



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102879988 B

(45) 授权公告日 2015. 10. 28

(21) 申请号 201210235333. 3

(22) 申请日 2012. 07. 06

(30) 优先权数据

2011-154592 2011. 07. 13 JP

2011-273555 2011. 12. 14 JP

(73) 专利权人 索尼公司

地址 日本东京

(72) 发明人 安井利文 矶部裕史 高桥一幸

(74) 专利代理机构 北京信慧永光知识产权代理
有限责任公司 11290

代理人 陈桂香 武玉琴

(51) Int. Cl.

G03B 21/20(2006. 01)

G03B 21/00(2006. 01)

G02B 27/48(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 101713908 A , 2010. 05. 26, 全文 .

CN 101799619 A , 2010. 08. 11, 全文 .

CN 1083932 A , 1994. 03. 16, 全文 .

EP 1840611 A1 , 2007. 10. 03, 全文 .

JP 2008-203699 A , 2008. 09. 04, 全文 .

US 2009/0175302 A1 , 2009. 07. 09, 全文 .

WO 2007/013221 A1 , 2007. 02. 01, 全文 .

审查员 刘翠萍

权利要求书2页 说明书26页 附图22页

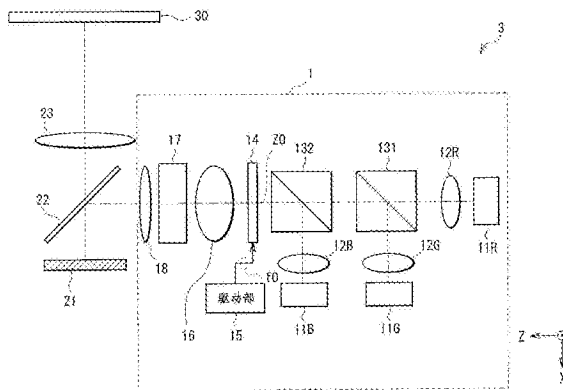
(54) 发明名称

照明装置和显示装置

(57) 摘要

本发明公开了照明装置和显示装置。所述照明装置包括：光源部，所述光源部包含激光光源并且能够使从所述激光光源发出的激光束以预定频率间歇地出射；光学元件，所述激光束透过所述光学元件；以及驱动部，所述驱动部通过以预定的驱动频率驱动所述光学元件，来改变所述激光束的相干性。在所述照明装置中，满足公式 (1) $|2 \times f_2 - n_1 \times f_1| \geq 20$ 或公式 (2) $|2 \times f_2 - n_2 \times f_1| \leq 3$ ，满足公式 (3) $f_2 \geq 20$ 或公式 (4) $f_2 \leq 3$ ，且满足公式 (5) $|f_2 - n_1 \times f_1| \geq 20$ 或公式 (6) $|f_2 - n_3 \times f_1| \leq 3$ 。这里， f_1 表示所述预定频率且单位为 Hz， f_2 表示从所述光学元件出射的照明光的亮度的变化频率且单位为 Hz，所述变化频率是由于对所述光学元件的所述驱动而产生的， n_1 表示 0~10 (包含两端点) 范围内的任意整数， n_2 和 n_3 分别表示 0~10 (包含两端点) 范围内的预定整数。

CN 102879988 B



1. 一种照明装置,其包括:
光源部,所述光源部包含激光源;
光学元件,从所述光源部间歇地出射的所述激光束透过所述光学元件;以及
驱动部,所述驱动部通过以预定的驱动频率驱动所述光学元件,来改变所述激光束的相干性,

其特征在于,

所述光源部能够使从所述激光源发出的激光束以预定频率间歇地出射,且满足下列公式 (1) 或 (2)、满足下列公式 (3) 或 (4) 且满足下列公式 (5) 或 (6):

$$|2 \times f_2 - n_1 \times f_1| \geq 20 \quad (1)$$

$$|2 \times f_2 - n_2 \times f_1| \leq 3 \quad (2)$$

$$f_2 \geq 20 \quad (3)$$

$$f_2 \leq 3 \quad (4)$$

$$|f_2 - n_1 \times f_1| \geq 20 \quad (5)$$

$$|f_2 - n_3 \times f_1| \leq 3 \quad (6)$$

这里, f_1 表示所述预定频率且单位为 Hz, f_2 表示从所述光学元件出射的照明光的亮度的变化频率且单位为 Hz,所述变化频率是由于对所述光学元件的所述驱动而产生的, n_1 表示 0 到 10 范围内的任意整数, n_2 和 n_3 分别表示 0 到 10 范围内的预定整数。

2. 根据权利要求 1 所述的照明装置,其中,当满足了所述公式 (1)、所述公式 (3) 和所述公式 (5) 时,还要满足下列公式 (7):

$$(1/f_3^2) \leq A_0 \quad (7)$$

这里,当停止对所述光学元件的所述驱动时所述照明光的亮度分布的空间频率按照升序由 f_{31} 、 \dots 、 f_{3M} 表示, M 是 2 以上的整数,且 A_0 表示当对所述光学元件进行所述驱动时所述照明光的亮度分布的空间振幅。

3. 根据权利要求 1 所述的照明装置,其中,

所述光源部能够出射多种波长的所述激光束,

并且,具有如下波长的所述激光束的所述预定频率满足所述公式 (1) 或 (2)、满足所述公式 (3) 或 (4) 且满足所述公式 (5) 或 (6):该波长至少是所述多种波长之中的与视亮度因子最高的颜色对应的波长。

4. 根据权利要求 3 所述的照明装置,其中,分别具有如下波长的各所述激光束的所述预定频率满足所述公式 (1) 或 (2)、满足所述公式 (3) 或 (4) 且满足所述公式 (5) 或 (6):这些波长是所述多种波长之中的与视亮度因子相对较高的两种以上颜色对应的波长。

5. 根据权利要求 4 所述的照明装置,其中,所述多种波长的各所述激光束的所述预定频率满足所述公式 (1) 或 (2)、满足所述公式 (3) 或 (4) 且满足所述公式 (5) 或 (6)。

6. 根据权利要求 1 所述的照明装置,还包括控制部,所述控制部动态地控制所述驱动频率和所述预定频率,使得满足所述公式 (1) 或 (2)、满足所述公式 (3) 或 (4) 且满足所述公式 (5) 或 (6)。

7. 根据权利要求 1 所述的照明装置,其中,满足所述公式 (3)。

8. 根据权利要求 1 所述的照明装置,其中,满足下列公式 (8) 或 (9)、满足下列公式 (10) 或 (11) 且满足下列公式 (12) 或 (13):

$$|2 \times f_2 - n_1 \times f_1| \geq 50 \quad (8)$$

$$|2 \times f_2 - n_2 \times f_1| \leq 0.5 \quad (9)$$

$$f_2 \geq 50 \quad (10)$$

$$f_2 \leq 0.5 \quad (11)$$

$$|f_2 - n_1 \times f_1| \geq 50 \quad (12)$$

$$|f_2 - n_3 \times f_1| \leq 0.5 \quad (13)。$$

9. 根据权利要求 8 所述的照明装置,其中,满足所述公式 (10)。

10. 根据权利要求 1 所述的照明装置,其中,所述激光源能够使所述激光束以预定的发光频率间歇地出射,该预定的发光频率作为所述预定频率。

11. 根据权利要求 1 至 10 中任一项所述的照明装置,其中,所述驱动部通过驱动所述光学元件来改变所述激光束的位置、角度、偏振和相位之中的至少一者。

12. 根据权利要求 11 所述的照明装置,其中,所述驱动部通过以预定的振动频率使所述光学元件机械地振动,来改变所述激光束的位置和角度之中的至少一者,所述预定的振动频率作为所述驱动频率。

13. 根据权利要求 12 所述的照明装置,其中,

所述光学元件包括多个结构单元,所述多个结构单元沿着所述光学元件的振动方向排列着,

并且,满足下列公式: $f_2 = (2 \times N \times f_0)$,这里, f_0 表示所述预定的振动频率, N 表示所述光学元件的振动的振幅与所述结构单元在所述振动方向上的节距之比。

14. 根据权利要求 11 所述的照明装置,其中,所述驱动部通过以所述驱动频率使所述光学元件电振动,来改变所述激光束的偏振和相位之中的至少一者。

15. 根据权利要求 14 所述的照明装置,其中,所述光学元件是液晶元件。

16. 根据权利要求 1 所述的照明装置,其中,所述光源部包括分别发出红色光束、绿色光束和蓝色光束的三种光源。

17. 根据权利要求 16 所述的照明装置,其中,所述三种光源之中的至少一者包括所述激光源。

18. 一种显示装置,其具有发出照明光的照明装置和基于图像信号对来自所述照明装置的所述照明光进行调制的光调制元件,

其特征在于,

所述照明装置是如前面权利要求 1 至 17 中任一项所述的照明装置。

19. 根据权利要求 18 所述的显示装置,还包括投影光学系统,所述投影光学系统把由所述光调制元件调制过的所述照明光投射到被投射面上。

20. 根据权利要求 19 所述的显示装置,其中,所述光学元件设置于所述投影光学系统的光瞳附近,或者设置于所述光瞳的共轭点附近。

照明装置和显示装置

[0001] 相关申请的交叉参考

[0002] 本发明包含与 2011 年 7 月 13 日和 2011 年 12 月 14 日分别向日本专利局提交的日本优先权专利申请 JP2011-154592 和 JP2011-273555 中所披露的主题相关的主题,因此将这两个优先权专利申请的全部内容以引用的方式并入本文中。

技术领域

[0003] 本发明涉及发光(包括发出激光)的照明装置以及利用这种照明装置来显示图像的显示装置。

背景技术

[0004] 通常,投影仪(或投影显示装置)包含作为主要部件的光学模块,且该光学模块由包含光源的照明光学系统(或照明装置)以及包含光调制元件的投影光学系统(或投射光学系统)组成。在这种投影仪的领域中,近年来,被称作“微型投影仪”的小型(或手掌大小的)轻巧的便携投影仪已经日益普及。通常,这种微型投影仪在其照明装置中主要包含发光二极管(LED)作为光源。

[0005] 此外,最近人们逐渐感兴趣的是把激光用作照明装置中的新型光源。举例来说,目前已知一种配备有气体激光器的投影仪,它是使用了三原色(例如红(R)、绿(G)和蓝(B))激光的投影仪。日本专利申请特开昭 55-65940 号公报和日本专利申请特开平 06-208089 号公报披露了如前所述使用激光作为光源的投影仪的例子。通过使用激光作为光源,投影仪实现了宽范围的颜色再现和低的能耗。

[0006] 一般地,当诸如激光等相干光照射到散射表面上时,在该散射表面上就可以观察到光斑图样(spotty pattern),这与使用其他种类的光的情况不同。这样的图样被称作“散斑图样(speckle pattern)”。当上述光照射到散射表面上时,该光在散射表面的各个不同位置处被随机地散射,具有随机相位(这些相位与该表面上的略微凹凸不平相对应)的散射光相互干涉。结果,产生了散斑图样。

[0007] 如果使用的是以激光作为光源的投影仪,则上述散斑图样(或干涉图样)会在屏幕上显示的图像上重叠。这些图样被人眼识别成强烈的随机噪声(random noise),从而导致了显示质量的降低。

[0008] 于是,为了减少由以激光作为光源的投影仪产生的散斑图样(或散斑噪声),曾经提议了一种让投影仪中的预定光学元件(激光会从该元件中透过)等发生微小振动的技术。一般而言,人眼和人脑很难识别图像上的在大约 20ms~50ms 期间内的闪烁。因此,人眼对在这样短的期间内的图像变化进行积分,并将这个平均结果作为图像而识别出来。可见,上面提到的技术的目的是通过在上述短期间内将屏幕上的大量的独立的散斑图样重叠,将散斑噪声平均化得不会被人眼所识别。这就可以减少因激光而产生的干涉图样。

[0009] 如上所述,当光学元件微小振动时,减少了干涉图样的产生。但是,照明光的亮度容易变得非常不均匀。这就导致了显示图像质量的降低。照明光的照度不均匀性可能是不

仅由于光学元件的微小振动还由于采取了另一种技术来操纵该光学元件而引起的。

发明内容

[0010] 鉴于上述原因,目前需要在减少了干涉图样的产生的同时还能抑制照度不均匀性的照明装置和显示装置。

[0011] 本发明实施方式的照明装置包括:光源部,所述光源部包含激光源并且能够使从所述激光源发出的激光束以预定频率间歇地出射;光学元件,从所述光源部间歇地出射的所述激光束透过所述光学元件;以及驱动部,所述驱动部通过以预定的驱动频率驱动所述光学元件,来改变所述激光束的相干性。在所述照明装置中,满足下列公式(1)或(2)、满足下列公式(3)或(4)且满足下列公式(5)或(6):

$$[0012] \quad |2 \times f_2 - n_1 \times f_1| \geq 20 \quad (1)$$

$$[0013] \quad |2 \times f_2 - n_2 \times f_1| \leq 3 \quad (2)$$

$$[0014] \quad f_2 \geq 20 \quad (3)$$

$$[0015] \quad f_2 \leq 3 \quad (4)$$

$$[0016] \quad |f_2 - n_1 \times f_1| \geq 20 \quad (5)$$

$$[0017] \quad |f_2 - n_3 \times f_1| \leq 3 \quad (6)$$

[0018] 这里, f_1 表示所述预定频率且单位为 Hz, f_2 表示从所述光学元件出射的照明光的亮度的变化频率且单位为 Hz, 所述变化频率是由于对所述光学元件的所述驱动而产生的, n_1 表示 0~10 (包含两端点) 范围内的任意整数, n_2 和 n_3 分别表示 0~10 (包含两端点) 范围内的预定整数。

[0019] 通常,可以以正弦波的形式对上述光学元件进行驱动(例如见图 10 中的 (B) 部分)。在此情况下,上述“亮度的变化频率(f_2)”可以对应于该正弦波的频率。然而,上述光学元件的驱动波形不限于正弦波。可供选择地,“亮度的变化频率(f_2)”可以是具有最大振幅成分的主频率。然而,如果不存在这样的主频率(例如,如果就像变形例 7 (稍后说明) 中那样考虑的是白噪声),那么“亮度的变化频率(f_2)”可以是任意频率(或者是全部频率中的任一频率)。此外,上述激光源通常可以以矩形脉冲的形式间歇地发出激光束(例如见图 10 中的 (A) 部分)。一般地,该矩形脉冲可以包含基本频率的谐波成分。这就意味着上述“频率(f_1)”可以对应于驱动脉冲自身(例如矩形脉冲)的基本频率。在本发明的一个实施例中,激光束的“相干性”可以包括该激光束的位置、角度、偏振和相位之中的至少一者。

[0020] 本发明实施方式的显示装置设有发出照明光的照明装置和基于图像信号对所述照明光进行调制的光调制元件。所述照明装置包括:光源部,所述光源部包含激光源,且能够使从所述激光源发出的激光束以预定频率间歇地出射;光学元件,从所述光源部间歇地出射的所述激光束透过所述光学元件;以及驱动部,所述驱动部通过以预定的驱动频率驱动所述光学元件,来改变所述激光束的相干性。在所述照明装置中,满足下列公式(1)或(2)、满足下列公式(3)或(4)且满足下列公式(5)或(6):

$$[0021] \quad |2 \times f_2 - n_1 \times f_1| \geq 20 \quad (1)$$

$$[0022] \quad |2 \times f_2 - n_2 \times f_1| \leq 3 \quad (2)$$

$$[0023] \quad f_2 \geq 20 \quad (3)$$

$$[0024] \quad f_2 \leq 3 \quad (4)$$

$$[0025] \quad |f_2 - n_1 \times f_1| \geq 20 \quad (5)$$

$$[0026] \quad |f_2 - n_3 \times f_1| \leq 3 \quad (6)$$

[0027] 这里, f_1 表示所述预定频率且单位为 Hz, f_2 表示从所述光学元件出射的照明光的亮度的变化频率且单位为 Hz, 所述变化频率是由于对所述光学元件的所述驱动而产生的, n_1 表示 0~10 (包含两 endpoint) 范围内的任意整数, n_2 和 n_3 分别表示 0~10 (包含两 endpoint) 范围内的预定整数。

[0028] 本发明各个实施例的照明装置和显示装置对上述光学元件(从激光源发出的激光束透过该光学元件)进行驱动,从而改变激光束的相干性。这就减少了因激光束而产生的干涉图样。此外,上述照明装置和上述显示装置满足公式 (1) 或 (2)、公式 (3) 或 (4) 以及公式 (5) 或 (6)。这就掩盖了拍现象,该拍现象的出现原因与激光束的频率和照明光的亮度的变化频率(振动频率)二者的混合有关,上述变化频率是由于对上述光学元件的驱动而产生的。

[0029] 如上所述,本发明各个实施例的照明装置和显示装置对上述光学元件(从激光源发出的激光束透过该光学元件)进行驱动从而改变激光束的相干性,同时还满足公式 (1) 或 (2)、公式 (3) 或 (4) 以及公式 (5) 或 (6)。这使得可以减少因激光束而产生的干涉图样,同时还掩盖了拍现象(该拍现象的出现原因与激光束的频率和照明光的亮度变化频率(振动频率)二者的混合有关)。所以,本发明各个实施例的照明装置和显示装置可以在减少干涉图样的产生的同时抑制亮度不均匀性,从而提高显示图像质量。

[0030] 应当理解,前面的一般说明和后面的具体说明都是示例性的,旨在进一步解释本发明权利要求所要保护的技术方案。

附图说明

[0031] 这里提供了附图以便进一步理解本发明,这些附图被并入本说明书中且构成本说明书的一部分。附图图示了实施例,并且与本说明书一起用来解释本发明的原理。

[0032] 图 1 示出了本发明实施例的显示装置的整体结构。

[0033] 图 2 中的 (A) 部分至 (C) 部分是时序图,示出了由图 1 中所示的各个激光源所执行的脉冲发光操作的示例。

[0034] 图 3 是用于解释图 1 中所示的光学元件的作用的示意图。

[0035] 图 4 是示意性地示出了棱镜阵列的具体结构示例的立体图,该棱镜阵列是图 1 中所示的光学元件的一个实例。

[0036] 图 5 示出了比较例的显示装置的整体结构。

[0037] 图 6 是用于解释图 4 中所示的棱镜阵列的作用的示意图。

[0038] 图 7 是用于解释通过上述棱镜阵列的振动而进行的束扫描的示意图。

[0039] 图 8 是示意图,示出了本发明实施例中屏幕上的可识别的亮度不均匀性的示例。

[0040] 图 9 中的 (A) 部分至 (C) 部分是时序图,示出了发光频率、振动频率和屏幕上的亮度不均匀性三者之间关系的一个示例。

[0041] 图 10 中的 (A) 部分至 (C) 部分是时序图,示出了发光频率、振动频率和屏幕上的亮度不均匀性三者之间关系的另一示例。

[0042] 图 11 是示意图,示出了从图 1 中所示的各个激光源射出的激光束的远场图

(farfield pattern ;FFP) 的示例。

[0043] 图 12A 和图 12B 用于解释本发明实施例中的拍频(beat frequency)的示例。

[0044] 图 13A 和图 13B 用于解释本发明实施例中的可避免拍频和拍现象(beat phenomenon)的频率范围的示例。

[0045] 图 14A 至图 14C 用于解释本发明实施例中的可避免拍现象的频率范围的一个示例。

[0046] 图 15A 至图 15C 用于解释本发明实施例中的可避免拍现象的频率范围的另一示例。

[0047] 图 16 是用于解释屏幕上的亮度不均匀性降低的区域、屏幕上的亮度不均匀性不变的区域、因光学元件的振动而引起的亮度分布的空间振幅三者之间关系的示意图。

[0048] 图 17 中的 (A) 部分至 (D) 部分是时序图,示出了在各个激光源所执行的脉冲发光操作时的光波形的示例。

[0049] 图 18A 和图 18B 用于解释变形例 1 中的拍频的示例。

[0050] 图 19 中的 (A) 部分至 (C) 部分用于解释振动频率与照明光的亮度的变化频率之间关系的示例。

[0051] 图 20 用于解释变形例 3 中的可避免拍现象的频率范围的一个示例。

[0052] 图 21 用于解释变形例 3 中的可避免拍现象的频率范围的另一示例。

[0053] 图 22 示出了变形例 4 的显示装置的整体结构。

[0054] 图 23 示出了变形例 5 的照明装置的主要部分的结构。

[0055] 图 24 示出了变形例 6 的显示装置的整体结构。

[0056] 图 25 是示意性地示出了液晶元件的具体结构的一个示例的平面图,该液晶元件是图 24 中所示的光学元件的一个实例。

[0057] 图 26 是用于解释图 25 中所示的液晶元件的作用的示意图。

[0058] 图 27 是特性图,示出了施加到图 25 中所示液晶元件上的驱动电压随时间而变化以及激光束的线性偏振角度随时间而变化的示例。

[0059] 图 28 是示意图,示出了变形例 6 中屏幕上的可识别的亮度不均匀性的示例。

[0060] 图 29 是示意性地示出了液晶元件的结构的另一示例的平面图,该液晶元件是图 24 中所示的光学元件的一个实例。

[0061] 图 30A 和图 30B 是用于解释变形例 7 的白噪声的特性图。

具体实施方式

[0062] 下文中,参照附图详细说明本发明的实施例。将会按照下列顺序进行说明。

[0063] 1、实施例(该示例中,使用棱镜阵列作为光学元件)

[0064] 2、变形例

[0065] 变形例 1 (该示例中,光波形的占空比(duty ratio)不等于 50%,且光波形呈圆形)

[0066] 变形例 2 (该示例中,发光频率包含多种频率成分)

[0067] 变形例 3 (该示例中,考虑了振动频率与照明光的亮度的变化频率之间的关系)

[0068] 变形例 4 (该示例中,控制部动态地控制发光频率和振动频率)

[0069] 变形例 5 (该示例中,使用衍射元件作为光学元件)

[0070] 变形例 6 (该示例中,使用液晶元件作为光学元件且让该液晶元件电振动)

[0071] 变形例 7 (该示例中,在亮度不均匀性方面考虑了白噪声)

[0072] 其他变形例

[0073] 一、实施例

[0074] 显示装置 3 的整体结构

[0075] 图 1 示出了本发明实施例的显示装置(显示装置 3)的整体结构。该显示装置 3 是将图像(或光学图像)投射到屏幕 30 (或被投射面)上的投影显示装置。具体地,显示装置 3 包括照明装置 1 和光学系统(或显示光学系统),该光学系统利用来自照明装置 1 的照明光来显示图像。

[0076] 照明装置 1

[0077] 照明装置 1 包括红色激光器 11R、绿色激光器 11G、蓝色激光器 11B、透镜 12R、透镜 12G、透镜 12B、二向色棱镜(dichroic prism)131、二向色棱镜 132、光学元件(棱镜阵列) 14、驱动部 15、准直透镜 16、复眼透镜(flyeye lens)17 和会聚透镜 18。请注意,该图中的附图标记“Z0”代表光轴。

[0078] 红色激光器 11R、绿色激光器 11G 和蓝色激光器 11B 对应于三个种类的光源,且分别射出红色激光束、绿色激光束和蓝色激光束。这些激光源构成了光源部,且本实施例中每个上述光源都是激光源。红色激光器 11R、绿色激光器 11G 和蓝色激光器 11B 每一者例如可以是半导体激光器或固体激光器等。如果各个激光源都是半导体激光器,则作为一个例子,红色激光束的波长 λ_r 、绿色激光束的波长 λ_g 和蓝色激光束的波长 λ_b 分别是大约 600nm~700nm、500nm~600nm 和 400nm~500nm。

[0079] 红色激光器 11R、绿色激光器 11G 和蓝色激光器 11B 每一者被构造成射出脉冲光束,例如分别如图 2 中的 (A) 部分至 (C) 部分所示。更具体地,红色激光器 11R 以预定的发光频率 f_{1r} [Hz] (或在发光周期 $T_r=1/f_{1r}$ 内)间歇地(不连续地)射出红色激光束。绿色激光器 11G 以预定的发光频率 f_{1g} [Hz] (或在发光周期 $T_g=1/f_{1g}$ 内)间歇地(不连续地)射出绿色激光束。蓝色激光器 11B 以预定的发光频率 f_{1b} [Hz] (或在发光周期 $T_b=1/f_{1b}$ 内)间歇地(不连续地)射出蓝色激光束。此外,分别如图 2 中的 (A) 部分至 (C) 部分所示,红色激光束、绿色激光束和蓝色激光束按照这个顺序以时分(time division)的方式依次发光。在本实施例中,发光频率 f_{1r} 、 f_{1g} 和 f_{1b} 代表着相应的主频率。作为一个例子,发光频率 f_{1r} 、 f_{1g} 和 f_{1b} 彼此相等(下文中,合适的时候用“ $f_{1r}=f_{1g}=f_{1b}=f_1$ ”表示)。另外,发光频率 f_1 典型地可以是约 60 [Hz]~120 [Hz],但不限于此。可以根据投影仪(显示装置 1)的显示质量等来确定发光频率 f_1 。

[0080] 透镜 12R 和透镜 12G 是这样的透镜(或耦合透镜):它们分别将从红色激光器 11R 射出的红色激光束和从绿色激光器 11G 射出的绿色激光束准直,从而让准直后的光束到达二向色棱镜 131。同样,透镜 12B 将从蓝色激光器 11B 射出的激光束准直,从而让准直后的光束到达二向色棱镜 132。请注意,透镜 12R、透镜 12G 和透镜 12B 每一者都对入射光束进行准直(或者生成准直后的光束),但本实施例不限于此。作为一种可选的方案,透镜 12R、透镜 12G 和透镜 12B 每一者可以不将入射光束准直(或不产生准直后的光束)。然而,从装置结构的小型化方面而言,可以认为如上述那样将光束准直是更优选的。

[0081] 二向色棱镜 131 是这样的棱镜：其选择性地让从透镜 12R 入射的红色激光束透过，且选择性地反射从透镜 12G 入射的绿色激光束。二向色棱镜 132 是这样的棱镜：其选择性地让从二向色棱镜 131 入射的红色激光束和绿色激光束透过，且选择性地反射从透镜 12B 入射的蓝色激光束。于是，红色激光束、绿色激光束和蓝色激光束进行颜色合成(或光路合成)。

[0082] 光学元件(棱镜阵列) 14 处于各光源与复眼透镜 17 之间的光路上(或者更具体地说，处于二向色棱镜 132 与准直透镜 16 之间的光路上)。请注意，光学元件 14 相当于本发明实施方式的“光学元件”的一个具体实例。棱镜阵列 14 是用来减少散斑噪声(干涉图样)(稍后说明)的光学元件，且被定位成使得在图 1 中所示的光轴 Z0 上传播的激光束能够从该棱镜阵列 14 中透过。更具体地，已经从光源部(或分别从红色激光器 11R、绿色激光器 11G 和蓝色激光器 11B)以发光频率 f_1 ($=f_{1r}$ 、 f_{1g} 或 f_{1b}) 间歇地射出的各个激光束(或红色、绿色和蓝色激光束)从该棱镜阵列 14 中透过。

[0083] 本发明实施方式的“光学元件”(它的一个实例是上述棱镜阵列 14)例如如图 3 所示将入射光线(或入射光束 L_{in})分离成在两个以上的不同方向上(或在两个以上的彼此不同的方向上)传播的光线，然后使这些光线作为出射光束 L_{out} 而出射。更具体地，当入射光束 L_{in} 进入该光学元件时，该光学元件不是通过改变入射光束 L_{in} 的光路来使出射光束 L_{out} 在一个方向上射出，而是通过向入射光束 L_{in} 赋予相位差来使出射光束 L_{out} 在两个以上(非对称)的方向上射出。

[0084] 图 4 是示意性地示出了棱镜阵列 14 的具体结构示例的立体图。棱镜阵列 14 具有这样的结构：该结构中，多个(本实施例中为 $n/2$ 个(n 为 2 以上的整数))棱镜 140 (结构单元)在 Y 轴上(或在棱镜阵列 140 的振动方向(稍后说明)上)并排排列着。各个棱镜 140 具有一对倾斜面，这对倾斜面形成于激光束的出射侧(+Z 轴侧)且在 X 轴上延伸。更具体地，棱镜 140 都在一个方向(Y 轴方向)上并排排列着，该方向(Y 轴方向)垂直于上述那一对倾斜面在光出射面(X-Y 平面)内延伸的方向(X 轴方向)。确切地说，在该图中所示的 Y 轴上从正侧往负侧的方向上，第一个棱镜 140 具有一对倾斜面 S_1 和 S_2 (第一表面和第二表面)，然后第二个棱镜 140 具有一对倾斜面 S_3 和 S_4 (第三表面和第四表面)，以此类推。最后，第 $(n/2)$ 个棱镜 140 具有一对倾斜面 S_{n-1} 和 S_n (第 $n-1$ 表面和第 n 表面)。于是，各个棱镜 140 的形状为在 X 轴方向上延伸的三角柱(“ d ”表示棱镜 140 在 Y 轴方向上的节距(棱镜节距)，“ θ ”表示各个倾斜面的倾斜角)，在整个光出射面上都交替地形成了山(凸)部和谷(凹)部。请注意，在本实施例中，各个棱镜 140 的凸部(倾斜面)都被设置在光出射面上，但各个棱镜 140 的结构不限于此。各个棱镜 140 的凸部可被设置在光入射面和光出射面的任一者上或两者上。稍后将会说明棱镜阵列 14 的具体作用(见图 6 和图 7)。

[0085] 驱动部 15 以预定频率驱动棱镜阵列 14，由此改变激光束的相干性(本实施例中，是指激光束的位置、角度、偏振和相位中的至少一者)。具体地，在本实施例中，驱动部 15 以预定的振动频率 f_0 作为上述驱动频率使棱镜阵列 14 机械地(且微小地)振动，由此改变激光束的位置和角度中的至少一者。

[0086] 驱动部 15 改变棱镜阵列 14 与复眼透镜 17 二者的相对位置，从而改变激光束在复眼透镜 17 的入射面上的入射位置和入射角度中的至少一者(即：入射位置，或者入射角度，或者入射位置及入射角度)。此外，在本实施例中，驱动部 15 使棱镜阵列 14 (微小地)振动

(具体而言,如图 4 所示,使棱镜阵列 14 在与棱镜 140 的排列方向一致的 Y 轴方向上振动),从而改变上述相对位置。稍后将会说明用于规定(确定)振动频率 f_0 (该振动频率 f_0 是如上所述棱镜阵列 14 进行振动时的频率)的技术(本实施例中的特征之一)的细节。在本实施例中,振动频率 f_0 代表着具有最大振幅的主频率(但是,在变形例 7 中将会说明这样的主频率不存在的情形(考虑了白噪声等))。请注意,该驱动部 15 例如可以包括线圈和永久磁体(例如,由诸如钕(Nd)、铁(Fe)和硼(B)等材料制成的永久磁体)。

[0087] 准直透镜 16 被设置在棱镜阵列 14 与复眼透镜 17 之间的光路上,它是对从棱镜阵列 14 射出的光束进行准直从而产生准直后的光束的透镜。

[0088] 复眼透镜 17 是其中将多个透镜以二维形式排列在基板上的光学部件(或积分器),该光学部件依据上述这些透镜的排列将入射光线在空间上分割开,然后让分割后的光线射出。于是,使得已经进入复眼透镜 17 的光线均一化(使得该光线在平面内的强度分布均一化),然后作为照明光从复眼透镜 17 射出。请注意,该复眼透镜 17 相当于本发明实施方式的“光学部件”的一个具体实例。

[0089] 会聚透镜 18 是接收已经被复眼透镜 17 均一化的上述光(照明光)并将该光聚焦的透镜。

[0090] 显示光学系统

[0091] 上述显示光学系统包括偏振分束器(polarization beam splitter;PBS) 22、反射型液晶元件 21 和投影透镜 23 (或投影光学系统)。

[0092] 偏振分束器 22 是选择性地允许特定偏振光(例如,P 偏振光)透过而选择性地反射另一偏振光(例如,S 偏振光)的光学构件。于是,来自照明装置 1 的照明光(例如,S 偏振光)被偏振分束器 22 选择性地反射,然后进入反射型液晶元件 21。此外,从反射型液晶元件 21 出射的光学图像(例如,P 偏振光)选择性地透过偏振分束器 22,然后入射到投影透镜 23 上。

[0093] 反射型液晶元件 21 是这样的光调制元件:它在基于将要从显示控制部(未图示)提供的图像信号对来自照明装置 1 的照明光进行调制的同时将该照明光反射,由此出射光学图像。在本实施例中,反射型液晶元件 21 以让入射光和反射光各自的偏振(例如 S 偏振和 P 偏振)互不相同的方式将照明光反射。该反射型液晶元件 21 可以由例如 LCOS(liquid crystal on silicon;硅基液晶)等形式的液晶元件制成。

[0094] 投影透镜 23 是把已经由反射型液晶元件 21 调制过的照明光(光学图像)投射(并放大)到屏幕 30 上的透镜。

[0095] 显示装置 3 的作用效果

[0096] 1、显示操作

[0097] 在上述显示装置 3 的照明装置 1 中,如图 1 所示,首先,红色激光器 11R、绿色激光器 11G 和蓝色激光器 11B 分别发出光束(激光束),这些光束被透镜 12R、透镜 12G 和透镜 12B 转变成准直后的光束。然后,利用二向色棱镜 131 和二向色棱镜 132 把准直后的激光束(或者说,红色激光束、绿色激光束和蓝色激光束)进行颜色合成(或光路合成)。已进行了光路合成的激光束透过棱镜阵列 14,并被准直透镜 16 转变成准直后的光束,然后进入复眼透镜 17。该光束(该光束在平面内的强度分布)被复眼透镜 17 均一化,然后从复眼透镜 17 出射。随后,该光束被会聚透镜 18 聚集。以此方式,照明光从照明装置 1 发射出来。

[0098] 接着,上述照明光被偏振分束器 22 选择性地反射,然后入射到反射型液晶元件 21

上。该入射光在被反射型液晶元件 21 基于图像信号进行调制的同时被反射型液晶元件 21 反射。随后,上述经过调制的反射光作为光学图像从反射型液晶元件 21 射出。在此情形下,入射到反射型液晶元件 21 上的光与从反射型液晶元件 21 射出的光具有不同的偏振。因此,从反射型液晶元件 21 射出的光学图像选择性地透过偏振分束器 22,然后进入投影透镜 23。最后,该光(光学图像)被投影透镜 23(放大并且)投射到屏幕 30 上。

[0099] 在本实施例中,例如如图 2 中的(A)部分至(C)部分所示,红色激光器 11R、绿色激光器 11G 和蓝色激光器 11B 每一者以预定频率 f_1 ($=f_{1r}$ 、 f_{1g} 或 f_{1b}) 间歇地发出光束。因此,各激光束(红色激光束、绿色激光束和蓝色激光束)以时分的方式依次出射。接着,这些激光束被反射型液晶元件 21 基于含有各颜色成分(红色成分、绿色成分和蓝色成分)的图像信号以时分的方式依次调制。以此方式,显示装置 3 基于上述图像信号显示出彩色图像。

[0100] 2、作用效果

[0101] 接着,与比较例相对照,在下文中详细说明由照明装置 1 产生的作用效果。

[0102] 2-1、比较例

[0103] 图 5 示出了比较例的显示装置(显示装置 100)的整体结构。类似于本发明实施例的显示装置 3,比较例的显示装置 100 是将光学图像投射到屏幕 30 上的投影显示装置。该显示装置 100 包括红色激光器 101R、绿色激光器 101G、蓝色激光器 101B、分色镜(dichroic mirror) 102R、分色镜 102G、分色镜 102B、散射元件(diffusing element) 103、马达(驱动部) 104、透镜 105、光调制元件 106 和投影透镜 107。

[0104] 在该显示装置 100 中,红色激光器 101R、绿色激光器 101G 和蓝色激光器 101B 发出对应颜色的激光束,然后,分色镜 102R、分色镜 102G 和分色镜 102B 对这些激光束进行颜色合成(或光路合成)。合成后的光束入射至散射元件 103。散射元件 103 将该入射光束散射,然后透镜 105 用该光束作为照明光照射至光调制元件 106。光调制元件 106 在基于图像信号对照明光进行调制的同时将该照明光反射,然后让该经过调制的反射光作为光学图像出射。投影透镜 107 将光学图像(放大且)投射到屏幕 30 上。于是,基于图像信号,显示装置 100 显示出彩色图像。

[0105] 一般地,当诸如激光等相干光照射到散射表面上时,在该散射表面上就观察到了光斑图样,这与使用其他种类的光的情况不同。这样的图样被称作“散斑图样”。照射到散射表面上的光在该散射表面上被散射,具有随机相位(这些相位与该表面上的凹凸不平相对应)的散射光相互干涉,于是产生了散斑图样。

[0106] 当配有激光源的投影仪(诸如比较例的上述显示装置 100)将光学图像投射到屏幕上时,散斑图样(或干涉图样)重叠到在屏幕上显示出来的图像上。由于这些图样被人眼识别成强烈的随机噪声,因而这些图样往往会使得所显示的图像质量降低。

[0107] 为了减少由配有激光源的投影仪产生的散斑图样(或散斑噪声),可以考虑一种让屏幕或者让投影仪中的预定光学元件(激光会从该元件中透过)发生微小振动的技术。一般而言,人眼和人脑很难识别在大约 20ms~50ms 期间内出现的闪烁。因此,人眼对在这一期间的图像的变化进行积分和平均化。于是,如果有大量的独立的散斑图样在屏幕上重叠,就将散斑噪声平均化得让人眼不易识别出来。

[0108] 鉴于上述内容,在比较例的显示装置 100 中,马达 104 使散射元件 103 机械地旋转,从而让屏幕 30 上的散斑图样高速地移位(或微小振动),并且减少散斑噪声的产生。

[0109] 2-2、实施例

[0110] 相比而言,在本实施例的照明装置 1 中,驱动部 15 驱动光学元件 14 (棱镜阵列),从而让光学元件 14 (激光束从该光学元件中透过)(微小地)振动。这减少了因激光束而产生的散斑噪声(或干涉图样),稍后进行详细说明。

[0111] A. 使干涉图样减少的作用效果

[0112] 首先,当光束入射到棱镜阵列 14 时,各棱镜 140 按照如下方式从它的一对倾斜面出射各个光束。如图 6 所示,光束以下列方式从各个棱镜 140 的一对倾斜面射出:入射光束的位置与出射光束的在与棱镜阵列 14 相距预定距离的平面上(或者,本例中在复眼透镜 17 的入射面上)的位置相反。具体而言,在棱镜阵列 14 的上述第一个棱镜 140 中,入射到倾斜面 S_1 上的光束的位置和入射到倾斜面 S_2 上的光束的位置在到达复眼透镜 17 的入射面上时发生互换。更具体地说,已从倾斜面 S_1 出射的光束朝着已进入倾斜面 S_2 的另一光束的位置(或者朝着第一个棱镜 140 的出射面的下部位置)传播。同时,已从倾斜面 S_2 出射的光束朝着已进入倾斜面 S_1 的另一光束的位置(或者朝着第一个棱镜 140 的出射面的上部位置)传播。类似地,在上述第 $(n/2)$ 个棱镜 140 中,入射到倾斜面 S_{n-1} 上的光束的位置和入射到倾斜面 S_n 上的光束的位置在复眼透镜 17 的入射面上发生互换。更具体地说,已从倾斜面 S_{n-1} 出射的光束朝着已进入倾斜面 S_n 的另一光束的位置(或者朝着第 $(n/2)$ 个棱镜 140 的出射面的下部位置)传播。同时,已从倾斜面 S_n 出射的光束朝着已进入倾斜面 S_{n-1} 的另一光束的位置(或者朝着第 $(n/2)$ 个棱镜 140 的出射面的上部位置)传播。请注意,使上述光束的位置在从棱镜 140 出射之后发生互换的作用是通过图 4 所示的棱镜节距 d 和倾斜角 θ 来任意调节的。

[0113] 驱动部 15 改变棱镜阵列 14 与复眼透镜 17 二者的相对位置。具体而言,为了改变上述相对位置,例如如图 7 中的箭头 P1 所示,驱动部 15 使棱镜阵列 14 沿着棱镜 140 在与光轴 Z0 垂直的平面上的排列方向(或沿 Y 轴方向)振动。在此情况下,例如如图 7 中的箭头 P21 和 P22 所示,从各个棱镜 140 的倾斜面出射的光束的位置(这些光束在一对倾斜面上的位置在出射后发生互换)也在 Y 轴方向上发生移位(或者偏移)。结果,从棱镜阵列 14 内的各棱镜 140 出射的光束对复眼透镜 17 的入射面进行光束扫描。通过利用上述原理(散斑图样的多重化(时间平均)),减少了因激光束而产生的散斑噪声(或干涉图样)。

[0114] 在本实施例中,为了改变激光束在复眼透镜 17 的入射面上的入射位置和入射角中的至少一者,驱动部 15 改变棱镜阵列 14 与复眼透镜 17 二者的相对位置(或者,在本例中使棱镜阵列 14 自身振动)。即使改变了上述相对位置(或者实现了光束扫描),这仍降低了或者避免了光束从棱镜阵列 14 入射到复眼透镜 17 时的光损失。比较例的显示装置 100 所采取的技术是通过利用散射元件 103 自身来使入射至散射元件 103 的光束散射。这可能会导致光束的利用效率下降。与比较例的技术不同,本实施例的显示装置 3 被配置成通过利用多重化(时间平均)来减少散斑噪声的产生,且同时尽可能地降低了或避免了激光束的损失。

[0115] B. 使亮度不均匀性降低的作用效果

[0116] 亮度不均匀性的产生原理的概述

[0117] 如上所述,光学元件(棱镜阵列 14)的微小振动减少了干涉图样的产生。但是在这种情况下,例如如图 8 所示,该振动可能会导致照明光的亮度(或照度)不均匀。这就导致了

显示图像质量的降低。这种亮度不均匀性的产生归因于没有使用比较例的显示装置 100 中的散射板(diffuser plate)而是为了减少干涉图样的产生使用了棱镜阵列 14。

[0118] 在上述显示装置 1 中,与散射板不同的是,棱镜阵列 14 使入射光束 Lin 的光路改变(弯折)而不会降低光的利用效率(或者不会使光散射)。因此,在原理上讲,在照明光中(在屏幕 30 上)易于产生亮度不均匀。例如,当使用棱镜阵列 14 时,各个棱镜 140 中的凹凸表面(或者倾斜面 S_1 至 S_n)的阴影易于使照明光中产生亮度不均匀性。然而,如果将凹凸表面的角度(或者倾斜面 S_1 至 S_n 的倾斜角 θ)减小得使亮度不均匀性不是很明显,那么也会削弱干涉图样的减少效果(减少量很小),这就失去了意义。

[0119] 通过使棱镜阵列 14 振动在某种程度上减少了上述亮度不均匀性。但是,根据棱镜阵列 14 的振动频率 f_0 与激光束的发光频率 f_1 之间的特定关系,亮度不均匀性也可能变得更明显。具体而言,取决于振动频率 f_0 与发光频率 f_1 的混合,会(或很可能)出现拍现象(稍后详细说明),从而使得亮度不均匀性更容易被识别到。更具体地说,当振动频率 f_0 与发光频率 f_1 彼此接近时,它们二者的混合会产生拍频。这使得在图像上缓慢移动的不均匀亮度更容易被识别到。

[0120] 如果激光源如图 9 中的 (A) 部分所示那样发出光束且光学元件(棱镜阵列) 14 如图 9 中的 (B) 部分所示那样进行振动(或者如果振动频率 f_0 等于发光频率 f_1),那么通过让这些波形相乘而得到的照明光(或者屏幕 30 上的光学图像)的亮度例如就如图 9 中的 (C) 部分所示。于是,照明光的亮度由在一定周期上变化的时序波形(timing waveform)来描述。但是,请注意,由于这个周期的一个循环内的亮度变化没有被人眼识别出来而是被人眼平均化(在时间上积分)了,因此如同用图 9 的 (C) 部分中的短划线表示的可识别信号所示,该亮度变化似乎是静止不变的。所以,即使在照明光中原本就出现了空间上的亮度不均匀性,该照度不均匀性也不会被识别为是移动的,即被识别为是静止不动的。

[0121] 另一方面,如图 10 中的 (A) 部分和 (B) 部分所示,如果振动频率 f_0 略微不同于(大致上等于)发光频率 f_1 (振动频率 $f_0 \approx$ 发光频率 f_1),那么照明光(或者屏幕 30 上的光学图像)的亮度例如就如图 10 中的 (C) 部分所示。具体而言,根据时间平均而得到的可识别信号(用图 10 的 (C) 部分中的短划线表示)不是如上所述的恒定值,而是例如由低频的正弦波形描述。该低频移动(上述拍现象的产生)可以被识别到。所以,如果在照明光中原本就出现了空间上的亮度不均匀性,则照明光的亮度不均匀性的移动可能被识别为闪烁。

[0122] 除了不是使用散射板而是使用棱镜阵列以便减少干涉图样的产生这个起因之外,上述亮度不均匀性的产生还存在下列起因。如图 11 所示,例如,如果激光束的远场图(FFP)不是理想的圆形(各向同性)(本例中为椭圆形),则照明光的亮度分布在空间上可能是不均匀的,因而易于导致亮度不均匀性。具体而言,取决于复眼透镜 17 的作用,不一定能够减少照明光的亮度不均匀性(或者,亮度分布不一定被均匀化)。为了解决此问题,可以考虑一种设置有像歪曲透镜(ana morphotic lens)(或具有各向异性曲率(aerotropic curvature)的透镜)的技术。然而,在此情况中,往往增大了构件的成本。

[0123] 亮度不均匀性的产生原理的细节

[0124] 下面,参照图 12A 至图 13B 详细说明上述亮度不均匀性的产生原理。

[0125] 首先,用来规定发光频率 f_1 的亮暗图形(闪烁)的函数由“ $F_L(t)$ ”定义。此外,亮状态(本例中,是指正在发出激光束的状态)为“1”,暗状态(本例中,是指不发出激光束的状

态)为“0”。在此情况下,假定这些亮状态与暗状态之间的占空比(duty ratio)为50%,当把光的闪烁视为矩形波的振动时,对上述函数 $F_L(t)$ 进行傅立叶展开,因此得到了由下列公式(A)表示的函数 $F_L(t)$ 。此外,假定响应于光学元件14的振动(振动频率 f_0)而发生亮度变化的周期与光学元件14的振动周期成比例,如果用来规定在亮度变化时的亮暗程度的函数由“ $F_0(t)$ ”定义,就得到了由下列公式(B)表示的函数 $F_0(t)$ 。

[0126] [方程式1]

$$[0127] \left\{ \begin{aligned} F_L(t) &= \frac{1}{2} \left\{ 1 + \sin(2\pi f_1 t) + \frac{1}{3} \sin(2\pi \cdot 3f_1 t) + \frac{1}{5} \sin(2\pi \cdot 5f_1 t) \right\} \cdots (A) \\ F_0(t) &= \frac{1}{2} \left\{ 1 + \sin(2\pi f_0 t) \right\} \cdots (B) \end{aligned} \right.$$

[0128] 规定了从照明装置1发出的照明光的亮度的总体变化(该变化由发光频率 f_1 与振动频率 f_0 之间的关系引起)的函数 $F_A(t)$ 是用函数 $F_L(t)$ 乘以函数 $F_0(t)$ 而得到的。因此,该函数 $F_A(t)$ 由下列公式(C)表示。

[0129] [方程式2]

[0130] $F_A(t)$

[0131] $= F_L(t) \times F_0(t)$

[0132] $= \frac{1}{4} \left\{ 1 + \sin(2\pi f_0 t) \right\}$

[0133] $\cdot \left\{ 1 + \sin(2\pi f_1 t) + \frac{1}{3} \sin(2\pi \cdot 3f_1 t) + \frac{1}{5} \sin(2\pi \cdot 5f_1 t) \cdots \right\}$

[0134] $= \frac{1}{4} \left\{ 1 + \sin(2\pi f_1 t) + \frac{1}{3} \sin(2\pi \cdot 3f_1 t) + \frac{1}{5} \sin(2\pi \cdot 5f_1 t) \cdots \right\}$

[0135] $+ \frac{1}{4} \sin(2\pi f_0 t)$

[0136] $+ \frac{1}{4} \sin(2\pi f_0 t) \left\{ \sin(2\pi f_1 t) + \frac{1}{3} \sin(2\pi \cdot 3f_1 t) + \frac{1}{5} \sin(2\pi \cdot 5f_1 t) \cdots \right\}$

[0137] $= \frac{1}{4} \left\{ 1 + \sin(2\pi f_1 t) + \frac{1}{3} \sin(2\pi \cdot 3f_1 t) + \frac{1}{5} \sin(2\pi \cdot 5f_1 t) \cdots \right\}$

[0138] $+ \frac{1}{4} \sin(2\pi f_0 t) - \frac{1}{8} \left\{ \cos(2\pi (f_0 + f_1) t) - \cos(2\pi (f_0 - f_1) t) \right.$

[0139] $+ \frac{1}{3} \cos(2\pi (f_0 + 3f_1) t) - \frac{1}{3} \cos(2\pi (f_0 - 3f_1) t)$

[0140] $\left. + \frac{1}{5} \cos(2\pi (f_0 + 5f_1) t) - \frac{1}{5} \cos(2\pi (f_0 - 5f_1) t) \cdots \right\}$

... (C)

[0141] 从上述公式(C)清楚可知,构成函数 $F_A(t)$ 的各频率除了包括函数 $F_L(t)$ 及函数 $F_0(t)$ 中原本就存在的频率成分(频率 f_0 、频率 $(2X-1) \times f_1$ (X :任意自然数)之外,还包括频率 $\{f_0 \pm (2X-1) \times f_1\}$ 。在此情况下,构成函数 $F_A(t)$ 的频率成分被定义为分成下列三种频率组(第一构成频率1(No. 1)、第一构成频率2(No. 2)和第二构成频率)。

[0142] • 第一构成频率1 ... f_0

[0143] • 第一构成频率2 ... $\{(2X-1) \times f_1\}$

[0144] • 第二构成频率 ... $\{f_0 \pm (2X-1) \times f_1\}$

[0145] 例如,如图12A和图12B所示,可能引起上述拍现象的频率(拍频)由各构成频率之和(和频率)或者各构成频率之差(差频率)定义。在此情况下, X' 是0以上的任意整数,且

大致上等于 X 。但是, X' 是在考虑了上述和或上述差的结果可能包含 0 的可能性、考虑了上述和或上述差的结果、或者考虑了偶数项和奇数项之后, 被重新设置的。在图 12A 和图 12B 中, 黑色(具有较深颜色的填充图案)部分(频率 $2Xf_1$ 、频率 $\pm 2X' f_1$ 和频率 $\pm 2(X-1) \times f_1$) 不含振动频率 f_0 的成分。这意味着这些部分与稍后所述的振动频率 f_0 的确定是无关的。因此, 在图 12A 和图 12B 所示的各拍频之中, 含有振动频率 f_0 的成分的那些拍频(与振动频率 f_0 的确定有关) 被划分成以下三种频率。请注意, 图 12A 和图 12B 中的“ $2(X-1)$ ”、“ $-2(X-1)$ ”、“ $\pm 2(X-1)$ ”和“ $\pm 2X'$ ”被笼统地表述为任意整数 X'' 。

[0146] • f_0 …第一构成频率 1

[0147] • $(2f_0 + X'' f_1)$ …白色部分 (“拍频 B”)

[0148] • $(f_0 + X'' f_1)$ …灰色部分(具有较浅颜色的填充部分) (“拍频 C”)

[0149] 具体而言, 例如当振动频率 f_0 为 90Hz 且发光频率 f_1 为 60Hz 时, 构成函数 $F_A(t)$ 的各频率(构成成分频率) 如图 13A 中所示。此外, 例如当振动频率 f_0 为 92Hz 且发光频率 f_1 为 60Hz 时, 函数 $F_A(t)$ 中的各构成成分频率如图 13B 中所示。如果全部的构成成分频率都为 20Hz 以上(优选为 50Hz 以上) 或者都为 3Hz 以下(优选为 0.5Hz 以下), 则如同稍后所述的那样, 人眼不能感知(或识别) 到拍现象(亮度的闪烁或亮度的变化)。请注意, 在图 13A 和图 13B 每一者中, 易于导致可感知的拍现象的频率区域(感知禁止区域: 大于 3Hz 至小于 20Hz 的频率区域) 用斜线区域表示。参照图 13A 的示例(当 $f_0=90\text{Hz}$, 且 $f_1=60\text{Hz}$ 时), 由于在感知禁止区域内不存在构成成分频率, 因此可以理解的是: 避免了拍现象(分别与拍频 B 和拍频 C 对应的拍现象 B 和拍现象 C, 等等) 被识别出来。此外, 参照图 13B 的示例(当 $f_0=92\text{Hz}$, 且 $f_1=60\text{Hz}$ 时), 由于在感知禁止区域内存在构成成分频率(拍频 B 的一部分(本例中为 4Hz)), 因此可以理解的是: 能够容易地识别到拍现象(本例中, 现象 B)。

[0150] 上述频率“20Hz”是基于如下假定而规定的: 假定在时间对比敏感度功能(temporal contrast sensitivity function) (参照由 Hart, Jr W.M. 等人著作的“The Temporal Responsiveness of Vision”) 下, 当投射亮度为 50 流明(lumen; lm) 且宽度为 25 英寸(inch) 的图像时, 产生了具有其亮度的 1% 的分布。该条件对应于 7 特罗兰得(troland) (光瞳直径 $\phi=3\text{mm}$, 假设是完全散射)。假定亮度分布的宽度(50mm) 大约为显示图像在 X 轴方向上的 10%, 人眼不能识别到 20Hz 以上的频率。因此, 该频率“20Hz”是人类在最恶劣环境下能够感知的频率上限。进一步地说, 普遍已知的是, 时间对比敏感度功能在大约 50Hz 处发生剧烈衰减。考虑到这一事实, 将 CRT 等的扫描频率设为 60Hz。因此, 在一般环境下, 优选将该频率的下限设为“50Hz”。但是, 在很多情形下, 实际条件是严苛的, 以致于频率可用范围变窄。

[0151] 上述频率“3Hz”意味着在大约 0.33 秒内出现一次拍现象, 以这种频率出现的拍现象可能不会容易地被识别出来, 除非同一图像被长时间地显示。但是在这种情况下, 即使该频率发生微小的移动, 也能使拍现象更易于被识别到。因此, 优选对稍后所述的振动频率 f_0 与发光频率 f_1 二者间的同步进行精密地调整。在此情况下, 频率“3Hz”对应于在上述时间对比敏感度功能下人眼的响应度很低时的频率。更进一步, 当将该频率设为“0.5Hz”而不是“3Hz”时, 在两秒内出现一次拍现象。在此例中, 不管条件如何, 几乎不会识别到拍现象。这个事实已经在实验上得以确认, 而且, 可以说这个条件产生了更突出的效果。

[0152] 使亮度不均匀性降低的条件

[0153] 考虑到如上所述的亮度不均匀性(拍现象)的产生原理,为了减少亮度不均匀性的产生(使拍现象更不易被识别到),将本实施例的照明装置 1 配置成满足下列的预定条件。具体而言,将上述第一构成频率 1 (f_0) 以及拍频 B 和拍频 C 中的每一者设为 3Hz 以下,或者设为 20Hz 以上。

[0154] 用“ f_1 ” [Hz] 表示发光频率,且用“ f_2 ” [Hz] 表示从光学元件 14 出射的照明光的变化频率(该变化频率是由于光学元件 14 的振动(驱动)而产生的),“ n_1 ”是 0~10 (包含两 endpoint) 范围内的任意整数,“ n_2 ”和“ n_3 ”每一者都是 0~10 (包含两 endpoint) 范围内的预定整数,将照明装置 1 配置成满足下列的条件公式。更具体地说,将照明装置 1 配置成满足公式 (1) 或 (2) (条件 1:拍现象 B 的条件)、公式 (3) 或 (4) (条件 2:第一构成频率 1 的条件)以及公式 (5) 或 (6) (条件 3:拍现象 C 的条件)。在此情况下,可以满足公式 (1)、(3) 和 (5) (20Hz 以上),或者可以满足公式 (2)、(4) 和 (6) (3Hz 以下)。请注意,在本实施例中,上述变化频率 f_2 等于振动频率 f_0 ,且公式 (1) 至 (6) 是由变化频率 f_2 规定的。此外,关于拍频 B 和拍频 C,在 X'' 为 0 以下的条件下将公式 (1)、(2)、(5) 和 (6) 改写。这是因为,作为计算结果,只有频率 f_2 的正值部分被注意到。

$$[0155] \quad |2 \times f_2 - n_1 \times f_1| \geq 20 \quad \dots\dots (1)$$

$$[0156] \quad |2 \times f_2 - n_2 \times f_1| \leq 3 \quad \dots\dots (2)$$

$$[0157] \quad f_2 \geq 20 \quad \dots\dots (3)$$

$$[0158] \quad f_2 \leq 3 \quad \dots\dots (4)$$

$$[0159] \quad |f_2 - n_1 \times f_1| \geq 20 \quad \dots\dots (5)$$

$$[0160] \quad |f_2 - n_3 \times f_1| \leq 3 \quad \dots\dots (6)$$

[0161] 因此,在本实施例中,如上所述,拍现象很难被(人眼)识别到,上述拍现象的出现与发光频率 f_1 和因光学元件 14 的振动而导致的照明光的亮度变化频率 f_2 (振动频率 f_0) 二者的混合有关。但是事实上,图 12A 和图 12B 的表所示出的各频率之中只有大的拍频成分具有强烈的影响。因此,不是出现两种频率之间的拍现象,而是多种频率间的拍现象以混合的方式呈现出来。进一步,由于上述公式 (1) 至 (6) 考虑的是图 12A 和图 12B 所示各频率之中的任意两种频率相互干涉的情形,因此由这些公式确定的行为在某种程度上不同于多种频率相混合时的行为。在此情况下,由条件 1 至 3 确定的可容许频率范围往往在某种程度上更宽。但是,要被避免的中心频率是相同的,特别地,优选把中心频率调整成处于振动频率 f_0 附近从而满足条件 1。

[0162] 由于发光频率 f_1 (基本频率) 的谐波成分(谐波频率),因此给出了如下的考虑。例如如图 2、图 9 和图 10 所示,如果激光束为矩形脉冲形状,由于各个谐波成分的信号电平与 $[1/($ 谐波的次数 $n)]$ 成比例,因此通常考虑 $n \leq 10$ 左右的谐波就足够了。于是,在 $0 \leq n_1 \leq 10$ (n_1 是 0~10 (包含两 endpoint) 范围内的任意整数) 的条件下,将照明装置 1 设成满足公式 (1) 和 (5)。请注意,当 n 为 0 时,激光束是连续发出的。因此,优选考虑 $1 \leq n \leq 10$ 的谐波。换言之,特别是在 $1 \leq n_1 \leq 10$ (n_1 是 1~10 (包含两 endpoint) 范围内的任意整数) 的条件下,将照明装置 1 设成满足公式 (1) 和 (5)。关于振动频率 f_0 (变化频率 f_2),可以仅考虑具有最大振幅成分的主频率(基本频率)(或者,可以不考虑任何谐波成分)。

[0163] 例如,当发光频率 f_1 为 60Hz 时,可以将振动频率 f_0 (等于变化频率 f_2) 设成处于如图 14A 至图 14C 所示的频率范围(或者,能够避免拍现象的频率范围)内。图 14A 示出了

关于条件 1、能够避免拍现象 B 的振动频率 f_0 的范围示例。图 14B 示出了关于条件 3、能够避免拍现象 C 的振动频率 f_0 的范围示例。图 14C 示出了关于条件 1 至 3 的振动频率 f_0 的范围(能够避免全部上述拍现象且为图 14A 的范围与图 14B 的范围的积集范围)示例。上述条件 2 被囊括在条件 1 和条件 3 中。

[0164] 从图 14A 和公式 (1) 清楚可知,针对条件 1 中的满足公式 (1) 的那个条件(条件 1-1),可避免的振动频率 f_0 包括:10Hz 至 20Hz、40Hz 至 50Hz、70Hz 至 80Hz、100Hz 至 110Hz、130Hz 至 140Hz,等等。

[0165] 从图 14A 和公式 (2) 清楚可知,针对条件 1 中的满足公式 (2) 的那个条件(条件 1-2),可避免的振动频率 f_0 包括:0Hz 至 1.5Hz、28.5Hz 至 31.5Hz、58.5Hz 至 61.5Hz、88.5Hz 至 91.5Hz、118.5Hz 至 121.5Hz、148.5Hz 至 151.5Hz,等等。

[0166] 从图 14B 和公式 (5) 清楚可知,针对条件 3 中满足公式 (5) 的那个条件(条件 3-1),可避免的振动频率 f_0 包括:20Hz 至 40Hz、80Hz 至 100Hz、140Hz 至 160Hz,等等。

[0167] 从图 14B 和公式 (6) 清楚可知,针对条件 3 中满足公式 (6) 的那个条件(条件 3-2),可避免的振动频率 f_0 包括:0Hz 至 3Hz、57Hz 至 63Hz、117Hz 至 123Hz、177Hz 至 183Hz,等等。

[0168] 针对条件 2 中的满足公式 (3) 的那个条件(条件 2-1)以及条件 2 中的满足公式 (4) 的那个条件(条件 2-2),可避免的振动频率 f_0 包括 0Hz 至 3Hz 以及 20Hz 以上。

[0169] 经过上述考虑,如图 14C 所示,满足上述全部条件 1-1 至 3-2 的振动频率 f_0 包括:0Hz 至 1.5Hz、28.5Hz 至 31.5Hz、58.5Hz 至 61.5Hz、88.5Hz 至 91.5Hz、118.5Hz 至 121.5Hz、148.5Hz 至 151.5Hz,等等。

[0170] 另一方面,例如当发光频率 f_1 为 120Hz 时,可以将振动频率 f_0 (等于变化频率 f_2)设为处于图 15A 至图 15C 所示的频率范围(能够避免拍现象的频率范围)内。图 15A 示出了关于条件 1、能够避免拍现象 B 的振动频率 f_0 的范围示例。图 15B 示出了关于条件 3、能够避免拍现象 C 的振动频率 f_0 的范围示例。图 15C 示出了关于条件 1 至 3、能够避免全部上述拍现象 1 至 3 的振动频率 f_0 的范围(图 15A 的范围与图 15B 的范围的积集范围)示例。上述条件 2 也被囊括在条件 1 和条件 3 中。

[0171] 在本实施例中,如上所述,优选将第一构成频率 1 (f_0)以及拍频 B 和拍频 C 任何一者都设成 0.5Hz 以下,或设成 50Hz 以上。换言之,优选满足下列公式 (8) 或 (9)、公式 (10) 或 (11) 以及公式 (12) 或 (13)。在此情况下,类似地,可以满足公式 (8)、(10) 和 (12) (50Hz 以上),或者可以满足公式 (9)、(11) 和 (13) (0.5Hz 以下)。请注意,变化频率 f_2 也等于振动频率 f_0 ,且下列公式 (8) 至 (13) 也是由变化频率 f_2 规定的。

$$[0172] \quad |2 \times f_2 - n_1 \times f_1| \geq 50 \quad \dots\dots (8)$$

$$[0173] \quad |2 \times f_2 - n_2 \times f_1| \leq 0.5 \quad \dots (9)$$

$$[0174] \quad f_2 \geq 50 \quad \dots\dots (10)$$

$$[0175] \quad f_2 \leq 0.5 \quad \dots\dots (11)$$

$$[0176] \quad |f_2 - n_1 \times f_1| \geq 50 \quad \dots\dots (12)$$

$$[0177] \quad |f_2 - n_3 \times f_1| \leq 0.5 \quad \dots\dots (13)$$

[0178] 当将照明装置 1 设成满足上述公式时,就使得由于变化频率 f_2 (振动频率 f_0)与发光频率 f_1 之间的关系而出现的拍现象更不容易被识别出来(让人眼更难识别到)。在此

情况下,满足条件 2 (公式 (10) 或 (11))的振动频率 f_0 的区域变窄。当必须使用能够发出亮度相当高(例如 10lm 以上)的照明光的投影仪时,更优选该投影仪满足上述公式 (8) 至 (13)。实际的实验已经确认了满足这些条件是更优选的。

[0179] 从抑制亮度不均匀性的产生这个观点来看,发光频率 f_1 和亮度的变化频率 f_2 (振动频率 f_0)可以满足上述的关系。但是,从减少干涉图样的产生这个观点来看,优选让亮度的变化频率 f_2 显著更大。在此情况下,将亮度的变化频率 f_2 设成满足公式 (3)($f_2 \geq 20$)比设成满足公式 (4) ($f_2 \leq 3$)是更优选的。此外,更加优选将亮度的变化频率 f_2 设成满足公式 (10) ($f_2 \geq 50$)。

[0180] 当满足公式 (1)、(3) 和 (5) 时(或者当满足公式 (8)、(10) 和 (12) 时),优选让本实施例的照明装置 1 还满足下列条件。具体而言,优选的是,当棱镜阵列 14 振动时照明光的亮度不均匀性的振幅(振动的幅值)大于当棱镜阵列 14 停止振动时照明光的亮度不均匀性的大小(范围)。换言之,优选的是,当棱镜阵列 14 振动时照明光的亮度不均匀性在屏幕 30 上的移动范围大于照明光的亮度不均匀性的范围。这是因为:例如如图 16 所示,屏幕 30 上的有亮度不均匀性降低的区域始终重叠的区域趋向于变成亮度不均匀性恒定不变的区域(亮度不均匀性未降低的区域)。这意味着当棱镜阵列 14 振动时照明光在屏幕 30 上的空间变化频率高于亮度不均匀性的空间频率。假定当棱镜阵列 14 停止振动(或者停止被驱动)时照明光的亮度分布的空间频率按照频率的升序由“ f_{31} ”、…、“ f_{3M} ”(M:2 以上的整数)定义,且当棱镜阵列 14 振动(或者被驱动)时照明光的亮度分布的空间振幅由“ A_0 ”定义,则更优选的是,还满足下列公式 (7)。请注意,排除了 f_{31} 的原因在于:一般地,照明光的中心区域更亮,而照明光的边缘区域更暗。因此,由于具有很大的成分,因而 f_{31} 不太容易被人眼识别出来。

$$[0181] \quad (1/f_{32}) \leq A_0 \quad \dots\dots (7)$$

[0182] 在本实施例中,当光源部发出不同波长的激光束(本例中,红色激光束、绿色激光束和蓝色激光束)时,优选的是,下列波长的激光束满足公式 (1) 或 (2)、公式 (3) 或 (4) 以及公式 (5) 或 (6)。具体而言,优选的是,具有如下波长的激光束的发光频率 f_1 满足公式 (1) 或 (2)、公式 (3) 或 (4) 以及公式 (5) 或 (6):该波长至少对应于上述不同波长之中的具有最高视亮度因子(luminosity factor)的颜色。此外,分别具有如下波长的各激光束的发光频率 f_1 可以满足公式 (1) 或 (2)、公式 (3) 或 (4) 以及公式 (5) 或 (6):这些波长是上述不同波长之中的与具有相对较高的视亮度因子的两种以上颜色对应的波长。进一步,最优选的是,不同波长的全部所述激光束的发光频率 f_1 满足公式 (1) 或 (2)、公式 (3) 或 (4) 以及公式 (5) 或 (6)。或者,不是满足公式 (1) 或 (2)、公式 (3) 或 (4) 以及公式 (5) 或 (6),而是满足公式 (8) 或 (9)、公式 (10) 或 (11) 以及公式 (12) 或 (13)。这同样可以适用于其他情形。

[0183] 具体而言,首先,在本实施例中当光源部发出三个不同波长的红色激光束(R)、绿色激光束(G)和蓝色激光束(B)时,优选让与视亮度因子最高的颜色(绿色)对应的绿色激光束(G)的发光频率 f_{1g} 满足公式 (1) 或 (2)、公式 (3) 或 (4) 以及公式 (5) 或 (6)。此外,例如当光源部发出四个不同波长的 R、G、B 和黄色激光束(Y)时,或者当光源部发出四个不同波长的 R、G、B 和白色激光束(W)时,例如让激光束 G 的发光频率 f_{1g} 、激光束 Y 的发光频率 f_{1y} 以及激光束 W 的发光频率 f_{1w} 都满足公式 (1) 或 (2)、公式 (3) 或 (4) 以及公式 (5)

或 (6) 是优选的。进一步,例如,在光源部发出三个不同波长的激光束 R、G 和 B 的情形、光源部发出四个不同波长的激光束 R、G、B 和 Y 的情形以及光源部发出四个不同波长的激光束 R、G、B 和 W 的情形任一者中,让全部激光束的发光频率 f_1 都满足公式 (1) 或 (2)、公式 (3) 或 (4) 以及公式 (5) 或 (6) 是最优选的。请注意,上面给出的说明内容针对的是各种颜色的激光束具有同一发光频率 f_1 的情形。然而,例如与按照 R、G、B、G 的顺序周期性地发出激光束的情形相同,本发明也适用于激光束之中的至少一者具有与另一者(或其他各者)不同的发光频率 f_1 的情形,等等。此外,例如当使用三个不同波长的激光束 R、G 和 B 时候,如果激光束 R 的出射期间与激光束 G 的出射期间有一部分不同,则可以分别考虑各个激光束的发光频率 f_1 。

[0184] 在上述实施例中,从激光源(红色激光器 11R、绿色激光器 11G 和蓝色激光器 11B)发出的激光束(红色激光、绿色激光和蓝色激光)透过光学元件(棱镜阵列) 14,且该光学元件(棱镜阵列) 14 振动。此外,满足公式 (1) 或 (2)、公式 (3) 或 (4) 以及公式 (5) 或 (6)。这就使得能够减少因激光束而产生的干涉图样,并且能够掩盖拍现象(该拍现象的出现原因与发光频率 f_1 和照明光的亮度的变化频率 f_2 (振动频率 f_0) 二者的混合有关)。于是,能够在减少干涉图样的产生的同时还抑制亮度不均匀性(或提高显示图像质量)。

[0185] 进一步,为了减少干涉图样的产生,没有使用比较例中的散射板而是使用了棱镜阵列 14。这就使得尽可能地降低了或防止了激光束的损失,从而提高了光的利用效率(或者降低了电力消耗)。

[0186] 此外,甚至当激光束的 FFP 为各向异性时,棱镜阵列 14 的振动也掩盖了由于具有这种各向异性 FFP 的光而出现的亮度不均匀性。这就使得能够在不必采用诸如像歪曲透镜等附加部件的前提下提高显示图像质量,从而防止了因这些部件引起的成本增加。

[0187] 当被应用于除了扫描激光束(照明光)的图像调制装置(或者所谓的“束扫描型图像调制装置”)之外的图像装置时,本实施例(以及稍后说明的变形例)所采用的技术是有效的。这是因为在束扫描型显示装置中保持了激光束的空间相干性。因此,除非采用其他的技术,否则难以充分地减少干涉图样。此外,在采取措施来防止干涉图样的产生以及减少亮度不均匀性的方面,本实施例等中所采用的技术的频率特性和有益效果远远不同于束扫描型图像调制装置的频率特性和有益效果。

[0188] 二、变形例

[0189] 接下来,将要说明上述实施例的变形例(变形例 1 至 7)。请注意,与上述实施例中的那些构件相同的构件被赋予了相同的附图标记,且适当地省略了对它们的说明。

[0190] 变形例 1

[0191] 在上述实施例中,如图 17 中的 (A) 部分和 (C) 部分所示,假定的情形是:由激光束形成的发光波形(矩形波)急剧地上升,且只产生了高频波形,这些波形的频率是发光波形的频率的奇数倍。但是在很多情况下,例如如图 17 中的 (B) 部分和 (D) 部分所示,由于液晶的响应速度等,由激光束形成的发光波形可能在其上升沿处是圆滑的。此外,在上述实施例中,例如如图 17 中的 (A) 部分和 (B) 部分所示,由各激光源 11R、11G 和 11B 产生的发光波形被设成具有 50% 的占空比。但是实际上更通常的是,例如如图 17 中的 (C) 部分和 (D) 部分所示,由各激光源 11R、11G 和 11B 产生的发光波形被设成具有 33% 的占空比。

[0192] 当如上所述由激光束形成的发光波形是圆滑的或者当发光波形的占空比不为

50%时,基本频率的奇数倍频率(或者,偶数次数的更高次频率成分)也被囊括于上述公式(1)至(6)以及(8)至(13)中。更具体地说,在此情况下,仅仅将公式(1)至(6)以及(8)至(13)中的构成成分频率中的“2X”这一项改成“X”。例如,将图12A和图12B中所示的拍频改成图18A和图18B中所示的拍频。

[0193] 图18A和图18B所示出的构成成分频率及拍频与当发光波形的占空比为50%且不含偶数次数的高次频率成分时的构成成分频率及拍频完全一样。因此,即使是本变形例,只要满足上述实施例中给出的条件公式,也能够得到与上述实施例同样的效果。实际上,由于本变形例中的各成分的大小与上述实施例中不同,因此,频率范围往往比占空比为50%时的情形更窄。可以说,最窄的频率范围是由条件1至3规定的范围。

[0194] 变形例2

[0195] 如果发光频率 f_1 含有多频成分(各频率成分的混合),那么就使用全部条件的积集(product set),该积集是从在满足上述实施例中说明的各条件公式的前提下的计算结果(振动频率 f_0 的范围)获得的。然而,如果频率成分具有倍数关系,例如含有60Hz的频率 f_1 和120Hz的频率 f_1 ,则在考虑60Hz频率时就已经考虑了120Hz频率的高次谐波。因此,低倍频率的结果是适用的。

[0196] 变形例3

[0197] 上面,是在假定光学元件14的振动频率 f_0 等于照明光的亮度的变化频率 f_2 (照明光的由于光学元件14的振动而产生的亮度变化频率)的条件下进行了说明。但是实际上,振动频率 f_0 常常不同于变化频率 f_2 。例如如图19中的(A)部分和(B)部分所示,如果光学元件14由一维形式的柱状透镜阵列构成,且光学元件14的振动振幅对应于其频率的两倍,则在光学元件14的一个振动周期上产生的亮度分布的闪烁频率(或者变化频率 f_2)对应于振动频率 f_0 的四倍($f_2=4 \times f_0$)。

[0198] 基本上,振动频率 f_0 表示出亮度分布的闪烁频率。于是,在此情况下,对上述实施例中给出的条件公式(公式(1)至(6)以及(8)至(13))做出了下列替换。具体而言,本变形例应用于如上所述考虑了振动频率 f_0 与照明光的亮度的变化频率 f_2 之间关系的实例,并且满足下列公式(14)。在此情况下, N 代表光学元件14的振动振幅与光学元件14的结构单元在振动方向上的节距之比。例如,假定光学元件14由图4所示的棱镜阵列构成,结构单元的节距对应于棱镜140的节距 d 。

[0199] $f_2=(2 \times N \times f_0) \dots\dots (14)$

[0200] 具体地,上述实施例中的各条件公式(公式(1)至(6)以及(8)至(13))通过利用公式(14)可以分别被下列公式(15)至(20)以及(21)至(26)替换。

[0201] $|4N \times f_0 - n_1 \times f_1| \geq 20 \dots\dots (15)$

[0202] $|4N \times f_0 - n_2 \times f_1| \leq 3 \dots\dots (16)$

[0203] $2N \times f_0 \geq 20 \dots\dots (17)$

[0204] $2N \times f_0 \leq 3 \dots\dots (18)$

[0205] $|2N \times f_0 - n_1 \times f_1| \geq 20 \dots\dots (19)$

[0206] $|2N \times f_0 - n_3 \times f_1| \leq 3 \dots\dots (20)$

[0207] $|4N \times f_0 - n_1 \times f_1| \geq 50 \dots\dots (21)$

[0208] $|4N \times f_0 - n_2 \times f_1| \leq 0.5 \dots\dots (22)$

$$[0209] \quad 2N \times f_0 \geq 50 \quad \dots\dots (23)$$

$$[0210] \quad 2N \times f_0 \leq 0.5 \quad \dots\dots (24)$$

$$[0211] \quad |2N \times f_0 - n1 \times f1| \geq 50 \quad \dots\dots (25)$$

$$[0212] \quad |2N \times f_0 - n3 \times f1| \leq 0.5 \quad \dots\dots (26)$$

[0213] 因此,本变形例可以满足公式(15)或(16)、(17)或(18)以及(19)或(20)。此外,更优选的是,本变形例满足公式(21)或(22),满足公式(23)或(24)且满足公式(25)或(26)。

[0214] 然而,仍然需要关注哪个频率成分(闪烁频率成分)是主要的。例如,即使在上述情况中,亮度分布的闪烁包含了是振动频率 f_0 的四倍的频率成分作为主成分,但是还包含了与振动频率 f_0 一样的频率成分。因此,针对含有上述变形例2中所说明的频率混合的情况,用上述条件公式对 f_0 和 $4f_0$ 进行计算,从这些计算结果获得的积集是最适当的。

[0215] 图20和图21分别是考虑到上述内容(振动频率 f_0 与变化频率 f_2 之间的关系)、通过对图14A至图14C以及图15A至图15C中的图表(可避免拍现象的振动频率 f_0 的范围)进行更改而得到的。

[0216] 例如如图20所示,在以60Hz的频率 f_1 发出足够明亮的光的投影仪中,最大视亮度因子为50Hz。因此可以说,在 f_0 处于60Hz或120Hz附近这个条件下的振动是最适当的。此外,将 f_0 设为90Hz且将 N 设为2也是优良的技术方案。

[0217] 即使将 N 设为2,但由于温度变化等原因,某些时候可能会在 N 约为1.8时产生实际的振动。因此,优选的是,在 $N=1$ 和 $N=2$ 时设定可避免的频率。在这种意义上,将 f_0 设为60Hz或120Hz是最优选的。但是实验已经证明:甚至在最大视亮度因子30Hz处,拍现象的减少效果也是明显的。于是,作为 f_0 的第二候选值,90Hz被认为是优选值。

[0218] 同时,例如当振动频率 f_0 为110Hz时,可以认为:在 $N=2$ 时人眼不容易识别到拍现象,但是在 $N=1$ 可以识别到拍现象。因此,从冗余性的角度地讲,110Hz的振动频率 f_0 是不恰当的。此外,虽然 $f_0=100$ Hz同时适用于 $N=1$ 的情形和 $N=2$ 的情形,但是当投影仪以 $f_0=100$ Hz发出明亮的光时,在最大视亮度因子20Hz处难以减少拍现象。此外,拍现象仅在 $f_0=100$ Hz时被减少,从而无法确保频率变化的冗余性。

[0219] 将振动频率 f_0 设为90Hz的话,就为 N 的变化提供了一定程度的耐久性(durability)。在这种意义上,该值被认为充分地确保了冗余性(redundancy)。此外,即使在省电方面将 N 设为1从而减小电流时,也可以认为:在 f_0 处于60Hz、90Hz或120Hz附近的条件下,不容易识别到拍现象。因此,这些频率被认为是最佳值。在此情况下,可容许频率变化范围比将 N 设为2时的情形更宽。因此,例如更优选的是,在温度变化很大且 N 容易改变的车载条件下将 N 设为1。

[0220] 图21中所示的图表示出了当发光频率 f_1 为120Hz时的可避免频率 f_0 。这个可避免频率的可容许频率范围比发光频率为60Hz时的可容许频率范围更宽。因此,可能的话,更优选将发光频率 f_1 设为120Hz。

[0221] 已经通过提供如下的实例对本变形例进行了说明:该实例中,光学元件14如图19中的(C)部分所示是由一维形式的柱状透镜阵列组成的。然而,光学元件14的结构不限于此,只要多个结构单元在振动方向上排列着,光学元件14的结构也可以是任意结构。在此情况下,请注意,例外地,当采用了例如用镜子等将照明图像重叠的特殊照明技术时,上述

的 N 等于光学元件 14 的振动振幅与光学元件 14 的结构单元在振动方向上的节距之比这个条件可以不成立。

[0222] 变形例 4

[0223] 图 22 示出了变形例 4 的显示装置(显示装置 3A)的整体结构。本变形例中的该显示装置 3A 是在上述实施例的显示装置 3 中设有照明装置 1A (稍后说明), 以此替代照明装置 1。其他的结构一样。

[0224] 照明装置 1A 是在上述实施例的照明装置 1 中还设有控制部 19, 其他的结构一样。

[0225] 控制部 19 动态地(连续不断地)控制振动频率 f_0 和发光频率 f_1 (或者发光频率 f_{1r} 、 f_{1g} 和 f_{1b}), 使得满足公式 (1) 或 (2)、公式 (3) 或 (4) 以及公式 (5) 或 (6)。可供选择的方案是, 控制部 19 可以控制上述两个频率, 使得满足公式 (8) 或 (9)、公式 (10) 或 (11) 以及公式 (12) 或 (13), 而不是满足公式 (1) 或 (2)、公式 (3) 或 (4) 以及公式 (5) 或 (6)。此外, 控制部 19 可以控制上述频率, 使得满足公式 (15) 或 (16)、公式 (17) 或 (18) 以及公式 (19) 或 (20)。另外, 控制部 19 可以控制上述频率, 使得满足公式 (21) 或 (22)、公式 (23) 或 (24) 以及公式 (25) 或 (26)。

[0226] 由于设有上述控制部 19, 本变形例得到了与上述实施例一样的效果, 并且能够让拍现象更不易于被识别出来(或者更精确地设定了频率), 从而提高了显示图像质量。

[0227] 变形例 5

[0228] 图 23 示出了变形例 5 的照明装置(照明装置 1B)的主要部分的结构(局部结构)。本变形例的该照明装置 1B 是本发明实施方式的“光学元件”的一个具体实例。照明装置 1B 是在照明装置 1 中设置衍射元件 14B (稍后说明) 来代替上述实施例及变形例 1 中的棱镜阵列 14。其他的结构与照明装置 1 的结构一样。

[0229] 如图 23 所示, 衍射元件 14B 是这样的光学元件: 其对入射光束进行衍射, 并让该衍射光束朝着准直透镜 16 和复眼透镜 17 出射。

[0230] 在这个变形例中, 驱动部 15 改变衍射元件 14B 与复眼透镜 17 二者的相对位置, 从而改变激光束在复眼透镜 17 的入射面上的入射位置和入射角度中的至少一者。具体而言, 驱动部 15 使衍射元件 14B 在衍射元件 14B 及复眼透镜 17 二者的光轴 (Z_0) 上(或者在 Z 轴方向上)(微小地)振动, 从而改变上述相对位置。

[0231] 以上述这样的方式, 在驱动部 15 使衍射元件 14B 在衍射元件 14B 的光轴上振动的同时, 衍射元件 14B 让入射光束受到衍射作用(或者将衍射光束出射)。结果, 类似于上述实施例, 实施了束扫描。具体而言, 从衍射元件 14B 出射的光束对复眼透镜 17 的入射面进行束扫描。类似于上述实施例, 散斑图样的这种多重化(时间平均)减少了因激光束而产生的散斑噪声(干涉图样)。

[0232] 在本变形例中, 驱动部 15 也改变衍射元件 14B 与复眼透镜 17 二者的相对位置(或者, 在本例中, 使衍射元件 14B 自身振动), 从而改变激光束在复眼透镜 17 的入射面上的入射位置和入射角度中的至少一者。因此, 在本变形例中, 类似于上述实施例, 也能够降低或防止将要从衍射元件 14B 入射到复眼透镜 17 上的光束由于上述相对位置的改变(或者束扫描)而造成的损失。

[0233] 如图 23 所示, 被衍射元件 14B 衍射后的光束含有第 m 次光束(第 m 次衍射光束), 该第 m 次光束在准直透镜 16 处的高度和在复眼透镜 17 处的高度(在 Y 轴上的高度)分别由

“H”和“T”表示。此外，第 m 次光束的衍射角度由“ θ_m ”表示，衍射元件 14B 与准直透镜 16 之间的距离由“Z1”表示，准直透镜 16 与复眼透镜 17 之间的距离由“D”表示，准直透镜 16 的合成焦距(未图示)由“f”表示。在此情况下，给出了下列公式 (27)。因此，当衍射元件 14B 的振动振幅由“ ΔL ”表示时，复眼透镜 17 上的高度 T 的变化量 ΔT 就由下列公式 (28) 给出。于是，在本变形例中，可以将振动时的振幅 ΔL 设成让上述变化量 ΔT 落入一个范围内，该范围能有效地减少散斑噪声。此外，当衍射元件 14B 中的衍射光栅 (diffraction grating) 的节距由“p”表示，且入射光线的波长由“ λ ”表示时，衍射角度 θ_m 就由下列公式 (29) 给出。所以，在本变形例中，当能够有效地减少复眼透镜 17 上的散斑噪声的束移位量 (beam shift amount) 由“S”表示时，该束移位量 S 满足下列条件公式 (公式 (30))。

[0234] [方程式 3]

$$\begin{cases}
 T = \left(Z + D \times \frac{L}{f} \right) \tan \theta_m & \dots \dots \dots (27) \\
 \Delta T = \left(D \times \frac{\tan \theta_m}{f} \right) \Delta L & \dots \dots \dots (28) \\
 \theta_m = \sin^{-1} \left(\frac{m \lambda}{p} \right) & \dots \dots \dots (29) \\
 D \times \frac{\tan \theta_m}{f} \Delta L \geq S & \dots \dots \dots (30)
 \end{cases}$$

[0236] 按照上述配置而成的照明装置 1B 以及设有该照明装置 1B 的显示装置以与上述实施例中同样的方式起作用，因此能够产生同样的效果。这就实现了小型化以及光的有效利用，并且减少了干涉图样的产生(或者提高了显示图像质量)。

[0237] 本变形例已经说明的是其中设置有衍射元件 14B 作为本发明实施方式的“光学元件”的一个具体实例的情形，但本变形例不限于此。具体而言，可以使用棱镜阵列、衍射元件、透镜或透镜阵列作为该“光学元件”的实例。此外，在某些场合，也可以使用散射元件。

[0238] 在本变形例中，类似于上述变形例 1，也可以设置控制部 19 来进行动态的频率控制。

[0239] 变形例 6

[0240] 显示装置 3C 的结构

[0241] 图 24 示出了变形例 6 的显示装置(显示装置 3C)的整体结构。本变形例的显示装置 3C 是在上述实施例的显示装置 3 中设置照明装置 1C (稍后说明)以及一对投影透镜 23a 和 23b 来分别代替照明装置 1 和单个投影透镜 23。其他的结构一样。

[0242] 照明装置 1C 是在上述实施例的照明装置 1 中设置光学元件(液晶元件) 14C 和作用于它的驱动部 15C 来代替光学元件(棱镜阵列) 14 和作用于它的驱动部 15。其他的结构一样。

[0243] 液晶元件 14C 是这样的元件(电光元件)：该元件中，例如将液晶层夹在并密封在一对透明基板之间。通过向分别形成于两个透明基板上的电极(透明电极)施加电压(驱动电压 V0(稍后说明))，来改变已进入液晶元件 14C 中的光束的偏振状态等。在本变形例中，液晶元件 14C 被设置在那一对投影透镜 23a 和 23b 之间的光路上(具体地，在这一对透镜的光瞳附近或它们的光瞳的共轭点附近)。

[0244] 在本变形例中，例如如图 25 所示，液晶元件 14C 具有多个矩形的单位单元(单位偏

振区域) 141, 这些单位单元在光入射面(Y-Z 平面)上以二维(矩阵)形式排列着。各个单位单元 141 被配置成被相互独立地驱动。当例如如图 25 所示向各单位单元 141 独立地施加驱动电压 V_0 时, 液晶元件 14C 对入射的激光束形成了各种各样的偏振取向 P3 (偏振成分) 的分布。

[0245] 驱动部 15C 将上述驱动电压 V_0 施加至液晶元件 14C, 从而以预定的驱动频率驱动液晶元件 14C。因此, 液晶元件 14C 改变了入射激光束的相干性(在此情况下是位置、角度、偏振和相位之中的至少一者)。在本变形例中, 特别地, 驱动部 15C 以驱动频率(振动频率 f_0) 使液晶元件 14C 电振动, 从而改变激光束的偏振和相位之中的至少一者。请注意, 驱动部 15C 对液晶元件 14C 进行驱动的详细方式将在后面予以说明。

[0246] 显示装置 3C 的作用及效果

[0247] 在上述显示装置 3C 中, 类似于照明装置 1, 照明装置 1C 发出照明光。该照明光被偏振分束器 22 选择性地反射, 且反射后的照明光入射至反射型液晶元件 21。然后, 反射型液晶元件 21 在基于图像信号对该入射光进行调制的同时将该入射光反射, 该调制过的反射光作为光学图像传播出去。随后, 从反射型液晶元件 21 出射的光学图像选择性地透过偏振分束器 22。已透过偏振分束器 22 的光学图像依次透过投影透镜 23a、液晶元件 14C 和投影透镜 23b。最后, 将光学图像(放大并且)投射到屏幕 30 上。

[0248] 在投射时, 例如如图 26 所示, 液晶元件 14C 的各个单位单元 141 将各个偏振取向 P3 (偏振成分) 的激光束重叠到屏幕 30 的整个表面上。在图 26 的示例中, 已从一个单位单元 141 出射的偏振取向 P3y (平行于 Y 轴) 的激光束以及已从另一个单位单元 141 出射的偏振取向 P3z (平行于 Z 轴) 的激光束被重叠到屏幕 30 的整个表面上。请注意, 当液晶元件 14C 被设置得更靠近投影透镜 23a 和 23b 的光瞳或者这两个光瞳的共轭点(conjugate point)时, 通过让不同偏振成分的光束重叠而产生的效果会变得更显著。

[0249] 进一步, 如图 27 所示, 为了使液晶元件 14C 电振动(且微小地振动), 驱动部 15C 将预定的驱动频率 f_0 的驱动电压 V_0 施加至液晶元件 14C 的单位单元 141。于是, 从各单位单元 141 出射的各激光束的偏振状态(或者线性偏振角度, 等等)按照时间序列发生了改变, 使得不同的偏振光成分按照时间序列在屏幕 30 上重叠。这就产生了如同激光束的相干性被降低了时出现的效果, 从而类似于上述实施例等, 能够减少由于激光束而产生的散斑噪声(干涉图样)。

[0250] 然而, 通过使用液晶元件 14C 来减少干涉图样的上述方法跟上述实施例中一样在一些情况下也会导致照明光的亮度(照射)不均匀性, 例如如图 28 所示。这可能是显示图像质量降低的一个因素。

[0251] 使用液晶元件会导致亮度不均匀性的原因例如如下所述。一般地, 从液晶元件出射的光束的强度依赖于液晶的取向角度。因此, 在屏幕上似乎会产生亮度不均匀性。当将驱动频率 f_0 设为人眼不能识别的程度的高频率(例如 30Hz 以上)时, 在三片式(three-chip)投影仪等中不会出现上述问题。但是, 如同本变形例中那样, 如果采用场序法(field sequential method)作为混色方法, 则可能会出现上述实施例中所说明的拍现象。此外, 亮度不均匀性的产生原因不限于上述的角度依赖性。例如, 如果液晶元件的各个单位单元的尺寸太大且因此在其内部产生了亮度不均匀性, 或者如果在液晶元件中出现了响应延迟等等, 那么就可能产生亮度不均匀性。

[0252] 因此,为了减少亮度不均匀性的产生(或者为了使拍现象更不易被识别到),将本变形例的显示装置 3C 也设成满足上述实施例等中的给出的预定条件公式(公式 (1) 至 (6), 等等)。具体而言,将显示装置 3C 设成满足公式 (1) 或 (2)、公式 (3) 或 (4) 以及公式 (5) 或 (6)。

[0253] 于是,本变形例也能掩盖出现原因与发光频率 f_1 和照明光的亮度的变化频率 f_2 (振动频率 f_0) (该变化频率是由于液晶元件 14C 的驱动(电振动)而产生的)二者的混和有关的拍现象(或者使拍现象更不易被人眼识别到)。这就使得本变形例以与上述实施例同样的方式起作用,从而产生同样的效果。因此,能够在减少干涉图样的产生的同时抑制亮度不均匀性(提高显示图像质量)。

[0254] 在本变形例中,将液晶元件 14C 设置在投影透镜 23a 和 23b 的光瞳附近或者设置在投影透镜 23a 和 23b 的光瞳的共轭点附近。这减小了液晶元件 14C 对被投射图像的影响,从而使得能够最大程度地增强通过重叠偏振光束而产生的效果。请注意,液晶元件 14C 的位置不限于上述位置。可供选择地,液晶元件 14C 可以设置在其他位置处。然而,如果显示装置具有诸如反射型液晶元件 21 等按照入射光的偏振取向对光路进行分离的元件,则可以将液晶元件 14C 的位置限制为比偏振分束器 22 更靠近被投射位置处(或位于偏振分束器 22 的屏幕 30 侧)。

[0255] 请注意,图 25 所示的液晶元件 14C 的单位单元 141 中的偏振取向 P_3 的分布(或者偏振成分分布)仅仅是一个示例。可供选择地,各偏振成分可以形成其他不同的分布。但是,当各单位单元 141 的偏振状态更随机时,液晶元件 14C 可以更有效地降低激光束的相干性程度。此外,在驱动单位单元 141 (将驱动电压 V_0 施加给单位单元 141)的方法中,也可以采用其他的振动频率来代替共同(单个)的驱动频率 f_0 。在此情况下,优选让全部的振动频率都满足上述条件公式。

[0256] 此外,与图 26 所示相反,液晶元件 14C 可以不设有多个被施加驱动电压 V_0 的单元(单位单元 141)。可供选择地,液晶元件 14C 可以设有多个独立的偏振区域。具体而言,例如就像图 29 中所示的液晶元件 14C 一样,在光入射面上(或者在 $Y-Z$ 平面上)可以设有单个单元 142,并且在该单个单元 142 中可以形成有多个独立的偏振区域(本例中,五个偏振区域 142a 至 142e)。具体而言,当向处于单个单元 142 的中心部位处的电压施加点 P_v 施加驱动电压 V_0 时,在单个单元 142 的各偏振区域 142a 至 142e 中形成了对于入射的激光束而言彼此不同的偏振取向 P_3 的分布(本例中,同心环状的偏振成分分布)。有利的是,相比于如图 25 所示构造而成的液晶元件 14C (具有多个独立的单位单元 141),上述结构的液晶元件 14C (具有单个单元 142) 以更低的成本让多个偏振光束重叠。但是,光束的偏振取向或相位重叠越多,散斑噪声的减少效果就越明显。从这个角度来看,如图 25 所示构造的液晶元件 14C 是更优选的。

[0257] 本变形例的说明主要针对的是驱动光学元件来改变激光束的偏振取向的情形。但是,本变形例不限于此。例如,如上所述,可以驱动光学元件来改变激光束的相位。如上所述的光学元件(电光元件)例如可以通过使用诸如 PLZT (该材料的组成基于例如 $Pb_{0.814}La_{0.213}(Ti_{0.6}Zr_{0.4})O_3$)、铌酸锂 ($LiNbO_3$)、 $LiTaO_3$ 、KTP 和 KDP (KH_2PO_4) 等透明的固体相位调制材料来形成。此外,可以使用通过含有例如由二氧化碲 (TeO_2) 和钼酸铅 ($PbMoO_4$) 等制成的材料而形成的声光元件来改变(调制)各激光束的相位和角度之中的至少一者。在本例中,更

优选的是,在上述声光元件中设有多个独立的单元,以便进一步增强散斑噪声的减少效果。

[0258] 可以按照将本变形例中所说明的驱动方法(电振动)与上述实施例中所说明的机械驱动方法(机械振动)相结合的方式,对液晶元件 14C 进行驱动。更具体地说,可以在使液晶元件 14C 机械振动的同时,通过向液晶元件 14C 施加驱动电压 V_0 来使液晶元件 14C 电振动。如上所述采用两种驱动方法的结合能够进一步减少散斑噪声。在此情况下,关于设定频率以便减小亮度不均匀性,优选的是,可以将电振动的驱动频率和机械振动的驱动频率(振动频率 f_0)中的至少一者设成满足上述条件公式。请注意,如果将这两个驱动频率都设成满足满足上述条件公式,就可以进一步减小亮度不均匀性。

[0259] 而且,在本变形例中,可以将前面已经说明的两种以上的技术(实施例以及变形例 1 至 5)组合起来。

[0260] 变形例 7

[0261] 在上述各例(实施例和变形例 1 至 6)中,已经说明的情形是:采用具有最大振幅成分的主频率作为照明光的亮度的变化频率 f_2 。此外,在本变形例中,将要说明的情形是:例如,就像白噪声的频率一样,照明光的亮度不均匀性的频率不含这种主频率。

[0262] 图 30A 和图 30B 示出了白噪声 N_w 的特性的示例。具体而言,图 30A 示出了白噪声 N_w 的电平(电压)随时间而变化的示例,图 30B 示出了白噪声 N_w 的电平随频率而变化的示例。

[0263] 白噪声 N_w 例如如图 30A 所示是由(随时间而变化的)随机波形表示的噪声之一,并且例如如图 30B 所示,不含可以被称作主频率的任何频率。在本例中,噪声电平不依赖于频率,且具有与频率无关的恒定值。

[0264] 在此情况下,可以使用任意频率(全部频率之中任意给定的一者)作为照明光的亮度的变化频率 f_2 ,且可以将其代入到上述条件公式中。具体而言,在本例中,在任意频率处都必定满足上述条件公式。因此,在一定程度上减少了拍现象。于是,当在本变形例中考虑的是白噪声 N_w 等时,也能够获得与采用上述技术时一样的效果。

[0265] 其他变形例

[0266] 上面已经通过实施例和变形例对本发明实施方式的技术方案进行了说明。但是,本发明实施方式的技术方案不限于此,还可以做出各种修改和改变。

[0267] 例如,虽然在上述实施例等中,作为本发明实施方式的“光学元件”的实例,已经说明了棱镜阵列、衍射元件、透镜、透镜阵列、液晶元件等,但是也可以使用其他的光学元件。同样,也可以使用除了在上述实施例等中已说明的复眼透镜之外的任何光学部件(例如,棒状积分器)作为本发明实施方式的“光学部件”。

[0268] 在上述实施例等中已经说明的情形是:为了让激光束以预定频率 f_1 间歇地从光源部出射,所述激光源以预定频率 f_1 间歇地发出激光束。但本发明实施方式的技术方案不限于此。例如,可以通过任何给定的手段对从激光源发出的激光束进行遮挡,或者可以使用声光元件、利用了电光效应的元件或某个其他元件,从而让激光束以预定频率 f_1 间歇地从光源部出射。

[0269] 虽然在上述实施例等中已经说明的是各种光源(红色光源、绿色光源和蓝色光源)均为激光源的情形,但是本发明实施方式的技术方案不限于此。所述多种光源可以是任何

其他光源,只要这些光源的至少一者是激光源即可。换言之,在光源部中可以设置一个激光源与多个其他光源(例如 LED 等)的组合或者多个激光源与另一个其他光源的组合。

[0270] 虽然在上述实施例等中已经说明了所述光调制元件为反射型的情形,但本发明实施方式的技术方案不限于此。例如,所述光调制元件可以是透射型的。此外,所述光调制元件可以是除了液晶元件之外的任意元件(例如数字微镜装置(digital micromirror device ;DMD)等)。如果用 DM D 作为所述光调制元件,则消除了对光学元件(液晶元件等)的位置进行限制的制约,即,消除了如同在前述变形例 7 中说明的将所述光学元件设置得比偏振分束器 22 更靠近被投射位置这样的制约。

[0271] 虽然在上述实施例等中已经说明的情形是使用了不同波长的三种光源,但本发明实施方式的技术方案不限于此。例如,可以使用一种、两种、四种或更多种光源来代替上述三种光源。

[0272] 在上述实施例等中,已经明确说明了照明装置和显示装置中的(光学系统的)各个构件。但是,并不是必须设有全部的上述构件,或者,还可以设有一个以上的附加构件。例如,可以设置分色镜来代替二向色棱镜 131 和二向色棱镜 132。

[0273] 在上述实施例等中已经说明的情形是:投影装置配备有把由上述光调制元件调制过的光投射到屏幕上的投影光学系统(投影透镜),且该投影装置被配置为投影显示装置。但是,本发明实施方式的技术方案例如也可以适用于直视型(direct-view)显示装置。

[0274] 因此,从本发明的上述示例性实施例及变形例至少可以得到下列的构造。

[0275] ①一种照明装置,其包括:光源部,所述光源部包含激光源,且能够使从所述激光源发出的激光束以预定频率间歇地出射;光学元件,从所述光源部间歇地出射的所述激光束透过所述光学元件;以及驱动部,所述驱动部通过以预定的驱动频率驱动所述光学元件,来改变所述激光束的相干性。在所述照明装置中,满足下列公式(1)或(2)、满足下列公式(3)或(4)且满足下列公式(5)或(6):

$$[0276] \quad |2 \times f2 - n1 \times f1| \geq 20 \quad (1)$$

$$[0277] \quad |2 \times f2 - n2 \times f1| \leq 3 \quad (2)$$

$$[0278] \quad f2 \geq 20 \quad (3)$$

$$[0279] \quad f2 \leq 3 \quad (4)$$

$$[0280] \quad |f2 - n1 \times f1| \geq 20 \quad (5)$$

$$[0281] \quad |f2 - n3 \times f1| \leq 3 \quad (6)$$

[0282] 这里, $f1$ 表示所述预定频率且单位为 Hz, $f2$ 表示从所述光学元件出射的照明光的亮度的变化频率且单位为 Hz, 所述变化频率是由于对所述光学元件的所述驱动而产生的, $n1$ 表示 0~10 (包含两 endpoint) 范围内的任意整数, $n2$ 和 $n3$ 分别表示 0~10 (包含两 endpoint) 范围内的预定整数。

[0283] ②根据①所述的照明装置,其中,当满足了所述公式(1)、所述公式(3)和所述公式(5)时,还要满足下列公式(7):

$$[0284] \quad (1/f32) \leq A0 \quad (7)$$

[0285] 这里,当停止对所述光学元件的所述驱动时所述照明光的亮度分布的空间频率按照升序由 $f31$ 、 \dots 、 $f3M$ 表示, M 是 2 以上的整数,且 $A0$ 表示当执行对所述光学元件的所述驱动时所述照明光的亮度分布的空间振幅。

[0286] ③根据①或②所述的照明装置,其中,所述光源部能够出射多种波长的所述激光束。并且,具有如下波长的所述激光束的所述预定频率满足所述公式(1)或(2)、满足所述公式(3)或(4)且满足所述公式(5)或(6):该波长是所述多种波长之中的至少与视亮度因子最高的颜色对应的波长。

[0287] ④根据③所述的照明装置,其中,分别具有如下波长的各所述激光束的所述预定频率满足所述公式(1)或(2)、满足所述公式(3)或(4)且满足所述公式(5)或(6):这些波长是所述多种波长之中的至少与视亮度因子相对较高的两种以上颜色对应的波长。

[0288] ⑤根据④所述的照明装置,其中,所述多种波长的各激光束的所述预定频率满足所述公式(1)或(2)、满足所述公式(3)或(4)且满足所述公式(5)或(6)。

[0289] ⑥根据①至⑤任一者所述的照明装置,还包括控制部,所述控制部动态地控制所述驱动频率和所述预定频率,使得满足所述公式(1)或(2)、满足所述公式(3)或(4)且满足所述公式(5)或(6)。

[0290] ⑦根据①至⑥任一者所述的照明装置,其中,满足所述公式(3)。

[0291] ⑧根据①至⑦任一者所述的照明装置,其中,满足下列公式(8)或(9)、满足下列公式(10)或(11)且满足下列公式(12)或(13):

$$[0292] \quad |2 \times f_2 - n_1 \times f_1| \geq 50 \quad (8)$$

$$[0293] \quad |2 \times f_2 - n_2 \times f_1| \leq 0.5 \quad (9)$$

$$[0294] \quad f_2 \geq 50 \quad (10)$$

$$[0295] \quad f_2 \leq 0.5 \quad (11)$$

$$[0296] \quad |f_2 - n_1 \times f_1| \geq 50 \quad (12)$$

$$[0297] \quad |f_2 - n_3 \times f_1| \leq 0.5 \quad (13)。$$

[0298] ⑨根据⑧所述的照明装置,其中,满足所述公式(10)。

[0299] ⑩根据①至⑨任一者所述的照明装置,其中,所述激光源能够使所述激光束以预定的发光频率间歇地出射,该预定的发光频率作为所述预定频率。

[0300] ⑪根据①至⑩任一者所述的照明装置,其中,所述驱动部通过驱动所述光学元件来改变所述激光束的位置、角度、偏振和相位之中的至少一者。

[0301] ⑫根据⑪所述的照明装置,其中,所述驱动部通过以预定的振动频率使所述光学元件机械地振动,来改变所述激光束的位置和角度之中的至少一者,所述预定的振动频率作为所述驱动频率。

[0302] ⑬根据⑫所述的照明装置,其中,所述光学元件包括多个结构单元,所述多个结构单元沿着所述光学元件的振动方向排列着。并且,满足下列公式: $f_2 = (2 \times N \times f_0)$,这里, f_0 表示所述振动频率, N 表示所述光学元件的振动的振幅与所述结构单元在所述振动方向上的节距之比。

[0303] ⑭根据⑪所述的照明装置,其中,所述驱动部通过以所述驱动频率使所述光学元件电振动,来改变所述激光束的偏振和相位之中的至少一者。

[0304] ⑮根据⑭所述的照明装置,其中,所述光学元件是液晶元件。

[0305] ⑯根据①至⑮任一者所述的照明装置,其中,所述光源部包括分别发出红色光束、绿色光束和蓝色光束的三种光源。

[0306] ⑰根据⑯所述的照明装置,其中,所述三种光源之中的至少一者包括所述激光源。

[0307] ⑱一种显示装置,其具有发出照明光的照明装置和基于图像信号对所述照明光进行调制的光调制元件。所述照明装置包括:光源部,所述光源部包含激光源,且能够使从所述激光源发出的激光束以预定频率间歇地出射;光学元件,从所述光源部间歇地出射的所述激光束透过所述光学元件;以及驱动部,所述驱动部通过以预定的驱动频率驱动所述光学元件,来改变所述激光束的相干性。在所述照明装置中,满足下列公式(1)或(2)、满足下列公式(3)或(4)且满足下列公式(5)或(6):

$$[0308] \quad |2 \times f_2 - n_1 \times f_1| \geq 20 \quad (1)$$

$$[0309] \quad |2 \times f_2 - n_2 \times f_1| \leq 3 \quad (2)$$

$$[0310] \quad f_2 \geq 20 \quad (3)$$

$$[0311] \quad f_2 \leq 3 \quad (4)$$

$$[0312] \quad |f_2 - n_1 \times f_1| \geq 20 \quad (5)$$

$$[0313] \quad |f_2 - n_3 \times f_1| \leq 3 \quad (6)$$

[0314] 这里, f_1 表示所述预定频率且单位为Hz, f_2 表示从所述光学元件出射的照明光的亮度的变化频率且单位为Hz,所述变化频率是由于对所述光学元件的所述驱动而产生的, n_1 表示0~10(包含两 endpoint)范围内的任意整数, n_2 和 n_3 分别表示0~10(包含两 endpoint)范围内的预定整数。

[0315] ⑲根据⑱所述的显示装置,还包括投影光学系统,所述投影光学系统把由所述光调制元件调制过的所述照明光投射到被投射面上。

[0316] ⑳根据⑲所述的显示装置,其中,所述光学元件设置于所述投影光学系统的光瞳附近,或者设置于所述光瞳的共轭点附近。

[0317] 本领域技术人员应当理解的是,在本发明随附的权利要求及其等同物的范围内,可以根据设计要求和因素对本发明做出各种变形、组合、次组合和修改。

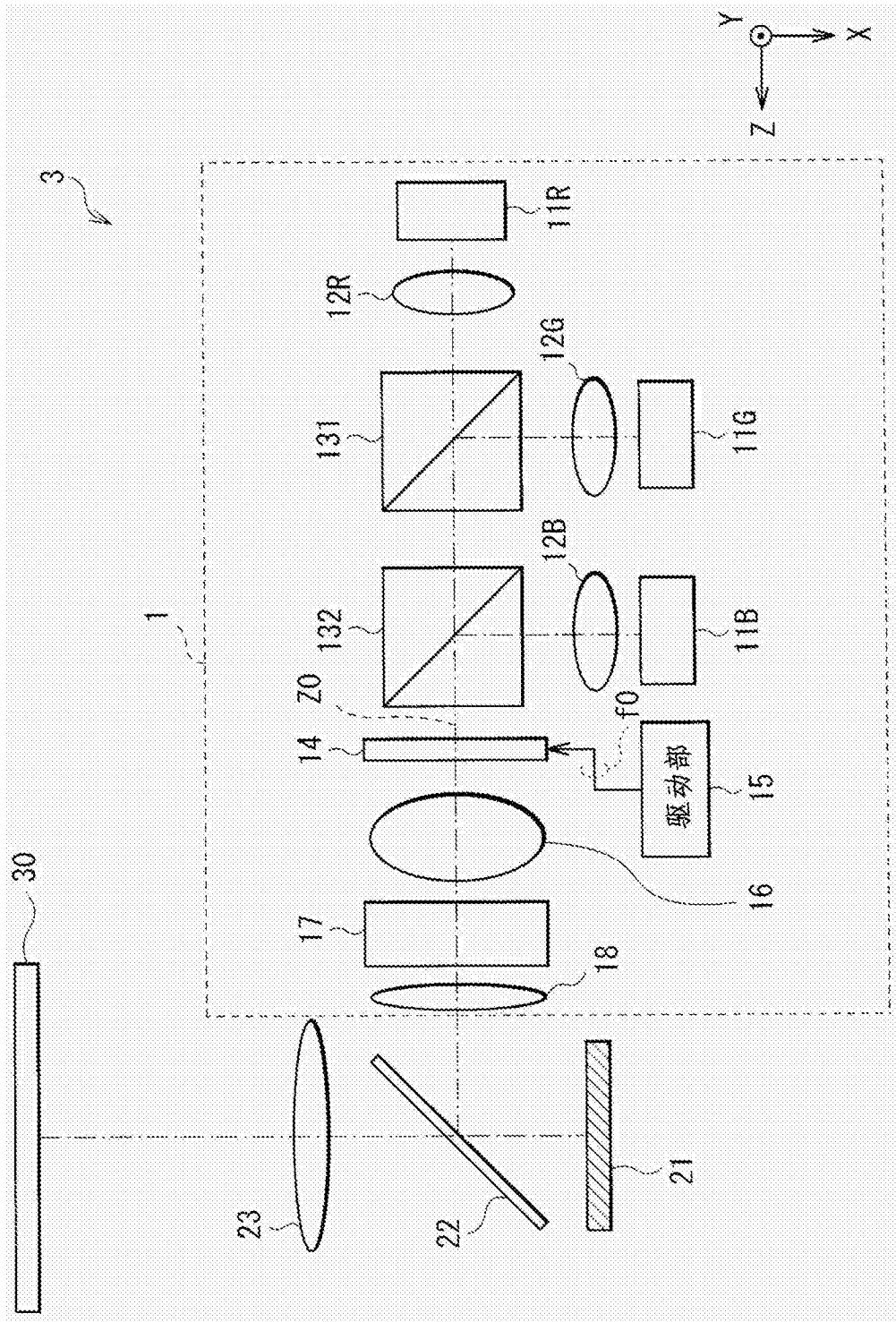


图 1

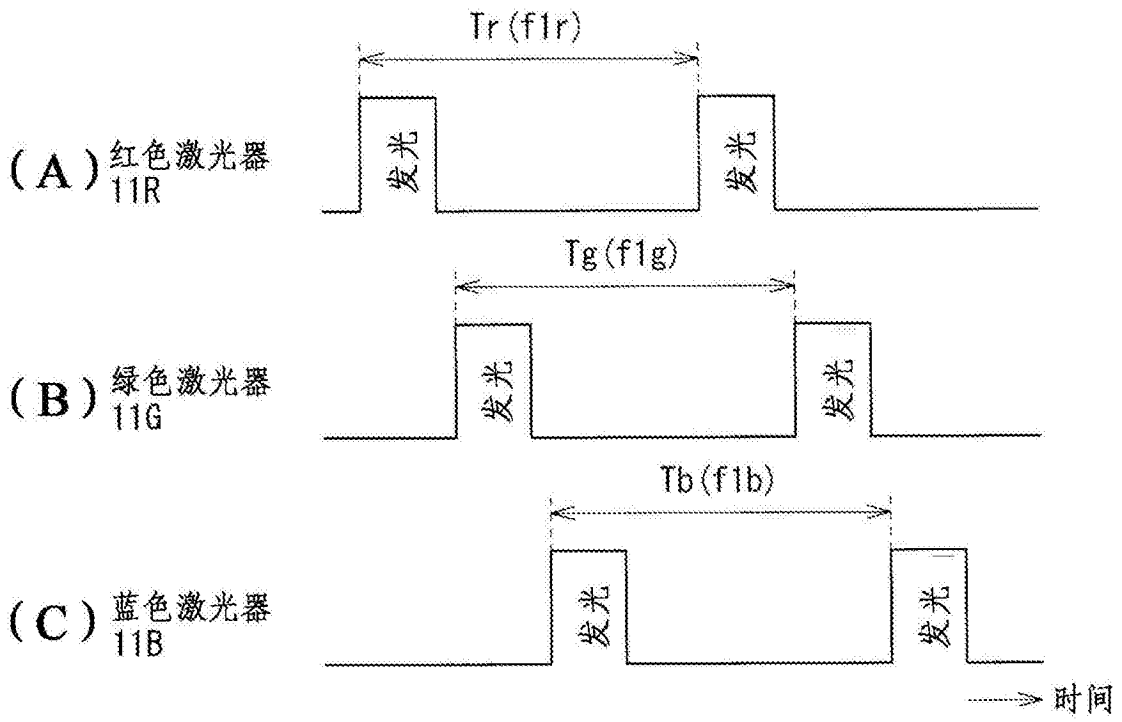


图 2

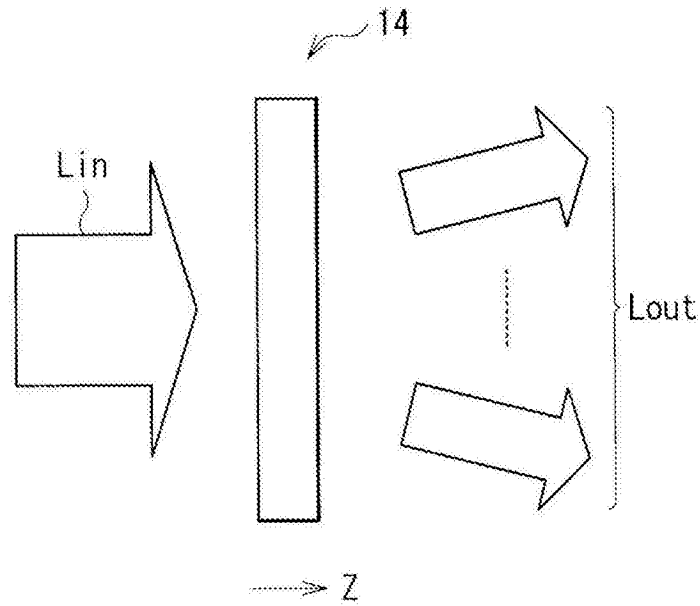


图 3

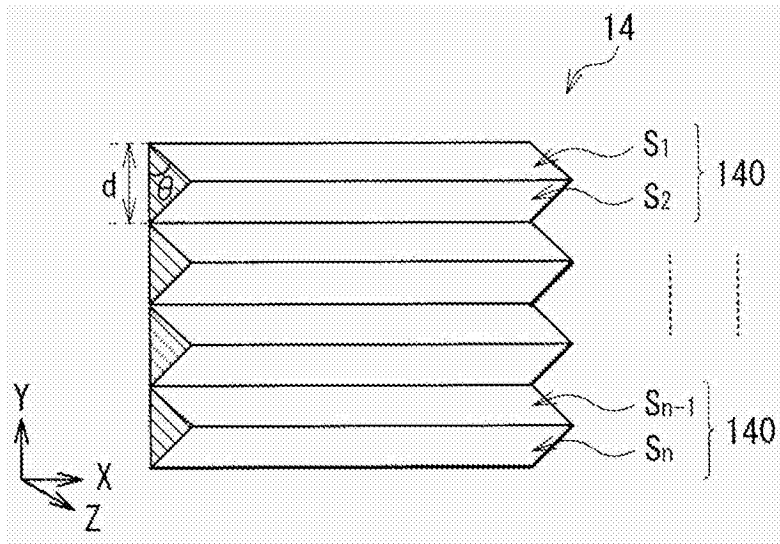


图 4

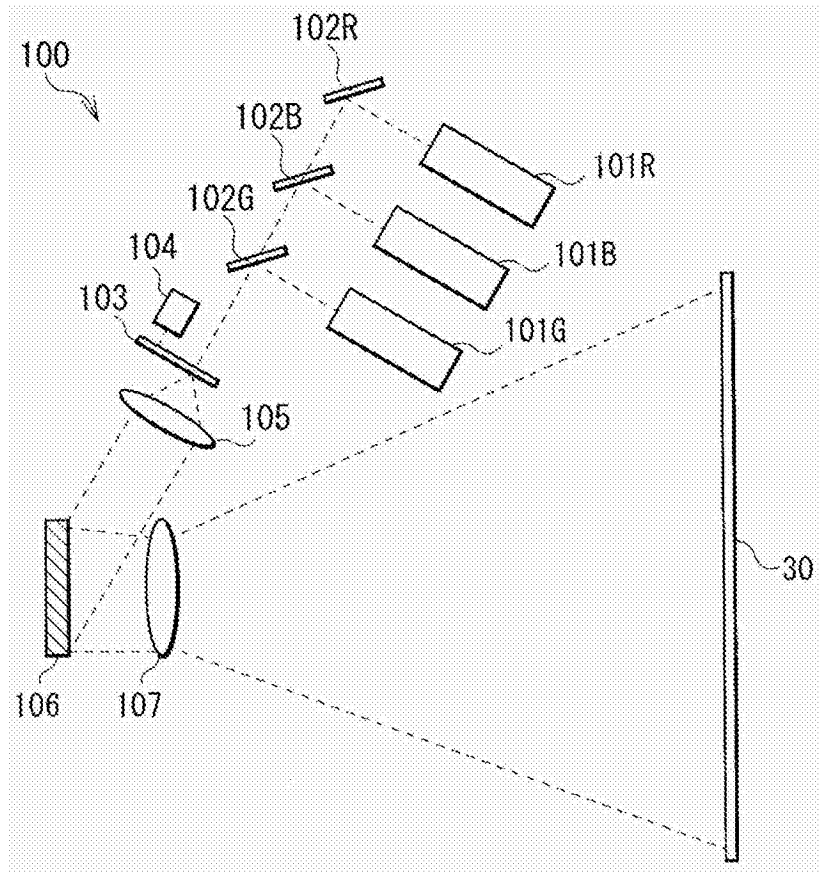


图 5

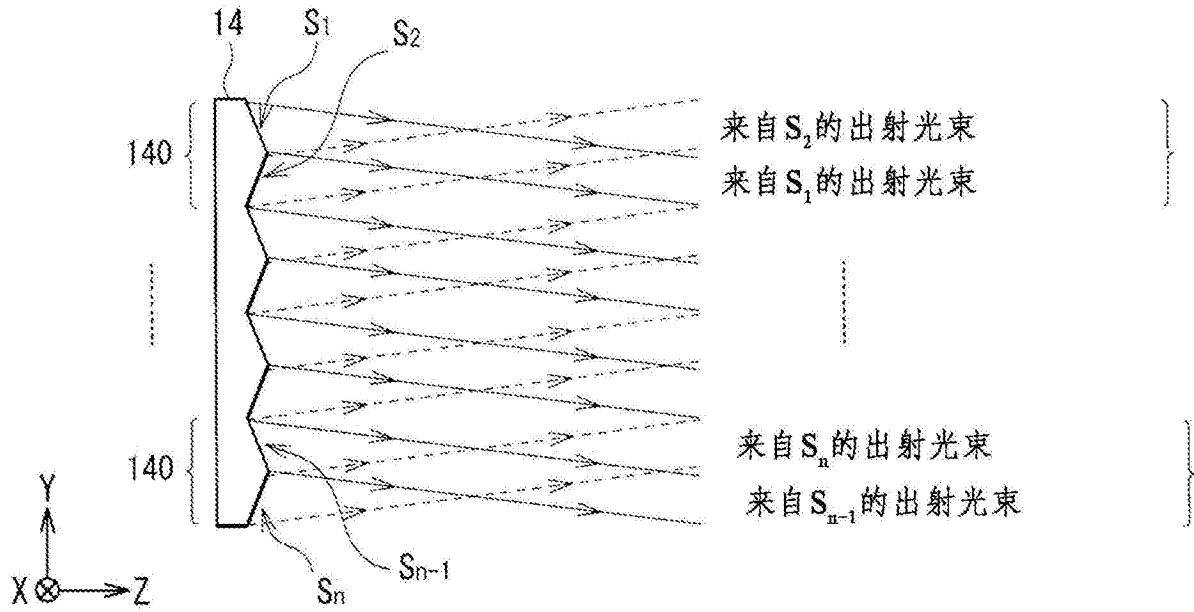


图 6

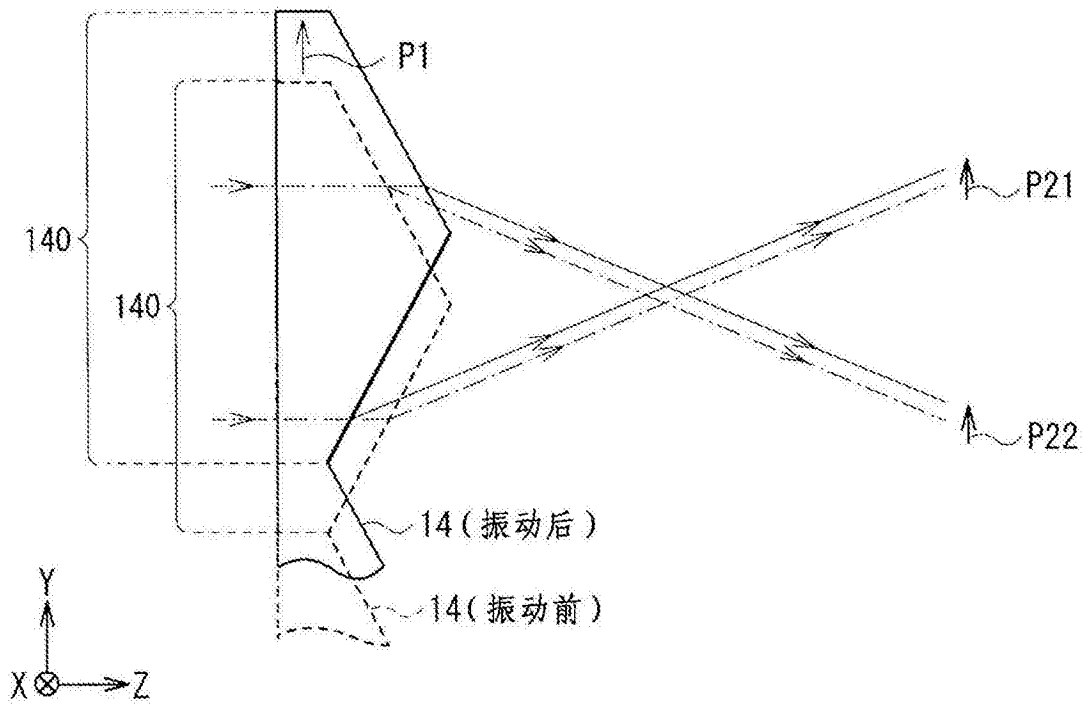


图 7

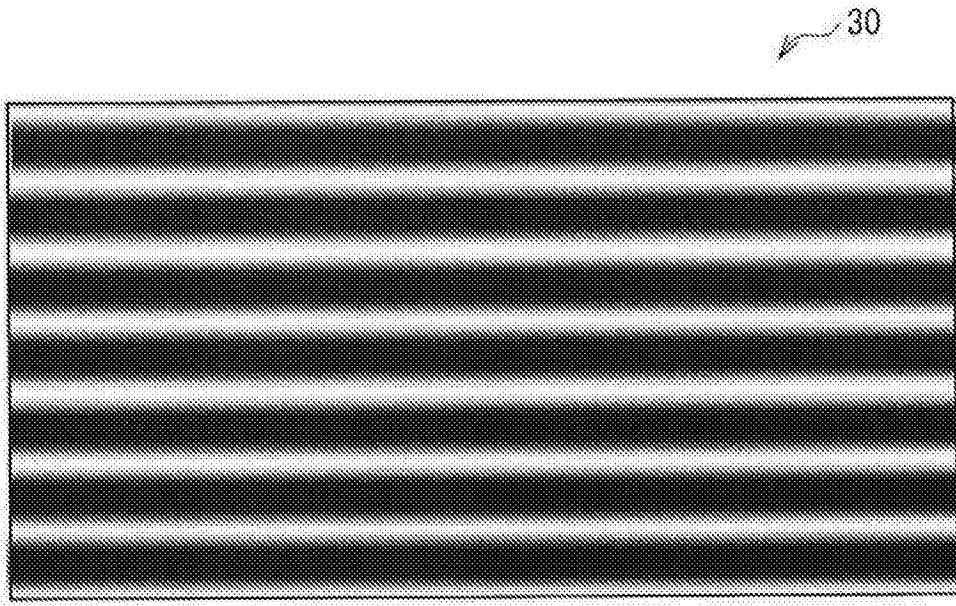


图 8

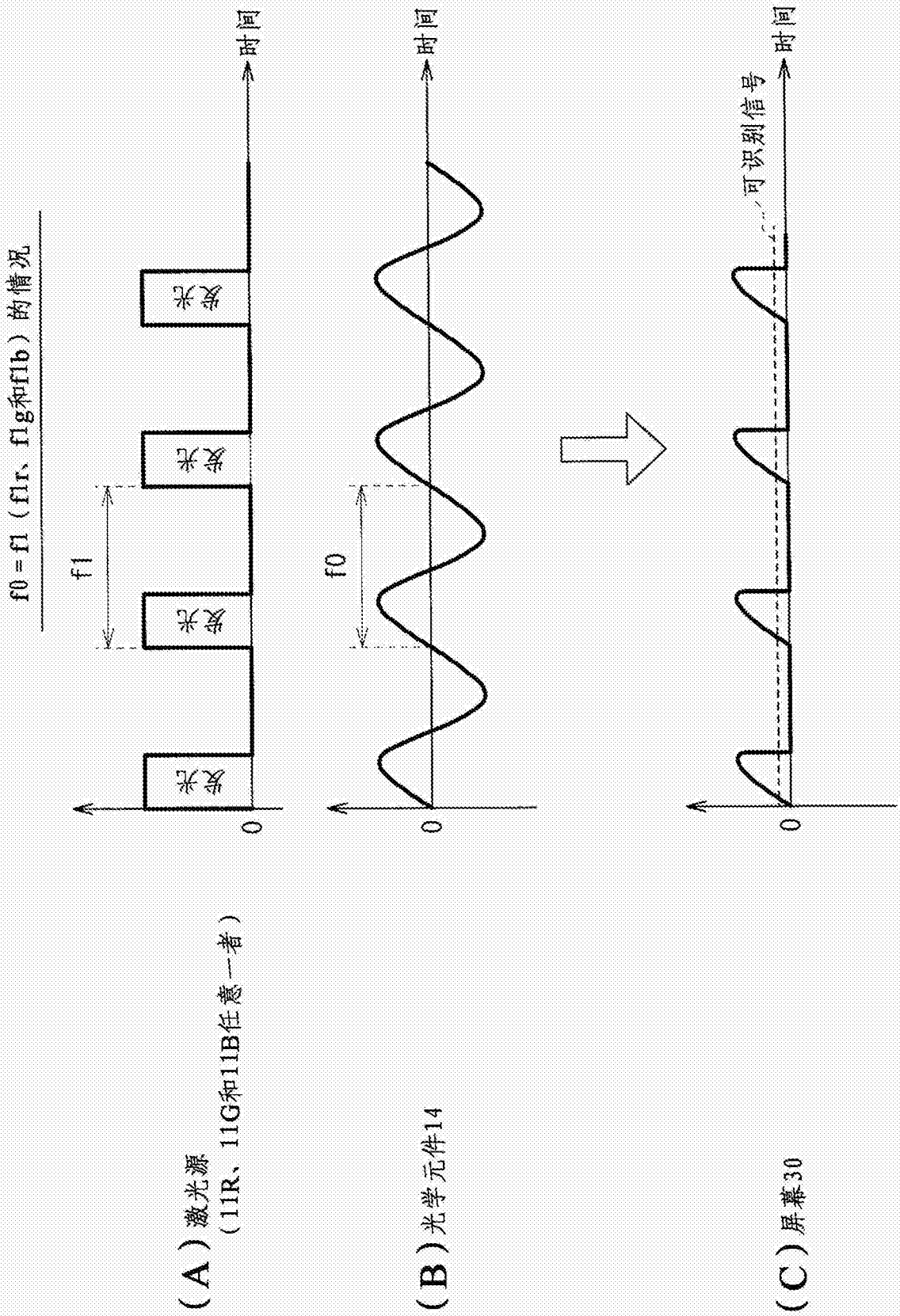


图 9

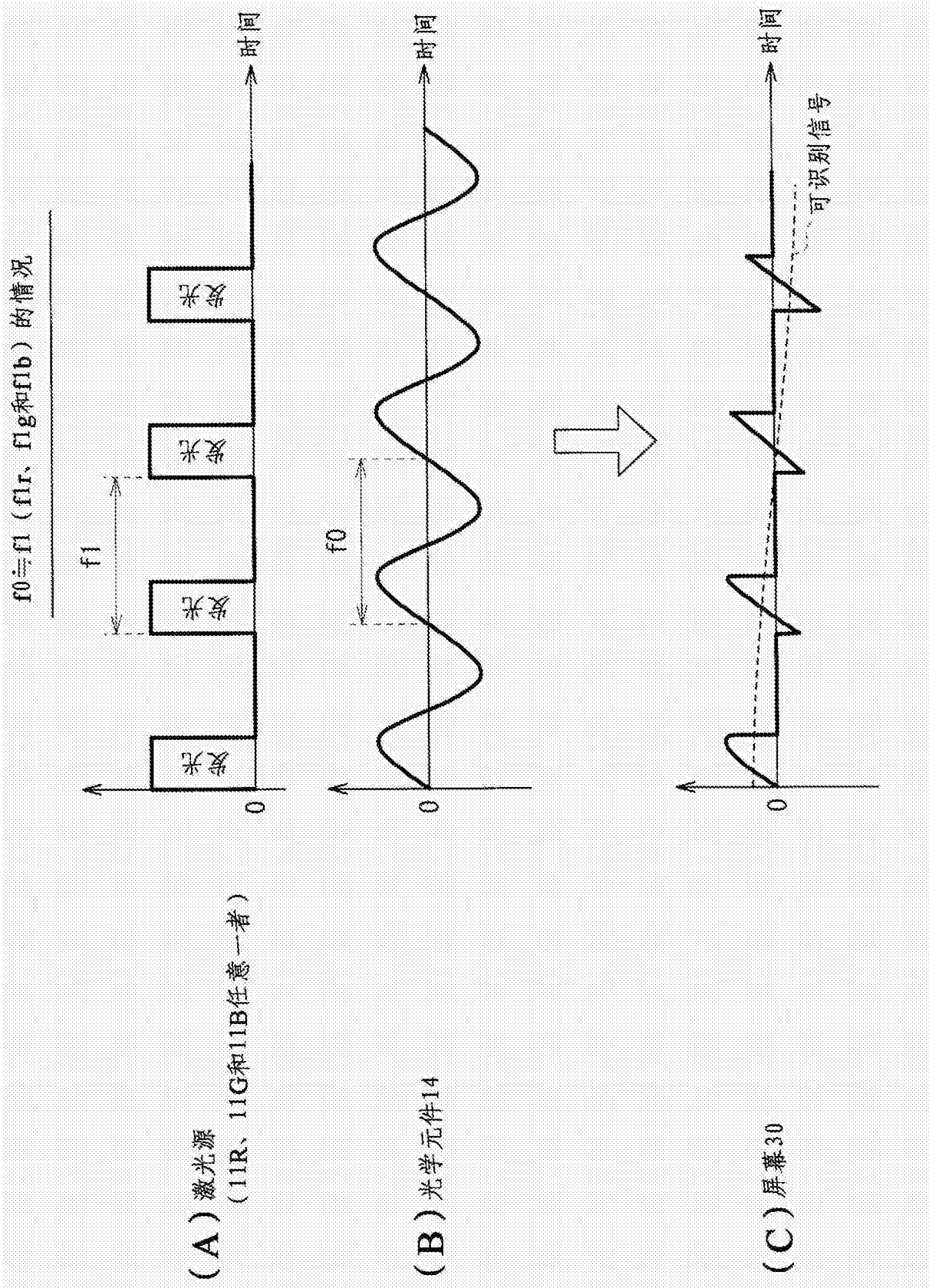


图 10

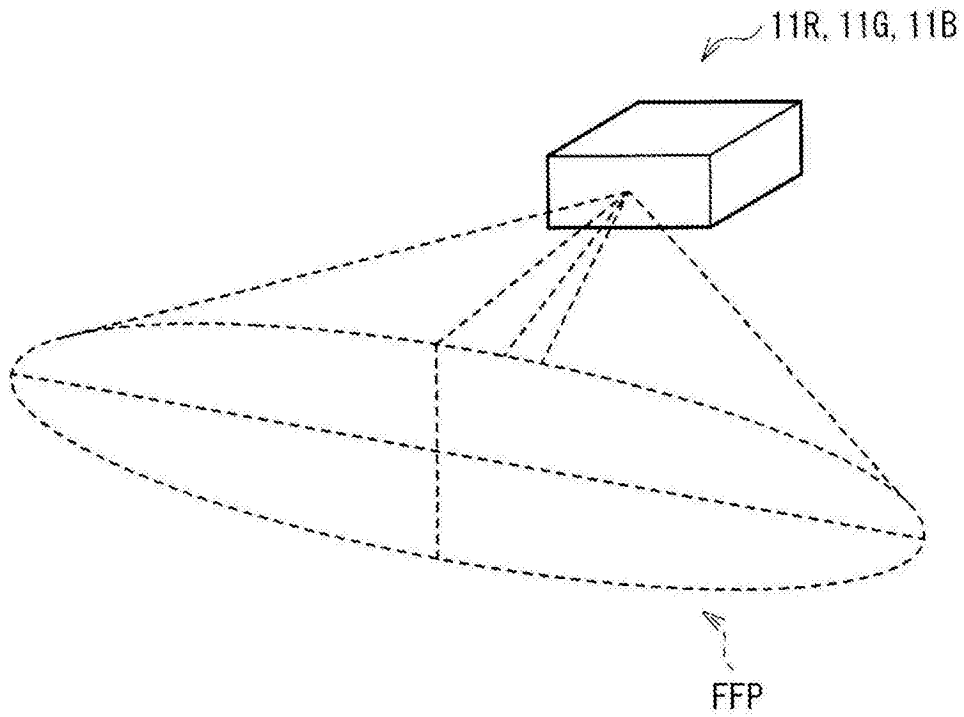


图 11

·和频率

			第一构成频率		第二构成频率
			No. 1	No. 2	
			f_0	$(2X-1)f_1$	$f_0 \pm (2X-1)f_1$
第一构成频率	No. 1	f_0	—	$f_0 + (2X-1)f_1$	$2f_0 \pm (2X-1)f_1$
	No. 2	$(2X-1)f_1$	—	$2Xf_1$	$f_0 \pm 2Xf_1$
第一构成频率		$f_0 \pm (2X-1)f_1$	—	—	$2f_0 \pm 2Xf_1$

图 12A

·差频率

			第一构成频率		第二构成频率
			No. 1	No. 2	
					f_0
第一构成频率	No. 1	f_0	—	$f_0 - (2X-1)f_1$	$\pm (2X-1)f_1$
	No. 2	$(2X-1)f_1$	—	$2X'f_1$	$f_0 \pm 2X'f_1$
第二构成频率		$f_0 \pm (2X-1)f_1$	—	—	$\pm 2X'f_1$

图 12B

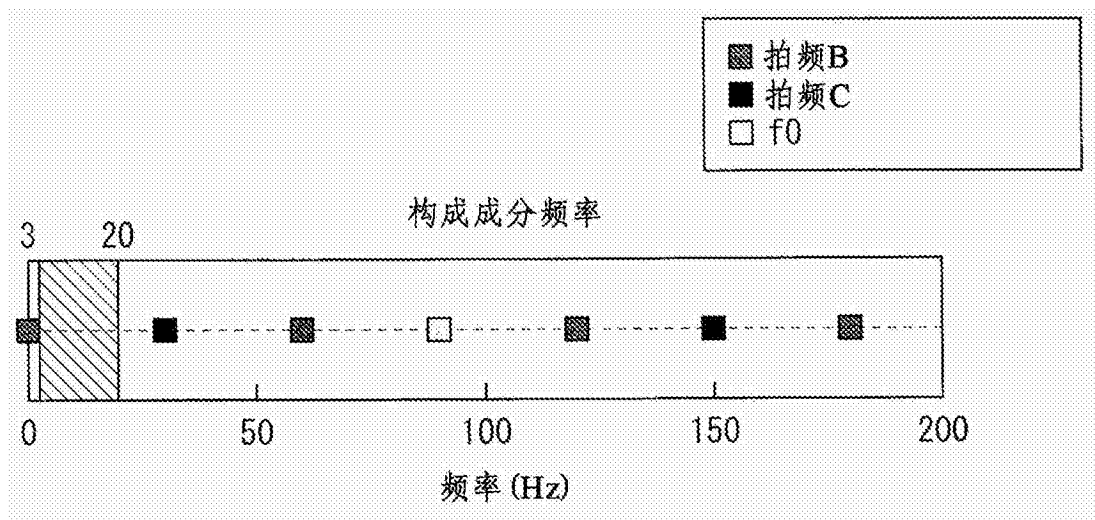


图 13A

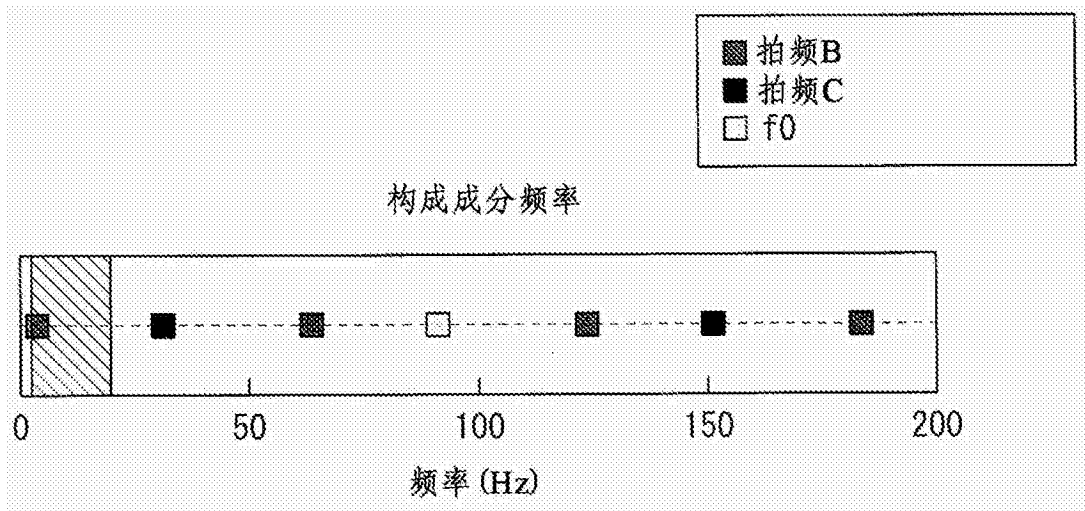


图 13B

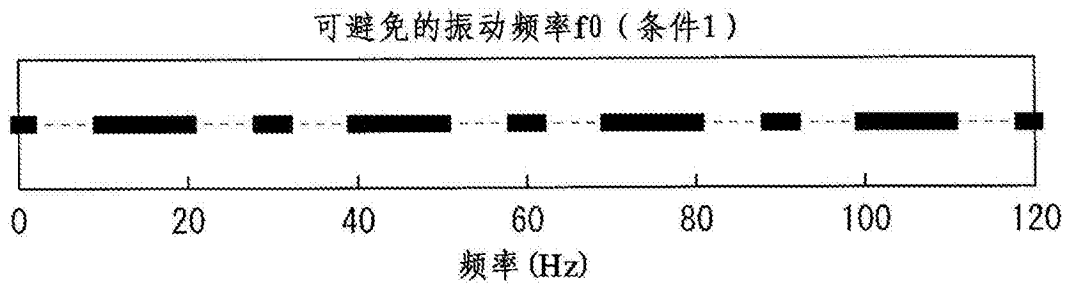


图 14A

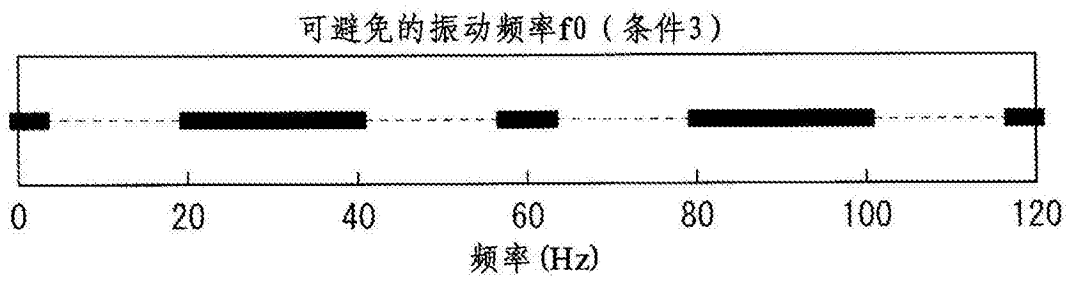


图 14B

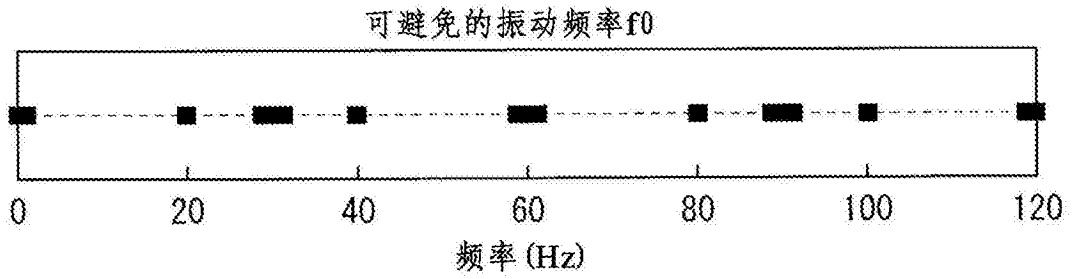


图 14C

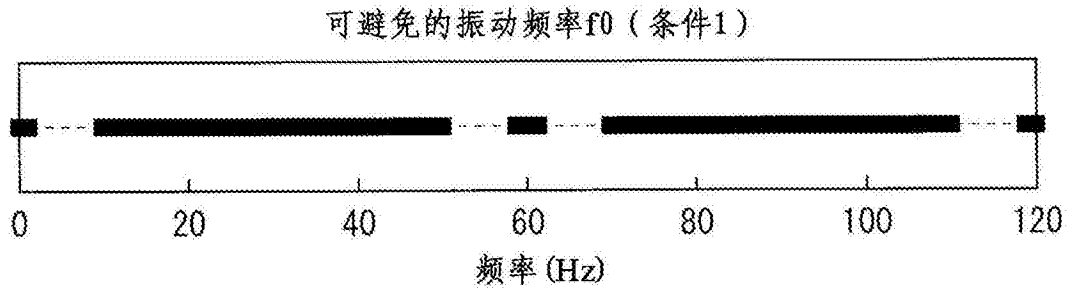


图 15A

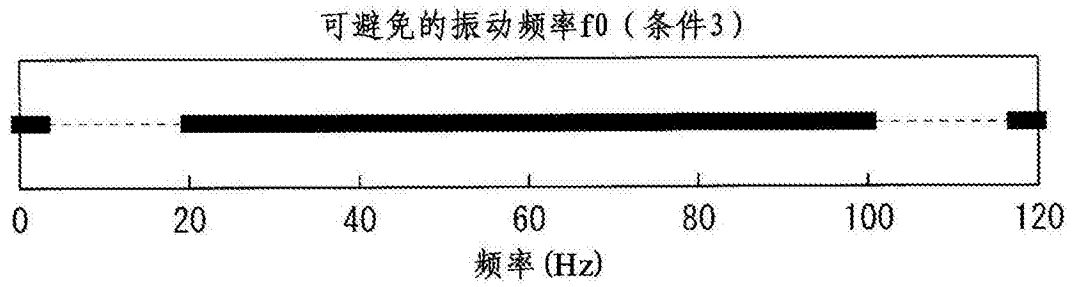


图 15B

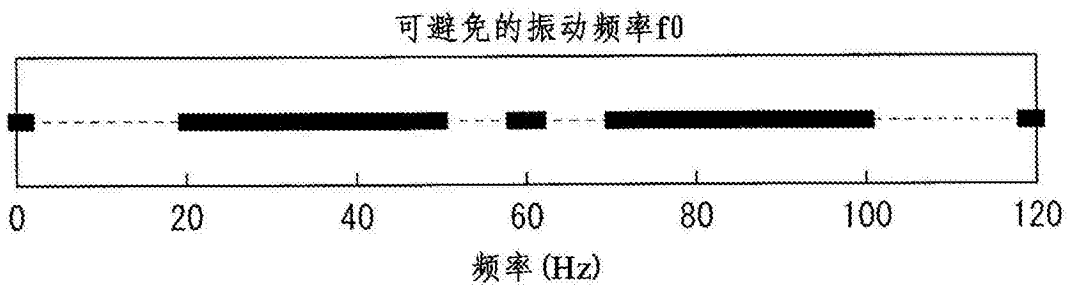


图 15C

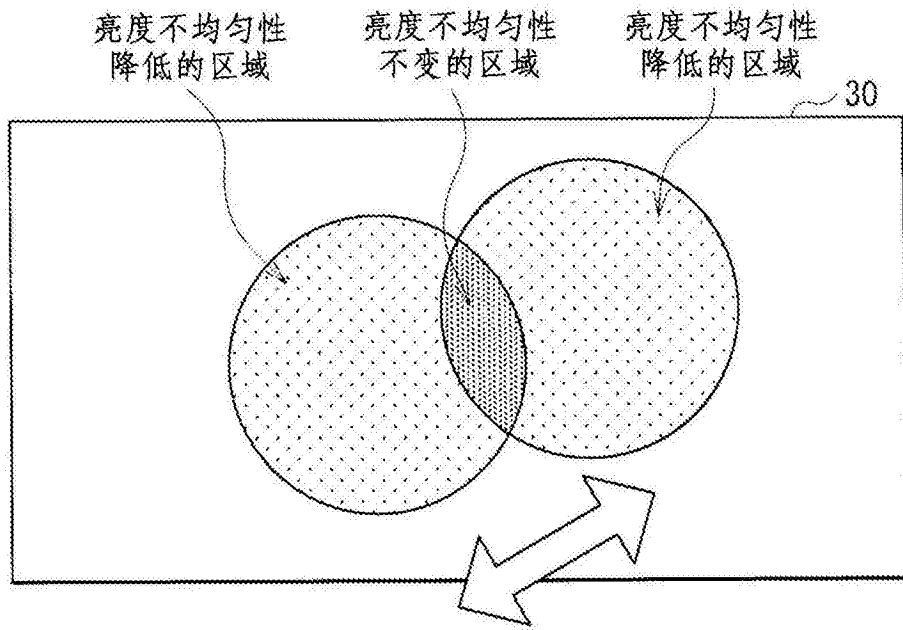


图 16

激光源 (11R、11G和11B任意一者)

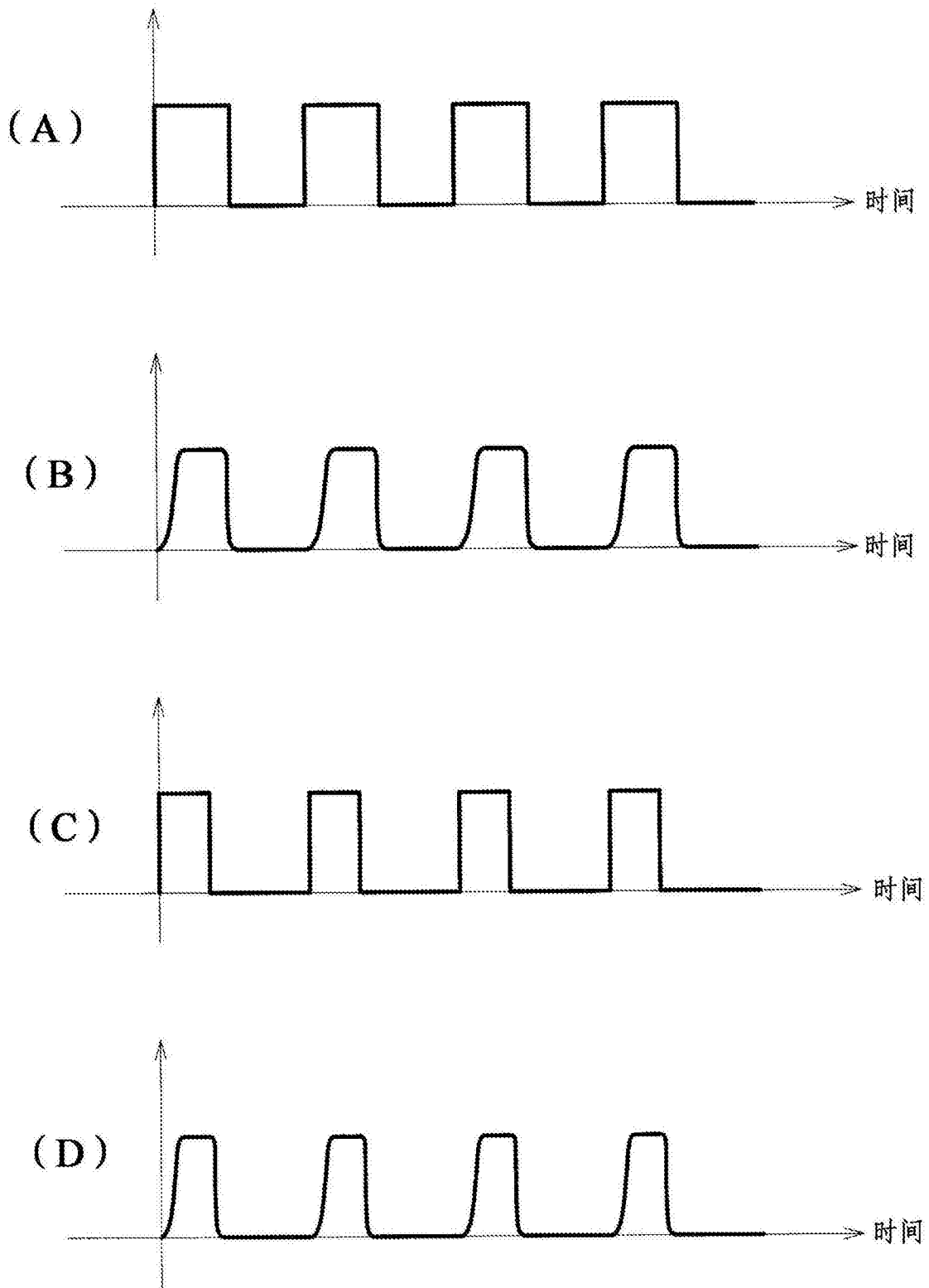


图 17

• 和频率

			第一构成频率		第二构成频率
			No. 1	No. 2	
			f_0	Xf_1	$f_0 \pm Xf_1$
第一构成频率	No. 1	f_0	—	$f_0 + Xf_1$	$2f_0 \pm Xf_1$
	No. 2	Xf_1	—	$X' f_1$	$f_0 \pm X' f_1$
第二构成频率		$f_0 \pm Xf_1$	—	—	$2f_0 \pm X' f_1$

图 18A

• 差频率

			第一构成频率		第二构成频率
			No. 1	No. 2	
			f_0	Xf_1	$f_0 \pm Xf_1$
第一构成频率	No. 1	f_0	—	$f_0 - Xf_1$	$\pm Xf_1$
	No. 2	Xf_1	—	$X' f_1$	$f_0 \pm X' f_1$
第二构成频率		$f_0 \pm Xf_1$	—	—	$\pm X' f_1$

图 18B

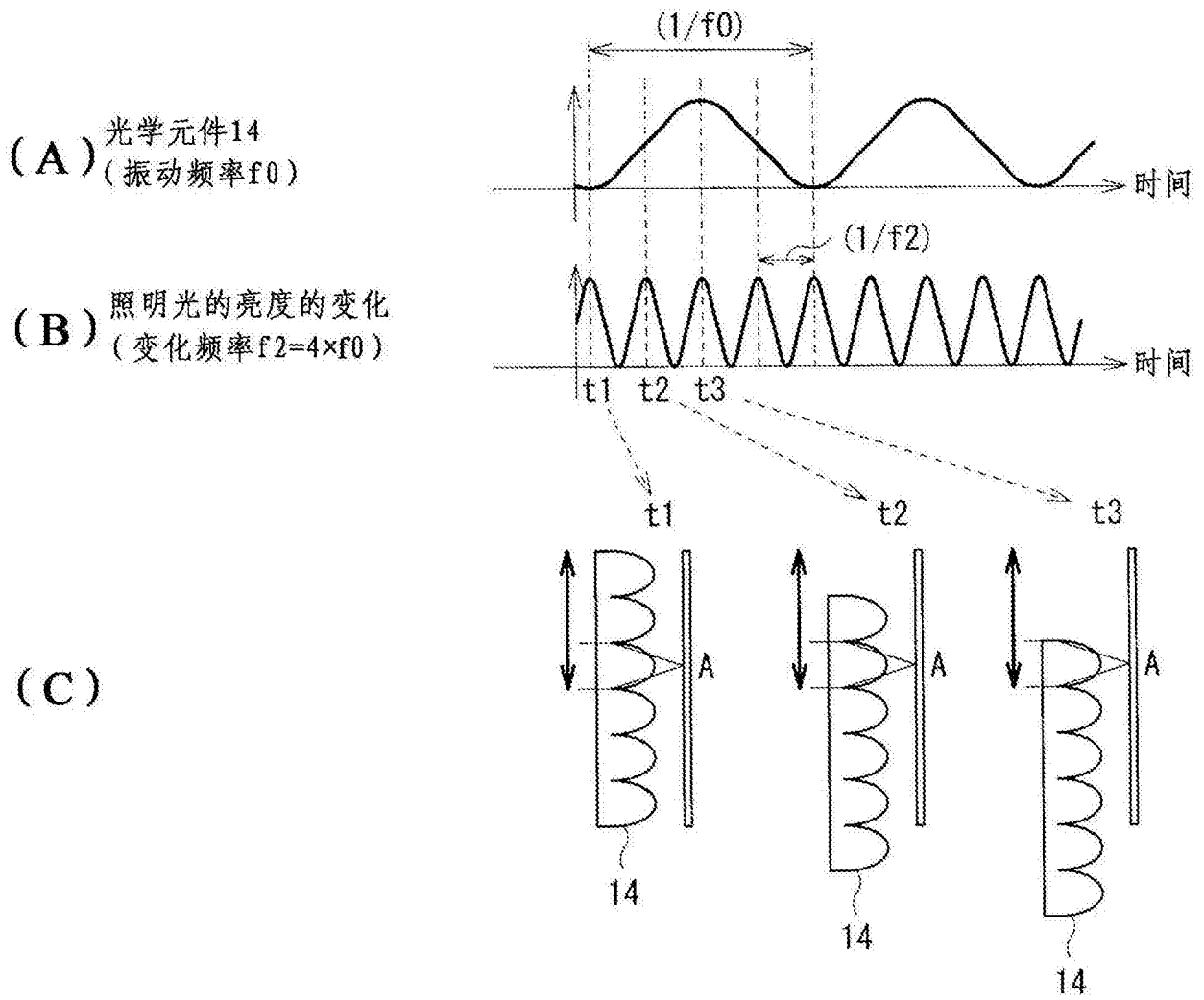


图 19

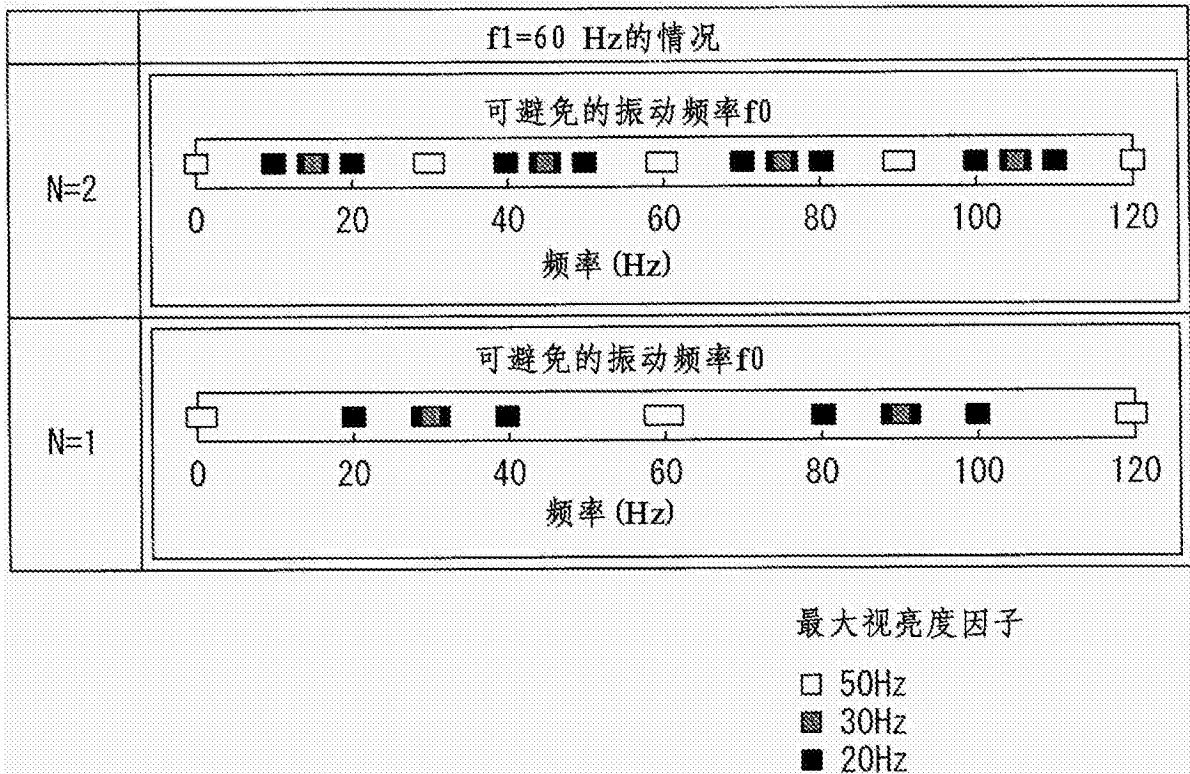


图 20

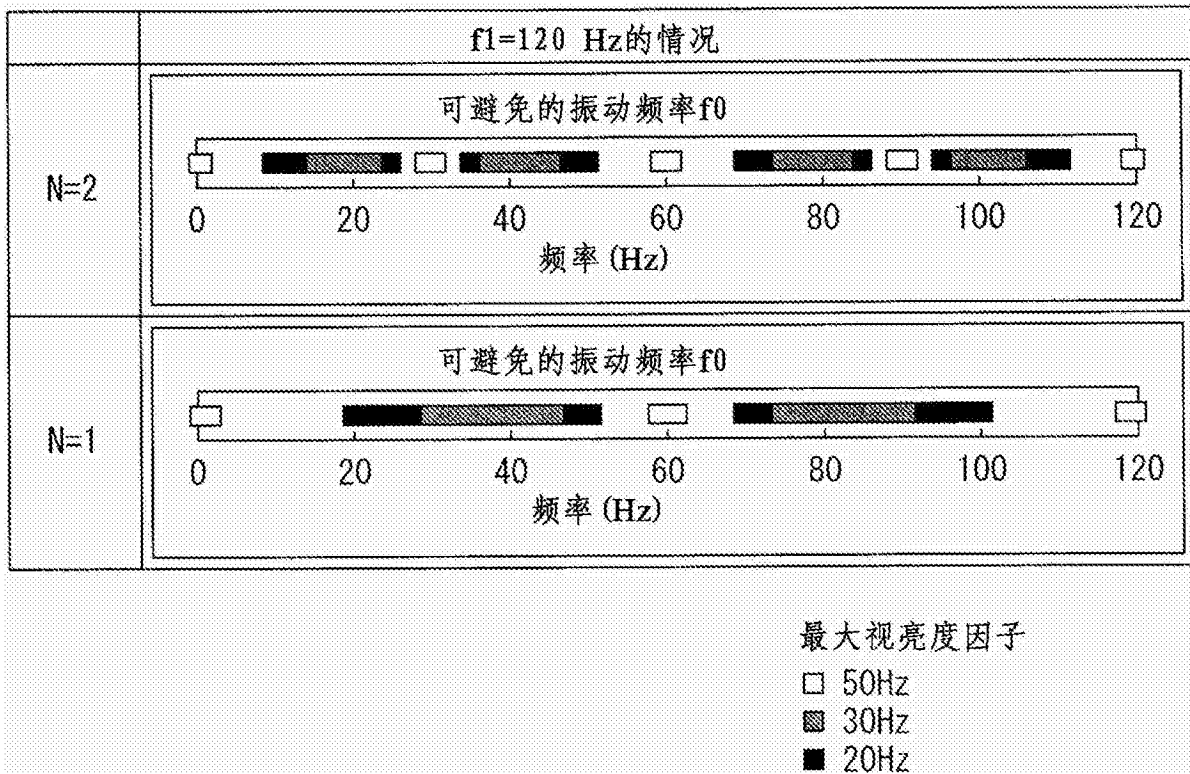


图 21

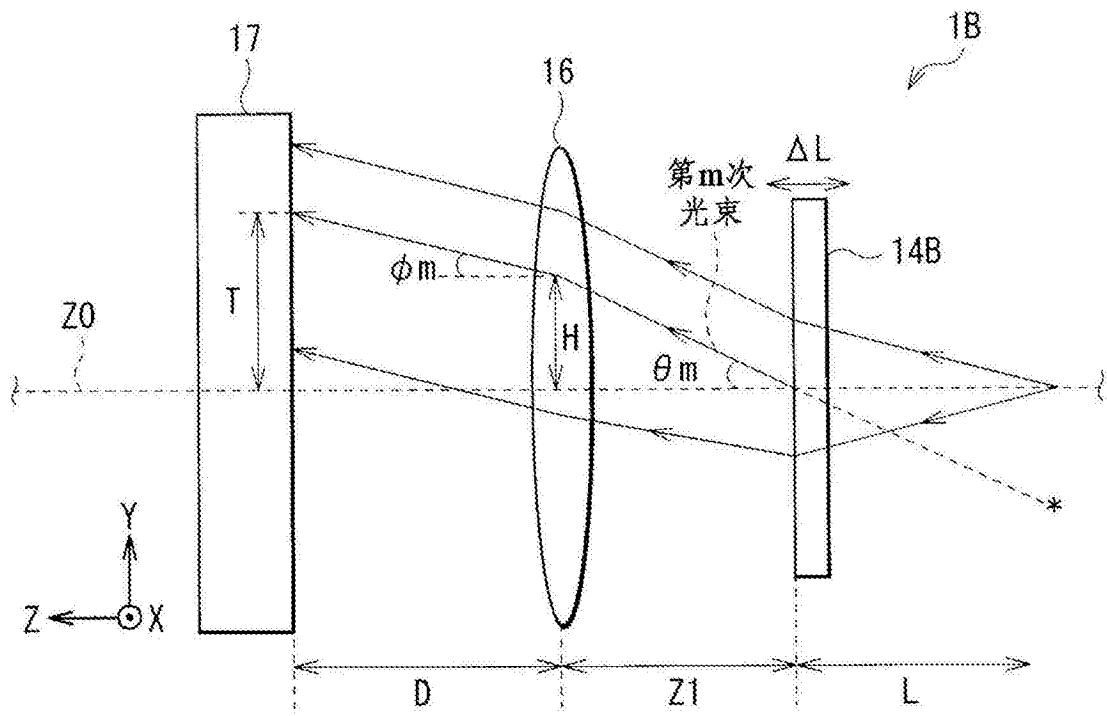


图 23

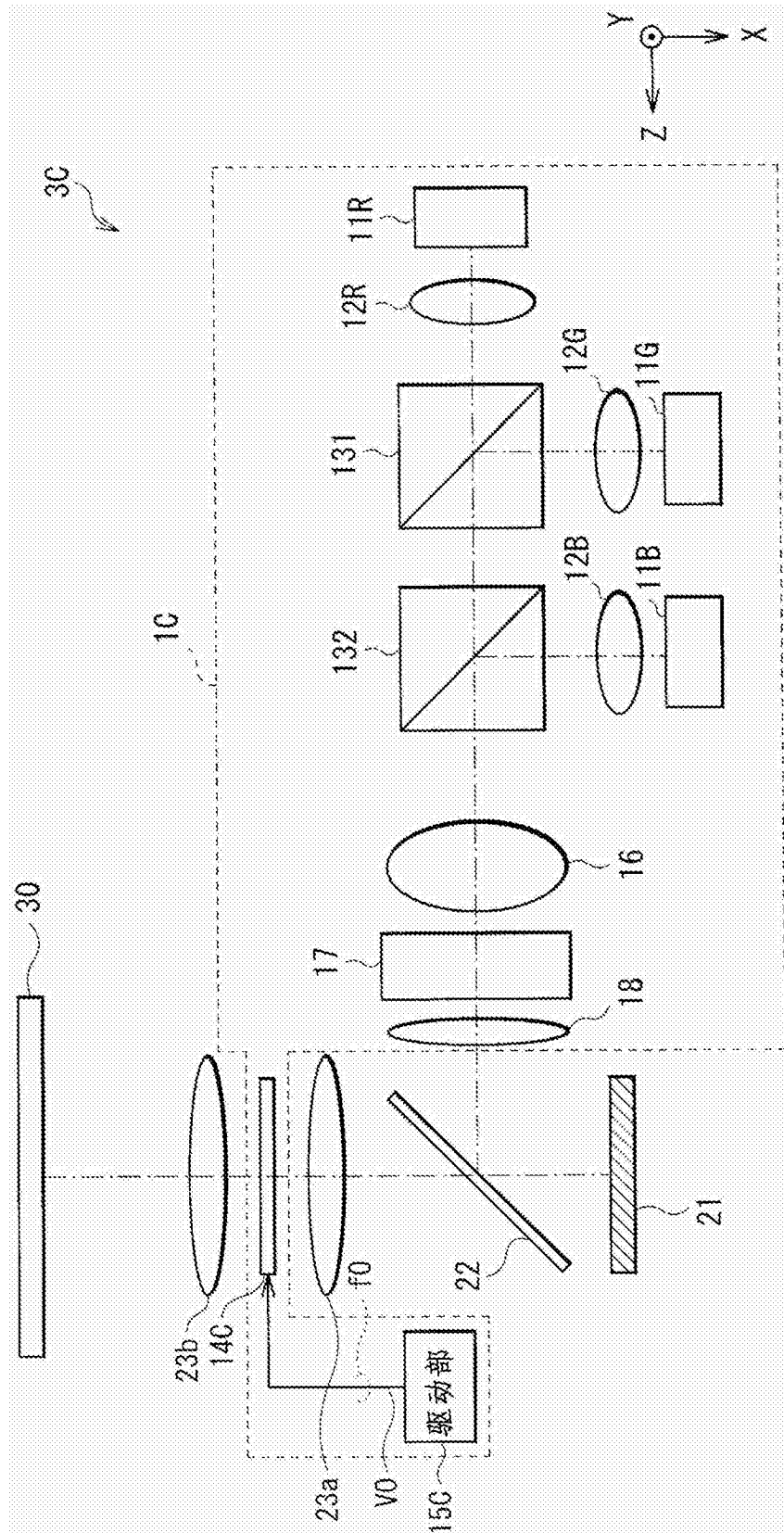


图 24

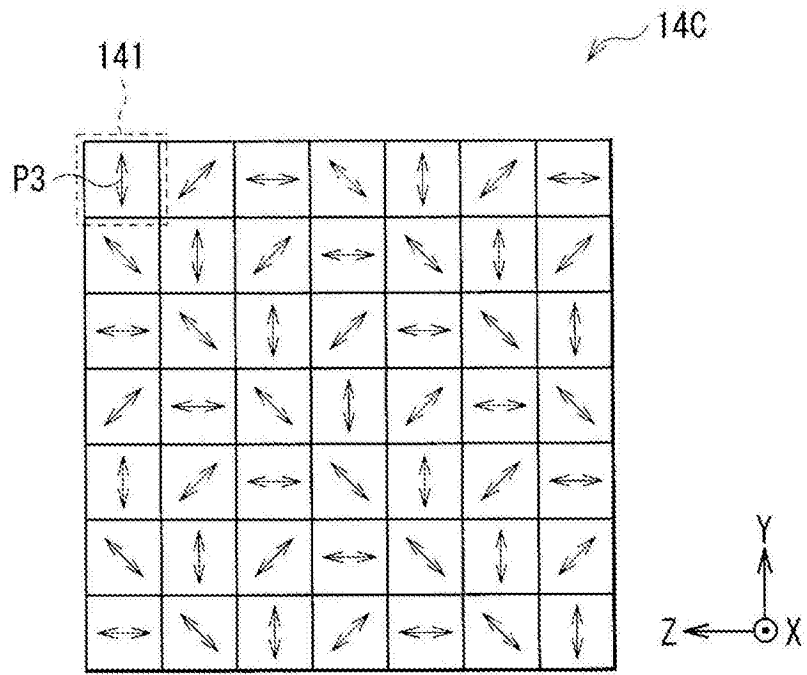


图 25

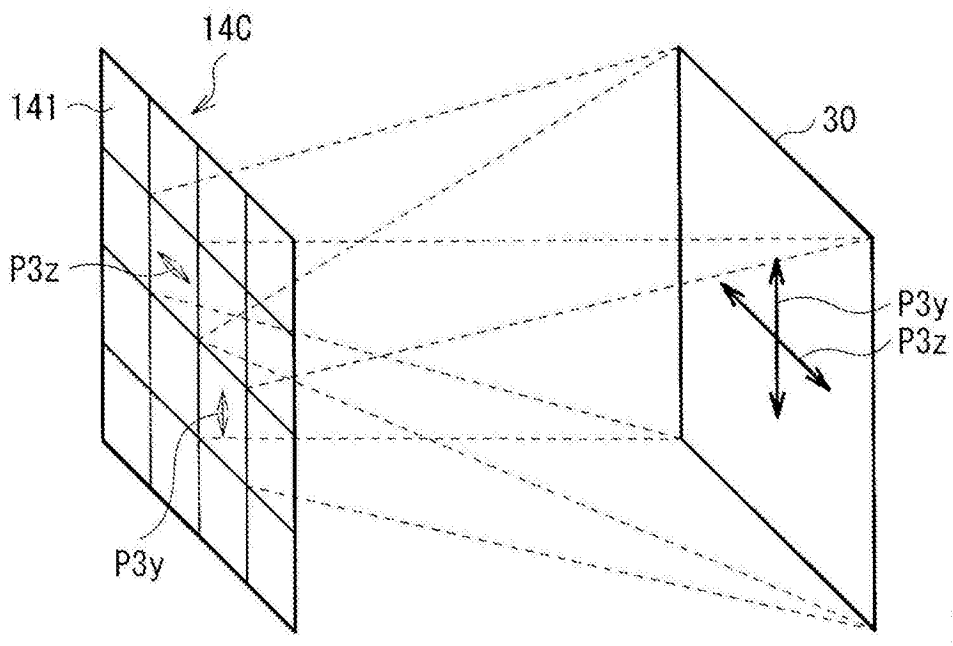


图 26

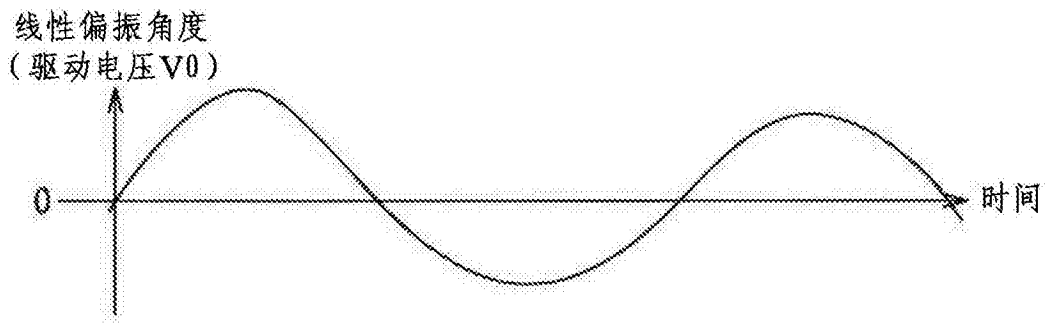


图 27

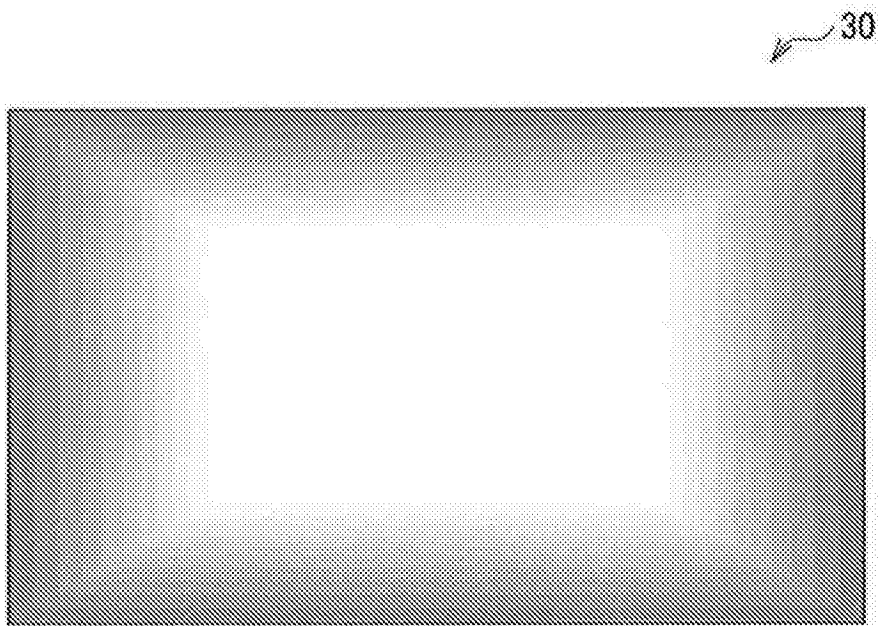


图 28

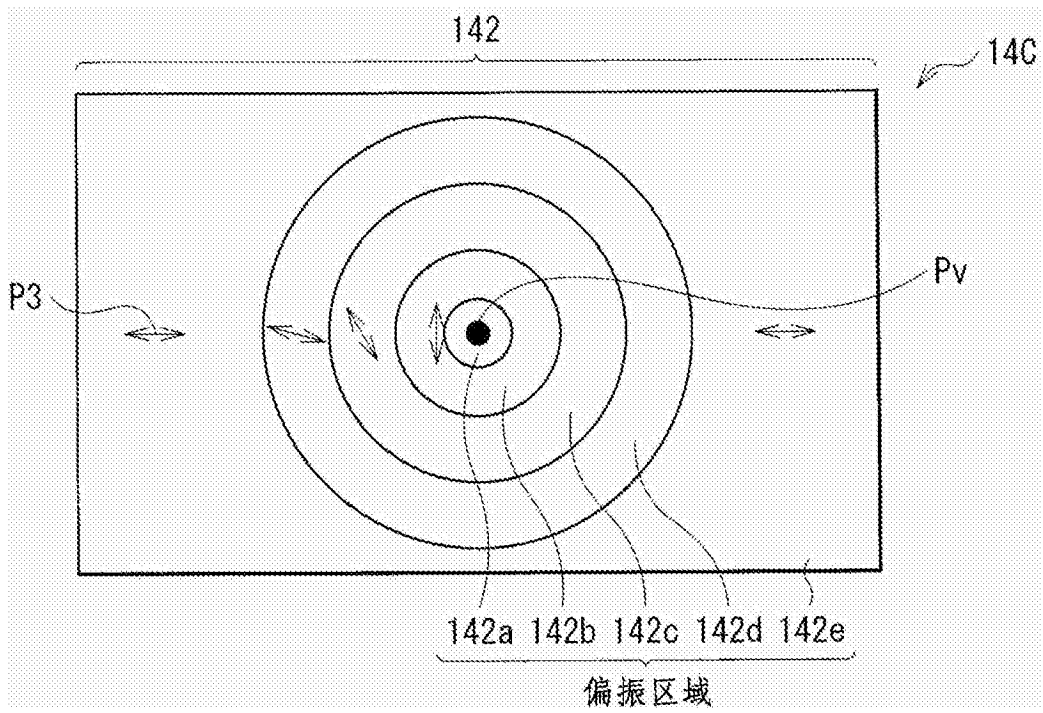


图 29



图 30A

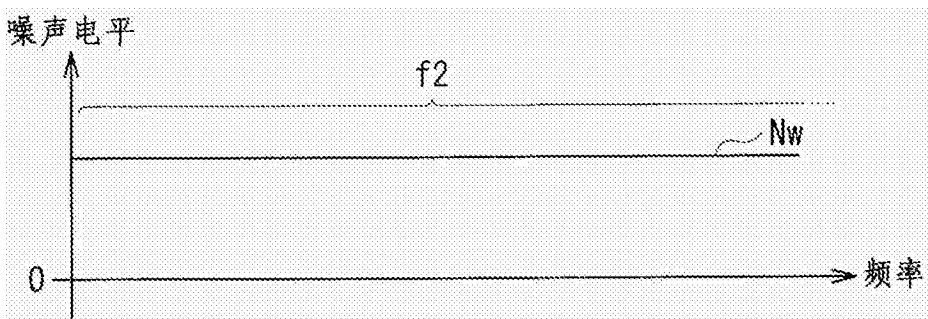


图 30B