(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3684926号
(P3684926)
(45)発行日　平成17年8月17日(2005.8.17)　(24)登録日　平成17年6月10日(2005.6.10)

(51)Int.Cl.[7]　F I
G03B 21/14　G03B 21/14　A
G02B 19/00　G02B 19/00

請求項の数 9　(全 25 頁)

(21)出願番号　特願平11-213347
(22)出願日　平成11年7月28日(1999.7.28)
(65)公開番号　特開2001-42429(P2001-42429A)
(43)公開日　平成13年2月16日(2001.2.16)
審査請求日　平成15年7月24日(2003.7.24)

(73)特許権者　000002369
セイコーエプソン株式会社
東京都新宿区西新宿２丁目４番１号
(74)代理人　100096817
弁理士　五十嵐　孝雄
(74)代理人　100097146
弁理士　下出　隆史
(74)代理人　100102750
弁理士　市川　浩
(74)代理人　100109759
弁理士　加藤　光宏
(72)発明者　小川　恭範
長野県諏訪市大和三丁目３番５号　セイコーエプソン株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】照明光学系及びこれを用いた投写型表示装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

所定の光学装置の光入射面を照明領域として照明する照明光学系であって、

光源と、

前記光源から射出された光を複数の部分光線束に分割する複数の小レンズを有する第１のレンズアレイと、

前記第１のレンズアレイの複数の小レンズにそれぞれ対応する複数の小レンズを有する第２のレンズアレイと、を備え、

前記第２のレンズアレイは、前記第１のレンズアレイから射出された複数の部分光線束が集光される近傍位置に配置されており、

前記第２のレンズアレイの複数の小レンズは、それぞれ対応する第１のレンズアレイの複数の小レンズによって集光された部分光線束の輪郭形状に応じて、略矩形形状以外の多角形形状に形成されており、

前記第２のレンズアレイの中心を通り、互いに垂直な２つの基準軸を定義したときに、前記第２のレンズアレイの複数の小レンズを区分する区分線のうち少なくとも一部は、前記２つの基準軸から離れるに従って、前記２つの基準軸に対する傾きが大きくなるように形成されており、

前記第１のレンズアレイは、Ｍ列（Ｍは２以上の整数）の小レンズ列を有しており、前記第２のレンズアレイは、Ｎ列（ＮはＭよりも小さな１以上の整数）の小レンズ列を有しており、

前記第１のレンズアレイ内の複数の小レンズ列で形成された複数列の部分光線束を、より少ない列にまとめて前記第２のレンズアレイに入射させることによって、前記第１のレンズアレイのＭ列の小レンズ列で分割された部分光線束が前記第２のレンズアレイのＮ列の小レンズ列に入射するように構成されており、
前記第１のレンズアレイ内の前記複数の小レンズ列は２列の小レンズ列であり、
前記２列の小レンズ列は、前記２列の小レンズ列のうち外側の１列の各小レンズの位置が、列の方向に沿って、内側の１列の各小レンズの位置からずれて配列されており、
前記第１のレンズアレイの前記２列の小レンズ列に対応する前記第２のレンズアレイの１列の小レンズ列は、前記第１のレンズアレイの前記外側の１列の小レンズに対応する第１の小レンズと、前記内側の１列の小レンズに対応する第２の小レンズとが交互に配列されていることを特徴とする照明光学系。

【請求項２】
請求項１記載の照明光学系であって、
前記第２のレンズアレイの複数の小レンズの少なくとも一部は、前記２つの基準線のうち、一方の基準線に平行な２つの区分線と、他方の基準線に対して傾いた２つの区分線とで区分された台形形状を有している、照明光学系。

【請求項３】
請求項１または請求項２記載の照明光学系であって、
入射光線束を前記入射光線束の幅よりも小さな幅を有する射出光線束に変換するアフォーカル光学系を備える、照明光学系。

【請求項４】
請求項３記載の照明光学系であって、
前記第１のレンズアレイの近傍に、前記アフォーカル光学系を実現するための集光機能を有する集光レンズを備えており、
前記第２のレンズアレイの複数の小レンズは、前記アフォーカル光学系を実現するための光を平行化する機能を有している、照明光学系。

【請求項５】
画像を投写して表示する投写型表示装置であって、
所定の照明領域を照明する照明光学系と、
前記照明領域としての光入射面を有し、前記照明光学系からの入射光を画像情報に応じて変調する光変調装置と、
前記光変調装置で得られる変調光を投写する投写光学系と、を備え、
前記照明光学系は、
光源と、
前記光源から射出された光を複数の部分光線束に分割する複数の小レンズを有する第１のレンズアレイと、
前記第１のレンズアレイの複数の小レンズにそれぞれ対応する複数の小レンズを有する第２のレンズアレイと、を備え、
前記第２のレンズアレイは、前記第１のレンズアレイから射出された複数の部分光線束が集光される近傍位置に配置されており、
前記第２のレンズアレイの複数の小レンズは、それぞれ対応する第１のレンズアレイの複数の小レンズによって集光された部分光線束の輪郭形状に応じて、略矩形形状以外の多角形形状に形成されており、
前記第２のレンズアレイの中心を通り、互いに垂直な２つの基準軸を定義したときに、前記第２のレンズアレイの複数の小レンズを区分する区分線のうち少なくとも一部は、前記２つの基準軸から離れるに従って、前記２つの基準軸に対する傾きが大きくなるように形成されており、
前記第１のレンズアレイは、Ｍ列（Ｍは２以上の整数）の小レンズ列を有しており、前記第２のレンズアレイは、Ｎ列（ＮはＭよりも小さな１以上の整数）の小レンズ列を有しており、

前記第１のレンズアレイ内の複数の小レンズ列で形成された複数列の部分光線束を、より少ない列にまとめて前記第２のレンズアレイに入射させることによって、前記第１のレンズアレイのＭ列の小レンズ列で分割された部分光線束が前記第２のレンズアレイのＮ列の小レンズ列に入射するように構成されており、
前記第１のレンズアレイ内の前記複数の小レンズ列は２列の小レンズ列であり、
前記２列の小レンズ列は、前記２列の小レンズ列のうち外側の１列の各小レンズの位置が、列の方向に沿って、内側の１列の各小レンズの位置からずれて配列されており、
前記第１のレンズアレイの前記２列の小レンズ列に対応する前記第２のレンズアレイの１列の小レンズ列は、前記第１のレンズアレイの前記外側の１列の小レンズに対応する第１の小レンズと、前記内側の１列の小レンズに対応する第２の小レンズとが交互に配列されていることを特徴とする投写型表示装置。

【請求項６】
請求項５記載の投写型表示装置であって、
前記第２のレンズアレイの複数の小レンズの少なくとも一部は、前記２つの基準線のうち、一方の基準線に平行な２つの区分線と、他方の基準線に対して傾いた２つの区分線とで区分された台形形状を有している、投写型表示装置。

【請求項７】
請求項５または請求項６記載の投写型表示装置であって、
入射光線束を前記入射光線束の幅よりも小さな幅を有する射出光線束に変換するアフォーカル光学系を備える、投写型表示装置。

【請求項８】
請求項７記載の投写型表示装置であって、
前記第１のレンズアレイの近傍に、前記アフォーカル光学系を実現するための集光機能を有する集光レンズを備えており、
前記第２のレンズアレイの複数の小レンズは、前記アフォーカル光学系を実現するための光を平行化する機能を有している、投写型表示装置。

【請求項９】
請求項５ないし請求項８のいずれかに記載の投写型表示装置であって、
さらに、前記照明光学系からの射出光を少なくとも２色の色光に分離する色光分離光学系と、
前記色光分離光学系により分離された各色光をそれぞれ変調する複数の光変調装置と、
それぞれの前記電気光学装置で変調された後の各色の変調光を合成する色光合成光学系と、を備え、
前記色光合成手段によって得られた合成光が前記投写光学系を介して投写される、投写型表示装置。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【発明の属する技術分野】

本発明は、光源の射出光を複数の部分光線束に分割した後に、それぞれを同一の照明領域上でほぼ重畳させる照明光学系に関するものである。また、本発明は、この照明光学系を用いて均一で明るい画像を表示可能な投写型表示装置に関するものである。

【０００２】

【従来の技術】

投写型表示装置では、「ライトバルブ」と呼ばれる光変調装置に照射された照明光学系からの照明光を、表示させたい画像情報（画像信号）に応じて変調し、この変調光をスクリーン上に投写して画像表示を実現している。

【０００３】

このような投写型表示装置によって表示される画像は均一で明るいことが好ましい。しかし、照明光学系の光源から射出される光は、通常、光源の光軸付近の光の強度が最も高く、光軸から離れるに従って低くなる傾向にある。このような光をそのまま照明光とすると

、投写型表示装置において不均一な画像が表示されることになる。このような問題を解決するため、従来より、照明領域である光変調装置を均一に照明する光学系としてインテグレータ光学系が利用されている。

【０００４】

このインテグレータ光学系としては、光源から射出される光を複数の部分光線束に分割し、分割された複数の部分光線束のそれぞれを、照明領域上で重畳することにより、均一な照明を実現するものが一般的である。

【０００５】

【発明が解決しようとする課題】

照明光学系の光源に用いられる光源ランプは、点光源であることが理想であるが、点光源を実現することは困難である。このため、上記インテグレータ光学系においては、光源からの光を複数の部分光線束に分割するとともに照明領域上で重畳する際に、光源から射出された光の利用効率が低下する場合がある。

【０００６】

しかし、投写型表示装置によって表示される画像は、より明るいことが好ましため、これに用いられる照明光学系としては、光の利用効率がより高いことが望まれている。

【０００７】

この発明は、従来技術における上述の課題を解決するためになされたものであり、照明光学系の光の利用効率の向上を図ることができる技術を提供することを目的とする。また、投写型表示装置において、均一でより明るい投写画像を得ることを目的とする。

【０００８】

【課題を解決するための手段およびその作用・効果】

上述の課題の少なくとも一部を解決するため、本発明の照明光学系は、

所定の光学装置の光入射面を照明領域として照明する照明光学系であって、

光源と、

前記光源から射出された光を複数の部分光線束に分割する複数の小レンズを有する第１のレンズアレイと、

前記第１のレンズアレイの複数の小レンズにそれぞれ対応する複数の小レンズを有する第２のレンズアレイと、を備え、

前記第２のレンズアレイは、前記第１のレンズアレイから射出された複数の部分光線束が集光される近傍位置に配置されており、

前記第２のレンズアレイの複数の小レンズは、それぞれ対応する第１のレンズアレイの複数の小レンズによって集光された部分光線束の輪郭形状に応じて、略矩形形状以外の多角形形状に形成されており、

前記第１のレンズアレイは、Ｍ列（Ｍは２以上の整数）の小レンズ列を有しており、前記第２のレンズアレイは、Ｎ列（ＮはＭよりも小さな１以上の整数）の小レンズ列を有しており、

前記第１のレンズアレイ内の複数の小レンズ列で形成された複数列の部分光線束を、より少ない列にまとめて前記第２のレンズアレイに入射させることによって、前記第１のレンズアレイのＭ列の小レンズ列で分割された部分光線束が前記第２のレンズアレイのＮ列の小レンズ列に入射するように構成されており、

前記第１のレンズアレイ内の前記複数の小レンズ列は２列の小レンズ列であり、

前記２列の小レンズ列は、前記２列の小レンズ列のうち外側の１列の各小レンズの位置が、列の方向に沿って、内側の１列の各小レンズの位置からずれて配列されており、

前記第１のレンズアレイの前記２列の小レンズ列に対応する前記第２のレンズアレイの１列の小レンズ列は、前記第１のレンズアレイの前記外側の１列の小レンズに対応する第１の小レンズと、前記内側の１列の小レンズに対応する第２の小レンズとが交互に配列されていることを特徴とする。

【０００９】

第１のレンズアレイの各小レンズから射出された部分光線束は、対応する第２のレンズア

レイの各小レンズに入射しないと、有効な照明光として利用できない場合がある。この結果として照明光学系の光の利用効率が低下する場合がある。

【００１０】

本発明の照明光学系においては、それぞれ対応する第１のレンズアレイの複数の小レンズによって集光された部分光線束の輪郭形状に応じて、略矩形形状以外の多角形形状に形成されていることにより、第１のレンズアレイの各小レンズから射出された部分光線束が、対応する第２のレンズアレイの小レンズに隣接する他の小レンズに入射することを抑制することができる。これにより、照明光学系の光の利用効率を向上させることができる。なお、「略矩形形状」とは、完全に矩形形状（長方形や正方形）である場合のみならず、設計誤差等で完全に矩形形状となっていない場合や、多少の角の面取り加工が加えられた形状を含む。すなわち、レンズの設計思想として矩形形状であることを意味する。

また、第１のレンズアレイのＭ列の小レンズ列で分割された部分光線束が第２のレンズアレイのＮ列の小レンズ列に入射するようにすることができるので、第２のレンズアレイから射出される部分光線束の列の間隔を広げることができる。これにより、第２のレンズアレイと第２のレンズアレイから射出された光を照明領域上へ重畳させる重畳光学系との間に複数の部分光線束の各列に対応する光学要素を備えた場合に、この各列に対応する光学要素の列方向の幅を大きくすることができるので、この各列に対応する光学要素への光の入射効率を向上させることができる。この結果、照明光学系の光の利用効率の向上を図ることができる。

さらに、第１のレンズアレイの２列の小レンズ列に対応する第２のレンズアレイの１列の小レンズ列は、第１のレンズアレイの外側の１列の小レンズに対応する第１の小レンズと、内側の１列の小レンズに対応する第２の小レンズとが交互に配列されているので、第１のレンズアレイの２列の小レンズ列から射出された複数の部分光線束を、容易に、１列に並ぶ複数の部分光線束として第２のレンズアレイに入射させることができる。

【００１１】

ここで、前記第２のレンズアレイの中心を通り、互いに垂直な２つの基準軸を定義したときに、前記第２のレンズアレイの複数の小レンズを区分する区分線のうち少なくとも一部は、前記２つの基準軸から離れるに従って、前記２つの基準軸に対する傾きが大きくなるように形成されていることが好ましい。

【００１２】

また、前記第２のレンズアレイの複数の小レンズの少なくとも一部は、前記２つの基準線のうち、一方の基準線に平行な２つの区分線と、他方の基準線に対して傾いた２つの区分線とで区分された台形形状を有しているようにしてもよい。

【００１３】

上記のようにすれば、入射する部分光線束の輪郭形状の傾きに応じて第２のレンズアレイの小レンズを形成することができる。

【００１８】

上記照明光学系において、

入射光線束を前記入射光線束の幅よりも小さな幅を有する射出光線束に変換するアフォーカル光学系を備えることが好ましい。

【００１９】

アフォーカル光学系を備えれば、照明光学系から射出される光線束の幅が、アフォーカル光学系を備えない場合に比べて縮小することができるので、照明領域を照射する光線束の入射角を小さくすることができる。一般に、光学要素に入射する光線束の入射角が小さい方が、その光学要素における光の利用効率がよい。従って、上記構成の照明光学系によれば、光の利用効率を向上させることができる。

【００２０】

ここで、前記第１のレンズアレイの近傍に、前記アフォーカル光学系を実現するための集光機能を有する集光レンズを備えており、

前記第２のレンズアレイの複数の小レンズは、前記アフォーカル光学系を実現するための

光を平行化する機能を有していることが好ましい。
【００２１】
上記構成によれば、アフォーカル光学系を容易に実現できる。
【００２２】
本発明の投写型表示装置は、
上記各照明光学系のいずれか１つと、
前記照明領域としての光入射面を有し、前記照明光学系からの入射光を画像信号に応じて変調する光変調装置と、
前記光変調装置で得られる変調光を投写する投写光学系と、
を備えることを特徴とする。
【００２３】
上述したように、本発明の照明光学系は、従来に比べて光の利用効率を向上させることができる。従って、本発明の照明光学系が組み込まれた投写型表示装置では、投写画像の明るさを向上させることができる。
【００２４】
なお、本発明の照明光学系は、第１、第２のレンズアレイを備えたインテグレータ光学系を有しているので、光源から射出された光が光線束の断面内でその光強度分布に大きな偏りを有していた場合でも、明るさが均一で明るさや色むらの無い照明光を得ることが可能となるため、投写面全体に渡って明るさが均一で明るさや色むらの無い投写画像を得ることができる。
【００２５】
上記投写型表示装置は、さらに、前記照明光学系からの射出光を少なくとも２色の色光に分離する色光分離光学系と、
前記色光分離光学系により分離された各色光をそれぞれ変調する複数の前記光変調装置と、
それぞれの前記光変調装置で変調された後の各色の変調光を合成する色光合成光学系と、
を備え、
前記色光合成手段によって得られた合成光が前記投写光学系を介して投写されるようにすることもできる。
【００２６】
このようにすれば、従来より明るく均一でむらの無いカラー画像を投写表示することができる。
【００２７】
【発明の実施の形態】
以下、図面を参照して本発明の各実施例を説明する。尚、以下の各実施例においては、特に断りのない限り、光の進行方向をｚ軸方向（光軸と平行な方向）とし、ｚ軸方向から見て１２時の方向をｙ軸方向（縦方向）とし、３時の方向をｘ軸方向（横方向）とする。
【００２８】
Ａ．第１実施例の全体構成：
図１は、第１実施例としての照明光学系１００の要部を平面的に見た概略構成図である。この照明光学系１００は、光源２０と、分割光学系３０と、偏光変換光学系６０と、重畳光学系（重畳レンズ）７０と、を備えている。これらの各光学要素２０，３０，６０，７０は、それぞれの中心軸が照明光学系１００のシステム光軸１００ａｘに一致するように配置されている。分割光学系３０および重畳光学系７０は、照明領域ＬＡの有効照明領域ＥＬＡをほぼ均一に照明するためのインテグレータ光学系を構成している。
【００２９】
光源２０は、放射状の光線を射出する放射光源としての光源ランプ２２と、光源ランプ２２から射出された放射光をほぼ平行な光線束として射出する凹面鏡２４とを有している。光源ランプ２２としては、通常、メタルハライドランプや高圧水銀灯などの高圧放電灯が用いられる。凹面鏡２４としては、放物面鏡を用いることが好ましい。なお、放物面鏡に

代えて、楕円面鏡や球面鏡なども用いることができる。

【００３０】

分割光学系３０は、第１のレンズアレイ４０と、第２のレンズアレイ５０とを備えている。第１のレンズアレイ４０は、光源２０から射出された略平行な光を、複数の部分光線束に分割するとともに、それぞれの部分光線束を集光して第２のレンズアレイ５０および偏光変換光学系６０の近傍に集光像を形成する機能を有している。

【００３１】

図２は、第１のレンズアレイ４０を示す説明図である。図２（Ａ）は、第２のレンズアレイ５０の光の入射面側（光源２０側）から見た正面図である。図３（Ｂ）は平面図であり、図２（Ｃ）は側面図である。第１のレンズアレイ４０は、略矩形形状の輪郭を有する平凸状の第１の小レンズ４２が複数行（Ｍ行）複数列（Ｎ列）に敷き詰め配列された構成を有している。なお、図２は、Ｍ＝８，Ｎ＝６の例を示している。第１の小レンズ４２は、外形形状が略矩形形状を有しているが、レンズの光軸はレンズの中心にある。以下では、このようにレンズの中心と光軸が一致しているレンズを「同心レンズ」と呼ぶ。

【００３２】

各第１の小レンズ４２をｚ軸方向に向かって見た外形形状は、通常、有効照明領域ＥＬＡの形状とほぼ相似形をなすように設定されている。例えば、照明領域として液晶パネルを想定し、有効照明領域である画像の形成領域のアスペクト比（横と縦の寸法の比率）が４：３であるならば、第１の小レンズ４２のアスペクト比も４：３に設定することが好ましい。

【００３３】

図３は、第２のレンズアレイ５０を示す説明図である。図３（Ａ）は、第２のレンズアレイ５０の斜視図である。図３（Ｂ）は光の入射面側（第１のレンズアレイ４０側）から見た正面図である。図３（Ｃ）および（Ｄ）は平面図および底面図であり、図３（Ｅ）および（Ｄ）は、左側面図および右側面図である。第２のレンズアレイ５０の縦方向の高さＨ５０および横方向の長さＬ５０は、第１のレンズアレイ４０の縦方向の高さＨ４０（図２）および横方向の長さＬ４０にほぼ等しい。なお、レンズアレイの大きさは、複数行複数列に敷き詰め配列された複数の小レンズ全体の大きさをいい、それ以外の周辺の平坦部分を含まない。また、第１のレンズアレイ４０の第１の小レンズ４２と同じ数の第２の小レンズ５２が、ほぼマトリクス状に配列された構成を有している。但し、第２の小レンズ５２は、その配置位置に応じてそれぞれ異なった台形形状をそれぞれ有している。なお、この形状については、後述する。

【００３４】

図４は、第２のレンズアレイ５０および第１のレンズアレイ４０をｚ軸方向から示す正面図である。なお、図４に示す破線は、第１のレンズアレイ４０を示している。また、＋印は、第１のレンズアレイの各第１の小レンズ４２の光軸を示している。第２のレンズアレイ５０の各第２の小レンズ５２の光軸は、対応する第１のレンズアレイ４０の第１の小レンズ４２の光軸と一致するように構成されている。

【００３５】

なお、第１のレンズアレイ４０のレンズの向きは、図１に示す向きに限定される必要はなく、射出面側に凸面を有するように配置してもよい。第２のレンズアレイ５０も図１に示す向きに限定される必要はなく、射出面側に凸面を有するように配置してもよい。また、重畳光学系７０も、図１に示す向きに限定される必要はなく、入射面側に凸面を有するように配置してもよい。

【００３６】

図１の偏光変換光学系６０は、システム光軸１００ａｘを中心として第２のレンズアレイ５０の－ｘ軸方向側から射出される各部分光線束が入射する第１の偏光変換素子アレイ６０ａと、＋ｘ軸方向側から射出される各部分光線束が入射する第２の偏光変換素子アレイ６０ｂと、を備えている。

【００３７】

図５は、第１の偏光変換素子アレイ６０ａの構成を示す斜視図である。第１の偏光変換素子アレイ６０ａは、遮光板６２と、偏光ビームスプリッタアレイ６４と、偏光ビームスプリッタアレイ６４の光射出面の一部に選択的に配置されたλ／２位相差板６８とを備えている。偏光ビームスプリッタアレイ６４は、それぞれ断面が平行四辺形の柱状の複数の第１の透光性部材６４ａが順次貼り合わされ、その両端に断面が台形の柱状の第２と第３の透光性部材６４ｂ，６４ｃが貼り合わされた形状を有している。なお、第２と第３の透光性部材６４ｂ、６４ｃは、第１の透光性部材６４ａと同じ断面が平行四辺形の柱状体であってもよい。また、断面が略直角三角形の柱状体であってもよい。

【００３８】

各透光性部材６４ａ，６４ｂ、６４ｃの界面には、偏光分離膜６６ａと反射膜６６ｂとが交互に形成されている。なお、この偏光ビームスプリッタアレイ６４は、偏光分離膜６６ａと反射膜６６ｂとが交互に配置されるように、これらの膜が形成された複数枚の板ガラスを貼り合わせて、所定の角度で斜めに切断することによって作製される。偏光分離膜６６ａは誘電体多層膜で、また、反射膜６６ｂは誘電体多層膜あるいはアルミニウム膜で形成することができる。

【００３９】

λ／２位相差板６８は、偏光分離膜６６ａあるいは反射膜６６ｂの光の射出面のｘ方向の写像部分に、選択的に配置されている。この例では、偏光分離膜６６ａの光の射出面のｘ方向の写像部分にλ／２位相差板６８が選択配置されている。

【００４０】

遮光板６２は、複数の遮光面６２ａと複数の開口面６２ｂとがストライプ状に配列して構成されたものである。この例では、反射膜６６ｂの光の入射面のｘ方向の写像部分に遮光面６２ａが配列され、偏光分離膜６６ａの光の入射面のｘ方向の写像部分に開口面６２ｂが配列されている。これにより、第１の偏光変換素子アレイ６０ａに入射する光のうち開口面６２ｂを通過した光が、偏光分離膜６６ａにのみ入射する。遮光板６２としては、平板状の透明体（例えばガラス板）に遮光性の膜（例えばクロム膜、アルミニウム膜、及び、誘電体多層膜）を部分的に形成したものや、あるいは、例えばアルミニウム板のような遮光性の平板に開口部を設けたもの等を使用できる。

【００４１】

図６は、第１の偏光変換素子アレイ６０ａの機能を示す説明図である。遮光板６２の開口面６２ｂを通過した非偏光な光線束（ｓ偏光光＋ｐ偏光光）は、偏光ビームスプリッタアレイ６４の偏光分離膜６６ａに入射し、２種類の直線偏光光（ｓ偏光光とｐ偏光光と）に分離される。ｐ偏光光のほとんどは、偏光分離膜６６ａをそのまま透過する。一方、ｓ偏光光のほとんどは、偏光分離膜６６ａで反射され、さらに反射膜６６ｂで反射されて、偏光分離膜６６ａをそのまま通過したｐ偏光光とほぼ平行な状態で射出される。偏光分離膜６６ａを透過したｐ偏光光は、λ／２位相差板６８によってｓ偏光光に変換されて射出する。この結果、第１の偏光変換素子アレイ６０ａに入射した非偏光な光のほとんどはｓ偏光光に変換されて射出する。もちろん反射膜６６ｂで反射される光の射出面部分だけにλ／２位相差層６８を形成することにより、ほとんどの光束をｐ偏光光に変換して射出することもできる。

【００４２】

ここで、非偏光な光が偏光分離膜６６ａではなく、反射膜６６ｂに直接入射するとすると、第１の偏光変換素子アレイ６０ａからは、ｓ偏光光ではなくｐ偏光光の光が射出されることになる。上述したように、本実施例では、遮光板６２によって反射膜６６ｂに光が入射するのを防止している。従って、反射膜６６ｂに非偏光な光が入射して、第１の偏光変換素子アレイ６０ａから望ましくない直線偏光光が射出されるのを防止することができる。

【００４３】

なお、隣り合う１つの偏光分離膜６６ａおよび１つの反射膜６６ｂと、１つのλ／２位相差板６８とを含む１つのブロックを、１列の偏光変換素子とみなすことができる。偏光変

換素子アレイ６０ａは、このような偏光変換素子が、ｘ方向に複数列配列されたものである。この実施例では、３列の偏光変換素子で構成されている。

【００４４】

第２の偏光変換素子アレイ６０ｂは、システム光軸１００ａｘを対称軸として偏光変換素子アレイ６０ａと対称な構造を有しており、同様の機能を有しているので、説明を省略する。

【００４５】

なお、上記偏光変換光学系６０としては、２つの偏光変換素子アレイ６０ａ，６０ｂではなく、１つの偏光変換素子アレイを備えるようにすることも可能である。

【００４６】

図１の光源２０から射出された光は、第１のレンズアレイ４０の複数の第１の小レンズ４２によって複数の部分光線束に分割される。分割された複数の部分光線束は、第２のレンズアレイ５０の対応する第２の小レンズ５２に入射されるように集光されて、第２のレンズアレイ５０および偏光変換光学系６０の近傍でそれぞれそれぞれ集光像を形成する。なお、図１は、説明を容易にするため、各部分光線束の中心軸を実線で示している。第２のレンズアレイ５０は、各第２の小レンズ５２に入射した光が照明領域ＬＡに有効に照射されるように集光する機能を有している。各第２の小レンズ５２から射出された部分光線束は、偏光変換光学系６０の偏光分離膜６６ａに入射する。偏光変換光学系６０に入射した複数の部分光線束は、上述したように、ほとんど１種類の直線偏光光にそれぞれ変換される。偏光変換光学系６０から射出された複数の部分光線束は、重畳光学系７０に入射し、重畳光学系７０の重畳作用によって、照明領域ＬＡの有効照明領域ＥＬＡ上でほぼ重畳される。この結果、有効照明領域ＥＬＡは、ほとんど１種類の直線偏光光でほぼ均一に照明されることになる。

【００４７】

なお、第２のレンズアレイ５０と、偏光変換光学系６０と、重畳光学系７０とは、離間して配置されている。しかしながら、通常は、それぞれの界面における光の損失を低減するために、それぞれを接着剤で貼り合わせるなどして、密接して配置されることが好ましい。また、重畳光学系７０は、省略することも可能である。

【００４８】

また、第１のレンズアレイ４０と第２のレンズアレイ５０との間の距離に比べて、第２のレンズアレイ５０と偏光変換光学系６０の偏光分離膜６６ａとの間の距離は非常に小さいので、偏光変換光学系６０に入射する各部分光線束の大きさは、各集光像の大きさに等しいとみることができる。

【００４９】

照明光学系１００は、第２のレンズアレイ５０の各第２の小レンズ５２の形状に特徴を有している。

【００５０】

Ｂ．第２のレンズアレイ近傍の集光像とレンズ形状：

図７は、第１のレンズアレイ４０によって第２のレンズアレイ５０の近傍位置に形成された集光像について示す説明図である。図の集光像は、等高線によって示された光強度によって表されている。図７は、第２のレンズアレイ５０の右上部にある１／４の部分の集光像のみを示している。なお、通常光源２０から射出される光の特性は、光軸を中心として対称となるため、左半分の集光像は右半分の集光像に対して左右対称となり、下半分の集光像は上半分の集光像に対して上下対称となる。

【００５１】

光源２０を構成する光源ランプ２２は、点光源ではないため、各部分光線束の集光像も、光源ランプの形状に応じた形状を有している。この例では、システム光軸１００ａｘと集光像の形成される位置とを結ぶ方向（以下、「放射方向」と呼ぶ）に沿って細長い形状（略長円形状や略楕円形状）を有している。また、光源２０から射出される光は、システム光軸１００ａｘから離れるほど平行性に優れる傾向にあるため、周辺の集光像ほど全体の

大きさが小さくなる傾向にある。このような場合、第２のレンズアレイを、第１のレンズアレイ４０の第１の小レンズ４２と同じ小レンズで構成するとすると、図７に示すように、各部分光線束による集光像が対応する小レンズからはみ出してしまう部分が多く発生する場合がある（図中、斜線で示す）。第１のレンズアレイ４０および第２のレンズアレイ５０は、それぞれ対応する小レンズを通過した光線束が、重畳光学系７０を介して有効照明領域ＥＬＡに照射されるように設定されている。従って、対応する小レンズ以外のレンズに入射した光線束は、有効照明領域ＥＬＡに有効に照射されない場合がある。上記のように、はみ出している部分が多いと、それだけ照明光学系としての光の利用効率が低下することになる。

【００５２】

図８は、第２のレンズアレイ５０と、第１のレンズアレイ４０によって第２のレンズアレイ５０の近傍位置に形成された集光像との関係について示す説明図である。各集光像の長軸のｘ軸に対する傾きは、放射方向とｘ軸との成す角、すなわち、システム光軸１００ａｘと各集光像の中心とを結ぶ方向とｘ軸との成す角に応じて変化する。例えば、図８の下から１行目の集光像は、長軸がｘ軸方向に沿うように形成されており、図８の左から１列目の集光像は、長軸がｙ軸方向に沿うように形成されている。２、３列目で２、３行目の集光像は、長軸がその位置に応じて傾いて形成されている。そこで、第２のレンズアレイ５０は、各部分光線束によって形成される集光像の長軸の傾き応じて、各集光像を効率良く区分するように、それぞれの位置に応じた台形形状の第２の小レンズ５２によって構成されている。具体的に、第２のレンズアレイ５０の各第２の小レンズ５２は以下のように区分されている。

【００５３】

第２のレンズアレイ５０の各列を区分する区分線は、ｙ軸方向に平行な直線で区分されている。なお、各列を区分する区分線は、必ずしも直線でなくてもよく、また、ｙ軸に平行でなくてもよい。但し、以下の理由からｙ軸方向に平行な直線であることが好ましい。

【００５４】

図８の下部には、偏光変換光学系６０が参考的に示されている。偏光変換光学系６０の遮光面６２ａおよび開口面６２ｂは、第２のレンズアレイ５０の各列毎に配置されている。また、各列の開口面６２ｂは、第２のレンズアレイ５０から射出された部分光線束がそれぞれ入射するように配列されており、遮光面６２ａは各列の開口面６２ｂの間に配列されている。従って、各列を区分するｙ軸に沿った区分線のｘ軸方向の位置は、遮光面６２ａのｘ軸方向の幅の中にあることが好ましい。そこで、第２のレンズアレイ５０の各列は、ｙ軸方向に平行な直線で区分されている。このようにすれば、各列の区分が容易である。

【００５５】

第２のレンズアレイ５０の各行は、集光像の長軸の傾きに応じて異なった傾き（ｘ軸に対する傾き）で区分されている。例えば、システム光軸１００ａｘから離れた行ほど集光像の長軸の傾きが大きくなるので、これに応じて各行間の区分線の傾きは大きくなる。但し、システム光軸１００ａｘから１列目の各集光像は、その長軸がほとんどｙ軸に沿うように立っているので、各行間の区分線は、各集光像の長軸の傾きに応じて若干傾きを有しているが、ほぼｘ軸に沿って区分されている。

【００５６】

また、第２のレンズアレイ５０は以下のように区分されていると見ることもできる。すなわち、システム光軸１００ａｘを通り、ｘ軸に平行な基準線（基準軸）を５０ｘとし、ｙ軸に平行な基準線（基準軸）を５０ｙとすると、基準線５０ｘに沿った１行目および基準線５０ｙに沿った１列目の第２の小レンズ５２を区分する区分線以外の第２の小レンズの区分線は、少なくとも２つの基準線５０ｘ，５０ｙから離れるに従って、２つの基準線５０ｘ，５０ｙに対する傾きが大きくなるように形成されている。

【００５７】

上記のように構成された第２のレンズアレイ５０を用いた場合、各集光像が、対応する第２の小レンズ５２からはみ出すことを抑制することができるので、第２のレンズアレイと

して第１のレンズアレイと同じ形状のレンズアレイを用いた場合に比べて、照明光学系の効率を向上させることができる。

【００５８】

なお、本実施例では、第２のレンズアレイ５０を構成する第２の小レンズ５２が台形形状である場合を示しているが、これに限定されるものではない。例えば、三角形や五角形、あるいは菱形であってもよい。また、本実施例では、光源から射出される光の特性が、システム光軸１００ａｘを中心として対称であるとして説明しているが、対称でない場合にも適用可能である。要するに、第２のレンズアレイを、各集光像を効率良く区分するように、対応する集光像の大きさや傾き等の輪郭形状に応じて、矩形形状以外の多角形形状を有する小レンズで構成するようにすればよい。このことは、以下の実施例においても同様である。

【００５９】

また、本実施例では、偏光変換光学系６０を備える構成を例に説明してるが、これを省略することも可能であり、以下の各実施例においても同様である。

【００６０】

Ｃ．第２実施例：

図９は、第２実施例としての照明光学系１００Ａの要部を平面的に見た概略構成図である。この照明光学系１００Ａは、第１実施例の分割光学系３０と偏光変換光学系６０とを変更したものであり、他の構成は第１実施例と同じである。

【００６１】

第２実施例の分割光学系３０Ａは、第１のレンズアレイ４０Ａと、第２のレンズアレイ５０Ａとを備えている。

【００６２】

図１０は、第１のレンズアレイ４０Ａを示す説明図である。図１０（Ａ）は、第１のレンズアレイ４０Ａの斜視図である。図１０（Ｂ）は光の入射面側（光源２０側）から見た正面図である。図１０（Ｃ）および（Ｄ）は平面図および底面図であり、図１０（Ｅ）および（Ｄ）は、左側面図および右側面図である。第１のレンズアレイ４０Ａも、第１実施例の第１のレンズアレイ４０（図２）と同様に、略矩形形状の輪郭を有する平凸状の第１の小レンズ４２Ａが複数行複数列に敷き詰め配列された構成を有している。但し、各列の行数（各列に含まれる小レンズの数）は必ずしも同じである必要はない。

【００６３】

ここで、中心軸４０Ａａｘを通りｙ軸方向に沿った線を基準線４０Ａｙとし、中心軸４０Ａａｘを通りｘ軸方向に沿った線を基準線４０Ａｘとする。複数の第１の小レンズ４２Ａは、基準線４０Ａｙを中心として左右両方向（±ｘ軸方向）に３列ずつ配列されている。右側第１と第２列目の各列には、基準線４０Ａｘを中心として上下方向に８個の第１の小レンズ４２Ａが配列されており、右側第３列目の列には７個の第１の小レンズ４２が敷き詰め配列されている。また、右側第３列目の列の各行の第１の小レンズ４２は、右側第２列目の列の各行の第１の小レンズ４２のちょうど行間に配列されている。なお、左側の各列は、右側の各列と同様である。なお、以下では、左側または右側を省略して各列を示す場合もある。この場合には、左側または右側の列を示している。

【００６４】

図１０（Ｂ）に示す・，×，＋印は、各第１の小レンズ４２Ａの光軸の位置を示している。各第１の小レンズ４２Ａの光軸の位置は、配列されている位置に応じて異なった位置に設定されている。・印は第１列目の第１の小レンズ４２Ａの光軸の位置を示している。＋印は、２列目の第１の小レンズ４２Ａの光軸の位置を示し、×印は、３列目の第１の小レンズ４２Ａの光軸の位置を示している。

【００６５】

図１１は、第２のレンズアレイ５０Ａを示す説明図である。図１１（Ａ）は、第２のレンズアレイ５０Ａの斜視図である。図１１（Ｂ）は光の入射面側（第１のレンズアレイ４０Ａ側）から見た正面図である。図１１（Ｃ）および（Ｄ）は平面図および底面図であり、

図１１（Ｅ）および（Ｄ）は、左側面図および右側面図である。

【００６６】

第２のレンズアレイ５０Ａは、第１実施例の第２のレンズアレイ５０と同様に、配置位置に応じて異なった形状を有する第２の小レンズ５２Ａが複数行複数列に敷き詰め配列された構成を有している。第２のレンズアレイ５０Ａは、第１のレンズアレイ４０Ａの各第１の小レンズ４２Ａに対応するように、第１の小レンズ４２Ａと同じ数の第２の小レンズ５２Ａを有している。但し、第１のレンズアレイ４０Ａの第２列目と第３列目の小レンズに対応する第２のレンズアレイ５０Ａの小レンズは、第２列目のみに、すなわち１列に並べられている。レンズアレイ５０Ａの縦方向の高さＨ５０Ａおよび横方向の長さＬ５０Ａは、レンズアレイ４０Ａの縦方向の高さＨ４０Ａ（図１０（Ｂ））および横方向の長さＬ４０Ａにほぼ等しい。なお、中心軸５０Ａａｘを通りｙ軸方向に沿った線を基準線５０Ａｙとし、中心軸５０Ａａｘを通りｘ軸方向に沿った線を基準線５０Ａｘとする。

【００６７】

図１１（Ｂ）に示す・，×，＋印は、各第２の小レンズ５２Ａの光軸の位置を示している。各第２の小レンズ５２Ａの光軸の位置は、配列されている位置に応じて異なった位置に設定されている。・印は第１列目の第２の小レンズ５２Ａの光軸の位置を示している。＋印は、２列目の上から奇数行の第２の小レンズ５２Ａの光軸の位置を示し、×印は、偶数行の第２の小レンズ５２Ａの第２の小レンズ５２Ａの光軸の位置を示している。

【００６８】

偏光変換光学系６０Ａは、第２のレンズアレイ５０Ａの列数に応じた列数の偏光変換素子を有する偏光変換素子アレイを、システム光軸１００Ａａｘに対して対称に備えている。本実施例では、偏光変換素子アレイ６０ａ（図５）よりも１列少ない偏光変換素子アレイが用いられている。

【００６９】

以下では、第２のレンズアレイ５０Ａの説明を容易にするために、まず、図１２に示す仮想的な第２のレンズアレイ５０Ｂを用いた場合を例に説明する。図１２（Ａ）は、第２のレンズアレイ５０Ｂの光を入射面側（第１のレンズアレイ４０Ａ側）から見た正面図を示している。図１２（Ｂ）は底面図を示している。

【００７０】

第２のレンズアレイ５０Ｂは、略矩形形状の輪郭を有する平凸状の第２の小レンズ５２Ｂが複数行複数列に敷き詰め配列された構成を有している。第２のレンズアレイ５０Ｂは、第１のレンズアレイ４０Ａの各第１の小レンズ４２Ａに対応するように、第１の小レンズ４２Ａと同じ数の第２の小レンズ５２Ｂを有している。但し、以下に説明するように、第１のレンズアレイ４０Ａの第２列目と第３列目の小レンズに対応する第２のレンズアレイ５０Ｂの小レンズは、第２列目のみに、すなわち１列に並べられている。第２のレンズアレイ５０Ｂの縦方向の高さＨ５０Ｂおよび横方向の長さＬ５０Ｂは、レンズアレイ４０Ａの縦方向の高さＨ４０Ａ（図１０（Ｂ））および横方向の長さＬ４０Ａにほぼ等しい。なお、中心軸５０Ｂａｘを通りｙ軸方向に沿った線を基準線５０Ｂｙとし、中心軸５０Ｂａｘを通りｘ軸方向に沿った線を基準線５０Ｂｘとする。

【００７１】

複数の第２の小レンズ５２Ｂは、基準線５０Ｂｙを中心として左右両方向（±ｘ軸方向）に２列ずつ配列されている。右側第１列には、第１のレンズアレイ４０Ａの右側第１列に配列されている第１の小レンズ４２Ａ（図１０（Ｂ））と同じ数の第２の小レンズ５２Ｂが配列されている。すなわち、基準線５０Ｂｘを中心として上下両方向にそれぞれ４行の第２の小レンズ５２Ｂが配列されている。右側第２列目の列には、第１のレンズアレイ４０Ａの右側第２、第３列目に配列された第１の小レンズ４２Ａの数の和と同じ数、すなわち１５個の第２の小レンズ５２Ｂが配列されている。右側第２列目の列の奇数行の第２の小レンズ５２Ｂは、第１のレンズアレイ４０Ａの右側第２列目の第１の小レンズ４２Ａに対応しいる。また、偶数行の第２の小レンズ５２Ｂは、第１のレンズアレイ４０Ａの右側第３列目の第１の小レンズ４２Ａに対応している。

【００７２】
右側各列のｙ軸方向の全体の長さは同じに設定されている。但し、各第２の小レンズ５２のｚ軸方向から見たｙ方向の長さは、その位置に応じて異なった大きさを有している。なお、第２のレンズアレイ５０Ｂの左側の各第２の小レンズ５２Ａも右側と同様である。
【００７３】
図１２（Ａ）に示す・，×，＋印は、各第２の小レンズ５２Ｂの光軸の位置を示している。・印は第１列目の第２の小レンズ５２Ｂの光軸の位置を示している。＋印は、２列目の上から奇数行の第２の小レンズ５２Ｂの光軸の位置を示し、×印は、偶数行の第２の小レンズ５２Ａの第２の小レンズ５２Ｂの光軸の位置を示している。各第２の小レンズ５２Ｂの光軸の位置も、第１のレンズアレイ４０Ａの各第１の小レンズ４２Ａと同様に、配列されている位置に応じて異なった位置に設定されている。これは、以下の理由による。
【００７４】
図１３は、第１のレンズアレイ４０Ａと第２のレンズアレイ５０Ｂとの配置関係を示す平面図である。システム光軸１００Ａａｘよりも－ｘ方向側と＋ｘ方向側とは、対称な構成であるので、ここでは、－ｘ方向側において説明する。
【００７５】
第２のレンズアレイ５０Ｂは、第１のレンズアレイ４０Ａとほぼ同じ大きさを有しているが、図１０および図１２に示したように第１のレンズアレイ４０Ａの列数に比べて１列少ない。従って、第２のレンズアレイ５０Ｂの第２の小レンズ５２Ｂ（５２Ｂａ～５２Ｂｃ）は、第１のレンズアレイ４０Ａの第１の小レンズ４２Ａ（４２Ａａ～４２Ａｃ）に比べて、個々の小レンズのｘ軸方向の幅が大きい。このため、第１のレンズアレイ４０Ａの第１～第３列目の第１の小レンズ４２Ａａ～４２Ａｃは、対応する第２のレンズアレイ５０Ｂの第２の小レンズ５２Ｂａ～５２Ｂｃに各部分光線束をそれぞれ入射させるように、それぞれ異なった位置に光軸を有するレンズで構成されている。また、第１のレンズアレイ４０Ａの第１の小レンズ４２Ａａ～４２Ａｃに対応する第２のレンズアレイ５０Ｂの第２の小レンズ５２Ｂａ～５２Ｂｃも、それぞれ異なった位置に光軸を有するレンズで構成されている。また、第１のレンズアレイ４０Ａの第２列目に対応する第２の小レンズ５２Ｂｂと第３列目に対応する第２の小レンズ５２Ｂｃは、上述したように、第２のレンズアレイ５０の第３列目を構成するように１列に配列されている。より具体的には第２の小レンズ５２Ｂｃと第２の小レンズ５２Ｂｂとが交互に配列されている。
【００７６】
第１のレンズアレイ４０Ａの各第１の小レンズ４２Ａａ～４２Ａｃから射出された各部分光線束は、各レンズの位置に応じて偏向され、第２のレンズアレイ５０Ａの対応する各第２の小レンズ５２Ｂａ～５２Ｂｃに入射する。各第２の小レンズ５２Ｂａ～５２Ｂｃ入射した各部分光線束は、それぞれの中心軸がシステム光軸１００Ａａｘにほぼ平行となるように偏向される。
【００７７】
図１４は、第１のレンズアレイ４０Ａによって第２のレンズアレイ５０Ｂの近傍位置に形成された集光像について示す説明図である。図１４は、図７と同様に、右上半分の集光像のみを示している。
【００７８】
第２のレンズアレイ５０Ｂの近傍に形成される光の集光像は、図１４に示すように、２列に並ぶので、同じ幅の中に３列の集光像が形成される場合に比べて、列の間隔を広げることができる。このことは以下の利点を有している。
【００７９】
偏光変換光学系は、図５及び図６を用いて説明したように、隣り合う偏光分離膜６６ａと反射膜６６ｂとを含む偏光変換素子を第２のレンズアレイの列数に応じた数だけ配列された構成を有しており、偏光変換素子に含まれる偏光分離膜６６ａに入射した光をほぼ１種類の直線偏光光に変換するものである。従って、偏光分離膜６６ａへの光の入射効率が高いほど光の利用効率が良い。

【００８０】
第１のレンズアレイ４０Ａと第２のレンズアレイ５０Ｂにより分割光学系３０Ｂを構成した場合には、集光像の列の間隔（部分光線束の列間隔）を広げることができるので、偏光変換素子の列方向の幅を大きくすることができる。これにより、偏光変換素子に含まれる偏光分離膜６６ａの幅を大きくすることができるので、第２のレンズアレイ５０Ｂから射出された光の偏光変換光学系６０Ａへの入射効率を向上させることができる。この結果、照明光学系の光の利用効率を向上させることができる。
【００８１】
また、集光像の列の間隔を、列数を少なくしない場合の集光像の間隔と同じとすれば、第２のレンズアレイおよび偏光変換光学系を小さくすることができる。この場合には、後段に配置される光学要素に入射する光線束の入射角を小さくすることができる。光学要素に入射する光線束の入射角が小さい方が、その光学要素における光の利用効率が良いので、結果として照明光学系の光の利用効率を向上させることができる。
【００８２】
第２実施例の第２のレンズアレイ５０Ａは、上記第２のレンズアレイ５０Ｂに第１実施例の第２のレンズアレイ５０の機能を追加したものである。すなわち、第２のレンズアレイ５０Ｂの近傍に形成される集光像は、図１４に示すように、その位置に応じて対応する小レンズからはみ出してしまう部分が発生する場合がある。そこで、第２のレンズアレイ５０Ａは、図１５に示すように、各部分光線束によって形成される集光像を集光像の形状に応じて区分するように形成された多角形形状の第２の小レンズ５２Ａで構成することとした。これにより、各部分光線束の集光像が対応する第２のレンズアレイ５０Ａの第２の小レンズ５２Ａからはみ出すことを抑制することができるので、仮想的な第２のレンズアレイ５０Ｂを用いた場合に比べて、照明光学系の光の利用効率を向上させることができる。
【００８３】
本実施例の照明光学系１００Ａにおいては、第１のレンズアレイ４０Ａで分割された複数の部分光線束のうち、左端の２列および右端の２列によって形成される集光像をそれぞれ１列に配列するようにしている。しかし、これに限定されるものではない。例えば、３列以上の複数の列の部分光線束によって形成される集光像を１列に配列するようにしてもよい。また、左右両端の２列をそれぞれ１列にまとめる必要はなく、いずれか、一方のみを１列にまとめてもよい。また、最端の２列である必要もない。さらに、３列を２列にまとめるようにしてもよい。すなわち、一般には、第１のレンズアレイ内の複数の小レンズ列で形成された複数列の部分光線束を、より少ない列にまとめて第２のレンズアレイに入射させるようにすればよい。なお、以上の変形は、以下の第３実施例においても同様に適用可能である。
【００８４】
Ｄ．第３実施例：
図１６は、第３実施例としての照明光学系１００Ｃの要部を平面的に見た概略構成図である。この照明光学系１００Ｃは、第２実施例の分割光学系３０Ａと偏光変換光学系６０Ａとを変更したものであり、他の構成は第２実施例と同じである。
【００８５】
第３実施例の分割光学系３０Ｃは、第１のレンズアレイ４０Ｃと、第２のレンズアレイ５０Ｃとを備えている。
【００８６】
図１７は、第１のレンズアレイ４０Ｃを示す説明図である。図１７（Ａ）は、第１のレンズアレイ４０Ｃの斜視図である。図１７（Ｂ）は光の入射面側（光源２０側）から見た正面図である。図１７（Ｃ）および（Ｄ）は平面図および底面図であり、図１７（Ｅ）および（Ｄ）は、左側面図および右側面図である。第１のレンズアレイ４０Ｃは、第２実施例の第１のレンズアレイ４０Ａ（図１０）の第１の小レンズ４２Ａが形成された面とは反対側に、第１のレンズアレイ４０Ａよりも大きな集光レンズ４４を備えた構成を有している。集光レンズ４４は平凸レンズである。

【００８７】
第２のレンズアレイ５０Ｃは、集光レンズ４４によって集光される光線束の大きさに応じて、第２実施例の第２のレンズアレイ５０Ａ（図１１）を全体に縮小した形状を有している。但し、各第２の小レンズ５２Ｃは、集光レンズ４４によって集光される光を平行光に戻す機能と、第２のレンズアレイ５０Ａの各第２の小レンズ５２Ａの機能とを併せ持つように構成されている。
【００８８】
図１８は、第１のレンズアレイ４０Ｃの集光レンズ４４の機能を示す説明図である。図１８は、光源２０と、集光レンズ４４と、第１のレンズアレイ４０Ｄと、第２のレンズアレイ５０Ｄとが順に配置された構成を示している。第１のレンズアレイ４０Ｄの各第１の小レンズ４２Ｄは、第１実施例のレンズアレイ４０を構成する小レンズ４２と同じ同心レンズである。第２のレンズアレイ５０Ｄは、第１のレンズアレイの小レンズ４２Ｄよりも小さい第２の小レンズ５２Ｄで構成されている。各第２の小レンズ５２Ｄは、その配置位置に応じて光軸の位置が異っている。
【００８９】
光源２０から射出された略平行な光は、集光レンズ４４の集光作用によって集光光となる。集光レンズ４４から射出された集光光は、第１のレンズアレイ４０Ｄの各小レンズ４２Ｄによって複数の部分光線束に分割される。各小レンズ４２Ｄから射出された部分光線束は、各部分光線束の中心軸が集光レンズ４４の集光作用によってシステム光軸１００Ｄａｘの方向に傾くように偏向され、第２のレンズアレイ５０Ｄの対応する第２の小レンズ５２Ｄに入射する。第２の小レンズ５２Ｄは、入射した部分光線束の中心軸がシステム光軸１００Ｄａｘに平行となるように偏向する機能を有している。この結果、第２のレンズアレイ５０Ｄから射出される光の全体は、集光レンズ４４に入射した時の光の全体の幅よりも縮小される。このように、集光レンズ４４および第２のレンズアレイ５０Ｄは、集光レンズ４４に入射した光線束をその幅よりも小さな幅を有する光線束に変換するアフォーカル光学系として機能する。集光レンズ４４は、アフォーカル光学系を実現するための集光機能を有しており、第２のレンズアレイ５０Ｄはアフォーカル光学系を実現するための光を平行化する機能を有している。
【００９０】
アフォーカル光学系から射出された光は、全体として縮小されているので、アフォーカル光学系のない場合に比べて、後段に配置される光学系への入射角を小さくすることができる。第２実施例でも説明したように、光学要素に入射する光線束の入射角が小さい方が、その光学要素における光の利用効率がよい。従って、アフォーカル光学系を備えることにより、光の利用効率を向上させることができる。
【００９１】
本実施例の第１のレンズアレイ４０Ｃの集光レンズ４４はアフォーカル光学系の集光機能に相当し、第２のレンズアレイ５０Ｃは、第２実施例の第２のレンズアレイ５０Ｂ（図１１）の機能と、上記第２のレンズアレイ５０Ｄ（図１８）の機能、すなわち、アフォーカル光学系の光を平行化する機能とを有している。従って、本実施例の照明光学系１００Ｃによれば、第２実施例と同様に、第２のレンズアレイ５０Ｃの後段に配置される偏光変換光学系６０Ｃへの入射効率を高めることができる。また、アフォーカル光学系の機能により、第２のレンズアレイ５０Ｃの後段に配置される光学要素における光の利用効率を向上させることができる。この結果、本実施例の照明光学系においても、光の利用効率を向上させることができる。
【００９２】
Ｅ．投写型表示装置：
図１９は、本発明の照明光学系１００Ｃを用いた投写型表示装置１０００の要部を平面的に見た概略構成図である。この投写型表示装置１０００は、本発明の照明光学系１００Ｃを用いている。
【００９３】

投写型表示装置１０００は、照明光学系１００Ｃと、色光分離光学系２００と、リレー光学系２２０と、３つの液晶ライトバルブ３００Ｒ，３００Ｇ，３００Ｂと、クロスダイクロイックプリズム３２０と、投写光学系３４０とを備えている。投写型表示装置１０００は、照明光学系１００Ｃから射出された光を、色光分離光学系２００で赤（Ｒ）、緑（Ｇ）、青（Ｂ）の３色の色光に分離し、分離された各色光を液晶ライトバルブ３００Ｒ，３００Ｇ，３００Ｂを通して画像情報（画像信号）に対応させて変調し、変調された各色光をクロスダイクロイックプリズム３２０で合成して、投写光学系３４０を介してスクリーンＳＣ上に画像を表示するものである。

【００９４】

照明光学系１００Ｃは、上述したように、偏光方向の揃えられた直線偏光光（上述の例では、ｓ偏光光）の照明光を射出し、照明領域ＬＡである液晶ライトバルブ３００Ｒ，３００Ｇ，３００Ｂを照明する。液晶ライトバルブ３００Ｒ，３００Ｇ，３００Ｂは、それぞれ、液晶パネルと、その光入出射面側に配置された偏光板とによって構成されている。液晶パネルの光の入射面に配置されている偏光板は、照明光の偏光度をさらに高めるためのものであり、照明光学系１００Ｃから射出される直線偏光光の偏光方向が、これらの偏光板の透過軸方向となるように配置されている。このようにすれば、照明光学系１００Ｃから射出された照明光に含まれる直線偏光光の純度（偏光度）をより高めることができる。なお、照明光学系１００Ｃから射出される照明光の偏光度が著しく高い場合には、この光入射面側に配置される偏光板を省略することもできる。

【００９５】

色光分離光学系２００は、２枚のダイクロイックミラー２０２，２０４と、反射ミラー２０８とを備えており、照明光学系１００から射出される光線束を、赤、緑、青の３色の色光に分離する機能を有する。第１のダイクロイックミラー２０２は、照明光学系１００から射出された光の赤色光成分を透過させるとともに、青色光成分と緑色光成分とを反射する。第１のダイクロイックミラー２０２を透過した赤色光Ｒは、反射ミラー２０８で反射されて、クロスダイクロイックプリズム３２０へ向けて射出される。色光分離光学系２００から射出された赤色光Ｒは、フィールドレンズ２３２を通って赤色光用の液晶ライトバルブ３００Ｒに達する。このフィールドレンズ２３２は、照明光学系１００から射出された各部分光線束をその中心軸に対して平行な光線束に変換する。他の液晶ライトバルブの前に設けられたフィールドレンズ２３４，２３０も同様である。

【００９６】

第１のダイクロイックミラー２０２で反射された青色光Ｂと緑色光Ｇのうちで、緑色光Ｇは第２のダイクロイックミラー２０４によって反射されて、色光分離光学系２００からクロスダイクロイックプリズム３２０へ向けて射出される。色光分離光学系２００から射出された緑色光Ｇは、フィールドレンズ２３４を通って緑色光用の液晶ライトバルブ３００Ｇに達する。一方、第２のダイクロイックミラー２０４を透過した青色光Ｂは、色光分離光学系２００から射出されて、リレー光学系２２０に入射する。リレー光学系２２０に入射した青色光Ｂは、リレー光学系２２０に備えられる入射側レンズ２２２、リレーレンズ２２６および反射ミラー２２４，２２８および射出側レンズ（フィールドレンズ）２３０を通って青色光用の液晶ライトバルブ３００Ｂに達する。ここで、青色光Ｂにリレー光学系が用いられているのは、青色光Ｂの光路の長さが他の色光の光路の長さよりも長いため、光の利用効率の低下を防止するためである。すなわち、入射側レンズ２２２に入射した青色光をそのまま、射出側レンズ２３０に伝えるためである。なお、照明光学系１００の重畳光学系７０から、液晶ライトバルブ３００Ｒ、液晶ライトバルブ３００Ｇ、入射側レンズ２２２までの距離は、ほぼ等しくなるように設定されている。

【００９７】

３つの液晶ライトバルブ３００Ｒ，３００Ｇ，３００Ｂは、与えられた画像信号に従って、３色の色光をそれぞれ変調して画像を形成する光変調装置としての機能を有する。クロスダイクロイックプリズム３２０は、液晶ライトバルブ３００Ｒ，３００Ｇ，３００Ｂを通って変調された３色の色光を合成してカラー画像を形成する色光合成光学系としての機

能を有する。なお、クロスダイクロイックプリズム３２０には、赤色光を反射する誘電体多層膜が形成された赤色光反射ダイクロイック面３２１と、青色光を反射する誘電体多層膜が形成された青色光反射ダイクロイック面３２２とが、４つの直角プリズムの界面に略Ｘ字状に形成されている。これらの赤色光反射ダイクロイック面３２１と青色光反射ダイクロイック面３２２によって３つの色光が合成されて、カラー画像を投写するための合成光が形成される。クロスダイクロイックプリズム３２０で生成された合成光は、投写光学系３４０の方向に射出される。投写光学系３４０は、クロスダイクロイックプリズム３２０から射出された合成光を投写して、スクリーンＳＣ上にカラー画像を表示する。なお、投写光学系３４０としてはテレセントリックレンズを用いることができる。

【００９８】

この投写型表示装置１０００は、光の利用効率の高いインテグレータ光学系による照明光学系１００Ｃを用いているので、均一で明るい画像を表示させることができる。

【００９９】

上記実施例においては、照明光学系１００Ｃを用いた場合を例に説明しているが、他の実施例の照明光学系を用いることも可能である。

【０１００】

上記投写型表示装置１０００においては、本発明の照明光学系１００Ｃを、３つの液晶パネル（液晶ライトバルブ）を用いてカラー画像を投写する投写型表示装置に適用した場合を説明しているが、これに限定される必要はない。本発明の照明光学系は、種々の装置における照明光学系として利用可能である。例えば、１枚の液晶パネルを用いてモノクロ画像やカラー画像を投写する投写型表示装置にも適用可能である。また、投写型表示装置以外の表示装置にも適用可能である。

【０１０１】

また、上記投写型表示装置１０００は、透過型の投写型表示装置に本発明の照明光学系を適用した場合を例に説明しているが、本発明の照明光学系は、反射型の投写型表示装置にも適用することが可能である。ここで、「透過型」とは、光変調装置が光を透過するタイプであることを意味しており、「反射型」とは、光変調装置が光を反射するタイプであることを意味している。反射型の光変調装置としては、例えば、反射型の液晶パネルや、ディジタル・マイクロミラー・デバイス（ＴＩ社の商標）がある。反射型の投写型表示装置では、クロスダイクロイックプリズムは、光を赤、緑、青の３色の光に分離する色光分離手段として利用できると共に、変調された３色の光を再度合成して同一の方向に射出する色光合成手段としても利用できる。反射型の投写型表示装置にこの発明を適用した場合にも、透過型の投写型表示装置とほぼ同様な効果を得ることができる。

【０１０２】

なお、本発明は上記の実施例や実施形態に限られるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において種々の態様において実施することが可能である。

【図面の簡単な説明】

【図１】第１実施例としての照明光学系１００の要部を平面的に見た概略構成図である。

【図２】第１のレンズアレイ４０を示す説明図である。

【図３】第２のレンズアレイ５０を示す説明図である。

【図４】第２のレンズアレイ５０および第１のレンズアレイ４０をｚ軸方向から示す正面図である。

【図５】第１の偏光変換素子アレイ６０ａの構成を示す斜視図である。

【図６】第１の偏光変換素子アレイ６０ａの機能を示す説明図である。

【図７】第１のレンズアレイ４０によって第２のレンズアレイ５０の近傍位置に形成された集光像について示す説明図である。

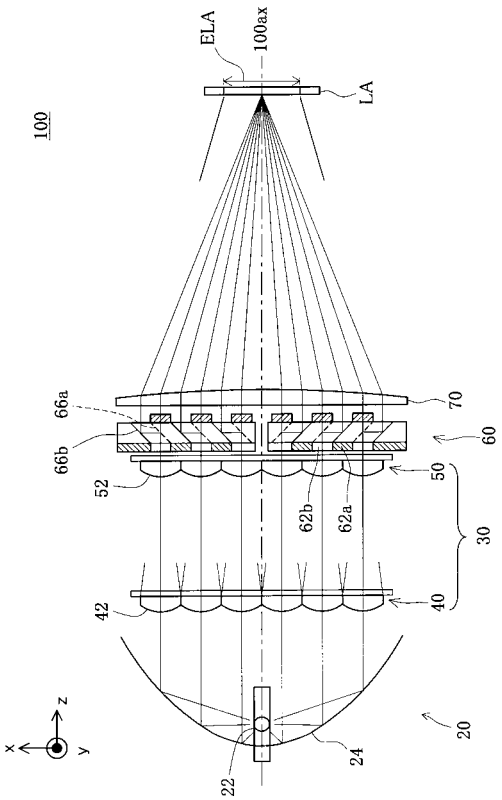
【図８】第２のレンズアレイ５０と第１のレンズアレイ４０によって第２のレンズアレイ５０の近傍位置に形成された集光像との関係について示す説明図である。

【図９】第２実施例としての照明光学系１００Ａの要部を平面的に見た概略構成図である。

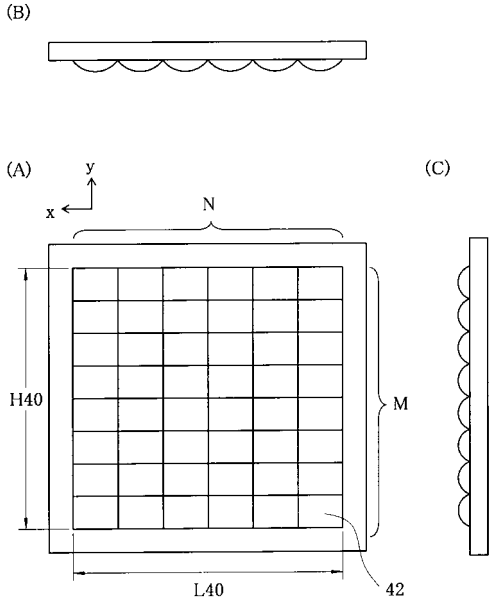
【図１０】第１のレンズアレイ４０Ａを示す説明図である。
【図１１】第２のレンズアレイ５０Ａを示す説明図である。
【図１２】仮想的な第２のレンズアレイ５０Ｂを示す説明図である。
【図１３】第１のレンズアレイ４０Ａと第２のレンズアレイ５０Ｂとの配置関係を示す平面図である。
【図１４】第１のレンズアレイ４０Ａによって第２のレンズアレイ５０Ｂの近傍位置に形成された集光像について示す説明図である。
【図１５】第２のレンズアレイ５０Ａと、第１のレンズアレイ４０によって第２のレンズアレイ５０Ａの近傍位置に形成された集光像との関係について示す説明図である。
【図１６】第３実施例としての照明光学系１００Ｃの要部を平面的に見た概略構成図である。
【図１７】第１のレンズアレイ４０Ｃを示す説明図である。
【図１８】第１のレンズアレイ４０Ｃの集光レンズ４４の機能を示す説明図である。
【図１９】本発明の照明光学系１００Ｃを用いた投写型表示装置１０００の要部を平面的に見た概略構成図である。
【符号の説明】
２０…光源
２２…光源ランプ
２４…凹面鏡
３０…分割光学系
３０Ａ…分割光学系
３０Ｂ…分割光学系
３０Ｃ…分割光学系
４０…第１のレンズアレイ
４０Ａ…第１のレンズアレイ
４０Ｃ…第１のレンズアレイ
４０Ｄ…第１のレンズアレイ
４２…第１の小レンズ
４２Ａ…第１の小レンズ
４２Ａａ～４２Ａｃ…第１の小レンズ
４２Ｄ…第１の小レンズ
４４…平凸レンズ
５０…第２のレンズアレイ
５０Ａ…第２のレンズアレイ
５０Ｂ…第２のレンズアレイ
５０Ｃ…第２のレンズアレイ
５０Ｄ…第２のレンズアレイ
５２…第２の小レンズ
５２Ａ…第２の小レンズ
５２Ｂ…第２の小レンズ
５２Ｂａ～５２Ｂｃ…第２の小レンズ
５２Ｃ…第２の小レンズ
５２Ｄ…第２の小レンズ
６０…偏光変換光学系
６０Ａ…偏光変換光学系
６０Ｃ…偏光変換光学系
６０ａ，６０ｂ…偏光変換光学系
６０ａ…第１の偏光変換光学系
６０ｂ…第２の偏光変換光学系
６２…遮光板

６２ａ…遮光面
６２ｂ…開口面
６４…偏光ビームスプリッタアレイ
６４ａ…第１の透光性部材
６４ｂ…第２の透光性部材
６４ｃ…第３の透光性部材
６６ａ…偏光分離膜
６６ｂ…反射膜
７０…重畳光学系
１００…照明光学系
１００Ａ…照明光学系
１００Ｃ…照明光学系
１０００…投写型表示装置
２００…色光分離光学系
２０２…第１のダイクロイックミラー
２０４…第２のダイクロイックミラー
２０８…反射ミラー
２２０…リレー光学系
２２２…入射側レンズ
２２４，２２８…反射ミラー
２２６…リレーレンズ
２３０…射出側レンズ（フィールドレンズ）
２３２…フィールドレンズ
２３４…フィールドレンズ
３００Ｒ，３００Ｇ，３００Ｂ…液晶ライトバルブ
３２０…クロスダイクロイックプリズム
３２１…赤色光反射ダイクロイック面
３２２…青色光反射ダイクロイック面
３４０…投写光学系

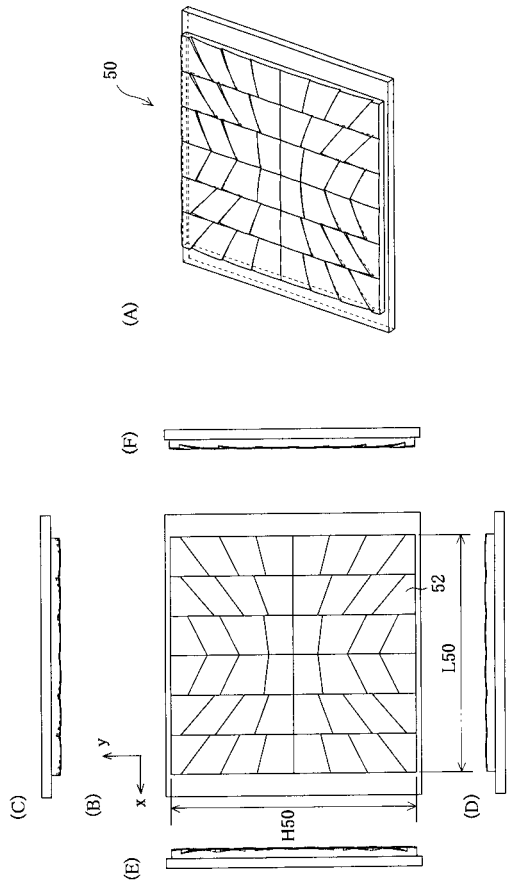
【図１】


ELA
100ax
LA
100
66a
66b
70
60
52
50
62b
62a
30
42
40
z
x
y
24
20
22

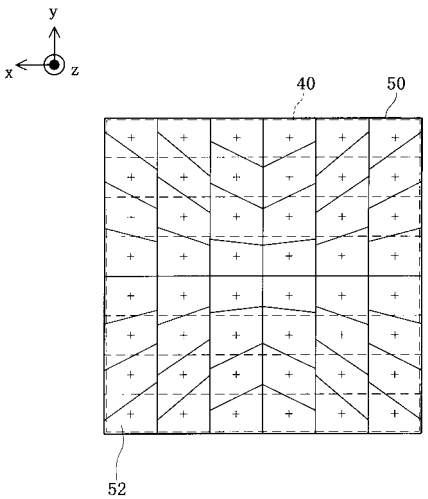
【図２】


(B)
(A)
y
x
(C)
N
H40
M
L40
42

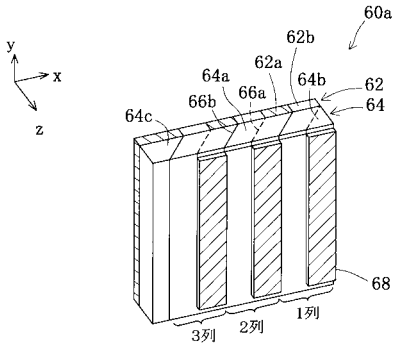
【図３】


50
(A)
(F)
(C)
(B)
y
x
52
L50
H50
(D)
(E)

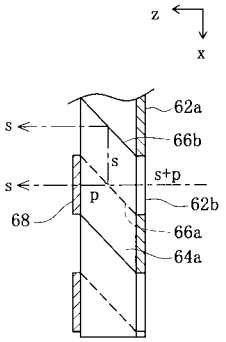
【図４】


y
x
z
40
50
52

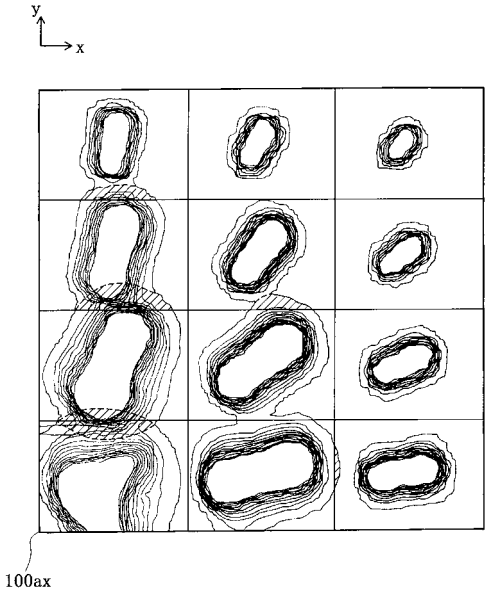
【図５】


60a
62b
62a
64a
64b
62
64
66b
66a
64c
68
3列
2列
1列
y
x
z

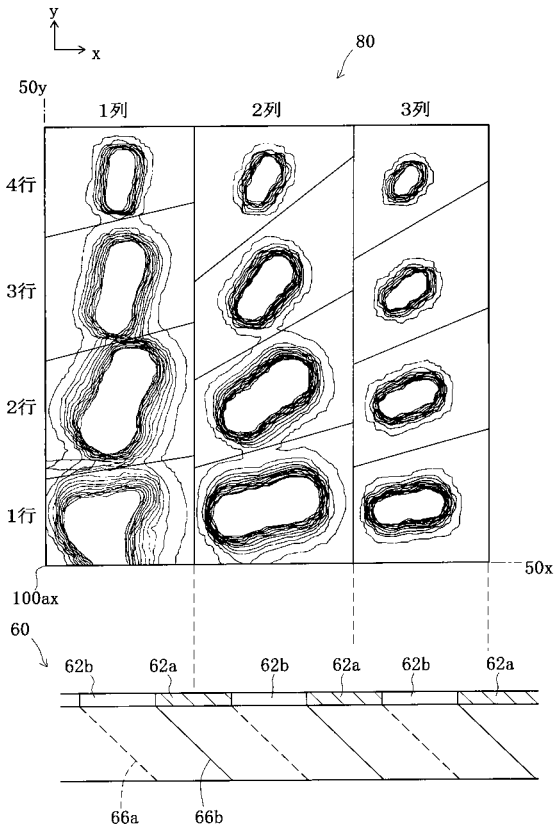
【図６】


z
x
62a
66b
s
s+p
p
62b
68
66a
64a

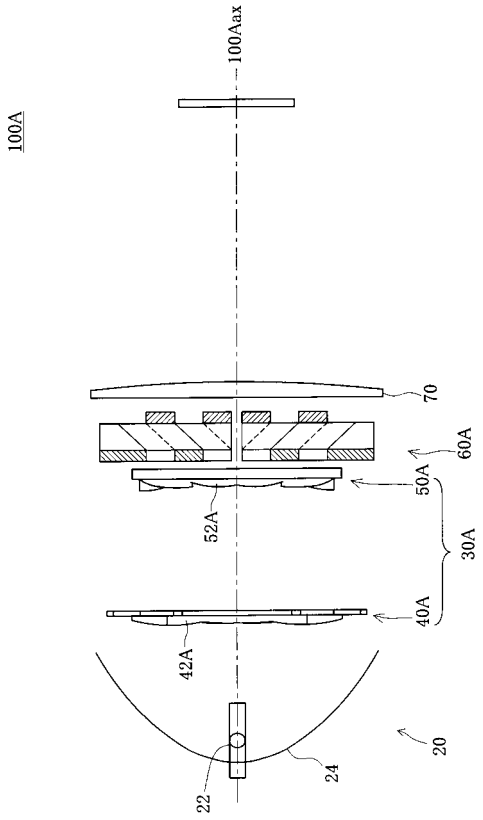
【図７】


y
x
100ax

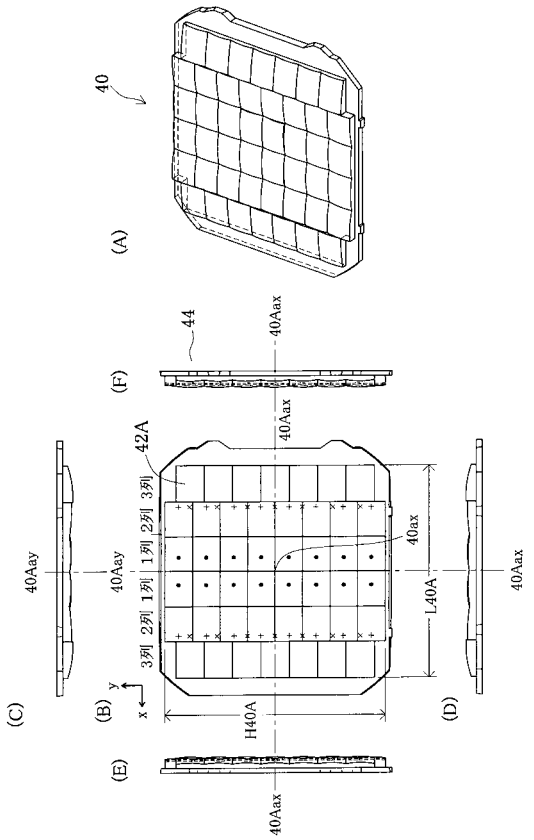
【図８】


y
x
80
50y
1列
2列
3列
4行
3行
2行
1行
50x
100ax
60
62b
62a
66a
66b

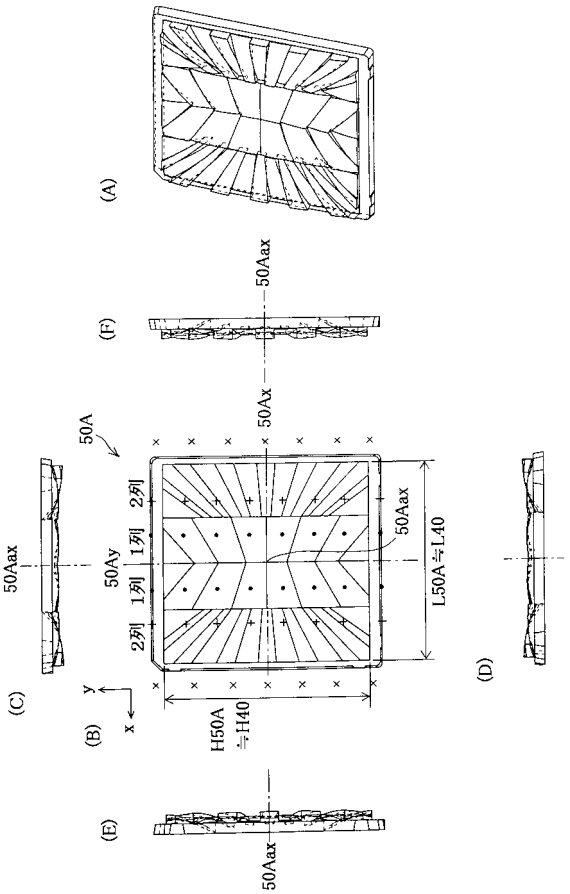
【図９】


100Aax
100A
70
60A
50A
52A
30A
40A
42A
20
24
22

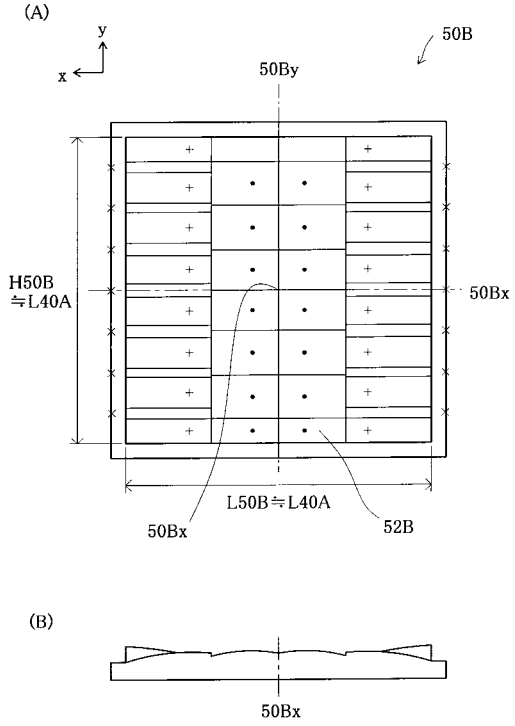
【図１０】



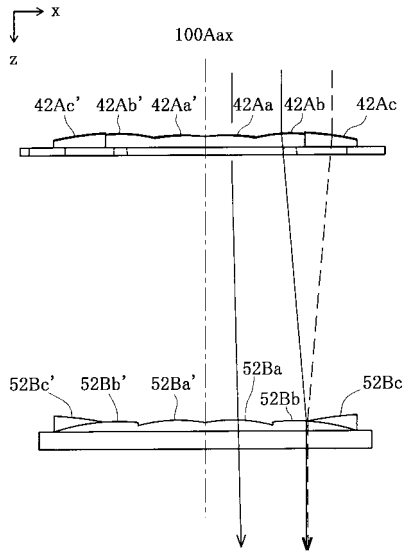
【図１１】



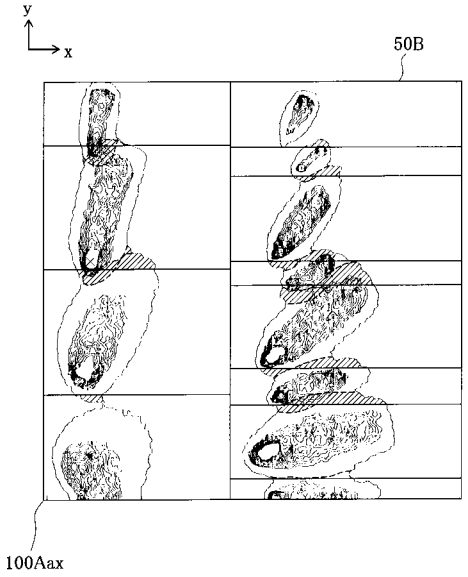
【図１２】



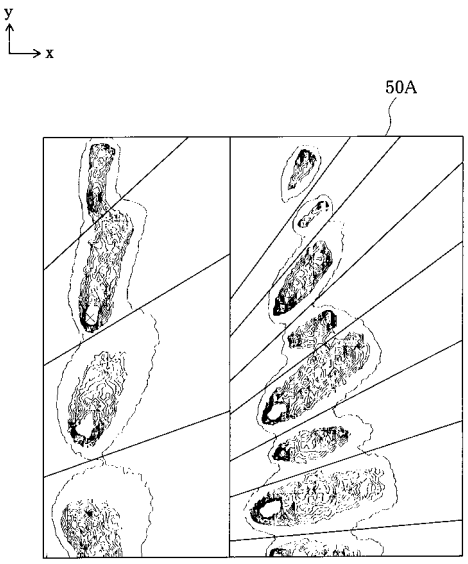
【図１３】



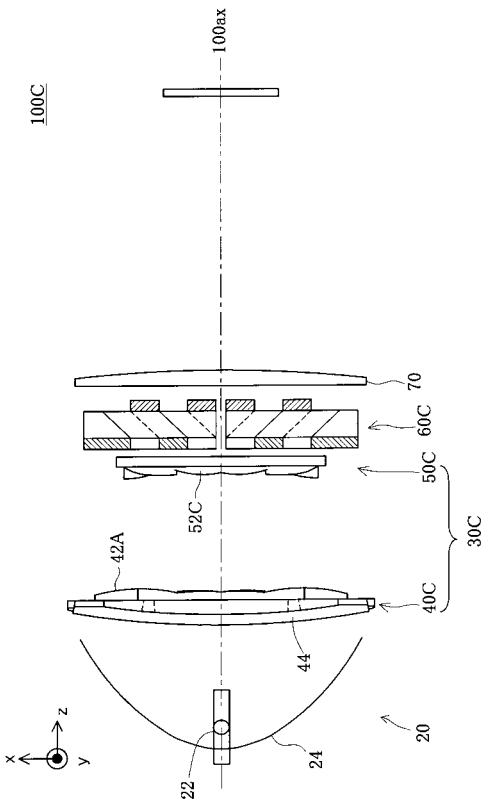
【図１４】



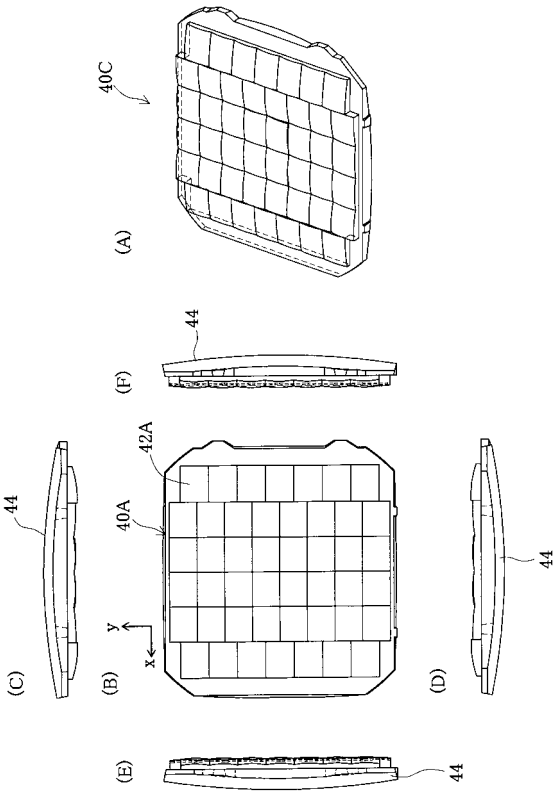
【図１５】



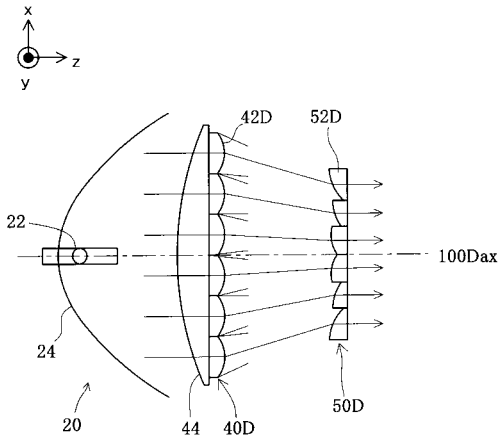
【図１６】



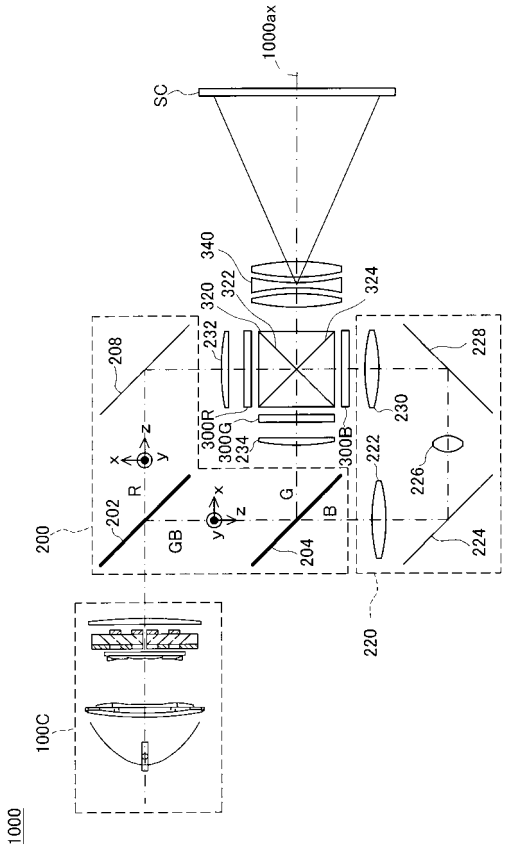
【図１７】



【図１８】


x
z
y
42D
52D
22
100Dax
24
20
44
40D
50D

【図１９】


1000ax
SC
340
322
320
324
208
232
228
230
300R
300G
234
300B
222
226
R
G
B
202
GB
204
200
224
220
100C
1000

フロントページの続き

審査官　北川　創

(56)参考文献　特開平１０－２２１６９０（ＪＰ，Ａ）
特開平１０－２８８７５７（ＪＰ，Ａ）
国際公開第９９／０２８７８０（WO，Ａ１）
特開２００１－０３３７４９（ＪＰ，Ａ）
米国特許第５６６２４０１（ＵＳ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.[7]，ＤＢ名)
G03B 21/00 - 21/30
G02B 19/00