそれぞれ、対応する反射型ライトバルブ38a、38b、38cによって反射された後、再び青反射ダイクロイックミラーと赤反射ダイクロイックミラーによって1つに合成され、全反射プリズム36に入射する。
- [0069] このように、白色光を赤、青、緑の3原色に分解及び合成し、それぞれの映像信号に対応する3つの反射型ライトバルブ38a、38b、38cを用いることで、高精細でフルカラーの投写画像を表示できる。
- [0070] 反射型ライトバルブ38a、38b、38cに入射した照明光のうち、白表示に相当する光は、全反射プリズム36、投写レンズ39を透過してスクリーン上(図示せず)に拡大投写される。一方、黒表示に相当する光は、投写レンズ39の有効径外に進行し、スクリーンには到達しない。
- [0071] なお、この場合、光源21a、21b、21c、21dの光軸41a、41b、41c、41dは、前述のように互いに平行に配置され、かつ投写レンズ39の光軸42に対しては、いずれも垂直となるように配置されている。
- [0072] 光源21a、21b、21c、21dとして用いられている超高圧水銀灯のようなアー克蘭プは、光軸41a、41b、41c、41dに対して回転する方向で使用する場合には、十分な信頼性、寿命を確保できる。しかし、それ以外の方向で傾けた状態で使用した場合は、著しく信頼性が下がり、寿命が劣化する場合が多い。一般に、投写型表示装置はセットの水平軸に対して回転する方向で投射する設置環境が多く、本実施

の形態のような配置とすることで、セットの水平軸に対して回転する方向で投射する限りにおいては、いかなる姿勢においても信頼性、寿命を確保できる。

[0073] (実施の形態2)

図6Aは、本発明の実施の形態2における投写型表示装置の全体構成を示す正面図、図6Bは光源の配置をC方向から見た底面図である。

[0074] 空間光変調素子としては、反射型ライトバルブ68a、68b、68cが用いられる。反射型ライトバルブは、画素ごとにミラー素子がマトリックス状に配列され、映像信号に応じて光の進行方向を変調し、反射角の変化として光学像を形成するものである。4つの光源51a、51b、51c、51dとして、超高圧水銀灯が用いられる。

[0075] 楕円面鏡52a、52b、52c、52dは、第1集光光学系として作用する。合成プリズム53a、53bは、第1合成光学系として作用する。入射側レンズ54a、54b、出射側レンズ55a、55bは、第2集光光学系として作用する。合成プリズム57は第2合成光学系として作用する。レンズ58、61、64、第1レンズアレイ59、第2レンズアレイ60、全反射ミラー62、63は、第3集光光学系として作用する。

[0076] 光源51a、51b、51c、51dからの出力光は、断面形状が楕円面をなしている楕円面鏡52a、52b、52c、52dによって、対応するコールドミラー50a、50b、50c、50dを介して集光される。コールドミラー50a、50b、50c、50dは、透明ガラス板の表面に、可視光は反射し、紫外線、及び赤外線を透過する誘電体多層膜が形成されたものである。このような配置とすれば、コールドミラー50a、50b、50c、50dの周辺のみ耐光性や冷却を考慮すればよく、以降の光学部品には可視光のみが到達するため、紫外線、赤外線による耐光性、耐熱性に対する配慮を軽減することができる。

[0077] 楕円面鏡52a、52b、52c、52dによって集光された光源51a、51b、51c、51dの光源像は、コールドミラー50a、50b、50c、50dを経て、それぞれ対応する第1合成プリズム53a、53bのミラー面に結像され、集光レンズ系56a、56b側へ反射される。第1合成プリズム53a、53bは、断面が二等辺三角形の三角柱状であり、光が入射する面には低屈折率材料と高屈折率材料とを交互に積層した誘電体多層膜ミラーが形成されている。

[0078] 合成プリズム53a、53bを出射した光は、楕円面鏡52a、52bからの収束光の光軸7

1a、71b、及び、楕円面鏡52c、52dからの集光光の光軸71c、71dがそれぞれ近接したまま発散光として進行する。そして、それぞれ対応する入射側レンズ54a、54b、出射側レンズ55a、55bで構成される第2集光光学系としての集光レンズ系56a、56bによって、再び収束光に変換される。

[0079] 集光レンズ系56a、56bによって集光された光は、第2合成プリズム57のミラー面で、第3集光光学系65側へ、再び発散光として反射される。プリズム57も断面が二等辺三角形の三角柱状であり、光が入射する面には低屈折率材料と高屈折率材料とを交互に積層した誘電体多層膜ミラーが形成されている。

[0080] 第3集光光学系65は、正パワーのレンズ58、61、64、第1レンズアレイ59、第2レンズアレイ60、レンズ61、全反射ミラー62、63、レンズ64の順に配置される。合成プリズム57を出射した発散光は、レンズ58によって略平行光に変換され、第1レンズアレイ59に入射する。第1レンズアレイ59は、高効率で均一性の高い照明をするために、光源像を細分化する。第1レンズアレイ59から出射する光は、第2レンズアレイ60、正レンズ61を透過した後、全反射ミラー62、63により反射されて、レンズ64に入射する。

[0081] レンズ64を出射した光は、全反射プリズム66を経て色分解合成プリズム67に入射する。色分解合成プリズム67によって白色光から赤、青、緑の3原色光に分解された照明光は、対応する3つのライトバルブ68a、68b、68cに入射する。

[0082] 3つのライトバルブ68a、68b、68cは、それぞれの映像信号に応じて光の進行方向を変調して、光学像を形成する。ライトバルブ68a、68b、68cからの反射光は、色分解合成プリズム67によって再び1つに合成され、全反射プリズム66を透過して投写レンズ69によって拡大投写される。

[0083] 以下に、本実施の形態の投写型表示装置を構成する上述の各要素について、より詳細に説明する。

[0084] 楕円面鏡52a、52b、52c、52dの楕円面形状は、実施の形態1の楕円面鏡22a、22b、22c、22dと同様、(式1)の条件を満足していることが望ましい。

[0085] 本実施の形態においても、(式1)における f_{E2}/f_{E1} の値が8より小さい場合は、第2焦点距離 f_{E2} に結像される光源の発光体像の結像倍率が大きくなり、集光効率が低下

する。従って、集光効率の低下を補うために、以降の全ての光学部品の有効面積を大きくしなければならない。そのため、セット全体が大きくなり、コンパクトに構成することが困難となる。

[0086] また、上記数値が11より大きい場合は、第2焦点距離 f_{E2} に集光する集光角が大きくなり、以降のレンズ系の有効径を大きくする必要があり、この場合も、セットサイズをコンパクトに構成することが困難となる。

[0087] 一方、第2焦点距離 f_{E2} が長くなる場合は、光路長が長くなるため、同様に、楕円面鏡52a、52b、52c、52d周辺をコンパクトに構成できない。

[0088] また、第1焦点距離 f_{E1} が短くなる場合は、光源51a、51b、51c、51dが楕円面鏡52a、52b、52c、52dに近接するため、光源51a、51b、51c、51d、楕円面鏡52a、52b、52c、52d双方とも、信頼性を確保するための良好な冷却条件を満足することが困難となる。

[0089] また、第2焦点距離 f_{E2} が短くなる場合は、楕円面鏡52a、52b、52c、52dが以降の光学系に近づくため、保持構造や冷却構造の構成が困難になってくる。

[0090] 集光レンズ系56a、56bを構成する入射側レンズ54a、54bと、出射側レンズ55a、55bは、実施の形態1と同様、いずれも正パワーを有し、球面収差を最小限に抑えるため、片面が非球面の平凸レンズを用いて構成されている。有効口径、非球面形状、及び焦点距離は互いに同一であり、入射側レンズ54a、54bは、発散光を略平行光に変換し、出射側レンズ55a、55bで収束光に変換する。

[0091] 以上の構成において、光源51a、51b、51c、51dの光軸71a、71b、71c、71dは、それぞれ互いに平行となるように配置されている。

[0092] また、光源51aと51c、楕円面鏡52aと52c、及びコールドミラー50a、50cはそれぞれ、対応する合成プリズム53aの断面形状である二等辺三角形の頂角から底辺への垂線に対し、互いに軸対称に配置される。同様に、光源51bと51d、楕円面鏡52bと52d、及びコールドミラー50b、50dはそれぞれ、対応する合成プリズム53bの断面形状である二等辺三角形の頂角から底辺への垂線に対し、互いに軸対称に配置される。

[0093] さらに、光源51a、51c、楕円面鏡52a、52c、コールドミラー50a、50c、合成プリズ

ム53a、集光レンズ系56aからなる系と、光源51b、51d、楕円面鏡52b、52d、コールドミラー50b、50d、合成プリズム53b、集光レンズ系56bからなる系とは、合成プリズム57の断面形状である二等辺三角形の頂角から底辺への垂線に対し、互いに軸対称に配置される。

[0094] また、本実施の形態の場合も、4つの光源51a、51b、51c、51dから以降の光学系に展開される4つの光軸は、合成プリズム57から出射するときには、断面における配置が略正方形の4隅に各々位置するように設計されている。即ち、4つの光軸の隣り合う光軸が互いに同じ間隔で第3集光光学系65に入射するように配置される。

[0095] 以上のような配置にすることによって、複数の光源を用いた光学系の場合においても、照明光に対称性があるため、輝度の不均一性が発生し難い。また光学系全体も無駄な空間が無くコンパクトに構成できるうえ、同一の光学部品を対称に配列することで、保持構造や冷却構造も、同様に、共通部品を用いて構成できる。

[0096] 本実施の形態の場合も、良好な集光効率を確保するために、各集光光学系間の関係は上述の(式5)を満足することが望ましい。

[0097] 但し、この場合は、 D_1 は、楕円面鏡52a、52b、52c、52dの光出射側開口の有効径である。 f_1 は、楕円面鏡52a、52b、52c、52dの光出射側開口面から、光源51a、51b、51c、51dの出射光が最小サイズに集光される面までの距離である。 D_2 は、集光レンズ系56a、56bを構成する入射側レンズ54a、54b、及び、出射側レンズ55a、55bそれぞれの有効口径である。 f_2 は、入射側レンズ54a、54b、及び、出射側レンズ55a、55bの焦点距離である。 D_3 は、第3集光光学系65を構成するレンズ58の有効口径である。 f_3 は、レンズ58の焦点距離である。

[0098] 第1レンズアレイ59は、細分化された各レンズの開口形状を二次面光源として扱うように構成される。各レンズの外形は、反射型ライトバルブ68a、68b、68cの有効表示面と同じアスペクト比を有し、第1レンズアレイ59の各レンズは、対応する第2レンズアレイ60の各レンズ上に、光源像をレンズアレイの数だけ細分化して結像させるようにする。それにより、第2レンズアレイ60の各レンズ上には、4つの光源51a、51b、51c、51dの発光体像が結像される。

[0099] 4つの発光体像が、第2レンズアレイ60の有効領域内で細密充填に配置されるよう

に、発光体像の結像位置に応じて、第2レンズアレイ60の各レンズの開口形状は最適化される。こうすることで、第2レンズアレイ60の有効径を大きくすることなく、良好な集光効率が得られる。

- [0100] 第2レンズアレイ60からの出力光は、第2レンズアレイ60と集光レンズ61、64とによって、途中、ミラー62、63を経て、反射型ライトバルブ68a、68b、68c上に、第1レンズアレイ59の各レンズ形状の像が重畳された状態に照射される。
- [0101] 実施の形態1と同様、このような構成とすることで、均一でかつ反射型ライトバルブ68a、68b、68cのアスペクト比に対応した集光効率の高い照明を実現することができる。
- [0102] 全反射プリズム66は2つのプリズムから構成され、互いのプリズムの近接面には非常に薄い空気層を形成している。空気層は、照明光が空気層に入射する場合には、臨界角以上の角度で入射して全反射されて、反射型ライトバルブ68a、68b、68c側に斜め方向から進行し、投写画像として、反射型ライトバルブ68a、68b、68cから反射された光は、臨界角以下の角度で空気層に入射及び透過して投写レンズ69に入射するように角度設定されている。このように、全反射プリズム66を設けることにより、投写光学系全体をコンパクトに構成できる。
- [0103] 全反射プリズム66と反射型ライトバルブ68a、68b、68cとの間に配置された色分解合成プリズム67は、3つのプリズムからなり、それぞれのプリズムの近接面には青反射ダイクロイックミラーと赤反射ダイクロイックミラーが形成されている。
- [0104] 反射型ライトバルブ68a、68b、68cは、赤用、緑用、青用に3つ用いられる。全反射プリズム66から入射した光が、まず、青反射ダイクロイックミラーによって青色光のみ反射され、青色光となって青色用反射型ライトバルブ68cに入射する。次に、青反射ダイクロイックミラーを透過した光は、赤反射ダイクロイックミラーによって赤色光のみ反射され、赤色光となって赤色用反射型ライトバルブ68aに入射する。そして、青反射ダイクロイックミラーと赤反射ダイクロイックミラーをいずれも透過した緑色光は、緑色用反射型ライトバルブ68bに入射する。3色の光はそれぞれ対応する反射型ライトバルブ68a、68b、68cによって反射された後、再び青反射ダイクロイックミラーと赤反射ダイクロイックミラーによって1つに合成され、全反射プリズム66に入射する。

- [0105] このように、白色光を赤、青、緑の3原色に分解及び合成し、それぞれの映像信号に対応する3つの反射型ライトバルブ68a、68b、68cを用いることで、高精細でフルカラーの投写画像を表示できる。
- [0106] 反射型ライトバルブ68a、68b、68cに入射した照明光のうち、白表示に相当する光は、全反射プリズム66、投写レンズ69を透過してスクリーン上(図示せず)に拡大投写される。一方、黒表示に相当する光は、投写レンズ69の有効径外に進行し、スクリーンには到達しない。
- [0107] なお、この場合、光源51a、51b、51c、51dの光軸71a、71b、71c、71dは、前述のように互いに平行に配置され、かつ投写レンズ69の光軸70に対しては、いずれも垂直となるように配置されている。
- [0108] (実施の形態3)
図7Aは、本発明の実施の形態3における投写型表示装置の全体構成を示す正面図、図7Bは光源の配置をE方向から見た底面図、図7Cは光源の配置をE方向から見た側面図である。
- [0109] 空間光変調素子としては、反射型ライトバルブ96a、96b、96cが用いられる。反射型ライトバルブは、画素ごとにミラー素子がマトリックス状に配列され、映像信号に応じて光の進行方向を変調し、反射角の変化として光学像を形成するものである。4つの光源81a、81b、81c、81dとして、超高圧水銀灯が用いられる。
- [0110] 楕円面鏡82a、82b、82c、82dは、第1集光光学系として作用する。合成プリズム83a、83bは、第1合成光学系として作用する。凹面ミラー84a、84bは、第2集光光学系として作用する。合成プリズム85は第2合成光学系として作用する。レンズ86、89、92、第1レンズアレイ87、第2レンズアレイ88、全反射ミラー90、91は第3集光光学系として作用する。
- [0111] 光源81a、81b、81c、81dからの出力光は、断面形状が楕円面をなしている楕円面鏡82a、82b、82c、82dによって集光される。楕円面鏡82a、82b、82c、82dによって集光された光源81a、81b、81c、81dの光源像は、それぞれ対応する第1合成プリズム83a、83bのミラー面に結像され、凹面ミラー84a、84b側へ反射される。第1合成プリズム83a、83bは、断面が二等辺三角形の三角柱状であり、光が入射する

面には、低屈折率材料と高屈折率材料とを交互に積層した誘電体多層膜ミラーが形成されている。

- [0112] 第1合成プリズム83a、83bを出射した光は、楕円面鏡82a、82bからの収束光の光軸80a、80b、及び楕円面鏡82c、82dからの集光光の光軸80c、80dがそれぞれ近接したまま発散光として進行し、それぞれ対応する凹面ミラー84a、84bによって再び収束光に変換される。
- [0113] 凹面ミラー84a、84bによって集光された光は、第2合成プリズム85のミラー形成面で第3集光光学系93側へ再び発散光として反射される。第2合成プリズム85は断面が二等辺三角形の三角柱状であり、第1合成プリズム83a、83bと同様に、光が入射する面には、低屈折率材料と高屈折率材料とを交互に積層した誘電体多層膜ミラーが形成されている。
- [0114] 第3集光光学系93は、正パワーのレンズ86、第1レンズアレイ87、第2レンズアレイ88、正パワーのレンズ89、全反射ミラー90、91、正パワーのレンズ92の順に配置される。第2合成プリズム85を出射した発散光は、レンズ86によって略平行光に変換され、第1レンズアレイ87に入射する。第1レンズアレイ87は、高効率で均一性の高い照明をするために、光源像を細分化する。第1レンズアレイ87から出射する光は、第2レンズアレイ88、正レンズ89を透過した後、全反射ミラー90、91により反射されて、レンズ92に入射する。
- [0115] レンズ92を出射した光は、全反射プリズム94を経て色分解合成プリズム95に入射する。色分解合成プリズム95によって白色光から赤、青、緑の3原色光に分解された照明光は、対応する3つのライトバルブ96a、96b、96cに入射する。
- [0116] 3つのライトバルブ96a、96b、96cは、それぞれの映像信号に応じて光の進行方向を変調して、光学像を形成する。ライトバルブ96a、96b、96cからの反射光は、色分解合成プリズム95によって再び1つに合成され、全反射プリズム94を透過して投写レンズ97によって拡大投写される。
- [0117] 以下に、本実施の形態の投写型表示装置を構成する上述の各要素について、より詳細に説明する。
- [0118] 楕円面鏡82a、82b、82c、82dは、ガラス製機材の内面に、赤外光を透過させ可

視光を反射させる誘電体光学多層膜を形成したものであり、楕円面形状は、実施の形態1と同様、上述の(式1)の条件を満足していることが望ましい。

- [0119] 本実施の形態においても、(式1)における f_{E2}/f_{E1} の値が8より小さい場合は、第2焦点距離 f_{E2} に結像される光源の発光体像の結像倍率が大きくなり、集光効率が低下する。従って、集光効率の低下を補うために、以降の全ての光学部品の有効面積を大きくしなければならないため、セット全体が大きくなり、コンパクトに構成することが困難となる。
- [0120] また、上記数値が11より大きい場合は、第2焦点距離 f_{E2} に集光する集光角が大きくなり、以降のレンズ系の有効径を大きくする必要があり、この場合もセットサイズをコンパクトに構成することが困難となる。
- [0121] 一方、第2焦点距離 f_{E2} が長くなる場合は、光路長が長くなるため、同様に、楕円面鏡82a、82b、82c、82d周辺がコンパクトに構成できない。
- [0122] また、第1焦点距離 f_{E1} が短くなる場合は、光源81a、81b、81c、81dが、楕円面鏡82a、82b、82c、82dに近接するため、光源81a、81b、81c、81d、楕円面鏡82a、82b、82c、82d双方とも信頼性を確保するための良好な冷却条件を満足することが困難となる。
- [0123] また、第2焦点距離 f_{E2} が短くなる場合は、楕円面鏡82a、82b、82c、82dが以降の光学系に近づくため、保持構造や冷却構造の構成が困難になってくる。
- [0124] さらに、上記数値を9以上10以下とすることが望ましい。以上の条件を満足させることによって、集光効率、セットコンパクト性、及び、無理のない冷却構造を両立できる。
- [0125] 次に、凹面ミラー84a、84bの楕円面形状について、図8、9を用いて説明する。凹面ミラー84a、84bは、光の入射面が光軸に対して回転対称でないアナモフィック非球面形状をなす。図8に示すように、ミラー形成面は、第1合成プリズム83a、83bの光軸上の出射点109から出射する発散光が、再び第2合成プリズム85の入射点110に収束光として集光されるように、発散光の各光線の入射角に応じて焦点距離が連続的に変化している。
- [0126] 図9を参照して、凹面ミラー84a、84bの断面形状について説明する。図9には、入射光軸107と出射光軸108とを含む平面上の断面形状が示される。図示するように、

出射点109から入射光軸107と出射光軸108との交点までの距離を a とし、交点から入射点110までの距離を b とした時の、 a と b との総和を L_0 とする。また、出射点109から出射する任意の光線についての、出射点109から凹面ミラー84a、84bを経て第2合成プリズム85の入射点110に至るまでの光軸に平行な方向の距離を L_n とする。任意の光入射点における焦点距離を f_n とすると、 L_0 と f_n との関係は、式(6)を満足するように焦点距離が変化している。

$$[0127] \quad f_n = L_n (L_0 - L_n) / L_0 \quad (6)$$

なお、ミラー形成面は、第1合成プリズム83a、83bからの出射光が入射する入射光軸107と凹面ミラーによって反射された出射光軸108とを含む平面上の第1断面形状と、その第1断面形状と垂直な方向の第2断面形状は、いずれも焦点距離が連続的に変化している。しかも、第1断面形状と第2断面形状は互いに形状が異なるアナモフィック非球面形状である。

[0128] また、凹面ミラー84a、84bのミラー形成面には、 SiO_2 からなる低屈折率層と Nb_2O_5 からなる高屈折率層の交互周期層による誘電体多層膜が形成され、紫外光と赤外光の大部分を透過し、可視光のみ反射させる特性を有する。

[0129] 光源81a、81b、81c、81dから可視光とともに出射する紫外光や赤外光は、反射型ライトバルブ96a、96b、96cの信頼性を確保するため、反射型ライトバルブ96a、96b、96cに到達する前にカットさせる必要がある。凹面ミラー84a、84bがその作用を兼ね備えることによって、別途、紫外光、赤外光をカットするための光学部品を設ける必要がなく、部品点数を抑えることができる。

[0130] なお、高屈折率層の材料としては、上述の Nb_2O_5 の他に、 TiO_2 や Ta_2O_5 を用いてもよい。

[0131] また、凹面ミラー84a、84bの基板は、成形によって加工されたガラス材料であり、周辺の保持構造も含めて一体形状として成形すれば、さらに部品点数の削減を図ることが出来る。

[0132] 以上の構成において、光源81a、81b、81c、81dの光軸80a、80b、80c、80cは、それぞれ互いに平行となるように配置されている。

[0133] また、光源81aと81b、及び楕円面鏡82aと82bはそれぞれ、対応する第1合成プリ

ズム83aの断面形状である二等辺三角形の頂角から底辺への垂線に対し、軸対称に配置される。同様に、光源81cと81d、及び楕円面鏡82cと82dは、対応する第1合成プリズム83bの断面形状である二等辺三角形の頂角から底辺への垂線に対し、軸対称に配置される。

[0134] さらに、光源81a、81b、楕円面鏡82a、82b、第1合成プリズム83a、凹面ミラー84aからなる系と、光源81c、81d、楕円面鏡82c、82d、第1合成プリズム83b、凹面ミラー84bからなる系とは、第2合成プリズム85の断面形状である二等辺三角形の頂角から底辺への垂線に対し、互いに軸対称に配置される。

[0135] また、4つの光源81a、81b、81c、81dから以降の光学系に展開される4つの光軸は、合成プリズム85から出射するときには、断面における配置が略正方形の4隅に各々位置するように設計されている。即ち、4つの光軸の隣り合う光軸が互いに同じ間隔で第3集光光学系93に入射するように配置される。

[0136] 以上のような配置にすることによって、複数の光源を用いた光学系の場合においても、照明光に対称性があるため、輝度の不均一性が発生し難い。また光学系全体も無駄な空間が無くコンパクトに構成できるうえ、同一の光学部品を対称に配列することで、保持構造や冷却構造も、同様に、共通部品を用いて構成できる。

[0137] 第1レンズアレイ87は、細分化された各レンズの開口形状を二次面光源として扱うように構成される。各レンズの外形は、反射型ライトバルブ96a、96b、96cの有効表示面と同じアスペクト比とし、第1レンズアレイ87の各レンズから、対応する第2レンズアレイ88の各レンズ上に、光源像をレンズアレイの数だけ細分化して結像させるようにする。それにより、第2レンズアレイ88の各レンズ上には、4つの光源81a、81b、81c、81dの発光体像が結像される。

[0138] 4つの発光体像が、第2レンズアレイ88の有効領域内で細密充填に配置されるように、発光体像の結像位置に応じて、第2レンズアレイ88の各レンズの開口形状を最適化させる。こうすることで、第2レンズアレイ88の有効系を大きくすることなく、良好な集光効率が得られる。

[0139] 第2レンズアレイ88からの出力光は、第2レンズアレイ88とレンズ89、92とによって、途中、ミラー90、91を経て、反射型ライトバルブ96a、96b、96c上に、第1レンズア

レイ87の各レンズ形状の像が重畳された状態に照射される。実施の形態1と同様、このような構成とすることで、均一でかつ反射型ライトバルブ96a、96b、96cのアスペクト比に対応した集光効率の高い照明をさせることができる。

- [0140] 全反射プリズム94は2つのプリズムから構成され、互いのプリズムの近接面には非常に薄い空気層を形成している。空気層は、照明光が空気層に入射する場合には、臨界角以上の角度で入射して全反射されて、反射型ライトバルブ96a、96b、96c側に斜め方向から進行し、投写画像として反射型ライトバルブ96a、96b、96cから反射された光は、臨界角以下の角度で空気層に入射及び透過して、投写レンズ97に入射するように角度設定されている。このように、全反射プリズム94を設けることにより、投写光学系全体をコンパクトに構成できる。
- [0141] 全反射プリズム94と反射型ライトバルブ96a、96b、96cとの間に配置された色分解合成プリズム95は、3つのプリズムからなり、それぞれのプリズムの近接面には青反射ダイクロイックミラーと赤反射ダイクロイックミラーが形成されている。
- [0142] 反射型ライトバルブ96a、96b、96cは、赤用、緑用、青用の3つが用いられる。全反射プリズム94から入射した光が、まず青反射ダイクロイックミラーによって青色光のみ反射され、青色光となって青色用反射型ライトバルブ96cに入射する。次に、青反射ダイクロイックミラーを透過した光は、赤反射ダイクロイックミラーによって赤色光のみ反射され、赤色光となって赤色用反射型ライトバルブ96aに入射する。そして、青反射ダイクロイックミラーと赤反射ダイクロイックミラーをいずれも透過した緑色光は、緑色用反射型ライトバルブ96bに入射する。
- [0143] 3色の光は、それぞれ対応する反射型ライトバルブ96a、96b、96cによって反射された後、再び青反射ダイクロイックミラーと赤反射ダイクロイックミラーによって1つに合成され、全反射プリズム94に入射する。
- [0144] 反射型ライトバルブ96a、96b、96cに入射した照明光のうち、白表示に相当する光は、全反射プリズム94、投写レンズ97を透過してスクリーン上(図示せず)に拡大投写される。一方、黒表示に相当する光は、投写レンズ97の有効径外に進行し、スクリーンには到達しない。
- [0145] なお、本実施の形態において、光源81a、81b、81c、81dの光軸80a、80b、80c

、80dは、前述のように互いに平行に配置され、かつ投写レンズ97の光軸98に対しては、いずれも垂直となるように配置されている。

[0146] 光源81a、81b、81c、81dとして用いている超高圧水銀灯のようなアークランプは、光軸80a、80b、80c、80dに対して回転する方向で使用する場合には、十分な信頼性、寿命を確保できるが、それ以外の方向で傾けた状態で使用した場合は、著しく信頼性が下がり、寿命が劣化する場合が多い。一般に、投写型表示装置はセットの水平軸に対して回転する方向で投射する設置環境が多く、本実施の形態のような配置とすることで、セットの水平軸に対して回転する方向で投射する限りにおいては、いかなる姿勢においても信頼性、寿命を確保できる。

[0147] (実施の形態4)

図10Aは、本発明の実施の形態4における投写型表示装置の全体構成を示す正面図である。図10Bは、光源の配置をF方向から見た底面図である。図10Cは、光源の配置をG方向から見た側面図である。

[0148] 空間光変調素子としては、反射型ライトバルブ128a、128b、128cが用いられる。反射型ライトバルブは、画素ごとにミラー素子がマトリクス状に配列され、映像信号に応じて光の進行方向を変調し、反射角の変化として光学像を形成するものである。4つの光源111a、111b、111c、111dとして、超高圧水銀灯が用いられる。

[0149] 楕円面鏡112a、112b、112c、112dは、第1集光光学系として作用する。第1合成プリズム114a、114bは、第1合成光学系として作用する。凹面ミラー115a、115bは、第2集光光学系として作用する。第2合成プリズム116は、第2合成光学系として作用する。レンズ117、121、124、第1レンズアレイ118、第2レンズアレイ120、全反射ミラー122、123は、第3集光光学系125として作用する。

[0150] 光源111a、111b、111c、111dからの出力光は、断面形状が楕円面をなしている楕円面鏡112a、112b、112c、112dによって、対応するコールドミラー113a、113b、113c、113dを介して集光される。コールドミラー113a、113b、113c、113dは、透明ガラス板の表面に、可視光は反射し、紫外線、及び赤外線を透過する誘電体多層膜が形成された構造を有する。このような配置とすれば、コールドミラー113a、113b、113c、113dの周辺のみ耐光性や冷却を考慮すればよく、以降の光学部品

には可視光のみが到達するため、紫外線、赤外線による耐光性、耐熱性に対する配慮を軽減することができる。

- [0151] 楕円面鏡112a、112b、112c、112dによって集光された光源111a、111b、111c、111dの光源像は、コールドミラー113a、113b、113c、113dを経て、それぞれ対応する第1合成プリズム114a、114bのミラー形成面に結像され、凹面ミラー115a、115b側へ反射される。第1合成プリズム114a、114bは、断面が二等辺三角形の三角柱状であり、光が入射する面には低屈折率材料と高屈折率材料とを交互に積層した誘電体多層膜ミラーが形成されている。
- [0152] 合成プリズム114a、114bを出射した光は、楕円面鏡112a、112bからの収束光の光軸71a、71b、及び、楕円面鏡112c、112dからの集光光の光軸71c、71dがそれぞれ近接したまま発散光として進行し、それぞれ対応する凹面ミラー115a、115bによって再び収束光に変換される。
- [0153] 凹面ミラー115a、115bによって集光された光は、第2合成プリズム116のミラー形成面で、第3集光光学系125側へ、再び発散光として反射される。プリズム116も断面が二等辺三角形の三角柱状であり、光が入射する面には低屈折率材料と高屈折率材料とを交互に積層した誘電体多層膜ミラーが形成されている。
- [0154] 第3集光光学系125は、正パワーのレンズ117、第1レンズアレイ118、全反射ミラー119、第2レンズアレイ120、正パワーのレンズ121、全反射ミラー122、123、及び正パワーのレンズ124の順に配置される。合成プリズム116を出射した発散光は、レンズ117によって略平行光に変換され、第1レンズアレイ118に入射する。第1レンズアレイ118は、高効率で均一性の高い照明をするために、光源像を細分化する。第1レンズアレイ118から出射する光は、全反射ミラー119を介して第2レンズアレイ120を透過し、正レンズ121を透過した後、全反射ミラー122、123により反射されて、レンズ124に入射する。
- [0155] レンズ124を出射した光は、全反射プリズム126を経て色分解合成プリズム127に入射する。色分解合成プリズム127によって白色光から赤、青、緑の3原色光に分解された照明光は、対応する3つのライトバルブ128a、128b、128cに入射する。
- [0156] 3つのライトバルブ128a、128b、128cは、それぞれの映像信号に応じて光の進行

方向を変調して、光学像を形成する。ライトバルブ128a、128b、128cからの反射光は、色分解合成プリズム67によって再び1つに合成され、全反射プリズム126を透過して投写レンズ129によって拡大投写される。

[0157] 以下に、本実施の形態の投写型表示装置を構成する上述の各要素について、より詳細に説明する。

[0158] 楕円面鏡112a、112b、112c、112dの楕円面形状は、実施の形態1と同様、(式1)の条件を満足していることが望ましい。

[0159] 本実施の形態においても、(式1)における f_{E2}/f_{E1} の値が8より小さい場合は、第2焦点距離 f_{E2} に結像される光源の発光体像の結像倍率が大きくなり、集光効率が低下する。従って、集光効率の低下を補うために、以降の全ての光学部品の有効面積を大きくしなければならないため、セット全体が大きくなり、コンパクトに構成することが困難となる。

[0160] また、上記数値が11より大きい場合は、第2焦点距離 f_{E2} に集光する集光角が大きくなり、以降のレンズ系の有効径を大きくする必要があり、この場合も、セットサイズをコンパクトに構成することが困難となる。

[0161] 一方、第2焦点距離 f_{E2} が長くなる場合は光路長が長くなるため、同様に、楕円面鏡112a、112b、112c、112d周辺がコンパクトに構成できない。

[0162] また、第1焦点距離 f_{E1} が短くなる場合は、光源111a、111b、111c、111dが楕円面鏡112a、112b、112c、112dに近接するため、光源111a、111b、111c、111d、楕円面鏡112a、112b、112c、112d双方とも、信頼性を確保するための良好な冷却条件を満足することが困難となる。

[0163] また、第2焦点距離 f_{E2} が短くなる場合は、楕円面鏡112a、112b、112c、112dが以降の光学系に近づくため、保持構造や冷却構造の構成が困難になってくる。

[0164] 凹面面ミラー84a、84bは、実施の形態3と同様、光の入射面が光軸に対して回転対称でないアナモフィック非球面形状をなしている。ミラー形成面は、合成プリズム114a、114bの出射点から出射する発散光が再び合成プリズム116の入射点に収束光として集光されるように、発散光の各光線の入射角に応じて焦点距離が連続的に変化している。

- [0165] 以上の構成において、光源111a、111b、111c、111dの光軸131a、131b、131c、131dは、それぞれ互いに平行となるように配置されている。
- [0166] また、光源111aと111b、楕円面鏡112aと112b、及びコールドミラー113aと113bはそれぞれ、対応する合成プリズム114aの断面形状である二等辺三角形の頂角から底辺への垂線に対し、互いに軸対称に配置される。同様に、光源111cと111d、楕円面鏡112cと112d、及びコールドミラー113cと113dはそれぞれ、対応する合成プリズム114bの断面形状である二等辺三角形の頂角から底辺への垂線に対し、互いに軸対称に配置される。
- [0167] 本実施の形態においては、コールドミラー113a、113b、113c、113dを用いて構成することにより、光源111a、111b、111c、111dは全て同一方向に平行して近接配置される。それにより、光源111a、111b、111c、111dの配置姿勢を常に同じ条件に保つことができるうえ、冷却構造もコンパクトに構成できるという利点を有する。
- [0168] さらに、光源111a、111b、楕円面鏡112a、112b、コールドミラー113a、113b、合成プリズム114a、及び凹面ミラー115aからなる系と、光源111c、111d、楕円面鏡112c、112d、コールドミラー113c、113d、合成プリズム114b、及び凹面ミラー115bからなる系は、合成プリズム116の断面形状である二等辺三角形の頂角から底辺への垂線に対し、互いに軸対称に配置される。
- [0169] また、4つの光源111a、111b、111c、111dから以降の光学系に展開される4つの光軸は、合成プリズム116から出射するときには、断面における配置が略正方形の4隅に各々位置するように設計されている。即ち、4つの光軸の隣り合う光軸が互いに同じ間隔で第3集光光学系125に入射するように配置されている。
- [0170] 以上のような配置にすることによって、複数の光源を用いた光学系の場合においても、照明光に対称性があるため、輝度の不均一性が発生し難い。また光学系全体も無駄な空間が無くコンパクトに構成できるうえ、同一の光学部品を対称に配列することで、保持構造や冷却構造も、同様に、共通部品を用いて構成できる。
- [0171] 第1レンズアレイ118は、細分化された各レンズの開口形状を二次面光源として扱うように構成される。各レンズの外形は、反射型ライトバルブ128a、128b、128cの有効表示面と同じアスペクト比とし、第1レンズアレイ118の各レンズから、対応する第2

レンズアレイ120の各レンズ上に、光源像をレンズアレイの数だけ細分化して結像させるようにする。それにより、第2レンズアレイ120の各レンズ上には、4つの光源111a、111b、111c、111dの発光体像が結像される。

- [0172] 4つの発光体像が、第2レンズアレイ120の有効領域内で細密充填に配置されるように、発光体像の結像位置に応じて、第2レンズアレイ120の各レンズの開口形状を最適化させている。こうすることで、第2レンズアレイ120の有効系を大きくすることなく、良好な集光効率が得られる。
- [0173] 第2レンズアレイ120からの出力光は、第2レンズアレイ120とレンズ121、124とによって、途中、全反射ミラー122、123を経て、反射型ライトバルブ128a、128b、128c上に第1レンズアレイ118の各レンズ形状の像が重畳された状態に照射される。実施の形態1同様、このような構成とすることで、均一でかつ反射型ライトバルブ128a、128b、128cのアスペクト比に対応した集光効率の高い照明をさせることができる。
- [0174] 全反射プリズム126は2つのプリズムから構成され、互いのプリズムの近接面には非常に薄い空気層を形成している。空気層は、照明光が空気層に入射する場合には、臨界角以上の角度で入射して全反射されて、反射型ライトバルブ128a、128b、128c側に斜め方向から進行し、投写画像として、反射型ライトバルブ128a、128b、128cから反射された光は、臨界角以下の角度で空気層に入射及び透過して投写レンズ129に入射するように角度設定されている。このように、全反射プリズム126を設けることにより、投写光学系全体をコンパクトに構成できる。
- [0175] 全反射プリズム126と反射型ライトバルブ128a、128b、128cとの間に配置された色分解合成プリズム127は、3つのプリズムからなり、それぞれのプリズムの近接面には青反射ダイクロイックミラーと赤反射ダイクロイックミラーが形成されている。
- [0176] 反射型ライトバルブ128a、128b、128cは、赤用、緑用、青用に3つ用いられる。全反射プリズム126から入射した光は、まず、青反射ダイクロイックミラーによって青色光のみ反射され、青色光となって青色用反射型ライトバルブ128cに入射する。次に、青反射ダイクロイックミラーを透過した光は、赤反射ダイクロイックミラーによって赤色光のみ反射され、赤色光となって赤色用反射型ライトバルブ128aに入射する。そして、青反射ダイクロイックミラーと赤反射ダイクロイックミラーをいずれも透過した緑色

光は、緑色用反射型ライトバルブ128bに入射する。3色の光はそれぞれ対応する反射型ライトバルブ128a、128b、128cによって反射された後、再び青反射ダイクロイックミラーと赤反射ダイクロイックミラーによって1つに合成され、全反射プリズム126に入射する。

[0177] 反射型ライトバルブ128a、128b、128cに入射した照明光のうち、白表示に相当する光は、全反射プリズム126、投写レンズ129を透過してスクリーン上(図示せず)に拡大投写される。一方、黒表示に相当する光は、投写レンズ129の有効径外に進行し、スクリーンには到達しない。

[0178] なお、この場合、光源111a、111b、111c、111dの光軸131a、131b、131c、131dは、前述のように互いに平行に配置され、かつ投写レンズ129の光軸132に対しては、いずれも垂直となるように配置されている。

[0179] 本実施の形態においては、ライトバルブとして、光の進行方向を変調する反射型のライトバルブを用いたが、有効表示領域の外側に一部の不要光が照射される構成の場合であれば、光の偏光方向や散乱状態を変調するタイプのライトバルブや、透過型ライトバルブのタイプを用いた場合でも同様の効果を発揮する。

[0180] また、本実施の形態においては、使用する光源は4つ用いたが、本実施の形態1または2の集光レンズ系を用いた構成や、本実施の形態3または4の凹面ミラーを用いた構成で展開すれば、4つ以上の光源数でも同様の考え方に基づいて構成できる。

産業上の利用可能性

[0181] 本発明によれば、複数の光源を用いる場合において、光源単体の消費電力を抑えることで信頼性を確保し、かつ、コンパクトでありながら高効率に照明でき、超高輝度な投写画像を投写するプロジェクタ等の投写型表示装置に有用である。

請求の範囲

- [1] 2n個 (nは2以上)の光源と、
前記各光源からの出射光を各々集光するように配置された2n個の楕円面鏡からなる第1集光光学系と、
断面が二等辺三角形である三角柱状のプリズムからなり、各々、前記第1集光光学系のうちの対応する2個からの出射光を合成するように配置されたn個の第1合成光学系と、
前記各第1合成光学系からの出射光を各々集光するように配置された第2集光光学系と、
断面が二等辺三角形である三角柱状のプリズムからなり、各々、前記第2集光光学系のうちの対応する2個からの出射光を合成するように配置されたn/2個の第2合成光学系と、
複数のレンズ、及び複数のレンズアレイからなり、前記第2合成光学系からの出射光が入射するように配置された第3集光光学系とを備え、
前記2n個の第1集光光学系の光軸はそれぞれ互いに略平行であることを特徴とする照明光学装置。
- [2] 前記第2集光光学系は、少なくとも1つのレンズからなる請求項1記載の照明光学装置。
- [3] 前記第1集光光学系における楕円面の第1焦点距離 f_{E1} と、第2焦点距離 f_{E2} とは、式(1)の関係を満足する請求項1記載の照明光学装置。
- $$8 \leq f_{E2} / f_{E1} \leq 11 \quad (1)$$
- [4] 前記第2集光光学系としての前記レンズは、前記第1合成光学系からの光が入射する入射側レンズと、光が出射する出射側レンズの2つのレンズによって構成され、前記2つのレンズはいずれも正レンズであり、有効口径、及び焦点距離は互いに略同一である請求項2記載の照明光学装置。
- [5] 前記2つのレンズは、互いに略同一形状である請求項4記載の照明光学装置。
- [6] 前記2つのレンズは、いずれも球面収差を補正する非球面レンズである請求項4記載の照明光学装置。

- [7] 前記2つのレンズの非球面形状は、楕円面形状である請求項6記載の照明光学装置。
- [8] 前記第2集光光学系から出射する2n個の前記第1集光光学系の光軸は、前記第2集光光学系の光軸に対して略並行であり、
前記第1合成光学系の反射面の法線と前記第1集光光学系の光軸を含む面内において、前記第1合成光学系で反射された前記第1集光光学系の光軸は、前記第2集光光学系の光軸と交差し、
前記第1集光光学系の光軸と前記第2集光光学系の光軸との交点から、前記第2集光光学系の光入射面と光出射面との中間点までの間の距離をL1とし、前記第1集光光学系の光軸と前記第2集光光学系の光軸との交点から、前記第1合成光学系によって反射された前記第1集光光学系の光軸と前記第2集光光学系の光軸が交差する位置までの間の距離をL2としたとき、距離L1と距離L2は式(2)の関係を満足する請求項1記載の照明光学装置。
- $$L1/3 \leq L2 \leq L1$$
- [9] 前記第1合成光学系での前記第1集光光学系の光軸の反射位置と、前記第2集光光学系の光軸の間の距離をL3としたとき、距離L2と距離L3は、式(3)の関係を満足する請求項8記載の照明光学装置。
- $$L3/L2 = \tan \theta$$
- $$5^\circ \leq \theta \leq 20^\circ \quad (3)$$
- [10] 距離L3は、式(4)を満足する請求項9記載の照明光学装置。
- $$1. 2\text{mm} \leq L3 \leq 5\text{mm} \quad (4)$$
- [11] 前記第3集光光学系は、光が入射する側から順に、第1正レンズ、第1レンズアレイ、第2レンズアレイ、第2正レンズ、第3正レンズで構成されている請求項1記載の照明光学装置。
- [12] 前記第2レンズアレイを構成する各マイクロレンズは、各々の位置における前記光源の像の大きさに応じて、前記複数の光源全てが効率よく結像されるように開口形状が各々異なる請求項11記載の照明光学装置。
- [13] 前記第1合成光学系及び前記第2合成光学系としての前記プリズムは、光が入射

する面に誘電体多層膜ミラーが形成され、

前記誘電体多層膜ミラーは、低屈折率層としての SiO_2 層と、高屈折率層としての Ta_2O_5 層または Ta_2O_5 と TiO_2 の混合物の層とが交互に積層された多層膜により構成されている請求項1記載の照明光学装置。

- [14] 前記第1集光光学系と、前記第2集光光学系と、前記第3集光光学系とは、式(5)の関係を満足する請求項1記載の照明光学装置。

$$(D_1/f_1) = (D_2/f_2) = (D_3/f_3) \quad (5)$$

但し、 D_1 は、前記第1集光光学系としての前記楕円面鏡の光出射側開口の有効径

f_1 は、前記楕円面鏡の光出射側開口面から前記光源の出射光が最小サイズに集光される面までの距離、

D_2 は、前記第2集光光学系を構成する前記入射側レンズ及び出射側レンズそれぞれの有効口径、

f_2 は、前記入射側レンズ及び出射側レンズの焦点距離、

D_3 は、前記第3集光光学系を構成する第1正レンズの有効口径、

f_3 は、前記第1正レンズの焦点距離である。

- [15] 前記複数の光源、及び前記複数の第1集光光学系はそれぞれ、対応する前記第1合成光学系としての前記プリズムの断面形状である二等辺三角形の頂角から底辺への垂線に対し、軸対称に配置されている請求項1記載の照明光学装置。

- [16] 前記複数の光源、前記複数の第1集光光学系、前記複数の第1合成光学系、及び前記複数の第2集光光学系は、対応する前記第2合成光学系としての前記プリズムの断面形状である二等辺三角形の頂角から底辺への垂線に対し、軸対称に配置されている請求項1記載の照明光学装置。

- [17] 前記光源及び前記第1集光光学系は4つ含まれ、
前記第1合成光学系及び前記第2集光光学系は2つ含まれ、
前記2つの第1合成光学系は、それぞれ、対応する2つの前記光源及び前記第1集光光学系からの出射光を合成し、

前記第2合成光学系は、前記2つの第1合成光学系及び前記第2集光光学系から

の出射光を合成し、

前記第2合成光学系から出射する4つの前記光源に対応する光軸は、断面が略正方形の4隅に各々配置されている請求項1記載の照明光学装置。

[18] 第2集光光学系は、反射面がアナモフィック非球面形状の凹面ミラーからなる請求項1記載の照明光学装置。

[19] 前記第1集光光学系における楕円面の第1焦点距離 f_{E1} と、第2焦点距離 f_{E2} とは、式(1)の関係を満足する請求項18記載の照明光学装置。

$$8 \leq f_{E2} / f_{E1} \leq 11 \quad (1)$$

[20] 前記第2集光光学系としての前記凹面ミラーは、前記第1合成光学系からの出射光が入射する入射光軸と前記凹面ミラーによって反射された出射光軸とを含む平面上の第1断面形状と、前記第1断面形状と垂直な方向の第2断面形状は、いずれも焦点距離が連続的に変化し、

かつ前記第1断面形状と前記第2断面形状は互いに形状が異なるアナモフィック非球面形状であり、

前記第1合成光学系からの出射光線束が、前記第2集光光学系によって略1点に集光される請求項18記載の照明光学装置。

[21] 前記第2集光光学系として前記凹面ミラーの前記第1断面形状は、式(6)を満足する請求項20記載の照明光学装置。

$$f_n = L_n (L_0 - L_n) / L_0 \quad (6)$$

但し、 f_n は任意の光入射点における焦点距離、

L_n は、前記第1合成光学系の光軸上の光出射点から任意の光線が入射する前記第2集光光学系の光入射点までの光軸に平行な方向の距離、

L_0 は、光軸上における前記第1合成光学系の光出射点から前記第2集光光学系の入射点までの距離と、前記第2集光光学系の出射点から前記第2合成光学系の入射点までの距離との総和である。

[22] 前記凹面ミラーのミラー面には、低屈折率層と高屈折率層との交互周期層による誘電体多層膜が形成され、紫外光と赤外光を透過し、可視光を反射させる特性を有する請求項18記載の照明光学装置。

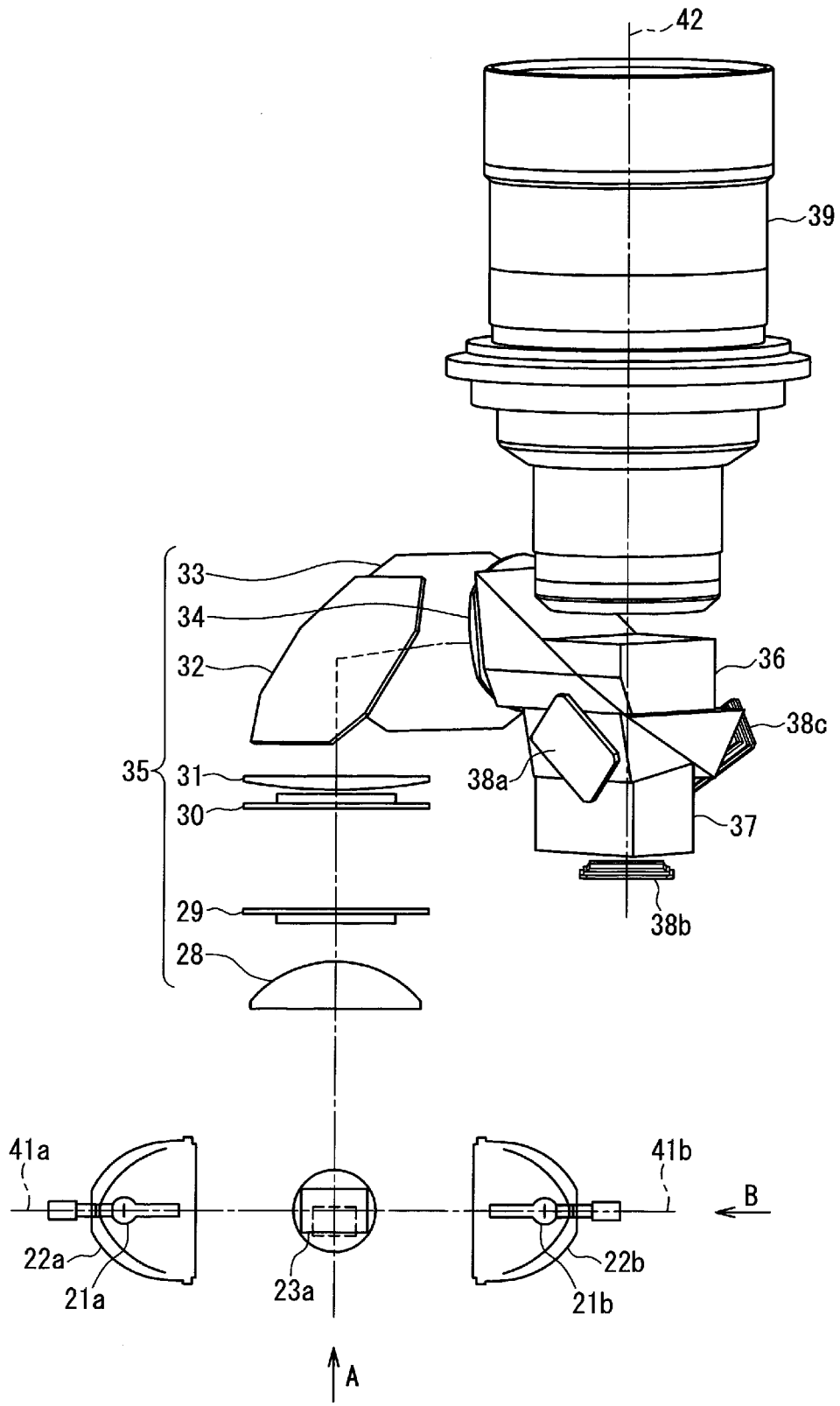
- [23] 前記低屈折率層は SiO_2 層であり、前記高屈折率層は、 TiO_2 、 Ta_2O_5 、 Nb_2O_5 のいずれかからなる層、またはこれらの混合物からなる層である請求項22記載の照明光学装置。
- [24] 前記凹面ミラーのミラー基板は、ガラス材料からなり、保持構造を含む一体成形体である請求項20記載の照明光学装置。
- [25] 前記第3集光光学系は、光が入射する側から順に、第1正レンズ、第1レンズアレイ、第2レンズアレイ、第2正レンズ、第3正レンズで構成されている請求項18記載の照明光学装置。
- [26] 前記第2レンズアレイを構成する各マイクロレンズは、各々の位置における前記光源の像の大きさに応じて、前記複数の光源全てが効率よく結像されるように開口形状が各々異なる請求項25記載の照明光学装置。
- [27] 前記第1合成光学系及び前記第2合成光学系としての前記プリズムは、光が入射する面に誘電体多層膜ミラーが形成され、
前記誘電体多層膜ミラーは、低屈折率層としての SiO_2 層と、高屈折率層としての Ta_2O_5 層または Ta_2O_5 と TiO_2 の混合物の層とが交互に積層された多層膜により構成されている請求項18記載の照明光学装置。
- [28] 前記複数の光源、及び前記複数の第1集光光学系はそれぞれ、対応する前記第1合成光学系としての前記プリズムの断面形状である二等辺三角形の頂角から底辺への垂線に対し、軸対称に配置されている請求項18記載の照明光学装置。
- [29] 前記複数の光源、前記複数の第1集光光学系、前記複数の第1合成光学系、及び前記複数の第2集光光学系は、対応する前記第2合成光学系としての前記プリズムの断面形状である二等辺三角形の頂角から底辺への垂線に対し、軸対称に配置されている請求項18記載の照明光学装置。
- [30] 前記光源及び前記第1集光光学系は4つ含まれ、
前記第1合成光学系及び前記第2集光光学系は2つ含まれ、
前記2つの第1合成光学系は、それぞれ、対応する2つの前記光源及び前記第1集光光学系からの出射光を合成し、
前記第2合成光学系は、前記2つの第1合成光学系及び前記第2集光光学系から

の出射光を合成し、

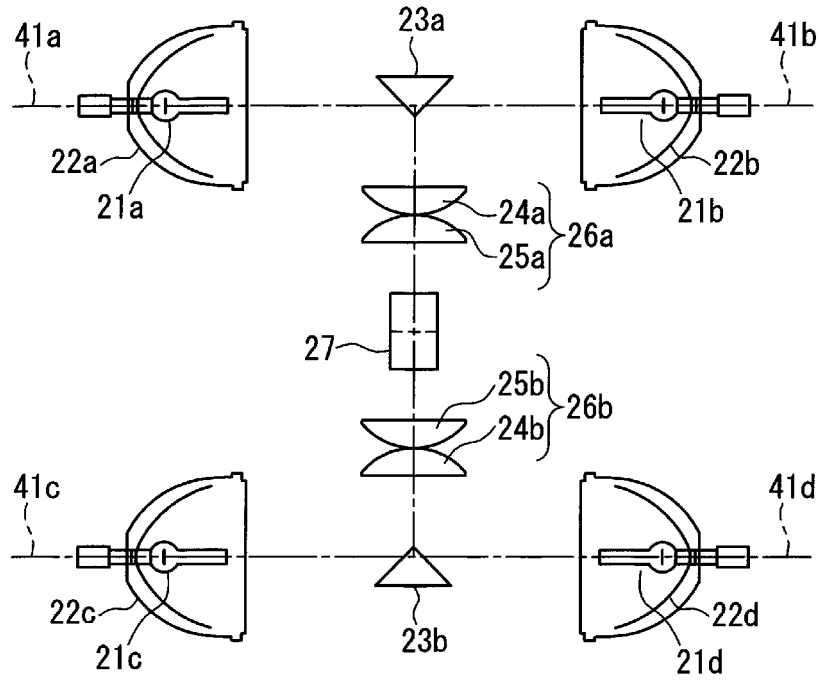
前記第2合成光学系から出射する4つの前記光源に対応する光軸は、断面が略正方形の4隅に各々配置されている請求項18記載の照明光学装置。

- [31] 入射光を変調して画像形成する画像形成装置と、
前記画像形成装置に光源からの光を照射する照明光学装置と、
前記画像形成装置上に形成された光学像を拡大透写する投写装置とを備え、
前記照明光学装置として、請求項1～30のいずれかに記載の照明光学装置を用いたことを特徴とする投写型表示装置。
- [32] 複数の前記光源の出射光軸と前記投写装置の光軸とが直交している請求項31記載の投写型表示装置。

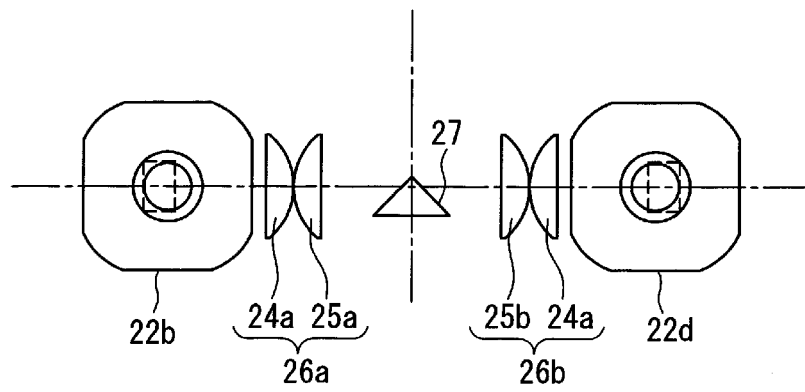
[図1A]



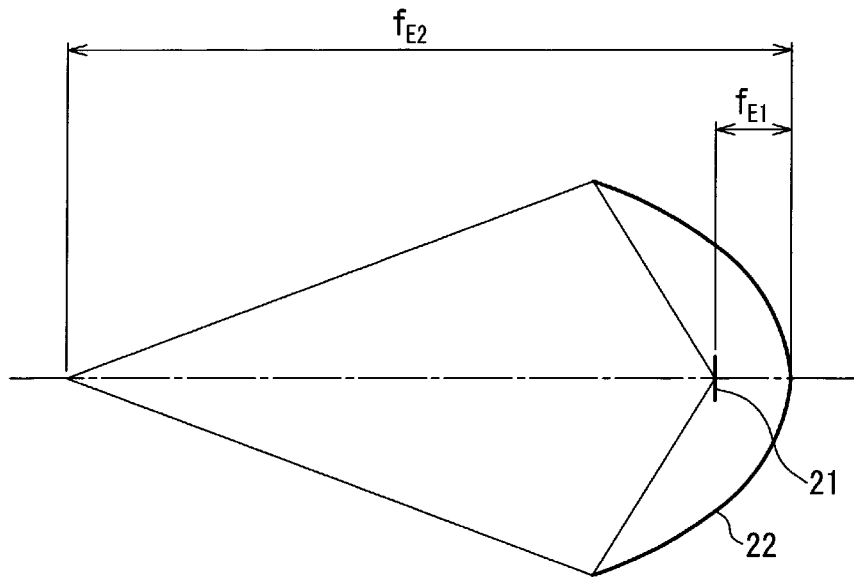
[図1B]



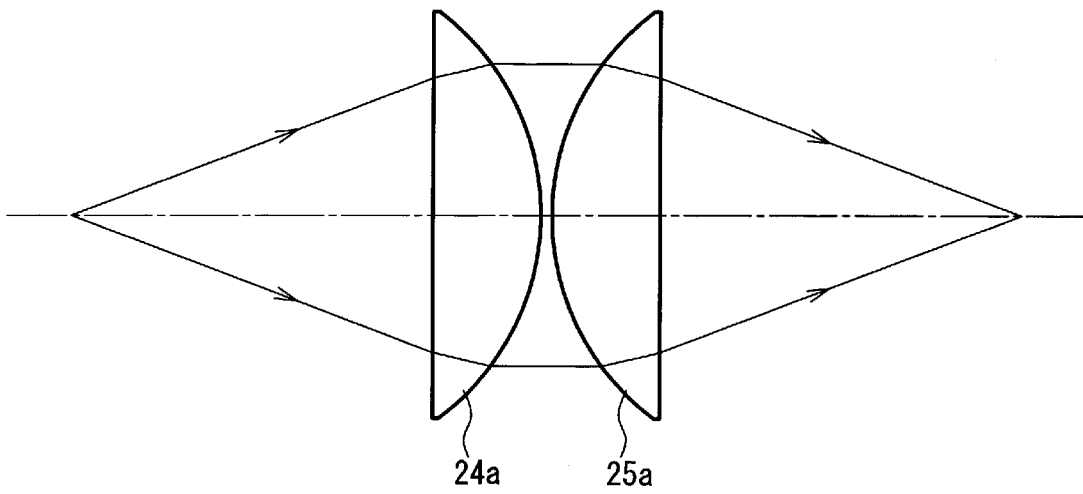
[図1C]



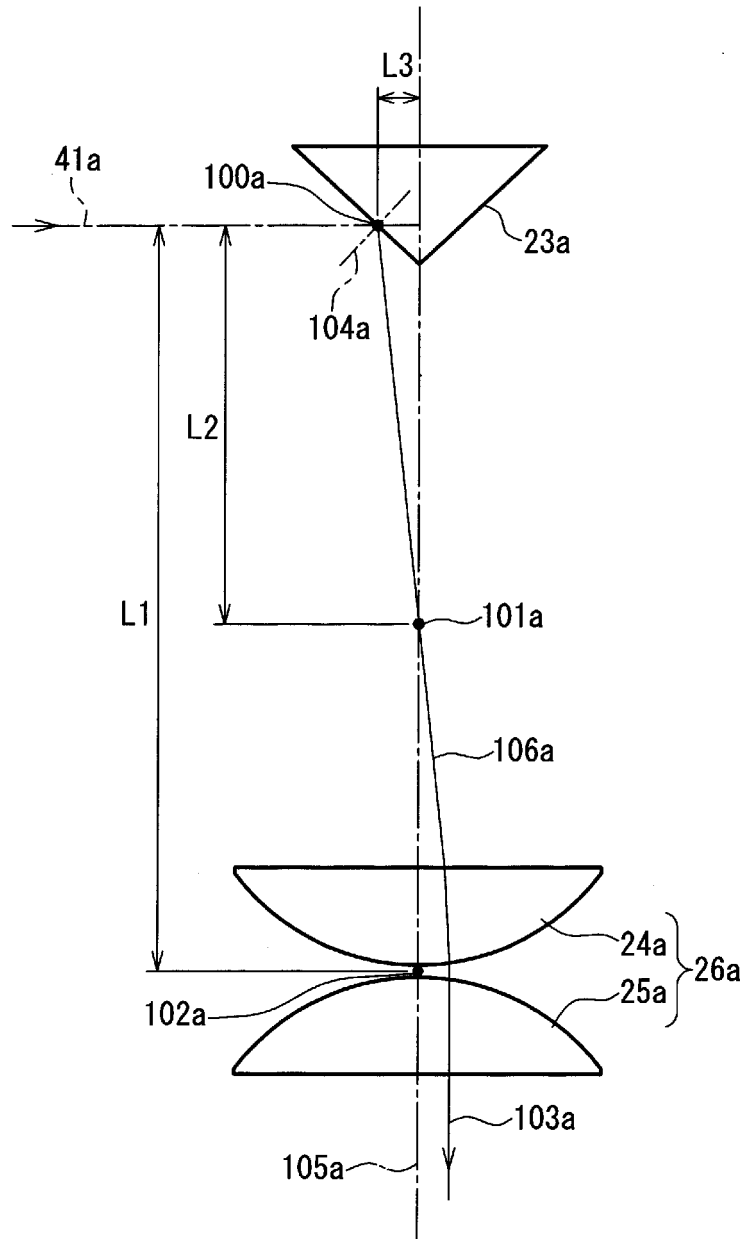
[図2]



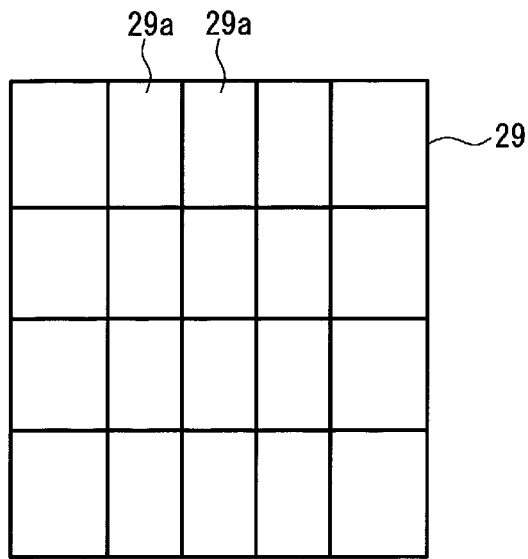
[図3]



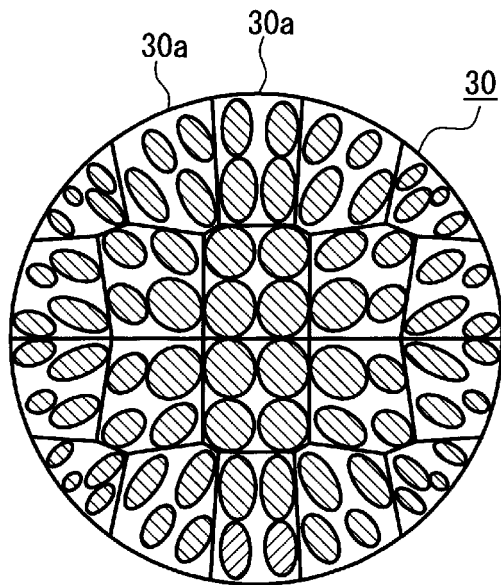
[図4]



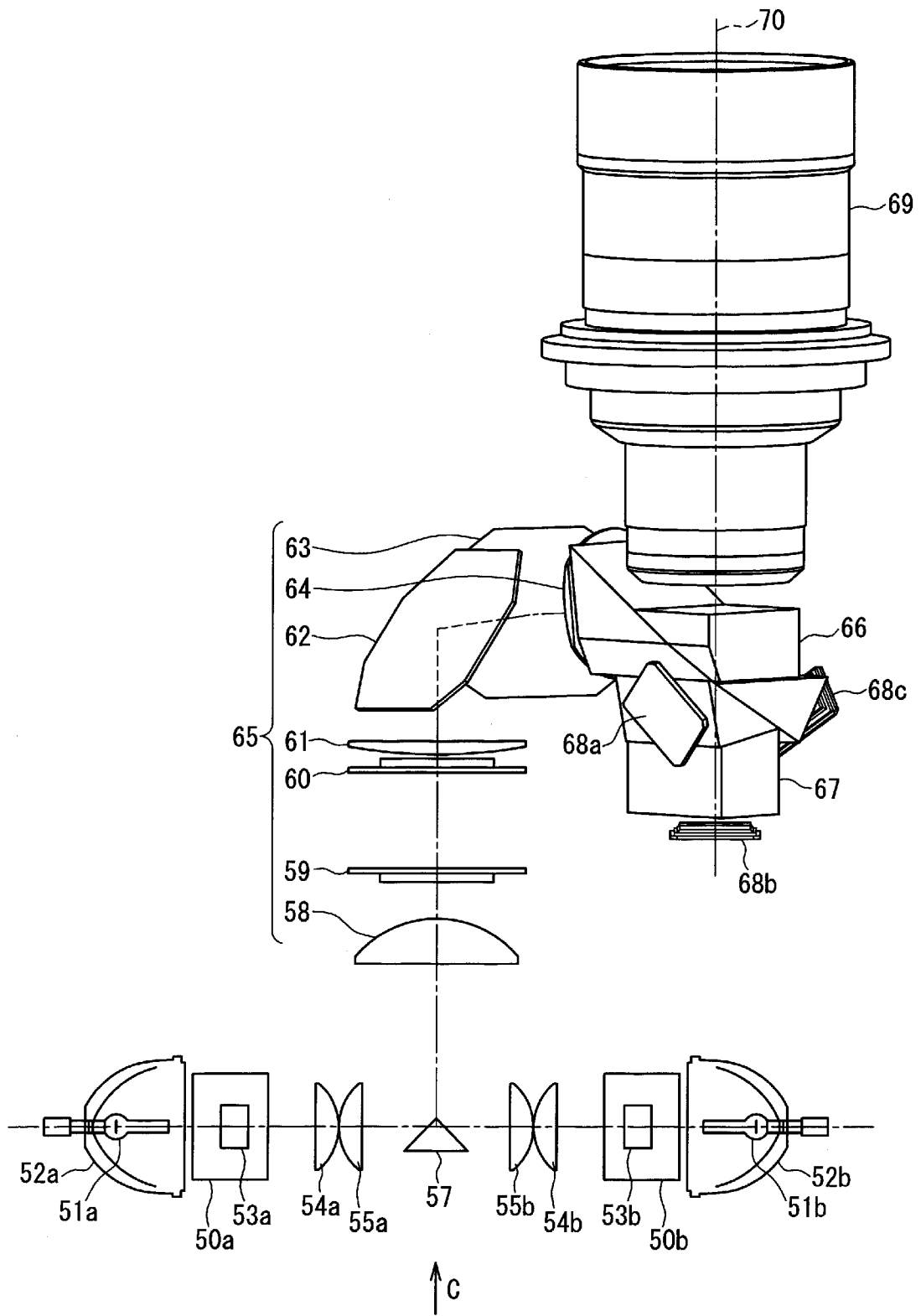
[図5A]



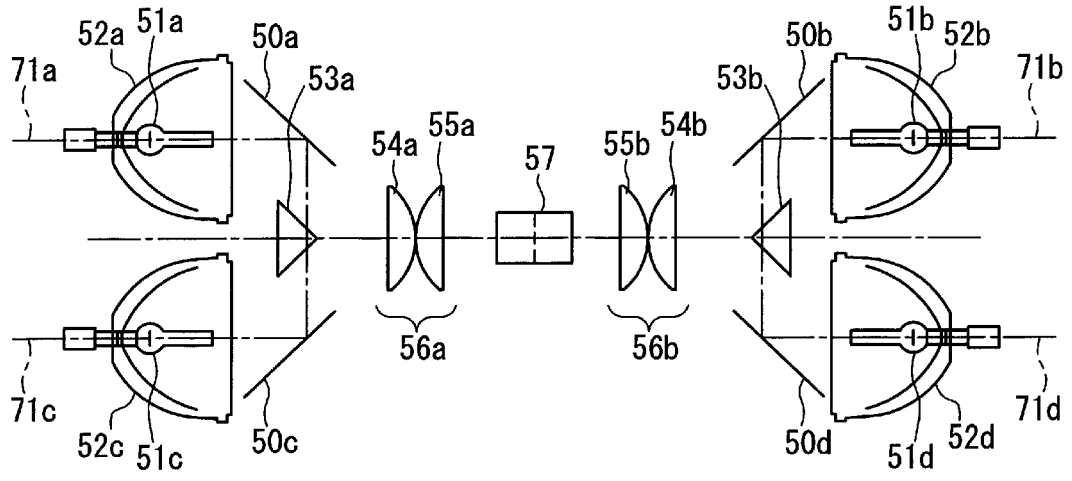
[図5B]



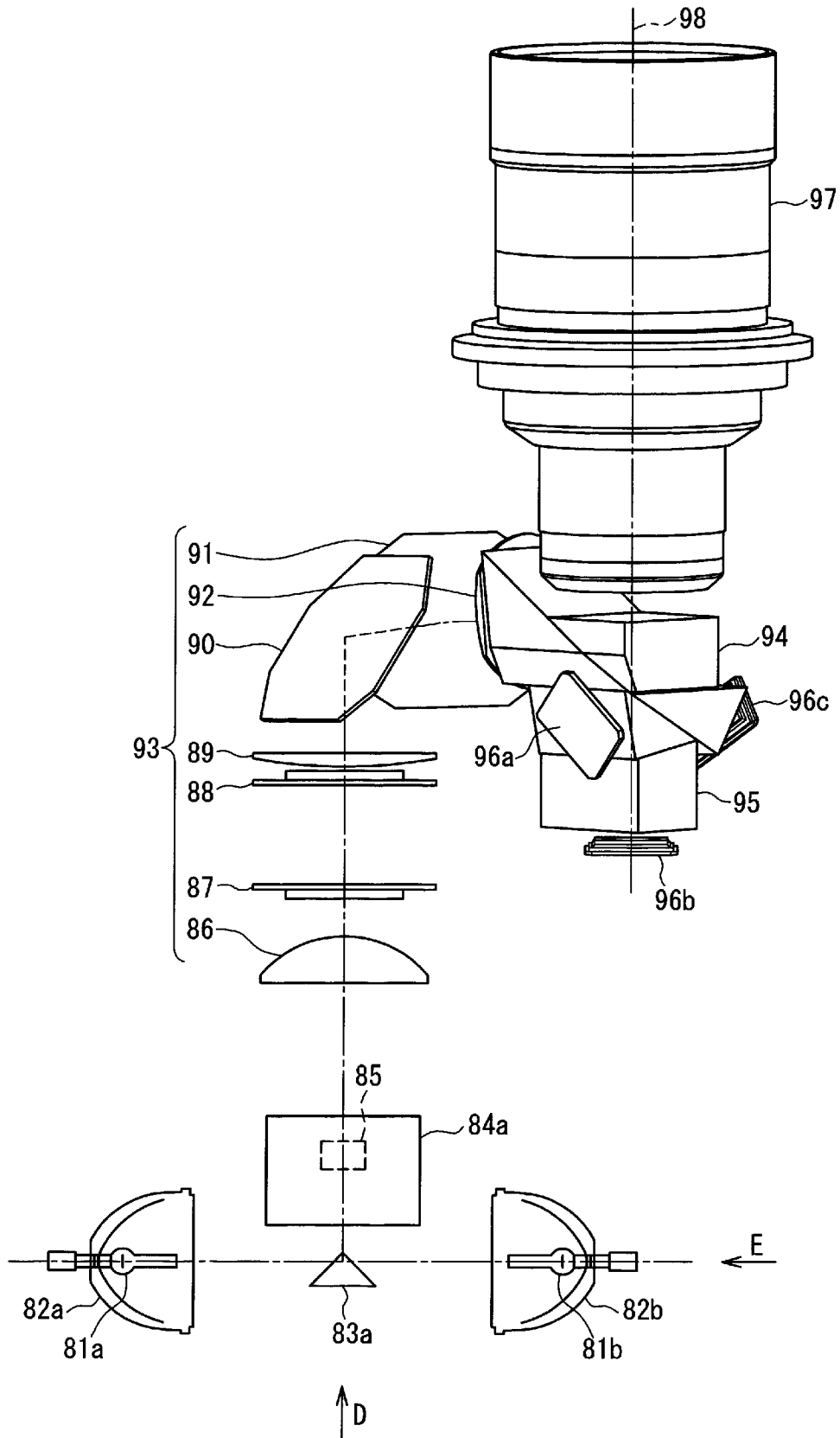
[図6A]



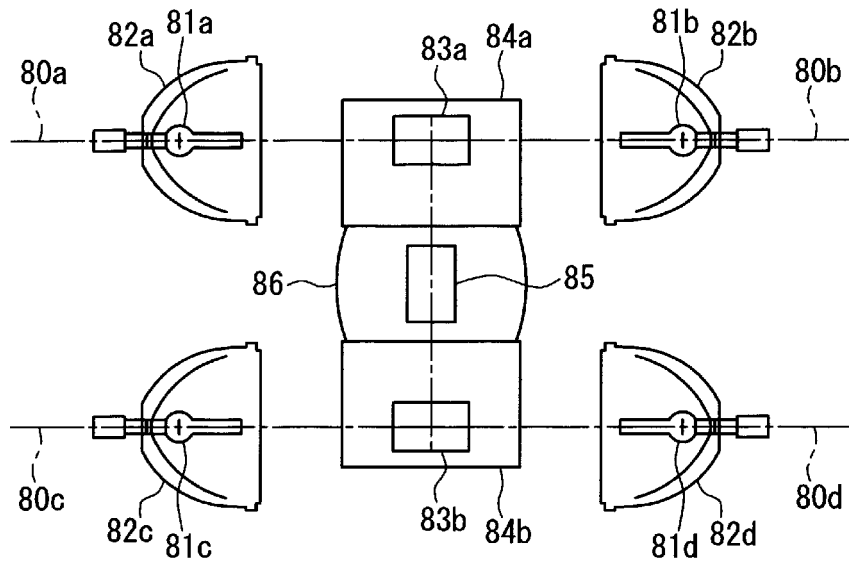
[図6B]



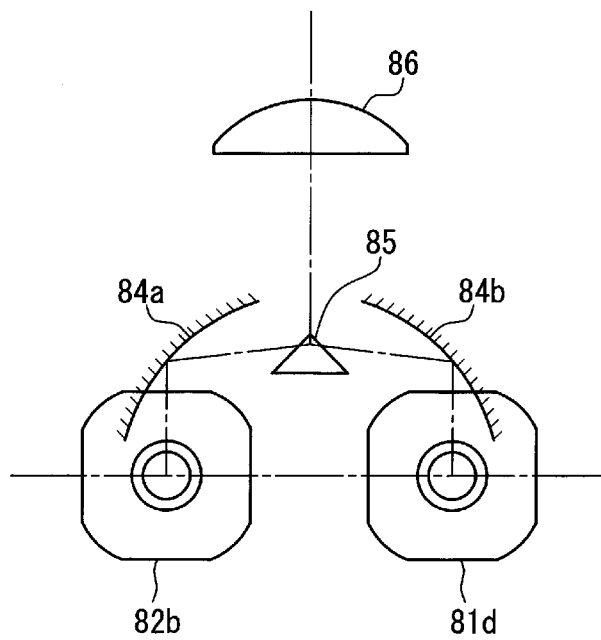
[図7A]



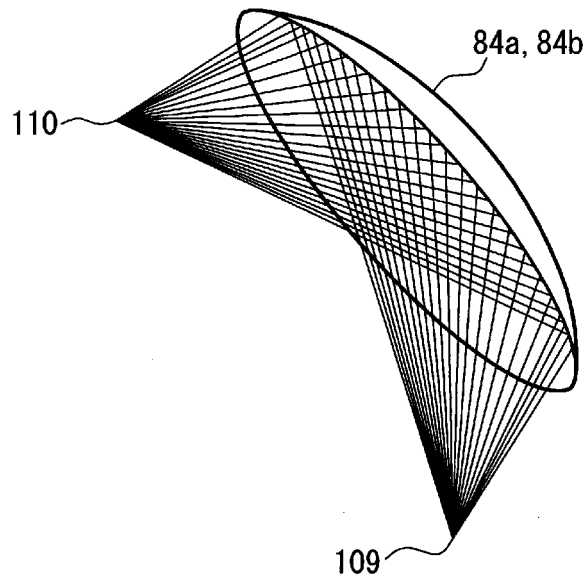
[図7B]



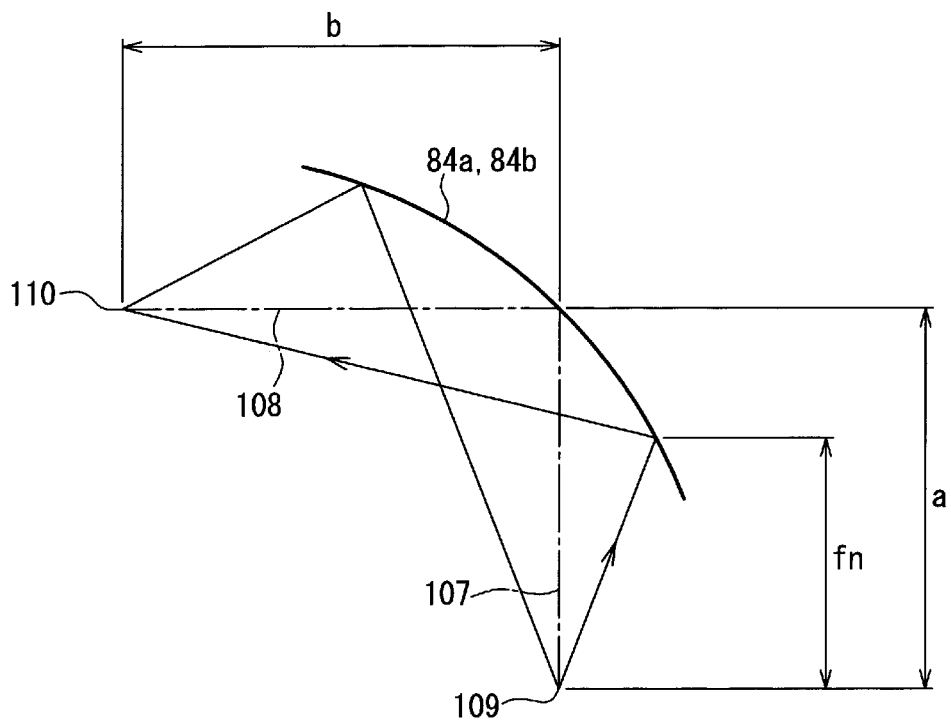
[図7C]



[図8]

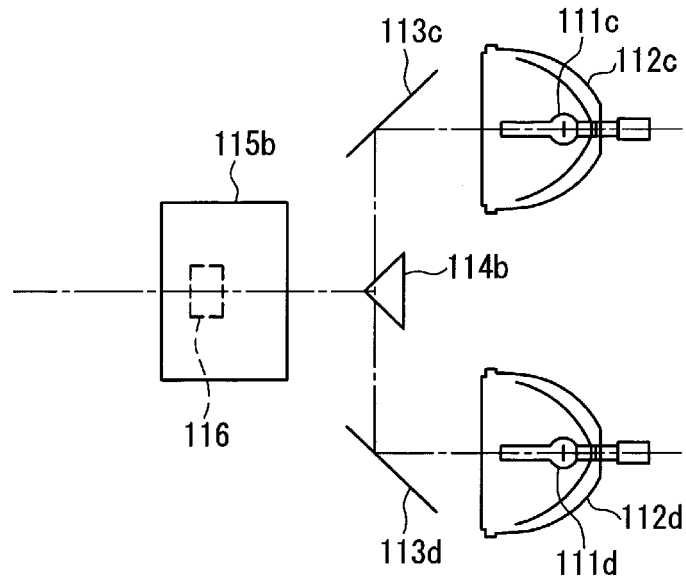


[図9]

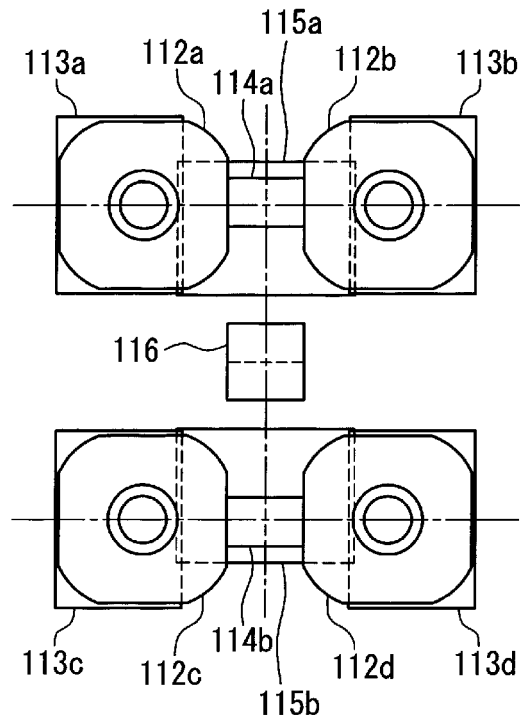


$$L_0 = a + b$$

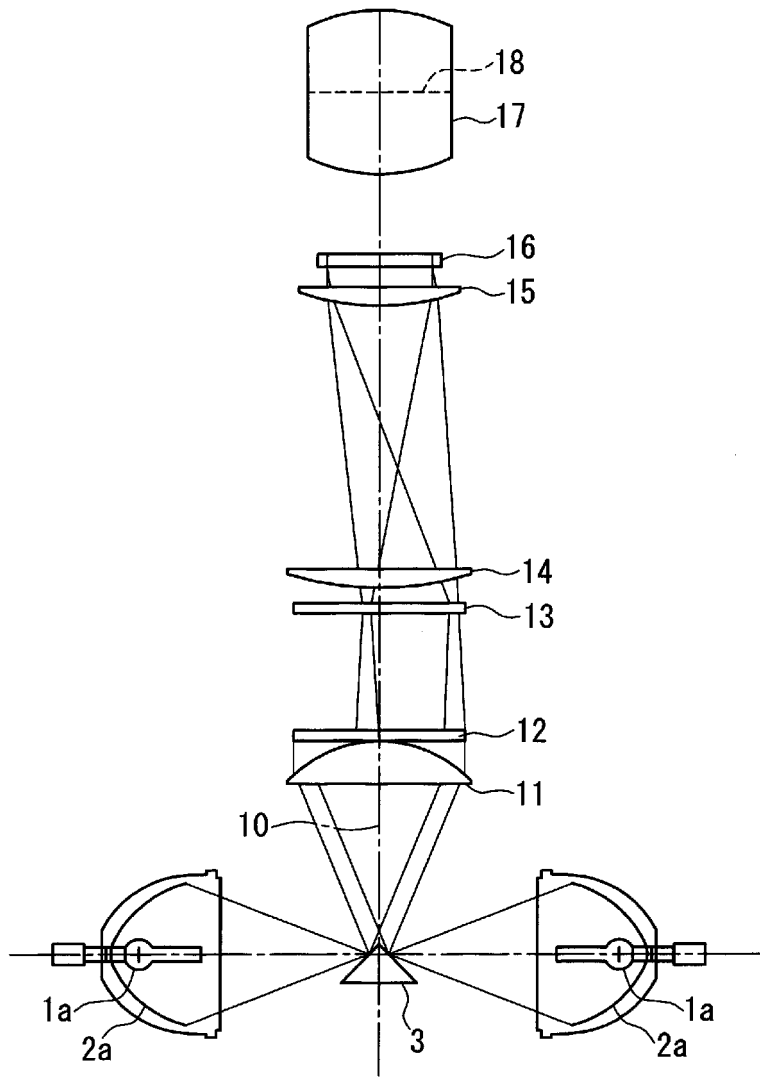
[図10B]



[図10C]



[図11]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2007/061194

<p>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER <i>G03B21/14(2006.01) i, G02B27/00(2006.01) i, G03B21/00(2006.01) i</i></p> <p>According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC</p>											
<p>B. FIELDS SEARCHED</p> <p>Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) <i>G03B21/14, G02B27/00, G03B21/00</i></p> <p>Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched <i>Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2007</i> <i>Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2007 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2007</i></p> <p>Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)</p>											
<p>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</p> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width:10%;">Category*</th> <th style="width:70%;">Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages</th> <th style="width:20%;">Relevant to claim No.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td align="center">A</td> <td> <p>WO 2004/034142 A1 (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 22 April, 2004 (22.04.04), Par. Nos. [0092] to [0104]; Fig. 4 & US 2005/0024602 A1 & EP 1550907 A1 & CA 2458871 A & CN 1646983 A</p> </td> <td align="center">1-32</td> </tr> <tr> <td align="center">A</td> <td> <p>JP 2000-194067 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 14 July, 2000 (14.07.00), Par. Nos. [0085] to [0093], [0417]; Fig. 14 & US 6992718 B1</p> </td> <td align="center">1-32</td> </tr> </tbody> </table>			Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.	A	<p>WO 2004/034142 A1 (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 22 April, 2004 (22.04.04), Par. Nos. [0092] to [0104]; Fig. 4 & US 2005/0024602 A1 & EP 1550907 A1 & CA 2458871 A & CN 1646983 A</p>	1-32	A	<p>JP 2000-194067 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 14 July, 2000 (14.07.00), Par. Nos. [0085] to [0093], [0417]; Fig. 14 & US 6992718 B1</p>	1-32
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.									
A	<p>WO 2004/034142 A1 (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 22 April, 2004 (22.04.04), Par. Nos. [0092] to [0104]; Fig. 4 & US 2005/0024602 A1 & EP 1550907 A1 & CA 2458871 A & CN 1646983 A</p>	1-32									
A	<p>JP 2000-194067 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 14 July, 2000 (14.07.00), Par. Nos. [0085] to [0093], [0417]; Fig. 14 & US 6992718 B1</p>	1-32									
<p><input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.</p>											
<p>* Special categories of cited documents:</p> <table style="width:100%;"> <tr> <td style="width:50%;"> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“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)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> </td> <td style="width:50%;"> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“&” document member of the same patent family</p> </td> </tr> </table>			<p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“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)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“&” document member of the same patent family</p>							
<p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“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)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“&” document member of the same patent family</p>										
<p>Date of the actual completion of the international search 14 June, 2007 (14.06.07)</p>		<p>Date of mailing of the international search report 26 June, 2007 (26.06.07)</p>									
<p>Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office</p>		<p>Authorized officer</p>									
<p>Facsimile No.</p>		<p>Telephone No.</p>									

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. G03B21/14(2006.01)i, G02B27/00(2006.01)i, G03B21/00(2006.01)i		
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. G03B21/14, G02B27/00, G03B21/00		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2007年 日本国実用新案登録公報 1996-2007年 日本国登録実用新案公報 1994-2007年		
国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	WO 2004/034142 A1 (松下電器産業株式会社) 2004.04.22、【0092】-【0104】、図4 & US 2005/0024602 A1 & EP 1550907 A1 & CA 2458871 A & CN 1646983 A	1-32
A	J P 2000-194067 A (松下電器産業株式会社) 2000.07.14、【0085】-【0093】、【0417】、 図14 & US 6992718 B1	1-32
☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。		☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。
* 引用文献のカテゴリー 「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願		の日の後に公表された文献 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」同一パテントファミリー文献
国際調査を完了した日 14.06.2007	国際調査報告の発送日 26.06.2007	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官 (権限のある職員) 佐竹 政彦 電話番号 03-3581-1101 内線 3273	21 2911