

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl<sup>7</sup>

G02B 27/28

G02F 1/13



# [12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 02802152.5

[43] 公开日 2003 年 12 月 24 日

[11] 公开号 CN 1463376A

[22] 申请日 2002.6.24 [21] 申请号 02802152.5

[30] 优先权

[32] 2001.6.22 [33] JP [31] 190289/2001

[86] 国际申请 PCT/JP02/06310 2002.6.24

[87] 国际公布 WO03/001277 日 2003.1.3

[85] 进入国家阶段日期 2003.2.20

[71] 申请人 精工爱普生株式会社

地址 日本东京都

[72] 发明人 伊藤嘉高

[74] 专利代理机构 北京市中咨律师事务所

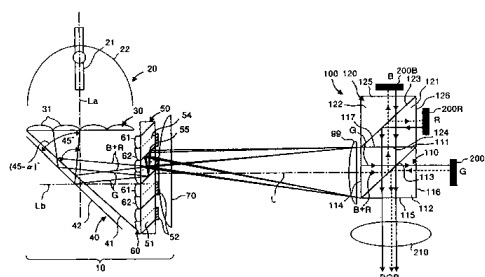
代理人 陈海红 段承恩

权利要求书 8 页 说明书 35 页 附图 13 页

[54] 发明名称 照明光学系统和投影仪

[57] 摘要

为了谋求提高由减轻了 45 度分色中的分光特性的偏振依存性并使用了 45 度分色的色分离合成光学系统构成的投影仪的图像质量，在照明光学系统中利用色光方向变更要素(40)分离为绿色光和蓝色 + 红色光，利用偏振变换元件(50)来调整这些偏振方向。



1. 一种照明光学系统，其特征在于，具有：

光束分割光学元件，将来自光源的光分割为多条部分光束并对各部分光束进行聚光；

色光分离光学元件，将各自的上述部分光束分离为第1色的部分光束和第2色的部分光束，在各自不同的方向上或在平行的状态下射出第1色的部分光束和第2色的部分光束；

偏振变换元件，具备交替地排列了多个偏振分离膜和多个反射膜的偏振光束分离器阵列和在射出透过了上述偏振分离膜的光的位置上或在射出由上述反射膜反射了的光的位置上设置的偏振方向旋转元件，使入射到上述偏振分离膜上的上述第1色的部分光束在第1偏振方向上一致并射出，使入射到上述反射膜上的上述第2色的部分光束在第2偏振方向上一致并射出；

传递光学元件，被配置在上述偏振变换元件的入射侧或射出侧，将由上述光束分割光学元件形成的像传递到被照明区域上；以及

重叠光学元件，使从上述偏振变换元件射出的部分光束在被照明区域上重叠。

2. 一种照明光学系统，其特征在于，具有：

色光分离光学元件，将来自光源的光分离为第1色光和第2色光，在各自不同的方向上或在平行的状态下射出第1色光和第2色光；

光束分割光学元件，将上述第1色光分割为多条第1色的部分光束、将上述第2色光分割为多条第2色的部分光束并对各部分光束进行聚光；

偏振变换元件，具备交替地排列了多个偏振分离膜和多个反射膜的偏振光束分离器阵列和在射出透过了上述偏振分离膜的光的位置上或在射出由上述反射膜反射了的光的位置上设置的偏振方向旋转元件，使入射到上述偏振分离膜上的上述第1色的部分光束与具有第1偏振方向的偏振光一致并射出，使入射到上述反射膜上的上述第2色的部分光束与具有第2偏

振方向的偏振光一致并射出；

传递光学元件，被配置在上述偏振变换元件的入射侧或射出侧，将由上述光束分割光学元件形成的像传递到被照明区域上；以及

重叠光学元件，使从上述偏振变换元件射出的部分光束在被照明区域上重叠。

3. 一种照明光学系统，其特征在于，具有：

光束分割光学元件，将来自光源的光分割为多条部分光束并对各部分光束进行聚光；

色光分离光学元件，将各自的上述部分光束分离为第1色的部分光束和第2色的部分光束，在各自不同的方向上或在平行的状态下射出第1色的部分光束和第2色的部分光束；

偏振变换元件，具备以规定的间隔排列了多个偏振分离膜的偏振光束分离器阵列和以上述规定的间隔排列的、在上述偏振光束分离器阵列的射出侧设置的偏振方向旋转元件，使入射到在上述偏振分离膜的射出侧没有设置上述偏振方向旋转元件的入射侧端面上并透过上述偏振分离膜的上述第1色的部分光束和被上述偏振分离膜反射后被邻接的上述偏振分离膜再次反射并透过上述偏振方向旋转元件的上述第1色的部分光束在第1偏振方向上一致并射出，使入射到在上述偏振分离膜的射出侧设置了上述偏振方向旋转元件的入射侧端面上并透过上述偏振分离膜后透过上述偏振方向旋转元件的上述第2色的部分光束和被上述偏振分离膜反射后被邻接的上述偏振分离膜再次反射的上述第2色的部分光束在第2偏振方向上一致并射出；

传递光学元件，被配置在上述偏振变换元件的入射侧或射出侧，将由上述光束分割光学元件形成的像传递到被照明区域上；以及

重叠光学元件，使从上述偏振变换元件射出的部分光束在被照明区域上重叠。

4. 一种照明光学系统，其特征在于，具有：

色光分离光学元件，将来自光源的光分离为第1色光和第2色光，在

各自不同的方向上或在平行的状态下射出第1色光和第2色光;

光束分割光学元件, 将上述第1色光分割为多条第1色的部分光束、将上述第2色光分割为多条第2色的部分光束并对各部分光束进行聚光;

偏振变换元件, 具备以规定的间隔排列了多个偏振分离膜的偏振光束分离器阵列和以上述规定的间隔排列的、在上述偏振光束分离器阵列的射出侧设置的偏振方向旋转元件, 使入射到在上述偏振分离膜的射出侧没有设置上述偏振方向旋转元件的入射侧端面上并透过上述偏振分离膜的上述第1色的部分光束和被上述偏振分离膜反射后被邻接的上述偏振分离膜再次反射并透过上述偏振方向旋转元件的上述第1色的部分光束在第1偏振方向上一致并射出, 使入射到在上述偏振分离膜的射出侧设置了上述偏振方向旋转元件的入射侧端面上并透过上述偏振分离膜后透过上述偏振方向旋转元件的上述第2色的部分光束和被上述偏振分离膜反射后被邻接的上述偏振分离膜再次反射的上述第2色的部分光束在第2偏振方向上一致并射出;

传递光学元件, 被配置在上述偏振变换元件的入射侧或射出侧, 将由上述光束分割光学元件形成的像传递到被照明区域上; 以及

重叠光学元件, 使从上述偏振变换元件射出的部分光束在被照明区域上重叠。

5. 如权利要求1~4的任一项中所述的照明光学系统, 其特征在于:

上述色光分离光学元件具备第1镜和第2镜, 上述第1镜是进行色分离的分色镜, 上述第2镜是反射镜。

6. 如权利要求5中所述的照明光学系统, 其特征在于:

上述第1镜与上述第2镜彼此为非平行的, 上述第1镜相对于上述光源的光轴以 $45^\circ$ 的角度来配置, 上述第2镜相对于上述光源的光轴以 $(45 - \alpha)^\circ$ 的角度来配置。

7. 如权利要求5中所述的照明光学系统, 其特征在于:

上述第1镜与上述第2镜彼此为非平行的, 上述第1镜相对于上述光源的光轴以 $(45 + \alpha)^\circ$ 的角度来配置, 上述第2镜相对于上述光源的光轴

以  $45^\circ$  的角度来配置。

8. 如权利要求 5 中所述的照明光学系统, 其特征在于:

上述第 1 镜与上述第 2 镜彼此为非平行的, 上述第 1 镜相对于上述光源的光轴以  $(45 + \beta)^\circ$  的角度来配置, 上述第 2 镜相对于上述光源的光轴以  $(45 - \beta)^\circ$  的角度来配置。

9. 如权利要求 5 中所述的照明光学系统, 其特征在于:

上述第 1 镜与上述第 2 镜彼此为平行的, 相对于上述光源的光轴以  $45^\circ$  的角度来配置。

10. 如权利要求 1~4 的任一项中所述的照明光学系统, 其特征在于:

上述色光分离光学元件由具备片状的透光性构件、在上述透光性构件的相对的 2 个面中的一方的面上设置的分色镜和在另一方的面上设置的反射镜的光学部件来构成。

11. 如权利要求 1~4 的任一项中所述的照明光学系统, 其特征在于:

上述色光分离光学元件由具备片状的透光性构件、在上述透光性构件的相对的 2 个面中的一方的面上被粘着的直角棱镜、在另一方的面上设置的反射镜和在上述透光性构件与上述直角棱镜之间设置的分色镜的光学部件来构成。

12. 如权利要求 1~4 的任一项中所述的照明光学系统, 其特征在于:

上述色光分离光学元件由具备片状的透光性构件、在上述透光性构件的相对的 2 个面中的一方的面上被粘着的多个小尺寸的直角棱镜、在另一方的面上设置的反射镜和在上述透光性构件与上述直角棱镜之间设置的分色镜的光学部件来构成。

13. 如权利要求 10~12 的任一项中所述的照明光学系统, 其特征在于:

上述一方的面与上述另一方的面彼此为非平行的, 上述一方的面相对于上述光源的光轴以  $45^\circ$  的角度来配置, 上述另一方的面相对于上述光源的光轴以  $(45 - \alpha)^\circ$  的角度来配置。

14. 如权利要求 10~12 的任一项中所述的照明光学系统, 其特征在于:

上述一方的面与上述另一方的面彼此为非平行的, 上述第 1 面相对于

上述光源的光轴以  $(45 + \alpha)^\circ$  的角度来配置, 上述第 2 面相对于上述光源的光轴以  $45^\circ$  的角度来配置。

15. 如权利要求 10~12 的任一项中所述的照明光学系统, 其特征在于:  
上述一方的面与上述另一方的面彼此为非平行的, 上述一方的面相对于上述光源的光轴以  $(45 + \beta)^\circ$  的角度来配置, 上述另一方的面相对于上述光源的光轴以  $(45 - \beta)^\circ$  的角度来配置。

16. 如权利要求 10~12 的任一项中所述的照明光学系统, 其特征在于:  
上述一方的面与上述另一方的面彼此为平行的, 分别相对于上述光源的光轴以  $45^\circ$  的角度来配置。

17. 如权利要求 1~4 的任一项中所述的照明光学系统, 其特征在于:  
上述色光分离光学元件由反射型全息元件构成。

18. 如权利要求 1~4 的任一项中所述的照明光学系统, 其特征在于:  
上述色光分离光学元件由透射型全息元件构成。

19. 如权利要求 1~18 的任一项中所述的照明光学系统, 其特征在于:  
上述光束分割光学元件由透镜阵列构成。

20. 如权利要求 18 中所述的照明光学系统, 其特征在于:  
上述光束分割光学元件由镜阵列构成。

21. 如权利要求 1~18 的任一项中所述的照明光学系统, 其特征在于:  
上述光束分割光学元件由具备 4 个反射面的导光棒构成。

22. 如权利要求 1~21 的任一项中所述的照明光学系统, 其特征在于:  
在上述偏振光束分离器阵列的入射侧设置了遮蔽不需要的色光的入射用的分色滤色器阵列。

23. 如权利要求 1~22 的任一项中所述的照明光学系统, 其特征在于:  
上述色光分离光学元件具有分离绿色光以及红和蓝色光的色分解特性。

24. 一种投影仪, 其特征在于, 具有:  
在权利要求 1~23 的任一项中所述的照明光学系统;  
光调制装置, 对从上述照明光学系统射出的光进行调制; 以及

投射透镜，投射由上述光调制装置进行了调制的光。

25. 一种投影仪，其特征在于，具有：

在权利要求 1~23 的任一项中所述的照明光学系统；

第 1 反射型光调制装置，对从上述照明光学系统射出的上述第 1 色光进行调制；

第 2 反射型光调制装置，对从上述照明光学系统射出的上述第 2 色光中所含的第 3 色光进行调制；

第 3 反射型光调制装置，对从上述照明光学系统射出的上述第 2 色光中所含的第 4 色光进行调制；

偏振光束分离器，将从上述照明光学系统射出的光分离为上述第 1 色光和上述第 2 色光；

色光分离、合成元件，将上述第 2 色光分离为上述第 3 色光和上述第 4 色光，同时合成从上述第 2 反射型光调制装置射出的光和从上述第 3 反射型光调制装置射出的光并朝向上述偏振光束分离器射出；以及

投射透镜，投射从上述第 1 反射型光调制装置射出的光和从上述色光分离、合成元件射出的光中由上述偏振光束分离器所选择的光。

26. 一种投影仪，其特征在于：

具备：

在权利要求 1~23 的任一项中所述的照明光学系统；

第 1 反射型光调制装置，对从上述照明光学系统射出的光中所含的上述第 1 色光进行调制；

第 2 反射型光调制装置，对从上述照明光学系统射出的上述第 2 色光中所含的第 3 色光进行调制；

第 3 反射型光调制装置，对从上述照明光学系统射出的上述第 2 色光中所含的第 4 色光进行调制；

第 1~第 4 偏振光束分离器；

第 1 波长选择相位差片，被设置在上述第 1 偏振光束分离器与上述第 3 偏振光束分离器之间；

第2波长选择相位差片，被设置在上述第3偏振光束分离器与上述第4偏振光束分离器之间；以及

投射透镜，投射从上述第4偏振光束分离器射出的光，

上述第1偏振光束分离器将从上述照明光学系统射出的光分离为上述第1色光和上述第2色光，

上述第2偏振光束分离器将由上述第1偏振光束分离器进行了分离的上述第1色光引导到上述第1反射型光调制装置上，同时将由上述第1反射型光调制装置进行了调制的上述第1色的色光引导到上述第4偏振光束分离器上，

上述第1波长选择相位差片只使由上述第1偏振光束分离器进行了分离的上述第2色光中所含的上述第3色光和上述第4色光中的上述第3色光的偏振方向旋转约 $90^\circ$ ，

上述第3偏振光束分离器将从上述第1波长选择相位差片射出的上述第3色光和上述第4色光引导到上述第2反射型光调制装置和上述第3反射型光调制装置上，同时将由上述第2反射型光调制装置和上述第3反射型光调制装置进行了调制的上述第3色光和上述第4色光引导到上述第2波长选择相位差片上，

上述第2波长选择相位差片只使由上述第3偏振光束分离器射出的上述第3色光和上述第4色光中的上述第3色光的偏振方向旋转约 $90^\circ$ ，

上述第4偏振光束分离器合成从上述第2偏振光束分离器射出的上述第1色光以及从上述第2波长选择相位差片射出的上述第3色光和上述第4色光并朝向上述投射透镜射出。

27. 一种投影仪，其特征在于，具有：

在权利要求1~23的任一项中所述的照明光学系统；

色分离光学系统，将从上述照明光学系统射出的光分离为第1色光、第2色光和第3色光；

第1透射型光调制装置，根据图像信号对由上述色分离光学系统进行分离的上述第1色光进行调制；



第2透射型光调制装置，根据图像信号对由上述色分离光学系统进行了分离的上述第2色光进行调制；

第3透射型光调制装置，根据图像信号对由上述色分离光学系统进行了分离的上述第3色光进行调制；

色合成光学系统，合成分别由上述第1透射型光调制装置、上述第2透射型光调制装置和上述第3透射型光调制装置进行了调制的上述第1色光、上述第2色光和上述第3色光；以及

投射透镜，投射由上述色合成光学系统进行了合成的光。

## 照明光学系统和投影仪

### 技术领域

本发明涉及使从光源射出的光的面内照度分布变得均匀的照明光学系统和具有该光学系统的投影仪。

### 背景技术

作为液晶投影仪，已知有使用3个反射型液晶面板的所谓的3片式的反射型液晶投影仪。在3片式的反射型液晶投影仪中，利用色分离系统将光源发出的光分成作为光的3原色的红(R)、绿(G)、蓝(B)的色光，利用已分光的色光来照明每种色光的3个反射型液晶面板，对各反射型液晶面板进行了调制的3原色光进行色合成，利用投射透镜在屏幕上放大并投射由此得到的彩色图像。

在上述的反射型液晶投影仪中，大多将因重视装置的小型化而具备相对于光轴配置成 $45^\circ$ 的分色面的光学元件用作色分离或色合成。但是，在这样的投影仪中，由于分色面的分光特性的偏振依存性的缘故，存在容易发生色不匀、难以实现高的图像质量的问题。

因此，已提出了几种考虑分色面的特性、难以发生色不匀、可实现高的图像质量的光学系统。例如，在特开平7-84218号公报、特开平11-64794号公报中提出了使用波长选择相位差片或具备分光功能的偏振光束分离器进行分光来代替分色面的光学系统。但是，在波长选择相位差片或具备分光功能的偏振光束分离器中，存在难以实现急剧地变化的分光特性和价格高的问题。

### 发明内容

因而，本发明的目的在于提供高效地生成特定的色光的偏振方向相对于其它的色光的偏振方向相差约 $90^\circ$ 的照明光并能用这样的照明光以均匀的

照度分布对被照明区域进行照明的照明光学系统。再者，其目的在于提供通过应用这样的照明光学系统来减轻构成色分离、合成光学系统的分色面中的分光特性的偏振依存性以显示高图像质量的投射图像的投影仪。

本发明的第1照明光学系统具有：光束分割光学元件，将来自光源的光分割为多条部分光束并对各部分光束进行聚光；色光分离光学元件，将各自的上述部分光束分离为第1色的部分光束和第2色的部分光束，在各自不同的方向上或在平行的状态下射出第1色的部分光束和第2色的部分光束；偏振变换元件，具备交替地排列了多个偏振分离膜和多个反射膜的偏振光束分离器阵列和在射出透过了上述偏振分离膜的光的位置上或在射出由上述反射膜反射了的光的位置上设置的偏振方向旋转元件，使入射到上述偏振分离膜上的上述第1色的部分光束的方向在第1偏振方向上达到一致并射出，使入射到上述反射膜上的上述第2色的部分光束的方向在第2偏振方向上达到一致并射出；传递光学元件，被配置在上述偏振变换元件的入射侧或射出侧，将由上述光束分割光学元件形成的像传递到被照明区域上；以及重叠光学元件，使从上述偏振变换元件射出的部分光束在被照明区域上重叠。

按照该结构，首先利用光束分割光学元件将来自光源的光分割为多条部分光束并进行聚光，利用色光分离光学元件将该多条部分光束分别分离为第1色的部分光束和第2色的部分光束。已被分离的第1色、第2色的色光入射到具备偏振光束分离器阵列和偏振方向旋转元件的偏振变换元件上，对于每种色光来说，变换为具有所希望的偏振状态的第1色的部分光束和第2色的部分光束。在此，偏振光束分离器阵列具有配置了多个一对偏振分离膜和反射膜的结构，与偏振分离膜或反射膜的位置相对应，在偏振光束分离器阵列的射出侧的位置上有选择地配置了偏振方向旋转元件。例如，只在偏振分离膜的射出侧配置偏振方向旋转元件。因而，第1色的部分光束和第2色的部分光束中的一方入射到偏振分离膜上，另一方有选择地入射到反射膜上。再者，第1色、第2色的部分光束分别在偏振光束分离器阵列中分离为2种偏振光束、即具有透过偏振分离膜的第1偏振方向的部分光束和具有被偏振分离膜反射的第2偏振方向的部分光束。该2

种偏振光束中的一方的偏振光束的偏振方向因通过 $\lambda/2$  波长片这样的相位差片（偏振方向旋转元件）而被旋转约 $90^\circ$ 。由于第1色的部分光束和第2色的部分光束入射到不同的膜（偏振分离膜和反射膜）上，故第1色的部分光束的方向在第1偏振方向上达到一致，第2色的部分光束的方向在第2偏振方向上达到一致，第1色的部分光束和第2色的部分光束的方向在不同的偏振方向上达到一致。

例如，使全部的第1色的部分光束与S偏振光达到一致，使全部的第2色的部分光束与P偏振光达到一致。而且，这些部分光束经重叠光学元件被重叠到被照明区域上。传递光学元件具有将各部分光束传递到被照明区域上的功能。该传递光学元件可配置在偏振变换元件的入射侧，也可配置在偏振变换元件的射出侧。如果将传递光学元件配置在偏振变换元件的入射侧，则可相对于偏振变换元件以规定的角度入射各部分光束，容易提高偏振分离膜中的偏振分离性能。于是，从照明效率这方面来看，将传递光学元件配置在偏振变换元件的入射侧的做法是有利的。另一方面，如果将传递光学元件配置在偏振变换元件的射出侧，则通过使传递光学元件具有重叠光学元件的功能，也可用一体的光学元件来构成重叠光学元件和传递光学元件。于是，在打算削减部件数目的情况下，将传递光学元件配置在偏振变换元件的射出侧的做法是有利的。由于本发明的第1照明光学系统如以上已说明的那样，预先对于每种色光来说将来自光源的非偏振的光变换为偏振方向已达到一致的偏振光束，故可减轻与照明光学系统相比在光路的下流一侧配置的分色棱镜或偏振光束分离器等的光学要素的偏振依存性。于是，可提高照明效率。

此外，本发明的第2照明光学系统具有：色光分离光学元件，将来自光源的光分离为第1色光和第2色光，在各自不同的方向上或在平行的状态下射出第1色光和第2色光；光束分割光学元件，将上述第1色光分割为多条第1色的部分光束、将上述第2色光分割为多条第2色的部分光束并对各部分光束进行聚光；偏振变换元件，具备交替地排列了多个偏振分离膜和多个反射膜的偏振光束分离器阵列和在射出透过了上述偏振分离膜的光的位置上或在射出由上述反射膜反射了的光的位置上设置的偏振方向旋

转元件，使入射到上述偏振分离膜上的上述第 1 色的部分光束与具有第 1 偏振方向的偏振光达到一致并射出，使入射到上述反射膜上的上述第 2 色的部分光束与具有第 2 偏振方向的偏振光达到一致并射出；传递光学元件，被配置在上述偏振变换元件的入射侧或射出侧，将由上述光束分割光学元件形成的像传递到被照明区域上；以及重叠光学元件，使从上述偏振变换元件射出的部分光束在被照明区域上重叠。

按照该结构，首先利用色光分离光学元件将来自光源的光分离为第 1 色光和第 2 色光。利用光束分割光学元件，将上述第 1 色光和第 2 色光分别分割为多条部分光束并进行聚光。即，将第 1 色光分割为第 1 色的部分光束、将第 2 色光分割为第 2 色的部分光束。将这些各部分光束入射到具备偏振光束分离器阵列和偏振方向旋转元件的偏振变换元件上，对于每种色光来说，将其变换为具有所希望的偏振状态的第 1 色的部分光束和第 2 色的部分光束。在此，偏振光束分离器阵列的结构与上述的第 1 照明光学系统相同。因而，第 1 色的部分光束和第 2 色的部分光束中的一方入射到偏振分离膜上，另一方入射到反射膜上。其后的作用与前面的第 1 照明光学系统相同。

在第 2 照明光学系统的情况下，由于也预先对于每种色光来说将来自光源的非偏振的光变换为偏振方向已达到一致的偏振光束，故可得到与第 1 照明光学系统同样的效果。再者，在第 2 照明光学系统中，由于将色光分离光学元件配置在光源与光束分割元件之间，故可使平行性高的光入射到色光分离光学元件上。于是，在色光分离光学元件中，能以更高的效率可靠地进行色光的分离。再有，在第 2 照明光学系统中，也与第 1 照明光学系统的情况相同，可将传递光学元件配置在偏振变换元件的入射侧，也可配置在偏振变换元件的射出侧。

此外，本发明的第 3 照明光学系统具有：光束分割光学元件，将来自光源的光分割为多条部分光束并对各部分光束进行聚光；色光分离光学元件，将各自的上述部分光束分离为第 1 色的部分光束和第 2 色的部分光束，在各自不同的方向上或在平行的状态下射出第 1 色的部分光束和第 2 色的部分光束；偏振变换元件，具备以规定的间隔排列了多个偏振分离膜的偏振

光束分离器阵列和以上述规定的间隔排列的、在上述偏振光束分离器阵列的射出侧设置的偏振方向旋转元件，使入射到在上述偏振分离膜的射出侧没有设置上述偏振方向旋转元件的入射侧端面上并透过上述偏振分离膜的上述第 1 色的部分光束的方向和被上述偏振分离膜反射后被邻接的上述偏振分离膜再次反射并透过上述偏振方向旋转元件的上述第 1 色的部分光束的方向在第 1 偏振方向上达到一致并射出，使入射到在上述偏振分离膜的射出侧设置了上述偏振方向旋转元件的入射侧端面上并透过上述偏振分离膜后透过上述偏振方向旋转元件的上述第 2 色的部分光束的方向和被上述偏振分离膜反射后被邻接的上述偏振分离膜再次反射的上述第 2 色的部分光束的方向在第 2 偏振方向上达到一致并射出；传递光学元件，被配置在上述偏振变换元件的入射侧或射出侧，将由上述光束分割光学元件形成的像传递到被照明区域上；以及重叠光学元件，使从上述偏振变换元件射出的部分光束在被照明区域上重叠。

按照该结构，首先利用光束分割光学元件将来自光源的光分割为多条部分光束并进行聚光，利用色光分离光学元件将该多条部分光束分别分离为第 1 色的部分光束和第 2 色的部分光束。已被分离的第 1 色、第 2 色的色光入射到具备偏振光束分离器阵列和偏振方向旋转元件的偏振变换元件上，对于每种色光来说，变换为具有所希望的偏振状态的第 1 色的部分光束和第 2 色的部分光束。在此，偏振光束分离器阵列具有配置了多个偏振分离膜的结构，与特定的偏振分离膜的位置相对应，在偏振光束分离器阵列的射出侧的位置上有选择地配置了偏振方向旋转元件。例如，只在隔开一个的偏振分离膜的射出侧配置偏振方向旋转元件。现在，为了方便起见，将在射出侧具备偏振方向旋转元件的偏振分离膜称为偏振分离膜 A，将在射出侧不具备偏振方向旋转元件的偏振分离膜称为偏振分离膜 B。因而，有选择地将第 1 色的部分光束和第 2 色的部分光束中的一方入射到偏振分离膜 B 上，另一方入射到偏振分离膜 A 上。在偏振分离膜 A、B 中，与上述的偏振分离膜相同，分离为具有透过入射的部分光束的第 1 偏振方向的部分光束和具有反射的第 2 偏振方向的部分光束。透过了偏振分离膜 B 的部分光束作为具有第 1 偏振方向的部分光束从偏振变换元件射出。此外，被

偏振分离膜 B 反射的部分光束是具有第 2 偏振方向的部分光束，但被邻接的偏振分离膜 A 再次反射了后因通过 $\lambda/2$  波长片这样的相位差片（偏振方向旋转元件）其偏振方向被旋转约  $90^\circ$ ，作为具有第 1 偏振方向的部分光束从偏振变换元件射出。与此不同，透过了偏振分离膜 A 的部分光束是具有第 1 偏振方向的部分光束，但因通过 $\lambda/2$  波长片这样的相位差片其偏振方向被旋转约  $90^\circ$ ，作为具有第 2 偏振方向的部分光束从偏振变换元件射出。此外，被偏振分离膜 A 反射的部分光束在被邻接的偏振分离膜 B 再次反射了后，作为具有第 2 偏振方向的部分光束从偏振变换元件射出。

由于第 1 色的部分光束和第 2 色的部分光束入射到根据偏振方向旋转元件的有无而被区别的偏振分离膜上，故第 1 色的部分光束的方向在第 1 偏振方向上达到一致，第 2 色的部分光束的方向在第 2 偏振方向上达到一致，第 1 色的部分光束和第 2 色的部分光束的方向在不同的偏振方向上达到一致。

例如，使全部的第 1 色的部分光束与 P 偏振光达到一致，使全部的第 2 色的部分光束与 S 偏振光达到一致。而且，这些部分光束经重叠光学元件被重叠到被照明区域上。其后的作用与前面的第 1 照明光学系统相同。

在第 3 照明光学系统中，与前面的第 1 和第 2 照明光学系统的情况相比，可减小偏振变换元件内的第 1 色和第 2 色的部分光束中的具有最短的光路长度的部分光束与具有最长的光路长度的部分光束之间的光路长度的差。因此，在被照明区域中，可容易地使第 1 色的部分光束的放大率与第 2 色的部分光束的放大率一致。其结果，可提高照明效率。此外，上述的第 1 和第 2 照明光学系统中的偏振光束分离器阵列具备偏振分离膜和反射膜，而第 3 照明光学系统中的偏振光束分离器阵列只具备偏振分离膜，因此，偏振光束分离器阵列的结构是单纯的，制造是容易的。

此外，本发明的第 4 照明光学系统具有：色光分离光学元件，将来自光源的光分离为第 1 色光和第 2 色光，在各自不同的方向上或在平行的状态下射出第 1 色光和第 2 色光；光束分割光学元件，将上述第 1 色光分割为多条第 1 色的部分光束、将上述第 2 色光分割为多条第 2 色的部分光束并对各部分光束进行聚光；偏振变换元件，具备以规定的间隔排列了多个偏

振分离膜的偏振光束分离器阵列和以上述规定的间隔排列的、在上述偏振光束分离器阵列的射出侧设置的偏振方向旋转元件，使入射到在上述偏振分离膜的射出侧没有设置上述偏振方向旋转元件的入射侧端面上并透过上述偏振分离膜的上述第 1 色的部分光束的方向和被上述偏振分离膜反射后被邻接的上述偏振分离膜再次反射并透过上述偏振方向旋转元件的上述第 1 色的部分光束的方向在第 1 偏振方向上达到一致并射出，使入射到在上述偏振分离膜的射出侧设置了上述偏振方向旋转元件的入射侧端面上并透过上述偏振分离膜后透过上述偏振方向旋转元件的上述第 2 色的部分光束的方向和被上述偏振分离膜反射后被邻接的上述偏振分离膜再次反射的上述第 2 色的部分光束的方向在第 2 偏振方向上达到一致并射出；传递光学元件，被配置在上述偏振变换元件的入射侧或射出侧，将由上述光束分割光学元件形成的像传递到被照明区域上；以及重叠光学元件，使从上述偏振变换元件射出的部分光束在被照明区域上重叠。

按照该结构，首先利用色光分离光学元件将来自光源的光分离为第 1 色光和第 2 色光。利用光束分割光学元件，将上述第 1 色光和第 2 色光分别分割为多条部分光束并进行聚光。即，将第 1 色光分割为第 1 色的部分光束、将第 2 色光分割为第 2 色的部分光束。将这些各部分光束入射到具备偏振光束分离器阵列和偏振方向旋转元件的偏振变换元件上，对于每种色光来说，将其变换为具有所希望的偏振状态的第 1 色的部分光束和第 2 色的部分光束。在此，偏振光束分离器阵列的结构与上述的第 3 照明光学系统相同。因而，第 1 色的部分光束有选择地入射到偏振分离膜 B 上，第 2 色的部分光束有选择地入射到偏振分离膜 A 上。其后的作用与上述的第 3 照明光学系统相同。

在第 4 照明光学系统中，与前面的第 1 及第 2 照明光学系统相比，与上述第 3 照明光学系统同样，可减小偏振变换元件内的第 1 色和第 2 色的部分光束中的具有最短的光路长度的部分光束与具有最长的光路长度的部分光束之间的光路长度的差。因此，在被照明区域中，可容易地使第 1 色的部分光束的放大率与第 2 色的部分光束的放大率一致。其结果，可提高照明效率。此外，与第 3 照明光学系统中的偏振光束分离器阵列相同，偏



振光束分离器阵列的结构是单纯的，制造是容易的。

在上述第 1、第 2、第 3、第 4 照明光学系统中使用的色光分离光学元件可由 2 个镜、具备 2 个镜的一个光学部件、反射型全息元件或透射型全息元件构成。

在用 2 个镜构成色光分离光学元件的情况下，将第 1 镜定为进行色分离的分色镜、将第 2 镜定为反射镜即可。一般来说，分色镜或反射镜的反射率高。于是，如果作成使用了这样的镜的结构，能可靠地以高的效率进行色光的分离。反射镜不仅是用铝等的金属膜形成的一般的反射镜，而且也可利用反射特定的色光的分色镜来构成。按照这样的结构，由于可利用色光分离光学元件从照明光中排除不需要的光（例如，红外光、紫外光、黄色光等的特定的色光），故在将这些照明光学系统使用于投影仪的情况下，可提高在投影仪中使用的光调制装置的可靠性及提高投射图像的图像质量。再有，因为第 2 镜的功能是反射透过了第 1 镜的特定的色光，故不一定需要将第 2 镜作成分色镜。但是，如果使用分色镜，则由于与一般的反射镜相比容易得到高的反射率，故为了提高色光分离光学元件中的光利用效率，这样做是有利的。

再者，在使用 2 个镜的情况下，最好以下述的方式来配置第 1 镜和第 2 镜。

(1) 上述第 1 镜与上述第 2 镜彼此为非平行的，上述第 1 镜相对于上述光源的光轴以  $45^\circ$  的角度来配置，上述第 2 镜相对于上述光源的光轴以  $(45 - \alpha)^\circ$  的角度来配置。

(2) 上述第 1 镜与上述第 2 镜彼此为非平行的，上述第 1 镜相对于上述光源的光轴以  $(45 + \alpha)^\circ$  的角度来配置，上述第 2 镜相对于上述光源的光轴以  $45^\circ$  的角度来配置。

(3) 上述第 1 镜与上述第 2 镜彼此为非平行的，上述第 1 镜相对于上述光源的光轴以  $(45 + \beta)^\circ$  的角度来配置，上述第 2 镜相对于上述光源的光轴以  $(45 - \beta)^\circ$  的角度来配置。

(4) 上述第 1 镜与上述第 2 镜为以规定间隔隔开彼此平行，相对于上述光源的光轴以  $45^\circ$  的角度来配置。

特别是,如果作成(3)或(4)那样的配置,则对于规定的轴来说,可对称地分离色光,在简化传递光学元件的结构方面是较为理想的。

此外,在(1)至(3)的情况下,因为色光分离光学元件的功能是使朝向偏振变换元件射出的光束的方向在第1色的部分光束与第2色的部分光束之间不同,为了实现该功能,在彼此非平行的状态下配置第1镜和第2镜即可,故第1镜和第2镜的配置角度不限定于上述的例子。但是,必须与对于传递光学元件的色光的入射角度相对应地适当地设定传递光学元件的光学特性。

下面,说明用具备2个镜的一个光学部件构成色光分离光学元件的情况。作为具备2个镜的一个光学部件,可举出以下的光学部件。

(A)具备片状的透光性构件、在上述透光性构件的相对的两个面中的一个面上设置的分色镜和在另一个面上设置的反射镜的光学部件。

(B)具备片状的透光性构件、在上述透光性构件的相对的两个面中的一个面上被固定粘接的直角棱镜、在另一个面上设置的反射镜和在上述透光性构件与上述直角棱镜之间设置的分色镜的光学部件。

(C)具备片状的透光性构件、在上述透光性构件的相对的两个面中的一个面上被固定粘接的多个小尺寸的直角棱镜、在另一个面上设置的反射镜和在上述透光性构件与上述直角棱镜之间设置的分色镜的光学部件。

如果将色光分离光学元件定为这样的一个光学部件,则可使光学系统的组装变得容易。此外,如果使用(B)或(C)那样的光学部件,则由于光经折射率比1大的直角棱镜入射到分色镜上,故可使朝向分色镜的光的入射角度变窄,提高分色镜的分光特性,同时可消除光路偏移。再者,如果使用(C)那样的光学部件,则由于可谋求棱镜部分的小型化,故可实现色光分离光学元件的小型、轻量化。再有,反射镜不仅是用铝等的金属膜形成的一般的反射镜,而且也可利用反射特定的色光的分色镜来构成,可得到上述的效果。因为第2镜的功能是反射透过了第1镜的特定的色光,故不一定需要将第2镜作成分色镜。但是,如果使用分色镜,则由于与一般的反射镜相比容易得到高的反射率,故为了提高色光分离光学元件中的光利用效率,这样做是有利的。

再者，在(A)~(C)的光学部件中，最好象以下那样来配置设置分色镜的一个面和设置反射镜的另一个面。

(a) 上述第1面与上述第2面彼此为非平行的，上述第1面相对于上述光源的光轴以 $45^\circ$ 的角度来配置，上述第2面相对于上述光源的光轴以 $(45 - \alpha)^\circ$ 的角度来配置。

(b) 上述第1面与上述第2面彼此为非平行的，上述第1面相对于上述光源的光轴以 $(45 + \alpha)^\circ$ 的角度来配置，上述第2面相对于上述光源的光轴以 $45^\circ$ 的角度来配置。

(c) 上述第1面与上述第2面彼此为非平行的，上述第1面相对于上述光源的光轴以 $(45 + \beta)^\circ$ 的角度来配置，上述第2面相对于上述光源的光轴以 $(45 - \beta)^\circ$ 的角度来配置。

(d) 上述第1面与上述第2面隔开规定的间隔彼此为平行的，相对于上述光源的光轴以 $45^\circ$ 的角度来配置。

特别是，如果作成(c)或(d)那样的配置，则对于规定的轴来说，可对称地分离色光，在简化传递光学元件的结构方面是较为理想的。

此外，在(1)至(3)的情况下，因为色光分离光学元件的功能是使朝向偏振变换元件射出的光束的方向在第1色的部分光束与第2色的部分光束之间不同，为了实现该功能，在彼此非平行的状态下配置第1面和第2面即可，故第1面和第2面的配置角度不限定于上述的例子。但是，必须与对于传递光学元件的色光的入射角度相对应地适当地设定传递光学元件的光学特性。

最后，说明利用反射型全息元件或透射型全息元件构成色光分离光学元件的情况。此时，由于能利用1个片状的全息元件来构成色光分离光学元件，故可减少色光分离光学元件的部件数目，同时可谋求照明光学系统的小型、轻量化。

在本发明的照明光学系统中使用的光束分割光学元件可由透镜阵列、镜阵列、具备多个反射面的导光棒等来构成。如果使用镜阵列，则与使用透镜阵列或导光棒的情况相比，价格便宜。此外，如果使用镜阵列或导光棒，则由于不发生涉及透镜阵列的球面像差，故可提高聚光性，可提高照明效

率。

此外，在本发明的照明光学系统中，最好在上述偏振光束分离器阵列的入射侧设置了遮蔽不需要的色光的入射用的分色滤色器阵列。如果以这种方式设置分色滤色器阵列，则即使在使用分光特性中的入射角依存性比较大的色光分离光学元件的情况下，也可避免对于偏振光束分离器阵列入射不需要的色光，能可靠地进行第1色光和第2色光的分离。再有，在偏振变换元件的入射侧配置传递光学元件的情况下，分色滤色器阵列不仅可配置在传递光学元件与偏振变换元件之间，而且可配置在传递光学元件的入射侧。

此外，在本发明的照明光学系统中，上述色光分离光学元件最好具有分离绿色光以及红和蓝色光的色分解特性。如果这样做，则容易使色光分离光学元件中的绿色光的选择特性实现最佳化。于是，如果在投影仪中采用作成这样的结构的照明光学系统，则进一步提高绿色光的对比度和利用率变得容易，能以更高的对比度来显示明亮的投射图像。

再者，如果使用以上所述的照明光学系统，构成具有对从上述照明光学系统射出的光进行调制的光调制装置和投射由上述光调制装置进行了调制的光的投射透镜的投影仪，则可减轻与照明光学系统相比在光路的下流一侧配置的光学元件的偏振依存性，可实现投射图像的高图像质量和亮度的提高。

特别是，最好在以下的投影仪中采用本发明的照明光学系统。

(I) 具有下述部分的投影仪：上述的照明光学系统；第1反射型光调制装置，对从上述照明光学系统射出的上述第1色光进行调制；第2反射型光调制装置，对从上述照明光学系统射出的上述第2色光中包含的第3色光进行调制；第3反射型光调制装置，对从上述照明光学系统射出的上述第2色光中包含的第4色光进行调制；偏振光束分离器，将从上述照明光学系统射出的光分离为上述第1色光和上述第2色光；色光分离、合成元件，将上述第2色光分离为上述第3色光和上述第4色光，同时合成从上述第2反射型光调制装置射出的光和从上述第3反射型光调制装置射出的光并朝向上述偏振光束分离器射出；以及投射透镜，投射从上述第1反

射型光调制装置射出的光和从上述色光分离、合成元件射出的光中由上述偏振光束分离器进行了选择的光。

(II) 具备下述部分的投影仪：上述的照明光学系统；第1反射型光调制装置，对从上述照明光学系统射出的光中包含的上述第1色光进行调制；第2反射型光调制装置，对从上述照明光学系统射出的上述第2色光中包含的第3色光进行调制；第3反射型光调制装置，对从上述照明光学系统射出的上述第2色光中包含的第4色光进行调制；第1~第4偏振光束分离器；第1波长选择相位差片，被设置在上述第1偏振光束分离器与上述第3偏振光束分离器之间；第2波长选择相位差片，被设置在上述第3偏振光束分离器与上述第4偏振光束分离器之间；以及投射透镜，投射从上述第4偏振光束分离器射出的光，上述第1偏振光束分离器将从上述照明光学系统射出的光分离为上述第1色光和上述第2色光，上述第2偏振光束分离器将由上述第1偏振光束分离器进行了分离的上述第1色光引导到上述第1反射型光调制装置上，同时将由上述第1反射型光调制装置进行了调制的上述第1色的色光引导到上述第4偏振光束分离器上，上述第1波长选择相位差片只使由上述第1偏振光束分离器进行了分离的上述第2色光中包含的上述第3色光和上述第4色光中的上述第3色光的偏振方向旋转约 $90^\circ$ ，上述第3偏振光束分离器将从上述第1波长选择相位差片射出的上述第3色光和上述第4色光引导到上述第2反射型光调制装置和上述第3反射型光调制装置上，同时将由上述第2反射型光调制装置和上述第3反射型光调制装置进行了调制的上述第3色光和上述第4色光引导到上述第2波长选择相位差片上，上述第2波长选择相位差片只使由上述第3偏振光束分离器射出的上述第3色光和上述第4色光中的上述第3色光的偏振方向旋转约 $90^\circ$ ，上述第4偏振光束分离器合成从上述第2偏振光束分离器射出的上述第1色光以及从上述第2波长选择相位差片射出的上述第3色光和上述第4色光并朝向上述投射透镜射出。

(III) 一种投影仪，其特征在于，具有：上述的照明光学系统；色分离光学系统，将从上述照明光学系统射出的光分离为第1色光、第2色光和第3色光；第1透射型光调制装置，根据图像信号对由上述色分离光学

系统进行了分离的上述第1色光进行调制；第2透射型光调制装置，根据图像信号对由上述色分离光学系统进行了分离的上述第2色光进行调制；第3透射型光调制装置，根据图像信号对由上述色分离光学系统进行了分离的上述第3色光进行调制；色合成光学系统，合成分别由上述第1透射型光调制装置、上述第2透射型光调制装置和上述第3透射型光调制装置进行了调制的上述第1色光、上述第2色光和上述第3色光；以及投射透镜，投射由上述色合成光学系统进行了合成的光。

如果构成(I)、(II)、(III)那样的投影仪，则可减轻分色镜、分色棱镜、偏振光束分离器等中的分光特性的偏振依存性，可同时实现投射图像的高图像质量和高辉度、进行色光的分离及合成的光学系统的低成本。此外，在(II)那样的结构的投影仪中，因为各色光通过2个偏振光束分离器到达投射透镜，故可进一步提高投影仪的投射图像的对比度。再有，也可将第1和第4偏振光束分离器置换为分色镜或分色棱镜，此时，可实现低成本。再者，本发明的上述的照明光学系统使第1色光、第2色光和第3色光这3种色光中的1种色光的偏振状态与其它2种色光的偏振状态不同而射出。因此，通常在具备分别对第1色光、第2色光和第3色光进行调制的3个透射型光调制装置和合成由这些透射型光调制装置进行了调制的第1色光、第2色光和第3色光的色合成光学系统的所谓3片式的投影仪中，为了提高色合成光学系统中的色光的合成效率，在透射型光调制装置之前或之后配置 $\lambda/2$ 波长片，使入射到色合成光学系统上的至少1种色光的偏振状态与其它色光的偏振状态不同，但如果使用本发明的照明光学系统，则可省略为这样的目的使用的 $\lambda/2$ 波长片。其结果，可实现低成本。

例如，在照明光学系统将绿色光作为S偏振光、将蓝色光和红色光作为P偏振光射出的结构的情况下，不需要透射型光调制装置的之前或之后的 $\lambda/2$ 波长片。此外，在照明光学系统将绿色光作为P偏振光、将蓝色光和红色光作为S偏振光射出的结构的情况下，在第1~第3的全部的透射型光调制装置的之前或之后在各个透射型光调制装置中必须有相同的数目的 $\lambda/2$ 波长片，但由于在每个各色光路中分别配置了相同的数目的 $\lambda/2$ 波

长片，故可减少色不匀。

再者，根据透射型光调制装置具有的显示特性，也有对入射到该透射型光调制装置上的光的偏振状态不作限定的情况。例如，在将绿色光作为 S 偏振光、将蓝色光和红色光作为 P 偏振光入射到透射型光调制装置上的情况下，(III)中所述的投影仪的结构是有效的。

## 附图说明

图 1 是示出包含本发明的照明光学系统的投影仪的实施方案 1 的概略结构图，图 2 是示出在本发明的照明光学系统中使用的偏振变换元件的详细的结构的剖面图，图 3 是示出包含本发明的照明光学系统的投影仪的实施方案 2 的概略结构图，图 4 是示出包含本发明的照明光学系统的投影仪的实施方案 3 的概略结构图，图 5 是示出包含本发明的照明光学系统的投影仪的实施方案 4 的概略结构图，图 6 是示出包含本发明的照明光学系统的投影仪的实施方案 5 的概略结构图，图 7 是示出本发明的照明光学系统的实施方案 6 的概略结构图，图 8 是示出偏振变换元件的变形例的详细的结构的剖面图，图 9 (a)、(b) 是示出在本发明的照明光学系统中使用的色光分离光学元件的另一实施方案的图，图 10 (a)、(b) 是示出在本发明的照明光学系统中使用的色光分离光学元件的另一实施方案的图，图 11 (a)、(b) 是示出在本发明的照明光学系统中使用的色光分离光学元件的另一实施方案的图，图 12 是示出在本发明的照明光学系统中使用的色光分离光学元件的另一实施方案的图，图 13 是示出在本发明的照明光学系统中使用的色光分离光学元件的另一实施方案的图，图 14 是示出在本发明的照明光学系统中使用的色光分离光学元件的另一实施方案的图，图 15 是示出在本发明的照明光学系统中使用的光束分割光学元件和色光分离光学元件的另一实施方案的图，图 16 是示出在本发明的照明光学系统中使用的分光镜的反射特性的说明图，图 17 是示出在本发明的照明光学系统中使用的分光镜的分光特性的说明图，图 18 是示出在本发明的照明光学系统中使用的投影仪上的波长选择相位差片的特性的说明图。

## 具体实施方式

以下参照附图，详细地说明本发明的照明光学系统和投影仪的实施方案。

### 实施方案 1

图 1 示出了包含本发明的照明光学系统的投影仪的一实施方案。该投影仪具有：照明光学系统 10；色分离、合成光学系统 100；作为光调制装置的 3 个反射型液晶面板 200R、200G、200B；以及投射透镜 210。

照明光学系统 10 具有：射出大致平行的光束的光源 20；构成光束分割光学元件的第 1 透镜阵列 30；色光分离光学元件 40；偏振变换元件 50；构成传递光学元件的第 2 透镜阵列 60；以及作为重叠光学元件的重叠透镜 70，具有对于每种色光生成偏振方向大致一致的照明光束的功能。

光源 20 具有光源灯 21 和凹面镜 22。利用凹面镜 22 将从光源灯 21 发射的光在一个方向上反射，成为大致平行的光线束入射到第 1 透镜阵列 30 上。在此，作为光源灯 21，可使用金属卤化物灯、氙灯、高压汞灯、卤素灯等，作为凹面镜 22，可使用抛物面反射镜、椭圆面反射镜、球面反射镜等。

第 1 透镜阵列 30 具有以 M 行 N 列的矩阵状排列了具有与被照明区域存在大致相似关系的轮廓形状的多个小透镜 31 的结构。在本实施方案的情况下，被照明区域是反射型液晶面板的显示区域，由于该轮廓是矩形，故也将小透镜 31 的形状设定为矩形的轮廓形状。各小透镜 31 将从光源 20 入射的大致平行的光束分割为多个 ( $M \times N$  个) 部分光束，在偏振变换元件 50 的附近个别地对各部分光束进行聚光。换言之，在第 1 透镜阵列 30 的部分光束聚光的位置上配置了偏振变换元件 50。

色光分离光学元件 40 被配置在第 1 透镜阵列 30 与第 2 透镜阵列 60 之间，具备作为第 1 镜的分色镜 41 和在第 1 镜 41 的背面一侧配置的作为第 2 镜的反射镜 42。分色镜 41 具有图 16 中示出的那样的分光特性，反射红色光 (R) 和蓝色光 (B)，透过绿色光 (G)。反射镜 42 由用铝等的金属膜形成的一般的反射镜或反射绿色光 (G) 的分色镜构成。因为反射镜 42 的功能是反射透过了分色镜 41 的特定的色光，故不一定需要使用分色镜，



但由于与一般的反射镜相比用分色镜容易得到高的反射率，故为了提高色光分离光学元件 40 中的光利用效率，使用分色镜是有利的。再有，分色镜可利用电介质多层膜来构成。

由此，分色镜 41 将从第 1 透镜阵列 30 射出的全部部分光束分离为作为绿色光 (G) 的第 1 色的部分光束和作为红色光 (R) 和蓝色光 (B) 的合成色的第 2 色的部分光束。

分色镜 41 和反射镜 42 彼此处于非平行的状态，分色镜 41 相对于光源 20 的光轴 La 以  $45^\circ$  的角度来配置，反射镜 42 相对于光源 20 的光轴 La 以  $(45 - \alpha)^\circ$  的角度来配置 (其中， $\alpha > 0$ )。分色镜 41 也可相对于光源 20 的光轴 La 以  $(45 + \alpha)^\circ$  的角度来配置，反射镜 42 相对于光源 20 的光轴 La 以  $45^\circ$  的角度来配置。

因为分色镜 41 和反射镜 42 的配置角度的差异的缘故，色光分离光学元件 40 在各自不同的方向上朝向第 2 透镜阵列 60 射出第 1 色的部分光束 (G) 和第 2 色的部分光束 (B+R)。换言之，因为色光分离光学元件 40 的功能是使朝向第 2 透镜阵列 60 射出的光束的方向在第 1 色的部分光束与第 2 色的部分光束之间不同，故为了实现该功能，在彼此非平行的状态下配置分色镜 41 和反射镜 42 即可。因而，也可以上述以外的角度来配置分色镜 41 和反射镜 42。但是，如后述那样，必须与对于第 2 透镜阵列 60 的色光的入射角度相对应地设定构成第 2 透镜阵列 60 的透镜 61、62 的形状及光学特性。

第 2 透镜阵列 60 具有以 M 行 N 列的矩阵状排列了分别与第 2 色的部分光束 (B+R) 对应的同心透镜 61 和分别与第 1 色的部分光束 (G) 对应的偏心透镜 62 的对的结构。第 2 透镜阵列 60 利用同心透镜 61 分别使第 2 色的部分光束 (B+R) 入射到偏振变换元件 50 的后述的偏振分离膜 54 上，利用偏心透镜 62 分别使第 1 色的部分光束 (G) 入射到偏振变换元件 50 的后述的反射膜 55 上。

在此，同心透镜 61 是在透镜体的物理的中心具有光轴的透镜，偏心透镜 62 是在离透镜体的物理的中心的部位上具有光轴的透镜。这些透镜 61、62 具有将入射的部分光束高效地传递到作为被照明区域的液晶面板上的

功能和使各部分光束相对于偏振变换元件 50 以规定的角度入射的功能。在本实施方案的情况下,使各部分光束相对于偏振变换元件 50 大致垂直地入射。由于分色镜 41 与光轴 La 构成的角度为  $45^\circ$ ,故第 2 色的部分光束 (B + R) 相对于偏振变换元件 50 大致垂直地入射。于是,对于这些部分光束的透镜成为同心透镜 61。另一方面,由于反射镜 42 与光轴 La 构成的角度为  $(45 - \alpha)^\circ$ ,故第 1 色的部分光束 (G) 相对于偏振变换元件 50 稍微倾斜地入射。于是,对于这些部分光束的透镜成为偏心透镜 62。即,构成为用偏心透镜 62 使部分光束的光轴弯曲、相对于偏振变换元件 50 大致垂直地入射。

在相对于光源 20 的光轴 La 以  $(45 + \alpha)^\circ$  的角度来配置分色镜 41、相对于光源 20 的光轴 La 以  $45^\circ$  的角度来配置反射镜 42 的情况下,调换同心透镜 61 的位置与偏心透镜 62 的位置、将偏心透镜 62 的朝向设定为与图 1 相反(透镜厚度薄的部分接近于光源 20 一侧)即可。再有,为了容易提高后述的偏振分离膜 54 中的偏振分离性能,希望设定为使各部分光束相对于偏振变换元件 50 大致垂直地入射,但也可利用膜设计使偏振分离膜 54 中的偏振分离特性变化。因而,根据偏振分离膜 54 或反射膜 55 的光学特性,可将第 2 透镜阵列 60 配置在偏振变换元件 50 的射出侧。此时,第 2 透镜阵列 60 只具有将入射的部分光束传递到作为被照明区域的液晶面板上的功能。此外,此时,也可同时使第 2 透镜阵列 60 具有后述的重叠透镜 70 的功能。

偏振变换元件 50 由偏振光束分离器阵列 51 和在偏振光束分离器阵列 51 的射出侧配置的作为偏振方向旋转元件的  $\lambda/2$  波长片 52 构成。

偏振光束分离器阵列 51,如图 2 中所示,成为贴合了多个剖面形状为平行四边形的柱状的透光性构件 53 的结构。作为透光性构件 53,一般使用光学玻璃,也可以是其它的材料(例如,塑料或结晶)。在邻接的透光性构件 53 的贴合面上交替地配置了偏振分离膜 54 和反射膜 55。偏振分离膜 54 和反射膜 55 相对于偏振变换元件 50 的入射端面 51a 约倾斜了  $45^\circ$ 。此外,偏振分离膜 54 和反射膜 55 构成对,该对的数目与第 1 透镜阵列 30 的列数 N 或行数 M 相对应。

偏振分离膜 54 由电介质多层膜等构成，将非偏振的光分离为偏振方向互相正交的 2 种直线偏振光。例如，具有透过 P 偏振光、反射 S 偏振光的偏振分离特性。此外，反射膜 55 用电介质多层膜或金属膜等来构成。

$\lambda/2$  波长片 52 被设置在射出透过偏振分离膜 54 的光的位置上，使透过的偏振光的偏振方向旋转约  $90^\circ$ 。这意味着将 P 偏振光变换为 S 偏振光、将 S 偏振光变换为 P 偏振光。

在本实施方案中，偏振变换元件 50 利用偏振光束分离器阵列 51 和  $\lambda/2$  波长片 52 的组合，将入射到偏振分离膜 54 上的全部的第 2 色的部分光束 (B+R) 变换为作为具有第 2 偏振方向的偏振光的 S 偏振光，将入射到反射膜 55 上的全部的第 1 色的部分光束 (G) 变换为作为具有第 1 偏振方向的偏振光的 P 偏振光。再有，在后面叙述变换的过程。当然，也可采用将  $\lambda/2$  波长片 52 设置在射出被反射膜 55 反射的光的位置上、将第 1 色的部分光束 (G) 变换为 S 偏振光、将第 2 色的部分光束 (B+R) 变换为 P 偏振光的结构。

重叠透镜 70 被配置在偏振变换元件 50 的射出侧，将从偏振变换元件 50 射出的全部的部分光束重叠在被照明区域、即 3 个反射型液晶面板 200R、200G、200B 上。在色分离、合成光学系统 100 的光入射部附近配置平行化透镜 99，将到达被照明区域的各部分光束的中心光路变换为与照明光轴 L 大致平行，提高了被照明区域中的照明效率。

接着，说明色分离、合成光学系统 100。色分离、合成光学系统 100 具有偏振光束分离器 110 和构成色光分离、合成元件的分色棱镜 120。偏振光束分离器 110 是在 2 个直角棱镜 111、112 的彼此的接合面上形成了偏振分离膜 113 的光学元件，具有一个入射端面 114、一个射出端面 115 和二个入射、射出端面 116、117。偏振分离膜 113 由电介质多层膜等构成，例如具有透过 P 偏振光、反射 S 偏振光的偏振分离特性。

偏振光束分离器 110 的入射端面 114 与平行化透镜 99 相对，成为来自照明光学系统 10 的入口面。投射透镜 210 与偏振光束分离器 110 的射出端面 115 相对地配置，反射型液晶面板 200G 与入射、射出端面 116 相对地配置。

与被偏振分离膜 54 反射的偏振光大致相同的方向,但由于该偏振光不通过  $\lambda/2$  波长片 52,故偏振方向不变化,仍为 P 偏振光。于是,入射到反射膜 55 上的第 1 色的部分光束 (G) 与 P 偏振光为一致,从偏振变换元件 50 射出。

再有,在图 2 中,用实线画出的光线显示表示 P 偏振光,用虚线画出的光线显示表示 S 偏振光。该规则即使对于图 1 的色分离、合成光学系统 100 部分中的光线显示来说,也是同样的。

从偏振变换元件 50 射出的第 1 色的各部分光束 (G) 和第 2 色的各部分光束 (B+R) 由重叠透镜 70 重叠在作为被照明区域的 3 个反射型液晶面板 200R、200G、200B 上。

通过入射端面 114 并入射到色分离、合成光学系统 100 的偏振光束分离器 110 上的光束中的第 1 色的部分光束 (G) 因为全部是 P 偏振光,故透过偏振光束分离器 110 的偏振分离膜 113 直接向前行进,从入射、射出端面 116 入射到反射型液晶面板 200G 上。利用反射型液晶面板 200G 并根据来自未图示的外部的图像信息对第 1 色的部分光束 (G) 进行调制,根据调制的程度将其变换为部分地包含 S 偏振光的光束,同时被反射型液晶面板 200G 反射返回到入射、射出端面 116,入射到偏振光束分离器 110 的偏振分离膜 113 上。第 1 色的部分光束 (G) 中的被调制而变换为 S 偏振光的光束被偏振分离膜 113 反射,通过射出端面 115 入射到投射透镜 210 上。再有,由于关于反射型液晶面板 200R、200G、200B 是众所周知的,故省略关于其结构及工作的详细的说明。

另一方面,通过入射端面 114 并入射到色分离、合成光学系统 100 的偏振光束分离器 110 上的光束中的第 2 色的部分光束 (B+R) 因为全部是 S 偏振光,故被偏振光束分离器 110 的偏振分离膜 113 反射,入射到分色棱镜 120 的分色面 123 上。入射到分色棱镜 120 的分色面 123 上的第 2 色的部分光束 (B+R) 中的红色光被分色面 123 反射,从入射、射出端面 126 入射到反射型液晶面板 200R 上。红色光被反射型液晶面板 200R 调制,根据调制的程度将其变换为部分地包含 P 偏振光的光束,同时被反射型液晶面板 200R 反射返回到入射、射出端面 116,被分色面 123 反射,入射到偏

分色棱镜 120 是在 2 个直角棱镜 121、122 的彼此的接合面上形成了分色面 123 的光学元件, 具有 3 个入射、射出端面 124、125、126。分色面 123 由电介质多层膜等构成, 具有至少反射红色光的色分离特性。分色棱镜 120 的入射、射出端面 124 与偏振光束分离器 110 的入射、射出端面 117 接合, 反射型液晶面板 200B 与入射、射出端面 125 相对地配置, 反射型液晶面板 200R 与另一个入射、射出端面 126 相对地配置。

接着, 说明上述的结构的项目的光学系统的功能。来自光源 20 的光被第 1 透镜阵列 30 的各小透镜 31 分割为多条部分光束, 入射到色光分离光学元件 40 上。各部分光束被色光分离光学元件 40 的分色镜 41 分离为作为绿色光 (G) 的第 1 色的部分光束、作为红色光 (R) 和蓝色光 (B) 的合成色的第 2 色的部分光束, 第 2 色的各部分光束被分色镜 41 反射后经第 2 透镜阵列 60 的同心透镜 61 入射到偏振光束分离器阵列 51 的偏振分离膜 54 上。另一方面, 第 1 色的各部分光束透过分色镜 41, 被反射镜 42 反射后经第 2 透镜阵列 60 的偏心透镜 62 入射到偏振光束分离器阵列 51 的反射膜 55 上。

入射到偏振光束分离器阵列 51 的偏振分离膜 54 上的第 2 色的部分光束 (B+R) 被分离为透过偏振分离膜 54 的 P 偏振光和反射的 S 偏振光。透过了偏振分离膜 54 的 P 偏振光因通过  $\lambda/2$  波长片 52 其偏振方向旋转  $90^\circ$ , 被变换为 S 偏振光。与此不同, 被偏振分离膜 54 反射的 S 偏振光被邻接的反射膜 55 再次反射, 朝向与透过了偏振分离膜 54 的偏振光大致相同的方向, 但由于该偏振光不通过  $\lambda/2$  波长片 52, 故偏振方向不变化, 仍为 S 偏振光。于是, 入射到偏振分离膜 54 上的第 2 色的部分光束 (B+R) 与 S 偏振光为一致, 从偏振变换元件 50 射出。

另一方面, 由于入射到偏振光束分离器阵列 51 的反射膜 55 上的第 1 色的部分光束 (G) 经反射膜 55 入射到偏振分离膜 54 上, 故第 1 色的部分光束 (G) 入射到偏振分离膜 54 上的方向与上述的第 2 色的部分光束 (B+R) 相差  $90^\circ$ 。因而, 经反射膜 55 被偏振分离膜 54 反射的 S 偏振光因通过  $\lambda/2$  波长片 52 其偏振方向旋转  $90^\circ$ , 被变换为 P 偏振光。与此不同, 经反射膜 55 透过了偏振分离膜 54 的 P 偏振光被邻接的另外的反射膜 55 反射, 朝向

振光束分离器 110 的偏振分离膜 113 上。红色光中的被调制而变换为 P 偏振光的光束透过偏振分离膜 113 并通过射出端面 115 入射到投射透镜 210 上。

再者,入射到分色棱镜 120 的分色面 123 上的第 2 色的部分光束(B+R)中的蓝色光透过分色面 123 并通过射出端面 125 入射到反射型液晶面板 200B 上。与红色光同样,蓝色光在被反射型液晶面板 200B 调制的同时反射而返回到入射、射出端面 125,透过分色面 123 入射到偏振光束分离器 110 的偏振分离膜 113 上。蓝色光中的被调制而变换为 P 偏振光的光束透过偏振分离膜 113 并透过射出端面 115 入射到投射透镜 210 上。

作为分色棱镜 120,可使用图 17 中例示那样的在分光特性中具有大的偏振依存性的棱镜。由于在分色棱镜 120 中被分光的是红色光(R)和蓝色光(B),故可对显示出大的偏振依存性的过渡的波长区域分配与不被入射的绿色光(G)相当的波长区域。因此,在分色棱镜 120 中可高效地进行红色光(R)和蓝色光(B)的分离和合成,可实现高图像质量和高亮度。当然,利用分色面的构成的方法,也可实现具有偏振依存性小的分光特性的分色棱镜,但由于使用特殊的成膜材料或成膜数目多,故难以实现低成本。

利用以上那样的结构,可减轻分色棱镜 120 中的分光特性的偏振依存性,在将分色棱镜 120 使用于色分离、合成光学系统的投影仪中,可同时实现投射图像的高图像质量和色分离、合成光学系统的低成本。此外,由于第 1 色的部分光束(G)只通过偏振光束分离器 110,故对亮度的影响大的绿色光的光利用效率高,可容易地实现高亮度。再者,在照明光学系统 10 中,由于在预先将来自光源 20 的非偏振的光束变换为对于每种色光来说偏振方向达到一致的偏振光束后入射到色分离、合成光学系统 100 上,可提高照明效率。

## 实施方案 2

图 3 示出了包含本发明的照明光学系统的投影仪的另一实施方案。本实施方案与前面已说明的实施方案 1 在色光分离光学元件 40 的镜 41、42 的配置和设置了分色滤色器阵列 56 这一点上不同。关于其它的结构,与实施方案 1 相同。再有,在包含本实施方案的以后说明的各实施方案中,对于

与已说明的各构成要素同样的构成要素，附以与图 1 和图 2 中已附的符号相同的符号，省略其说明。此外，在图 3 的色分离、合成光学系统 100 中，用实线画出的光线显示表示 P 偏振光，用虚线画出的光线显示表示 S 偏振光。

在本实施方案中，色光分离光学元件 40 的分色镜 41 与反射镜 42 彼此为非平行的，分色镜 41 相对于光源 20 的光轴 La 以  $(45 + \beta)^\circ$  的角度来配置，反射镜 42 相对于光源 20 的光轴 La 以  $(45 - \beta)^\circ$  的角度来配置（其中， $\beta > 0$ ）。

此外，在偏振光束分离器阵列 51 的入射侧设置了防止不是规定的色光的不需要的色光分别入射到偏振分离膜 54 和反射膜 55 上用的分色滤色器阵列 56。在本实施方案中，由于设定为第 2 色的部分光束 (B+R) 入射到偏振分离膜 54 上，第 1 色的部分光束 (G) 入射到反射膜 55 上，故在与偏振光束分离器阵列 51 的偏振分离膜 54 对应的入射开口部 54A 上配置了只使第 2 色的部分光束 (B+R) 透过而遮蔽第 1 色的部分光束 (G) 的滤色器 58，此外，在与反射膜 55 对应的入射开口部 55A 上配置了只使第 1 色的部分光束 (G) 透过而遮蔽第 2 色的部分光束 (B+R) 的滤色器 57，构成了分色滤色器阵列 56。

在本实施方案中，也可得到与实施方案 1 同样的效果。再者，在本实施方案中，分色镜 41 相对于光源 20 的光轴 La 以  $(45 + \beta)^\circ$  的角度来配置，反射镜 42 相对于光源 20 的光轴 La 以  $(45 - \beta)^\circ$  的角度来配置，因为分色镜 41 和反射镜 42 相对于与光源 20 的光轴 La 构成  $45^\circ$  的角度的轴 Lc 配置成各自的交角相等，故在色光分离光学元件 40 中能相对于与光轴 La 正交的光轴 Lb 以对称的角度分离第 1 色的部分光束和第 2 色的部分光束这 2 种色光。因而，可用将上述的实施方案 1 中的同心透镜 61 和偏心透镜 62 统一为一种透镜来构成第 2 透镜阵列 60 的透镜 63。由此，可用与第 1 透镜阵列 30 同等的制品来构成第 2 透镜阵列 60，可谋求进一步的成本下降。再者，由于与  $45^\circ$  相比可减小对分色镜 41 的部分光束的入射角度  $(45 - \beta)^\circ$ ，故可减少分色镜 41 的分光特性中的入射角依存性，能更加高精度地可靠地进行第 1 色的部分光束和第 2 色的部分光束的分离。

此外，在偏振光束分离器阵列 51 的入射侧设置了分色滤色器阵列 56。因而，即使在使用了分光特性中的入射角依存性比较大的分色镜 41 的情况下，也能避免不需要的色光入射到偏振光束分离器阵列 51 上，能可靠地进行第 1 色的部分光束和第 2 色的部分光束的分离。再有，也可将分色滤色器阵列 56 配置在第 2 透镜阵列 60 的前面。

### 实施方案 3

图 4 示出了包含本发明的照明光学系统的投影仪的另一实施方案。本实施方案与前面已说明的实施方案 2 主要在色光分离光学元件 40 的镜 41、42 的配置和第 2 透镜阵列 60 的结构这一点上不同。关于其它的结构，与实施方案 2 相同。再有，在图 4 的色分离、合成光学系统 100 中，用实线画出的光线显示表示 P 偏振光，用虚线画出的光线显示表示 S 偏振光。

在本实施方案中，色光分离光学元件 40 的分色镜 41 和反射镜 42 彼此为平行的，沿光轴 La 的方向隔开规定量 t 进行了配置。在此，规定量 t 与沿构成偏振光束分离器阵列 51 的偏振分离膜 54 和反射膜 55 的偏振光束分离器阵列 51 的入射端面 51a 的方向上的间隔大致相等。分色镜 41 和反射镜 42 都相对于光轴 20 的光轴 La 以 45° 的角度来配置。

在本实施方案中，也可得到与上述的实施方案 1 同样的效果。

再者，在本实施方案中，通过使用这样的间隔的色光分离光学元件 40，可在彼此平行的状态下并在各自不同的位置上射出第 1 色的部分光束 (G) 和第 2 色的部分光束 (B+R)。因而，由于可使第 1 色的部分光束 (G) 和第 2 色的部分光束 (B+R) 这两者垂直地入射到第 2 透镜阵列 60 上，故第 2 透镜阵列 60 可使用只用同心透镜 61 构成的透镜。由此，由于可简化第 2 透镜阵列 60 的结构，故可谋求进一步的成本下降。

### 实施方案 4

图 5 示出了包含本发明的照明光学系统的投影仪的另一实施方案。本实施方案与前面已说明的实施方案 2 在色分离、合成光学系统的结构方面不同。此外，偏振变换元件 50 的  $\lambda/2$  波长片 52 的位置也不同。关于其它的结构，与实施方案 2 相同。再有，在图 5 的后述的色分离、合成光学系统 130 中，用实线画出的光线显示表示 P 偏振光，用虚线画出的光线显示表



示 S 偏振光。

在本实施方案中，在射出被反射膜 55 反射的光的位置上设置了偏振变换元件 50 的  $\lambda/2$  波长片 52，使从反射膜 55 射出的光的偏振面旋转约  $90^\circ$ 。由此，第 1 色的部分光束 (G) 全部成为 S 偏振光，第 2 色的部分光束 (B + R) 全部成为 P 偏振光。

在本实施方案中，色分离、合成光学系统 130 具备下述部分而构成：配置成田字形的矩形形状的第 1 至第 4 偏振光束分离器 140、150、160、170；在第 1 偏振光束分离器 140 与第 3 偏振光束分离器 160 之间配置的波长选择相位差片 180；以及第 3 偏振光束分离器 160 与第 4 偏振光束分离器 170 之间配置的波长选择相位差片 181。

第 1 偏振光束分离器 140 是在 2 个直角棱镜 141、142 的彼此的接合面上形成了偏振分离膜 143 的矩形形状的光学元件，偏振分离膜 143 由电介质多层膜构成，例如具有只透过 P 偏振光、反射 S 偏振光的偏振分离特性。其它的第 2 至第 4 偏振光束分离器 150、160、170 也具有与第 1 偏振光束分离器 140 同样的结构和类似的偏振分离特性。再有，在图中，151、152、161、162、171、172 表示直角棱镜。

波长选择相位差片 180、181 具有图 18 中示出的那样的光学特性，至少通过对于透过的红色光不给予相位变化、对透过的蓝色光给予  $\lambda/2$  的相位变化，使蓝色光的偏振方向旋转  $90^\circ$ 。在色分离、合成光学系统 130 中，第 1 偏振光束分离器 140 的入射端面 144 与平行化透镜 99 相对，成为来自照明光学系统 10 的光的入口面，反射型液晶面板 200G 与第 2 偏振光束分离器 150 的入射、射出端面 154 相对地配置，2 个反射型液晶面板 200B、200R 与第 3 偏振光束分离器 160 的 2 个入射、射出端面 164、165 相对地配置，投射透镜 210 与第 4 偏振光束分离器 170 的射出端面 174 相对地配置。

从照明光学系统 10 射出的光中的作为 P 偏振光的第 2 色的部分光束 (B + R) 透过第 1 偏振光束分离器 140 的偏振分离膜 143 入射到波长选择相位差片 180 上，作为 S 偏振光的第 1 色光 (G) 被偏振分离膜 143 反射后入射到第 2 偏振光束分离器 150 上。

第2偏振光束分离器150将作为来自第1偏振光束分离器140的S偏振光的第1色的部分光束(G)引导到反射型液晶面板200G上,同时将被反射型液晶面板200G进行了光调制而成为P偏振光的第1色的部分光束(G)引导到第4偏振光束分离器170上。

波长选择相位差片180只使来自第1偏振光束分离器140的第2色的部分光束(B+R)中包含的蓝色光和红色光中的蓝色光的偏振方向旋转约90°。由此,P偏振光的红色光和S偏振光的蓝色光入射到第3偏振光束分离器160上,因偏振方向的差异而被分离。即,P偏振光的红色光透过偏振光束分离器160的偏振分离膜163到达反射型液晶面板200R,S偏振光的蓝色光被偏振分离膜163反射而到达反射型液晶面板200B。由反射型液晶面板200R、反射型液晶面板200B进行了光调制的红色光和蓝色光返回到第3偏振光束分离器160上并进行合成,入射到波长选择相位差片181上。

波长选择相位差片181只使来自第3偏振光束分离器160的蓝色光(P偏振光)和红色光(S偏振光)中的蓝色光的偏振方向旋转约90°。由此,S偏振光的红色光和S偏振光的蓝色光入射到第4偏振光束分离器170上。第4偏振光束分离器170的偏振分离膜173透过来自第2偏振光束分离器150的P偏振光的绿色光,反射来自第3偏振光束分离器160的S偏振光的红色光和S偏振光的蓝色光,合成这3种色光,朝向投射透镜210射出。

在本实施方案中,也可得到与上述的实施方案同样的效果。再者,在本实施方案中,因为各色光通过全部2个偏振光束分离器到达投射透镜210,故可提高投影仪的投射图像的对比度。再有,也可作成使第1色的部分光束(G)成为P偏振光、使第2色的部分光束(B+R)成为S偏振光、在第2偏振光束分离器150的一侧配置蓝色光和红色光用的2个反射型液晶面板200B、200R、在第3偏振光束分离器160的一侧配置绿色光用的反射型液晶面板200G的结构。此时,由于可进一步提高绿色光的对比度,故可显示更高的对比度的投射图像。在本实施方案中,以在实施方案2中已说明的角度配置了色光分离光学元件40的分色镜41、反射镜42,但也可以在实施方案1或实施方案3中已说明的角度来配置。

此外,可将第1偏振光束分离器140置换为只反射绿色光(G)、使红

色光(R)和蓝色光(B)透过的分色镜或分色棱镜,此外,可将第4偏振光束分离器170置换为只透过绿色光(G)、使红色光(R)和蓝色光(B)反射的分色镜或分色棱镜。再者,在采用了后者的情况下,也可省略波长选择相位差片181。如果采用这样的结构,在容易实现低成本方面是有利的。

#### 实施方案5

图6示出了包含本发明的照明光学系统的投影仪的实施方案5。本实施方案在使用透射型的光调制装置和与其对应的色分离光学系统和色合成光学系统方面与前面已说明的实施方案1~4不同。作为本实施方案的照明光学系统10,也可应用上述实施方案1~4的任一实施方案中使用的照明光学系统10。在本实施方案中,作为代表例,说明应用了实施方案1的照明光学系统10的结构。

但是,在从图1的照明光学系统10中示出的位置算起朝向邻接的位置偏移的位置上配置了 $\lambda/2$ 波长片52。由此,可将第1色的部分光束(G)作为S偏振光、将第2色的部分光束(B+R)作为P偏振光射出。

再有,在本实施方案中,对于与实施方案1同样的部分,附以与图1中已附的符号相同的符号,省略重复的说明。此外,在图6中,用实线画出的光线显示表示P偏振光,用虚线画出的光线显示表示S偏振光。

首先,说明从照明光学系统10射出的光中的作为S偏振光的第1色的部分光束(G)。来自照明光学系统10的第1色的部分光束(G)入射到分色镜501上。在此,将分色镜501设定为透过红色光、使绿色光和蓝色光反射的光学特性。被分色镜501反射的绿色光入射到分色镜503上。在此,将分色镜503设定为透过蓝色光、使绿色光反射的光学特性。被分色镜503反射的绿色光经平行化透镜510G入射到绿色光用的透射型光调制装置520G上,利用透射型光调制装置520G并根据来自未图示的外部的图像信号进行调制,根据调制的程度作为P偏振光射出。再有,在后述的3个透射型光调制装置的前后分别配置了为了在入射侧提高入射光的偏振度和在射出侧排除不需要的偏振光用的一对偏振片,但在图6中省略了其标记。

其次,说明第2色的部分光束(B+R)中的红色光。来自照明光学系统

10 的第 2 色的部分光束 (B+R) 入射到分色镜 501 上。透过了分色镜 501 的红色光被反射镜 502 将光路弯曲了约  $90^\circ$  后, 经平行化透镜 510R 入射到红色光用的透射型光调制装置 520R 上。入射到透射型光调制装置 520R 上的作为 P 偏振光的红色光利用透射型光调制装置 520R 并根据来自未图示的外部的图像信号进行调制, 根据调制的程度作为 S 偏振光射出。

其次, 说明第 2 色的部分光束 (B+R) 中的蓝色光。来自照明光学系统 10 的第 2 色的部分光束 (B+R) 入射到分色镜 501 上。被分色镜 501 反射的蓝色光透过了分色镜 503 后, 经由第 1 中继透镜 L1、反射镜 504、第 2 中继透镜 L2 和反射镜 505 构成的中继光学系统和平行化透镜 510B 入射到蓝色光用的透射型光调制装置 520B 上。入射到透射型光调制装置 520B 上的作为 P 偏振光的蓝色光与红色光同样根据图像信号而被调制, 作为 S 偏振光射出。在此, 在蓝色光路上使用中继光学系统的原因是, 通过使与其它 2 种色光的光路, 光学的光路长度为大致相同, 来抑制色不匀或亮度不匀的发生。

从各色光用的透射型光调制装置 520R、520G、520B 射出的光从各自不同的入射端面入射到十字分色棱镜 530 上。在十字分色棱镜 530 中, 分别使蓝色光反射分色膜 530B、红色光反射分色膜 530R 相对于入射光轴具有  $45^\circ$  的角度, 且以互相正交的方式配置成 X 型。

对入射到作为色合成光学系统的十字分色棱镜 530 上的 3 种色光进行合成而实现色合成。然后, 合成光利用投射透镜 540 在未图示的屏幕上投射并显示全彩色像。

在使用了 3 个透射型光调制装置的投影仪中, 作为色合成光学系统大多使用十字分色棱镜。此时, 如果将被十字分色棱镜的分色膜反射的色光设定为 S 偏振光, 此外, 将透过分色膜的色光设定为 P 偏振光, 则在提高色合成时的光利用效率方面是有利的。因而, 在本实施方案中, 由于构成为从绿色光用的透射型光调制装置 520G 射出的光为 P 偏振光、从红色光和蓝色光用的透射型光调制装置 520R、B 射出的光为 S 偏振光, 故可得到明亮的投射图像。

## 实施方案 6

图7示出了本发明的照明光学系统的另一实施方案。本实施方案的照明光学系统10A中可将图1、图3、图4中示出的色分离、合成光学系统100、图5中示出的色分离、合成光学系统130、图6中示出的以透射型的光调制装置为前提的色分离光学系统和色合成光学系统的任一个系统组合起来。本实施方案的照明光学系统10A在光源20与作为光束分割光学元件的第1透镜阵列30之间设置了色光分离光学元件40这一点上与实施方案2的照明光学系统10不同。关于其它的结构，与实施方案2的照明光学系统10相同。在本实施方案的照明光学系统10A中，来自光源20的光首先被色光分离光学元件40分离为第1色的部分光束(G)和第2色的部分光束(B+R)，使该第1色的部分光束(G)和第2色的部分光束(B+R)分别在稍微不同的方向上射出。

入射到第1透镜阵列30上的第1色的部分光束(G)和第2色的部分光束(B+R)分别被各小透镜30分割为多条部分光束并被聚光，经第2透镜阵列60，第1色的部分光束(G)入射到偏振变换元件50的偏振光束分离器阵列51的反射膜55上，第2色的部分光束(B+R)入射到偏振光束分离器阵列51的偏振分离膜54上。在利用 $\lambda/2$ 波长片52使第2色的部分光束(B+R)与S偏振光达到一致、使第1色的部分光束(G)与P偏振光达到一致后，利用重叠透镜70使这些部分光束重叠在被照明区域上。

本实施方案的照明光学系统10A可得到与上述的实施方案2的照明光学系统10同样的作用、效果。另外，由于成为将色光分离光学元件40配置在光源20与第1透镜阵列30之间、平行性高的光束入射到色光分离光学元件40上的结构，故与其它的实施方式相比，在色光分离光学元件40中，能进一步高效地并可靠地进行色光的分离。再有，在本实施方案中，以在实施方案2中已说明的角度配置了色光分离光学元件40的分色镜41和反射镜42，但也可以在实施方案1或实施方案3中已说明的角度进行配置。

#### 偏振变换元件的变形例

图8是示出本发明的照明光学系统的变形例的偏振变换元件50A的结构图。该偏振变换元件50A在不使用反射膜55(图2)而只使用偏振分离膜54来构成这一点上与图2中示出的偏振变换元件50不同。关于其它的

结构，与实施方案2的照明光学系统10相同。再有，在图8中，关于与图2对应的部分，附以与图2中已附的符号相同的符号，省略其说明。

首先，说明本变形例的偏振变换元件50A的结构。偏振光束分离器阵列51与图2相同，成为贴合了多个剖面形状为平行四边形的柱状的透光性构件53的结构。在邻接的透光性构件53的贴合界面上以规定的间隔 $d$ 设置了偏振分离膜54。在此，规定的间隔 $d$ 与上述的偏振变换元件50中的偏振分离膜54与反射膜55的间隔相等。偏振分离膜54相对于偏振变换元件50A的入射端面51a倾斜了约 $45^\circ$ 。此外，偏振分离膜54的数目与第1透镜阵列30的列数 $N$ 或行数 $M$ 的大致2倍相对应。换言之，偏振变换元件50A的偏振分离膜54的数目与偏振变换元件50中的偏振分离膜54和反射膜55的数目的总和大致相等。

$\lambda/2$ 波长片52与隔开一个的偏振分离膜54相对应，隔开规定的间隔 $d$ 以 $2d$ 的间距来配置。

在该变形例中，偏振变换元件50A将入射到在偏振分离膜54的后方(射出侧)配置了 $\lambda/2$ 波长片52的入射端面AA上的第2色的部分光束(例如B+R)全部变换为作为具有第2偏振方向的偏振光的S偏振光。此外，偏振变换元件50A将入射到在偏振分离膜54的后方(射出侧)没有配置 $\lambda/2$ 波长片52的入射端面BB上的第1色的部分光束(例如G)全部变换为作为具有第1偏振方向的偏振光的P偏振光。

其次，说明偏振变换元件50A的功能。从偏振光束分离器阵列51的入射端面AA入射到偏振分离膜54上的第2色的部分光束(B+R)被分离为透过偏振分离膜54的P偏振光和反射的S偏振光。透过了偏振分离膜54的P偏振光因通过 $\lambda/2$ 波长片52其偏振方向被旋转 $90^\circ$ ，被变换为S偏振光。与此不同，被偏振分离膜54反射的S偏振光被邻接的偏振分离膜54再次反射，在不通过 $\lambda/2$ 波长片52的情况下射出。因此，偏振方向不变化，仍为S偏振光。于是，从入射端面AA入射到偏振分离膜54上的第2色的部分光束(B+R)与S偏振光达到一致，从偏振变换元件50A射出。

另一方面，从偏振光束分离器阵列51的入射端面BB入射到偏振分离膜54上的第1色的部分光束(G)被分离为透过偏振分离膜54的P偏振光和

反射的 S 偏振光。透过了偏振分离膜 54 的 P 偏振光在不通过 $\lambda/2$  波长片 52 的情况下射出。因此，偏振方向不变化，仍为 P 偏振光。与此不同，被偏振分离膜 54 反射的 S 偏振光被邻接的偏振分离膜 54 再次反射，因通过 $\lambda/2$  波长片 52 其偏振方向被旋转  $90^\circ$ ，被变换为 P 偏振光。于是，从入射端面 BB 入射到偏振分离膜 54 上的第 1 色的部分光束(G)与 P 偏振光达到一致，从偏振变换元件 50A 射出。

再有，在图 8 中，用实线画出的光线显示表示 P 偏振光，用虚线画出的光线显示表示 S 偏振光。

当然，也可以是使第 1 色的部分光束（例如 G）入射到入射端面 AA 上、将从偏振变换元件 50A 射出的第 1 色的部分光束全部变换为 S 偏振光、此外使第 2 色的部分光束（例如 B+R）入射到入射端面 BB 上、将从偏振变换元件 50A 射出的第 2 色的部分光束全部变换为 P 偏振光的结构。总之，通过与 $\lambda/2$  波长片 52 的配置的有无相对应地有选择地使第 1 色和第 2 色的部分光束入射到邻接的入射端面 AA、BB 上，可对每种色光使偏振方向达到一致。在偏振变换元件 50A 中，与上述的偏振变换元件 50 相比，可减小偏振变换元件内的第 1 色和第 2 色的部分光束中的具有最短的光路长度的部分光束与具有最长的光路长度的部分光束之间的光路长度的差。因此，在被照明区域中，可容易地使第 1 色的部分光束的放大率与第 2 色的部分光束的放大率一致，其结果，能以高的照明效率来重叠结合部分光束。此外，偏振变换元件 50 中的偏振光束分离器阵列 51 具备偏振分离膜和反射膜，而偏振变换元件 50A 中的偏振光束分离器阵列 51 只具备偏振分离膜，因此，偏振光束分离器阵列的结构是单纯的，制造是容易的。

### 色光分离光学元件的各种实施方案

图 9~图 14 示出了色光分离光学元件的其它的实施方案。这些色光分离光学元件可与前面已说明的照明光学系统 10、10A 中的色光分离光学元件 40 进行置换。图 9(a)、(b) 中示出的色光分离光学元件作为在具有相对的 2 个面的透光性构件 80 的一个面上设置了分色镜 81、在另一个面上设置了分色镜 82 的一个光学部件来构成。

图 10(a)、(b) 中示出的色光分离光学元件成为在具有相对的 2 个

面的透光性构件 83 的一个面上固定粘接了直角棱镜 84 的结构。在透光性构件 83 与直角棱镜 84 之间设置了分色镜 85, 在透光性构件 83 的另一个面上设置了反射镜 86。

图 11 (a)、(b) 中示出的色光分离光学元件成为在具有相对的 2 个面的透光性构件 87 的一个面上以阶梯状固定粘接了多个小尺寸的直角棱镜 88 的结构。在透光性构件 87 与直角棱镜 88 之间设置了分色镜 89, 在透光性构件 87 的另一个面上设置了反射镜 90。

在图 9 (a)、图 10 (a)、图 11 (a) 的色光分离光学元件中, 分色镜 81、85、89 与反射镜 82、86、90 为非平行的, 相对于光源的光轴 La 分别配置成  $(45 + \beta)^\circ$ 、 $(45 - \beta)^\circ$ 。分色镜 81、85、89 与反射镜 82、86、90 也可相对于光源的光轴 La 分别配置成  $45^\circ$ 、 $(45 - \alpha)^\circ$ 。或者, 也可相对于光源的光轴 La 分别配置成  $(45 + \alpha)^\circ$ 、 $45^\circ$ 。另一方面, 在图 9 (b)、图 10 (b)、图 11 (b) 的色光分离光学元件中, 分色镜 81、85、89 与反射镜 82、86、90 为平行的, 相对于光源的光轴 La 配置成  $45^\circ$ 。关于对于分色镜和反射镜的上述的设置角度的设定的方法, 在上述的实施方案中已说明了。

作为第 1 镜的分色镜 81、85、89 与色光分离光学元件 40 的分色镜 41 相对应, 能以与其相同的方式来构成。此外, 作为第 2 镜的反射镜 82、86、90 与色光分离光学元件 40 的反射镜 42 相对应, 能以与其相同的方式来构成。

这些色光分离光学元件作为一个光学部件来构成。于是, 如果使用这些色光分离光学元件, 则装置的组装能变得容易。再者, 由于图 10 (a)、图 10 (b) 的色光分离光学元件中光经折射率比 1 大的直角棱镜 84 入射到分色镜 85 上, 故对分色镜 85 的光的入射角度变窄, 可提高分色镜 85 的分光特性, 同时如果使直角棱镜 84 与透光性构件 83 的折射率一致, 则由于在从直角棱镜 84 入射到分色镜 85 上的情况下不产生在界面上的折射, 故具有可减少在界面上的光损耗的效果。再者, 图 11 (a)、图 11 (b) 的色光分离光学元件除了与图 10 (a)、图 10 (b) 示出的色光分离光学元件同样的特征外, 由于可谋求棱镜部分的小型化, 故具有能使色光分离光学元



件小型、轻量化的特征。再有，在图 9~图 11 中示出的色光分离光学元件中，由于在分色镜与反射镜之间介入折射率比 1 大的媒质，故必须也考虑介入的媒质的折射率来设定分色镜与反射镜的间隔。特别是，在图 9 中示出的色光分离光学元件中，由于在光从空气中入射到媒质上的情况下，光发生折射而产生光路偏移，故必须考虑这一点。

图 12 中示出的色光分离光学元件由反射型全息元件 91 构成，图 13 和图 14 中示出的色光分离光学元件由透射型全息元件 92 构成。在图 12~图 14 中，对于与图 1 或图 3 对应的部分，附以与图 1 或图 3 中已附的符号相同的符号，省略其说明。反射型全息元件 91、透射型全息元件 92 可配置在作为光束分割光学元件的第 1 透镜阵列 30 的前后的任一方。此外，不管是反射型还是透射型，可使已分离的光的方向相对于光轴 Lb 为对称的或非对称的。图 12、图 13 示出了对称的情况的例子，图 14 示出了非对称的例子。在对称的情况下，可使用只由图 3 中示出的同心透镜 63 构成的第 2 透镜阵列 60，但在非对称的情况下，使用由图 1 中示出的同心透镜 61 和偏心透镜 62 构成的第 2 透镜阵列 60。如果使用上述那样的全息元件，则可减少色光分离光学元件的部件数目，同时可谋求照明光学系统、进而是使用该照明光学系统的投影仪的小型、轻量化。

#### 光束分割光学元件和色光分离光学元件的其它的实施方案

在图 15 中示出的实施方案中，作为光束分割光学元件，使用了以矩阵状配置了小凹面镜 93 的镜阵列 94 来代替第 1 透镜阵列 30。此外，利用透射型全息元件 92 来构成色光分离光学元件。第 2 透镜阵列 60 与实施方案 2 中的透镜阵列 60 相同。该图中示出的部分可与图 1、图 3、图 5、图 6 等的第 1 透镜阵列 30、色光分离光学元件 40、第 2 透镜阵列 60 的部分置换。小凹面镜 93 起到与第 1 透镜阵列 30 的小透镜 31 同样的作用。由此，镜阵列 94 起到与第 1 透镜阵列 30 同等的功能，与透镜结构的情况相比，价格便宜。此外，由于在镜阵列 94 中不发生在透镜阵列中附带的球面像差，故可提高聚光性，可提高照明效率。

#### 其它的实施方案

再有，本发明不限于上述的实施方案，在不脱离其要旨的范围内，可在

各种形态中实施，例如也可作以下的变形。

由色光分离光学元件进行的色光分离不限于绿色光和蓝+红色光的分离，也可以是蓝色光和绿+红色光的分离、红色光和绿+蓝色光的分离。根据分色镜41的分光特性的选定，可任意地设定这样的色的组合。例如，分色镜41也可具备有选择地反射绿色光、使其它的色光透过的分光特性。

使用图1中示出的实施方案1的投影仪，说明色光分离的组合的效果。在蓝色光和绿+红色光的分离的组合的情况下，在图1中在入射、射出端面116的相对的位置上配置红色光用的反射型液晶面板200R来代替绿色光用的反射型液晶面板200G。此时，可提高红色光的利用效率。因而，在例如使用了红色光少的高压汞灯作为光源灯21的情况下，可容易地确保色平衡。其结果，可提高投影仪中的色再现性和光利用效率。

此外，在红色光和绿+蓝色光的分离的组合情况下，在图1中在入射、射出端面116的相对的位置上配置蓝色光用的反射型液晶面板200B来代替绿色光用的反射型液晶面板200G。此时，可减少分色棱镜120中的蓝色光的吸收。因而，可防止因光弹性效应导致的蓝色光的偏振消除。其结果，可提高投影仪中的色再现性和光利用效率。

此外，第1色光和第2色光的偏振方向的设定不限定于上述的实施方案，可根据色分离、合成光学系统100的结构任意地设定偏振状态。例如，可采用使第1色光与S偏振光达到一致、使第2色光与P偏振光达到一致那样的光学结构。换言之，在特定的色光入射的偏振分离膜的后方（射出侧）配置了 $\lambda/2$ 波长片52的情况下，该特定的色光被变换为S偏振光而射出。在特定的色光入射的偏振分离膜的后方（射出侧）未配置 $\lambda/2$ 波长片52的情况下，该特定的色光被变换为P偏振光而射出。

再者，在上述的实施方案中，作成了使被色光分离光学元件40的分色镜41反射的第2色的部分光束入射到偏振变换元件50的偏振分离膜54上、使被反射镜42反射的第1色的部分光束入射到反射膜55上的结构，但第1和第2色的部分光束与偏振分离膜54和反射膜55的对应关系也可与上述相反。即，也可以是使第1色的部分光束入射到偏振分离膜54上、使第2色的部分光束入射到反射膜55上的结构。但是，在使用了偏振变换

元件 50 的情况下,如果考虑在第 1 透镜阵列 30 与第 2 透镜阵列 60 之间和偏振变换元件 50 与色分离、合成光学系统 100 之间产生的第 1 色的部分光束与第 2 色的部分光束的光路的长度的差异,则在上述的实施方案中的对应关系是最适当的。再有,如果适当地设定第 1 和第 2 透镜阵列 30、60 的透镜特性,则也可使用在偏振分离膜 54 与反射膜 55 的对将光轴 Lb 作为对称轴而折返的位置上配置的偏振变换元件。

再者,在上述的实施方案中的一部分中,作成了将光轴 La 与光轴 Lb 构成的角度定为  $90^\circ$ 、来自光源 20 的光对于色光分离光学元件 40 以约  $45^\circ$  的角度入射的结构,但也可作成使光轴 La 与光轴 Lb 构成的角度小于  $90^\circ$ 、来自光源 20 的光对于色光分离光学元件 40 以小于  $45^\circ$  的角度入射的结构。此时,容易提高色光分离光学元件 40 中使用的分色镜 41 或反射镜 42 的分光特性或反射特性,可实现高的光学效率。此外,也可与其相反地作成使光轴 La 与光轴 Lb 构成的角度大于  $90^\circ$  的结构。由此,可增加光学系统的布局的自由度。

此外,在上述的实施方案中,也可使用具备多个反射面的导光棒来代替作为光束分割光学元件的透镜阵列 30。这样的导光棒已在特开平 10-161237 号公报中被公开了,由于是众所周知的,故省略其详细的说明。如果使用导光棒,则与透镜阵列 94 的情况相同,由于不发生在透镜阵列中附带的球面像差,故可提高聚光性,可提高照明效率。

此外,本发明的照明光学系统如在前面的实施方案中所示那样,不管是反射型的还是透射型的,可将各种各样的光调制装置作为照明的装置来使用。

从以上的说明可理解的那样,按照本发明的照明光学系统,由于可预先将来自光源的非偏振的光变换为对于每种色光来说偏振方向达到一致的偏振光束,故可减轻与照明光学系统相比在光路的下流一侧配置的分色棱镜或偏振光束分离器等的光学要素的偏振依存性。于是,可提高照明效率。

再者,通过在投影仪中采用该照明光学系统,可谋求投射图像的高亮度和高图像质量以及高对比度。此外,与使用了现有的照明光学系统的情况相比,可削减部件数目,可实现低成本。

如以上所说明的那样，按照本发明的照明光学系统，可高效地生成特定的色光的偏振方向相对于其它的色光的偏振方向相差约  $90^\circ$  的照明光，能用这样的照明光以均匀的照度分布对被照明区域进行照明。

此外，按照本发明的投影仪，通过应用上述的照明光学系统，可减轻构成色分离、合成光学系统的分色面中的分光特性的偏振依存性，可显示明亮的高图像质量的投射图像。此外，与使用了现有的照明光学系统的情况相比，可削减部件数目，可实现低成本。

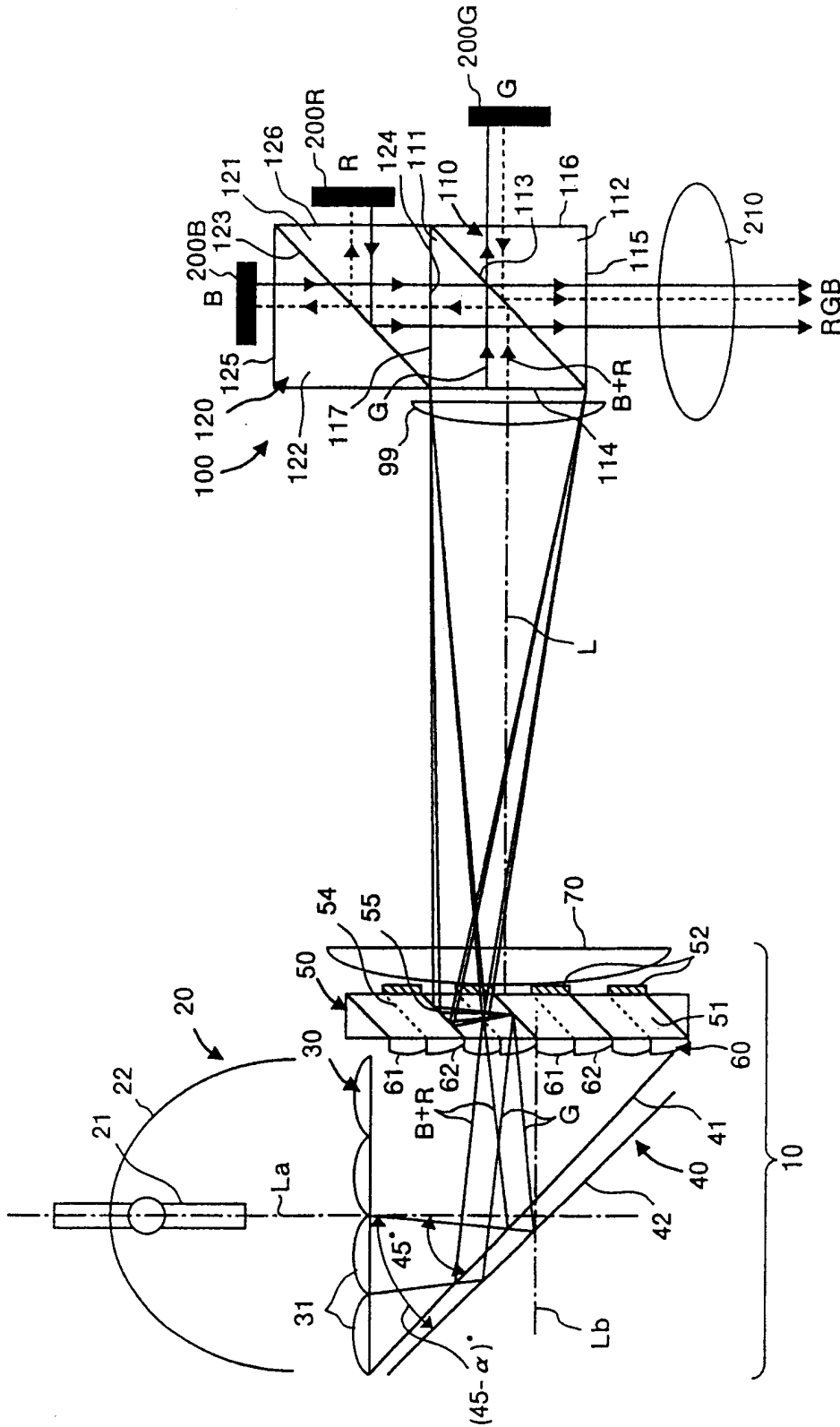


图 1

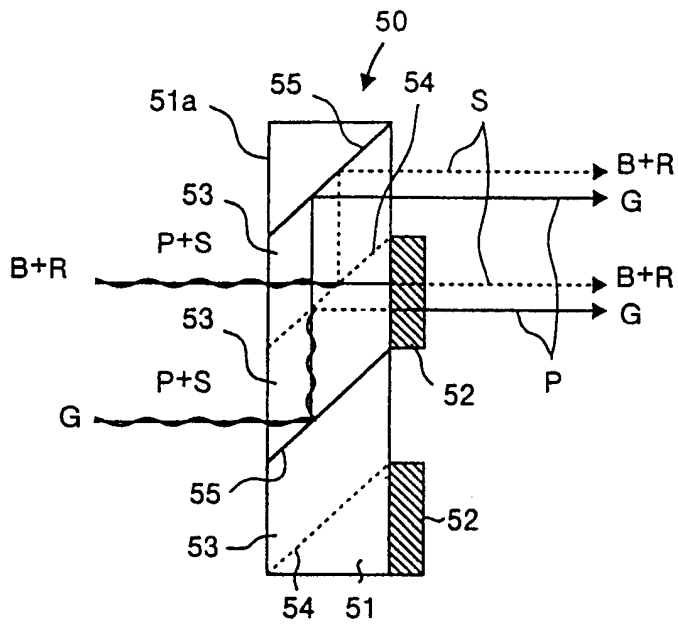


图 2

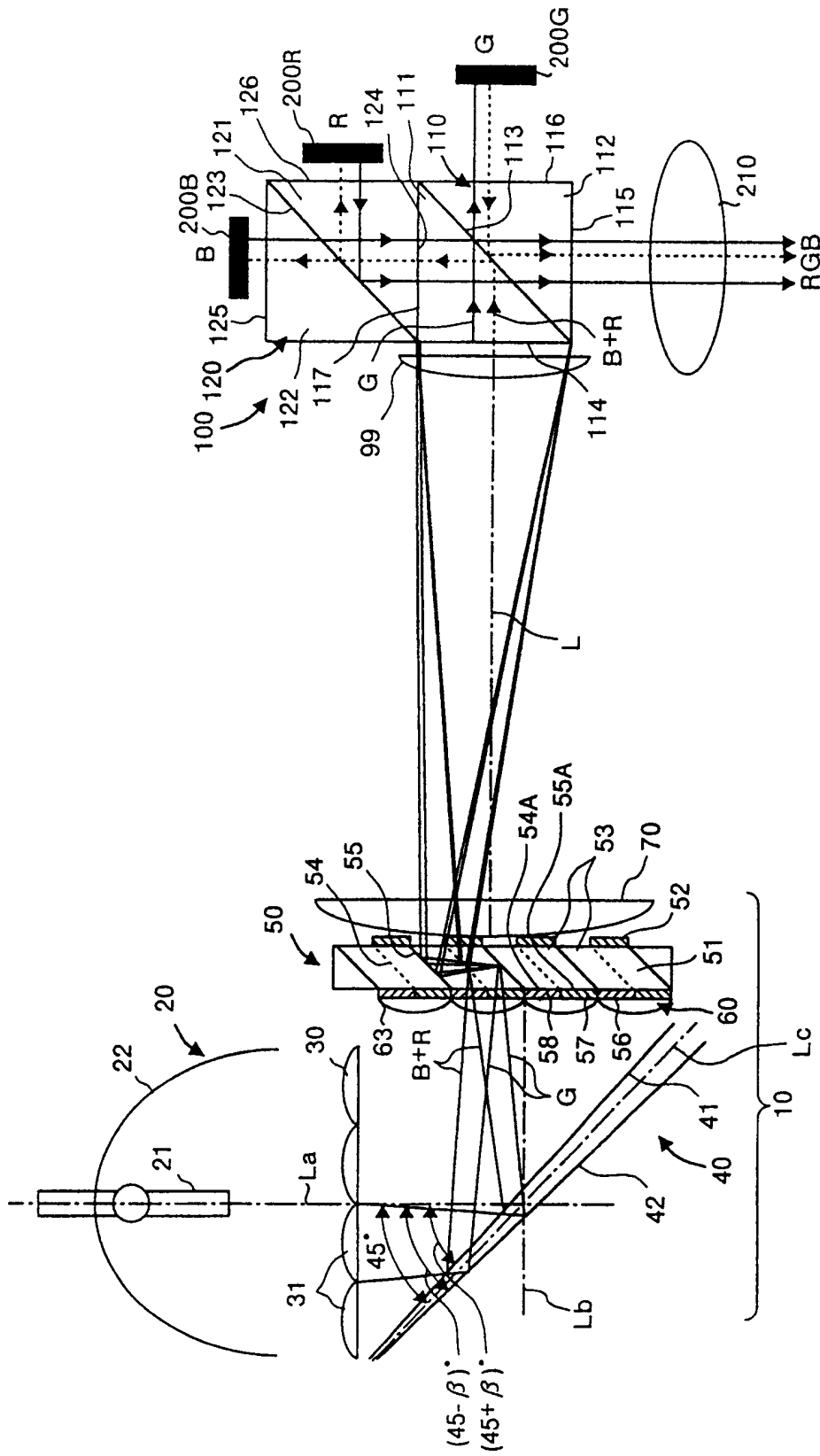


图 3

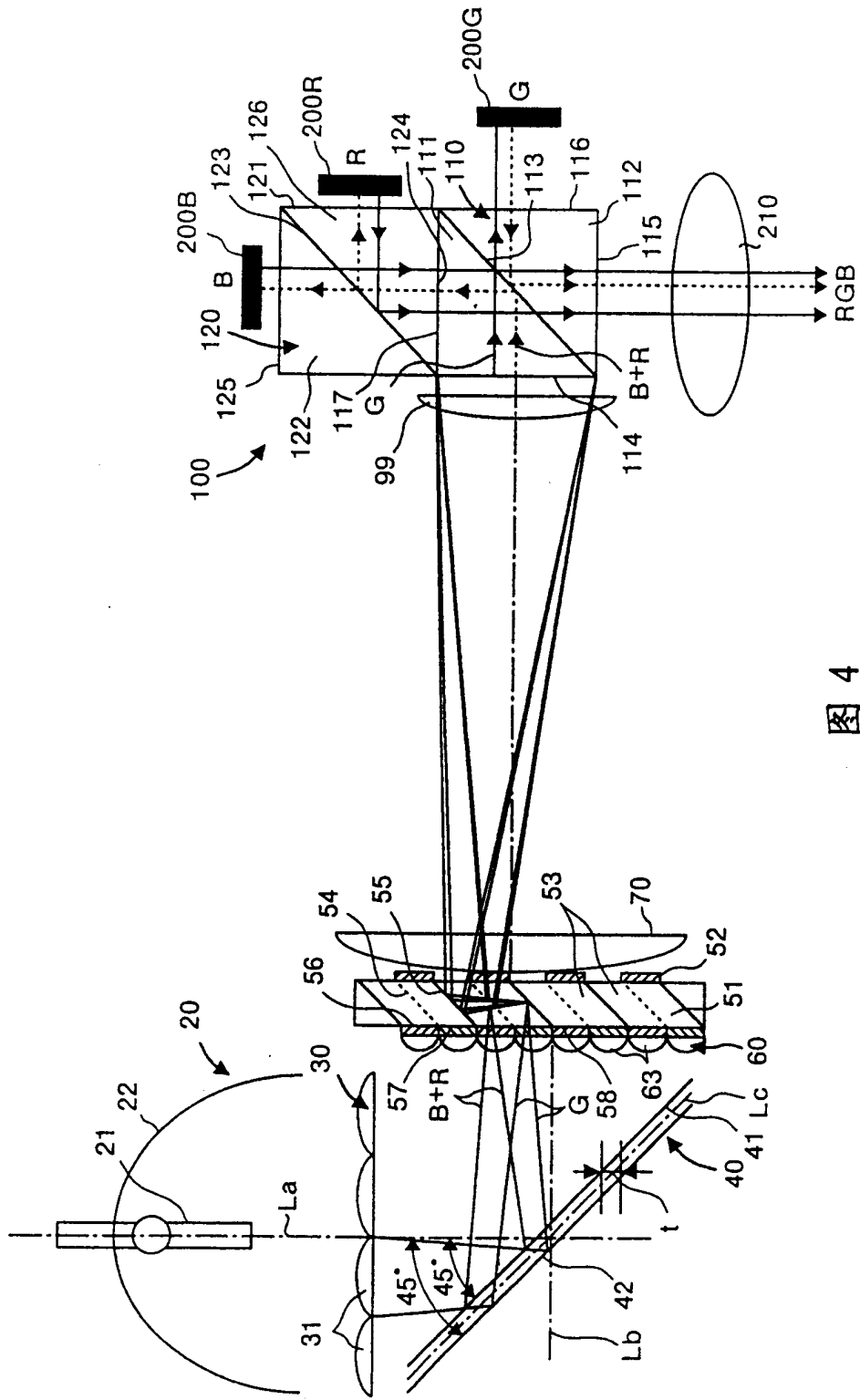


图 4



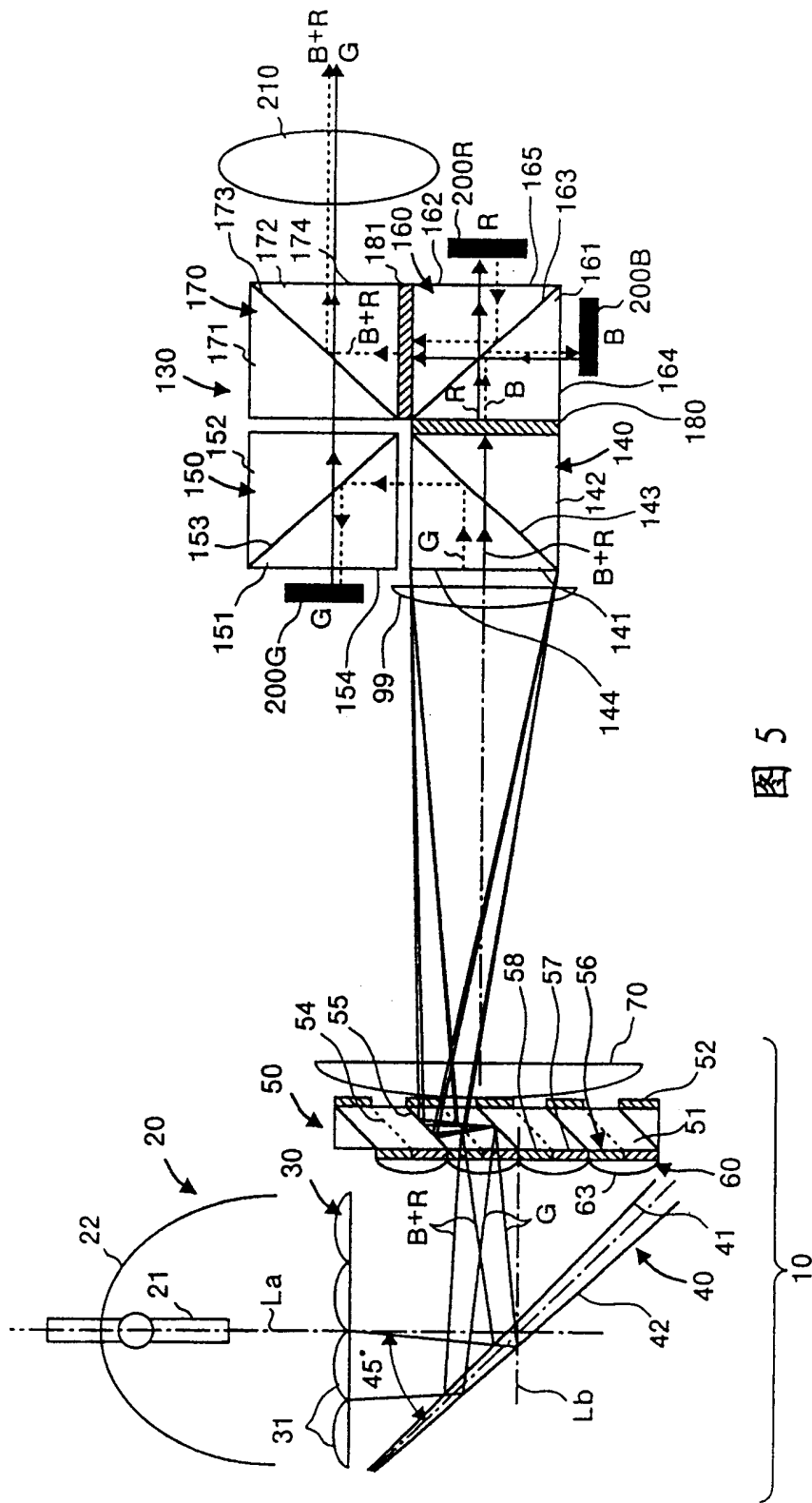


图 5

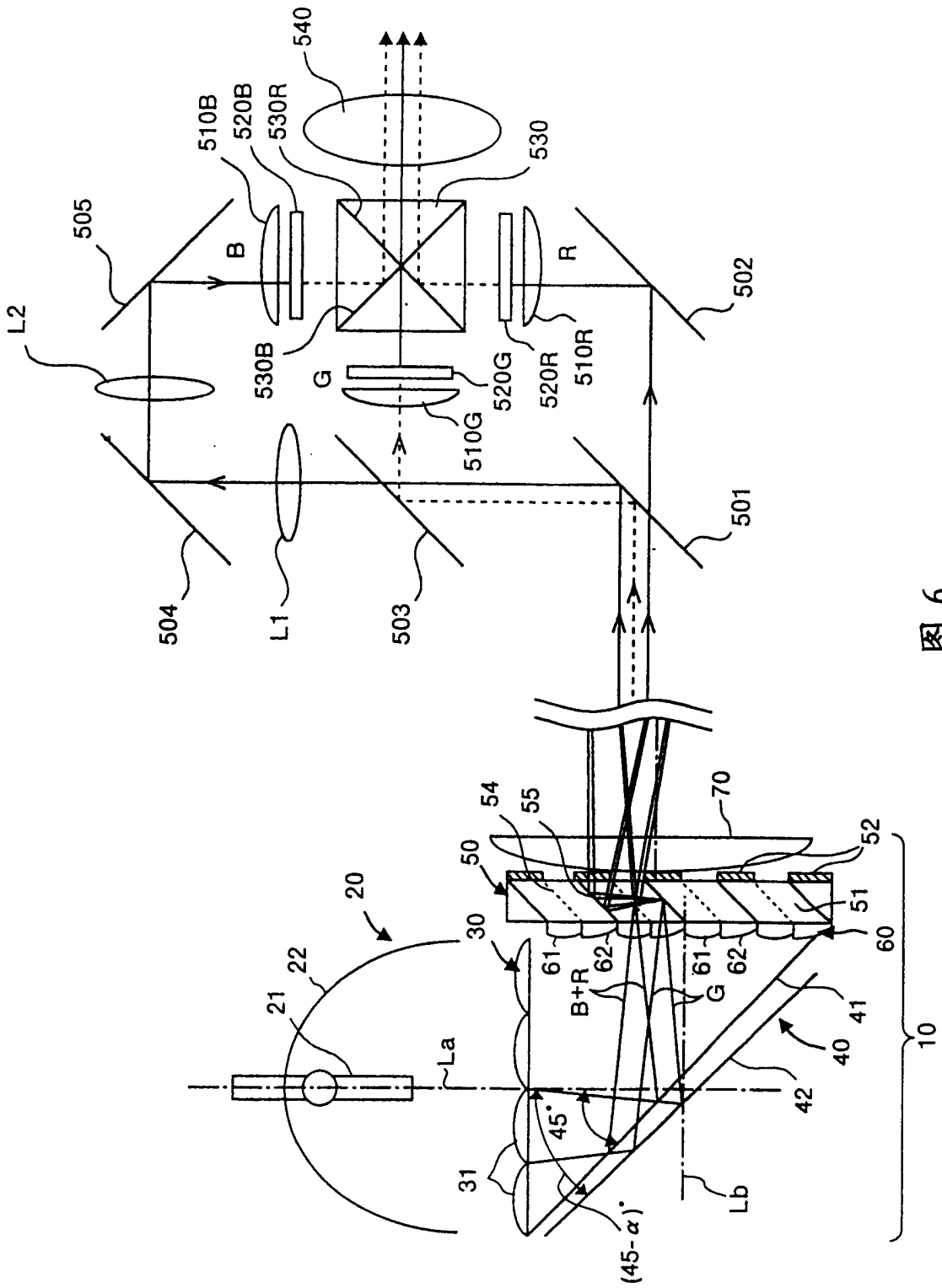


图 6

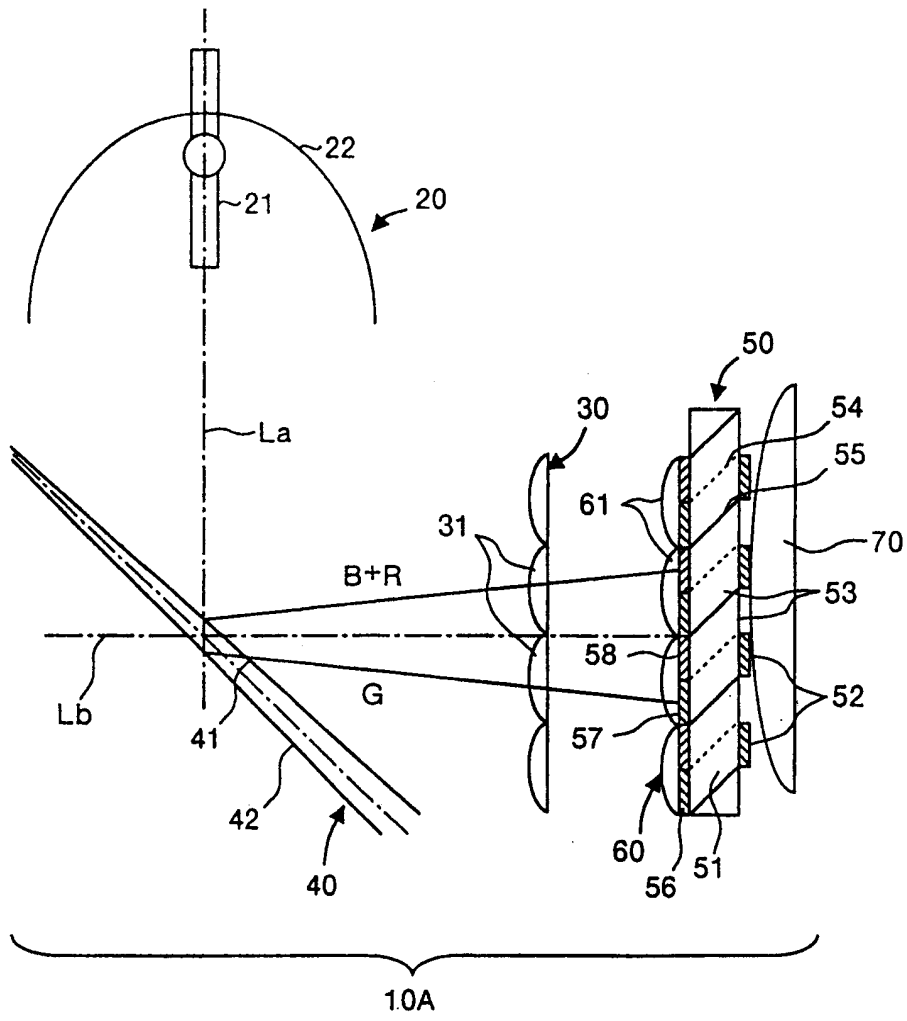


图 7

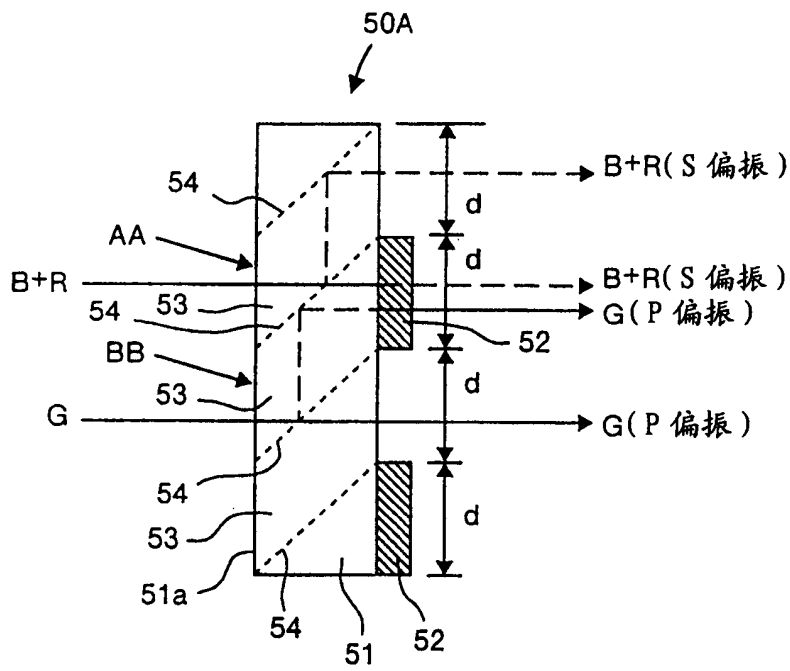


图 8

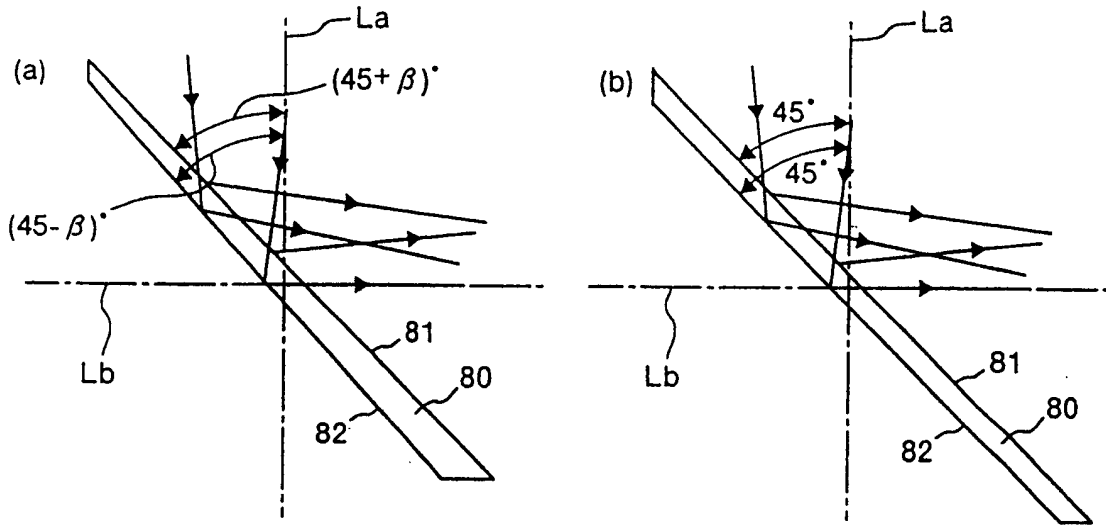


图 9

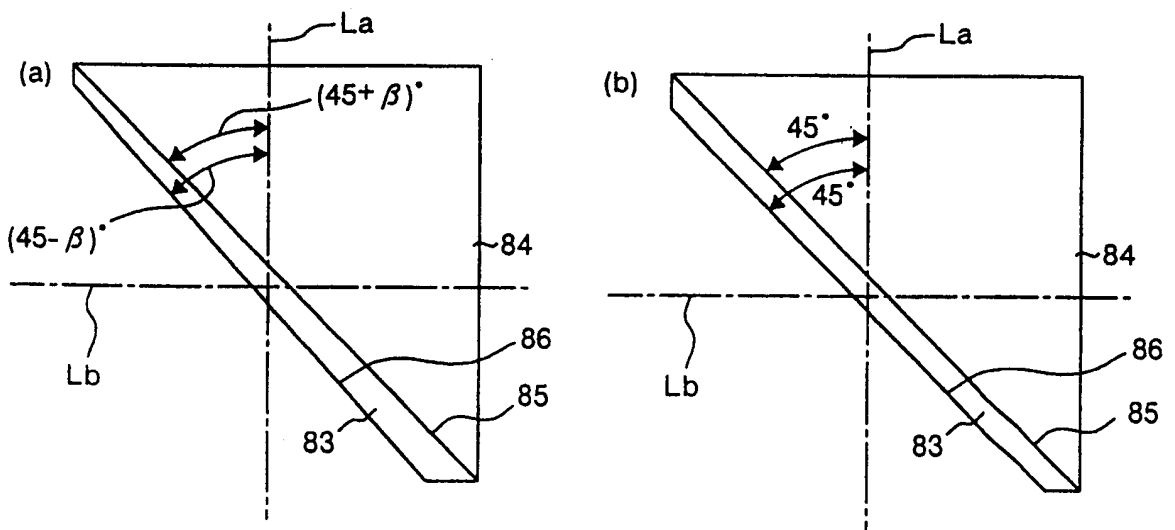


图 10

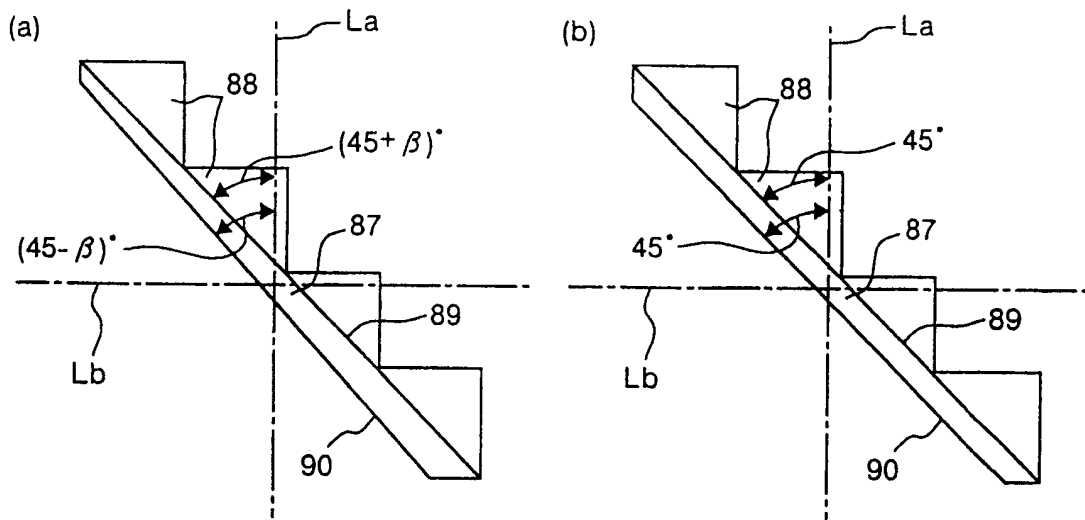


图 11

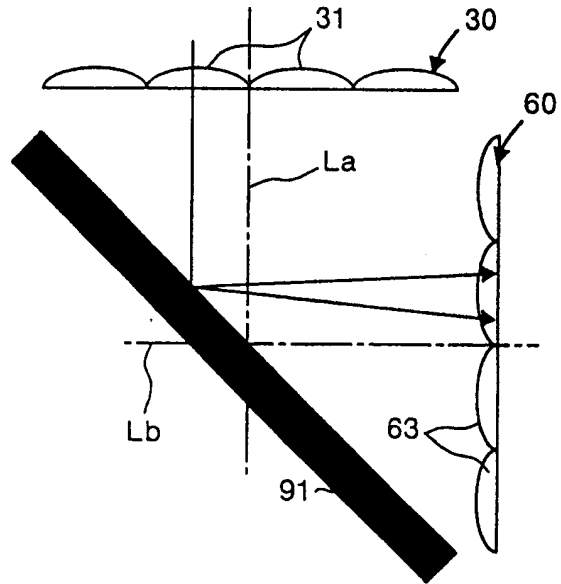


图 12

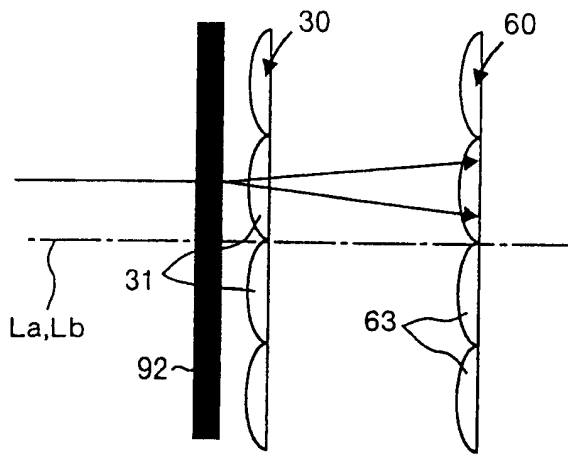


图 13

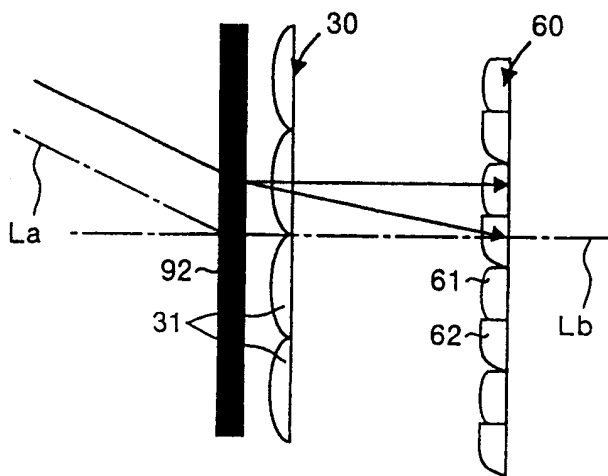


图 14

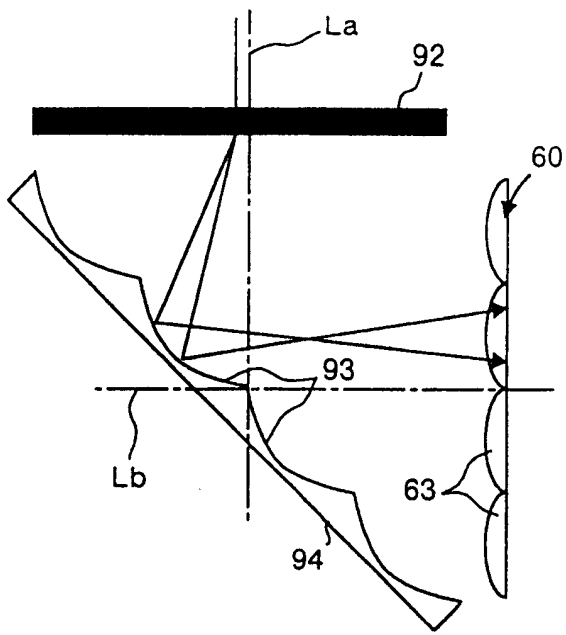


图 15

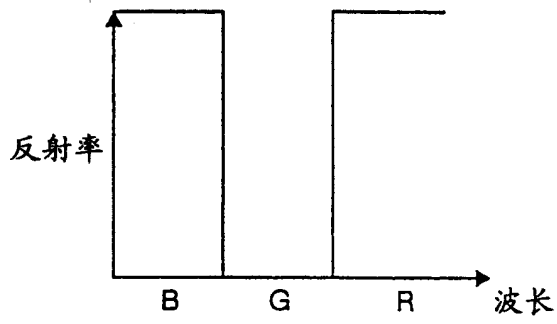


图 16



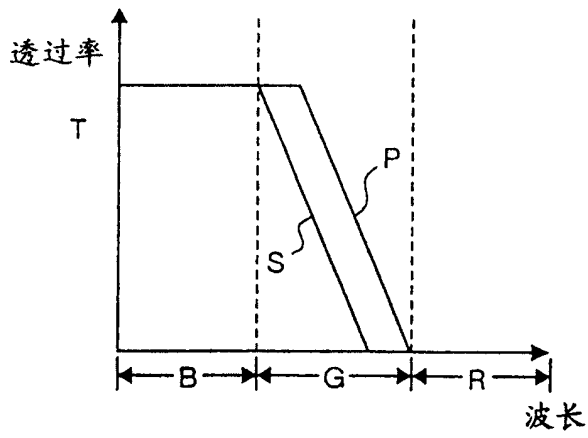


图 17

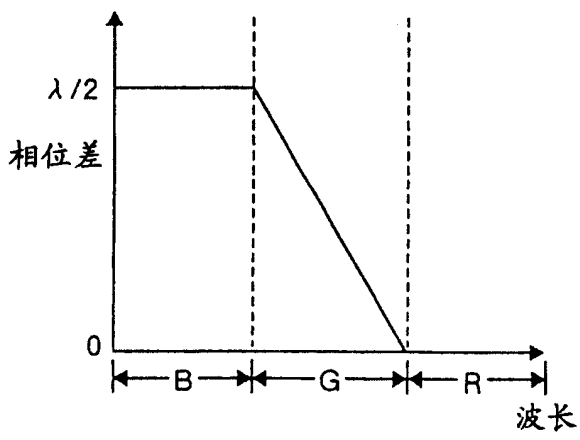


图 18