



## (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101995751 B

(45) 授权公告日 2013. 03. 13

(21) 申请号 201010260864. 9

(22) 申请日 2010. 08. 20

(30) 优先权数据

2009-191191 2009. 08. 20 JP

(73) 专利权人 佳能株式会社

地址 日本东京

(72) 发明人 儿玉浩幸 须藤贵士 前田勇树

(74) 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专  
利商标事务所 11038

代理人 卜荣丽

(51) Int. Cl.

G03B 21/20 (2006. 01)

G03B 21/00 (2006. 01)

G02B 27/10 (2006. 01)

F21V 7/00 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 1746723 A, 2006. 03. 15,

US 2006007399 A1, 2006. 01. 12,

US 2005219468 A1, 2005. 10. 06,

JP 2005292360 A, 2005. 10. 20,

KR 100709416 B1, 2007. 04. 18,

US 2007030459 A1, 2007. 02. 08,

US 2005001942 A1, 2005. 01. 06,

审查员 王新安

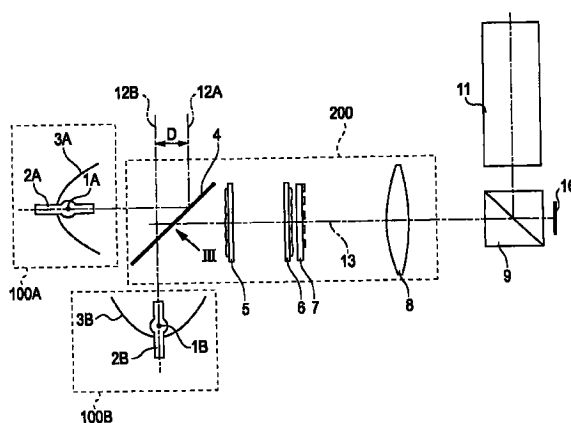
权利要求书 2 页 说明书 11 页 附图 10 页

(54) 发明名称

照明光学系统和投影显示设备

(57) 摘要

本申请涉及照明光学系统和投影显示设备，包括光束合成部分和会聚来自光束合成部分的光束的聚光透镜。光束合成部分合成来自都包括灯和凹面镜的第一和第二灯单元的光束，所述灯具具有沿凹透镜的光轴排列的阴极和阳极。光束合成部分包括布置在第一灯单元的光轴上并且偏离第二灯单元的光轴的第一反射部分，和偏离第一灯单元的光轴布置的第二反射部分。第一和第二反射部分反射从第二灯单元射出并且偏离第二灯单元的光轴的光束，以合成来自第一和第二灯单元的光束。



1. 一种照射图像调制元件的照明光学系统,所述照明光学系统包括:

光束合成部分(4),所述光束合成部分(4)合成从第一灯单元(100A)射出的光束和从第二灯单元(100B)射出的光束,第一和第二灯单元各自包括灯和凹面镜(3A,3B),所述灯具有沿着凹面镜的光轴排列的阴极和阳极;

透镜阵列或光积分棒,所述透镜阵列或光积分棒被配置为分割来自光束合成部分的光;和

聚光透镜(8),所述聚光透镜会聚来自透镜阵列或光积分棒的光束,

其特征在于

光束合成部分包括:

布置在第一灯单元的光轴上并且偏离第二灯单元的光轴的第一反射部分(31B);和

偏离第一灯单元的光轴布置的第二反射部分(32B),

其中第一反射部分和第二反射部分反射从第二灯单元射出的并偏离第二灯单元的光轴的光束,以合成从第一和第二灯单元射出的光束。

2. 按照权利要求1所述的照明光学系统,其中光束合成部分合成从第二灯单元射出的并被第一反射部分和第二反射部分反射的光束、以及从第一灯单元射出的并在第一反射部分和第二反射部分之间穿过的光束。

3. 按照权利要求1或2所述的照明光学系统,其中光束合成部分还包括第一透射部分(31A)和第二透射部分(32A),第二透射部分被布置在第二灯单元的光轴上,

光束合成部分的第一透射部分、第一反射部分、第二透射部分和第二反射部分依次从第一端到第二端排列,并且

在包含第一灯单元的光轴和第二灯单元的光轴的截面中,当在第一灯单元的孔口平面上与第一灯单元的光轴相交的线上的光量分布的两个峰值是第一峰值(41)和第二峰值(42),并且在第二灯单元的孔口平面上与第二灯单元的光轴相交的线上的光量分布的两个峰值是第三峰值(43)和第四峰值(44)时,第一透射部分允许对应于第一峰值的光束透射通过,第一反射部分反射对应于第四峰值的光束,第二透射部分允许对应于第二峰值的光束透射通过,第二反射部分反射对应于第三峰值的光束。

4. 按照权利要求1或2所述的照明光学系统,

其中被光束合成部分反射的第一灯单元的光轴和穿过光束合成部分的第二灯单元的光轴相互间隔预定距离。

5. 按照权利要求4所述的照明光学系统,其中当凹面镜是具有焦距 $f$ 的抛物面镜时,下述关系式被满足:

$$0 < D < 4f$$

其中 $D$ 是所述预定距离。

6. 按照权利要求4所述的照明光学系统,其中当凹面镜是具有焦距 $f_1$ 和 $f_2$ 的椭圆镜时,其中 $0 < f_1 < f_2$ ,下述关系式被满足:

$$0 < D < 4 \times f_1 \times f_2 / (f_1 + f_2)$$

其中 $D$ 是所述预定距离。

7. 按照权利要求1或2所述的照明光学系统,还包括反射件(73),

其中反射件使未入射到第一反射部分或第二反射部分上的光束返回第一灯单元和第

二灯单元至少之一。

8. 按照权利要求 1 或 2 所述的照明光学系统,还包括布置在聚光透镜和图像调制元件之间的偏振光束分光器 (9)。

9. 一种投影显示设备,包括:

图像调制元件 (10);

按照权利要求 1 或 2 所述的照射图像调制元件的照明光学系统;和

投影来自照明光学系统的光束的投影光学系统 (11)。

10. 按照权利要求 9 所述的投影显示设备,其中图像调制元件包含液晶显示元件或微镜器件。

11. 按照权利要求 9 或 10 所述的投影显示设备,其中下述关系式被满足:

$$0 < P/L < 23$$

其中 L 是第一或第二灯单元中的灯的弧长, P 是图像调制元件的图像显示区的对角线长度。

## 照明光学系统和投影显示设备

### 技术领域

[0001] 本发明涉及照明光学系统,尤其涉及利用多个灯单元照射被照射面的照明光学系统。

### 背景技术

[0002] 最近的投影显示设备中的一些照明光学系统使用多个灯单元照射被照射面,以便更明亮地照射被照射面和获得辐射均匀性。在投影设备中使用多个灯单元意味着这种投影设备的尺寸的增大。同时,投影显示设备本身的小型化已成为现有技术当前的重要因素。因此,存在缩小从多个灯单元射出的光的宽度的方法。

[0003] 在日本专利 No. 3, 992, 053 的英文摘要中描述的发明涉及一种合成两个灯单元的光束的照明光学系统,每个灯单元包含光源灯和反射镜。在光的光量分布曲线中包括灯的光轴在内的中心部分中的大量光是从每个灯单元射出的。具体地说,在包含灯的光轴的中心部分中从两个灯单元射出的光束是利用多个反射镜提取的,并且它们被合成为与一个灯单元的孔口边缘宽度基本相同的合成光。

[0004] 在日本专利 No. 3, 992, 053 的英文摘要中公开的结构中,对应于明亮部分的光束被反射,以存在于合成光的外部,从而导致合成光的外部中的大量光。当通过复眼透镜或聚光透镜会聚合成光以照射作为被照射面的图像调制元件时,大入射角的入射光与入射到图像调制元件上的所有光的比值大。结果,图像对比度恶化。

### 发明内容

[0005] 本发明提供一种通过减小大入射角的入射光与入射到图像调制元件上的所有光的比值而能够高对比度地明亮显示图像的照明光学系统和投影显示设备。

[0006] 按照本发明的一个方面,照明光学系统照射图像调制元件。照明光学系统包括光束合成部分和聚光透镜。所述光束合成部分合成从第一灯单元射出的光束和从第二灯单元射出的光束,第一和第二灯单元都包括灯和凹面镜,所述灯具有沿着凹面镜的光轴排列的阴极和阳极。聚光透镜会聚来自光束合成部分的光束。所述光束合成部分包括布置在第一灯单元的光轴上并且偏离第二灯单元的光轴的第一反射部分,和偏离第一灯单元的光轴布置的第二反射部分。第一反射部分和第二反射部分反射从第二灯单元射出的并且偏离第二灯单元的光轴的光束,以合成从第一和第二灯单元射出的光束。

[0007] 根据下面的参考附图的示例实施例的说明,对本领域的技术人员来说,本发明的其它特征将变得明显。

### 附图说明

[0008] 图 1 图解说明按照第一实施例的结构。

[0009] 图 2A-2C 图解说明在灯单元的孔口平面上的照度分布。

[0010] 图 3 图解说明按照第一实施例的合成镜的形状。

- [0011] 图 4 图解说明光束合成部分的操作。
- [0012] 图 5A-5F 图解说明在光穿过合成镜之后的照度分布。
- [0013] 图 6 是图解说明图像显示区的对角线长度和对比度之间的关系的曲线图。
- [0014] 图 7A-7C 图解说明按照第一实施例的变形的结构。
- [0015] 图 8 图解说明按照第二实施例的结构。
- [0016] 图 9 图解说明按照第三实施例的结构。
- [0017] 图 10 图解说明从灯单元到液晶显示元件的基本结构。
- [0018] 图 11A 和 11B 示意图解说明第二复眼透镜和偏振光转换元件。
- [0019] 图 12 是图解说明图像显示区的对角线长度和屏幕上的亮度之间的关系的曲线图。

## 具体实施方式

### [0020] 第一实施例

[0021] 参考图 1, 说明按照本发明的第一实施例的结构。发光部分 1A 具有阴极和阳极。发光部分 1A 被包含在发光管 2A 中。抛物面镜 (凹面镜) 3A 反射从发光部分 1A 射出的光束, 并沿特定方向导引所述光束。发光部分 1A 发出在可见光辐射的波长范围中的光束。发光管 2A 内的阴极和阳极沿抛物面镜 3A 的光轴排列。抛物面镜 3A 具有焦距  $f$  ( $0 < f$ )。发光部分 1A 被布置在抛物面镜 3A 的焦点附近。发光部分 1A、发光管 2A 和抛物面镜 3A 被包括在第一灯单元 100A 中。类似地, 具有阴极和阳极的发光部分 1B、包含发光部分 1B 的发光管 2B、和抛物面镜 (凹面镜) 3B 被包括在第二灯单元 100B 中。

[0022] 合成镜 (光束合成部分或光学合成器) 4 合成从第一灯单元 100A 和第二灯单元 100B 射出的光束。使用术语“第一”和“第二”的指示只是为了便于举例说明, 并不意图表示特定的顺序。因此, 对说明书的剩余部分和权利要求来说, 可以互换或不使用这些术语。

[0023] 被合成镜 4 反射的第一灯单元 100A 的光轴 12A 和穿过合成镜 4 的第二灯单元 100B 的光轴 12B 间隔距离 D。换句话说, 如图 1 中所示, 距离 D 表示从来自灯单元之一的光的反射光侧看见的灯单元的光轴之间的距离。反射光被合成镜 4 反射。另选地, 距离 D 表示从出射自另一个灯单元的光的透射侧看见的灯单元的光轴之间的距离。因此, 应注意对于下述说明的剩余部分来说, 两个灯单元的光轴中的一个被认为被合成镜反射, 两个灯单元的光轴中的另一个被认为穿过合成镜。

[0024] 第一灯单元 100A 被布置成使得其光轴 12A 相对于合成镜 4 约成  $45^\circ$  角。第二灯单元 100B 被布置成大致正交于第一灯单元 100A, 还被布置成使得其光轴 12B 相对于合成镜 4 约成  $45^\circ$  角。合成镜 4 被布置成使得第一灯单元 100A 的光轴 12A (被合成镜 4 反射) 和第二灯单元 100B 的光轴 12B (通过合成镜 4) 之间的距离 D 满足  $0 < D < 4f$ , 其中  $f$  是抛物面镜 3A 和 3B 任意之一的焦距。下面更详细地说明该条件的原因。

[0025] 第一复眼透镜 5 和第二复眼透镜 6 都是其中二维排列微小的球面透镜的透镜阵列。偏振光转换元件 7 把非偏振光转换成大致线性偏振光。

[0026] 合成镜 4、第一复眼透镜 5、第二复眼透镜 6、偏振光转换元件 7 和聚光透镜 8 沿光轴 13 被包括在照明光学系统 200 中。

[0027] 从合成镜 4 输出的合成光被分成光束, 所述光束由第一复眼透镜 5 会聚。所述光

束会聚在第二复眼透镜 6 的附近。在第二复眼透镜 6 的附近会聚的光束进入偏振光转换元件 7, 并被转换成相应的大致线性偏振光束。由偏振光转换元件 7 转换的光束被聚光透镜 8 会聚, 通过偏振光束分光器 9, 并由液晶显示元件 (图像调制元件) 10 叠加。在纯白色显示的情况下, 进入液晶显示元件 10 的 p- 偏振光被调制成 s- 偏振光。s- 偏振光在偏振光束分光器 9 的偏振光分离面被反射。反射光到达投影透镜 (投影光学系统) 11, 放大的图像被投影到例如屏幕的投影面上。

[0028] 上述照明光学系统执行 **köhler** 照明。发光部分 1A 和 1B 及第二复眼透镜 6 被布置在共轭位置处。第一复眼透镜 5 和液晶显示元件 10 也被布置在共轭位置处。

[0029] 下面, 说明从每个灯单元射出的光束的照度分布。

[0030] 参考图 2A、2B 和 2C, 说明在第一灯单元 100A 和第二灯单元 100B 每一个的孔口平面上的照度分布。

[0031] 图 2A 图解说明从第一灯单元 100A 或第二灯单元 100B 射出的光束。与图 1 中图解说明的灯单元中的组件具有相同附图标记的组件的描述被省略。从分别布置在抛物面镜 3A 和 3B 附近的发光部分 1A 和 1B 射出的光束在抛物面镜处被反射, 并以大致平行的光束的形式被输出给抛物面镜的孔口平面。在从发光部分射出的光之中, 在到灯单元的光轴的距离为  $2f$  的位置被抛物面镜反射的光束用带箭头的线表示。换句话说, 它是沿相对于灯单元的光轴约  $90^\circ$  (正交) 的方向, 从发光部分 1A 或 1B 射出的光束。

[0032] 图 2B 图解说明在灯单元的孔口平面上的照度分布的灰度级图像。图 2B 显示从灯单元射出的光束的照度分布是环形的。

[0033] 图 2C 图解说明在图 2B 的截面部分 IIC 处的光量分布 (强度分布)。截面 IIC 和经过第一灯单元 100A 的光轴 12A 或第二灯单元 100B 的光轴 12B 的平面相同。图 2C 的曲线图的水平轴表示沿着从灯单元射出的光的强度分布的位置, 垂直轴表示任意单位的亮度。在最明亮部分所位于的强度分布的位置处, 垂直轴的亮度表示为比值 1 (最高强度)。该光量分布曲线图显示, 在截面 IIC 中, 在灯单元的光轴附近, 光量明显低, 在与灯单元的光轴间隔半径  $2f$  的位置附近, 光量最高。下面, 光量分布中最高光量集中的位置被称为峰值。与峰值对应的光束用图 2A 中所示的带箭头的线指示。因此, 根据图 2C, 可看出从给定灯单元射出的光束偏离其光轴。

[0034] 灯单元的光轴附近的低光量 (低强度) 的原因在于在布置发光管 2A 或 2B 时使用的抛物面镜的孔洞, 或者发光管 2A 或 2B 本身起出射光的遮光部分的作用。

[0035] 在除截面 IIC 外的位置处能够获得图 2C 中图解说明的光量分布。例如, 在灯单元的孔口平面上, 在与灯单元的光轴相交的线上的截面处可获得相似的光量分布。

[0036] 下面, 参考图 3 说明用于合成从灯单元射出的光束的合成镜 4 的形状。

[0037] 图 3 图解说明从由图 1 中图解说明的箭头所示的 III 方向所见的合成镜 4。

[0038] 按照本实施例的合成镜 4 由单块玻璃板制成, 并且包括反射部分和透射部分。反射部分用深灰色部分表示, 透射部分用白色部分表示。

[0039] 在图 3 中, 线 B 表示经过第一灯单元 100A 的光轴 12A (图 1) 和第二灯单元 100B 的光轴 12B (图 1) 的平面与合成镜 4 相交的线。

[0040] 合成镜 4 包括沿着线 B 从第一端到第二端 (对图 3 来说, 从右到左) 依次排列的第一透射部分 31A、第一反射部分 31B、第二透射部分 32A 和第二反射部分 32B。第一反射部

分 31B 存在于第一灯单元 100A 的光轴 12A(图 1)上,第二透射部分 32A 存在于第二灯单元 100B 的光轴 12B(图 1)上。

[0041] 合成镜 4 的第一反射部分 31B、第一透射部分 31A、第二反射部分 32B 和第二透射部分 32A 的形状均不局限于图 3 中图解说明的形状。第一反射部分 31B 或第二透射部分 32A 可具有与出射光束的照度分布的环形形状对应的大致半圆形状。另一方面,第一反射部分 31B 和第二透射部分 32A 不必共有一个它们的边;它们可以相互分离。

[0042] 下面参考图 4,说明当在照明光学系统 200 中使用上述合成镜 4 合成从灯单元 100A 和 100B 射出的光束时发生的操作。图 4 图解说明相互大致正交布置的两个灯单元 100A 和 100B,和沿照明光学系统 200 的光轴 13 布置的合成镜 4。前面描述过的组件使用相同的附图标记,并且其说明被省略。为了简化说明,图 4 中图解说明了合成镜 4,以使得显示其沿图 3 中的线 B 的截面。合成镜 4 的黑色部分是反射部分,而虚线环绕的部分是透射部分。如前所述,合成镜 4(光束合成部分)包括从第一端到第二端顺序排列的第一透射部分 31A、第一反射部分 31B、第二透射部分 32A 和第二反射部分 32B。用实线箭头指示的光束 41 和 42 对应于第一灯单元 100A 的两个峰值,而用虚线箭头指示的光束 43 和 44 对应于第二灯单元 100B 的两个峰值。

[0043] 参看合成镜 4 的反射部分,注意第一反射部分 31B 被布置在第一灯单元 100A 的光轴上,并且偏离第二灯单元 100B 的光轴。第二反射部分 32B 偏离第一灯单元 100A 的光轴。第一反射部分 31B 和第二反射部分 32B 反射从第二灯单元 100B 射出的偏离其光轴的光,该反射光与从第一灯单元 100A 射出的光结合。另一方面,当参看合成镜 4 的透射部分时,第二透射部分 32A 被布置在第二灯单元 100B 的光轴上,并且偏离第一灯单元 100A 的光轴。第一透射部分 31A 偏离第二灯单元 100B 的光轴。换句话说,第二透射部分 32A 和第一透射部分 31A 透射从第一灯单元 100A 射出的偏离其光轴的光,该透射光与从第二灯单元 100B 射出的光结合。

[0044] 基于图 2A、2B 和 2C 中图解说明的从灯单元射出的光束的光量分布,进行了上述说明。在从第一灯单元 100A 射出的光束的光量分布的峰值中,第一峰值光束 41 和第二峰值光束 42 在图 4 中依次从上到下排列。在从第二灯单元 100B 射出的光的照度分布的峰值中,第三峰值光束 43 和第四峰值光束 44 在图 4 中依次从左到右排列。首先,合成镜 4 的第一透射部分 31A 允许第一灯单元 100A 的第一峰值光束 41 透射通过。在第二灯单元 100B 的光轴上的第二透射部分 32A 允许第一灯单元 100A 的第二峰值光束 42 透射通过。第二灯单元 100B 的第三峰值光束 43 被第二反射部分 32B 反射。第二灯单元 100B 的第四峰值光束 44 被在第一灯单元 100A 的光轴上的第一反射部分 31B 反射。即,从图 4 中图解说明的观察平面 A 来看,来自灯单元的光束被合成,以使得第一峰值光束 41、第四峰值光束 44、第二峰值光束 42 和第三峰值光束 43 在图 4 中依次从上到下排列。这里使用的观察平面 A 表示位于紧接在合成镜 4 的出射面之后的平面。观察平面 A 大致垂直于包含第一灯单元 100A 的光轴和第二灯单元 100B 的光轴(其中第二灯单元 100B 的光轴已被合成镜 4 反射)的平面。按另一种方式来说,观察平面 A 大致平行于液晶显示元件 10。

[0045] 合成镜 4 的第一透射部分 31A 和第二透射部分 32A 均可以是透明玻璃板或者自由空间(free-space)孔口,只要它具有允许光透射通过的功能。

[0046] 参考图 5A-5F 更详细地说明合成镜 4 的上述操作。

[0047] 图 5A 表示合成光在观察平面 A(图 4) 中的照度分布的图像,图 5B 图解说明在沿图 5A 的线 VB-VB 的截面上的光量分布。这些图显示合成镜 4 合成光束,以使得通过考虑到从灯单元射出的光束的光量分布而设置反射部分,明亮部分邻近照明光学系统 200 的光轴 13。通过沿包含第一和第二灯单元 100A 和 100B 的光轴的平面切割照度分布,获得图 5B 中使用的截面,这同样适用于图 5D 和 5F。

[0048] 为了参考,图 5C 表示当在照明时只使用第一灯单元 100A(图 4) 时,在光束通过合成镜 4 之后,观察平面 A 中的照度分布的图像,图 5D 图解说明在沿图 5C 的线 VD-VD 的截面上的光量分布。类似地,图 5E 表示当在照明时只使用第二灯单元 100B 时,在光束穿过合成镜 4 之后,观察平面 A 中的照度分布的图像,图 5F 图解说明在沿图 5E 的线 VF-VF 的截面上的光量分布。

[0049] 恰当地布置具有图 3 中所示形状的合成镜 4 和相对于合成镜 4 的灯单元使得光束能够被合成,以致从灯单元射出的偏离其光轴的光束的明亮部分邻近照明光学系统的光轴。当明亮部分邻近照明光学系统的光轴时,在利用聚光透镜 8(图 1) 会聚合成光,并照射液晶显示元件 10(图 1) 时,能够降低倾斜地入射到液晶显示元件 10 上的光的比例。倾斜入射光的比例的降低使作为图像调制元件的液晶显示元件能够把大量的光调制成适当的偏振光状态,从而能够获得高图像对比度。

[0050] 如开始时所述,当凹面镜是具有焦距  $f$  的抛物面镜时,有用的是两个灯单元的光轴之间的距离  $D$  满足  $0 < D < 4f$ 。这是因为当  $0 < D < 4f$  时,与灯单元的峰值对应的光束能够被叠加。

[0051] 最好,距离  $D$  可被设置成满足  $f \leq D \leq 3f$ 。这使光束能够被合成,以使得来自第二灯单元的光量大的部分位于在第一灯单元的光轴附近的光量小的部分中,从而液晶显示元件或者其它被照射面能够被均匀照射。

[0052] 就除了液晶显示元件 10 之外还包括置于聚光透镜 8 和液晶显示元件 10 之间的偏振光束分光器 9 的系统来说,类似于本实施例,存在明亮照明方面的更多有益效果。这是因为如果入射角大的光进入也具有入射角特性的偏振光束分光器 9 的偏振光分离膜,那么应被透射的光会被反射,并且进入液晶显示元件 10 的光量会被降低。

[0053] 对本实施例来说,包含灯单元的光轴 12A 和 12B 的平面和偏振光束分光器 9 的偏振光分离面的法线大致平行。不过,它们可以不平行。

[0054] 对第一实施例来说,复眼透镜被用作积分器。不过,本发明也适用于使用光积分棒(rod integrator)的照明光学系统。这种情况下,由合成镜合成的光能够被会聚以进入光积分棒。另外在这种情况下,能够获得高对比度。

[0055] 下面说明定量效果。

[0056] 图 6 是图解说明液晶显示元件 10 的图像显示区的对角线长度和对比度之间的关系的曲线图。图像显示区是液晶显示元件 10 中供实际显示图像之用的区域。实线表示按照本发明的第一实施例的结构的结果;虚线表示按照上面提及的日本专利 No. 3, 992, 053 的结构的结果;交替的交替的长短虚线表示使用一个灯单元的结构的结果。水平轴代表液晶显示元件 10 的图像显示区的单位为毫米的对角线长度,垂直轴表示对比度。垂直轴的对比度被表示成到 1 为止的比值,其中液晶显示元件的对角线长度约为 17.8mm 并且使用一个灯单元的结构亮度为 1。对任意系统来说,亮度是恒定的,并且结果是在灯的弧长约为

1.1mm 的条件下获得的。灯的弧长表示阳极电极和阴极电极之间的距离。

[0057] 根据图 6 的曲线图,显然按照本实施例的对比度高于其它系统的对比度。特别地,当液晶显示元件 10 的对角线长度短时,可获得更有利的效果。这是因为照射具有短对角线长度的液晶显示元件 10 涉及比例增大的倾斜入射到液晶显示元件 10 的光。

[0058] 如上所述,就本实施例来说,光束能够被合成,以使得明亮部分邻近照明光学系统的光轴,从而能够高对比度地显示图像。

[0059] 对本实施例来说,第一和第二灯单元 100A 和 100B 被布置成使得包含其光轴 12A 和 12B 的平面和偏振光束分光器 9 的偏振光分离面的法线大致平行。不过,本发明并不局限于这种结构。具体地说,有用的是偏振光束分光器 9 绕照明光学系统 200 的光轴 13 旋转约 90 度。换句话说,有用的是包含偏振光束分光器 9 的偏振光分离面的法线和照明光学系统 200 的光轴 13 的平面,与包含第一和第二灯单元 100A 和 100B 的光轴 12A 和 12B 的平面大致相互垂直。这同样适用于下面说明的变形。

[0060] 作为第一实施例中的抛物面镜被改变的一个例子,参考图 7A 说明其中使用椭圆镜作为凹面镜的变形。除使用椭圆镜的灯单元外的结构大致上与按照第一实施例的结构(图 1)相同,从而,图 7A 中只图解说明灯单元。灯单元 100C 包括具有阴极和阳极的发光部分 1C、包含发光部分 1C 的发光管 2C、椭圆镜 3C 和凹透镜 4C。灯单元 100C 具有光轴 12C。这里,椭圆镜 3C 的焦距为  $f_1$  和  $f_2$  ( $0 < f_1 < f_2$ )。发光部分 1C 被布置在椭圆镜 3C 的焦点附近。

[0061] 就上述结构来说,从焦点附近的发光部分 1C 射出的光束被椭圆镜 3C 反射,并会聚在与焦距  $f_2$  对应的位置。会聚光束被凹透镜 4C 输出为大致平行光束。输出光束被在第一实施例中图解说明的合成镜 4 合成,以致每个灯单元的光量分布的峰值邻近照明光学系统的光轴,从而能够实现高对比度照明。

[0062] 作为使用椭圆镜作为凹面镜的一个例子,可以获得使用具有长焦距  $f_2$  的椭圆镜而不是使用凹透镜 4C 的变形。

[0063] 当椭圆镜(凹面镜)具有焦距  $f_1$  和  $f_2$  ( $0 < f_1 < f_2$ ) 时,在两个灯单元的光轴之间的距离为  $D$  的情况下,灯单元 100C 和合成镜 4(图 3)可被布置成使得满足  $0 < D < 4 \times f_1 \times f_2 / (f_1 + f_2)$ 。这是因为当满足  $0 < D < 4 \times f_1 \times f_2 / (f_1 + f_2)$  时,与从灯单元射出的光的峰值对应的光束能够被叠加。

[0064] 优选地,光轴之间的距离  $D$  可被设置成使得满足  $f_1 \times f_2 / (f_1 + f_2) \leq D \leq 3 \times f_1 \times f_2 / (f_1 + f_2)$ 。这使从第二灯单元射出的出射光的明亮部分能够恰当地与在第一灯单元附近的低光量部分结合,以使得能够更均匀地照射被照射面。

[0065] 凹面镜并不局限于抛物面镜或椭圆镜。可以使用任意凹面镜,只要它能够把从发光管射出的光引导到特定方向。

[0066] 作为第一实施例中的合成镜 4 被改变的例子,参考图 7B 说明其中合成棱镜包括在其接合面的反射部分的变形。

[0067] 对图 7B 中所示的附图标记来说,只说明未在图 1 中图解说明的 71 和 72。

[0068] 合成棱镜 71 是光束合成部分的示例,包括接合面 72。在第一实施例中,使用合成镜 4 合成从两个灯单元 100A 和 100B 射出的光束。另选地,如图 7B 中所示,也可使用包括具备功能与合成镜 4 相同的反射部分的接合面 72 的合成棱镜 71。这样,和第一实施例的情

况一样,能够高对比度地显示图像。

[0069] 用于获得本实施例的有益效果的合成镜 4 和合成棱镜 71 并不局限于上述形状。例如,反射部分可具有与从灯单元射出的光束的光量分布对应的大致半圆形状。这种情况下,该形状适合于照度分布,从而能够实现更明亮的照明。

[0070] 作为第一实施例的另一种变形,参考图 7C 说明其中利用反射件使合成光中未被使用的光束返回抛物面镜的结构。对图 7C 中所示的附图标记来说,只说明图 1 中未示出的附图标记 73。反射件 73 被布置成与第二灯单元 100B 相对,合成镜 4 被布置在反射件 73 和第二灯单元 100B 之间。粗虚线箭头表示从第二灯单元 100B 射出的未入射到合成镜 4 的第一或第二反射部分上并且未被用在合成光中的部分光束。未入射到合成镜 4 的第一或第二反射部分上的光束随后被反射件 73 沿和入射光束的方向大致相同的方向反射,并再次返回抛物面镜 3B,如细虚线箭头所示。返回抛物面镜 3B 的光束沿抛物面镜 3B 的焦点的方向(到发光部分 1B 的方向)被导引,在与先前反射光束的位置不同的位置处被反射,并被再次导引到合成镜 4。导引到合成镜 4 的光束被合成镜 4 的反射部分反射,并且用在合成光中。

[0071] 上述反射件 73 的设置使得能够有效利用从灯单元射出的光束,从而能够进一步提高照明亮度。

[0072] 反射件 73 的位置并不局限于图 7C 中图解说明的位置。例如,反射件 73 可在图中的垂直方向具有短的长度,可被布置在第二灯单元 100B 和合成镜 4 之间,或者布置成与凹面镜接触。借助这样的结构,可获得类似的有益效果。

[0073] 第二实施例

[0074] 图 8 图解说明使用用于红(R)、绿(G)和蓝(B)的三个反射液晶显示元件作为图像调制元件的投影显示设备。

[0075] 在图 8 中,灯单元 100A 和 100B 及照明光学系统 200 与第一实施例中的相同,从而省略其说明。这里只说明不同的部分。

[0076] 从发光部分 1A 和 1B 射出的光束进入照明光学系统 200,其 p- 偏振光进入分色镜 801。分色镜 801 反射对应于蓝(B)和红(R)的光,允许对应于绿(G)的光透射通过。第一偏振光束分光器 802 允许 p- 偏振光透射通过,反射 s- 偏振光,并且具有偏振光分离面。

[0077] 反射液晶显示元件 803R、803G 和 803B 反射入射光束,进行图像调制,并且分别对应于红、绿和蓝。四分之一波长板 804R、804G 和 804B 分别对应于红、绿和蓝。出射侧偏光器 805 允许绿光的 s- 偏振光透射通过。入射侧偏光器 806 允许 p- 偏振光透射通过。颜色选择性相位延迟板 807 把红光的偏振方向旋转约 90 度,不旋转蓝光的偏振方向。第二偏振光束分光器 808 允许 p- 偏振光透射通过,反射 s- 偏振光,并具有偏振光分离面。

[0078] 出射侧偏光器 809 处理蓝光,只允许蓝光的 s- 偏振光透射通过;它允许红光透射通过,而不管红光的偏振方向。合成棱镜 810 具有如下特性:关于蓝光和绿光的分色镜功能,和允许红光的 p- 偏振光透射通过并反射红光的 s- 偏振光的偏振光束分光器功能。上面所述的从分色镜 801 到合成棱镜 810 的组件被包括在颜色分离和合成光学系统 300 中。投影透镜 811 起投影光学系统的作用。

[0079] 按照第二实施例的投影显示设备包括灯单元 100A 和 100B、上面说明的照明光学系统 200、颜色分离和合成光学系统 300 以及投影光学系统 400。

[0080] 利用本投影显示设备中的合成镜 4 合成来自多个灯单元的光束使光量分布的灯

单元的峰值能够集中在照明光学系统的光轴附近。于是,能够高对比度地显示图像。

[0081] 第二实施例描述使用三个反射液晶显示元件的例子。不过,反射液晶显示元件的数目并不局限于三个;例如,可以是两个或四个。

[0082] 对本实施例来说,包含第一和第二灯单元的光轴 12A 和 12B 的平面,与颜色分离和合成光学系统 300 的颜色分离和合成面(包含分离之前的光和分离之后的光的面)相同(或者平行)。不过,可以使用其它结构。具体地说,有用的是包含第一和第二灯单元的光轴 12A 和 12B 的平面,与颜色分离和合成光学系统 300 的颜色分离和合成面可以大致相互垂直(颜色分离和合成面大致垂直于图 8 的纸面)。换句话说,包含分色镜 801 的颜色分离面、第一和第二偏振光束分光器 802 和 808 中每一个的偏振光分离面、合成棱镜 810 的颜色合成面的法线、和照明光学系统 200 的光轴 13 的平面大致垂直于包含第一和第二灯单元的光轴 12A 和 12B 的平面。有用的是包含第一和第二偏振光束分光器 802 和 808 至少之一的偏振光分离面的法线和照明光学系统 200 的光轴 13 的平面大致垂直于包含第一和第二灯单元的光轴 12A 和 12B 的平面。再换句话说,包含每个灯单元的光轴的平面可大致垂直于至少一个液晶显示元件的法线。

[0083] 反射液晶显示元件被用作图像调制元件。不过,本发明并不局限于反射液晶显示元件。附图中,为了简化说明,图解说明了投影显示设备的基本结构;它可包括其它组件,比如红外线截止滤光片和偏光器。

[0084] 第三实施例

[0085] 第三实施例是使用三个微镜器件(图像调制元件)的投影显示设备的例子,参考图 9 进行说明。

[0086] 基本上和第一实施例中相同的结构的说明被省略,只说明不同的部分。

[0087] 灯单元 100A 和 100B 及照明光学系统 200 与第一实施例中的大致相同。

[0088] 合成镜 4 通过合成从灯单元 100A 和 100B 射出的光束而得到的光穿过第一复眼透镜 5、第二复眼透镜 6 和聚光透镜 8。从聚光透镜 8 输出的光被棱镜 91 全反射,并被导引到颜色分离和合成棱镜 93。颜色分离和合成棱镜 93 分离色光,并把分离的光分量导引到微镜器件 94R、94G 和 94B。

[0089] 在白色显示中,被微镜器件 94R、94G 和 94B 反射的色光分量通过颜色分离和合成棱镜 93,以便再次合成光束。合成光通过棱镜 92,并被导引到投影透镜(投影光学系统)95。这里使用的白色显示指示投影显示设备在投影目标面上显示白色图像的状态。

[0090] 在黑色显示中,每个微镜器件 94R、94G 和 94B 中的微小镜被倾斜,从而经照明光学系统 200 和棱镜 91 进入微镜器件 94R、94G 和 94B 的光被返回到棱镜 91 和照明光学系统 200,而不进入投影透镜 95。这里,黑色显示时进入微镜器件 94R、94G 和 94B 的光束被导引的方向并不局限于朝着照明光学系统 200(朝着光源)的方向;它可以是和朝着投影透镜 95 的方向不同的任意方向。

[0091] 每个微镜器件通过改变其微小镜的倾斜角,改变入射光的反射方向,从而调整像素的亮度。因此,如果入射光未以适当的角度入射,那么光不会沿希望的方向反射,对比度会降低。按照本实施例的光束合成部分(合成镜 4)的使用能够降低倾斜入射光的比例,从而能够高对比度地明亮显示图像。

[0092] 本实施例描述使用三个微镜器件作为图像调制元件的例子。不过,微镜器件的数

目可以是例如一个或两个。

[0093] 前面说明了本发明的实施例。除了上述有益效果之外,就本发明来说,可获得更明亮地照射被照射面的有益效果。参考图 10、11A 和 11B 说明技术细节。

[0094] 图 10 图解说明投影显示设备的从灯单元到图像调制元件的基本结构。为了简化说明,只图解说明基本结构。

[0095] 投影显示设备包括包含灯 101 和抛物面镜的灯单元 102、第一复眼透镜 103、第二复眼透镜 104、偏振光转换元件 105、具有焦距 F 的聚光透镜 106 和作为图像调制元件的液晶显示元件 107。

[0096] 图 11A 是图 10 中图解说明的第二复眼透镜 104 和偏振光转换元件 105 的放大示意图。图 11B 是图 11A 中图解说明的第二复眼透镜 104 的包含微小透镜的一部分的放大示意图。

[0097] 从图 10 中图解说明的灯单元 102 射出的大致平行的光束被第一复眼透镜(其中二维排列微小的球面透镜)103 分割和准直。分割光束被会聚在第二复眼透镜 104 附近,并且形成光源的图像(二次光源图像)。包括在复眼透镜 103 和 104 中的每个微小透镜具有与作为被照射面的液晶显示元件类似的矩形形状(图 11B)。从第二复眼透镜 104 输出的分割光束被偏振光转换元件 105 转换成线性偏振光。如图 11A 中所示,偏振光转换元件 105 包括成行排列的偏振光分离膜。由偏振光转换元件 105 转换成大致线性偏振光的分割光束由聚光透镜 106 会聚,并叠加在液晶显示元件 107 上。液晶显示元件 107 一般大致为矩形,一般被这样使用使得在屏幕上水平定向的。下面在说明书中,沿液晶显示元件的图像显示区的长边的方向(屏幕上的水平方向)被称为长方向,沿其短边的方向(屏幕上的垂直方向)被称为短方向。

[0098] 这里,近似满足下述关系式:

$$[0099] \quad B = a \times (F/d) \quad \dots\dots\dots (1)$$

[0100] 其中 a 是包括在第二复眼透镜 104 中的微小透镜的宽度, d 是第一复眼透镜 103 和第二复眼透镜 104 之间的距离, F 是聚光透镜 106 的焦距, B 是液晶显示元件 107 在短方向上的宽度,如图 10、11A 和 11B 中所示。

[0101] 光在液晶显示元件 107 上的入射角  $\theta$  由下面的表达式表示:

$$[0102] \quad \theta = \tan^{-1}(A/2F) \quad \dots\dots\dots (2)$$

[0103] 其中 A 是灯单元 102 的孔口的宽度。

[0104] 在图 10 中图解说明的系统中,照明亮度极大地取决于在第二复眼透镜 104 附近形成的光源的图像(二次光源图像)的大小,或者另选地,取决于第二复眼透镜 104 的微小透镜的宽度以及偏振光转换元件 105 的成行排列的有效部分和无效部分(图 11A)之间的距离。

[0105] 在第二复眼透镜 104 附近的二次光源图像由会聚从灯单元 102 射出的大致平行的光束的第一复眼透镜 103 形成。因此,二次光源图像的大小大致与第一复眼透镜 103 的焦距或者第一复眼透镜 103 和第二复眼透镜 104 之间的距离 d 成比例。

[0106] 由于二次光源图像由从灯单元中的灯射出的会聚光束形成,因此当灯单元 102 中的灯的弧长为 L 时,二次光源图像的大小也大致与灯单元 102 中的灯的弧长 L 成比例。

[0107] 因此,通过利用灯的弧长 L 以及第一复眼透镜和第二复眼透镜之间的距离 d 的以

下表达式,能够表示二次光源图像的大小:

$$[0108] \quad \langle \text{二次光源图像的大小} \rangle = \propto L \times d \quad \dots (3)$$

[0109] 液晶显示元件 107 只被形成二次光源图像的光之中的穿过第二复眼透镜 104 的对应微小透镜和偏振光转换元件 105 的有效部分的光照射。于是,如图 11B 中所示,随着二次光源图像的大小相对于第二复眼透镜 104 的微小透镜的宽度和偏振光转换元件 105 的成行排列的一行偏振光分离膜的宽度的减小,亮度增大。相反,如果二次光源图像的大小较大,那么它伸出第二复眼透镜 104 的微小透镜的区域之外,或者另选地,它因偏振光转换元件 105 的无效部分而发虚,从而亮度降低。

[0110] 因此,通过把第二复眼透镜的微小透镜的宽度除以二次光源图像的大小而获得的值可以是代表照明亮度的变量。下述关系式被满足:

$$[0111] \quad \gamma \propto a / (L \times d) \quad \dots\dots\dots (4)$$

[0112] 其中  $\gamma$  是通过把第二复眼透镜的微小透镜的宽度除以二次光源图像的大小而获得的值。即,当  $\gamma$  大时,照明亮度增大,而相反,当  $\gamma$  小时,照明亮度降低。

[0113] 根据表达式 (1) 和 (2),下述关系式被满足:

$$[0114] \quad \gamma \propto (2B \times \tan \theta) / A \times L \quad \dots\dots\dots (5)$$

[0115] 由于从灯单元 102 射出的光束的光量分布不均匀,因此表达式 (5) 和照明亮度不成比例。不过,表达式 (5) 显示当灯单元的孔口宽度 A 和灯的弧长 L 大或者液晶显示元件的宽度 B 小时,亮度降低。

[0116] 换句话说,为了保持高于一定程度的对比度,而不改变液晶显示元件的宽度 B、灯单元的孔口宽度 A 和灯的弧长 L,必须减小液晶显示元件 107 上的入射角  $\theta$ 。如果  $\theta$  的值被减小,那么根据表达式 (5), $\gamma$  的值必然被降低,从而亮度降低。

[0117] 接下来,下面说明按照第一实施例的与亮度相关的定量效果。

[0118] 图 12 是图解说明液晶显示元件 10 的图像显示区的对角线长度和亮度之间的关系的曲线图。实线表示按照本发明的第一实施例的结构的结果;虚线表示按照上面提及的日本专利 No. 3, 992, 053 的结构的结果;交替的长短虚线表示使用一个灯单元的结构的结果。水平轴表示液晶显示元件 10 的图像显示区的单位为毫米的对角线长度,垂直轴表示亮度。垂直轴的亮度被表示成到 1 为止的比值,其中使用一个灯单元并且液晶显示元件的对角线长度约为 17.8mm 的结构亮度为 1。对任意系统来说,对比度是恒定的,结果是在灯的弧长约为 1.1mm 的条件下获得的。

[0119] 图 12 中图解说明的结果显示出屏幕上本实施例的亮度高于其它系统。最好满足  $0 < P/L < 23$ , 其中 L 是灯单元的灯沿着光轴的弧长, P 是液晶显示元件的图像显示区的对角线长度。这是因为就其它系统来说,如果光源的长度 P 长,或者液晶显示元件的图像显示区的长度短,那么不进入透镜阵列的光或者因偏振光转换元件的无效部分而发虚的光的量会被增大。

[0120] 就本实施例来说,可以使用合成从多个灯单元射出的光束以使得它们的明亮部分邻近照明光学系统的光轴的光束合成部分。因此,能够提供能够明亮地显示高对比度图像的照明光学系统和投影显示设备。

[0121] 尽管关于示例实施例说明了本发明,不过应当理解本发明并不局限于公开的示例实施例。下述权利要求的范围应被给予最宽广的解释,以包含所有这样的修改及等同的结

构和功能。

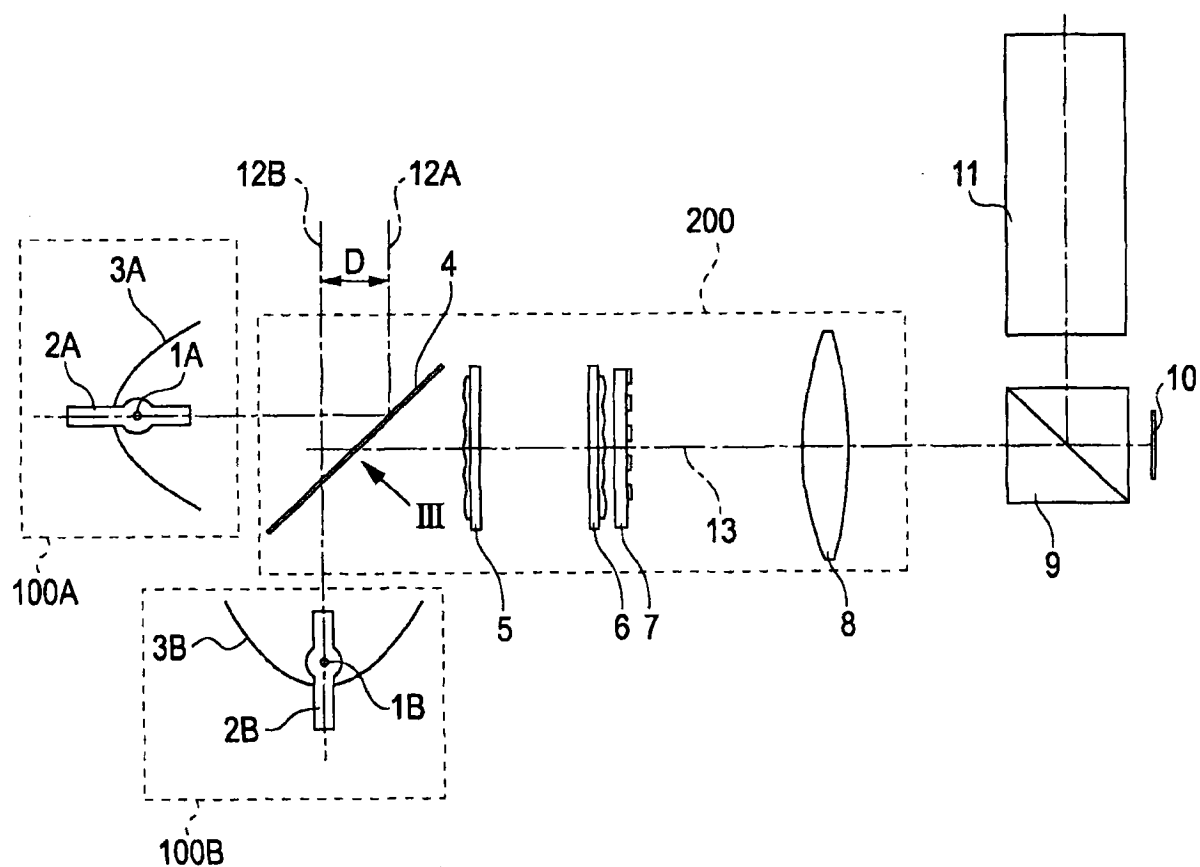


图 1

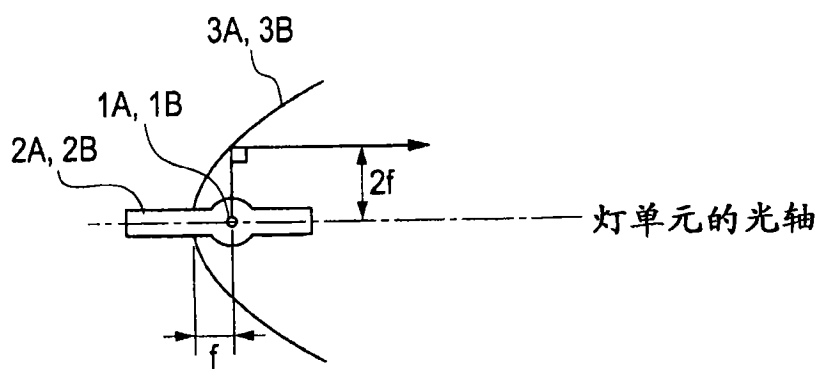


图 2A

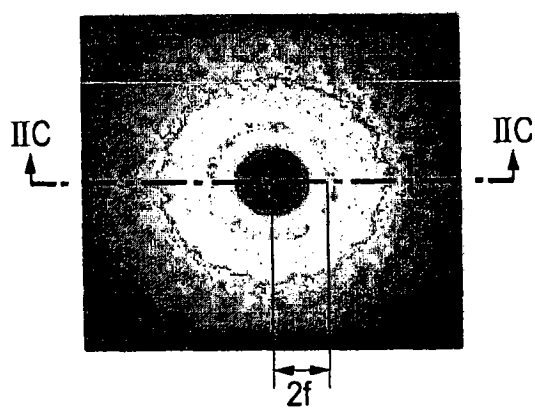


图 2B

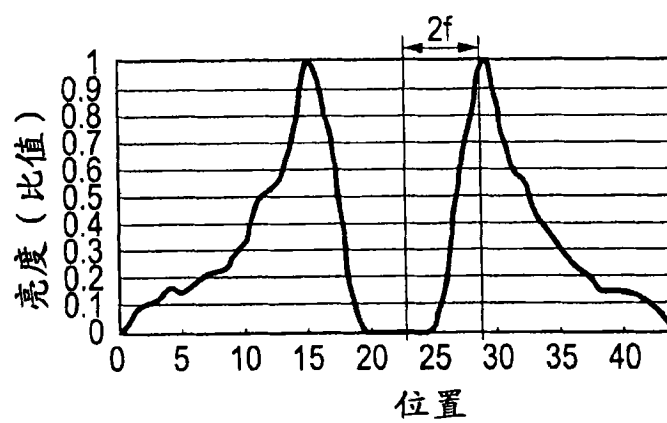


图 2C

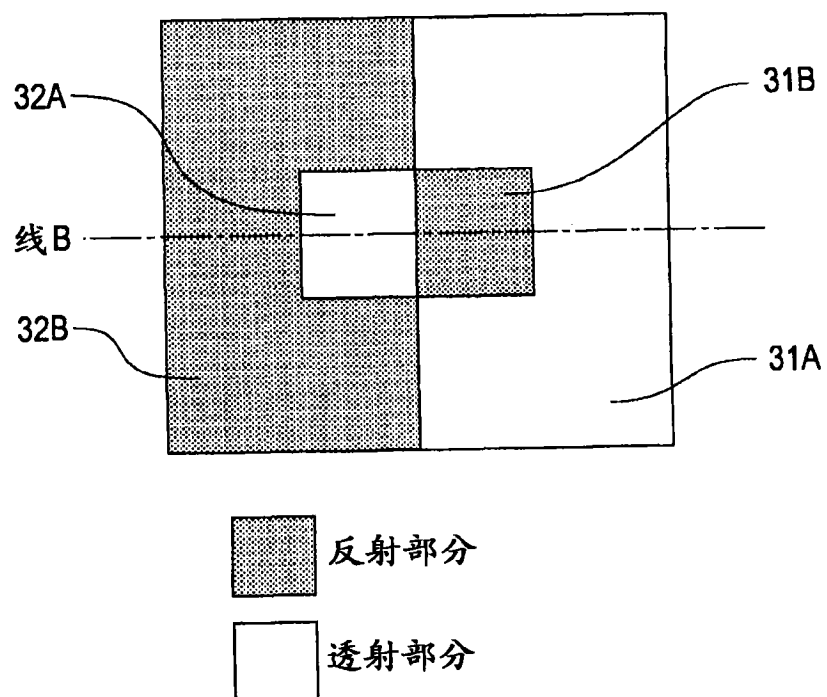


图 3

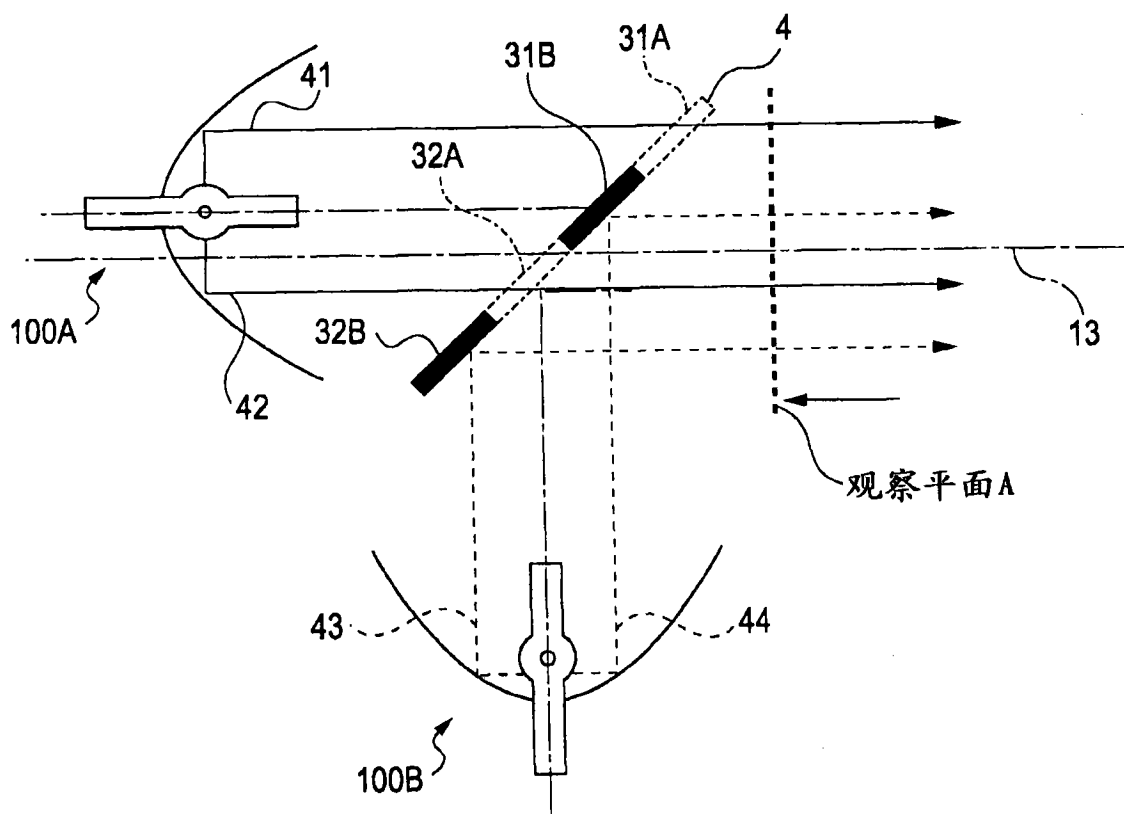


图 4

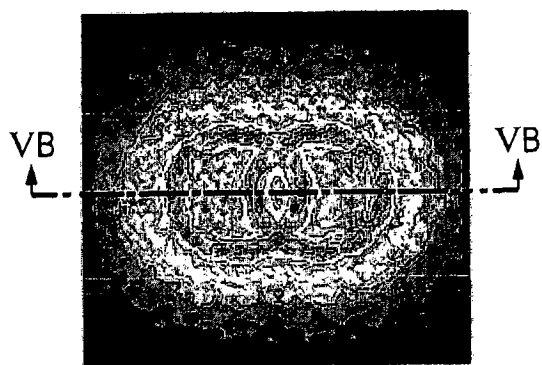


图 5A

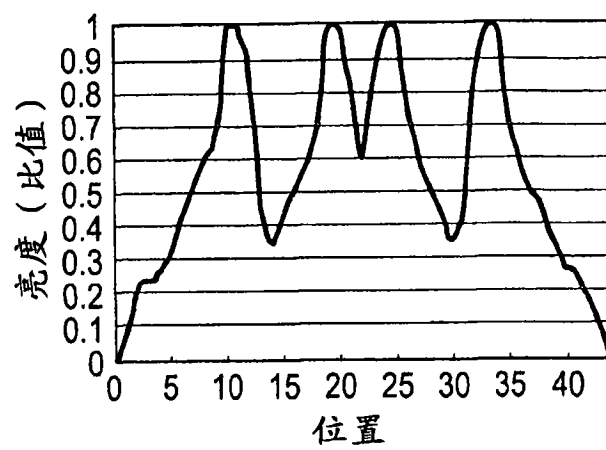


图 5B

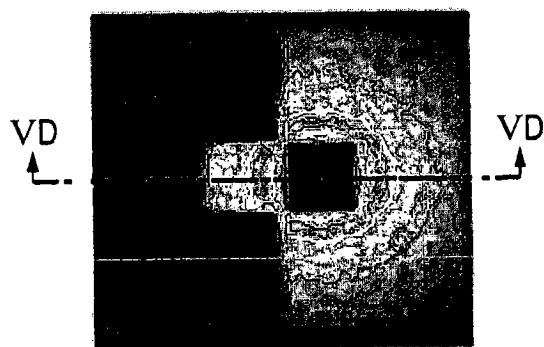


图 5C

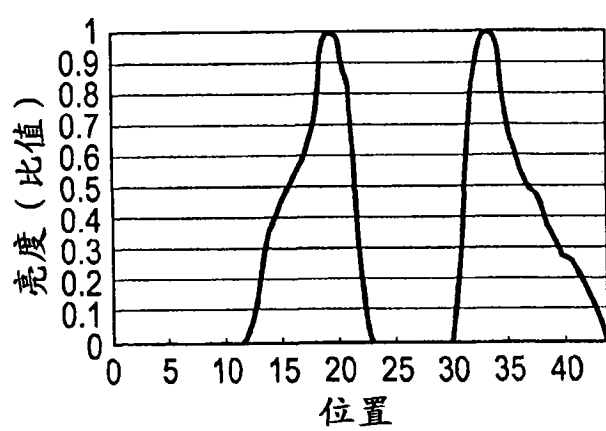


图 5D

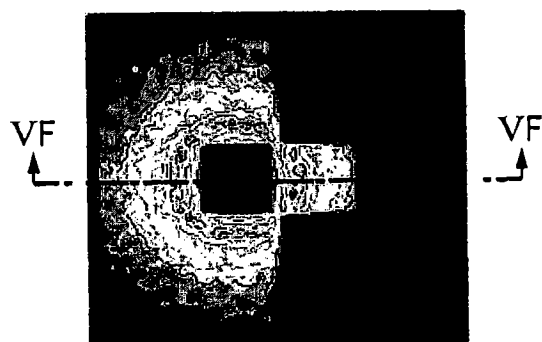


图 5E

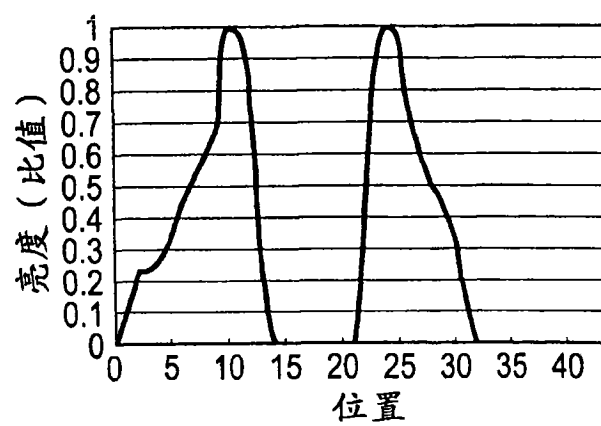
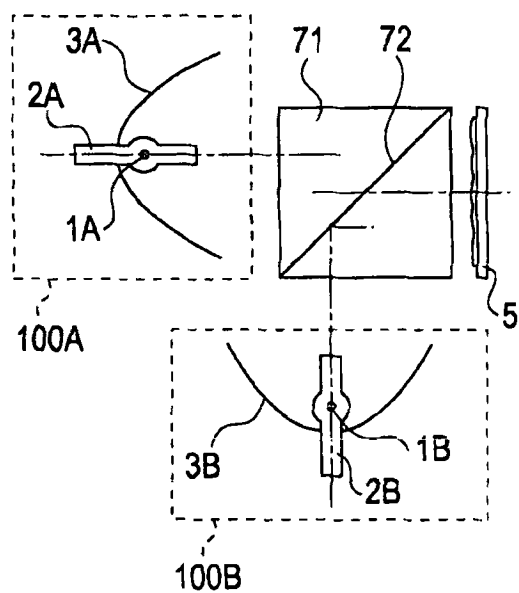
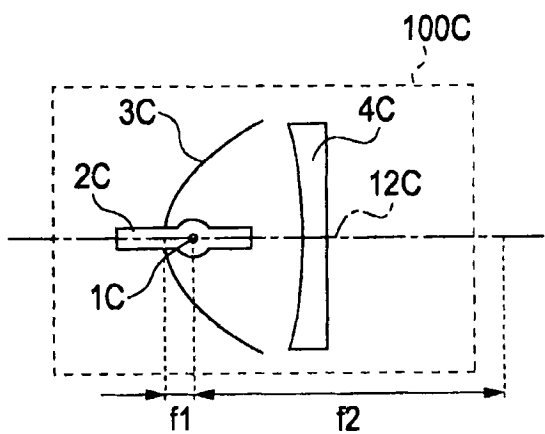
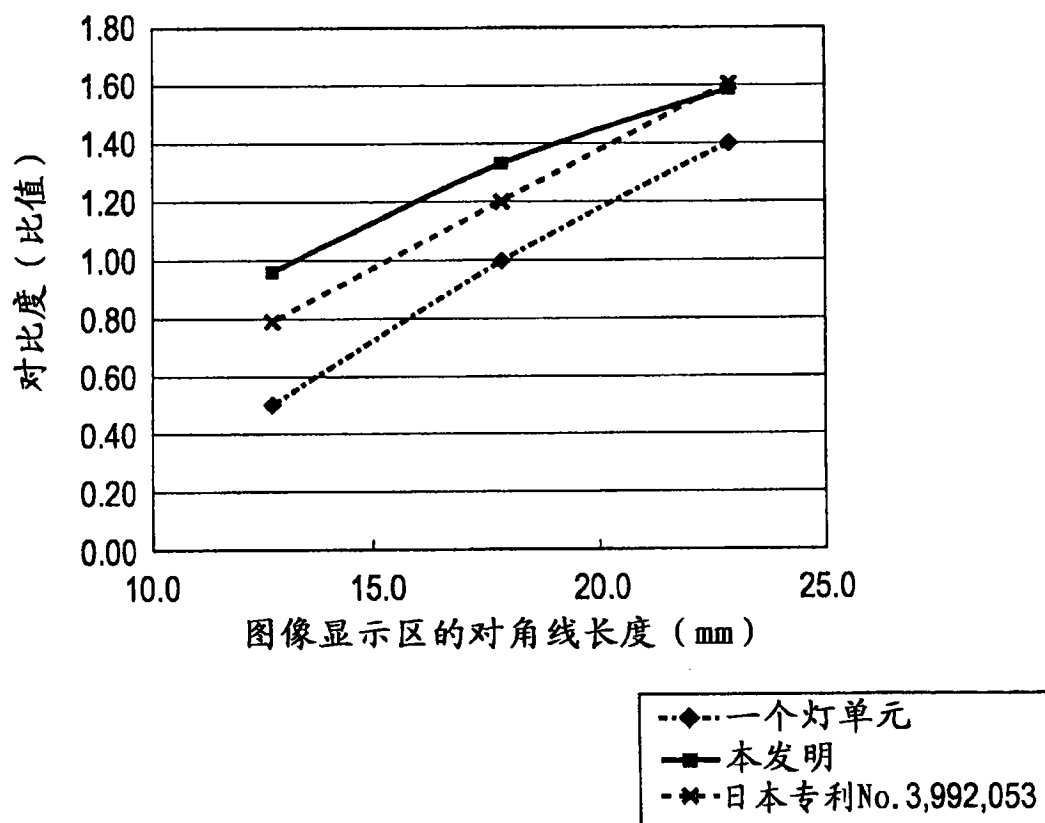


图 5F



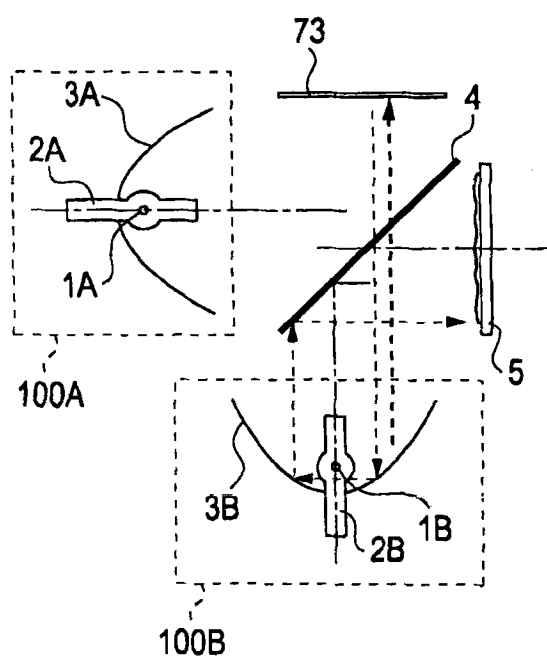


图 7C

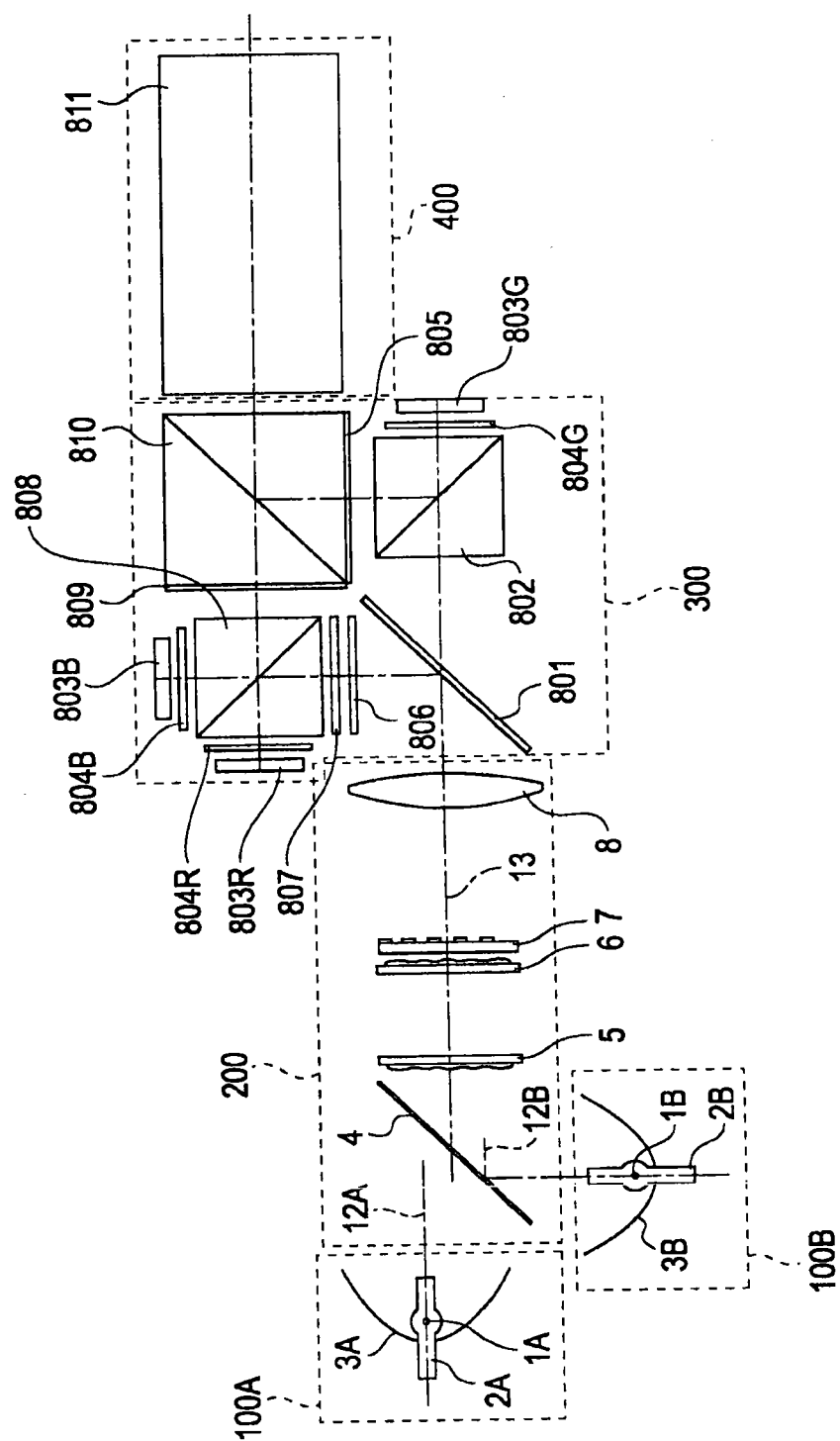


图 8

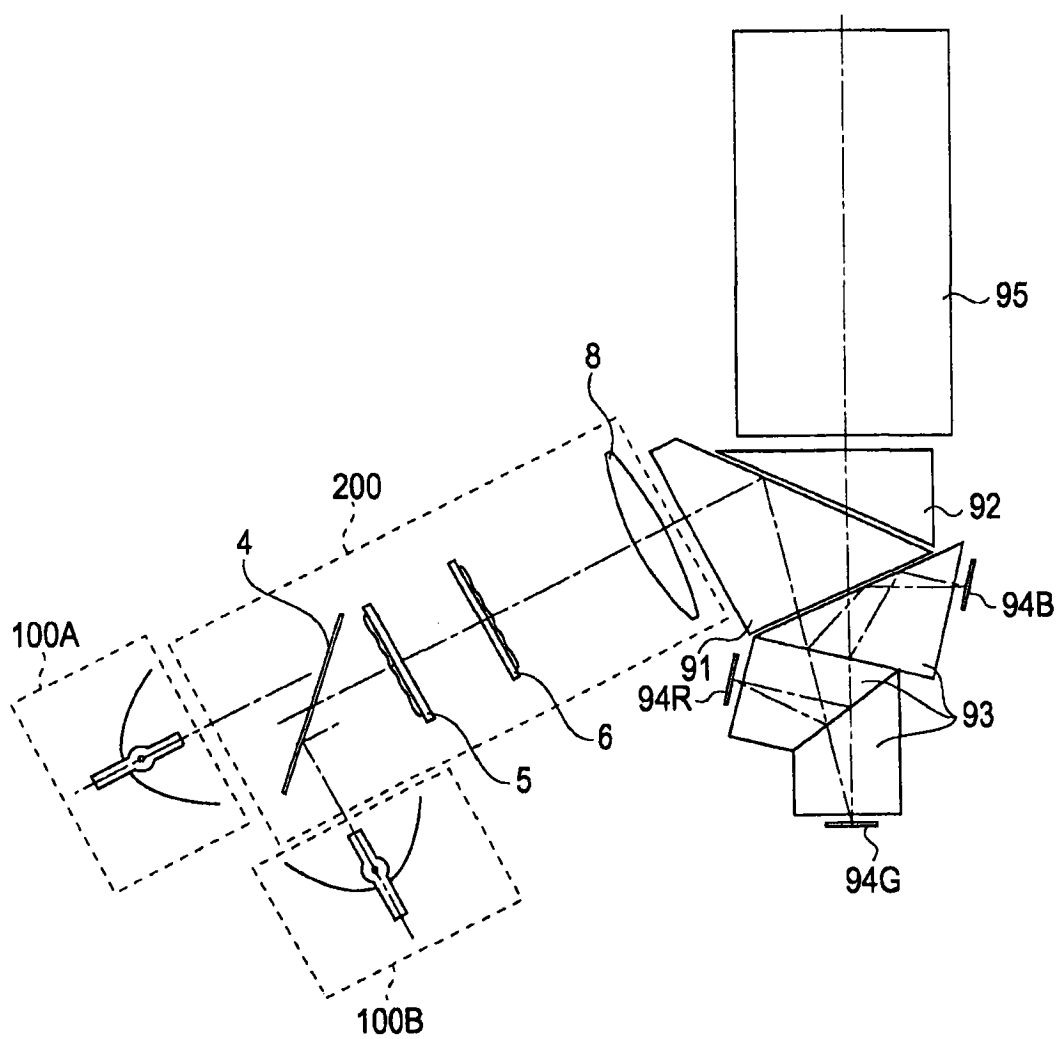


图 9

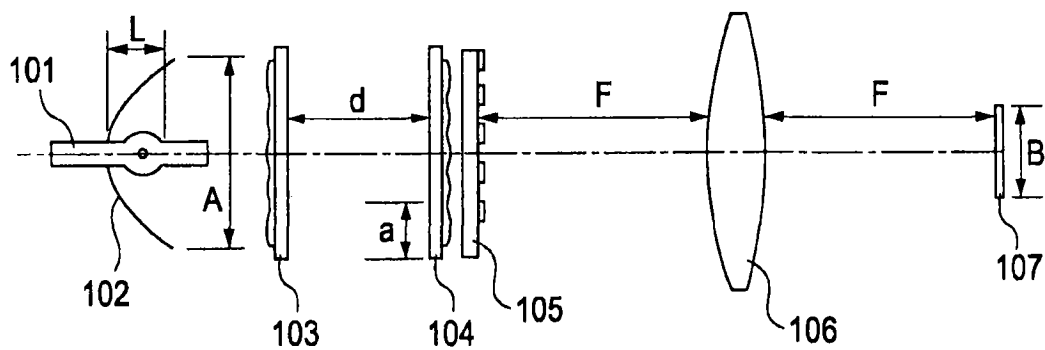


图 10

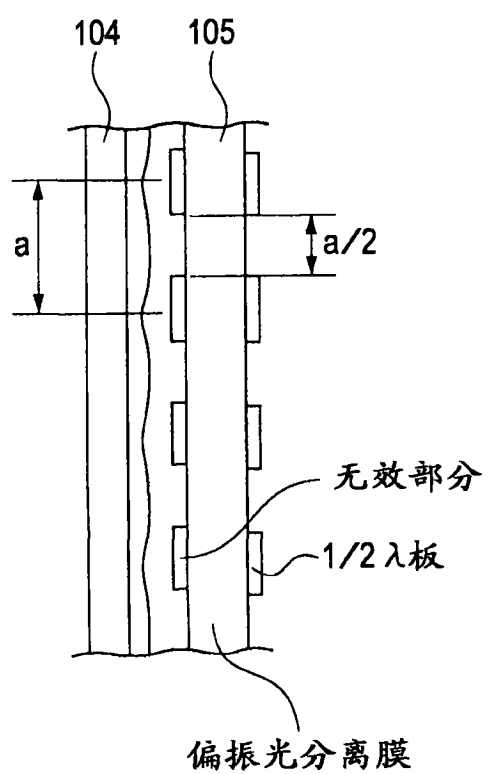


图 11A

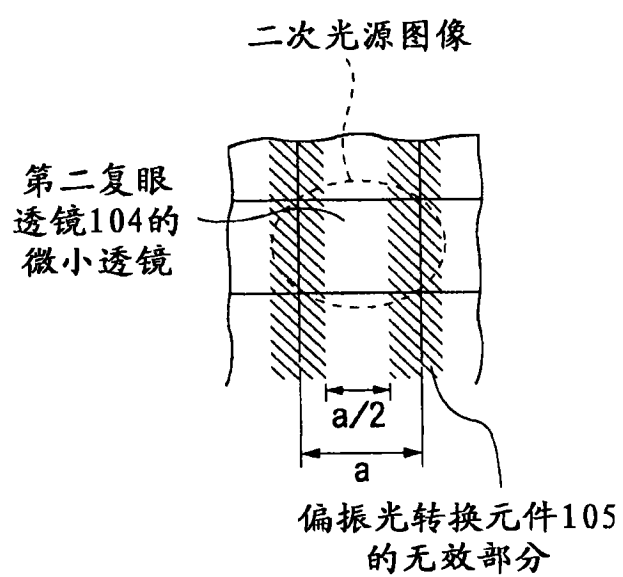


图 11B

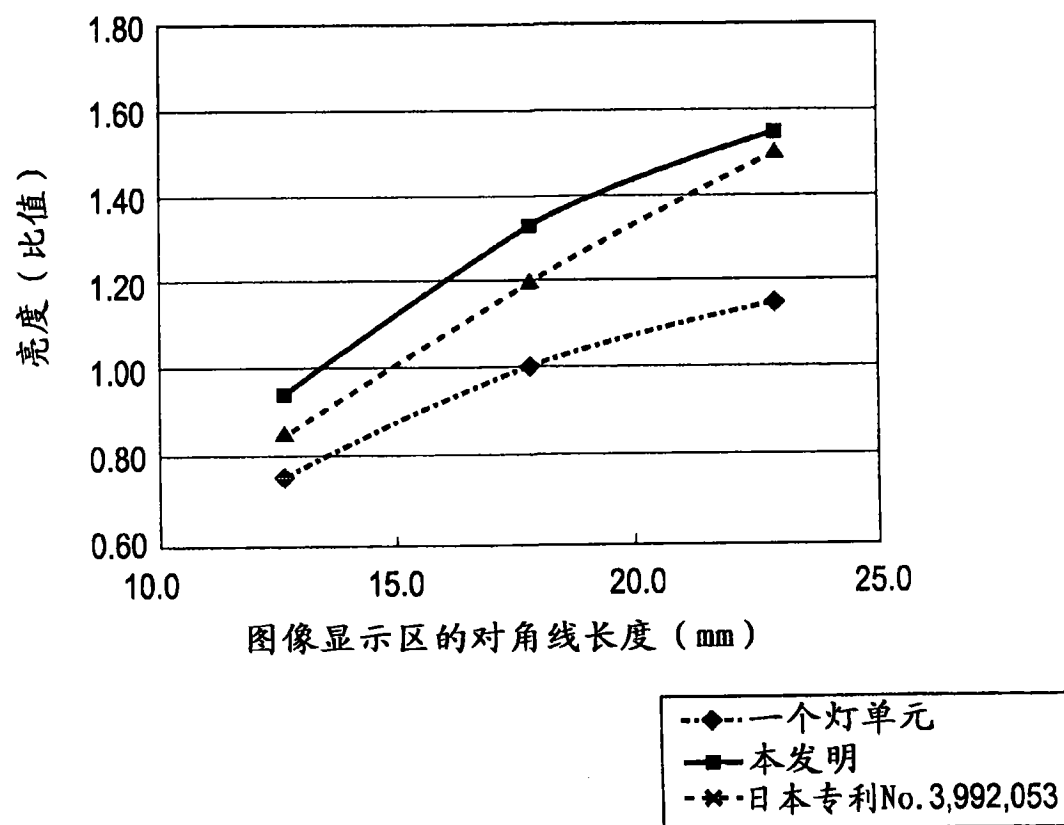


图 12