

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2020年8月13日(13.08.2020)

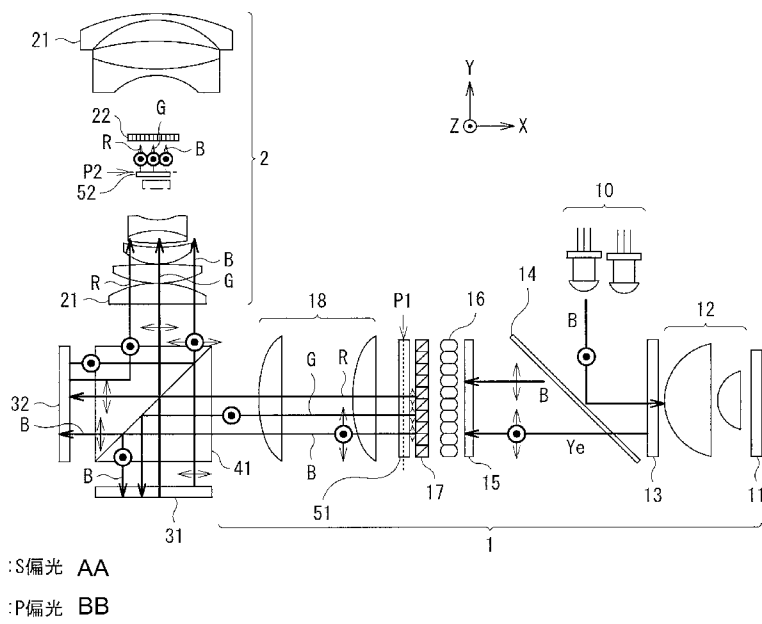


(10) 国際公開番号
WO 2020/162179 A1

- (51) 国際特許分類:
G03B 21/14 (2006.01) *H04N 13/337* (2018.01)
G02B 5/30 (2006.01) *H04N 13/363* (2018.01)
H04N 13/324 (2018.01) *H04N 9/31* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2020/002135
- (22) 国際出願日: 2020年1月22日(22.01.2020)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
 特願 2019-020864 2019年2月7日(07.02.2019) JP
- (71) 出願人: ソニー株式会社 (SONY CORPORATION) [JP/JP]; 〒1080075 東京都港区港南1丁目7番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 安井 利文 (YASUI, Toshifumi); 〒1080075 東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人つばさ国際特許事務所 (TSUBASA PATENT PROFESSIONAL CORPORATION); 〒1600022 東京都新宿区新宿1丁目15番9号 さわだビル3階 Tokyo (JP).
- (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, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,

(54) Title: OPTICAL SYSTEM

(54) 発明の名称: 光学システム



(57) Abstract: An optical system according to the present disclosure is provided with: a first optical system which has a first optical element disposed at a first pupil position within the optical system and including a plurality of divided regions having polarization effects different from each other, and which generates illumination light including a plurality of colored light beams having wavelength bands different from each other; a plurality of light valves each for modulating at least one of the colored light beams included in the illumination light; and a second optical system which has a second

WO 2020/162179 A1

MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,
NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,
QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

- (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, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類 :

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

optical element disposed at a second pupil position conjugated with the first pupil position and including a plurality of divided regions having polarization effects different from each other, and to which the colored lights modulated by the light valves enter.

(57) 要約 : 本開示の光学システムは、それぞれが互いに異なる偏光作用を持つ複数の分割領域を含む第1の光学素子を有し、光学系内の第1の瞳位置に第1の光学素子が配置され、互いに波長帯域の異なる複数の色光を含む照明光を生成する第1の光学系と、それぞれが、照明光に含まれる複数の色光のうち少なくとも1つの色光を変調する複数のライトバルブと、それぞれが互いに異なる偏光作用を持つ複数の分割領域を含む第2の光学素子を有し、第1の瞳位置に共役な第2の瞳位置に第2の光学素子が配置され、複数のライトバルブによって変調された後の複数の色光が入射する第2の光学系とを備える。

明 細 書

発明の名称：光学システム

技術分野

[0001] 本開示は、プロジェクタ等に好適な光学システムに関する。

背景技術

[0002] フルカラー表示を行うプロジェクタの方式として、例えばR（赤色）、G（緑色）、B（青色）の各色光に共通の1つのライトバルブを用いる単板方式や、3つの色光に別々のライトバルブを用いる3板方式等がある（特許文献1～4参照）。一方、波長が短い青色光を1つのライトバルブに入射し続けると、ライトバルブの劣化を招く。特許文献1では、青色光用のライトバルブを2つ用いることでライトバルブの長寿命化を図ることが提案されている。

先行技術文献

特許文献

- [0003] 特許文献1：特開2018-13655号公報
特許文献2：特開2001-324762号公報
特許文献3：特開2008-165058号公報
特許文献4：特開2006-343721号公報

発明の概要

[0004] 例えば青色光用のライトバルブを2つ用いることでライトバルブの長寿命化を図ろうとした場合、単純に青色光を2分岐する構成では、コントラストの増大を図ることが困難である。

[0005] コントラストの向上を図ることが可能な光学システムを提供することが望ましい。

[0006] 本開示の一実施の形態に係る光学システムは、それぞれが互いに異なる偏光作用を持つ複数の分割領域を含む第1の光学素子を有し、光学系内の第1の瞳位置に第1の光学素子が配置され、互いに波長帯域の異なる複数の色光

を含む照明光を生成する第1の光学系と、それぞれが、照明光に含まれる複数の色光のうち少なくとも1つの色光を変調する複数のライトバルブと、それぞれが互いに異なる偏光作用を持つ複数の分割領域を含む第2の光学素子を有し、第1の瞳位置に共役な第2の瞳位置に第2の光学素子が配置され、複数のライトバルブによって変調された後の複数の色光が入射する第2の光学系とを備える。

[0007] 本開示の一実施の形態に係る光学システムでは、第1の光学系において、第1の瞳位置に、それぞれが互いに異なる偏光作用を持つ複数の分割領域を含む第1の光学素子が配置される。第2の光学系において、第1の瞳位置に共役な第2の瞳位置に、それぞれが互いに異なる偏光作用を持つ複数の分割領域を含む第2の光学素子が配置される。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]本開示の第1の実施の形態に係る光学システムの全体構成例を概略的に示す構成図である。

[図2]第1の実施の形態に係る光学システムにおける蛍光体ホイールの一例を概略的に示す構成図である。

[図3]第1の実施の形態に係る光学システムにおける第1の領域分割波長選択性波長板の構成および作用の一例を示す説明図である。

[図4]第1の実施の形態に係る光学システムにおける第2の領域分割波長選択性波長板の構成および作用の一例を示す説明図である。

[図5]第1の実施の形態に係る光学システムにおける蛍光体ホイールに用いられるYAG蛍光体の蛍光スペクトルの一例を示す説明図である。

[図6]第1の実施の形態に係る光学システムにおける第1の領域分割波長選択性波長板のB領域、および第2の領域分割波長選択性波長板のB'領域の波長選択特性の一例を示す説明図である。

[図7]第1の実施の形態に係る光学システムにおける第1の領域分割波長選択性波長板のA領域、および第2の領域分割波長選択性波長板のA'領域の波長選択特性の一例を示す説明図である。

[図8]第1の実施の形態に係る光学システムにおけるノッチフィルタの特性の一例を示す説明図である。

[図9]第1の実施の形態に係る光学システムにおけるノッチフィルタ作用後の蛍光スペクトルの一例を示す説明図である。

[図10]第2の実施の形態に係る光学システムの全体構成例を概略的に示す構成図である。

[図11]第2の実施の形態に係る光学システムにおけるPSコンバータおよびダイクロイックコンバータの一構成例を概略的に示す断面図である。

[図12]第2の実施の形態に係る光学システムの照明光学系の瞳における偏光状態の一例を示す説明図である。

[図13]第2の実施の形態に係る光学システムの投影光学系の瞳における偏光状態の一例を示す説明図である。

[図14]第2の実施の形態に係る光学システムにおける第1および第2のライトバルブへ到達する光のスペクトルの一例を示す説明図である。

[図15]第3の実施の形態に係る光学システムの全体構成例を概略的に示す構成図である。

[図16]第2の実施の形態に係る光学システムの照明光学系または投影光学系の瞳形状の一例を示す説明図である。

[図17]第3の実施の形態に係る光学システムの照明光学系または投影光学系の瞳形状の一例を示す説明図である。

[図18]第4の実施の形態に係る光学システムの全体構成例を概略的に示す構成図である。

[図19]第4の実施の形態に係る光学システムの照明光学系または投影光学系の瞳形状の一例を示す説明図である。

[図20]第5の実施の形態に係る光学システムの全体構成例を概略的に示す構成図である。

[図21]第5の実施の形態に係る光学システムの照明光学系の瞳における偏光状態の一例を示す説明図である。

[図22]第5の実施の形態に係る光学システムの投影光学系の瞳における偏光状態の一例を示す説明図である。

[図23]第6の実施の形態に係る光学システムの全体構成例を概略的に示す構成図である。

[図24]第6の実施の形態に係る光学システムの照明光学系の瞳における偏光状態の一例を示す説明図である。

[図25]第6の実施の形態に係る光学システムの投影光学系の瞳における偏光状態の一例を示す説明図である。

[図26]第7の実施の形態に係る光学システムの全体構成例を概略的に示す構成図である。

[図27]第8の実施の形態に係る光学システムにおける領域分割波長板の第1の分割例を概略的に示す説明図である。

[図28]第8の実施の形態に係る光学システムにおける領域分割波長板の第2の分割例を概略的に示す説明図である。

[図29]第8の実施の形態に係る光学システムにおける領域分割波長板の第3の分割例を概略的に示す説明図である。

[図30]第8の実施の形態に係る光学システムにおける領域分割波長板の第4の分割例を概略的に示す説明図である。

[図31]P Sコンバータに統合された第1の領域分割波長選択性波長板の構成例を概略的に示す断面図である。

[図32]第9の実施の形態に係る光学システムの全体構成例を概略的に示す構成図である。

[図33]第10の実施の形態に係る光学システムの全体構成例を概略的に示す構成図である。

[図34]第10の実施の形態に係る光学システムにおけるP Sコンバータおよびダイクロイックコンバータの一構成例を概略的に示す断面図である。

[図35]第10の実施の形態に係る光学システムにおけるダイクロイックコンバータの膜特性の一例を示す説明図である。

[図36]第10の実施の形態に係る光学システムにおける第2の色プレートの膜特性の一例を示す説明図である。

[図37]第10の実施の形態に係る光学システムの照明光学系における最終的な蛍光スペクトルの一例を示す説明図である。

[図38]第10の実施の形態に係る光学システムの色域の一例を示す説明図である。

[図39]第11の実施の形態に係る光学システムにおける領域分割波長選択性波長板の一構成例を概略的に示す構成図である。

[図40]第12の実施の形態に係る光学システムにおけるPSコンバータおよびダイクロイックプリズムアレイの一構成例を概略的に示す断面図である。

[図41]第12の実施の形態に係る光学システムの第1の全体構成例を概略的に示す構成図である。

[図42]第12の実施の形態に係る光学システムの第2の全体構成例を概略的に示す構成図である。

[図43]第13の実施の形態に係る光学システムの全体構成例を概略的に示す構成図である。

発明を実施するための形態

[0009] 以下、本開示の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。なお、説明は以下の順序で行う。

0. 比較例

1. 第1の実施の形態（図1～図4）

1.1 光学システムの構成および作用

1.2 効果

2. 第2の実施の形態（図5～図14）

3. 第3の実施の形態（図15～図17）

4. 第4の実施の形態（図18～図19）

5. 第5の実施の形態（図20～図22）

6. 第6の実施の形態（図23～図25）

7. 第7の実施の形態（図26）
8. 第8の実施の形態（図27～図30）
9. 第9の実施の形態（図31～図32）
10. 第10の実施の形態（図33～図38）
11. 第11の実施の形態（図39）
12. 第12の実施の形態（図40～図42）
13. 第13の実施の形態（図43）
14. その他の実施の形態

[0010] <0. 比較例>

（比較例に係る光学システムの概要と課題）

プロジェクタ等に用いられる光学システムにおいて、複数のライトバルブを備える構成が知られている。このような光学システムにおいて、複数のライトバルブに対して照明光を分ける場合、波長または偏光のいずれかの作用を用いるのが一般的である。例えば特許文献1（特開2018-13655号公報）では、波長選択性波長板を用いて、2つのライトバルブに青帯域の光を分ける構成例が開示されている。これによってライトバルブの劣化に寄与しやすい青帯域光を半減させ、光学システム全体の長寿命化を図っている。

[0011] しかし、特許文献1に開示されている構成例では青帯域の光を2つのライトバルブに分けることはできるものの、各ライトバルブからの射出光の偏光は互いに直交している。これは、後の投影光学系においてポスト偏光子を用いてコントラストの増大ができないことを意味し、高いコントラストを実現するうえでの課題となっている。一方、波長選択性波長板ではなくダイクロイックミラーやダイクロイックプリズムを用いて類似した構成とすることも可能である。しかし、ダイクロイックミラーを用いた波長分離（色分離）は、分離波長域近傍において急峻な分離特性を必要とし、製造上の難易度が非常に高い。

[0012] また、特許文献2（特開2001-324762号公報）で提案されてい

る技術のように、瞳の分布を利用して高い波長分離効率を実現する手法も知られている。しかしながらこの手法では、各色のフィルタを通してフィールドシーケンシャルに単板（単一のライトバルブ）を駆動するため、波長分離効率は良好でも全体としての光利用効率は低くなってしまふ。

[0013] 上記のような事情に鑑み、本開示では光分岐の手法として、瞳共役を利用した光分離、および光合成の新規な技術を提示する。本技術は様々な使用方法が考えられるが、下記のようなメリットがある。

[0014] 1. 各ライトバルブからの射出光の直交状態を解消し、偏光方向を揃えることができる。このため、ポスト偏光子やポスト1/4波長板を配置することで、コントラストを向上することができる。

[0015] 2. 効率を大きく上げることができる。特に、波長分離効率を波長選択波長板よりも高く保てるため、全体としての光利用効率を上げることができる。さらにその状態で各ライトバルブからの射出光に選択的にポスト偏光子作用を与えることができ、コントラストを増大することができる。

[0016] 以下の各実施の形態では、本開示の技術による光学システムをプロジェクタに適用した構成例を説明するが、本開示の技術は、プロジェクタに限らず、露光装置等にも適用可能である。

[0017] <1. 第1の実施の形態>

[1. 1 光学システムの構成および作用]

(光学システムの概要)

図1は、本開示の第1の実施の形態に係る光学システムの全体構成例を概略的に示している。

[0018] 第1の実施の形態では、ライトバルブを2つ用いた構成例を提示する。第1の実施の形態では、青色光によるライトバルブの劣化を抑えるため、青色光を2つのライトバルブに分岐することで青色光量を半減させ、長寿命化する。そのうえでコントラストを増大させることを目的とする。

[0019] 図1に示したように、第1の実施の形態に係る光学システムは、照明光学系1と、投影光学系2とを備えている。また、第1の実施の形態に係る光学

システムは、照明光学系 1 と投影光学系 2 との間の光路上に、第 1 のライトバルブ 3 1 および第 2 のライトバルブ 3 2 と、PBS（偏光ビームスプリッタ）4 1 とを備えている。

[0020] 照明光学系 1 は、青色光源 1 0 と、蛍光体ホイール 1 1 と、集光レンズ 1 2 と、QWP（1/4 波長板）1 3 と、波長選択性 PBS 1 4 と、ノッチフィルタ 1 5 と、レンズアレイ 1 6 と、PS コンバータ 1 7 と、第 1 の領域分割波長選択性波長板 5 1 と、リレーレンズ 1 8 とを有している。

[0021] 投影光学系 2 は、複数のレンズ 2 1 と、第 2 の領域分割波長選択性波長板 5 2 と、ポスト偏光子 2 2 とを有している。

[0022] なお、図 1 において、紙面に直交する方向を PBS 4 1 にとっての S 偏光、光軸に直交し、紙面内に平行な方向を PBS 4 1 にとっての P 偏光とする。また、適宜、PBS 4 1 にとっての S 偏光に相当する方向を Z 方向、PBS 4 1 にとっての P 偏光に相当する方向を Y 方向と記す。以降の他の図においても同様である。また、以降の他の実施の形態においても同様である。

[0023] 照明光学系 1 は、本開示の技術における「第 1 の光学系」の一具体例に相当する。投影光学系 2 は、本開示の技術における「第 2 の光学系」の一具体例に相当する。第 1 の領域分割波長選択性波長板 5 1 は、本開示の技術における「第 1 の光学素子」の一具体例に相当する。第 2 の領域分割波長選択性波長板 5 2 は、本開示の技術における「第 2 の光学素子」の一具体例に相当する。

[0024] 照明光学系 1 は、互いに波長帯域の異なる複数の色光を含む照明光を生成する。照明光学系 1 は、少なくとも 1 つの波長帯域の光を複数の色光に分離する波長分離作用を有する。照明光学系 1 は、複数の色光として R, G, B の各色光を生成し、PBS 4 1 に向けて射出する。

[0025] 第 1 の領域分割波長選択性波長板 5 1 は、照明光学系 1 の瞳位置 P 1 に配置されている。第 1 の領域分割波長選択性波長板 5 1 は、それぞれが互いに異なる偏光作用を持つ複数の分割領域を含む。第 1 の領域分割波長選択性波長板 5 1 における複数の分割領域は、例えば後述する図 3 に示す A 領域およ

びB領域である。

- [0026] P B S 4 1 は、照明光学系 1 からの各色光を偏光方向に応じて、第 1 のライトバルブ 3 1 および第 2 のライトバルブ 3 2 の少なくとも一方に入射させる。P B S 4 1 は、例えば、青色光を偏光の違いによって分岐することによって、第 1 のライトバルブ 3 1 および第 2 のライトバルブ 3 2 に入射させる。また、P B S 4 1 は、例えば、緑色光を第 1 のライトバルブ 3 1 および第 2 のライトバルブ 3 2 のうち一方のライトバルブ（第 1 のライトバルブ 3 1）に入射させる。また、P B S 4 1 は、例えば、赤色光を第 1 のライトバルブ 3 1 および第 2 のライトバルブ 3 2 のうち他方のライトバルブ（第 2 のライトバルブ 3 2）に入射させる。また、P B S 4 1 は、第 1 のライトバルブ 3 1 および第 2 のライトバルブ 3 2 によって変調された各色光を、偏光方向に応じて投影光学系 2 に向けて射出する。
- [0027] 第 1 のライトバルブ 3 1 および第 2 のライトバルブ 3 2 はそれぞれ、複数の色光のうち少なくとも 1 つの色光を、例えば画像信号に応じて変調する。
- [0028] 投影光学系 2 には、P B S 4 1 を介して、第 1 のライトバルブ 3 1 および第 2 のライトバルブ 3 2 によって変調された後の各色光が入射する。投影光学系 2 は、第 1 のライトバルブ 3 1 および第 2 のライトバルブ 3 2 によって生成された画像を図示しないスクリーン等の投影面に投影する。
- [0029] 第 2 の領域分割波長選択性波長板 5 2 は、投影光学系 2 の瞳位置 P 2 に配置されている。第 2 の領域分割波長選択性波長板 5 2 は、それぞれが互いに異なる偏光作用を持つ複数の分割領域を含む。第 2 の領域分割波長選択性波長板 5 2 における複数の分割領域は、例えば後述する図 4 に示す A' 領域および B' 領域である。
- [0030] 照明光学系 1 の瞳位置 P 1 と投影光学系 2 の瞳位置 P 2 は互いに共役となっている。第 1 の領域分割波長選択性波長板 5 1 における複数の分割領域のそれぞれと、第 2 の領域分割波長選択性波長板 5 2 における複数の分割領域のそれぞれは、互いに共役となっている。
- [0031] 照明光学系 1 の瞳位置 P 1 は、本開示の技術における「第 1 の瞳位置」の

一具体例に相当する。投影光学系 2 の瞳位置 P 2 は、本開示の技術における「第 2 の瞳位置」の一具体例に相当する。

[0032] ポスト偏光子 2 2 は、第 2 の領域分割波長選択性波長板 5 2 の出射光路上に配置されている。

[0033] (各部の詳細な構成および作用)

図 2 は、蛍光体ホイール 1 1 の一構成例を概略的に示している。図 3 は、第 1 の領域分割波長選択性波長板 5 1 の構成および作用の一例を示している。図 4 は、第 2 の領域分割波長選択性波長板 5 2 の構成および作用の一例を示している。

[0034] 青色光源 1 0 は、例えば青色レーザとなっている。蛍光体ホイール 1 1 は、図 2 に示したように、蛍光体領域 1 1 1 と、偏光保持拡散板領域 1 1 2 とを有している。蛍光体領域 1 1 1 に励起光として青色光を照射することで黄色 (Y e) 光が得られる。偏光保持拡散板領域 1 1 2 は青色光に対して偏光作用がなく反射作用がある。このため、蛍光体ホイール 1 1 からは、黄色、青色、黄色、青色…の時間的繰り返しよりなる時間平均的な白色光が射出される。

[0035] 青色光源 1 0 から射出された青色光は、波長選択性 P B S 1 4 で反射された後、1/4 波長板 1 3 を通り円偏光となったうえで集光レンズ 1 2 を介して蛍光体ホイール 1 1 へ入射する。蛍光体ホイール 1 1 からの射出光は再度、1/4 波長板 1 3 を通ることによって、波長選択性 P B S 1 4 にとっての P 偏光に変換される。その後、波長選択性 P B S 1 4 によって透過側へ射出される。また蛍光体ホイール 1 1 から取り出された黄色光も同様に反射後、波長選択性 P B S 1 4 によって透過側へ射出される。蛍光体ホイール 1 1 で発生した黄色光は無偏光状態であり、波長選択性 P B S 1 4 は黄色光をすべて透過させる作用を持っている。

[0036] 波長選択性 P B S 1 4 から射出された青色光および黄色光はノッチフィルタ 1 5、およびレンズアレイ 1 6 を通ったのち、P S コンバータ 1 7 を通ることによって偏光状態が一方向 (例えばここでは Y 方向の偏光 (P 偏光)) に揃え

られる。その直後の照明光学系 1 の瞳（第 1 の瞳）が形成される部分に、図 3 で示したような特性の第 1 の領域分割波長選択性波長板 5 1 が配置されている。この第 1 の領域分割波長選択性波長板 5 1 は、例えば上半分（A 領域）が緑色のみ作用する斜め 45 deg に配置された 1/2 波長板であり、下半分（B 領域）が緑色と青色とに作用する斜め 45 deg に配置された 1/2 波長板となっている。なお、図 3 において、白く小さな円形状の部分は、この瞳における照明分布である。他の瞳部分に関する図においても同様である。第 1 の領域分割波長選択性波長板 5 1 において、波長板作用が照明光に及ぶと赤色光の偏光はいずれの領域でも回転せず Y 方向の偏光（P 偏光）となる。また、緑色光の偏光はいずれの領域でも 90 deg 回転し、Z 方向の偏光（S 偏光）となる。また、青色光の偏光は回転しない偏光（Y 方向の偏光（P 偏光））と回転した偏光（Z 方向の偏光（S 偏光））との混在状態となる。

[0037] 第 1 の領域分割波長選択性波長板 5 1 を経たのち、各色の光束はリレーレンズ 1 8 を通して P B S 4 1 に到達すると、各偏光状態に応じて各色光が選択的に第 1 のライトバルブ 3 1 および第 2 のライトバルブ 3 2 へ導かれる。赤色光は P 偏光であり第 2 のライトバルブ 3 2 へ到達し、緑色光は S 偏光であり第 1 のライトバルブ 3 1 へ到達する。青色光は P 偏光と S 偏光との混在状態であり、第 1 のライトバルブ 3 1 および第 2 のライトバルブ 3 2 へ半々に到達する。第 1 のライトバルブ 3 1 および第 2 のライトバルブ 3 2 に反射型液晶を用いた場合には、各ライトバルブで白表示を行うと各々の偏光回転が生じ、各入射偏光は直交状態の射出偏光へと変化する。従って、第 1 のライトバルブ 3 1 では赤色光および青色光が S 偏光として射出し、第 2 のライトバルブ 3 2 では青色光および赤色光が P 偏光として射出する。従って、白表示を行うと P B S 4 1 を介した光はすべて投影光学系 2 側へと射出することになる。

[0038] 一般的に、P B S 4 1 は偏光膜の特性上、T_s（透過 S 偏光成分）よりも R_p（反射 P 偏光成分）が若干大きくなる傾向にある。従って、第 2 のライ

トバルブ32側は第1のライトバルブ31側よりもコントラストが出にくい傾向にある。これは黒表示時に第1のライトバルブ31で発生するS偏光の光よりも、第2のライトバルブ32で発生するP偏光の光のほうがより多く投影光学系2側へ漏れこむためである。1つのライトバルブのみを用いる1板構成の場合にはコントラストが高くなる第1のライトバルブ31側だけを用いて構成するが、2つのライトバルブを用いる2板構成の場合には、大きくコントラストを損なう要因となる。このため、照明光学系1のFナンバーが $F/2.5 \sim 3$ 程度（かつノッチフィルタ15がある場合）において1000:1程度のコントラストを達成するためには、ポスト偏光子22（PBS41射出後の検光子）によって偏光方向を揃え、コントラストを改善する必要がある。

[0039] 第1の実施の形態に係る光学システムにおいて、ポスト偏光子22を仮にPBS41の直後に工夫なく配置した場合、青色光の偏光状態が直交しているために光量が半減してしまう。これを瞳の共役作用を利用することで改善することが第1の実施の形態に係る光学システムの最大の特徴である。

[0040] すなわち、第1の実施の形態に係る光学システムでは、PBS41からの射出後、投影光学系2の瞳（第2の瞳）位置P2に、第2の領域分割波長選択性波長板52を配置する。この際の分割法を、図4に示した。投影光学系2の瞳は、照明光学系1の瞳と共役であり、ライトバルブ反射を経ているために領域的には上下反転が各々の共役部分に対応している。従って、図4に示した通り、第1の領域分割波長選択性波長板51のA領域に共役な領域は、第2の領域分割波長選択性波長板52の下部のA'領域であり、第1の領域分割波長選択性波長板51のB領域に共役な領域は、第2の領域分割波長選択性波長板52の上部のB'領域である。共役ということは第1の領域分割波長選択性波長板51のA領域を通った光は必ず第2の領域分割波長選択性波長板52のA'領域を通り、第1の領域分割波長選択性波長板51のB領域を通った光は必ず第2の領域分割波長選択性波長板52のB'領域を通る。従って、混在していた青色光のうちP偏光は選択的にB'領域に、S偏

光は選択的にA'領域へ入射する。その後、A'領域では青色光の偏光は変換されず、B'領域では青色光の偏光は90deg回転される。またいずれの領域でも赤色光は偏光が回転せず、緑色光は偏光が90deg回転されるため、結果として第2の領域分割波長選択性波長板52を通過後の各色光の偏光はS偏光に統一されることになる。

[0041] 第2の領域分割波長選択性波長板52を経たのち、P偏光をカットするようにポスト偏光子22を配置することで、コントラスト向上を図ることができる。この第1の実施の形態に係る光学システムを模した実験系では白色のコントラストとしてF/2.5で約1000:1の実験結果が得られており、また青色光の光量もほぼ半分ずつ第1のライトバルブ31と第2のライトバルブ32とに分岐できており想定した作用を示すことが確認できた。

[0042] 第1の実施の形態に係る光学システムでは、蛍光体ホイール11における黄色発光時に第1のライトバルブ31側に選択的に緑色光が導かれると共に、第2のライトバルブ32側に選択的に赤色光が導かれる。また、青色光が蛍光体ホイール11から射出されるタイミングでは、第1のライトバルブ31と第2のライトバルブ32とに半々ずつ青色光が導かれる。各ライトバルブでは各々の色光に対応した時間の間、各々の色光に対する諧調出力がなされる。すなわち青色光を2つに分けたうえでコントラストを高めるために瞳共役を用いていることになる。この主な目的は先に述べた通り、特にライトバルブの寿命を短くする原因である青色光を2つに分けることで入射光量を半減させ光学システム全体の寿命を大幅に向上させることであり、この意味で2つに分ける光は500nm以下であることが望ましい。

[0043] なお、第1の実施の形態に係る光学システムの構成に対する比較例として、特許文献3（特開2008-165058号公報）に記載のプロジェクトが挙げられる。特許文献3に記載のプロジェクトでは、投影光学系内の瞳近傍に領域分割された位相差板を配置し、投影光学系内において偏光によって光を2分割している。しかしながら、単純に投影光学系内において偏光によって光を分割するのと、第1の実施の形態に係る光学システムのように、照

明光学系 1 の瞳で分割した領域と共役になる部分に領域分割偏光作用を与えるのとでは質的な違いがある。すなわち前者ではいずれのライトバルブから発生した光にも同等の偏光作用を与えるのに対して、後者では共役関係を利用することで特定のライトバルブに到達した光に対してのみ特定の偏光作用を与えることができるという特徴を持つ。

[0044] [1. 2 効果]

以上説明したように、第 1 の実施の形態に係る光学システムによれば、照明光学系 1 の瞳位置 P 1 に、それぞれが互いに異なる偏光作用を持つ複数の分割領域を含む第 1 の領域分割波長選択性波長板 5 1 を配置すると共に、第 1 の瞳位置に共役な投影光学系 2 の瞳位置 P 2 に、それぞれが互いに異なる偏光作用を持つ複数の分割領域を含む第 2 の領域分割波長選択性波長板 5 2 を配置するようにしたので、コントラストの向上を図ることが可能となる。

[0045] 第 1 の実施の形態に係る光学システムによれば、コントラスト増大が見込める他、投影光学系 2 における最終的な射出光の偏光を一方向に揃えることによって、投影面での色ムラ防止ができる。また 1 つの P B S 4 1 に対して、2 つのライトバルブを使用した状態でコントラストを高められるので、結果的に光学システム全体を小さくすることができる。

[0046] なお、本明細書に記載された効果はあくまでも例示であって限定されるものではなく、また他の効果があってもよい。以降の他の実施の形態の効果についても同様である。

[0047] <2. 第 2 の実施の形態>

次に、本開示の第 2 の実施の形態に係る光学システムについて説明する。なお、以下では、上記第 1 の実施の形態に係る光学システムの構成要素と略同じ部分については、同一符号を付し、適宜説明を省略する。

[0048] 第 1 の実施の形態に係る光学システムでは、照明光学系 1 においてノッチフィルタ 1 5 が必須の構成となっている。ノッチフィルタ 1 5 の役割について図 5 ~ 図 9 を用いて説明する。

[0049] 図 5 には、第 1 の実施の形態に係る光学システムにおける蛍光体ホイール

11に用いられるYAG蛍光体の蛍光スペクトルの一例を示す。図6は、第1の実施の形態に係る光学システムにおける第1の領域分割波長選択性波長板51のB領域、および第2の領域分割波長選択性波長板52のB'領域の波長選択特性の一例を示している。図7は、第1の実施の形態に係る光学システムにおける第1の領域分割波長選択性波長板51のA領域、および第2の領域分割波長選択性波長板52のA'領域の波長選択特性の一例を示している。図8は、第1の実施の形態に係る光学システムにおけるノッチフィルタ15の特性の一例を示している。

[0050] 第1の実施の形態に係る光学システムでは、図6および図7に示した第1の領域分割波長選択性波長板51および第2の領域分割波長選択性波長板52の波長選択特性の作用によって各色の偏光を選択的に回転させている。ここで、図6に示したB領域およびB'領域において問題になるのは575nm～610nmの赤色と緑色との切り替え領域である。この部分の変換効率はいずれの偏光に対しても100%ではなく、従って、意図していない偏光成分が出現することにつながる。意図しない偏光成分はポスト偏光子22で遮断できない偏光となり、コントラストを急激に悪化させる原因となる。例えば図8に示す特性のノッチフィルタ15がない場合、コントラストはおおむね1000:1から100:1未満へと大幅な減少となる。従って、高いコントラスト実現のためにはノッチフィルタ15は必須の構成となっている。しかしながらデメリットも大きく、図5に示した蛍光スペクトルに対してノッチフィルタ15を作用させた分の光は捨てるを得ず、30%弱の光量損失となる。図9に、このノッチフィルタ15の作用後の蛍光スペクトルの一例を示す。図5に対して、かなりのスペクトルロスがあることがわかる。また、図7に示したA領域およびA'領域においても、おおむね575nm～610nmの領域で赤色と緑色との切り替えが起きており、この部位の遮蔽が重要である。

[0051] そこで、第2の実施の形態に係る光学システムとして、第1の実施の形態に係る光学システムに対して光利用効率を改善したシステムを提示する。

[0052] (第2の実施の形態に係る光学システムの概要)

図10は、第2の実施の形態に係る光学システムの全体構成例を概略的に示している。

[0053] 図10に示したように、第1の実施の形態に係る光学システムは、照明光学系1Aと、投影光学系2Aとを備えている。

[0054] 照明光学系1Aは、第1の実施の形態における照明光学系1(図1)の構成に対して、第1の領域分割波長選択性波長板51に代えて、照明光学系1Aの瞳位置P1にダイクロイックコンバータ61を配置した構成とされている。また、照明光学系1Aは、第1の実施の形態における照明光学系1の構成に対して、ノッチフィルタ15を省略し、波長選択性PBS14の後に1/2波長板19を配置した構成とされている。ダイクロイックコンバータ61は、それぞれが互いに異なる偏光作用を持つ複数の分割領域を含む。照明光学系1Aの瞳位置P1における複数の分割領域のそれぞれにおける波長分布は互いに異なっている。ダイクロイックコンバータ61における複数の分割領域は、例えば後述する図12に示すC領域およびD領域である。

[0055] 投影光学系2Aは、第1の実施の形態における投影光学系2(図1)の構成に対して、ポスト偏光子22を省略し、第2の領域分割波長選択性波長板52に代えて、投影光学系2Aの瞳位置P2に領域分割偏光子62を配置した構成とされている。領域分割偏光子62は、それぞれが互いに異なる偏光作用を持つ複数の分割領域を含む。領域分割偏光子62は、複数の分割領域のそれぞれが互いに異なる偏光方向の光を透過する作用を有する。領域分割偏光子62における複数の分割領域は、例えば後述する図13に示すC'領域およびD'領域である。領域分割偏光子62は、領域分割されたポスト偏光子としての作用を持つ。

[0056] 照明光学系1Aは、本開示の技術における「第1の光学系」の一具体例に相当する。投影光学系2Aは、本開示の技術における「第2の光学系」の一具体例に相当する。ダイクロイックコンバータ61は、本開示の技術における「第1の光学素子」の一具体例に相当する。領域分割偏光子62は、本開

示の技術における「第2の光学素子」の一具体例に相当する。

[0057] (各部の詳細な構成および作用)

1/2波長板19は、入射した青色光のY方向の偏光(P偏光)をY=Zなる方向の偏光状態に変換する。これにより、1/2波長板19は、青色光の偏光状態を、Y方向の偏光(P偏光)とZ方向の偏光(S偏光)とが等しい状態となるように変換できる。これによってPSコンバータ17に入る各色光はP偏光とS偏光とが等しい状態となるような偏光状態となる。

[0058] 図11は、第2の実施の形態に係る光学システムにおけるPSコンバータ17およびダイクロイックコンバータ61の一構成例を概略的に示している。

[0059] PSコンバータ17は、偏光膜171が形成された複数のプリズムブロックを有している。PSコンバータ17のX方向に沿った光入射面には、複数のプリズムブロックのうちY方向に一つ置きに遮蔽領域173が形成されている。また、PSコンバータ17のX方向に沿った光射出面には、複数のプリズムブロックのうちY方向に一つ置きに1/2波長板172が形成されている。遮蔽領域173と1/2波長板172は、複数のプリズムブロックのうち同一のプリズムブロックに形成されている。

[0060] ダイクロイックコンバータ61は、複数のプリズムブロックを有している。複数のプリズムブロックは、ダイクロイック膜611が形成された第1のプリズムブロックと、全反射膜614が形成された第2のプリズムブロックとを有し、それら第1のプリズムブロックと第2のプリズムブロックとがY方向に交互に配置された構成とされている。ダイクロイック膜611が形成された第1のプリズムブロックのX方向に沿った光射出面には、1/2波長板612が形成されている。全反射膜614が形成された第2のプリズムブロックのX方向に沿った光入射面には、遮蔽領域613が形成されている。

[0061] ダイクロイックコンバータ61はPSコンバータ17に隣接して配置される。PSコンバータ17では無偏光の光を受けるが、そのうちP偏光成分を透過し、S偏光成分を反射する。PSコンバータ17内のプリズムブロック

は偏光プリズムであるため、あるプリズムブロックの偏光膜171で反射されたS偏光成分はさらに別のプリズムブロックの偏光膜171で反射され、1/2波長板172を通過することでP偏光成分に再度変換される。この結果として、PSコンバータ17は偏光を変換することができる。このPSコンバータ17はレンズアレイ16の射出側に配置され、形成される点像間に遮蔽領域173を設けることで光量ロスを抑えながらも偏光変換を実現している。さらにダイクロイックコンバータ61はPSコンバータ17を通過した光に対して色変換作用をもたらす。ダイクロイックコンバータ61を形成するプリズムブロックには、ダイクロイック膜611と全反射膜614とが交互に形成されている。ダイクロイック膜611側では赤色光を反射し50%の青色光を反射すると共に、緑色光を透過し、さらに50%の青色光を透過するように構成されている。全反射膜614は、すべての光を反射する作用を持つ。ダイクロイックコンバータ61では、ダイクロイック膜611を反射し、さらに全反射膜614を反射してきた光に対して、偏光方向を90deg回す1/2波長板612を通すことで緑青色光と赤青色光とを互いに直交偏光とすることができる。

[0062] 図12は、第2の実施の形態に係る光学システムの照明光学系1Aの瞳における偏光状態の一例を示している。

[0063] 図12に示したように、照明光学系1Aの瞳位置P1では、分割されたC領域とD領域とが縦方向に互い違いをなしている。C領域は、図11に示したダイクロイックコンバータ61における1/2波長板612が形成された領域に相当する。D領域は、図11に示したダイクロイックコンバータ61における1/2波長板612が形成されていない領域に相当する。C領域を通過する光は光量100%の赤色光および光量50%の青色光から構成され偏光方向はY方向（P偏光）となっている。また、D領域を通過する光は光量100%の緑色光および光量50%の青色光から構成され、偏光方向はZ方向（S偏光）となっている。C領域から出た光は偏光方向がY方向なために第2のライトバルブ32へ到達する。D領域から出た光は偏光方向がZ方

向のために第1のライトバルブ31へと到達する。その後、第1のライトバルブ31および第2のライトバルブ32において各々直交方向偏光へと変換された光は投影光学系2Aの瞳内で、領域分割偏光子62によって各分割領域ごとの作用を受ける。

[0064] 図13は、第2の実施の形態に係る光学システムの投影光学系2Aの瞳における偏光状態の一例を示している。

[0065] 図13に示したように、投影光学系2Aの瞳位置P2では、分割されたC'領域とD'領域とが縦方向に互い違いをなしている。照明光学系1Aの瞳位置P1におけるC領域と共役なのが投影光学系2Aの瞳位置P2におけるC'領域の部分であり、照明光学系1Aの瞳位置P1におけるD領域の部分に共役なのが投影光学系2Aの瞳位置P2におけるD'領域の部分である。従って、C'領域には必ずY方向（P偏光）だけが、D'領域にはZ方向（S偏光）だけが到達している。この状態でC'領域にはY方向偏光透過、Z方向偏光遮蔽の偏光子効果を与え、D'領域にはZ方向偏光透過、Y方向偏光遮蔽の偏光子効果を与えるように領域分割偏光子62を作用させれば、第1のライトバルブ31および第2のライトバルブ32にとって各々のポスト偏光子としての効果を与えられることになり、コントラストを増大することができる。

[0066] 第2の実施の形態に係る光学システムの構成での有利な点は第1の領域分割波長選択性波長板51を使用しないためにノッチフィルタ15を必要としない点である。第1の実施の形態に係る光学システムの場合、本来的には各ライトバルブからの光に対して望みの偏光方向を遮断するポスト偏光子22を配置したい。しかしながら、上述したように第1の領域分割波長選択性波長板51および第2の領域分割波長選択性波長板52における波長選択特性によれば赤色と緑色との切り替え領域ではポスト偏光子22で遮断できない異なった方向の偏光が生成されてしまい、完全なポスト偏光子として機能しなくなっている。一方、第2の実施の形態に係る光学システムの構成の場合には、赤色と緑色との切り替え領域では同様に偏光方向に応じた反射および

透過の変換は完全ではないが、照明光学系 1 A の瞳において、C 領域に導かれたか、D 領域に導かれたかに依存して生成される偏光方向が決まる構成となっている。C 領域を射出した光は必ず投影光学系 2 A の瞳の C' 領域に、D 領域を射出した光は必ず投影光学系 2 A の瞳の D' 領域へと導かれるので、各偏光に対して狙いのポスト偏光子（領域分割偏光子 6 2）を必ず配置できており、コントラスト増大にはノッチフィルタ 1 5 が不要であることがわかる。換言すれば赤色と緑色との切り替え領域における変換の不完全さを、偏光には押し付けない構成となっていることが有利な点である。

[0067] 図 1 4 は、第 2 の実施の形態に係る光学システムにおける第 1 および第 2 のライトバルブ 3 1, 3 2 へ到達する光のスペクトルの一例を示している。赤色と緑色との切り替え領域の光が混合しつつ各ライトバルブに割り当てられている様子が見られる。第 2 の実施の形態に係る光学システムでは、各ライトバルブの偏光は一方向であり、偏光の混合が原理的に起きない。この結果、第 1 の実施の形態に係る光学システムで用いられていたノッチフィルタ 1 5 に起因する光量ロスが解消し、おおむね 3 割弱の輝度向上を実現したうえでコントラスト向上とパネル耐光性対策を兼ねることができる。本構成では原理的に第 1 の実施の形態に係る光学システムと同様の 1 0 0 0 : 1 のコントラストが見込まれる。

[0068] 以上のように、第 2 の実施の形態に係る光学システムによれば、第 1 の領域分割波長選択性波長板 5 1 をダイクロイックコンバータ 6 1 で代替することにより、第 1 の領域分割波長選択性波長板 5 1 による変換ロスを解消し、明るさを大きく上げながらも高いコントラストを維持することができる。

[0069] その他の構成、作用および効果は、上記第 1 の実施の形態に係る光学システムと略同様であってもよい。

[0070] < 3. 第 3 の実施の形態 >

次に、本開示の第 3 の実施の形態に係る光学システムについて説明する。なお、以下では、上記第 1 または第 2 の実施の形態に係る光学システムの構成要素と略同じ部分については、同一符号を付し、適宜説明を省略する。

- [0071] 図15は、第3の実施の形態に係る光学システムの全体構成例を概略的に示している。
- [0072] 第2の実施の形態では、光量ロスを抑えながら、コントラストを向上できる光学システムの構成例を示したが、PSコンバータ17には遮蔽領域173があるため、実際にはPSコンバータ17に接するダイクロイックコンバータ61はエタンデュ上、角度成分のロスが大きくなりやすい。ある一定のエタンデュをキープするにはレンズアレイ16に入れる光束径を増大する必要があるため、全体サイズの視点からは好ましくないケースも存在する。この場合、図15のような光学系を構成することも可能である。
- [0073] 図15に示したように、第3の実施の形態に係る光学システムは、照明光学系1Bと、投影光学系2Bとを備えている。
- [0074] 照明光学系1Bは、第2の実施の形態における照明光学系1A（図10）の構成に対して、レンズアレイ16に代えて、第1のレンズアレイ16Aと第2のレンズアレイ16Bとを有している。また、照明光学系1Bは、第2の実施の形態における照明光学系1Aの構成に対して、リレーレンズ18に代えて、第1のリレーレンズ18Aと第2のリレーレンズ18Bとを有している。また、照明光学系1Bは、第2の実施の形態における照明光学系1Aの構成に対して、1/2波長板19を省略した構成とされている。
- [0075] 投影光学系2Bは、第2の実施の形態における投影光学系2A（図10）と同様の構成とされている。
- [0076] 照明光学系1Bは、本開示の技術における「第1の光学系」の一具体例に相当する。投影光学系2Bは、本開示の技術における「第2の光学系」の一具体例に相当する。
- [0077] 第3の実施の形態に係る光学システムは、第2の実施の形態に係る光学システムの構成に対して、PSコンバータ17とダイクロイックコンバータ61とを分離し、その間を第2のリレーレンズ18Bと第2のレンズアレイ16Bとでつなぐ系としている。この系では一度、第1のレンズアレイ16A、PSコンバータ17、および第2のリレーレンズ18Bで均一照明を形成

し、さらに再び、第2のレンズアレイ16B、ダイクロイックコンバータ61、および第1のリレーレンズ18Aで第1のライトバルブ31および第2のライトバルブ32に対する均一照明を生成する。これ以降の構成、および作用は第2の実施の形態に係る光学システムと同様であり、瞳共役を用いてコントラストを増大することができる。第3の実施の形態に係る光学システムでは、PSコンバータ17とダイクロイックコンバータ61とのピッチを合わせることができ、結果として、PSコンバータ17の遮蔽領域173を小さくすることができるため、前述したエタンデュの問題はほぼないため、全系の体積を抑えながら光利用効率を大きく引き上げることができる。

[0078] 図16は、第2の実施の形態に係る光学システムの照明光学系1Aまたは投影光学系2Aの瞳形状の一例を、第3の実施の形態に係る光学システムに対する比較例として示している。図17は、第3の実施の形態に係る光学システムの照明光学系1Bまたは投影光学系2Bの瞳形状の一例を示している。

[0079] 図16に示したように、第2の実施の形態に係る光学システムにおける瞳形状は略円形状となっている。これに対し、図17に示したように、第3の実施の形態に係る光学システムでは、第1のレンズアレイ16Aが形成する第2のレンズアレイ16Bの前の像が瞳形状になってしまうために、略正方形となっている。これは場合によってはレーザ安全規格等に悪影響が及ぶ。これを解決するために、後述する第4の実施の形態に係る光学システムの構成にすることが、より好ましい。

[0080] なお、第3の実施の形態に係る光学システムでは、蛍光体ホイール11における偏光保持拡散板領域112を単純な全反射構成とした場合でも、青色光に対する瞳分布を黄色光の瞳分布と同一にでき、低コスト化や製造プロセスの簡略化できるという利点もある。

[0081] その他の構成、作用および効果は、上記第2の実施の形態に係る光学システムと略同様であってもよい。

[0082] <4. 第4の実施の形態>

次に、本開示の第4の実施の形態に係る光学システムについて説明する。
なお、以下では、上記第1ないし第3のいずれかの実施の形態に係る光学システムの構成要素と略同じ部分については、同一符号を付し、適宜説明を省略する。

[0083] 図18は、第4の実施の形態に係る光学システムの全体構成例を概略的に示している。

[0084] 図18に示したように、第4の実施の形態に係る光学システムは、照明光学系1Cと、投影光学系2Cとを備えている。

[0085] 照明光学系1Cは、第2の実施の形態における照明光学系1A（図10）の構成に対して、レンズアレイ16に代えて、第1のレンズアレイ16Aと第2のレンズアレイ16Bと第3のレンズアレイ16Cとを有している。また、照明光学系1Cは、第2の実施の形態における照明光学系1Aの構成に対して、リレーレンズ18に代えて、第1のリレーレンズ18Aと第2のリレーレンズ18Bと第3のリレーレンズ18Cとを有している。また、照明光学系1Cは、第2の実施の形態における照明光学系1Aの構成に対して、1/2波長板19を省略した構成とされている。

[0086] 投影光学系2Cは、第2の実施の形態における投影光学系2A（図10）と同様の構成とされている。

[0087] 照明光学系1Cは、本開示の技術における「第1の光学系」の一具体例に相当する。投影光学系2Cは、本開示の技術における「第2の光学系」の一具体例に相当する。

[0088] 第4の実施の形態に係る光学システムは、第3の実施の形態に係る光学システムの構成における瞳形状（図17）の対策のため、図18に示したように、照明光学系1Cのリレーレンズ系を3段にしている。照明光学系1Cにおいて、第1のレンズアレイ16Aは矩形、第2のレンズアレイ16Bは六角形、第3のレンズアレイ16Cは矩形のレンズアレイとして構成する。こうすることにより、第1のレンズアレイ16A、PSコンバータ17、および第3のリレーレンズ18Cは偏光整流作用を持つ。また、第2のレンズア

レイ 16 B、および第 2 のリレーレンズ 18 B は六角形の照明を生成する（これがのちの瞳となる）。また、第 3 のレンズアレイ 16 C、ダイクロイックコンバータ 61、および第 1 のリレーレンズ 18 A は色の分離と各ライトバルブ向けの偏光変換作用および各ライトバルブへの均一矩形照明生成機能を持つ。これ以降の構成、作用は第 2 の実施の形態と同様であり、瞳共役を用いてコントラストを増大することができる。

[0089] 図 19 は、第 4 の実施の形態に係る光学システムの照明光学系 1 C または投影光学系 2 C の瞳形状の一例を示している。第 4 の実施の形態に係る光学システムでは、図 19 に示したように、瞳形状を六角形に近い構成にすることができ、前述の第 3 の実施の形態で問題となった四角形状の瞳となることを避けることができる。また、第 4 の実施の形態に係る光学システムは、第 3 の実施の形態に係る光学システムと同様に、蛍光体ホイール 11 上の偏光保持拡散板領域 112 を単純反射とする構成を取ることが可能である。

[0090] その他の構成、作用および効果は、上記第 2 または第 3 の実施の形態に係る光学システムと略同様であってもよい。

[0091] <5. 第 5 の実施の形態>

次に、本開示の第 5 の実施の形態に係る光学システムについて説明する。なお、以下では、上記第 1 ないし第 4 のいずれかの実施の形態に係る光学システムの構成要素と略同じ部分については、同一符号を付し、適宜説明を省略する。

[0092] 図 20 は、第 5 の実施の形態に係る光学システムの全体構成例を概略的に示している。

[0093] 図 20 に示したように、第 5 の実施の形態に係る光学システムは、照明光学系 1 D と、投影光学系 2 D とを備えている。

[0094] 照明光学系 1 D は、第 1 の実施の形態における照明光学系 1（図 1）の構成に対して、第 1 の領域分割波長選択性波長板 51 に代えて、照明光学系 1 D の瞳位置 P1 に領域分割波長板 71 を配置した構成とされている。また、照明光学系 1 D は、第 1 の実施の形態における照明光学系 1 の構成に対して

、ノッチフィルタ15を省略し、波長選択性PBS14の後に1/2波長板19を配置した構成とされている。領域分割波長板71は、それぞれが互いに異なる偏光作用を持つ複数の分割領域を含む。領域分割波長板71における複数の分割領域は、例えば後述する図21に示すD領域およびE領域である。

[0095] 投影光学系2Dは、第1の実施の形態における投影光学系2（図1）の構成に対して、ポスト偏光子22を省略し、第2の領域分割波長選択性波長板52に代えて、投影光学系2Dの瞳位置P2に領域分割偏光子62を配置した構成とされている。領域分割偏光子62は、それぞれが互いに異なる偏光作用を持つ複数の分割領域を含む。領域分割偏光子62は、複数の分割領域のそれぞれが互いに異なる偏光方向の光を透過する作用を有する。領域分割偏光子62における複数の分割領域は、例えば後述する図22に示すD'領域およびE'領域である。領域分割偏光子62は、領域分割されたポスト偏光子としての作用を持つ。

[0096] 照明光学系1Dは、本開示の技術における「第1の光学系」の一具体例に相当する。投影光学系2Dは、本開示の技術における「第2の光学系」の一具体例に相当する。領域分割波長板71は、本開示の技術における「第1の光学素子」の一具体例に相当する。領域分割偏光子62は、本開示の技術における「第2の光学素子」の一具体例に相当する。

[0097] 第5の実施の形態に係る光学システムは、偏光メガネ4と、偏光保持スクリーン5とを、さらに備えることにより、3D（3次元）表示装置として構成することが可能である。偏光保持スクリーン5には、投影光学系2Dを介して右眼用画像、および左眼用画像が投影される。

[0098] 第5の実施の形態に係る光学システムでは、PSコンバータ17に入射する光は1/2波長板19をあらかじめ入れることによって、全色に対してY方向の偏光（P偏光）とZ方向の偏光（S偏光）とが等しい状態となる。また、第5の実施の形態に係る光学システムでは、第1の領域分割波長選択性波長板51に代えて、波長選択性の無い広帯域の領域分割波長板71を使用

し、各ライトバルブへの光の分割は3次元表示のために赤色、緑色、および青色のすべての色光に対して行う構成となっている。さらにコントラスト増大のために、投影光学系2Dの瞳位置P2に領域分割偏光子62を配置し、右眼用、左眼用の偏光を保ちながらコントラストを増大させる構成となっている。偏光メガネ4は、直交偏光子メガネであり、ユーザは、偏光保持スクリーン5に投影された右眼用画像、および左眼用画像を偏光メガネ4を装着することで3次元画像として観察することが可能となる。

[0099] 図21は、第5の実施の形態に係る光学システムの照明光学系1Dの瞳における偏光状態の一例を示している。

[0100] 図21に示したように、照明光学系1Dの瞳位置P1では、領域分割波長板71が上下にD領域とE領域とに分割されている。D領域では、すべての色光の偏光を90deg回転し、E領域では、すべての色光の偏光を一切回転しないように構成されている。この構成により、D領域を通過する光はすべて第1のライトバルブ31へ、E領域を通過する光はすべて第2のライトバルブ32に到達させることができ、例えば、第1のライトバルブ31を右眼用チャンネル、第2のライトバルブ32を左眼用チャンネルとして使用することができる。

[0101] 図22は、第5の実施の形態に係る光学システムの投影光学系2Dの瞳における偏光状態の一例を示している。

[0102] 図22に示したように、投影光学系2Dの瞳位置P2では、領域分割偏光子62が上下にE'領域とD'領域とに分割されている。照明光学系1Dの瞳位置P1におけるD領域と共役なのが投影光学系2Dの瞳位置P2におけるD'領域の部分であり、照明光学系1Dの瞳位置P1におけるE領域の部分に共役なのが投影光学系2Dの瞳位置P2におけるE'領域の部分である。投影光学系2D内では第1のライトバルブ31からの光はすべてD'領域へ到達し、Y方向の偏光(P偏光)のみを透過する偏光子作用によってコントラスト増大がなされる。また、第2のライトバルブ32からの光はすべてE'領域に到達し、Z方向の偏光(S偏光)のみ透過する偏光子作用によ

ってコントラスト増大がなされる。第5の実施の形態に係る光学システムは、2板光学系で小型でありながらコントラストを実用域に増大でき、そのうえで偏光3次元表示ができるため、偏光メガネ4を簡易化軽量化でき、システム全体を安価にまとめることが可能である。

[0103] なお、第5の実施の形態に係る光学システムでは緑色と赤色との境目を異なった偏光としているわけではないので、ノッチフィルタ15は不要である。

[0104] 第5の実施の形態に係る光学システムによれば、3次元表示時にもコントラストが上げられ左右の目のクロストーク量を下げることができる。

[0105] その他の構成、作用および効果は、上記第1の実施の形態に係る光学システムと略同様であってもよい。

[0106] <6. 第6の実施の形態>

次に、本開示の第6の実施の形態に係る光学システムについて説明する。なお、以下では、上記第1ないし第5のいずれかの実施の形態に係る光学システムの構成要素と略同じ部分については、同一符号を付し、適宜説明を省略する。

[0107] 図23は、第6の実施の形態に係る光学システムの全体構成例を概略的に示している。

[0108] 第6の実施の形態では、ライトバルブを増やした例として4板構成の例を示す。図23に示したように、第6の実施の形態に係る光学システムは、照明光学系1Eと、投影光学系2Eとを備えている。また、第6の実施の形態に係る光学システムは、照明光学系1Eと投影光学系2Eとの間の光路上に、2つの青色用ライトバルブ3B1、3B2と、1つの赤色用ライトバルブ3R1と、1つの緑色用ライトバルブ3G1と、PBS41、42、43と、ダイクロイックキューブ44とを備えている。

[0109] 照明光学系1Eは、第1の青色光源10Aと、第2の青色光源10Bと、蛍光体ホイール11と、集光レンズ12と、1/4波長板13と、波長選択性PBS14と、レンズアレイ16と、PSコンバータ17と、第1の領域

分割波長選択性波長板 5 1 と、リレーレンズ 1 8 とを有している。また、照明光学系 1 E は、第 1 の色プレート 8 1 と、第 2 の色プレート 8 2 と、全反射ミラー 8 3 とを有している。

[0110] 投影光学系 2 E は、第 1 の実施の形態における投影光学系 2 (図 1) と同様の構成とされている。

[0111] 照明光学系 1 E は、本開示の技術における「第 1 の光学系」の一具体例に相当する。投影光学系 2 E は、本開示の技術における「第 2 の光学系」の一具体例に相当する。第 1 の領域分割波長選択性波長板 5 1 は、本開示の技術における「第 1 の光学素子」の一具体例に相当する。第 2 の領域分割波長選択性波長板 5 2 は、本開示の技術における「第 2 の光学素子」の一具体例に相当する。PBS 4 1 は、本開示の技術における「偏光分離素子」の一具体例に相当する。

[0112] PBS 4 1 は、照明光学系 1 E から射出された青色光の光路上に設けられ、青色光を偏光の違いによって分岐することによって、青色用ライトバルブ 3 B 1 および青色用ライトバルブ 3 B 2 に入射させる。PBS 4 2 は、照明光学系 1 E から射出された赤色光の光路上に設けられ、赤色光を、赤色用ライトバルブ 3 R 1 に入射させる。PBS 4 3 は、照明光学系 1 E から射出された緑色光の光路上に設けられ、緑色光を、緑色用ライトバルブ 3 G 1 に入射させる。ダイクロイックキューブ 4 4 は、各ライトバルブによって変調された各色光を合成して、投影光学系 2 E に向けて射出する。

[0113] 第 6 の実施の形態に係る光学システムは、基本構成は R, G, B の 3 板構成であり、B チャンネルについてのみ耐光性対策で 2 つのライトバルブ (青色用ライトバルブ 3 B 1, 3 B 2) を配置している。また、第 6 の実施の形態に係る光学システムでは、蛍光体ホイール 1 1 には、偏光保持拡散板領域 1 1 2 (図 2) は設けられておらず、第 1 の青色光源 1 0 A からの青色光が蛍光体領域 1 1 1 に連続的に照射される。これにより、蛍光体ホイール 1 1 からは黄色光が時分割ではなく、連続発光する。第 2 の青色光源 1 0 B からは青色光が連続的に射出される。第 2 の青色光源 1 0 B からの青色光は波長選

択性PBS14によって反射され、蛍光体ホイール11からの黄色光と合成される。第6の実施の形態に係る光学システムでは、各ライトバルブは各色専用であり、色の時分割は行われない。

[0114] 図24は、第6の実施の形態に係る光学システムの照明光学系1Eの瞳における偏光状態の一例を示している。

[0115] 図24に示したように、照明光学系1Eの瞳位置P1では、第1の領域分割波長選択性波長板51が上下にF領域とG領域とに分割されている。F領域はR、G、Bの各色にかかわらず偏光を90deg回転させ、G領域では青色光のみを偏光変換せず、それ以外の色光を90deg偏光回転させる。こうすることで、青色光については2種の偏光を混ぜることができ、青色用ライトバルブ3B1と青色用ライトバルブ3B2とに各々分岐させることができる。これによりライトバルブに入る青色光を半減させ、システムの長寿命化が図れる。赤色光および緑色光については、第1の色プレート81および第2の色プレート82によって分岐し、各々赤色用ライトバルブ3R1、緑色用ライトバルブ3G1へと導く。赤色光および緑色光はS偏光入射であり射出光はP偏光となる。各ライトバルブから射出されたR、G、Bの各色光はダイクロイックキューブ44で合成され、投影光学系2Eへと導かれる。このときの偏光方向は、投影光学系2Eへの入射時に赤色光および緑色光ではY方向の偏光（P偏光）、青色光ではY方向の偏光（P偏光）とZ方向の偏光（S偏光）とが混在した状態である。

[0116] 図25は、第6の実施の形態に係る光学システムの投影光学系2Eの瞳における偏光状態の一例を示している。

[0117] 図25に示したように、投影光学系2Eの瞳位置P2では、第2の領域分割波長選択性波長板52が上下にG'領域とF'領域とに分割されている。照明光学系1Eの瞳位置P1におけるF領域と共役なのが投影光学系2Eの瞳位置P2におけるF'領域の部分であり、照明光学系1Eの瞳位置P1におけるG領域の部分に共役なのが投影光学系2Eの瞳位置P2におけるG'領域の部分である。投影光学系2Eの瞳位置P2において、F領域と共役な

F' 領域では、すべての色光が 90 deg 偏光回転され、Z 方向の偏光 (S 偏光) に変換される。また G 領域と共役な G' 領域では、赤色光と緑色光は 90 deg 偏光回転され、青色光は偏光変換されず、結果的にすべての色光が Z 方向の偏光 (S 偏光) に変換される。これを最後に投影光学系 2 E 内のポスト偏光子 2 2 を用いて整流することでコントラストを増大させることができる。第 6 の実施の形態に係る光学システムでは、ライトバルブの数を抑えながらも長寿命化が図れる構成であり、比較的安価に構成できるという特徴を持つ。

[0118] 第 6 の実施の形態に係る光学システムのポイントは特定の波長について直交する 2 偏光を利用しながらも、ポスト偏光子 2 2 でコントラストを上げられる、という点であり、異なった構成でも用いることができる。

[0119] なお、第 6 の実施の形態に係る光学システムでは緑色と赤色との切り替え領域は、領域分割波長選択性波長板によって切り替えているわけではないため、ノッチフィルタ 1 5 は不要である。

[0120] その他の構成、作用および効果は、上記第 1 の実施の形態に係る光学システムと略同様であってもよい。

[0121] < 7. 第 7 の実施の形態 >

次に、本開示の第 7 の実施の形態に係る光学システムについて説明する。なお、以下では、上記第 1 ないし第 6 のいずれかの実施の形態に係る光学システムの構成要素と略同じ部分については、同一符号を付し、適宜説明を省略する。

[0122] 図 2 6 は、第 7 の実施の形態に係る光学システムの全体構成例を概略的に示している。

[0123] 第 7 の実施の形態では、第 6 の実施の形態に係る光学システムよりもさらにライトバルブを増やした例として 6 板構成の例を示す。図 2 6 に示したように、第 7 の実施の形態に係る光学システムは、照明光学系 1 F と、投影光学系 2 F とを備えている。また、第 7 の実施の形態に係る光学システムは、照明光学系 1 F と投影光学系 2 F との間の光路上に、2 つの青色用ライトバ

ルブ3B1, 3B2と、2つの赤色用ライトバルブ3R1, 3R2と、2つの緑色用ライトバルブ3G1, 3G2と、PBS41, 42, 43と、ダイクロミックキューブ44とを備えている。

[0124] 照明光学系1Fは、第1の青色光源10Aと、第2の青色光源10Bと、蛍光体ホイール11と、集光レンズ12と、1/4波長板13と、波長選択性PBS14と、レンズアレイ16と、PSコンバータ17と、領域分割波長板71と、リレーレンズ18とを有している。また、照明光学系1Fは、第1の色プレート81と、第2の色プレート82と、全反射ミラー83とを有している。

[0125] 投影光学系2Fは、第5の実施の形態における投影光学系2D(図20)と同様の構成であり、その瞳位置P2には領域分割偏光子62が配置されている。

[0126] 照明光学系1Fは、本開示の技術における「第1の光学系」の一具体例に相当する。投影光学系2Fは、本開示の技術における「第2の光学系」の一具体例に相当する。第1の領域分割波長選択性波長板51は、本開示の技術における「第1の光学素子」の一具体例に相当する。領域分割偏光子62は、本開示の技術における「第2の光学素子」の一具体例に相当する。また、例えば2つの青色用ライトバルブ3B1, 3B2が、本開示の技術における「第1および第2のライトバルブ」の一具体例に相当する。また、例えば2つの赤色用ライトバルブ3R1, 3R2が、本開示の技術における「第3および第4のライトバルブ」の一具体例に相当する。また、例えば2つの緑色用ライトバルブ3G1, 3G2と、本開示の技術における「第5および第6のライトバルブ」の一具体例に相当する。

[0127] PBS41は、照明光学系1Fから射出された青色光の光路上に設けられ、青色光を偏光の違いによって分岐することによって、青色用ライトバルブ3B1および青色用ライトバルブ3B2に入射させる。PBS42は、照明光学系1Fから射出された赤色光の光路上に設けられ、赤色光を偏光の違いによって分岐することによって、赤色用ライトバルブ3R1および赤色用ラ

イトバルブ3 R 2に入射させる。PBS 4 3は、照明光学系1 Fから射出された緑色光の光路上に設けられ、緑色光を偏光の違いによって分岐することによって、緑色用ライトバルブ3 G 1および緑色用ライトバルブ3 G 2に入射させる。ダイクロイックキューブ4 4は、各ライトバルブによって変調された各色光を合成して、投影光学系2 Fに向けて射出する。

[0128] 第7の実施の形態に係る光学システムは、R、G、Bの各色について、2つのライトバルブを配置している。また、第7の実施の形態に係る光学システムでは、蛍光体ホイール1 1には、第6の実施の形態に係る光学システムと同様に、偏光保持拡散板領域1 1 2（図2）は設けられておらず、第1の青色光源1 0 Aからの青色光が蛍光体領域1 1 1に連続的に照射される。これにより、蛍光体ホイール1 1からは黄色光が時分割ではなく、連続発光する。第2の青色光源1 0 Bからは青色光が連続的に射出される。第2の青色光源1 0 Bからの青色光は波長選択性PBS 1 4によって反射され、蛍光体ホイール1 1からの黄色光と合成される。第7の実施の形態に係る光学システムでは、第6の実施の形態に係る光学システムと同様に、各ライトバルブは各色専用であり、色の時分割は行われない。

[0129] 第7の実施の形態における照明光学系1 Fの瞳における偏光状態は、第5の実施の形態に係る光学システムと同様であり、照明光学系1 Fの瞳位置P 1では、領域分割波長板7 1が上下にD領域とE領域とに分割されている（図2 1）。これにより、各色について、照明光学系1 Fの位置P 1において直交した2偏光状態を作り出し、それを各々の偏光状態に応じて各色のライトバルブに入射させる。

[0130] 第7の実施の形態における投影光学系2 Fの瞳における偏光状態も、第5の実施の形態に係る光学システムと同様であり、投影光学系1 Fの瞳位置P 2では、領域分割偏光子6 2が上下にE'領域とD'領域とに分割されている（図2 2）。第7の実施の形態に係る光学システムでは、第5の実施の形態に係る光学システムと同様に投影光学系2 Fの瞳位置P 2に領域分割偏光子6 2を設け、瞳の共役作用を利用して、各色について、各領域には一方向

の偏光しか入ってこないことを利用してコントラストを増大する。

[0131] 以上で説明した6枚構成は単純な輝度アップの他、第5の実施の形態に係る光学システムと同様に、偏光を利用した3次元表示を実現することも可能である。

[0132] なお、第7の実施の形態に係る光学システムでは緑色と赤色との切り替え領域は、領域分割波長選択性波長板によって切り替えているわけではないため、ノッチフィルタ15は不要である。

[0133] その他の構成、作用および効果は、上記第5または第6の実施の形態に係る光学システムと略同様であってもよい。

[0134] <8. 第8の実施の形態>

次に、本開示の第8の実施の形態に係る光学システムについて説明する。なお、以下では、上記第1ないし第7のいずれかの実施の形態に係る光学システムの構成要素と略同じ部分については、同一符号を付し、適宜説明を省略する。

[0135] 図27は、第8の実施の形態に係る光学システムにおける領域分割波長板71の第1の分割例を概略的に示している。図28は、第8の実施の形態に係る光学システムにおける領域分割波長板71の第2の分割例を概略的に示している。図29は、第8の実施の形態に係る光学システムにおける領域分割波長板71の第3の分割例を概略的に示している。図30は、第8の実施の形態に係る光学システムにおける領域分割波長板71の第4の分割例を概略的に示している。

[0136] 上記第5および第7の実施の形態に係る光学システム（図20、図26）において、照明光学系1D、1Fの瞳位置P1には、領域分割波長板71を配置している。このような領域分割波長板71を使用する構成においては領域の分割方法にはかなりの自由度がある。いくつかの変形例を図27～図30に示したが、領域の分割方法はこれらに限定されるものではない。

[0137] 例えば、図27に示したように、領域の分割が縦に2分割された構成であってもよい。ただし、この場合には中心線が点像を2分割しているため、照

明光学系 1 D, 1 F の瞳位置 P 1 における素子配置と投影光学系 2 D, 2 F の瞳位置 P 2 における素子配置との互いの位置関係の製造公差が厳しくなることが想定される。また P B S 4 1 等に対して左右に分割しているために色シェーディングが発生する可能性があり、どちらかといえば P B S 4 1 等に対して極性が存在しない上下分割のほうが望ましい。

[0138] また、図 28 のように短冊状や、図 29 のように格子状、あるいは図 30 のように中心領域と外側領域とに分割することも可能である。例えば図 30 の分割方法であれば、瞳の中心領域の光束はライトバルブに対して比較的浅い入射角になるので、P B S 4 1 等の設計上、有利な可能性がある。これらの分割の仕方は完全に設計の範疇で、製造性や P B S 4 1 等のシェーディング、投影光学系 2 D, 2 F の瞳におけるシェーディング、あるいは投影偏光による色ムラの程度などから自在に設計を行うことができる。もちろんその場合も投影光学系 2 D, 2 F 内の共役瞳で各部に対応した作用素を持つ必要がある。

[0139] その他の構成、作用および効果は、上記第 5 または第 7 の実施の形態に係る光学システムと略同様であってもよい。

[0140] <9. 第 9 の実施の形態>

次に、本開示の第 9 の実施の形態に係る光学システムについて説明する。なお、以下では、上記第 1 ないし第 8 のいずれかの実施の形態に係る光学システムの構成要素と略同じ部分については、同一符号を付し、適宜説明を省略する。

[0141] 上記第 1 の実施の形態に係る光学システム等では、照明光学系 1 の瞳位置 P 1 およびその近傍に、第 1 の領域分割波長選択性波長板 5 1 と P S コンバータ 1 7 とを配置しているが、P S コンバータ 1 7 は領域分割波長選択性波長板との相性が良く、両者を統合することが可能である。

[0142] 図 31 に、P S コンバータ 1 7 A に統合された第 1 の領域分割波長選択性波長板 5 1 A の構成例を概略的に示す。また、図 32 には、第 1 の領域分割波長選択性波長板 5 1 A を用いた、第 9 の実施の形態に係る光学システムの

全体構成例を概略的に示す。

- [0143] 図32に示したように、第9の実施の形態に係る光学システムは、照明光学系1Gと、投影光学系2Gとを備えている。
- [0144] 照明光学系1Gは、第1の実施の形態における照明光学系1(図1)の構成に対して、第1の領域分割波長選択性波長板51に代えて、照明光学系1Gの瞳位置P1にPSコンバータ17Aに統合された第1の領域分割波長選択性波長板51Aを配置した構成とされている。また、照明光学系1Gは、第1の実施の形態における照明光学系1の構成に対して、ノッチフィルタ15と波長選択性PBS14との間に1/2波長板19を配置した構成とされている。第1の領域分割波長選択性波長板51Aは、それぞれが互いに異なる偏光作用を持つ複数の分割領域を含む。
- [0145] 投影光学系2Gは、第1の実施の形態における投影光学系2(図1)の構成と同様であり、投影光学系2Gの瞳位置P2に第2の領域分割波長選択性波長板52を配置した構成とされている。
- [0146] 照明光学系1Gは、本開示の技術における「第1の光学系」の一具体例に相当する。投影光学系2Gは、本開示の技術における「第2の光学系」の一具体例に相当する。第1の領域分割波長選択性波長板51Aは、本開示の技術における「第1の光学素子」の一具体例に相当する。第2の領域分割波長選択性波長板52は、本開示の技術における「第2の光学素子」の一具体例に相当する。
- [0147] PSコンバータ17Aは、偏光膜171が形成された複数のプリズムブロックを有している。PSコンバータ17AのX方向に沿った光入射面には、複数のプリズムブロックのうちY方向に一つ置きに遮蔽領域173が形成されている。
- [0148] また、複数のプリズムブロックのX方向に沿った光射出面には、第1の波長選択性波長板511と第2の波長選択性波長板512とがY方向に交互に形成されている。遮蔽領域173と第2の波長選択性波長板512は、複数のプリズムブロックのうち同一のプリズムブロックに形成されている。

[0149] 通常のPSコンバータ17では、図11の構成例のように、複数のプリズムブロックの光射出側に広帯域の1/2波長板172をY方向に一つ置きに配置して偏光を揃える作用を与える。これに対して、図31の構成例では、複数のプリズムブロックの光射出側に、異なった作用を持つ第1の波長選択性波長板511と第2の波長選択性波長板512とを交互に配置している。これにより、1/2波長板172を省略して図28のような領域分割を実現することができる。この手法は、各色光に対して、瞳の結像点のサイズが大きくなる前に第1の波長選択性波長板511と第2の波長選択性波長板512とを作用させることができるため、製造公差を緩くでき製造性を向上することができるという利点も持つ。また、第1の実施の形態に係る光学システム等における第1の領域分割波長選択性波長板51と同様の領域分割も実現できる。この場合、第1の波長選択性波長板511と第2の波長選択性波長板512とを交互に配置するのではなく、2分割した領域の一方の領域に広帯域の1/2波長板を配置する構成とすればよい。

[0150] PSコンバータ17Aと領域分割波長選択性波長板とを統合する場合、入射偏光はどの色に対してもY方向の偏光(P偏光)とZ方向の偏光(S偏光)とが等しくならなければならないため、図32に示したように、PSコンバータ17Aの入射前に1/2波長板19を入れて、青色光について斜め45deg方向の偏光を作り出す等の工夫が必要である。あるいはPSコンバータ17Aの入射前に1/4波長板を入れて青色光について円偏光を作り出してもよい。

[0151] また、例えば上記第2の実施の形態に係る光学システムにおける照明光学系1A内のダイクロイックコンバータ61の代わりに、ケスタータイプのダイクロイックプリズムや、三角プリズムアレイ、回折素子、回折レンズ、あるいは偏光依存レンズ(Pancharatnam phase lens、偏光分離後に偏光対応で色分離)等を利用するなどして色分離を行うことも考えられる。

[0152] その他の構成、作用および効果は、上記第1の実施の形態に係る光学シス

テムと略同様であってもよい。

[0153] <10. 第10の実施の形態>

次に、本開示の第10の実施の形態に係る光学システムについて説明する。なお、以下では、上記第1ないし第9のいずれかの実施の形態に係る光学システムの構成要素と略同じ部分については、同一符号を付し、適宜説明を省略する。

[0154] 本開示の技術の最もポイントとなる部分は、ある波長帯域において、光を直交した2つの偏光成分に分けたうえで、投影光学系内で選択的に偏光作用を与えられる、という点である。これを応用すると、例えば明るさを一定程度保ちつつ色域を拡大しながらもコントラストを増大することが可能である。

[0155] 図33は、第10の実施の形態に係る光学システムの全体構成例を概略的に示している。

[0156] 第10の実施の形態では、R、G、Bに加えて他の色を追加して色域を拡大した構成例を示す。図33には、他の色として黄色光を追加した例を示す。図33に示したように、第10の実施の形態に係る光学システムは、照明光学系1Hと、投影光学系2Hとを備えている。また、第10の実施の形態に係る光学システムは、照明光学系1Hと投影光学系2Hとの間の光路上に、青色用ライトバルブ3B1と、赤色用ライトバルブ3R1と、緑色用ライトバルブ3G1と、黄色用ライトバルブ3Y1と、PBS41、42、43と、ダイクロイックキューブ44とを備えている。

[0157] 照明光学系1Hは、第1の青色光源10Aと、第2の青色光源10Bと、蛍光体ホイール11と、集光レンズ12と、1/4波長板13と、波長選択性PBS14と、1/2波長板19と、レンズアレイ16と、PSコンバータ17と、ダイクロイックコンバータ61と、リレーレンズ18とを有している。また、照明光学系1Hは、第1の色プレート81と、第2の色プレート82と、全反射ミラー83とを有している。

[0158] 投影光学系2Hは、第5の実施の形態における投影光学系2D（図20）

と同様の構成であり、その瞳位置 P 2 には領域分割偏光子 6 2 が配置されている。

[0159] 照明光学系 1 H は、本開示の技術における「第 1 の光学系」の一具体例に相当する。投影光学系 2 H は、本開示の技術における「第 2 の光学系」の一具体例に相当する。ダイクロイックコンバータ 6 1 は、本開示の技術における「第 1 の光学素子」の一具体例に相当する。領域分割偏光子 6 2 は、本開示の技術における「第 2 の光学素子」の一具体例に相当する。

[0160] P B S 4 1 は、照明光学系 1 H から射出された青色光の光路上に設けられ、青色光を青色用ライトバルブ 3 B 1 に入射させる。P B S 4 2 は、照明光学系 1 H から射出された赤色光の光路上に設けられ、赤色光を赤色用ライトバルブ 3 R 1 に入射させる。P B S 4 3 は、照明光学系 1 F から射出された緑色光および黄色光の光路上に設けられ、緑色光と黄色光とを偏光の違いによって分岐することによって、それぞれ緑色用ライトバルブ 3 G 1 と黄色用ライトバルブ 3 Y 1 とに入射させる。ダイクロイックキューブ 4 4 は、各ライトバルブによって変調された各色光を合成して、投影光学系 2 H に向けて射出する。

[0161] 図 3 4 は、第 1 0 の実施の形態に係る光学システムにおける P S コンバータ 1 7 およびダイクロイックコンバータ 6 1 の一構成例を概略的に示している。

[0162] 図 3 4 に示した P S コンバータ 1 7 の構成は、図 1 1 に示した P S コンバータ 1 7 の構成と同様である。また、図 3 4 に示したダイクロイックコンバータ 6 1 の構成は、ダイクロイック膜 6 1 1 の特性が異なることを除き、図 1 1 に示したダイクロイックコンバータ 6 1 の構成と同様である。

[0163] 図 3 5 は、第 1 0 の実施の形態に係る光学システムにおけるダイクロイックコンバータ 6 1 の膜特性の一例を示している。図 3 6 は、第 1 0 の実施の形態に係る光学システムにおける第 2 の色プレート 8 2 の膜特性の一例を示している。図 3 7 は、第 1 0 の実施の形態に係る光学システムの照明光学系 1 H における最終的な蛍光スペクトルの一例を示している。図 3 8 は、第 1

0の実施の形態に係る光学システムの色域の一例を示している。

[0164] 第10の実施の形態に係る光学システムでは、ダイクロイックコンバータ61を用いることで黄色光を緑色光とは異なった偏光として分離し、黄色光を黄色用ライトバルブ3Y1へと導く。ダイクロイックコンバータ61は図34に示した構成となっており、このダイクロイック膜611は図35のような分離特性を持つ。また第2の色プレート82は図36のような分離特性を持つ。結果的に、照明光学系1Hにおける最終的な蛍光スペクトルは図37のようになる。この場合の色域を図38に示す。もともとのRGB構成に比べて大きく色域が広がっているのが示されている。また投影光学系2Hの瞳位置P2には、第2の実施の形態(図13)と同様に上下に互い違いに領域分割された領域分割偏光子62が配置され、ダイクロイックコンバータ61で生成された互い違いの偏光に対して共役に互い違いのポスト偏光子作用を与えるようになっている。これによりコントラストを大きく向上することができる。

[0165] なお、第10の実施の形態に係る光学システムでは、レンズアレイ16に入る青色光はY方向の偏光(P偏光)とZ方向の偏光(S偏光)との両方の偏光方向が必要であり、1/2波長板19を通すことでこれを実現する。

[0166] 第10の実施の形態に係る光学システムの構成で特に有利な点は、緑色用ライトバルブ緑色3G1と黄色用ライトバルブ3Y1との両ライトバルブを1つのPBS43において兼用しながらもコントラスト増大が可能な点である。通常、1つのPBSに対して2つのライトバルブを配置するとコントラストが著しく低下する。例えば特許文献4(特開2006-343721号公報)に記載の構成では、コントラスト低下が避けられない。一方、第10の実施の形態に係る光学システムの構成では、コントラストが回復でき、1000:1以上の余地がある。1つのPBSに両ライトバルブ使いができるということは転じて全体の系を小さくすることにも寄与する。特に、ライトバルブが反射型液晶(LCOS; Liquid Crystal On Silicon)である場合、ライトバルブの前にはPBSを配置する必要性

から、4色を合成する場合、プリズムは最低でも5つは必要になる。その他、複数の色を順次合成する方法では、さらにプリズムを必要とすることから全体としては非常に大きな系となる。

[0167] なお、第10の実施の形態に係る光学システムに対して、黄色だけでなくシアン域の拡大を行うようにダイクロイックコンバータ61や色プレートを構成することもできる。その場合、図33における青色光の光路にシアンを混ぜ5つ目のライトバルブを配置するのが良いと考えられる。またさらに多色のプロジェクタへの対応も可能である。

[0168] 第10の実施の形態に係る光学システムによれば、高いコントラストを維持したまま、黄色やその他の色を混ぜつつ色域を大きく拡大することが可能である。

[0169] その他の構成、作用および効果は、上記第2または第5の実施の形態に係る光学システム等と略同様であってもよい。

[0170] <11. 第11の実施の形態>

次に、本開示の第11の実施の形態に係る光学システムについて説明する。なお、以下では、上記第1ないし第10のいずれかの実施の形態に係る光学システムの構成要素と略同じ部分については、同一符号を付し、適宜説明を省略する。

[0171] 図39は、第11の実施の形態に係る光学システムにおける第2の領域分割波長選択性波長板52の一構成例を概略的に示している。

[0172] 第1の実施の形態に係る光学システム等の構成に対して、図39に示したように、例えば第2の領域分割波長選択性波長板52に遮蔽領域53を設けてもよい。遮蔽領域53の設定は特に2つの分割領域の接合部にバリや有効域の制約がかかる場合に有効である。すなわち、接合部近傍で波長板の作用が本来と異なる場合、不要光がこの領域を通過するとコントラストの悪化が起きうる。遮蔽領域53を設けることで不要光がそもそも接合域の近傍を通過しないため、コントラスト悪化を防ぐことができる。この遮蔽領域53は、図39に示したように、必要な光はほとんど遮光せず、不要な部分だけを

遮光するため、光量の低下も軽微である。

[0173] 遮蔽領域 53 は場合によっては照明光学系 1 側の第 1 の領域分割波長選択性波長板 51 にも設けてもよい。また、第 8 の実施の形態に示した各種の領域分割波長板 71 (図 27~図 30) における各分割領域の境界部にも、遮蔽領域 53 を設けてもよい。

[0174] その他の構成、作用および効果は、上記第 1 ないし第 10 のいずれかの実施の形態に係る光学システムと略同様であってもよい。

[0175] < 12. 第 12 の実施の形態 >

次に、本開示の第 12 の実施の形態に係る光学システムについて説明する。なお、以下では、上記第 1 ないし第 11 のいずれかの実施の形態に係る光学システムの構成要素と略同じ部分については、同一符号を付し、適宜説明を省略する。

[0176] 図 40 は、第 12 の実施の形態に係る光学システムにおける PS コンバータ 17 およびダイクロイックプリズムアレイ 91 の一構成例を概略的に示している。

[0177] 上記第 1 の実施の形態に係る光学システム等の構成に対して、第 1 の領域分割波長選択性波長板 51 に代えて、図 40 に示したようなダイクロイックプリズムアレイ 91 を配置するようにしてもよい。

[0178] 図 41 は、ダイクロイックプリズムアレイ 91 を用いた、第 12 の実施の形態に係る光学システムの第 1 の全体構成例を概略的に示している。

[0179] 図 41 に示した光学システムは、照明光学系 11 と、投影光学系 21 とを備えている。

[0180] 照明光学系 11 は、第 1 の実施の形態における照明光学系 1 (図 1) の構成に対して、第 1 の領域分割波長選択性波長板 51 に代えて、照明光学系 11 の瞳位置 P1 に、PS コンバータ 17 に対して隣接配置されたダイクロイックプリズムアレイ 91 を配置した構成とされている。また、照明光学系 11 は、第 1 の実施の形態における照明光学系 1 の構成に対して、ノッチフィルタ 15 と波長選択性 PBS 14 との間に 1/2 波長板 19 を配置した構成

とされている。ダイクロイックプリズムアレイ 9 1 は、それぞれが互いに異なる偏光作用を持つ複数の分割領域を含む。

[0181] 投影光学系 2 1 は、第 1 の実施の形態における投影光学系 2 (図 1) の構成と同様であり、投影光学系 2 1 の瞳位置 P 2 に第 2 の領域分割波長選択性波長板 5 2 を配置した構成とされている。

[0182] 図 4 1 に示した光学システムにおいて、照明光学系 1 1 は、本開示の技術における「第 1 の光学系」の一具体例に相当する。投影光学系 2 1 は、本開示の技術における「第 2 の光学系」の一具体例に相当する。ダイクロイックプリズムアレイ 9 1 は、本開示の技術における「第 1 の光学素子」の一具体例に相当する。第 2 の領域分割波長選択性波長板 5 2 は、本開示の技術における「第 2 の光学素子」の一具体例に相当する。

[0183] 図 4 0 に示した P S コンバータ 1 7 は、偏光膜 1 7 1 が形成された複数のプリズムブロックを有している。P S コンバータ 1 7 の X 方向に沿った光入射面には、複数のプリズムブロックのうち Y 方向に一つ置きに遮蔽領域 1 7 3 が形成されている。

[0184] ダイクロイックプリズムアレイ 9 1 は、複数のダイクロイックプリズムを有している。複数のダイクロイックプリズムは、第 1 のダイクロイック膜 9 1 1 が形成された第 1 のダイクロイックプリズムと、第 2 のダイクロイック膜 9 1 3 が形成された第 2 のダイクロイックプリズムとを有している。第 1 のダイクロイック膜 9 1 1 は、緑色および青色領域の光を反射する膜である。第 2 のダイクロイック膜 9 1 3 は、緑色領域の光を反射する膜である。

[0185] 第 1 のダイクロイック膜 9 1 1 が形成された第 1 のダイクロイックプリズムは、例えばダイクロイックプリズムアレイ 9 1 の略上半分の領域に複数、配置されている。ダイクロイックプリズムアレイ 9 1 の X 方向に沿った光射出面には、複数の第 1 のダイクロイックプリズムのうち Y 方向に一つ置きに広帯域 1 / 2 波長板 9 1 2 が形成されている。広帯域 1 / 2 波長板 9 1 2 は、P S コンバータ 1 7 の遮蔽領域 1 7 3 に対応する位置に形成されている。

[0186] 第 2 のダイクロイック膜 9 1 3 が形成された第 2 のダイクロイックプリズ

ムは、例えばダイクロイックプリズムアレイ 91 の略下半分の領域に複数、配置されている。ダイクロイックプリズムアレイ 91 の X 方向に沿った光射出面には、複数の第 2 のダイクロイックプリズムのうち Y 方向に一つ置きに広帯域 1 / 2 波長板 912 が形成されている。広帯域 1 / 2 波長板 912 は、PS コンバータ 17 の遮蔽領域 173 に対応する位置に形成されている。

[0187] ダイクロイックプリズムアレイ 91 における Y 方向の中央部（第 1 のダイクロイックプリズムと第 2 のダイクロイックプリズムとの境界部）は遮蔽領域であってもよい。

[0188] 図 40 に示したように PS コンバータ 17 とダイクロイックプリズムアレイ 91 とを組み合わせることによって、例えば略下半分の領域では緑色光の偏光が Z 方向の偏光（S 偏光）となる。また、例えば略上半分の領域では緑色光と青色光の偏光が Z 方向の偏光（S 偏光）となる。これは、ほぼ図 3 に示した第 1 の領域分割波長選択性波長板 51 による偏光分割作用と同じである。これにより、波長選択性波長板を用いずに第 1 の実施の形態に係る光学システムと同等の作用を与えることができる。広帯域 1 / 2 波長板 912 を使う利点は偏光変換効率にある。一般に波長選択性波長板は積層枚数が多く、紙面内の角度ズレが蓄積すると変換効率が悪化し、不要偏光が 0.5 ~ 1 % 程度発生する。この不要偏光は黒コントラストを悪化させるため、なるべく減らすのが望ましい。波長選択性波長板よりも広帯域波長板の積層数を抑えられれば、その分、変換効率は増大し、コントラストを向上することが可能である。

[0189] ダイクロイックプリズムアレイ 91 を用いる構成では、図 41 に示したように PS コンバータ 17 の前に 1 / 2 波長板 19 を入れる等して、青色光に対する偏光方向を Z 方向および Y 方向に均等にしておくことが望ましい。

[0190] 図 42 は、ダイクロイックプリズムアレイ 91 を用いた、第 12 の実施の形態に係る光学システムの第 2 の全体構成例を概略的に示している。

[0191] 図 42 に示した光学システムは、照明光学系 1 J と、投影光学系 2 J とを備えている。

- [0192] 照明光学系 1 J は、図 4 1 に示した照明光学系 1 I (図 1) の構成に対して、ノッチフィルタ 1 5 を省略した構成とされている。
- [0193] 投影光学系 2 J は、第 2 の実施の形態における投影光学系 2 A (図 1 0) の構成と同様であり、図 4 1 に示した投影光学系 2 I の構成に対して、ポスト偏光子 2 2 を省略し、第 2 の領域分割波長選択性波長板 5 2 に代えて、投影光学系 2 J の瞳位置 P 2 に領域分割偏光子 6 2 を配置した構成とされている。
- [0194] 図 4 2 に示した光学システムにおいて、照明光学系 1 J は、本開示の技術における「第 1 の光学系」の一具体例に相当する。投影光学系 2 J は、本開示の技術における「第 2 の光学系」の一具体例に相当する。ダイクロイックプリズムアレイ 9 1 は、本開示の技術における「第 1 の光学素子」の一具体例に相当する。領域分割偏光子 6 2 は、本開示の技術における「第 2 の光学素子」の一具体例に相当する。
- [0195] 図 4 2 に示したように、投影光学系 2 J 内に領域分割偏光子 6 2 を配置すると、第 2 の実施の形態に係る光学システムと類似した状態となり、照明光学系 1 J 内においてノッチフィルタ 1 5 を省いて光量を増大させることが可能である。
- [0196] その他の構成、作用および効果は、上記第 1 または第 2 の実施の形態に係る光学システム等と略同様であってもよい。
- [0197] < 1 3. 第 1 3 の実施の形態 >
- 次に、本開示の第 1 3 の実施の形態に係る光学システムについて説明する。なお、以下では、上記第 1 ないし第 1 2 のいずれかの実施の形態に係る光学システムの構成要素と略同じ部分については、同一符号を付し、適宜説明を省略する。
- [0198] ここでは、第 1 3 の実施の形態として、上記第 1 ないし第 1 2 のいずれかの実施の形態に係る光学システムに対する種々の変形例をまとめて説明する。
- [0199] (変形例 1)

図43は、第13の実施の形態に係る光学システムの全体構成例を概略的に示している。

[0200] 図43に示した光学システムは、照明光学系1と、投影光学系2Kとを備えている。

[0201] 投影光学系2Kは、第1の実施の形態における投影光学系2(図1)の構成に対して、投影光学系2Kの瞳位置P2以降の出射光路上に配置された1/4波長板23をさらに備えている。

[0202] 図43に示した光学システムにおいて、照明光学系1は、本開示の技術における「第1の光学系」の一具体例に相当する。投影光学系2Kは、本開示の技術における「第2の光学系」の一具体例に相当する。

[0203] その他の構成は、上記第1の実施の形態に係る光学システムと略同様である。

[0204] 上記第1ないし第12の実施の形態に係る光学システムにおいて、ポスト偏光子22を配置する構成の場合、図43に示した光学システムのように、ポスト偏光子22の後方に1/4波長板23を配置するようにしてもよい。また、上記第1ないし第12の実施の形態に係る光学システムにおいて、ポスト偏光子22に相当する領域分割偏光子62を配置する場合においても、領域分割偏光子62の後方に1/4波長板23を配置するようにしてもよい。このような構成にすることで、1/4波長板23を通った光は円偏光に変換される。仮に、投影光学系内のいずれかで反射した光がライトバルブ側へ戻っていったとした場合、二重に1/4波長板23を通ることになり、ポスト偏光子22等の偏光子に直交する偏光へと変換され、ポスト偏光子22等の偏光子で遮蔽することができる。この結果、黒地に白を表示した場合のゴースト部分が戻ってくるのを防げるため、ANSIコントラストを上げることも可能である。

[0205] また、1/4波長板23をポスト偏光子22等の偏光子の後に配置すると投影光が円偏光になることにより、スクリーン等の投影面における偏光依存性を低減して投影偏光による色ムラを低減することもできる。特に、第2の

実施の形態に係る光学システム等、投影光学系内に領域分割偏光子62を直交配列した場合、色光によって射出偏光状態が異なるとスクリーンの偏光依存性は見えやすくなるので、1/4波長板23を領域分割偏光子62の後方に置くのが望ましい。この際の1/4波長板23は領域分割されていなくてもよい。これは右回り円偏光と左回り円偏光の差しかないためである。この目的の場合、領域分割偏光子62は吸収型がより望ましい。

[0206] (変形例2)

上記第1ないし第12の実施の形態に係る光学システムにおいて、投影面での色ムラを防ぐため、ポスト偏光子22等の偏光子の後方に偏光スクランブラーを配置してもよい。偏光スクランブラーは、一般に厚みのある水晶板あるいは複屈折材料からなり、複屈折性を利用してランダムな偏光作用を射出偏光へと与える。これによって投影面での偏光依存性のある色ムラを抑えることができる。

[0207] (変形例3)

上記第1ないし第12の実施の形態に係る光学システムでは、ライトバルブが例えばLCO S等の反射型液晶である場合を例にして説明したが、ライトバルブが例えば透過型液晶であってもよい。例えば、原理的にはDMD (Digital Micro Mirror) を用いることも可能である。その場合には、偏光はコントラストに効かなくなるが、第5の実施の形態に係る光学システム(図20)のように、偏光を利用した3次元表示装置の構成にする場合、3次元表示における左右偏光のクロストークを抑えることが可能となる。

[0208] (変形例4)

また蛍光体ホイール11における蛍光体はYAGではなくLuAGなどを用いてもよい。特に、第1の実施の形態に係る光学システムなどのようにノッチフィルタ15による光量損失が多い場合、LuAGの使用は全体のスペクトルを緑寄りにして光量損失を少なくする役目を果たす。さらに、蛍光体ホイール11ではなく、光源に各色のLD等を用いて各色のLDからの各色

光を合成するようにしてもよい。あるいはランプを光源としても同様の構成を取ることができる。この場合、フィールドシーケンシャルの駆動効率が悪いので、4板や6板の構成がより望ましい。

[0209] (変形例5)

上記第1ないし第12の実施の形態に係る光学システムでは、コントラスト増大に主眼を置いたが、本開示の技術の本質的価値は異なるライトバルブからの光に対して異なる作用を与えることができる点にある。従って、例えば第1の実施の形態に係る光学システムにおいて、投影光学系2内にポスト偏光子22を配置せず、領域分割した波長板を配置することで射出偏光を直線偏光に揃えてスクリーン上の色ムラを低減することができる。

[0210] (変形例6)

上記第1ないし第12の実施の形態に係る光学システムで用いられる波長選択性波長板は様々なものが考えられる。ポリオレフィンやポリカーボネートの積層波長板でもよいし、それらを研磨ガラスに挟んで耐久性や平面性を上げることがも可能である。特に投影光学系内で必要とされる反射波面精度はニュートンリング3本(波長630nm)以下であり、厳しいものでは1.5本に達する。ポリオレフィンやポリカーボネート板の単純積層だと、1.5本の反射波面精度には対応が厳しくなるが、研磨ガラスに挟んで平面性を上げたものであれば対応することも可能である。さらに波長選択性波長板は水晶を積層することでも構成でき、特に光量が大きくなった場合にはポリカーボネートやポリオレフィンの耐光性が持たなくなるが、水晶積層板であれば問題なく対応できる。

[0211] その他の構成、作用および効果は、上記第1ないし第12のいずれかの実施の形態に係る光学システムと略同様であってもよい。

[0212] <14. その他の実施の形態>

本開示による技術は、上記各実施の形態の説明に限定されず種々の変形実施が可能である。

[0213] 例えば、本技術は以下のような構成を取ることがもできる。

以下の構成の本技術によれば、第1の光学系において、第1の瞳位置に、それぞれが互いに異なる偏光作用を持つ複数の分割領域を含む第1の光学素子を配置し、第2の光学系において、第1の瞳位置に共役な第2の瞳位置に、それぞれが互いに異なる偏光作用を持つ複数の分割領域を含む第2の光学素子を配置するようにしたので、コントラストの向上を図ることが可能となる。

[0214] (1)

それぞれが互いに異なる偏光作用を持つ複数の分割領域を含む第1の光学素子を有し、光学系内の第1の瞳位置に前記第1の光学素子が配置され、互いに波長帯域の異なる複数の色光を含む照明光を生成する第1の光学系と、

それぞれが、前記照明光に含まれる前記複数の色光のうち少なくとも1つの色光を変調する複数のライトバルブと、

それぞれが互いに異なる偏光作用を持つ複数の分割領域を含む第2の光学素子を有し、前記第1の瞳位置に共役な第2の瞳位置に前記第2の光学素子が配置され、前記複数のライトバルブによって変調された後の前記複数の色光が入射する第2の光学系と

を備える

光学システム。

(2)

前記第1の光学素子における前記複数の分割領域のそれぞれと、前記第2の光学素子における前記複数の分割領域のそれぞれとが、互いに共役である
上記(1)に記載の光学システム。

(3)

前記複数の色光のうち少なくとも1つの色光が、前記複数のライトバルブのうち2つのライトバルブに入射する

上記(1)または(2)に記載の光学システム。

(4)

前記少なくとも1つの色光が、偏光の違いによって分岐されることによ

て、前記2つのライトバルブに入射する

上記(3)に記載の光学システム。

(5)

前記複数のライトバルブは前記2つのライトバルブで構成されている

上記(3)または(4)に記載の光学システム。

(6)

前記複数の色光は第1ないし第3の色光を含み、

前記第1の色光が前記2つのライトバルブに入射し、

前記第2の色光が前記2つのライトバルブのうち的一方に入射し、

前記第3の色光が前記2つのライトバルブのうち他方に入射する

上記(5)に記載の光学システム。

(7)

前記少なくとも1つの色光の波長帯域は、500nmより短い

上記(3)ないし(6)のいずれか1つに記載の光学システム。

(8)

前記第2の光学系は、前記第2の光学素子の出射光路上に配置された偏光子、をさらに有する

上記(1)ないし(7)のいずれか1つに記載の光学システム。

(9)

前記第2の光学素子は、領域分割偏光子である

上記(1)ないし(7)のいずれか1つに記載の光学システム。

(10)

前記第1の光学系は、少なくとも1つの波長帯域の光を前記複数の色光に分離する波長分離作用を有する

上記(1)ないし(9)のいずれか1つに記載の光学システム。

(11)

前記第1の瞳位置における前記複数の分割領域のそれぞれにおける波長分布が互いに異なる

上記（１）ないし（１０）のいずれか１つに記載の光学システム。

（１２）

前記第２の光学素子は、前記複数の分割領域のそれぞれが互いに異なる偏光方向の光を透過する作用を有する領域分割偏光子である

上記（１１）に記載の光学システム。

（１３）

前記複数のライトバルブには、互いに異なる偏光方向の色光が入射する

上記（１１）または（１２）に記載の光学システム。

（１４）

前記複数の色光は青色光を含み、

前記複数のライトバルブは４つのライトバルブで構成され、

前記４つのライトバルブのうち２つのライトバルブに前記青色光が入射する

上記（１）または（２）に記載の光学システム。

（１５）

前記第１の光学系から射出された前記青色光の光路上に設けられ、前記青色光を前記２つのライトバルブに向けて分岐させる偏光分離素子、をさらに備える

上記（１４）に記載の光学システム。

（１６）

前記複数の色光は第１ないし第３の色光を含み、

前記複数のライトバルブは第１ないし第６のライトバルブで構成され、

前記第１および第２のライトバルブのそれぞれに、互いに異なる偏光方向の前記第１の色光が入射し、

前記第３および第４のライトバルブのそれぞれに、互いに異なる偏光方向の前記第２の色光が入射し、

前記第５および第６のライトバルブのそれぞれに、互いに異なる偏光方向の前記第３の色光が入射する

上記（１）または（２）に記載の光学システム。

（１７）

前記第２の光学系における、前記第２の瞳位置以降の出射光路上に配置された１／４波長板、をさらに備える

上記（１）ないし（１６）のいずれか１つに記載の光学システム。

（１８）

前記第１の光学素子は、ダイクロイックプリズムアレイを含む

上記（１）ないし（１７）のいずれか１つに記載の光学システム。

（１９）

前記第２の光学系は、前記複数のライトバルブによって生成された画像を投影面に投影する投影光学系である

上記（１）ないし（１８）のいずれか１つに記載の光学システム。

[0215] 本出願は、日本国特許庁において２０１９年２月７日に出願された日本特許出願番号第２０１９－２０８６４号を基礎として優先権を主張するものであり、この出願のすべての内容を参照によって本出願に援用する。

[0216] 当業者であれば、設計上の要件や他の要因に応じて、種々の修正、コンビネーション、サブコンビネーション、および変更を想到し得るが、それらは添付の請求の範囲やその均等物の範囲に含まれるものであることが理解される。

請求の範囲

- [請求項1] それぞれが互いに異なる偏光作用を持つ複数の分割領域を含む第1の光学素子を有し、光学系内の第1の瞳位置に前記第1の光学素子が配置され、互いに波長帯域の異なる複数の色光を含む照明光を生成する第1の光学系と、
- それぞれが、前記照明光に含まれる前記複数の色光のうち少なくとも1つの色光を変調する複数のライトバルブと、
- それぞれが互いに異なる偏光作用を持つ複数の分割領域を含む第2の光学素子を有し、前記第1の瞳位置に共役な第2の瞳位置に前記第2の光学素子が配置され、前記複数のライトバルブによって変調された後の前記複数の色光が入射する第2の光学系と
- を備える
- 光学システム。
- [請求項2] 前記第1の光学素子における前記複数の分割領域のそれぞれと、前記第2の光学素子における前記複数の分割領域のそれぞれとが、互いに共役である
- 請求項1に記載の光学システム。
- [請求項3] 前記複数の色光のうち少なくとも1つの色光が、前記複数のライトバルブのうち2つのライトバルブに入射する
- 請求項1に記載の光学システム。
- [請求項4] 前記少なくとも1つの色光が、偏光の違いによって分岐されることによって、前記2つのライトバルブに入射する
- 請求項3に記載の光学システム。
- [請求項5] 前記複数のライトバルブは前記2つのライトバルブで構成されている
- 請求項3に記載の光学システム。
- [請求項6] 前記複数の色光は第1ないし第3の色光を含み、
- 前記第1の色光が前記2つのライトバルブに入射し、

- 前記第2の色光が前記2つのライトバルブのうち的一方に入射し、
前記第3の色光が前記2つのライトバルブのうち他方に入射する
請求項5に記載の光学システム。
- [請求項7] 前記少なくとも1つの色光の波長帯域は、500nmより短い
請求項3に記載の光学システム。
- [請求項8] 前記第2の光学系は、前記第2の光学素子の出射光路上に配置され
た偏光子、をさらに有する
請求項1に記載の光学システム。
- [請求項9] 前記第2の光学素子は、領域分割偏光子である
請求項1に記載の光学システム。
- [請求項10] 前記第1の光学系は、少なくとも1つの波長帯域の光を前記複数の
色光に分離する波長分離作用を有する
請求項1に記載の光学システム。
- [請求項11] 前記第1の瞳位置における前記複数の分割領域のそれぞれにおける
波長分布が互いに異なる
請求項1に記載の光学システム。
- [請求項12] 前記第2の光学素子は、前記複数の分割領域のそれぞれが互いに異
なる偏光方向の光を透過する作用を有する領域分割偏光子である
請求項11に記載の光学システム。
- [請求項13] 前記複数のライトバルブには、互いに異なる偏光方向の色光が入射
する
請求項11に記載の光学システム。
- [請求項14] 前記複数の色光は青色光を含み、
前記複数のライトバルブは4つのライトバルブで構成され、
前記4つのライトバルブのうち2つのライトバルブに前記青色光が
入射する
請求項1に記載の光学システム。
- [請求項15] 前記第1の光学系から射出された前記青色光の光路上に設けられ、

前記青色光を前記2つのライトバルブに向けて分岐させる偏光分離素子、をさらに備える

請求項14に記載の光学システム。

[請求項16]

前記複数の色光は第1ないし第3の色光を含み、

前記複数のライトバルブは第1ないし第6のライトバルブで構成され、

前記第1および第2のライトバルブのそれぞれに、互いに異なる偏光方向の前記第1の色光が入射し、

前記第3および第4のライトバルブのそれぞれに、互いに異なる偏光方向の前記第2の色光が入射し、

前記第5および第6のライトバルブのそれぞれに、互いに異なる偏光方向の前記第3の色光が入射する

請求項1に記載の光学システム。

[請求項17]

前記第2の光学系における、前記第2の瞳位置以降の出射光路上に配置された1/4波長板、をさらに備える

請求項1に記載の光学システム。

[請求項18]

前記第1の光学素子は、ダイクロイックプリズムアレイを含む

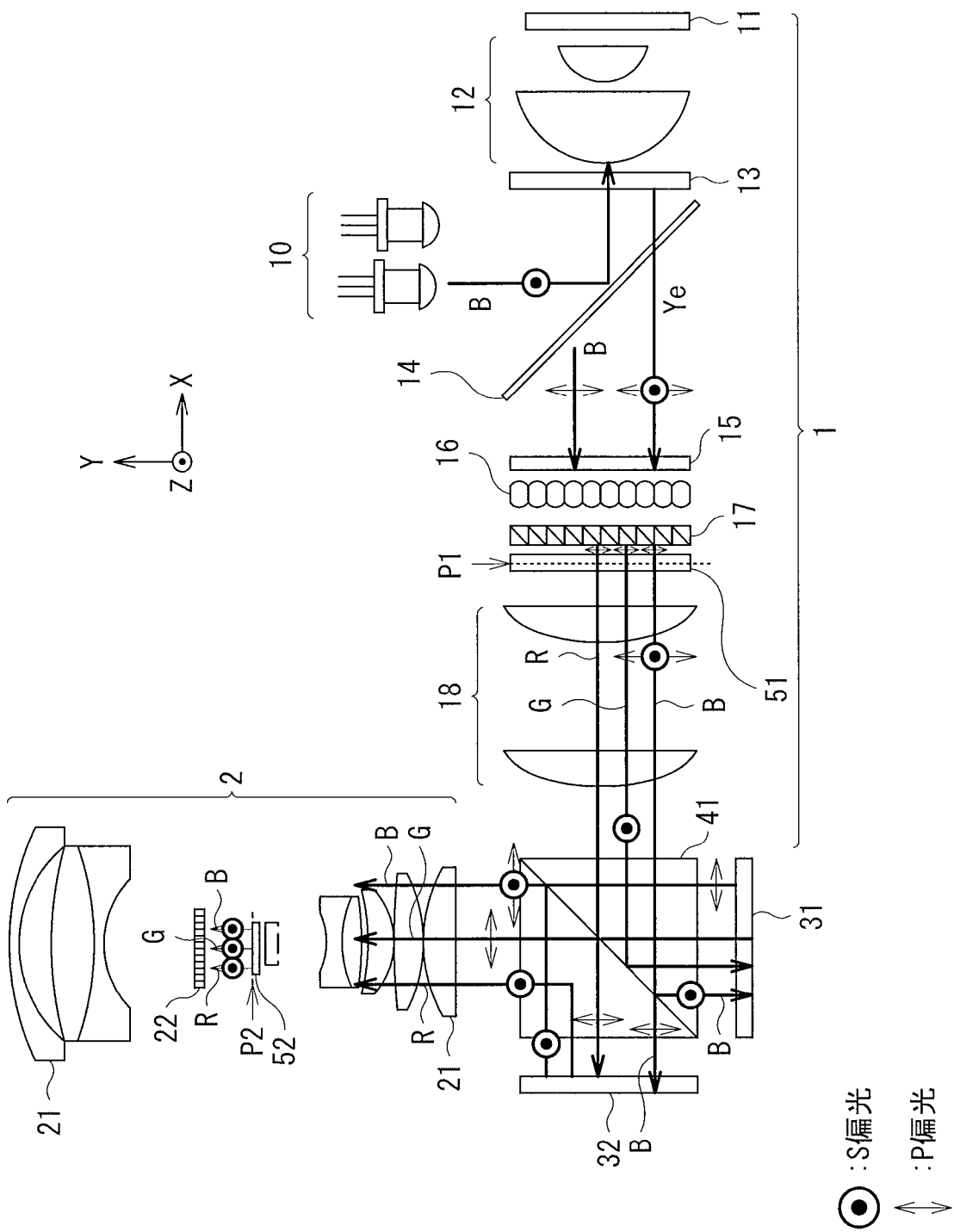
請求項1に記載の光学システム。

[請求項19]

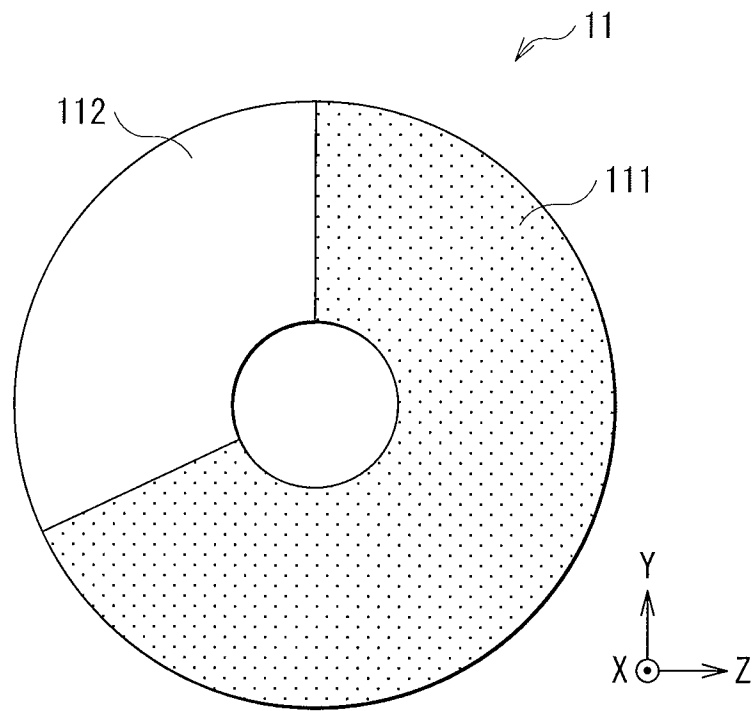
前記第2の光学系は、前記複数のライトバルブによって生成された画像を投影面に投影する投影光学系である

請求項1に記載の光学システム。

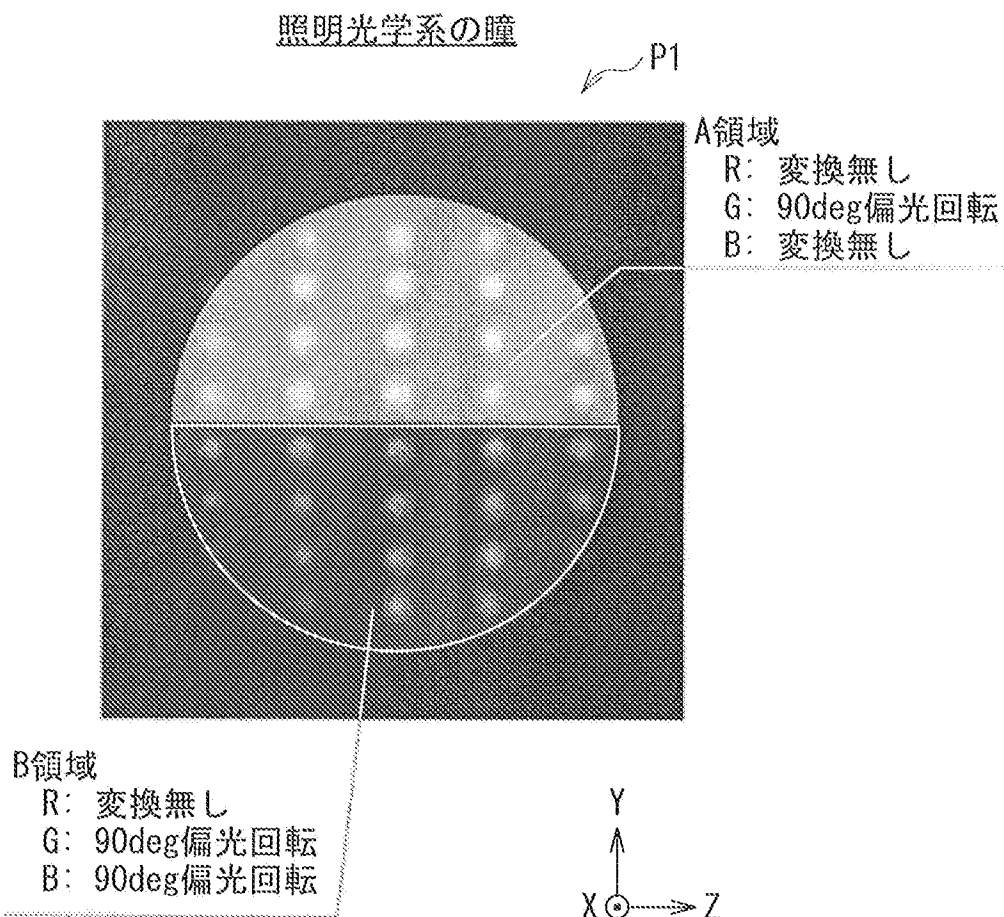
[図1]



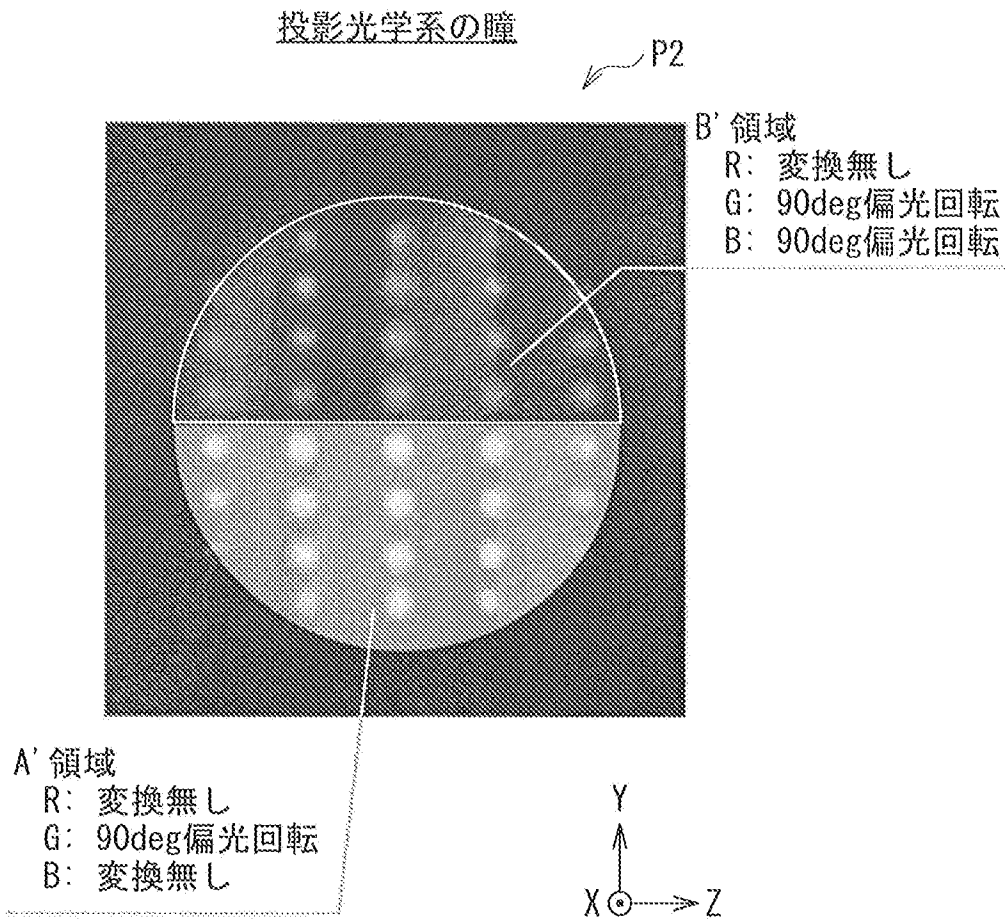
[図2]



[図3]

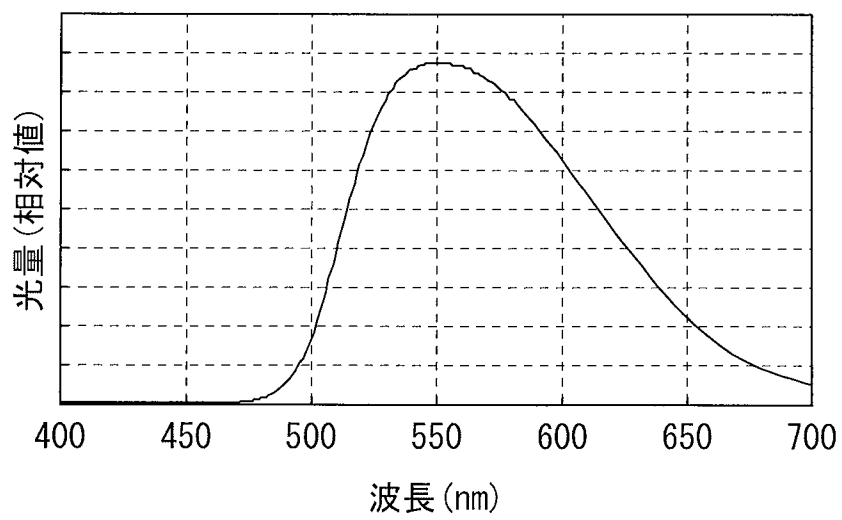


[図4]



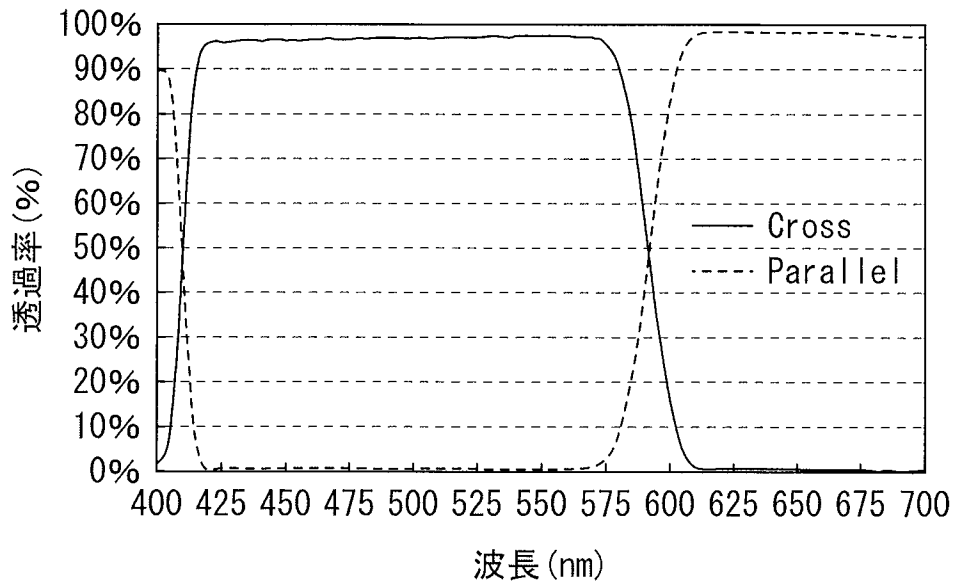
[図5]

YAG蛍光体の蛍光スペクトル



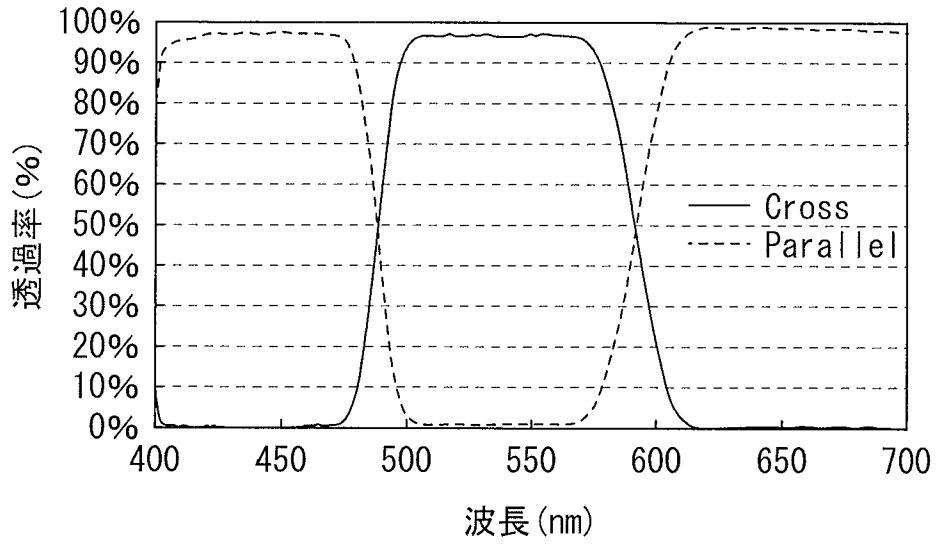
[図6]

B領域、B'領域

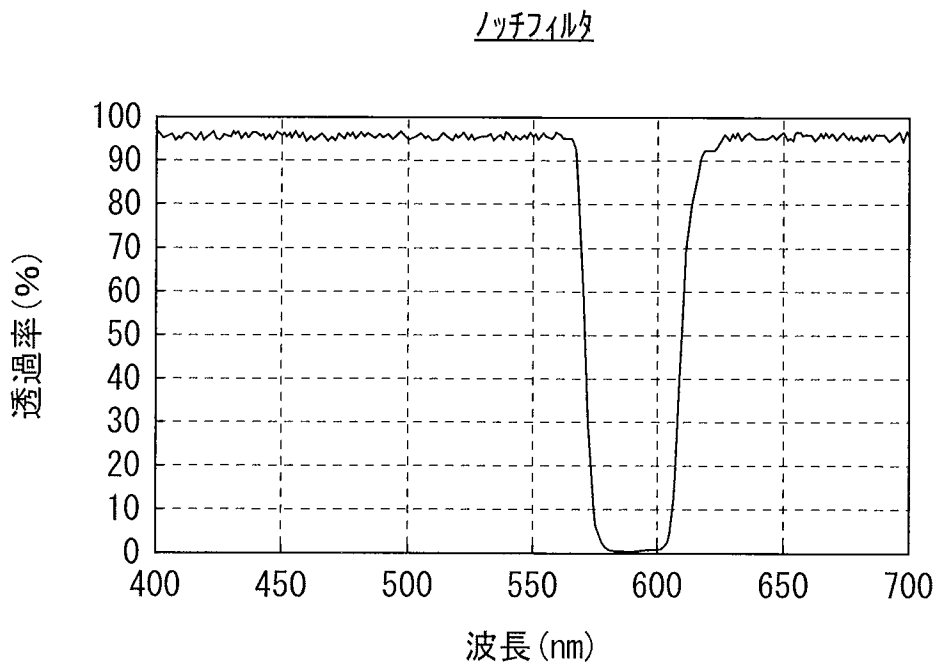


[図7]

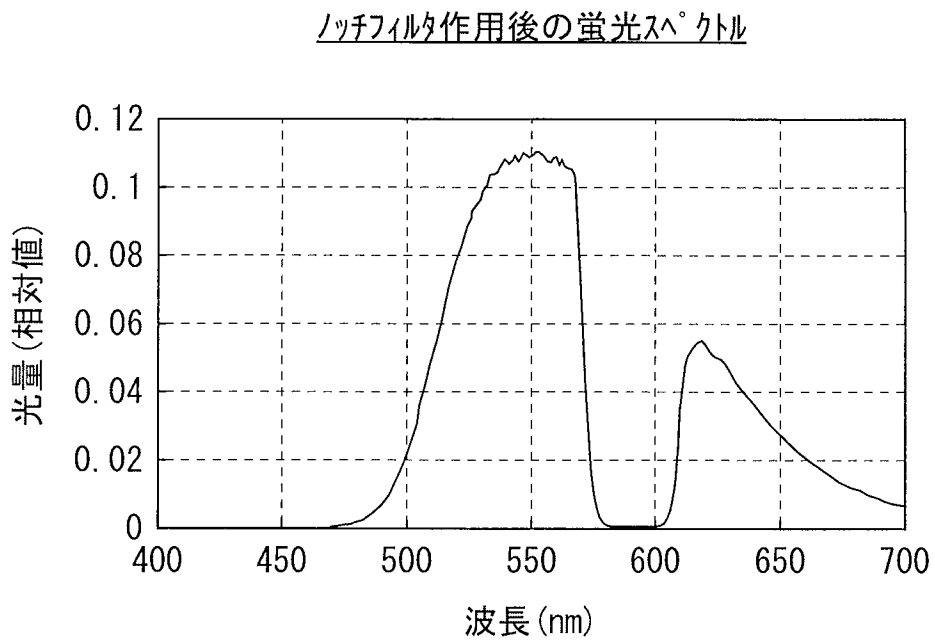
A領域、A'領域



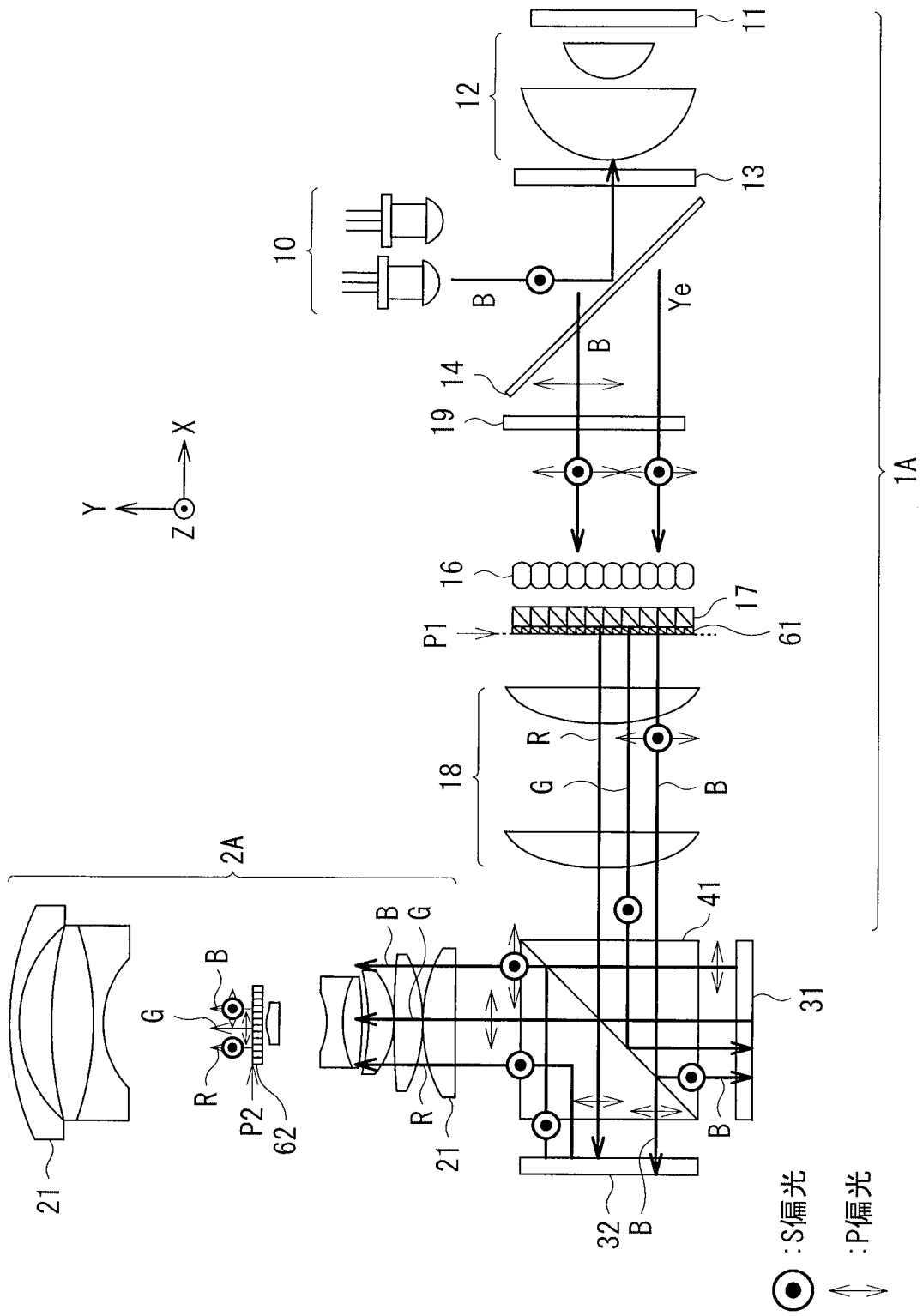
[図8]



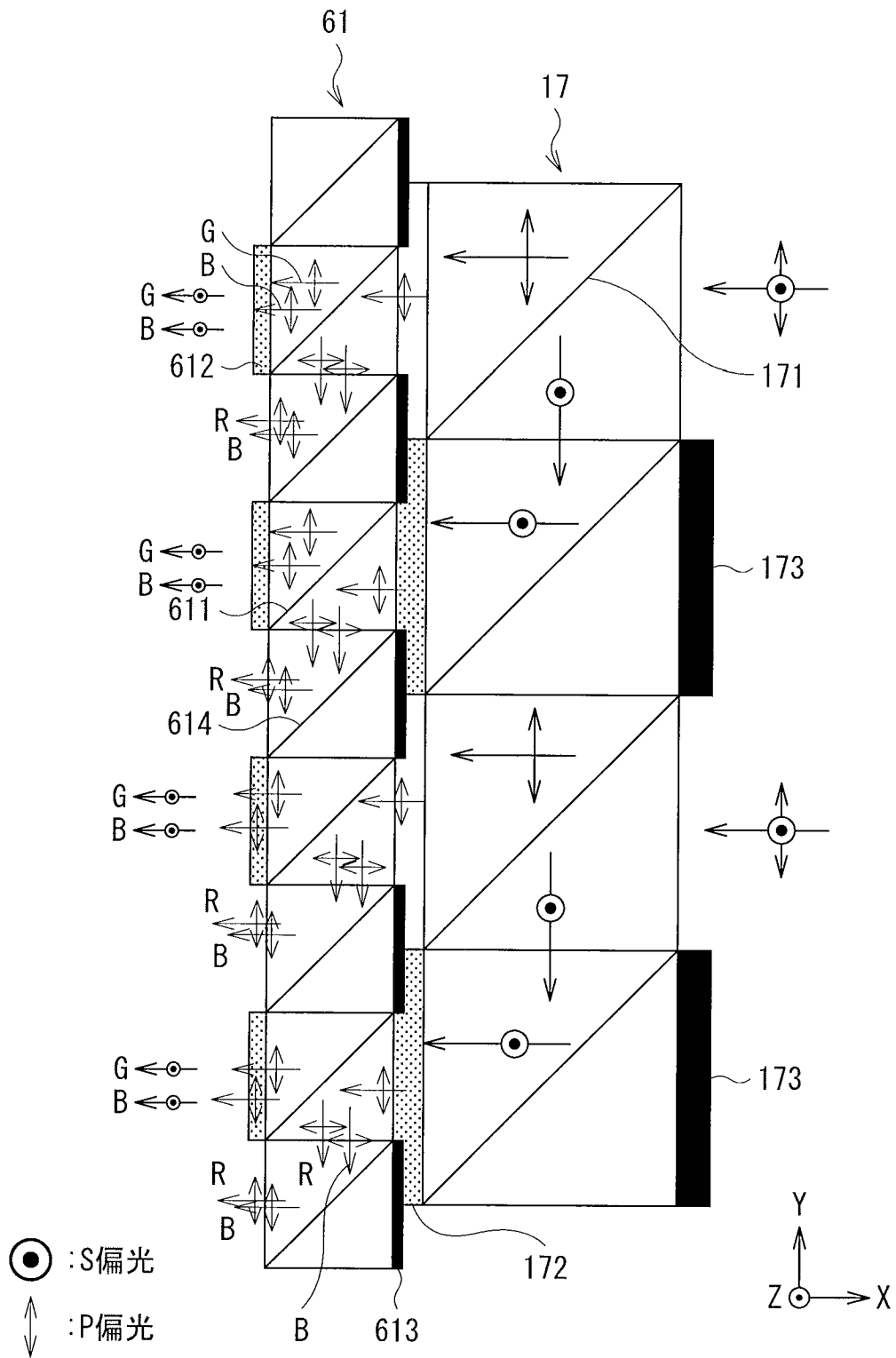
[図9]



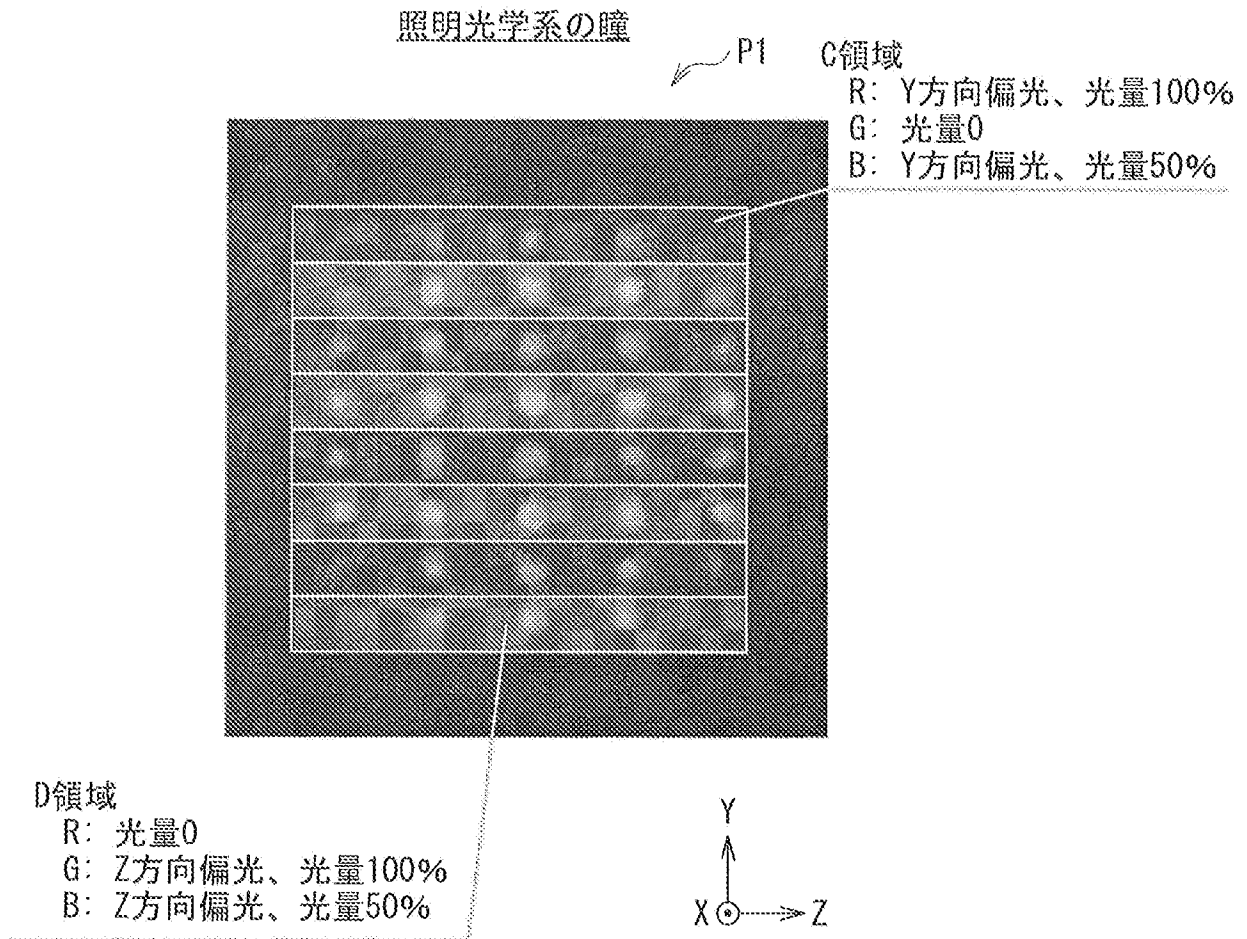
[図10]



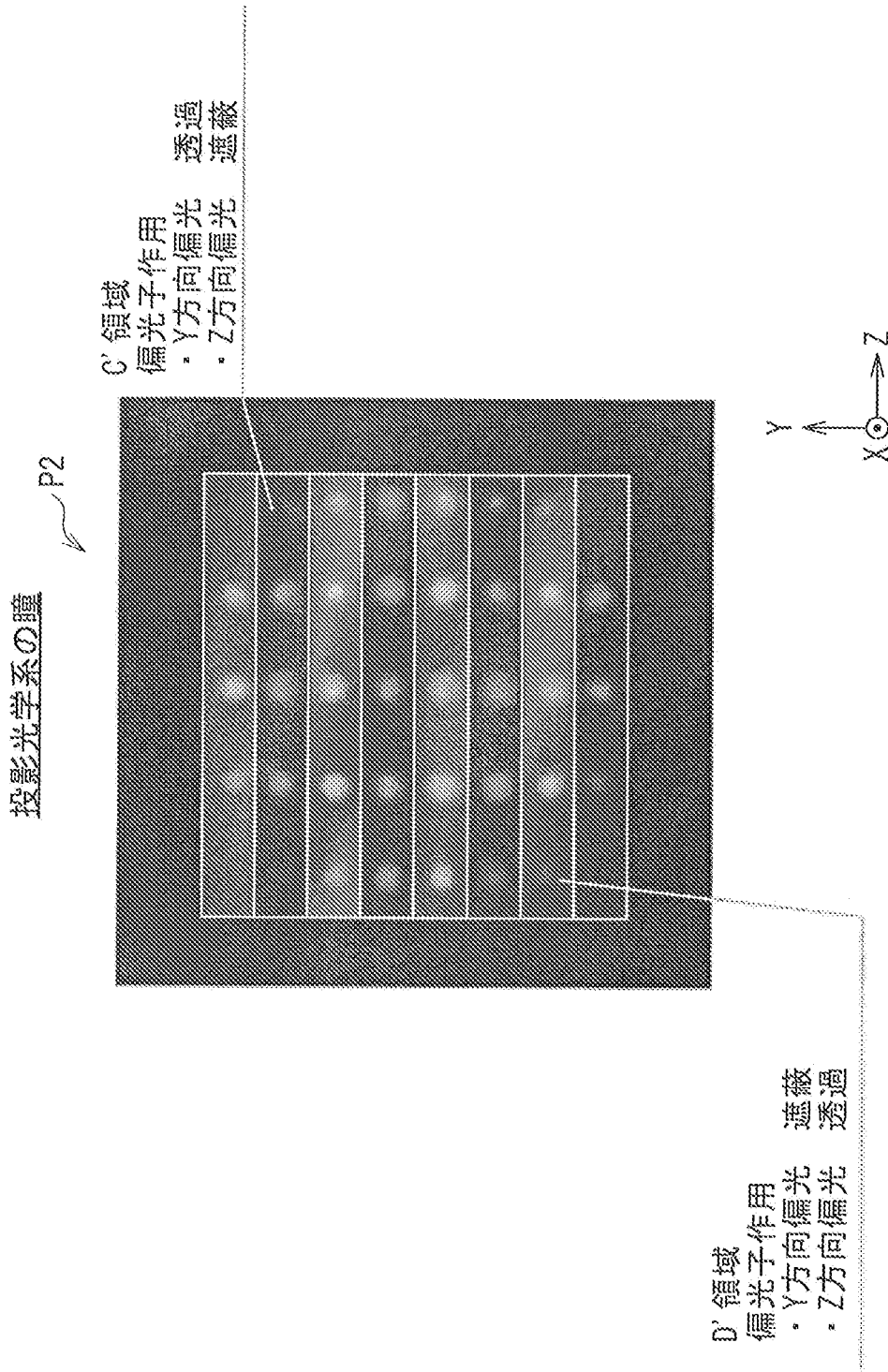
[図11]



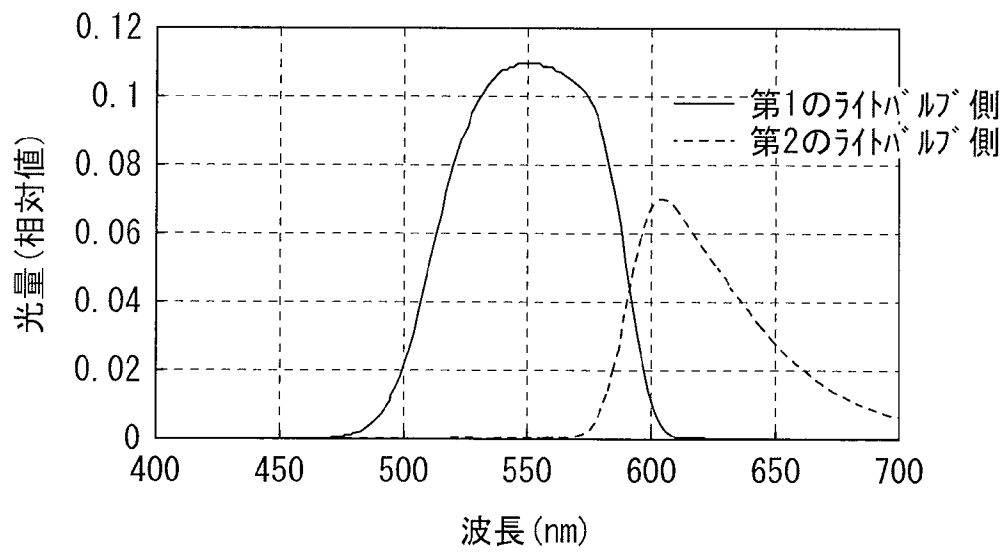
[図12]



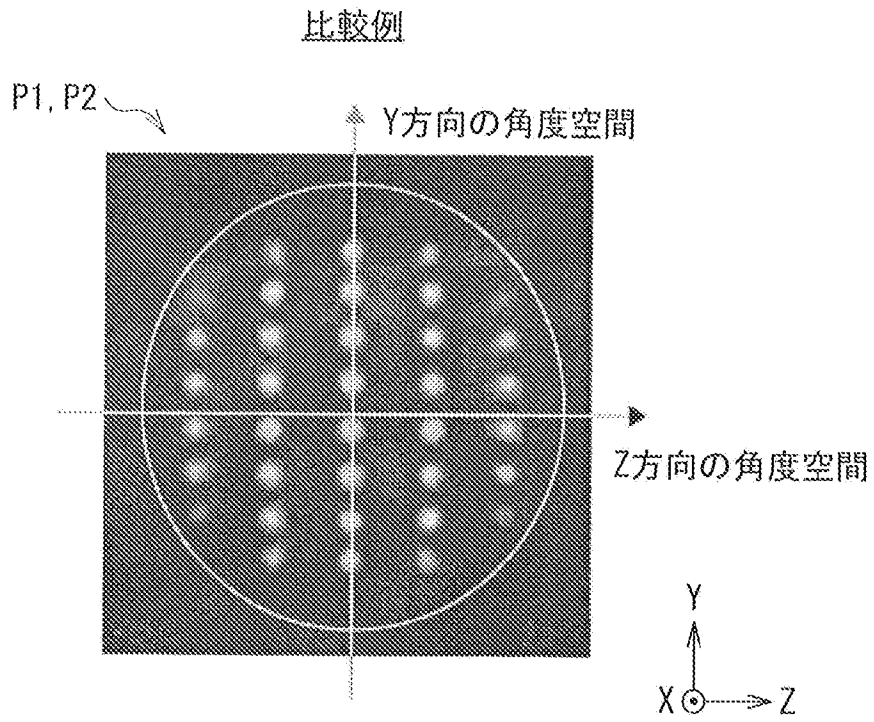
[図13]



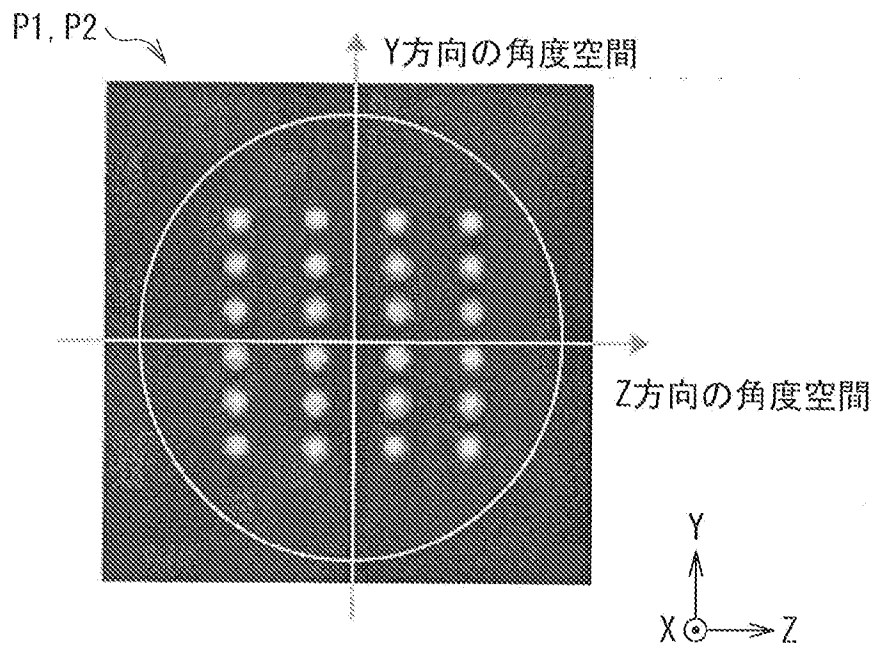
[図14]



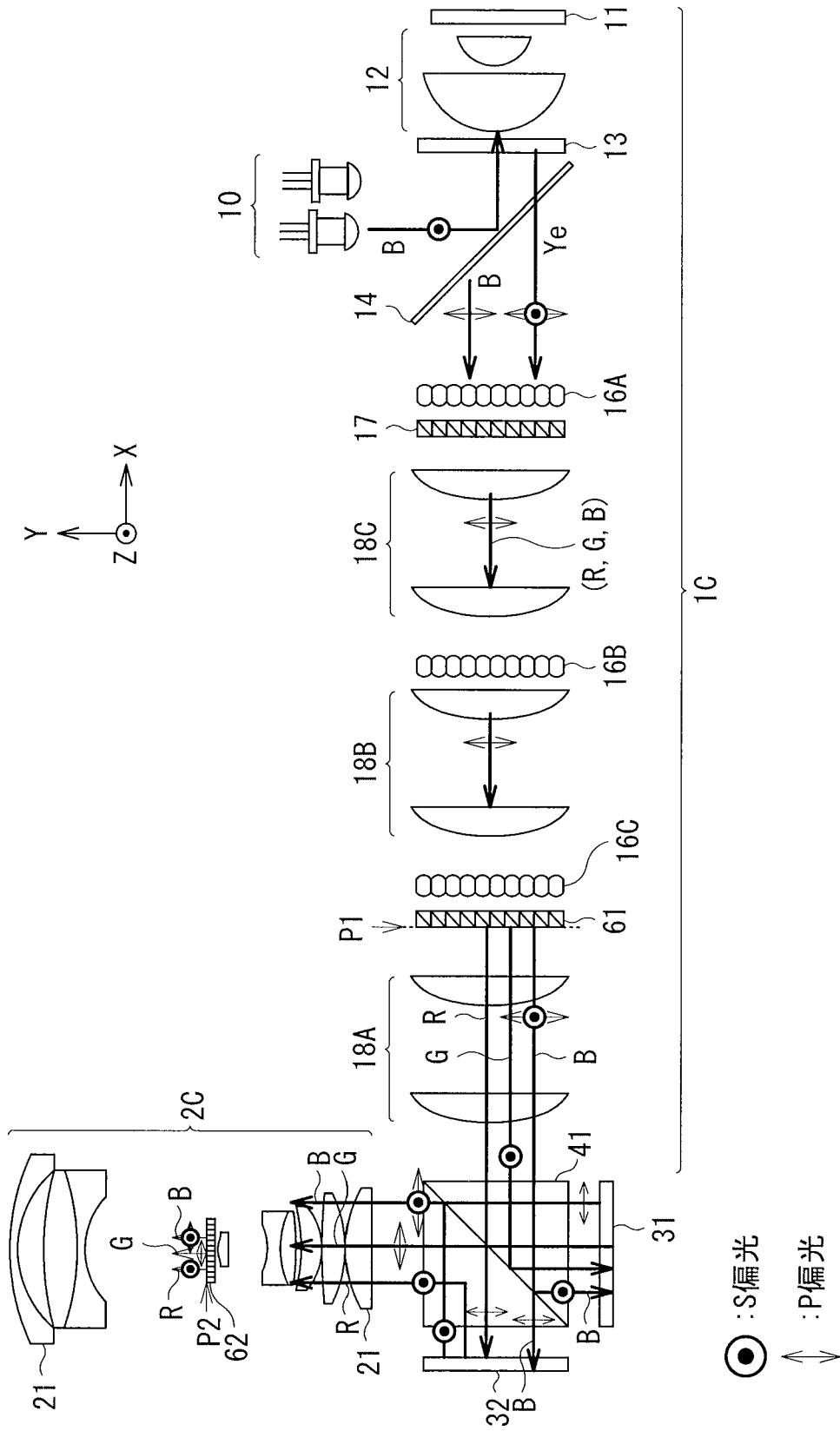
[図16]



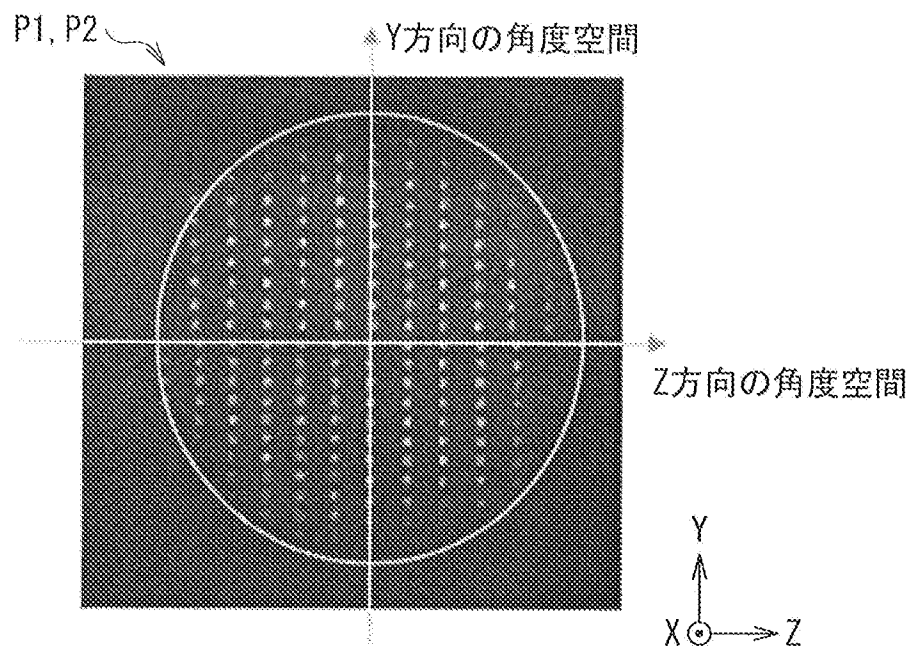
[図17]



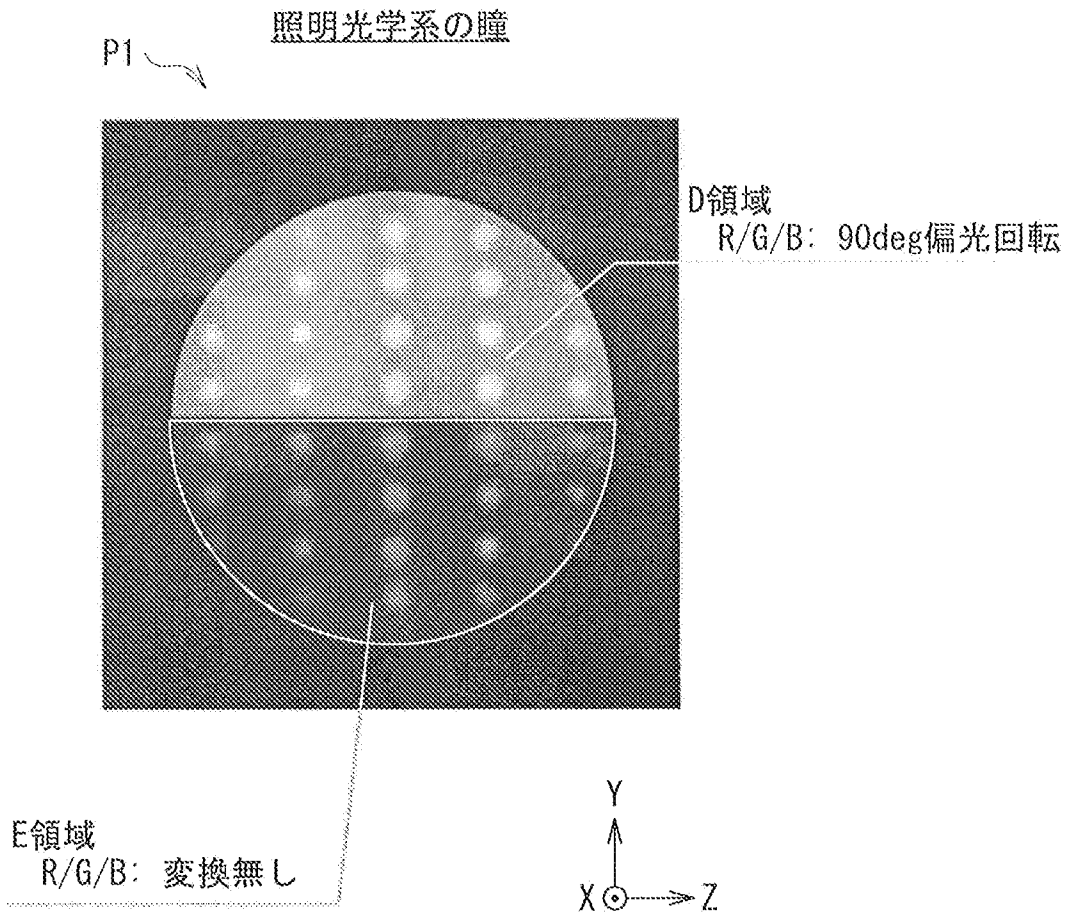
[図18]



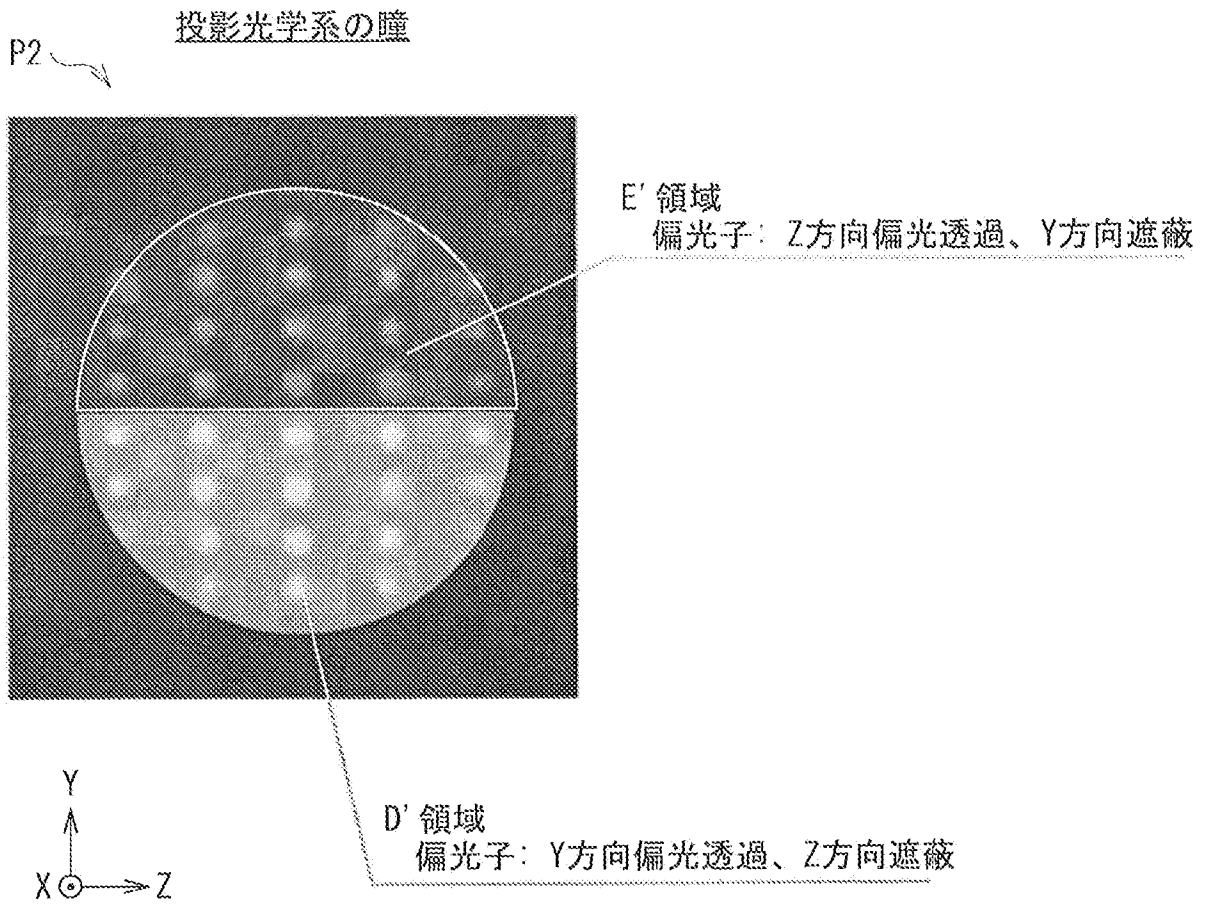
[図19]



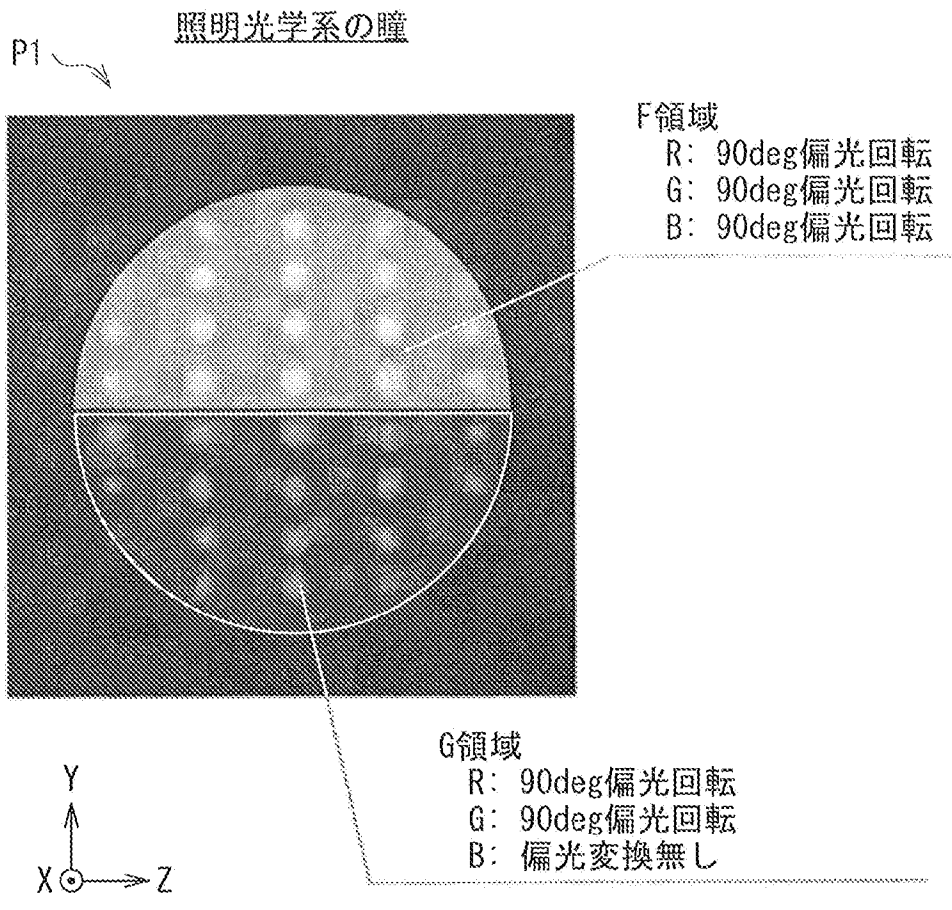
[図21]



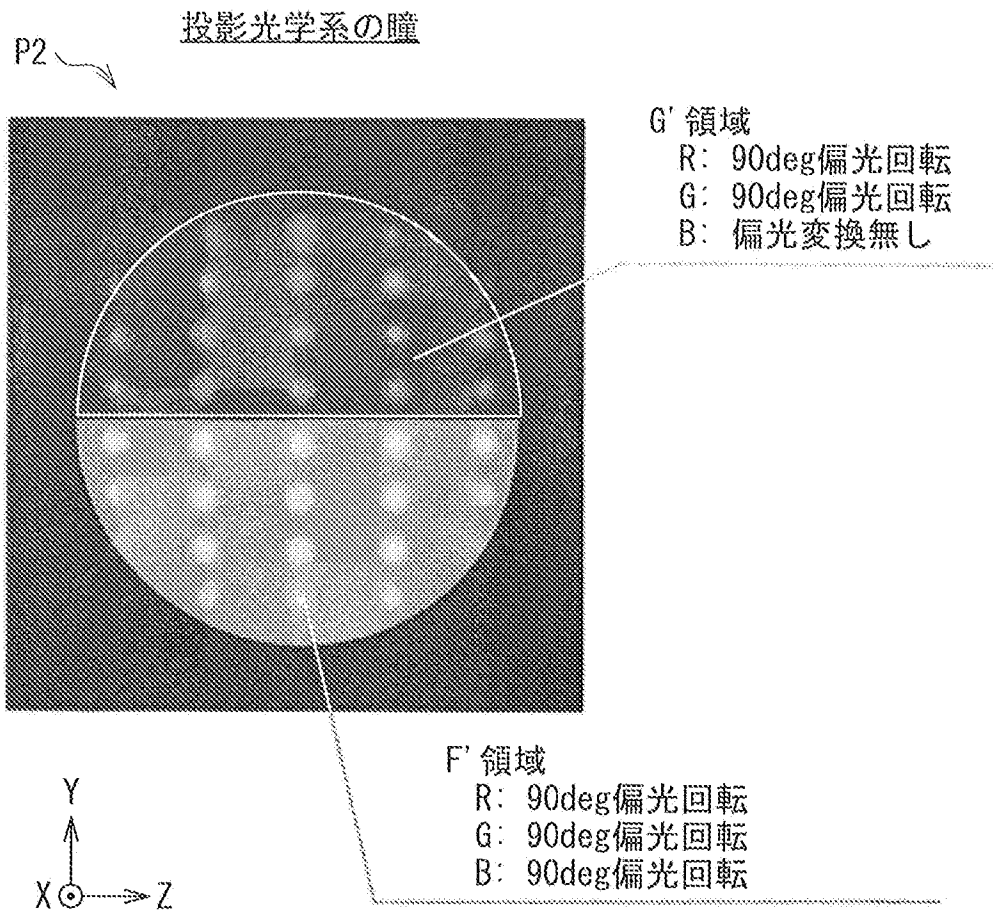
[図22]



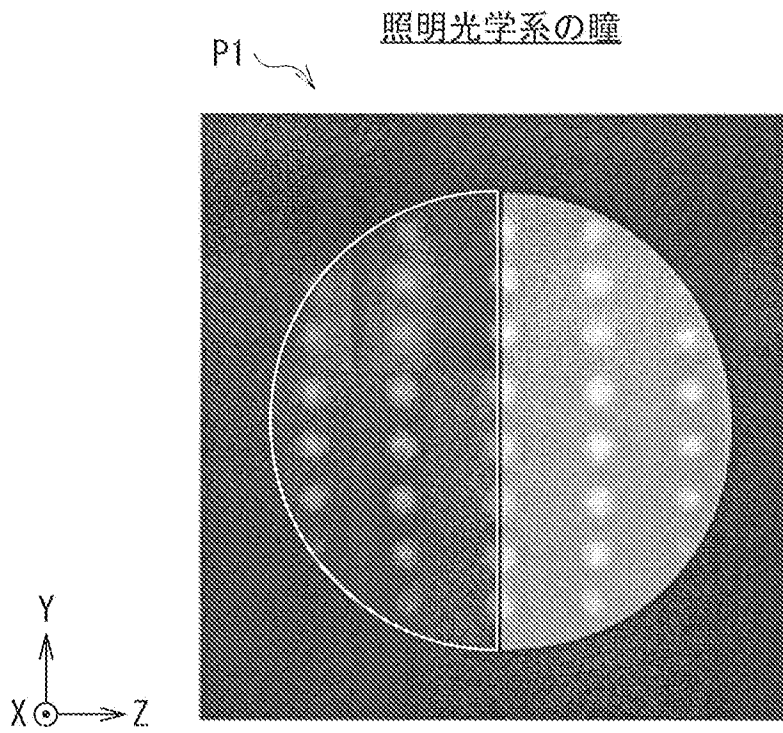
[図24]



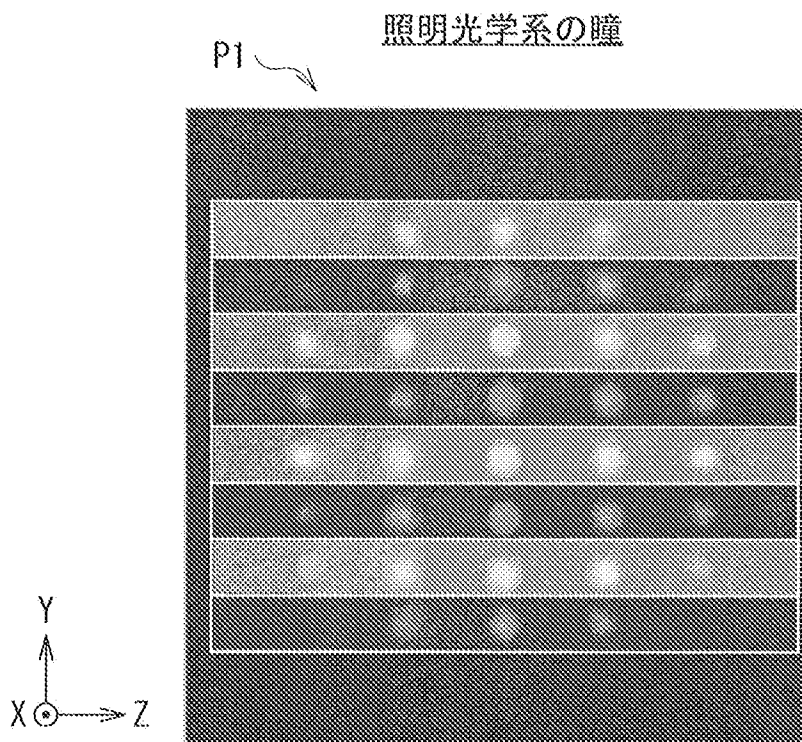
[図25]



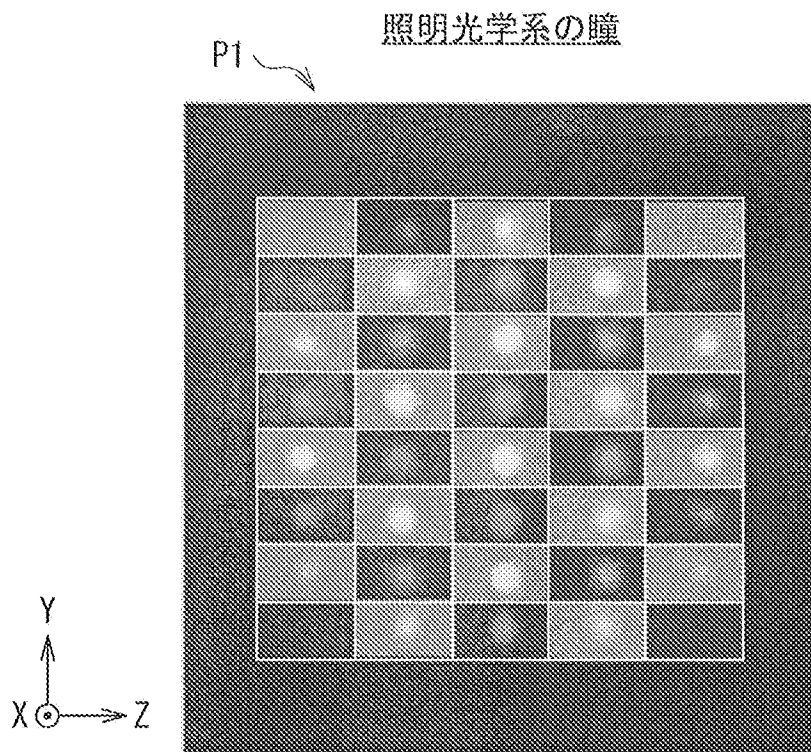
[図27]



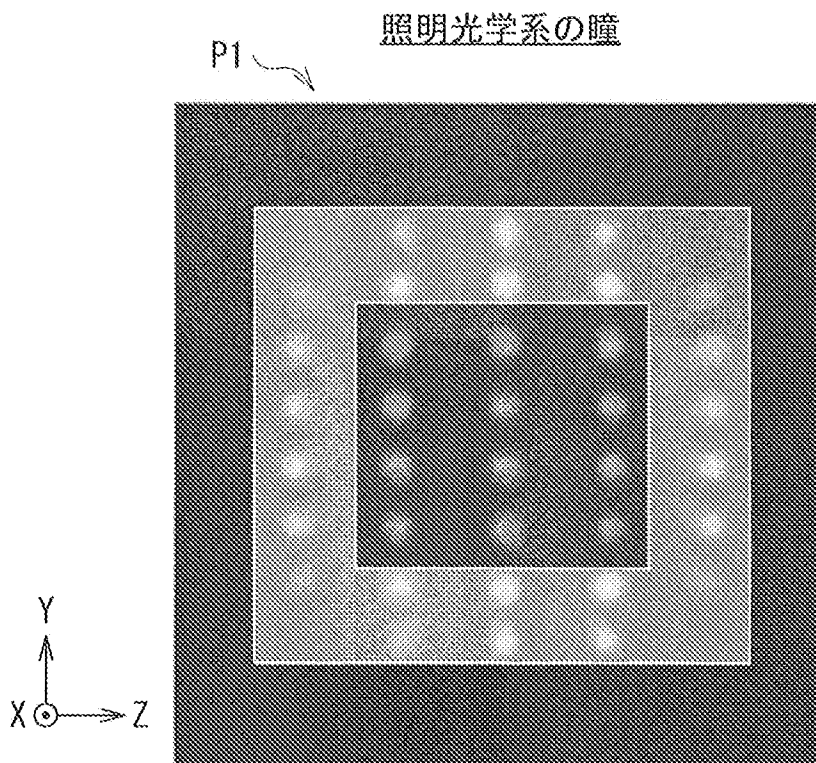
[図28]



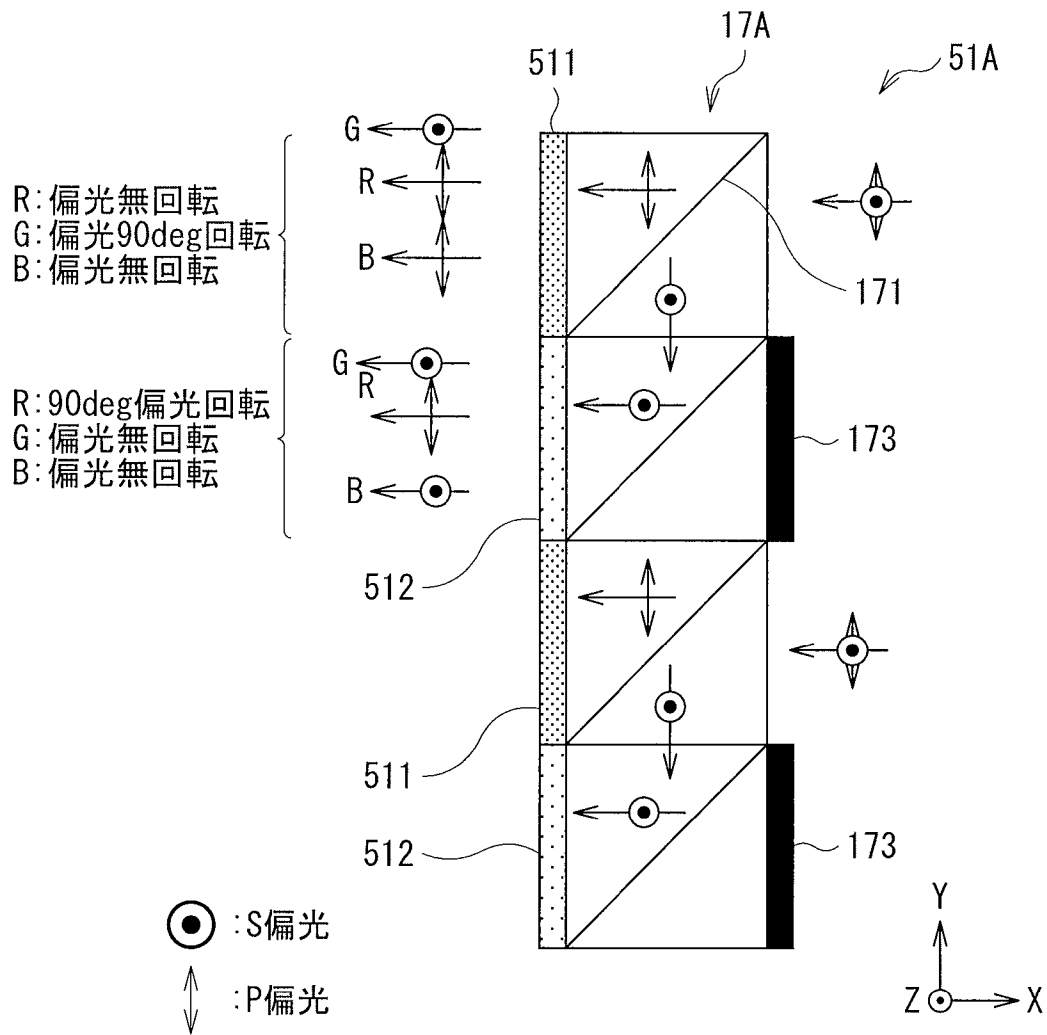
[図29]



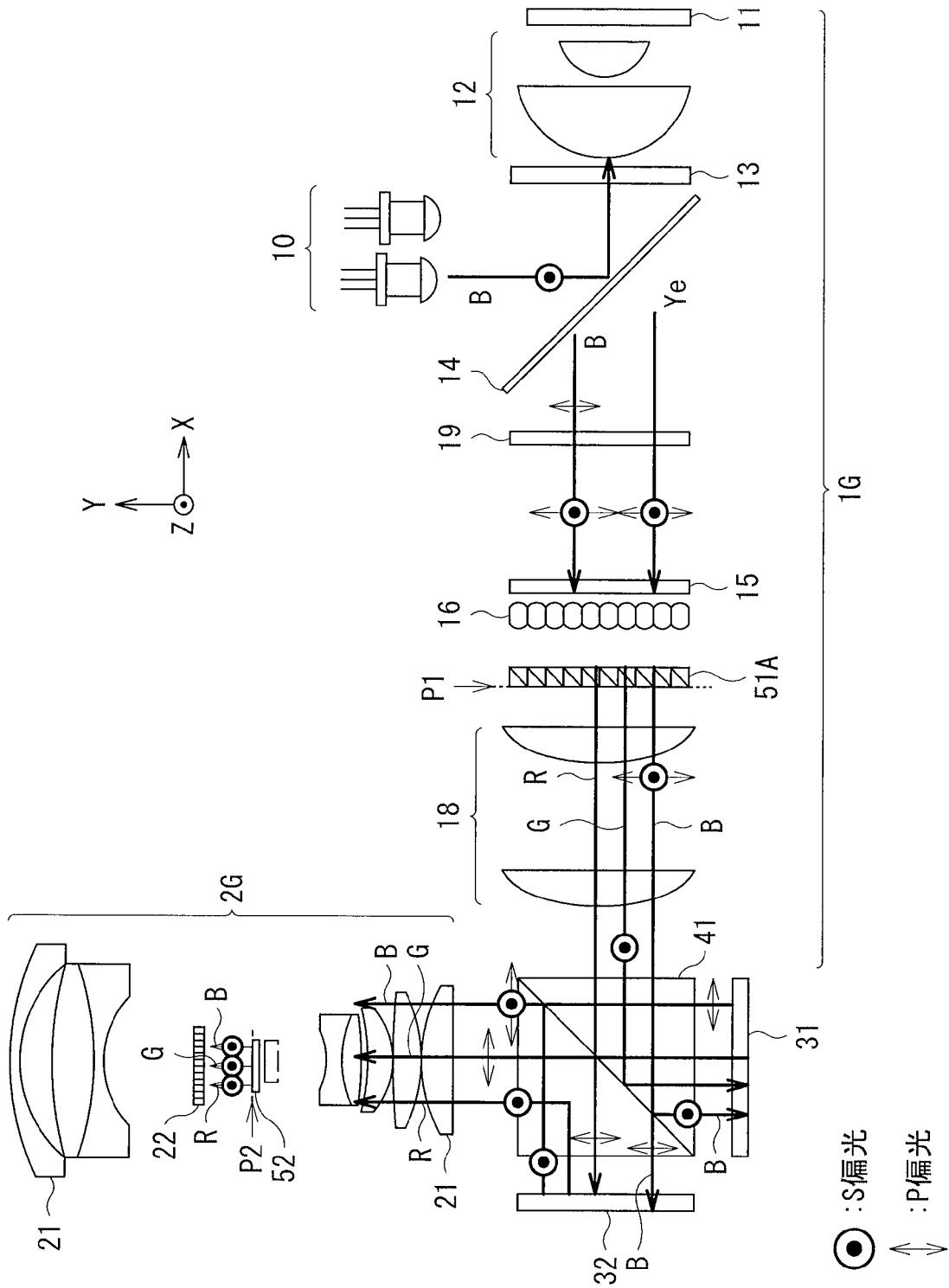
[図30]



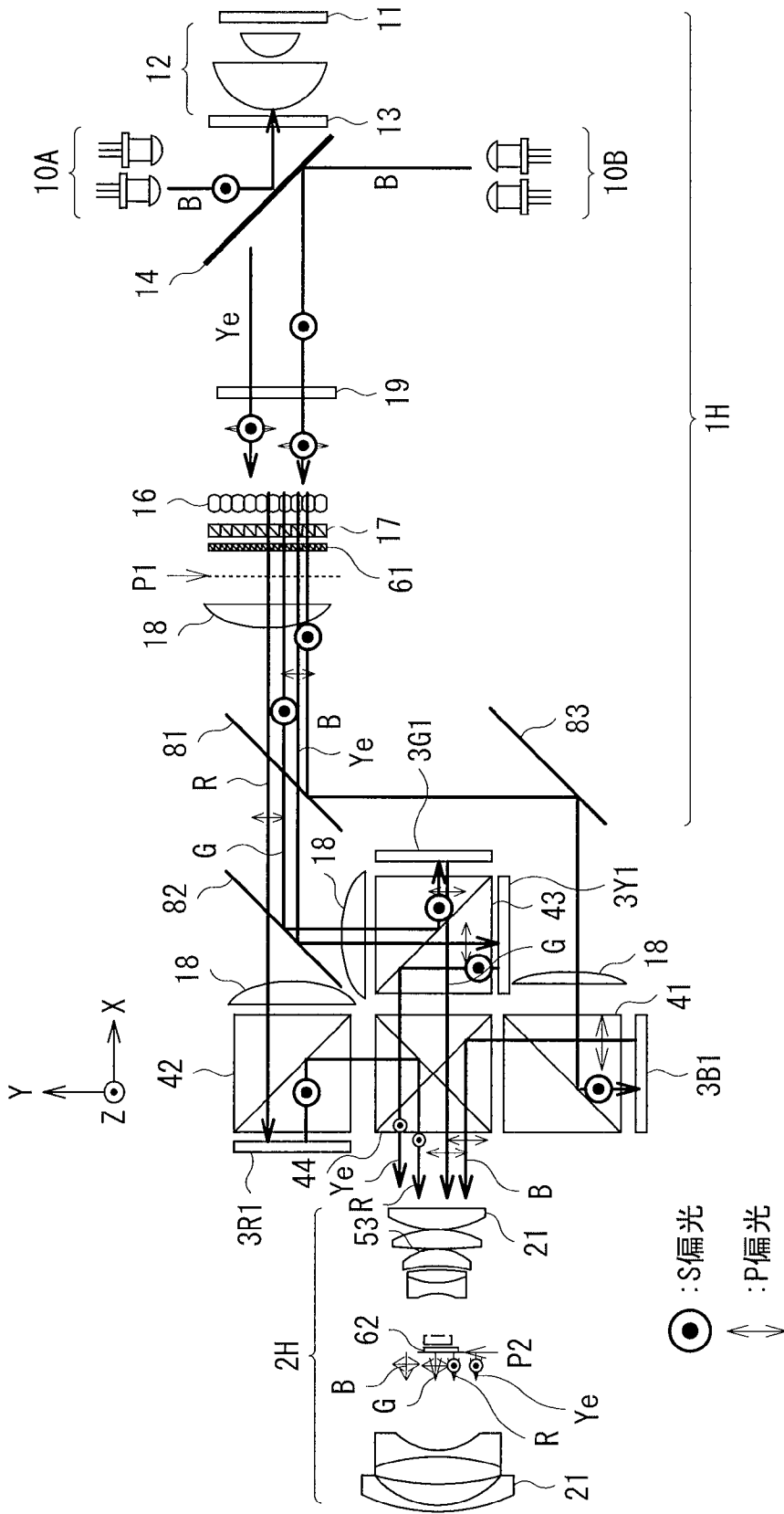
[図31]



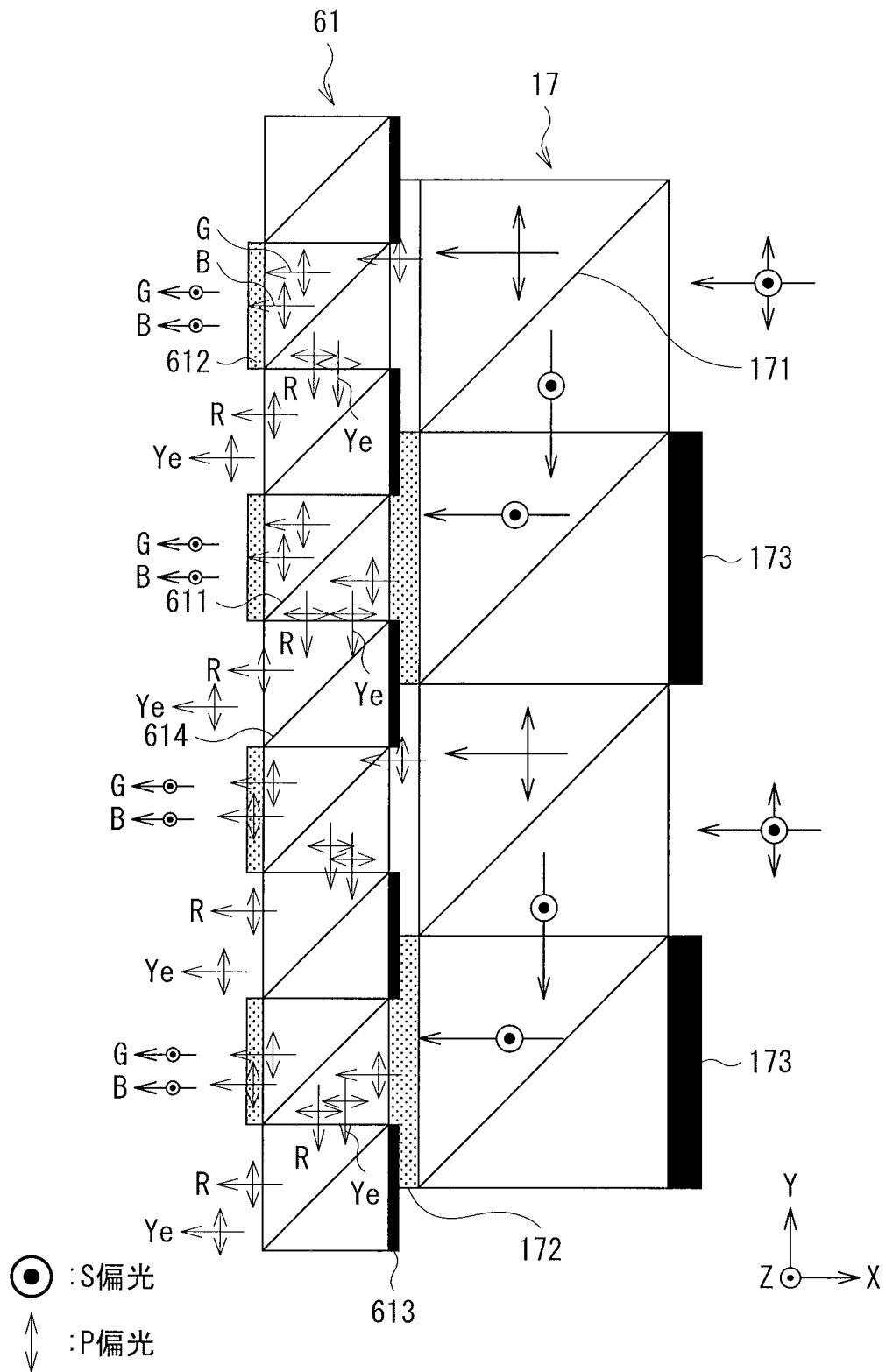
[図32]



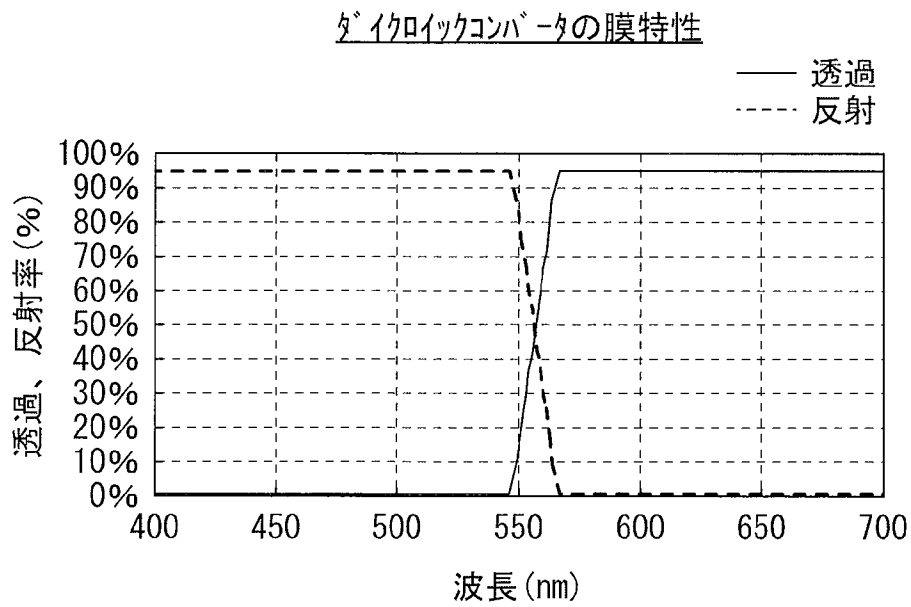
[図33]



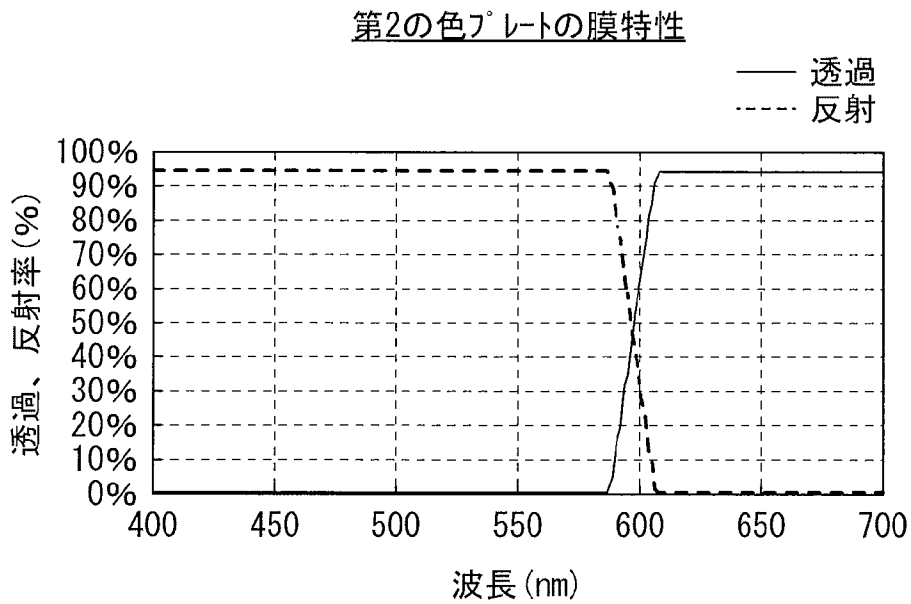
[図34]



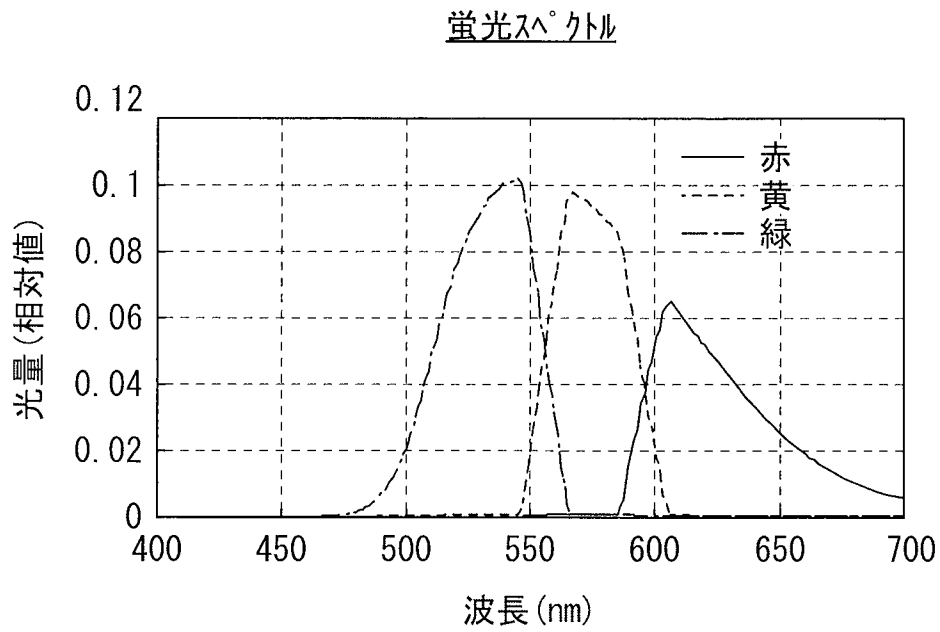
[図35]



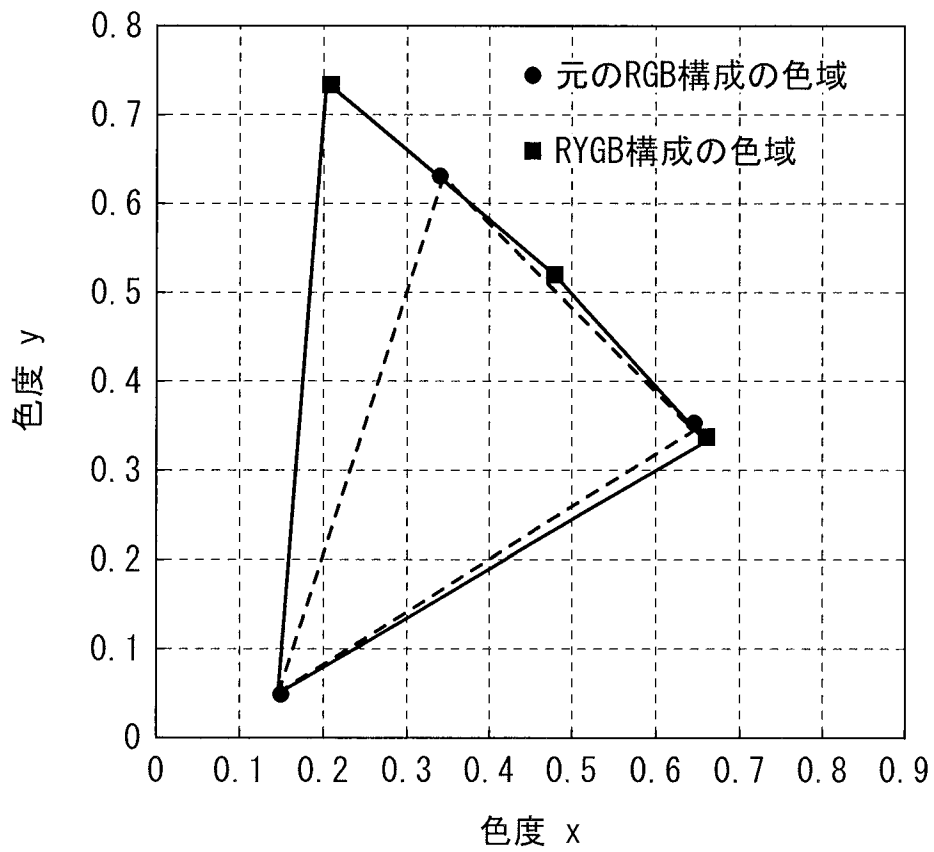
[図36]



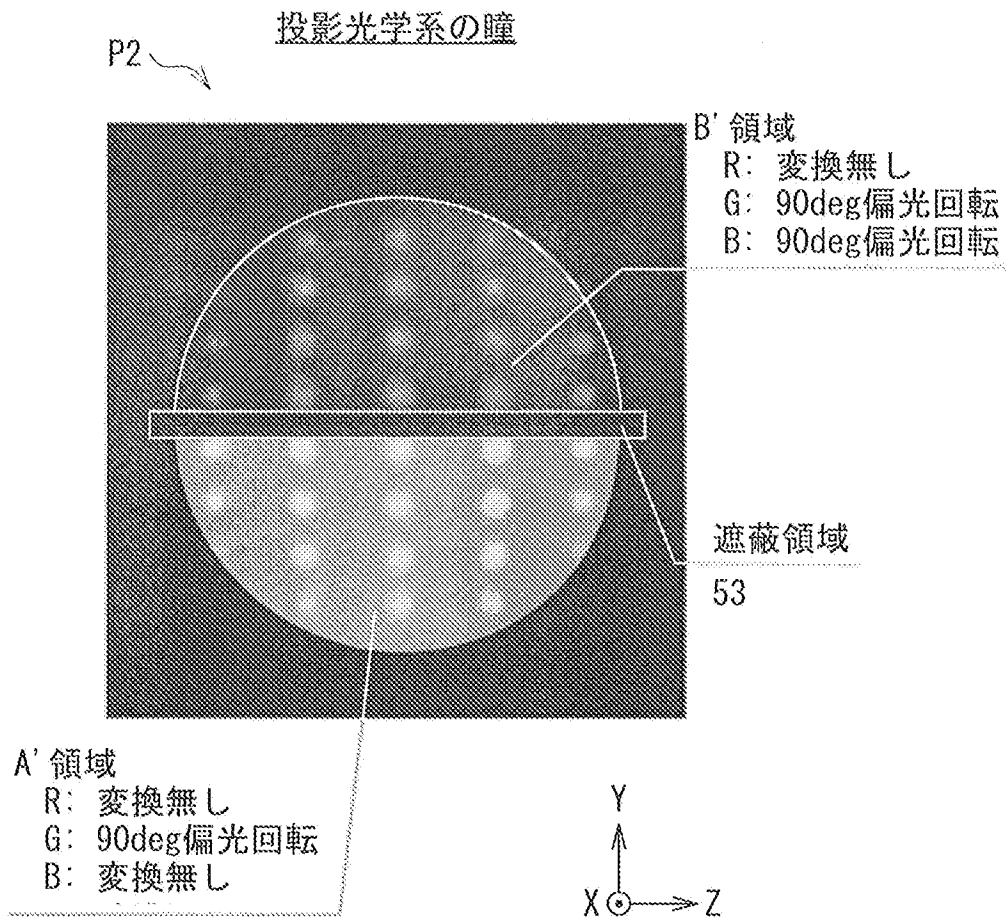
[図37]



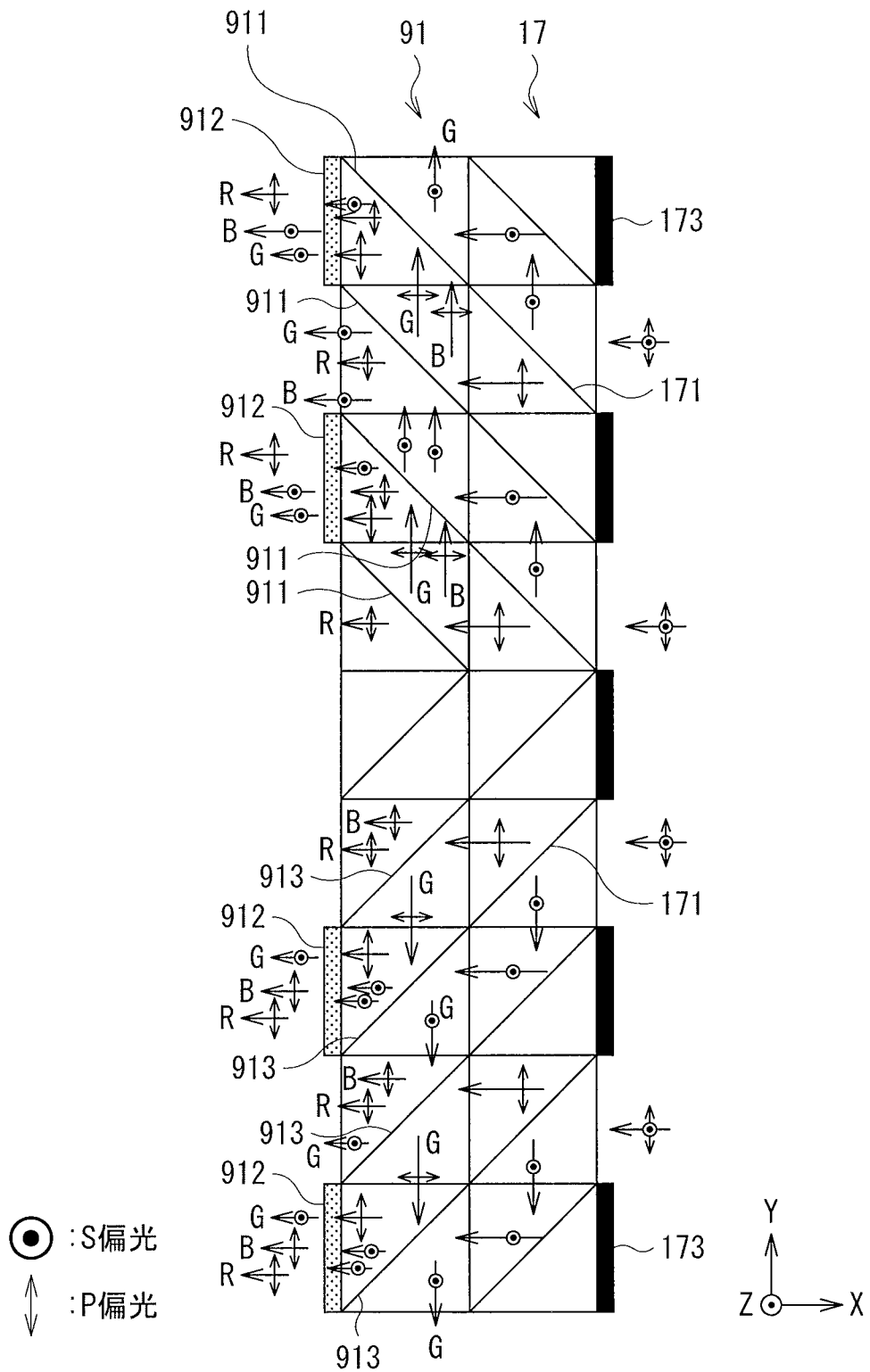
[図38]



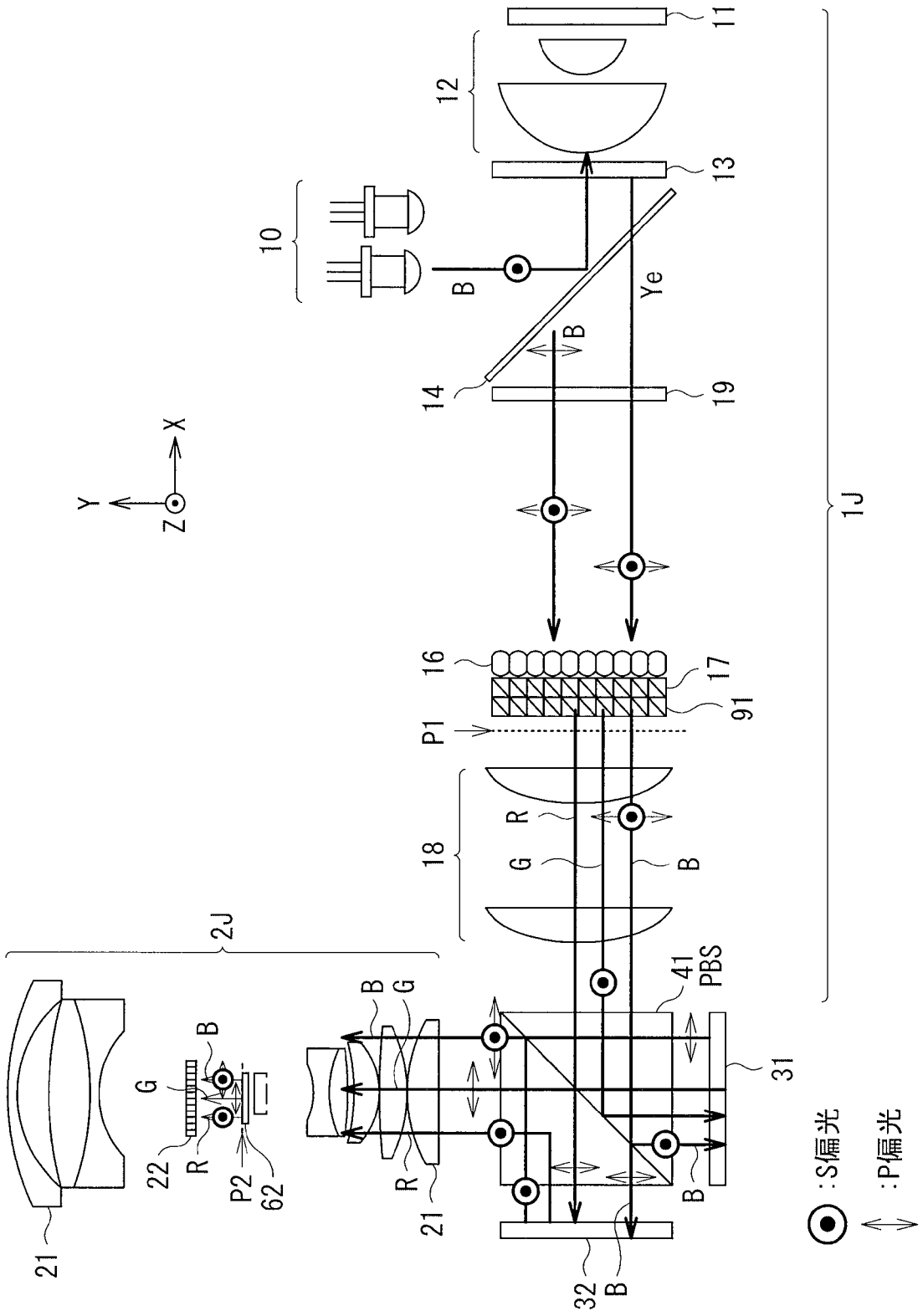
[図39]



[図40]



[図42]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/002135

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER Int. Cl. G03B21/14 (2006.01) i, G02B5/30 (2006.01) i, H04N13/324 (2018.01) i, H04N13/337 (2018.01) i, H04N13/363 (2018.01) i, H04N9/31 (2006.01) i FI: G03B21/14 Z, G02B5/30, H04N9/31 020, H04N13/363, H04N13/337, H04N13/324 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) Int. Cl. G03B21/14, G02B5/30, H04N13/324, H04N13/337, H04N13/363, H04N9/31 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Published examined utility model applications of Japan 1922-1996 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2020 Registered utility model specifications of Japan 1996-2020 Published registered utility model applications of Japan 1994-2020 Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 11-231260 A (MINOLTA CO., LTD.) 27 August 1999,	1-2, 9-10, 19
Y	paragraphs [0015]-[0050], fig. 1-6, paragraphs [0015]-[0050], fig. 1-6	8
Y	JP 2013-57942 A (ASIA OPTICAL CO., LTD.) 28 March 2013, paragraphs [0055]-[0066], fig. 7A	8
A	JP 11-231261 A (MINOLTA CO., LTD.) 27 August 1999, entire text, all drawings	1-19
A	JP 2004-309668 A (SONY CORP.) 04 November 2004, entire text, all drawings	1-19
A	JP 2001-215461 A (SHARP CORP.) 10 August 2001, entire text, all drawings	1-19
<input checked="" type="checkbox"/>	Further documents are listed in the continuation of Box C.	<input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.
* Special categories of cited documents:	“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	
“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	“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	
“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date	“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	
“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)	“&” document member of the same patent family	
“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means		
“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		
Date of the actual completion of the international search 19.03.2020	Date of mailing of the international search report 31.03.2020	
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer Telephone No.	

INTERNATIONAL SEARCH REPORTInternational application No.
PCT/JP2020/002135

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2006-47421 A (CANON INC.) 16 February 2006, entire text, all drawings	1-19
A	JP 2012-141574 A (KONICA MINOLTA ADVANCED LAYERS, INC.) 26 July 2012, entire text, all drawings	1-19
A	JP 2001-290216 A (NIKON CORP.) 19 October 2001, entire text, all drawings	1-19
A	US 2004/0070736 A1 (EASTMAN KODAK COMPANY) 15 April 2004, entire text, all drawings	1-19

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2020/002135

Patent Documents referred to in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 11-231260 A	27.08.1999	(Family: none)	
JP 2013-57942 A	28.03.2013	US 2013/0057788 A1 paragraphs [0064]- [0075], fig. 7A CN 102980138 A TW 201312182 A CN 102981209 A	
JP 11-231261 A	27.08.1999	(Family: none)	
JP 2004-309668 A	04.11.2004	(Family: none)	
JP 2001-215461 A	10.08.2001	US 6781640 B1 entire text, all drawings	
JP 2006-47421 A	16.02.2006	US 2006/0023165 A1 entire text, all drawings	
JP 2012-141574 A	26.07.2012	(Family: none)	
JP 2001-290216 A	19.10.2001	(Family: none)	
US 2004/0070736 A1	15.04.2004	US 2004/0207820 A1 US 2004/0207821 A1	

<p>A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））</p> <p>G03B 21/14(2006.01)i; G02B 5/30(2006.01)i; H04N 13/324(2018.01)i; H04N 13/337(2018.01)i; H04N 13/363(2018.01)i; H04N 9/31(2006.01)i FI: G03B21/14 Z; G02B5/30; H04N9/31 020; H04N13/363; H04N13/337; H04N13/324</p>																										
<p>B. 調査を行った分野</p> <p>調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））</p> <p>G03B21/14; G02B5/30; H04N13/324; H04N13/337; H04N13/363; H04N9/31</p> <p>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</p> <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922 - 1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971 - 2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2020年</td> </tr> </table> <p>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）</p>			日本国実用新案公報	1922 - 1996年	日本国公開実用新案公報	1971 - 2020年	日本国実用新案登録公報	1996 - 2020年	日本国登録実用新案公報	1994 - 2020年																
日本国実用新案公報	1922 - 1996年																									
日本国公開実用新案公報	1971 - 2020年																									
日本国実用新案登録公報	1996 - 2020年																									
日本国登録実用新案公報	1994 - 2020年																									
<p>C. 関連すると認められる文献</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>引用文献の カテゴリー*</th> <th>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</th> <th>関連する 請求項の番号</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>JP 11-231260 A (ミノルタ株式会社) 27.08.1999 (1999 - 08 - 27) 段落[0015]-[0050], 図1-6</td> <td>1-2, 9-10, 19</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>段落[0015]-[0050], 図1-6</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>JP 2013-57942 A (ASIA OPTICAL CO LTD) 28.03.2013 (2013 - 03 - 28) 段落[0055]-[0066], 図7A</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP 11-231261 A (ミノルタ株式会社) 27.08.1999 (1999 - 08 - 27) 全文, 全図</td> <td>1-19</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP 2004-309668 A (ソニー株式会社) 04.11.2004 (2004 - 11 - 04) 全文, 全図</td> <td>1-19</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP 2001-215461 A (シャープ株式会社) 10.08.2001 (2001 - 08 - 10) 全文, 全図</td> <td>1-19</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP 2006-47421 A (キヤノン株式会社) 16.02.2006 (2006 - 02 - 16) 全文, 全図</td> <td>1-19</td> </tr> </tbody> </table>			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 請求項の番号	X	JP 11-231260 A (ミノルタ株式会社) 27.08.1999 (1999 - 08 - 27) 段落[0015]-[0050], 図1-6	1-2, 9-10, 19	Y	段落[0015]-[0050], 図1-6	8	Y	JP 2013-57942 A (ASIA OPTICAL CO LTD) 28.03.2013 (2013 - 03 - 28) 段落[0055]-[0066], 図7A	8	A	JP 11-231261 A (ミノルタ株式会社) 27.08.1999 (1999 - 08 - 27) 全文, 全図	1-19	A	JP 2004-309668 A (ソニー株式会社) 04.11.2004 (2004 - 11 - 04) 全文, 全図	1-19	A	JP 2001-215461 A (シャープ株式会社) 10.08.2001 (2001 - 08 - 10) 全文, 全図	1-19	A	JP 2006-47421 A (キヤノン株式会社) 16.02.2006 (2006 - 02 - 16) 全文, 全図	1-19
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 請求項の番号																								
X	JP 11-231260 A (ミノルタ株式会社) 27.08.1999 (1999 - 08 - 27) 段落[0015]-[0050], 図1-6	1-2, 9-10, 19																								
Y	段落[0015]-[0050], 図1-6	8																								
Y	JP 2013-57942 A (ASIA OPTICAL CO LTD) 28.03.2013 (2013 - 03 - 28) 段落[0055]-[0066], 図7A	8																								
A	JP 11-231261 A (ミノルタ株式会社) 27.08.1999 (1999 - 08 - 27) 全文, 全図	1-19																								
A	JP 2004-309668 A (ソニー株式会社) 04.11.2004 (2004 - 11 - 04) 全文, 全図	1-19																								
A	JP 2001-215461 A (シャープ株式会社) 10.08.2001 (2001 - 08 - 10) 全文, 全図	1-19																								
A	JP 2006-47421 A (キヤノン株式会社) 16.02.2006 (2006 - 02 - 16) 全文, 全図	1-19																								
<p><input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。</p>																										
<table border="0"> <tr> <td>* 引用文献のカテゴリー</td> <td>"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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの</td> </tr> <tr> <td>"A" 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの</td> <td>"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</td> </tr> <tr> <td>"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</td> <td>"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</td> </tr> <tr> <td>"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）</td> <td>"&" 同一パテントファミリー文献</td> </tr> <tr> <td>"O" 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</td> <td></td> </tr> <tr> <td>"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</td> <td></td> </tr> </table>			* 引用文献のカテゴリー	"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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの	"A" 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの	"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	"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	"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	"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）	"&" 同一パテントファミリー文献	"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													
* 引用文献のカテゴリー	"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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの																									
"A" 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの	"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																									
"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	"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																									
"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）	"&" 同一パテントファミリー文献																									
"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																										
<p>国際調査を完了した日</p> <p>19.03.2020</p>	<p>国際調査報告の発送日</p> <p>31.03.2020</p>																									
<p>名称及びあて先</p> <p>日本国特許庁 (ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号</p>	<p>権限のある職員（特許庁審査官）</p> <p>川俣 郁子 21 1167</p> <p>電話番号 03-3581-1101 内線 3273</p>																									

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 請求項の番号
A	JP 2012-141574 A (コニカミノルタアドバンストレイヤー株式会社) 26.07.2012 (2012 - 07 - 26) 全文, 全図	1-19
A	JP 2001-290216 A (株式会社ニコン) 19.10.2001 (2001 - 10 - 19) 全文, 全図	1-19
A	US 2004/0070736 A1 (EASTMAN KODAK COMPANY) 15.04.2004 (2004 - 04 - 15) 全文, 全図	1-19

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2020/002135

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 11-231260 A	27.08.1999	(ファミリーなし)	
JP 2013-57942 A	28.03.2013	US 2013/0057788 A1 段落[0064]-[0075], 図7A CN 102980138 A TW 201312182 A CN 102981209 A	
JP 11-231261 A	27.08.1999	(ファミリーなし)	
JP 2004-309668 A	04.11.2004	(ファミリーなし)	
JP 2001-215461 A	10.08.2001	US 6781640 B1 全文, 全図	
JP 2006-47421 A	16.02.2006	US 2006/0023165 A1 全文, 全図	
JP 2012-141574 A	26.07.2012	(ファミリーなし)	
JP 2001-290216 A	19.10.2001	(ファミリーなし)	
US 2004/0070736 A1	15.04.2004	US 2004/0207820 A1 US 2004/0207821 A1	