



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103260893 B

(45) 授权公告日 2016. 01. 20

(21) 申请号 201180059580. 6

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2011. 10. 11

G02B 27/22(2006. 01)

(30) 优先权数据

G02B 3/00(2006. 01)

102010048262. 5 2010. 10. 12 DE

G02B 5/04(2006. 01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

G02B 5/10(2006. 01)

2013. 06. 09

B42D 15/00(2006. 01)

(86) PCT国际申请的申请数据

审查员 刘丹萍

PCT/EP2011/005071 2011. 10. 11

(87) PCT国际申请的公布数据

W02012/048847 DE 2012. 04. 19

(73) 专利权人 德国捷德有限公司

地址 德国慕尼黑

(72) 发明人 C. 福斯 W. 考尔

(74) 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

11105

代理人 孟婧

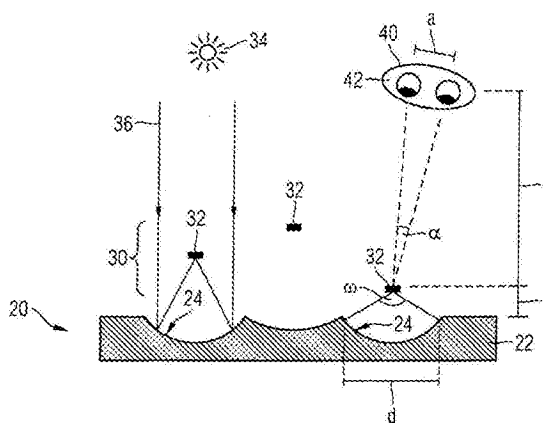
权利要求书3页 说明书16页 附图8页

(54) 发明名称

具有布置在基底上的光学元件的、用于产生悬浮在基底上方或下方的光斑图像的显示元件

(57) 摘要

本发明涉及一种显示元件 (20), 其具有带表面区域的基底 (22), 在所述表面区域内布置有多个光学元件 (24)。按照本发明, 显示元件 (20) 设计并且确定用于在照明 (34) 时产生由多个光斑 (32) 构成的光斑图像 (30), 所述光斑对于观察者 (40) 来说显示为悬浮在表面区域的上方或下方并且布置为预先确定的主题的形式, 其中, 所述光学元件由折射和 / 或反射的光学元件 (24) 构成, 并且所述光斑图像的每个光斑 (32) 均与至少一个折射和 / 或反射的光学元件 (24) 对应, 在照明 (34) 所述显示元件 (20) 时, 所述光学元件 (24) 有助于产生与之对应的光斑 (32)。



1. 一种显示元件,具有带表面区域的基底,在所述表面区域内布置有多个光学元件,其特征在于,所述显示元件设计并且确定用于在用光源的平行光照明时产生由多个光斑构成的光斑图像,所述光斑对于观察者来说显示为悬浮在所述表面区域的上方或下方并且布置为预先确定的主题的形式,其中,所述光斑是发光光源的实像或者虚像,其中,所述光学元件由折射和 / 或反射的光学元件构成,并且所述光斑图像的每个光斑均与至少一个折射和 / 或反射的光学元件对应,在照明所述显示元件时,所述光学元件有助于产生与所述光学元件对应的光斑,其中,对于所述光斑和对应的光学元件分别适用 $f/d < 5$, 其中, f 表示位于所述表面区域上方或下方的光斑悬浮高度,并且 d 表示有助于形成所述光斑的光学元件的直径。

2. 按权利要求 1 所述的显示元件,其特征在于,所述光斑图像的光斑悬浮在所述表面区域上方或下方的多个不同的悬浮高度上,以便形成三维的主题。

3. 按权利要求 1 所述的显示元件,其特征在于,所述光斑图像的光斑局部地全部处于所述表面区域上方或下方的相同悬浮高度上,以便形成背景主题。

4. 按权利要求 2 或 3 所述的显示元件,其特征在于,在所述显示元件中组合三维的主题和二维的主题。

5. 按权利要求 1 所述的显示元件,其特征在于,所述光学元件包括拱曲的面镜。

6. 按权利要求 5 所述的显示元件,其特征在于,所述光学元件包括凹面镜或凸面镜。

7. 按权利要求 6 所述的显示元件,其特征在于,所述拱曲的面镜设计为球形、旋转对称的非球形、非旋转对称的非球形或者沟槽形,其中,在所述拱曲的面镜设计为沟槽形时,沟槽直线或曲线地延伸。

8. 按权利要求 6 或 7 所述的显示元件,其特征在于,所述拱曲的面镜至少部分由菲涅耳镜构成。

9. 按权利要求 1 所述的显示元件,其特征在于,所述光学元件包括透镜。

10. 按权利要求 9 所述的显示元件,其特征在于,所述透镜是球形、旋转对称的非球形、非旋转对称的非球形或者圆柱形的透镜。

11. 按权利要求 9 所述的显示元件,其特征在于,所述透镜至少部分由菲涅耳透镜构成。

12. 按权利要求 1 所述的显示元件,其特征在于,所述光斑图像的每个光斑与正好一个光学元件对应。

13. 按权利要求 1 所述的显示元件,其特征在于,所述光斑图像的每个光斑与多个光学元件对应。

14. 按权利要求 13 所述的显示元件,其特征在于,所述光学元件相互间隔地分布在所述表面区域上。

15. 按权利要求 13 所述的显示元件,其特征在于,所述光斑图像的光斑具有不同的亮度并且每个光斑与数量相当于由所述光斑构成的主题内部的光斑的亮度的光学元件对应,或者每个光斑与总面积相当于由所述光斑构成的主题内部的光斑亮度的光学元件对应。

16. 按权利要求 13 或 15 所述的显示元件,其特征在于,与不同光斑对应的光学元件彼此嵌套地布置在所述表面区域内。

17. 按权利要求 13 所述的显示元件,其特征在于,所述光学元件由平面的微面镜或者

由小的微棱镜构成。

18. 按权利要求 1 所述的显示元件,其特征在于,所述预先确定的主题是从不同的观察方向显示不同图像的变换图像。

19. 按权利要求 1 所述的显示元件,其特征在于,布置有多个光学元件的所述表面区域是弯曲的。

20. 按权利要求 19 所述的显示元件,其特征在于,布置有多个光学元件的所述表面区域是圆柱形或球形地弯曲的。

21. 按权利要求 1 所述的显示元件,其特征在于,一部分光学元件产生在没有辅助器件的情况下不能识别的隐藏的图像信息。

22. 按权利要求 21 所述的显示元件,其特征在于,所述隐藏的图像信息只在用激光定向地照明时可见或者需要特殊的接收屏幕。

23. 按权利要求 1 所述的显示元件,其特征在于,所述光学元件包括按照周期布置的微面镜,所述微面镜分别与相邻的微面镜间隔 2mm 或者更短的距离。

24. 按权利要求 1 所述的显示元件,其特征在于,所述光学元件嵌入到周围涂层或者周围复合层中。

25. 按权利要求 24 所述的显示元件,其特征在于,所述光学元件嵌入到保护层中。

26. 按权利要求 1 所述的显示元件,其特征在于,所述光学元件设计为压印漆层中的压印结构。

27. 按权利要求 26 所述的显示元件,其特征在于,所述压印结构设有增强反射的涂层。

28. 按权利要求 27 所述的显示元件,其特征在于,所述压印结构设有金属化层、高折射率的涂层、具有颜色变换效果的薄层元件或胆甾型液晶层。

29. 按权利要求 26 或 27 所述的显示元件,其特征在于,所述压印结构的结构高度小于 100 μm 。

30. 按权利要求 29 所述的显示元件,其特征在于,所述压印结构的结构高度小于 20 μm 。

31. 按权利要求 29 所述的显示元件,其特征在于,所述压印结构的结构高度小于 5 μm 。

32. 按权利要求 1 所述的显示元件,其特征在于,所述显示元件与其它防伪特征相结合。

33. 按权利要求 1 所述的显示元件,其特征在于,所述预先确定的主题是由所述光斑构成的圆雕体。

34. 按权利要求 1 所述的显示元件,其特征在于,所述显示元件是用于防伪纸张、有价文件和其它需要保护的物体的防伪元件。

35. 按权利要求 34 所述的显示元件,其特征在于,所述显示元件是防伪线、防伪带、防伪条、标签或者转印元件。

36. 按权利要求 7 或 10 所述的显示元件,其特征在于,非旋转对称是非球形和椭球形。

37. 一种用于制造按权利要求 1 至 36 之一所述的显示元件的方法,所述显示元件设计并且确定用于在用光源的平行光照明时产生由多个光斑构成的光斑图像,所述光斑对于观察者来说显示为悬浮在表面区域的上方或下方并且布置为预先确定的主题的形式,其中,所述光斑是发光光源的实像或者虚像,在所述方法中,提供基底,并且在所述基底的表面区

域内布置多个折射和 / 或反射的光学元件,其中,所述光斑图像的每个光斑与至少一个折射和 / 或反射的光学元件对应,在照明所述显示元件时,所述光学元件有助于产生与所述光学元件对应的光斑,其中,对于所述光斑和对应的光学元件分别适用 $f/d < 5$,其中, f 表示位于所述表面区域上方或下方的光斑悬浮高度,并且 d 表示有助于形成所述光斑的光学元件的直径。

38. 按权利要求 37 所述的方法,其特征在于,

- 通过 xy 平面预设具有像点 P_j 和高度值 Z_j 的期望的三维主题,其中,所述像点相当于照明时产生的光斑,

- 为每个像点 P_j 确定在 0% 至 100% 之间的亮度 I_j ,

- 为所述像点 P_j 对应配设开口率 > 0.2 的开口圆锥,

- 通过由像点出发的开口圆锥用 xy 平面剖切得到的截面为每个像点 P_j 确定覆盖区域 E_j ,

- 将所述 xy 平面划分为多个粗略范围,并且将所述粗略范围分别划分为多个精细范围,

- 以所确定的高度值 Z_j 和所确定的亮度值 I_j 为基础,为每个像点 P_j 确定多个需要填充的精细范围,

- 将为所述像点 P_j 确定的需要填充的精细范围基本上均匀地分配到所述像点 P_j 的覆盖区域 E_j 内的粗略范围上,并且

- 为所述需要填充的精细范围布设折射和 / 或反射的光学元件,在照明所述显示元件时,所述光学元件有助于产生与所述像点 P_j 相应的光斑。

39. 按权利要求 37 所述的方法,其特征在于,通过悬浮的光斑显示圆雕体。

40. 按权利要求 39 所述的方法,其特征在于,基于通过空间中的点、多边形的端点、法向量和吸收特性描述待显示圆雕体的表面的数据组来通过悬浮的光斑显示圆雕体。

41. 一种数据载体,具有按权利要求 1 至 36 之一所述的显示元件。

42. 按权利要求 41 所述的数据载体,其特征在于,所述显示元件是至少部分透光的防伪元件,所述防伪元件布置在所述数据载体的透明窗口区域之内或之上或通孔之内或之上。

43. 按权利要求 41 所述的数据载体,其特征在于,所述显示元件是反射的防伪元件,所述防伪元件布置在所述数据载体的不透明区域中。

44. 按权利要求 41 所述的数据载体,其特征在于,所述数据载体是有价文件或者证书、护照或证件卡。

45. 按权利要求 44 所述的数据载体,其特征在于,所述数据载体是纸质钞票、聚合物钞票或者薄膜复合钞票。

46. 一种具有控制装置和按权利要求 1 至 36 之一所述的显示元件的显示装置,其中,所述显示元件的光学元件的空间定向能够通过所述控制装置进行调节。

47. 一种用于制造立体全息图的方法,其中,在采集板中使用未散射的激光束作为参考波,并且使用由按权利要求 1 至 36 之一所述的显示元件反射或者折射的激光束作为对象波进行干涉。

具有布置在基底上的光学元件的、用于产生悬浮在基底上方或下方的光斑图像的显示元件

技术领域

[0001] 本发明涉及一种显示元件,其具有带表面区域的基底,在所述表面区域内布置有多个光学元件。本发明还涉及一种用于制造这种显示元件的方法和一种具有这种显示元件的数据载体。

背景技术

[0002] 数据载体(如有价文件或证件文件,也包括其它有价物体,如名牌商品)经常配有防伪元件以进行保护,所述防伪元件允许检验数据载体的真伪,同时用作防止未经许可的复制的保护。

[0003] 当前,具有三维作用图像的防伪元件受到特别关注,因为它们一方面对于外行也是可轻易识别和检验的,另一方面它们不能用通用的复制方法仿造得和真的一样。

[0004] 因此已知可以在双眼观察平面图像时产生三维图观感的多种技术。在“红/绿”图像中,例如两半立体图像相互重叠。在用辅助器件(如红绿眼镜或者偏光镜)进行观察时,两半图像对于双眼来说是分开的。

[0005] 另一种技术使用透镜或面镜光栅图像,它们由多层结构组成,所述多层结构具有主题层和与主题层间隔的透镜或面镜层。这种技术的例子是在专利文献 W02009/000530A2 中描述的 3D-Moiré-Magnifier。

[0006] 如在专利文献 W090/08338A1 中描述的另一方案在于将主题设计为平面凸起,其中,主题的表面模仿地和/或分块地重复出现在图像表面中。

[0007] 最后,长期以来将全息图、全息立体图和全息图式的光栅图像用于防伪元件,以产生三维图观感。在这种技术中,对全息图结构和衍射光栅的干涉和光衍射起到决定性的作用。

发明内容

[0008] 由此出发,本发明所要解决的技术问题在于,提供一种开头所述类型的显示元件,其具有吸引人的视觉显示图像。为了防伪应用,显示元件还应具有较高的防伪安全性,此外还应使外行也能轻易地检验真伪。

[0009] 该技术问题按本发明通过具有独立权利要求的特征的显示元件解决。用于制造这种显示元件的方法、配备有这种显示元件的数据载体和配备有这种显示元件的显示装置记载在并列的权利要求中。本发明的扩展设计是从属权利要求的技术方案。

[0010] 按照本发明,本发明所述类型的显示元件具有带表面区域的基底,在所述表面区域中布置有多个光学元件。在此,所述显示元件设计并且确定用于在照明时产生由多个光斑构成的光斑图像,所述光斑对于观察者来说显示为悬浮在所述表面区域的上方或下方并且布置为预先确定的主题的形式。为此,所述光学元件由折射和/或反射的光学元件构成,其中所述光斑图像的每个光斑均与至少一个折射和/或反射的光学元件对应,在照明所述

显示元件时,所述光学元件有助于产生与该光学元件对应的光斑。

[0011] 因此,本发明所基于的思想是,预设由悬浮在显示元件上方或下方的光斑组成的三维主题。为了在照明时产生光斑,显示元件具有并列的或者嵌套的面镜、透镜或棱镜部分,它们设计用于在适当照明时在图像空间内产生悬浮的光反射,这些光反射共同呈现出所预设的三维主题。所述悬浮的光反射在物理意义上是发光光源的实像或者虚像,这将在之后详细阐述。在此,如果用平行光(例如距离很远的光源)照射显示元件,则视觉观感是特别好的。

[0012] 通过照明产生的三维光斑图像为观察者提供了不同寻常的并且视觉吸引的三维图像观感,该三维图像观感使显示元件具有较高的关注度和辨识度。对于使用者来说可以轻易地确定所述效果是否存在,也就是说显示元件是容易验证的。然而,面镜或透镜结构由于所需的诀窍和必须的技术对于潜在造假者来说难以复制。

[0013] 以下大多将折射和/或反射的光学元件仅简称为“光学元件”。然而应理解的是,“光学元件”在本发明的范围内一直是指折射和/或反射的光学元件。所述光学元件可以是单纯折射的(如透镜或微棱镜)、单纯反射的(如面镜或微面镜)或者是既折射又反射的(如配设有半透明涂层的透镜或配设有半透明涂层的微棱镜)。无论如何,衍射和干涉效应在按照本发明的折射和/或反射的光学元件中不起作用并且总是可以忽略的。

[0014] 在一种优选的设计方案中,光学元件和光斑的悬浮高度设计为,使得对于光斑和对应的光学元件分别适用条件 $f/d < 5$, 其中, f 表示位于表面区域上方或下方的光斑的悬浮高度,并且 d 表示有助于形成该光斑的光学元件的直径。由此确保了光斑在对于观察者双眼的正常观察距离内(约为 30cm)处于对应光学元件的开口的内部。

[0015] 按照本发明的一种有利的变型方案,光斑图像的光斑悬浮在所述表面区域上方或下方的多个不同的悬浮高度上,以便形成三维的主题。按照本发明的一种同样有利的备选变型方案,光斑图像的光斑局部地全部处于所述表面区域上方或下方的相同悬浮高度上,以便形成背景主题。在光斑图像中也可以有利地将三维主题与二维主题相结合,因为这样即使光照情况较差也可识别光斑图像并且因此能够检验真伪。

[0016] 所述光学元件适宜地包括拱曲的面镜,尤其是凹面镜(凹形拱曲面镜)或凸面镜(凸形拱曲面镜)。所述拱曲的面镜可以设计为球形、椭球形、旋转对称的非球形、非旋转对称的非球形或者沟槽形,其中,在最后一种情况下所述沟槽直线或曲线地延伸。椭球形面镜沿 x 和 y 方向具有不同的面镜曲率,对于非球形面镜,面镜是不同于球形的形状。非球形面镜可以是旋转对称的或者在最普遍的情况下也可以是非旋转对称的。直线沟槽形面镜可以视为椭球形面镜的特殊形式,其中沿一个空间方向的曲率半径是无穷大。为了实现小的结构高度,所述拱曲的面镜也可以至少部分由菲涅耳镜构成。

[0017] 作为备选或补充,所述光学元件也可以包括透镜,尤其是球形、椭球形、旋转对称的非球形、非旋转对称的非球形或者圆柱形的透镜。椭球形透镜沿 x 和 y 方向具有不同的曲率,对于非球形透镜,折光的透镜面是不同于球形的形状。非球形透镜可以是旋转对称的或者在最普遍的情况下也可以是非旋转对称的。圆柱形透镜可以视为椭球形透镜的特殊形式,其中沿一个空间方向的曲率半径是无穷大。透镜也可以至少部分由菲涅耳透镜构成,以便实现更小的结构高度。

[0018] 在本发明的一种有利的变型方案中,所述光斑图像的每个光斑与正好一个光学元

件对应。

[0019] 按照本发明的一种同样有利的备选变型方案,光斑图像的每个光斑不只与一个光学元件,而是与多个光学元件对应。“对应”在此表示,光学元件在通过镜反射(反射)和/或光折射(折射)而被照明时有助于产生所述光斑。所述光学元件优选相互间隔地分布在所述表面区域上。因此,通过在各个光学元件之间形成的间隙,可以将多组分别与不同光斑对应的光学元件彼此嵌套地布置在相同的表面区域内。以此方式能够实现光斑图像中特别高的空间分辨率,这将在之后更详细阐述。

[0020] 业已证明将多个光学元件与一个光斑对应的另一个优点是,由于各光学元件的尺寸可能更小,可以使用具有平坦分界面的元件,它们的计算和制造比相同光学作用的唯一的一个拱曲的光学元件更简单。

[0021] 为了产生其中的光斑具有不同亮度的光斑图像,有利地为光斑图像的每个光斑分配数量相当于由光斑构成的主题内部的光斑的亮度的光学元件。如果光学元件的大小不同,也可以为每个光斑分配总面积相当于由光斑构成的主题内部的光斑亮度的光学元件。

[0022] 特别优选的是,所述光学元件由平面的微面镜或者由小的微棱镜构成。

[0023] 所述预先确定的主题也可以是从不同观察方向显示不同图像的变换图像。用于产生这种变换图像的具体例子在之后描述。应该理解的是,术语“变换图像”也包括只有图像的部分变换的图像。

[0024] 对于变换图像,图像或图像部分在观察方向改变(尤其是倾斜图像)时发生变化,因此这种图像也称为倾斜图像。所述变换可以在水平或垂直倾斜时进行,或者在沿处于水平和垂直之间的方向倾斜时进行。

[0025] 如果图像内容突然变换,则称为翻转图像(Fippbilder)。如果经过中间级进行变换,则称为渐变图像。

[0026] 此外,也可以将2D-3D图像设计为光斑图像。在此,除了具有三维作用的部分(可在显示元件平面之前或之后看到或者贯穿显示元件平面)还在显示元件平面之内或者附近(在高度级零处或者高度级零附近)具有二维作用的部分。

[0027] 在2D-3D图像中,2D和3D的部分可以并列排布和/或在改变观察方向时交替地显示在相同位置上。在这种2D-3D变换图像中,例如二维图像内容(如字或者标志)可以根据方向逐渐显示在3D图像中或者从3D图像中逐渐淡出。

[0028] 在本发明的一种有利的变型方案中,所述由显示装置产生的预先确定的主题是由光斑构成的圆雕体。

[0029] 按照本发明的一种扩展设计,布置有多个光学元件的表面区域可以是弯曲的,例如圆柱形或球形地弯曲。

[0030] 在本发明的另一种变型方案中,一部分光学元件产生在没有辅助器件的情况下不能识别的隐藏的图像信息。所述隐藏的图像信息在此与由上述光斑图像构成的暴露的图像信息相反,所述暴露的图像信息在普通照明时可不借助其它辅助器件用肉眼识别出。而隐藏的图像信息在普通照明时不能用肉眼识别出,而是例如只在用激光定向地照明时可见或者需要特殊的接收屏幕。

[0031] 在本发明的一种有利的变型方案中,所述光学元件包括按照周期布置的微面镜,所述微面镜分别与相邻的微面镜间隔2mm或者更短,尤其是1mm或者更短。这时观察者不

再识别出面镜的镜面图像,而是每面面镜只看到一个形状与周围的照明有关的光点。如果观察者倾斜显示元件,则面镜的光点例如朝侧面移动,即,取决于面镜设计为凹面镜还是凸面镜,好像光点就处于显示元件平面之前或者优选处于显示元件平面之后。因此,通过按照周期布置微面镜,观察者看到规则的光点网格,光点在显示元件倾斜时优选这样运动,使得它们好像位于一个在后方很远处的平面内。因此,光点网格可以构成用于另一主题的背景,尤其是用于在同样在申请过程中的德国专利申请 DE102009056934.0 中描述的拱曲效应,或者用于具有运动效果的锯齿形显示,如专利文献 EP0868313B1(其中的 [0034] 段或者具有反射的锯齿形结构的图 8) 的全息图结构。

[0032] 为了一方面保护光学元件以防污染和磨损,另一方面有效地防止通过压印表面结构而进行未经许可的复制,所述光学元件有利地嵌入到周围涂层或者周围复合层,尤其是保护层中。这种嵌入通常会改变光斑的悬浮高度,因为嵌入材料与空气之间或者嵌入材料与透镜材料之间的折射率差改变了光路。然而,这种光路的改变可以毫无问题地在设计光学元件时就相应地考虑到,因此在嵌入之后实现了期望的悬浮高度。

[0033] 在一种有利的设计中,所述光学元件设计为压印漆层中的压印结构。如果显示元件设计为至少部分反射的,则压印结构优选设有增强反射的涂层。作为增强反射的涂层尤其考虑使用整面的或者光栅状的金属化层、高折射率的涂层、具有颜色变换效果的薄层元件或胆甾型液晶层。

[0034] 优选地,所述压印结构的结构高度小于 $100\ \mu\text{m}$, 优选小于 $20\ \mu\text{m}$, 特别优选小于 $5\ \mu\text{m}$ 。

[0035] 按照本发明的显示元件可以与以下这些其它防伪特征相结合:例如衍射结构、各种实施变型方案的全息图结构(金属化或未金属化)、亚波长光栅(金属化或未金属化)、在倾斜时显示颜色变换的层系统(半透明或不透明)、衍射的光学元件、折射的光学元件(如棱镜式波束成形器)、特殊的孔形状、具有有针对性地调节形成的导电性能的防伪特征、加工入的带有磁性编码的物质、带有发磷光、发荧光或者辉光效果的物质、基于液晶的防伪特征、磨砂结构、附加的微面镜元件、具有百叶窗效果或者锯齿形结构的元件。能够与按照本发明的显示元件相结合的其它防伪特征记载在专利文献 W02005/052650A2 的第 71 至 73 页,这些特征也被纳入本发明的说明书中。

[0036] 本发明还包含一种用于制造所述类型的折射显示元件的方法,所述显示元件设计并且确定用于在照明时产生由多个光斑构成的光斑图像,所述光斑对于观察者来说显示为悬浮在表面区域的上方或下方并且布置为预先确定的主题的形式。在所述方法中,提供基底,并且在基底的表面区域内布置多个折射和/或反射的光学元件,其中,所述光斑图像的每个光斑均与至少一个折射和/或反射的光学元件对应,在照明所述显示元件时,所述光学元件有助于产生与该光学元件对应的光斑。

[0037] 按照一种有利的方法变型方案,

[0038] - 通过 xy 平面预设具有像点 P_j 和高度值 Z_j 的期望的三维主题,其中,所述像点相当于照明时产生的光斑,

[0039] - 为每个像点 P_j 确定在 0% 至 100% 之间的亮度 I_j ,

[0040] - 为像点 P_j 对应配设开口率 >0.2 的开口圆锥,

[0041] - 通过由像点出发的开口圆锥用 xy 平面剖切得到的截面为每个像点 P_j 确定覆盖

区域 E_j ,

[0042] - 将所述 xy 平面划分为多个粗略范围,并且将所述粗略范围分别划分为多个精细范围,

[0043] - 以所确定的高度值 Z_j 和所确定的亮度值 I_j 为基础,为每个像点 P_j 确定多个需要填充的精细范围,

[0044] - 将为所述像点 P_j 确定的需要填充的精细范围基本上均匀地分配到像点 P_j 的覆盖区域 E_j 内的粗略范围上,并且

[0045] - 为所述需要填充的精细范围布设折射和 / 或反射的光学元件,在照明所述显示元件时,所述光学元件有助于产生与所述像点 P_j 相应的光斑。

[0046] 按照另一种有利的方法变型方案,通过悬浮的光点显示圆雕体。在此,优选基于通过空间中的点、多边形的端点、法相向量和吸收特性(颜色、亮度)描述待显示圆雕体的表面的数据组。

[0047] 这些数据组、适当的数据格式和处理方法原则上对于本领域技术人员来说是已知的,例如VRML(虚拟现实模型语言Virtual Reality Modeling Language)、STL(表面镶嵌语言:Surface Tesselation Language,标准三角语言:Standard Triangulation Language)或者3D-CAD(三维计算机辅助设计:3D-Computer Aided Design)。

[0048] 描述物体表面的数据组例如可以在计算机辅助的技术制图中产生或者通过真正三维物体的3D激光扫描产生。在后一种方法中,在用激光束扫描物体时检测空间中描述物体的点。这些点例如能够以所谓的点云格式保存在计算机中。

[0049] 为了产生圆雕体的3D光斑图像,需要按照以下根据步骤a)至c)示例性描述的那样处理这种数据组:

[0050] a) 照明方案

[0051] 为了使物体表面可见,需要明暗对比。当借助照明方案产生这种明暗对比时,物体变得最自然。为此考虑在物体外部设置一个或多个光源,并且借助兰伯特余弦定理、反射定律或者其它适当的物理定律由虚拟光源的方向、表面法线和吸收特性确定所有相关物体点处的表面亮度。

[0052] b) 产生光点

[0053] 如之前所述,为每个相关物体点在微面镜或微棱镜结构中配设覆盖区域。在覆盖区域内部,按照如上所述的方式这样为某些表面区域布设微面镜或微棱镜,使得物体点以期望的亮度发光。

[0054] c) 遮盖计算

[0055] 最后,圆雕体从观察方向看具有正面和背面,因此一些物体部分被遮盖并且不可见。因此对于每个微型元件(微面镜或微棱镜)需要注意的是,该微型元件只对应于在微型元件-物体点的连接直线上与微型元件距离最近或者最远的物体表面点,这取决于从哪一面观察光斑图像。通过如由3D-CAD本身已知的遮盖计算(例如射线追踪方法或Z缓存方法)确定物体表面的所述点。如果也将实际被遮盖的点包含在光斑图像中,则所述物体看上去是透明的,但这在例外情况下也可能是期望的。

[0056] 最后,本发明还包括一种数据载体,该数据载体具有所述类型的显示元件,其中,所述显示元件尤其可以作为反射的防伪元件布置在数据载体的不透明区域内,或者作为至

少部分透光的防伪元件布置在数据载体的透明窗口区域或通孔之内或之上。数据载体尤其可以是有价文件,如钞票,尤其是纸质钞票、聚合物钞票或者薄膜复合钞票,但也可以是证件卡,如信用卡、银行卡、现金支付卡、质保卡、身份证或者护照的个人信息页。

[0057] 本发明还包括一种具有控制装置和上述类型的显示元件的显示装置,其中,所述显示元件的光学元件的空间定向能够通过控制装置进行调节。以此方式,显示元件可以根据控制显示不同的光斑图像。在此,光学元件空间定向的改变可以非常迅速地进行,使得对于观察者来说产生连续的图像序列的观感。因此,所述显示装置可以作为 3D 显示屏用于各不相同的应用。

[0058] 最后,本发明包括一种用于制造立体全息图的方法,其中,在采集板(例如光聚合物板)中,使用未散射的激光束作为参考波进行干涉,并且使用由上述类型的显示元件反射或者折射的激光束作为对象波进行干涉。在此,对于具有反射光学元件如微面镜的显示元件,将被反射的激光束用作对象波,而对于具有折射光学元件如微棱镜的显示元件,将被折射的激光束用作对象波。

附图说明

[0059] 以下根据附图阐述本发明的其它实施例以及优点,为了提高直观性,附图没有按照比例显示。在附图中:

[0060] 图 1 示出具有按照本发明的防伪元件的钞票的示意图;

[0061] 图 2 示意性地示出本发明的第一种实施例,其具有凹面镜作为反射光学元件;

[0062] 图 3 示出本发明的另一种实施例,其具有凸面镜作为反射光学元件;

[0063] 图 4 示出形式为三维光锥的预设的光斑主题;

[0064] 图 5a 中示出凸面镜,并且图 5b 中示出由菲涅耳镜代替图 5a 中的凸面镜;

[0065] 图 6 示出多个凸面镜的俯视图,在图 6a 中具有正方形基面的面镜,并且在图 6b 中具有不同定向的沟槽形构造的面镜;

[0066] 图 7 示出本发明的另一种实施例,其中折射的光学元件由透镜构成;

[0067] 图 8a 至图 8d 示出四种实施例,其中将拱曲的凹面镜分为具有正方形基面和平坦面镜的微型光学镜元件;

[0068] 图 9 示出按照图 8b 用微面镜布设棋盘状的布置,其中图 8a 示出只具有一组微面镜的中间步骤,并且图 8b 示出用于两个相邻光斑的用两组微面镜进行的完整布设;

[0069] 图 10 示出对图 8 和图 9 的微面镜的平坦面镜的计算;

[0070] 图 11 示出对分解会聚透镜时产生的微棱镜的计算;

[0071] 图 12 示意性地示出具有嵌入式微面镜的防伪元件;并且

[0072] 图 13a 至图 13(c) 示出三种设计方案,其中按照本发明的光斑图像用作立体全息图的模板。

具体实施方式

[0073] 现在以用于钞票的防伪元件为例阐述本发明。为此,图 1 示意性地示出钞票 10,其设有按照本发明的防伪元件 12。所述防伪元件 12 可设计为存在于钞票 10 的不透明区域中的反射式防伪元件,或者可以设计为例如布置在钞票 10 的透明窗口区域上的透明防伪元

件。

[0074] 在例如通过太阳光或顶灯照射时,防伪元件 12 产生对于观察者来说是三维的、由多个光斑组成的光斑图像,所述光斑对于观察者来说显示为分别悬浮在防伪元件 12 的平面的上方或下方。在此,不同的光斑具有不同的悬浮高度,因此所述光斑一起构成三维主题,例如是突伸出钞票的光锥。

[0075] 这个通过照明产生并且从钞票之前或之后突出的光斑图像为观察者提供了非同寻常的、视觉吸引的三维图像观感,外行也可以轻易地检验和记住这种观感。

[0076] 为了阐述本发明的原理,图 2 示出防伪元件 20 的第一种实施例,其中所述三维主题 30 通过三个像点 32 简化地示出。防伪元件 20 包括基底 22,其在表面区域内包含多个小凹面镜 24。因为在附图中只简化地示出了所述主题的三个像点 32,所以相应地也只显示出了三个凹面镜 24。然而应该理解的是,在实际中防伪元件 20 通常具有大量的(例如几十、几百或者甚至几千个)折射和/或反射的光学元件 24。具有大量光学元件的具体例子将在之后进一步描述。

[0077] 回到图 2 的视图,布置在基底 22 的平面中的凹面镜 24 的焦距分别选择为,使得凹面镜 24 在用距离很远的光源 34 照射时产生预设的像点作为光斑 32。更确切地说,光斑 32 是光源的实像,如在图 2 左边部分中通过几何光路 36 表示的那样。

[0078] 通过双眼观察才产生三维图像观感,即观察者 40 感觉光斑 32 悬浮在基底 22 表面上方的一定高度上。为此,必须通过设计凹面镜的布局确保光源 34 的实像 32 分别对于双眼 42 位于重要的光学系统(在此即凹面镜 24)的开口内部。

[0079] 图 2 的右边部分表示,当从光斑 32 观察,凹面镜 24 的开口角度 ω 大于观察者 40 的观察角度 α 时,光斑 32 对于双眼 42 来说正好位于凹面镜 24 的开口内部。在此,开口角度 ω 通过面镜直径 d 和焦距 f 的比例关系给出, $\omega = d/f$, 并且观察角度 α 通过双眼距离 a 和观察距离 b 的比例关系给出,即 $\alpha = a/b$ 。对于通常的双眼距离 $a \approx 6.5\text{cm}$ 和通常的观察距离 $b \approx 30\text{cm}$,得到条件

[0080] $f/d < b/a \approx 5$,

[0081] 也就是这样的条件,即光斑 32 的悬浮高度 f 与产生光斑的凹面镜 24 的直径的比例必须约小于 5。如果凹面镜 24 的直径如图 2 中的实施例例如为 $d=0.5\text{mm}$,则可实现具有三维图像观感的高达 2.5mm 的悬浮高度。

[0082] 折射和/或反射的光学元件可以具有几百 μm 或者甚至几毫米的尺寸,但是可以设计得明显更小。例如,凹面镜可以分为多个微面镜,并且这些微面镜可以分布在基底 22 的确定表面区域上,这将在之后详细阐述。然而无论如何,按照本发明使用的光学元件的尺寸都明显大于光波长,因此可以忽略衍射和干涉效应。因此,光学元件的尺寸尤其有利地大于 $2\mu\text{m}$,优选甚至大于 $5\mu\text{m}$ 。

[0083] 预设主题 30 的光斑 32 对于观察者 40 来说不仅可以悬浮在基底表面 22 之上,也可以悬浮在基底表面 22 之下。为此,参照图 3 在基底 22 的表面区域内布置多个小凸面镜 26,其焦距选择为,使得凸面镜 26 在用距离较远的光源 34 照射时产生预设的像点作为光斑 32。更确切地说,光斑 32 在这种情况下是光源 34 的虚像,这些光斑对于观察者来说显示为悬浮在基底表面之下,如在图 3 的右边部分通过几何光路 38 显示的那样。

[0084] 如果部分主题呈现在基底表面之前,另一部分主题呈现在基底表面之后,则凹面

镜和凸面镜也可以均设置在相同的防伪元件中。为了进行说明,图4示出一种形式为三维光锥50的预设主题,所述三维光锥由多个光斑52组成,这些光斑在不同悬浮高度上悬浮在基底22的表面之上或之下。

[0085] 在图4的实施例中,所有的拱曲面镜具有0.5mm的直径。焦距 f 对于凹面镜为正(高于基底表面的悬浮高度),对于凸面镜为负(低于基底表面的悬浮高度)。按照这种规定,锥体尖部的光斑52-1的悬浮高度为 $f=+2\text{mm}$,而锥体棱边的光斑52-2和52-3悬浮在高度 $f=+1.2\text{mm}$ 或 $f=+0.4\text{mm}$ 处。具有正悬浮高度的光斑52-1至52-3由凹面镜产生,如原则上已经在图2中阐述过的那样。

[0086] 在锥体50中继续向外,光斑52-4和52-5的悬浮高度为 $f=-0.4\text{mm}$ 或 $f=-1.2\text{mm}$,也就是对于观察者来说悬浮在基底表面22之下。最后,锥体基部由光斑52-6构成,其悬浮高度为 $f=-2\text{mm}$,因此比锥体尖部52-1低4mm。

[0087] 对于所有光斑52均满足条件 $|f|/d < 5$,因此锥体50对于观察者来说在正常观察距离下真正三维地显示并且看上去从下向上贯穿基底平面。

[0088] 光斑的悬浮高度由拱曲面镜的曲率半径确定,如在图5a中示例性地对于凸面镜60示出的那样。在直径为 d 并且曲率半径为 r 时,凸面镜60的焦距为 $f=r/2$ 。例如在镜直径 $d=0.5\text{mm}$ 时,对于 $f=2\text{mm}$ 的焦距或悬浮高度需要 $r=4\text{mm}$ 的曲率半径。在这种情况下,凸面镜的结构高度通过关系式 $h*(2r-h)=(d/2)^2$ 得出 $h=7.8\mu\text{m}$ 。

[0089] 在此,视所期望的悬浮高度,可能产生对于所期望的应用高度 h 太大的面镜结构,例如因为超过了压印层中允许的最大压印高度或压印深度。在这情况下,可以用相应的菲涅耳镜62代替图5a的凸面镜60,所述菲涅耳镜62具有明显较小的结构高度 h_f ,如图5b所示。在此,只要菲涅耳区域64的区域宽度 z 相对光波长较大,尤其是只要 $z > 2\mu\text{m}$,就可以任意地选择该区域宽度 z 。除此以外,菲涅耳区域64的宽度 z 不影响菲涅耳镜62的光学效果。

[0090] 如果防伪元件的拱曲面镜具有多个不同的焦距,则光斑图像的光斑就具有多个在基底表面之上和/或之下的不同悬浮高度,由此形成真正三维的主题。然而在一些设计方案中也可以规定,将所有拱曲面镜设计具有相同的焦距,因此光斑图像的所有光斑具有相同的悬浮高度。以此方式形成背景主题,其悬浮在基底表面之上或之下的确定高度上。

[0091] 所述拱曲面镜不一定是呈球形拱曲的。作为按照本发明的光学元件也可以例如使用椭球形凹面镜或凸面镜,其在 x 和 y 方向上具有不同的面镜曲率。因为拱曲面镜的焦距 f 如上所述地与曲率半径 r 成比例,所以在椭球形拱曲的面镜旋转时,对应光斑对于观察者的悬浮高度 f 也改变。

[0092] 如果预设主题至少部分具有椭球形凹面镜或凸面镜,则在旋转所述结构时,各部分的聚焦平面中的光斑升高到背景之前或者降低到背景中。如果将在旋转时升高或降低的光斑与在旋转时未改变的光斑(对于眼睛来说是静止的参考点)相结合,则这种效果特别明显。

[0093] 参照图6a的俯视图,例如具有矩形或正方形基面的多个拱曲面镜70可布置在防伪元件的表面区域72中。

[0094] 侧向视差,即沿观察者40的双眼42的连接线的视差已经足够使观察者产生三维图像观感。因此,拱曲面镜74、76、78也可以设计为沟槽形,如图6b的俯视图所示的那样。

沟槽形拱曲的面镜只在一个方向上（即垂直于沟槽）具有不为零的曲率，而在沟槽方向上曲率为零。

[0095] 通过由沟槽形拱曲的面镜 74、76、78 构成的图像同样能够实现吸引人的视觉效果。在此，在适当的观察角度下，光斑以悬在空气中的发光线条的形式悬浮地呈现在基底表面之上或之下。

[0096] 因为双眼是并排的，所以在 3D 沟槽图像中，垂直于双眼 42 的连接线延伸的沟槽 74 产生最强的空间效果。但是倾斜延伸的沟槽 76 也具有垂直部分，因此同样产生具有三维效果的光斑图像。

[0097] 如果这样旋转 (80) 具有倾斜地位于图像平面中的沟槽 76 的图像，使得沟槽垂直竖立，则三维效果增强。而如果观察者将沟槽 76 旋转为水平的，则三维观感减小。在如图 6b 所示包含具有不同沟槽 74、76、78 定向的防伪元件中，在旋转 (80) 该装置时，各部分区域的光斑升高到背景之前或者降低到背景之中。

[0098] 在此，沟槽形的拱曲面镜既理解为沟槽形凹面镜也理解为沟槽形凸面镜。沟槽形凹面镜产生悬浮在基底表面上方的光斑，而沟槽形的凸面镜产生悬浮在基底表面下方的光斑。

[0099] 此外，沟槽形拱曲的面镜不一定如图 6b 所示那样直线延伸，而是也可以设计为曲线形。通过这种设计方案也可以实现吸引人的视觉效果。

[0100] 在本发明的另一种在图 7 中说明的变型方案中，光学元件不是由反射面镜而是由折光（折射）的透镜构成。在这种情况下，折射的防伪元件 90 是一种透明防伪元件，观察者 40 朝理想情况下距离很远的光源 95 透视地检验这种透明防伪元件的真伪。

[0101] 作为透镜既考虑会聚透镜 92 也考虑发散透镜 96，其中，从观察者 40 观察，会聚凸透镜 92 产生悬浮的光斑 94 作为防伪元件 90 上方的实像，并且发散凹透镜 96 产生悬浮的光斑 98 作为防伪元件 90 下方的虚像。

[0102] 所述透镜尤其可以是球形的、椭球形的或者圆柱形的。圆柱形透镜产生线条状光斑，对于椭球形透镜，光斑的悬浮高度在旋转防伪元件时改变，如以上关于椭球形面镜已经描述的那样。对于图 7 所示的平面凸透镜或平面凹透镜 92、96，在透镜材料相对空气的折射率为 $n=1.5$ 时，直径 d 、曲率半径 r 、焦距 f 和透镜高度 h 适用：

[0103] $f=2*r$ 和

[0104] $h*(2r-h)=(d/2)^2$

[0105] 因此，在已知透镜直径 d 和已知期望悬浮高度 f 时，可以确定透镜的曲率半径 r 和结构高度 h 。如果透镜的结构高度对于期望的应用太大，则所示透镜也可以由相应的菲涅耳透镜代替，如与图 5 的菲涅耳镜相关地阐述的那样。在此也需要注意，菲涅耳区域的区域宽度比光波长度更大，但除此之外可以任意选择。

[0106] 在至此所述的实施例中，光斑图像的每个光斑正好与一个在照射时产生该光斑的光学元件，即凹面镜 24（图 2）、凸面镜 26（图 3）、会聚透镜 92 或发散透镜 96（图 7）对应。然而在这种设计方案中，光斑图像中可达到的分辨率（即光斑图像中的两个光斑的最小距离）被限制为拱曲面镜或透镜的直径 d 。该直径又通过上述用于三维图像观感的条件 $f/d < 5$ 而与光斑的悬浮高度有关。因此，只在悬浮高度较小并因此三维效果较小时才能实现光斑图像中较高的分辨率。

[0107] 为了尽管如此在悬浮高度大小不变的情况下在所产生的光斑图像中得到更高的分辨率,在至此的实施例中所使用的较大面镜或透镜分别被多个较小的微面镜或微棱镜代替,这些微面镜或微棱镜一起基本上具有与原始光学元件相同的光学效果。以下将微面镜和微棱镜共同简称为微型光学镜元件。

[0108] 由此,光斑图像的每个光斑与多个微型光学镜元件形式的光学元件对应。在此,光斑图像中更高的分辨率通过以下方式实现,即,微型光学镜元件并不是连续地并排地,而是彼此间隔地分布在表面区域上。由此,某一光斑的光学元件的间隙可以布设与其它光斑对应的光学元件。以此方式,可以在相同的表面区域内彼此嵌套地设有分别与不同光斑对应的多组微型光学镜元件。

[0109] 由此,光斑图像中两个光斑的最小距离不再通过原始的较大面镜或透镜的尺寸给出,而是通过原始面镜或透镜分成的微型光学镜元件的多个较小尺寸给出。

[0110] 此外,在将拱曲面镜或弯曲透镜分为多个微型光学镜元件时,微型光学镜元件的理论上首先同样是弯曲的表面由于其较小的尺寸通常也可由平坦表面代替。尤其当微型光学镜元件的尺寸小于观察情况的分辨能力时,保持这种代替,而无对产生的光斑图像不利的影响。产生的优点是,具有平坦表面的微型光学镜元件更容易计算和制造。因此,在这种观点下甚至可以推荐,当不期望或不需多组微型光学镜元件的嵌套时,将拱曲的面镜或透镜分为具有平坦表面的较小的微型光学镜元件。

[0111] 为了进行说明,在图 8a 至图 8d 中示出了四种实施例,其中拱曲的凹面镜分为具有正方形基面和平坦面镜的微型光学镜元件 100。在图 8a 的实施例中,用于产生光斑的凹面镜由 $n \times n$ 个微面镜 100 构成的装置代替,所述微面镜 100 彼此无间隔地并排布置在防伪元件的表面中。微面镜 100 具有例如 $50 \mu\text{m} \times 50 \mu\text{m}$ 的尺寸并且可以设计具有平坦的面镜,而不影响成像质量。微面镜的数量 $n \times n$ 例如为 10×10 ,因此微面镜占据的总面积为 $0.5\text{mm} \times 0.5\text{mm}$ 。平坦面镜定向的计算将在之后参照图 10 进行阐述。本领域技术人员可以看出,平坦微面镜 100 的计算和制造明显比相同光学效果的拱曲凹面镜的计算和制造简单。

[0112] 图 8b 的实施例示出这种设计方案,其中拱曲凹面镜首先如图 8a 那样由多个具有平坦面镜的微面镜 102 代替。但是微面镜 102 呈棋盘状地布置在防伪元件的表面区域内,以便每两个面镜位置就有一个是空的。这些目前未被占据并且在附图中显示为白色的区域 104 随后可以由与另一光斑对应的微面镜占据。

[0113] 光斑图像的分辨率可以通过微面镜组的这种嵌套明显提高:如果例如两个悬浮在 5mm 高度处的光斑只相隔 0.2mm 地并排布置,则为此需要焦距为 $f=5\text{mm}$ 的拱曲面镜或透镜。如上所述,光学元件的直径和焦距必须足够条件 $f/d < 5$ 的三维效果,由此对于所做的预设得出光学镜直径 $d > 1\text{mm}$ 。也就是说,并排设置的拱曲面镜或透镜必须间隔大于 1mm ,因此以这种方式不能达到所要求的 0.2mm 的分辨率。

[0114] 而如果使用如图 8b 的分割方法,其中仅每两个具有 $50 \mu\text{m} \times 50 \mu\text{m}$ 大小的微面镜 102 的区域用于产生第一光斑,则位于其间的区域 104 就可以布设产生位于旁边 0.2mm 的第二光斑的微面镜。条件 $f/d < 5$ 要求光学镜直径大于 1mm ,这例如可通过 12×12 个空闲区域 104 以及 12×12 个微面镜 102 的棋盘状布置并且因此 $d=2 \times 12 \times 50 \mu\text{m}=1.2\text{mm}$ 实现。由微面镜组 102 产生的光斑和由布置在区域 104 中的微面镜产生的第二光斑的最小距离为 $50 \mu\text{m}$,因此可以毫无问题地达到所要求的 0.2mm 的分辨率。

[0115] 在图 9 中以剖面图再次说明按照图 8b 布设微面镜的棋盘状结构。参照图 9a, 每两个区域中的一个布设 $50\ \mu\text{m} \times 50\ \mu\text{m}$ 大小的用于产生第一光斑 110 的微面镜 102。微面镜 102 构成全部与同一光斑 110 对应并且在照射时共同产生该第一光斑的微面镜组。

[0116] 位于微面镜 102 之间的区域 104 用于布设与其它光斑对应的微面镜。在极端情况下, 区域 104 可以布设用于产生光斑 112 的微面镜 106, 所述光斑 112 只与第一光斑 110 间隔微面镜直径 d_m (在实施例是 $50\ \mu\text{m}$) 大小的距离, 如在图 9b 中说明的那样。

[0117] 由图 9 可以看出, 在面镜交替布置时, 微镜组 102、106 的镜直径由 $d=2*n*d_m$ 给出, 其中, n 表示某组的微面镜在某一空间方向上的数量。因此, 通过适当选择 n , 尽管分辨率 d_m 较高, 也可以使镜直径 d 始终足够大以满足条件 $f/d < 5$ 。

[0118] 回到图 8 的视图, 应该理解的是, 对防伪元件表面区域的布设可以根据待嵌套的微型光学镜元件组的期望数量进行选择。例如也可以只为每四个区域中的一个布设与某一光斑对应的微面镜 102, 如图 8(c) 所示。随后可以为在该图中显示为白色的目前仍空闲的区域 104 布设与最多三个其它光斑对应的微面镜。在另一种设计方案中, 每九个区域中的一个布设与某一光斑对应的微面镜 102, 如图 8d 所示。随后可以为在该图中显示为白色的当前仍空闲的区域 104 布设与最多八个其它光斑对应的微面镜。

[0119] 微面镜的平坦面镜的计算在图 10 中说明。在横截面中示出按照图 8b 和图 9a 的设计方案的一些微面镜 102 和位于其间的空闲区域 104。

[0120] 为了计算, (x_0, y_0, z_0) 表示待产生的光斑 110 的位置, 其中 $z_0 > 0$, $(x, y, 0)$ 表示待计算的面镜元件的位置。 \vec{n} 是面镜在位置 $(x, y, 0)$ 处的法向量, \vec{k} 是入射光束的方向向量并且 \vec{p} 是反射光束的方向向量。

[0121] 分别这样地确定面镜的位置即法向量 \vec{n} , 使得从预设方向 \vec{k} 入射的光对于所有与光斑 110 对应的微面镜 102 均反射到焦点 (x_0, y_0, z_0) 上。这按照本发明通过以下关系实现:

$$[0122] \quad \vec{n} = \frac{\frac{\vec{p}}{|\vec{p}|} - \frac{\vec{k}}{|\vec{k}|}}{\left| \frac{\vec{p}}{|\vec{p}|} - \frac{\vec{k}}{|\vec{k}|} \right|}}, \quad \vec{p} = \begin{pmatrix} x_0 - x \\ y_0 - y \\ z_0 \end{pmatrix}, \quad |\vec{p}| = \sqrt{(x_0 - x)^2 + (y_0 - y)^2 + z_0^2}$$

[0123] 如果光源 120 处于位置 (x_L, y_L, z_L) 处, 则

$$[0124] \quad \frac{\vec{k}}{|\vec{k}|} = \frac{\begin{pmatrix} x_L - x \\ y_L - y \\ z_L \end{pmatrix}}{\sqrt{(x_L - x)^2 + (y_L - y)^2 + z_L^2}}$$

[0125] 如果微镜组 102 设计为光垂直入射, 则

$$[0126] \quad \frac{\vec{k}}{|\vec{k}|} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ -1 \end{pmatrix}$$

[0127] 因此得到法向向量 \vec{n}

$$[0128] \quad \vec{n} = \frac{\frac{\vec{p}}{|\vec{p}|} + \frac{\vec{k}}{|\vec{k}|}}{\left| \frac{\vec{p}}{|\vec{p}|} + \frac{\vec{k}}{|\vec{k}|} \right|} = \frac{\begin{pmatrix} x_0 - x \\ y_0 - y \\ z_0 + \sqrt{} \end{pmatrix}}{\sqrt{(x_0 - x)^2 + (y_0 - y)^2 + (z_0 + \sqrt{})^2}}$$

[0129] 其中,使用了简写

$$[0130] \quad \sqrt{} = \sqrt{(x_0 - x)^2 + (y_0 - y)^2 + z_0^2}$$

[0131] 以类似的方式,可以计算其焦点 (x_0, y_0, z_0) (其中 $z_0 < 0$)位于防伪元件平面下方的微面镜的法向向量 \vec{n} 。为此,按照本发明基于以下关系,

$$[0132] \quad \vec{n} = \frac{\frac{\vec{p}}{|\vec{p}|} + \frac{\vec{k}}{|\vec{k}|}}{\left| \frac{\vec{p}}{|\vec{p}|} + \frac{\vec{k}}{|\vec{k}|} \right|}$$

[0133] 其它计算如对于凹面镜那样进行。

[0134] 弯曲透镜可以在切分为微型光学镜元件时通过较小的微棱镜校准,当微棱镜的尺寸小于观察情况的分辨率能力时,可使用所述微棱镜实现相同的光学效果,但微棱镜的计算和制造更简单。

[0135] 在图 11 中,为了说明如图 8b 的棋盘状切分,以横截面示出了一些微棱镜 122。与对于微面镜 102 的操作类似,对于微棱镜 122 也可以这样计算法向向量 \vec{n} ,使得由光源 120 入射的光分别向光斑 110 的期望位置折射。图 11 中空闲的区域 124 可以布设与另一光斑对应的微棱镜。

[0136] 在所有描述的变型方案中,折射和/或反射的光学元件也可以嵌入到周围材料中或者配设有保护层。通过这种嵌入,光学元件一方面起到保护作用以防止污染和磨损,另一方面有效地防止了通过表面结构的压印而进行未经允许的复制。

[0137] 在图 12 中针对具有微面镜 132 的防伪元件 130 示意性地示出了所述嵌入。通过将微面镜 132 嵌入透明保护层 134 中并且由此使保护层 134 表面 136 处的折射率跳跃变化,所产生的光斑 140 的位置相对在未嵌入的微面镜布置情况下的光斑位置 142 改变。更确切

地说,在将微面镜 132 嵌入折射率为 n 的保护层中时,由微面镜 132 产生的光斑 140 的悬浮高度大约改变系数 $1/n$ 。一般的保护漆层 134 的折射率大约为 $n=1.5$,因此光斑的悬浮高度相对于为暴露的应用计算的悬浮高度小约 $2/3$ 。通常在设计微面镜布置时就已经考虑到了这种改变,因此在嵌入后可以达到期望的悬浮高度。

[0138] 对于嵌入的棱镜或透镜,可以在计算光束折射时相应地考虑棱镜或透镜材料与嵌入材料之间的折射率差。

[0139] 为了产生视觉上吸引人的三维光斑图像,光斑应该能够具有不同的亮度。在此也可能期望的是,光斑(即主题的悬浮在空间中的点)从不同方向观察看上去亮度不同。光斑的这种不同亮度在本发明的范围内能够以不同方式产生。例如为此可以根据期望的最大亮度的几分之几来遮住与某一光斑对应的光学元件的光线。

[0140] 然而当前优选的是,在分为微型光学镜元件之后通过布设有微型光学镜元件的面积比例,或者通过每个空间角度内对应某一光斑的区域的数量,来调节光斑的亮度。由此形成不包含指向光斑的面镜或棱镜并且需要保持暗的图像区域。

[0141] 这种图像区域例如可以通过以下方式之一产生。在第一种变型方案中,在面镜反射的光斑图像中较暗的部分配有光收集器,例如配有亚波长结构如蛾眼结构(Mottenaugenstruktur),或者配有带陡峭侧边的漏斗形反射结构,其中入射的光很少甚至根本不被反射回来。然而由于陡峭的侧边,这种光收集器不易制造。因此规定,为面镜反射的光斑图像中的暗的部分配设这样定向的面镜,使得其中不包含光源的空间区域进行反射。为此,所述面镜例如可以指向观察者的身体。

[0142] 对于透明防伪元件,暗的部分优选配备有棱镜,所述棱镜使朝向观察者眼睛方向的光束折射到不具有光源的区域,例如地面中。

[0143] 布置有光学元件的表面区域不一定是平坦的,而是可以按任意方式弯曲。如果光学元件由较小的微型光学镜元件构成,则这一点特别容易实现。因为为每个微型光学镜元件计算法向量(图 10 和图 11),所以可以在没有较大附加耗费的情况下考虑防伪元件表面的定向和局部位置,如以下以微面镜布置为例阐述的那样:

[0144] 如果 (x_0, y_0, z_0) 如上面一样表示期望光斑的位置, (x, y, z) 表示微面镜在空间中的位置,其中该位置包括防伪元件的弯曲表面, \vec{n} 进一步表示微面镜在位置 (x, y, z) 处的法向量, \vec{k} 表示入射光束的方向向量并且 \vec{p} 表示微面镜朝向光束的方向向量,则按照本发明:

$$[0145] \quad \vec{n} = \pm \frac{\frac{\vec{p}}{|\vec{p}|} \mp \frac{\vec{k}}{|\vec{k}|}}{\left| \frac{\vec{p}}{|\vec{p}|} \mp \frac{\vec{k}}{|\vec{k}|} \right|}, \quad \vec{p} = \begin{pmatrix} x_0 - x \\ y_0 - y \\ z_0 - z \end{pmatrix}, \quad |\vec{p}| = \sqrt{(x_0 - x)^2 + (y_0 - y)^2 + (z_0 - z)^2}$$

[0146] 其中,上部符号适用于 $z_0 > 0$,即悬浮在基底平面上方的实像,而下部符号适用于 $z_0 < 0$,即悬浮在基底平面下方的虚像。

[0147] 在本发明的一种扩展设计中,防伪元件也可以在照明时产生光斑变换图像,其中

对于观察者来说可以从不同的方向看到不同的图像。为此,例如对于反射式防伪元件可以如下操作,对于透明防伪元件的操作方式是类似的:

[0148] 防伪元件应在侧向倾斜时显示从光斑图像 A 到光斑图像 B 的变换图像。首先,为两个光斑图像确定所需的光学元件,其在照明时产生所述光斑图像。在此,如与图 8 至图 10 相关地描述的那样,为每个光斑对应配设多个光学元件,在此是多个微面镜。

[0149] 因此,在将微面镜布置在防伪元件的表面区域中时,对于光斑图像 A 去掉法向向量的 x 分量 n_x 大于零的微面镜。由此,面镜位置的一半是空闲的并且图像只能在有限的角度范围内被看到。

[0150] 对于光斑图像 B 去掉法向向量的 x 分量 n_x 小于零的微面镜。用这种减小的面镜结构占据光斑图像 A 空出的面镜位置。在所述结构侧向倾斜时,可以交替地看到光斑图像 A 和光斑图像 B。

[0151] 防伪元件也可以例如通过以下方式设计为垂直倾斜,即,对于光斑图像 A 去掉法向向量的 y 分量 n_y 大于零的微面镜,并且对于光斑图像 B 去掉 $n_y < 0$ 的微面镜。由此将可见区域有限的减小的面镜结构混合到防伪元件的表面区域上。

[0152] 当然,代替上述条件,也可以使用其它标准来区分变换图像的光斑图像。例如可以通过条件

[0153] 对于图像 A : $n_y > c_1$, 对于图像 B : $c_1 < n_y < c_2$, 对于图像 C : $n_y < c_2$,

[0154] 通过两个数值 $c_1 < c_2$, 三个光斑图像 A、B、C 在垂直倾斜时变换。通过选择数值 c_1 和 c_2 可以按期望地调节可见区域的大小。

[0155] 除了在多个 3D 光斑图像之间进行变换,也可以考虑在一个或多个 3D 光斑图像与一个或多个以其它方式产生的图像之间进行变换。

[0156] 也可以推荐在光斑图像中将三维主题与二维主题相结合,在所述二维主题中,所有像点位于相同高度上,优选位于防伪元件平面的高度上或者在防伪元件平面之后。也就是说,这种二维光斑主题即使在照明条件较差时也可被良好地识别。如果例如将二维前景主题与三维背景主题相结合,则即使在光照情况较差时光斑图像也不会完全消失,而是只减少为更稳定的二维前景主题。因此在光照条件较差时也仍可以检验真伪。

[0157] 也就是说,光斑图像除了从确定观察角度可见的悬浮式 3D 光斑外也可以包含从相同或其它的观察角度可见的二维区域。2D 和 3D 部分可以并排设置和 / 或在观察方向改变时交替地呈现在相同位置上。

[0158] 在 2D-3D 图像中,除了具有三维作用的部分(可在防伪元件平面之前或之后看到或者贯穿防伪元件平面)还在防伪元件平面的高度上或者靠近防伪元件平面具有二维作用的部分(高度级为零或者接近高度级零)。

[0159] 对于高度为零的区域,可以基于计算用于位于较低高度上(例如高度为 0.5mm)的具有期望观察角度范围的光点的面镜或棱镜布设。在此包含了所有控制指定空间角度的法向向量。对于悬浮的光点,微面镜或微棱镜需要这样在防伪元件平面中分类,使得控制该空间中的某些点,而由此计算的微面镜包括其倾角必须按照统计学地分布在设置用于高度为零的区域内。由此不会照射空间中的确定点,而是按照期望地控制空间角度。对于更小的光强度,通过例如并不是所有像素都被占据或者并不占满像素来将所述按照统计学混合布设的表面相应地构造为有空隙的。

[0160] 按照另一种扩展设计,光斑图像除了公开可见的图像信息还附加地具有隐藏的图像信息(隐藏图像)。为此,公开图像信息的光学元件彼此间隔地布置,并且空隙至少部分地被隐藏图像信息的光学元件占据。

[0161] 隐藏的图像信息例如可以通过以下方式产生,即,对应的光斑配有非常小的开口角度,例如对于平行光 $\theta=0$ 的开口角度。

[0162] 隐藏图像信息的光斑也可以配有不同方向,所述方向彼此距离较远,使得在观察时不借助辅助器件检测不到关联的图像。为了检验真伪,可将图像接收到承影毛玻璃上。隐藏图像信息的方向优选在观察公开的 3D 光斑图像的方向之外,因此不能轻易地识别出存在隐藏图像。

[0163] 在一种有利的设计方案中,隐藏图像信息的光学元件部分或全部地布置在防伪元件紧密相邻地部分区域中,并且在必要时在防伪元件表面上重复多次。隐藏图像信息随即可以通过窄的激光束的照射逐渐地或者完整地检测到并且投影到适当设置的屏幕上。

[0164] 以下更详细地描述制造一般三维光斑图像时的一种特别优选的操作方式。

[0165] 首先通过 xy 平面定义具有像点 P_j 和高度值 Z_j 的期望三维主题,其中,所述像点相当于在照射时产生的光斑。对于约为 30cm 的正常观察距离,像点距离在此应处于 0.1 至 0.5mm 的范围内。接下来为像点 P_j 对应配设在 0% 至 100% 之间的亮度 I_j 。随后为像点对应配设开口率 >0.2 (例如开口率为 0.4) 的开口圆锥。对于每个像点 P_j ,由像点出发的开口圆锥用 xy 平面剖切得到的截面在该处定义出朝向像点 P_j 的覆盖区域 E_j 。

[0166] xy 平面本身被划分为较大的第一范围或区域,例如尺寸为 $0.1\text{mm} \times 0.1\text{mm}$ 。接下来将每个所述较大的范围划分为较小的第二范围或区域,例如大小为 $10\ \mu\text{m} \times 10\ \mu\text{m}$ 。以下将所述较大的范围称为粗略范围,将所述较小的范围称为精细范围。

[0167] 在每个像点 P_j 的覆盖区域 E_j 中,为该像点预定以高度值 Z_j 和亮度值 I_j 为基础确定的数量的精细范围。例如精细范围数量可以与亮度值成正比并且与 $(Z_j)^\alpha$ (指数为 $\alpha > 1$) 成反比地选择,对于由沟槽形面镜或圆柱形透镜构成的光斑, $\alpha = 1$,对于由二维聚焦透镜或面镜构成的光斑, $\alpha = 2$ 。之后,为像点 P_j 预定的精细范围基本上均匀地分配到像点 P_j 的覆盖区域 E_j 内的粗略范围上。

[0168] 在此,每个粗略范围内的精细范围的数量中还可以加入校正因子,其例如如下确定:首先在没有校正因子的情况下在每个粗略范围内加上待布设的属于不同像点 P_j 的精细范围的数量。由此产生对总共布设在每个粗略范围内的精细范围的数量布设建议。

[0169] 如果对于所有粗略范围,布设精细范围的数量小于最大可能数量,则校正因子可以选择大于 1,并且将布设数量与该校正因子相乘,从而在一些粗略范围内达到最大布设数量。而如果布设的精细范围的数量超过了最大布设数量,则相应地选择校正因子小于 1,在乘以该校正因子后使得布设数量小于或等于最大布设数量。如果只在较少的粗略范围内超过了最大布设数量,则也可以不进行均匀减少而只将最大的布设强度削减至最大布设数量,或者将超过最大值的粗略范围内的精细范围推移到相邻的粗略范围内。

[0170] 由此得到的布设数量现在可以在防伪元件的表面区域内实现。在布设的精细范围内布置面镜或棱镜,它们将入射光反射或者折射到相应的光斑上。在保持空闲的防伪元件表面区域中可以装入附加的防伪元件,例如可以在该处装入上述类型的隐藏图像。

[0171] 按照本发明的光斑图像也可以用作立体全息图的主件,以下根据三个设计方案参

照图 13 进行说明。

[0172] 在图 13a 的实施例中,具有带微面镜的反射式 3D 光斑图像的显示装置 40 用作主件,所述光斑图像计算用于光垂直入射。光聚合物板 142 用作立体全息图的采集板。所述光聚合物板 142 布置在显示装置 140 之前,因此采集激光 144 的激光束在光束发散装置 146 之后作为参考波 148 垂直入射到光聚合物板 142 上。激光束的一部分射穿光聚合物板 142,垂直入射到显示装置 140 上并且当在显示装置 140 上反射后形成对象波,所述对象波在光聚合物板 142 中与参考波 148 进行干涉。由此在光聚合物板 142 中产生布拉格光栅,该布拉格光栅作为立体光栅图像显示与用作主件的显示装置 140 的 3D 光斑图像相同的 3D 图像。

[0173] 在图 13b 的变型方案中,用作主件的显示装置 140 包含反射的 3D 光斑图像,其计算用于光与垂线成一定角度入射。相应地,以该角度给显示装置 40 和布置在显示装置之前的光聚合物板 142 施加激光束。通过参考波 148 和在射穿光聚合物板 142 后由显示装置反射的对象波的干涉,在光聚合物板 42 中产生立体光栅图像,该立体光栅图像显示与用作主件的显示装置 140 的 3D 光斑图像相同的 3D 图像。

[0174] 最后,在图 13(c) 的实施例中,具有带微棱镜的折射式 3D 光斑图像的显示装置 140 用作主件,所述光斑图像计算用于光垂直入射。在此,通过光束分配器 150 和折射镜 152 从对置侧给显示装置 140 和布置在显示装置之前的光聚合物板 142 施加激光束。参考波 148 和由显示装置 140 折射的对象波在光聚合物板 142 内干涉,并且由此产生立体光栅图像,其显示与用作主件的显示装置 140 的 3D 光斑图像相同的 3D 图像。

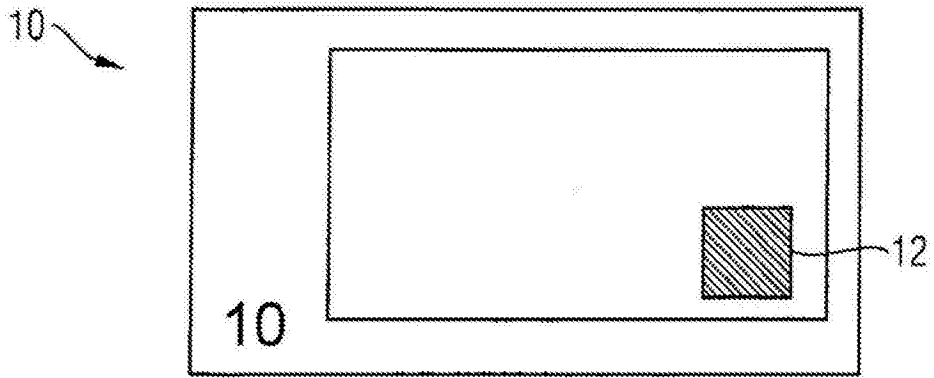


图 1

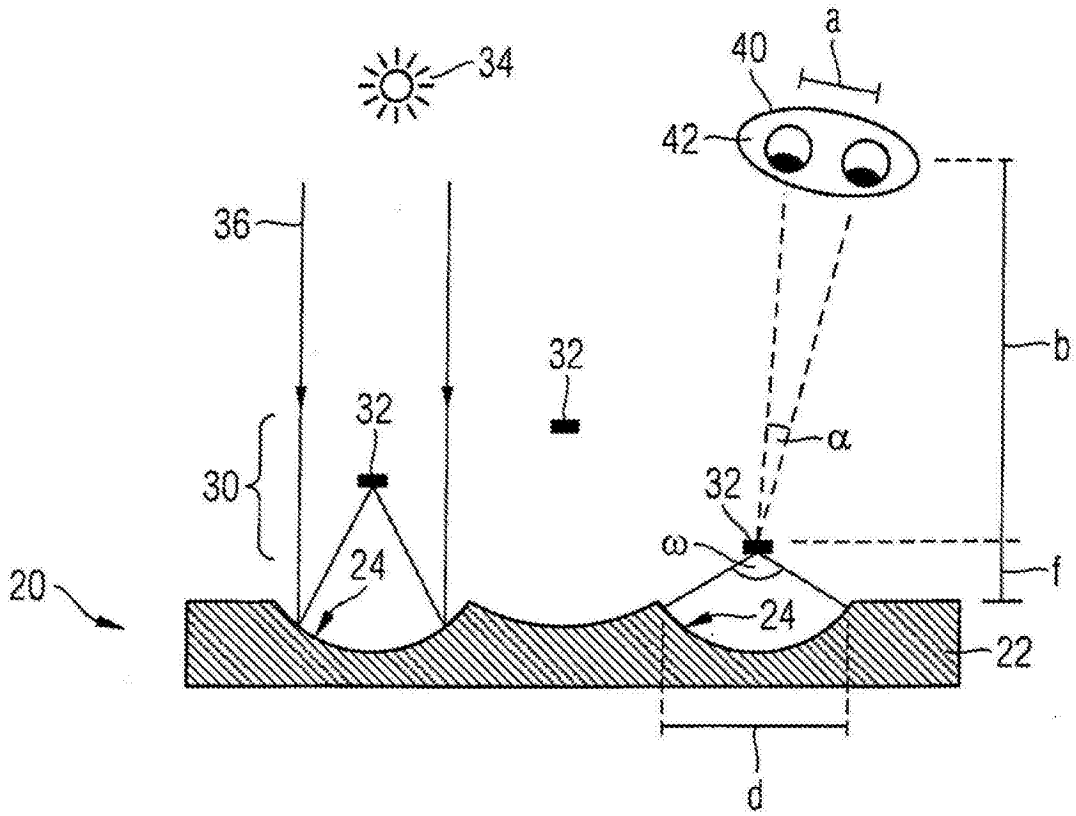


图 2

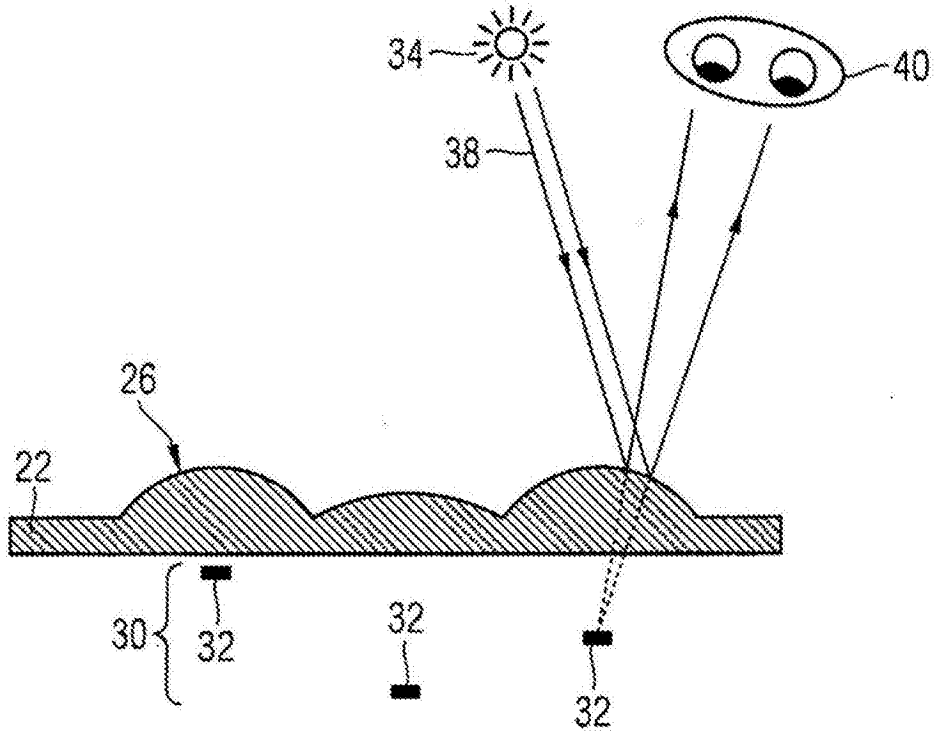


图 3

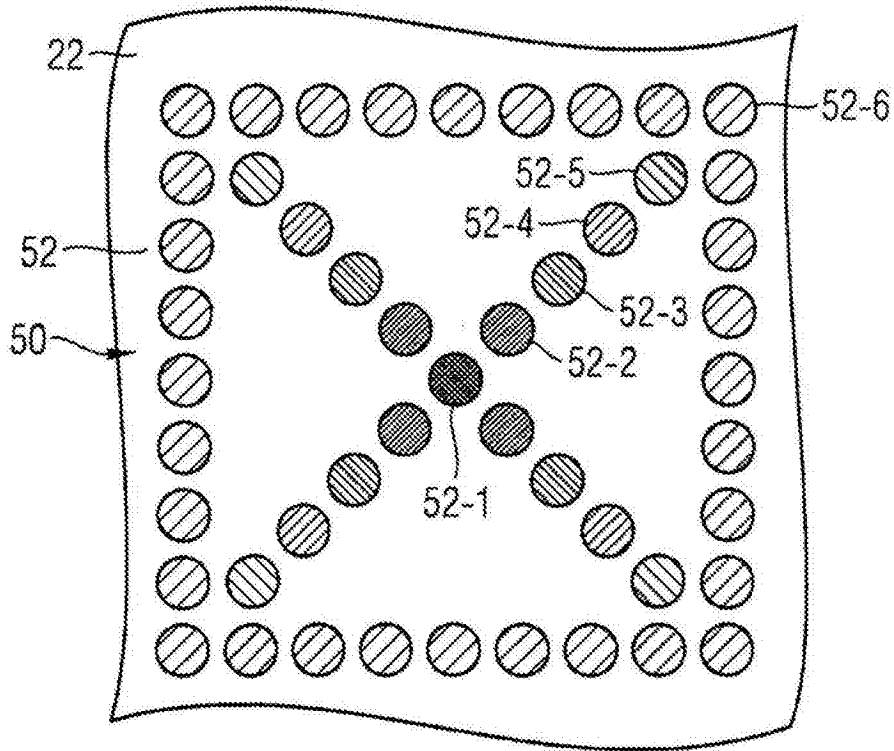


图 4

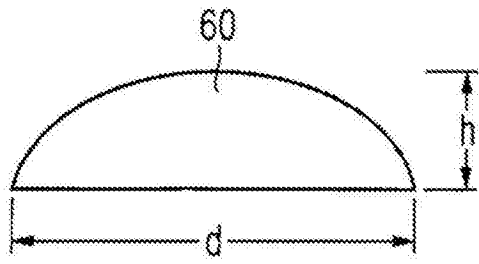


图 5a

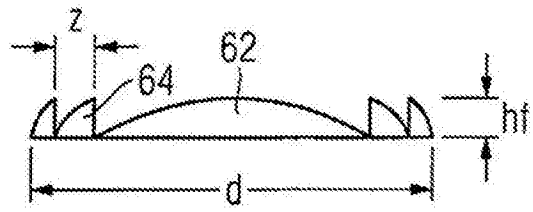


图 5b

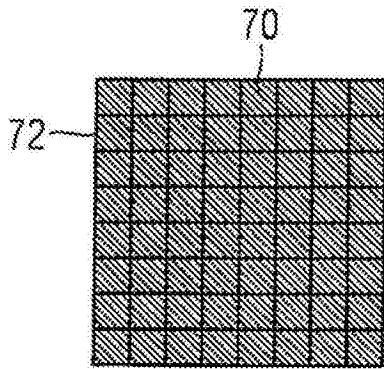


图 6a

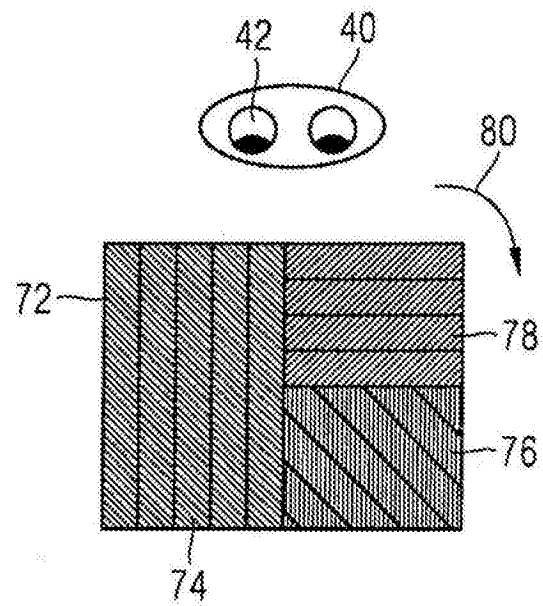


图 6b

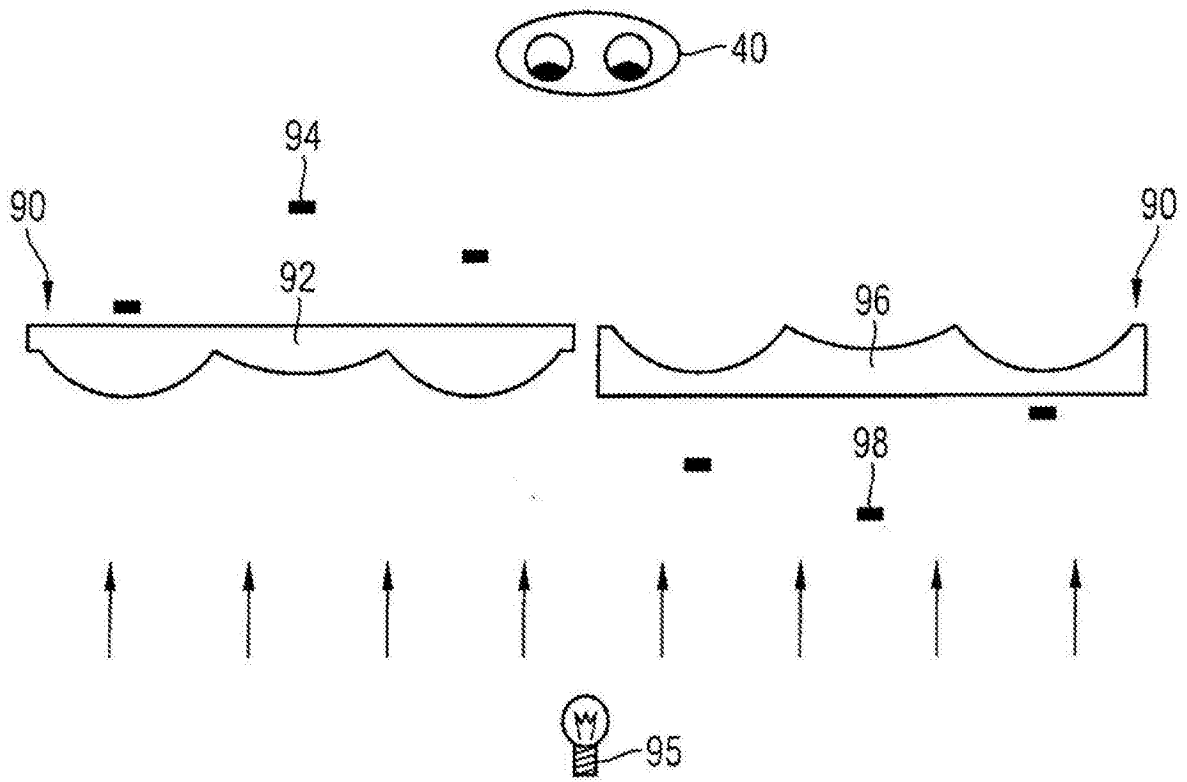


图 7

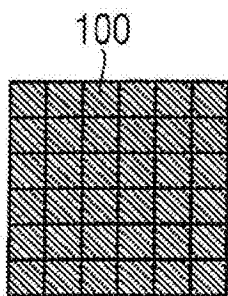


图 8a

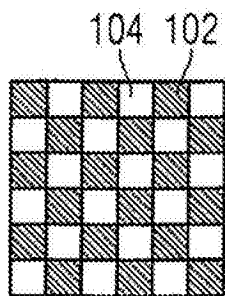


图 8b

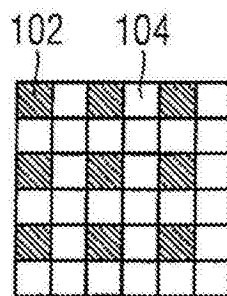


图 8c

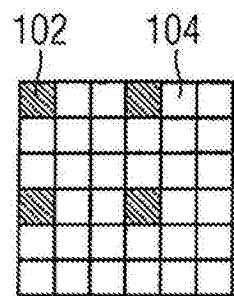


图 8d

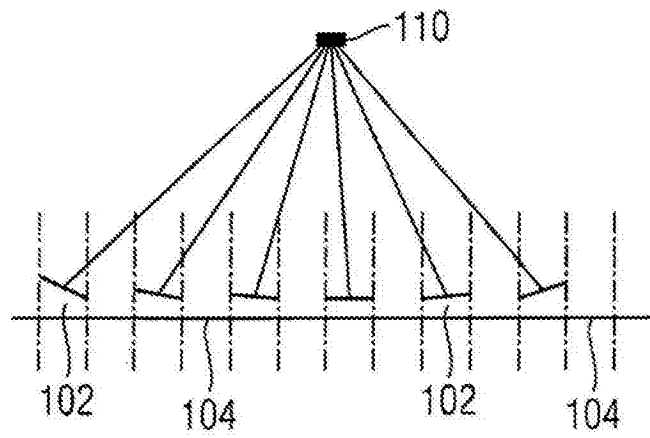


图 9a

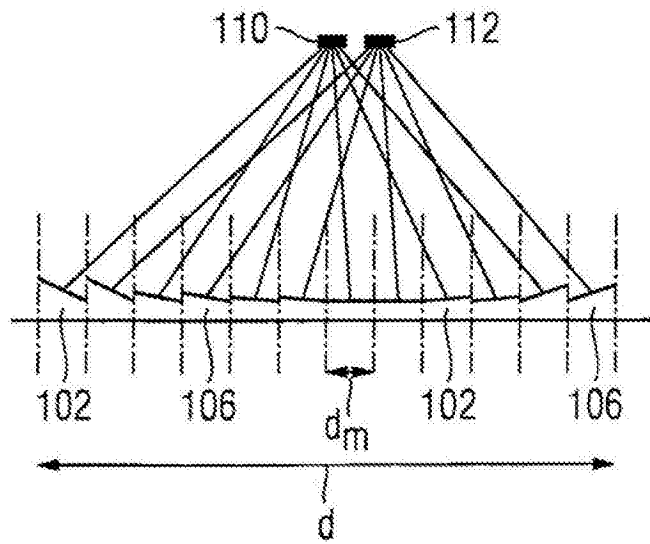


图 9b

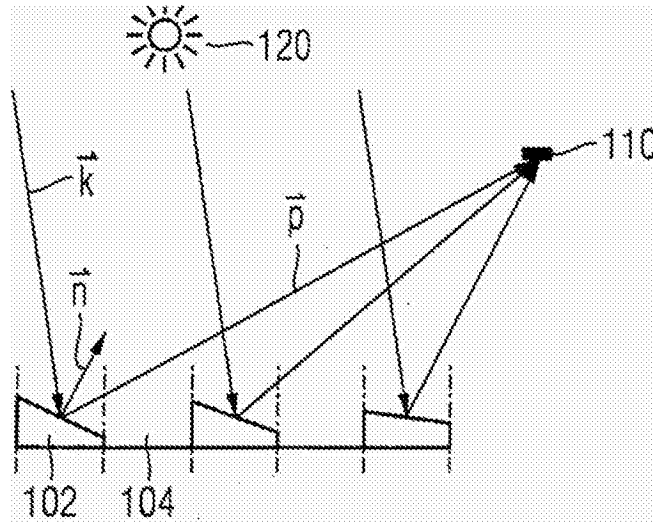


图 10

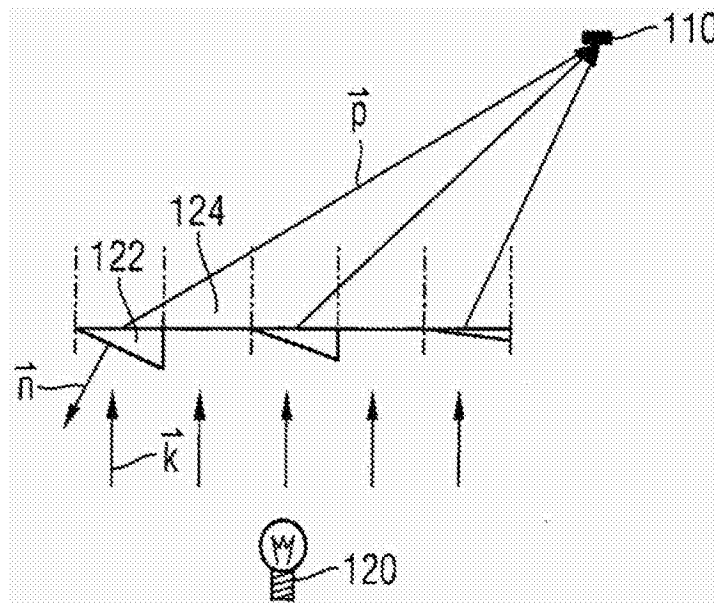


图 11

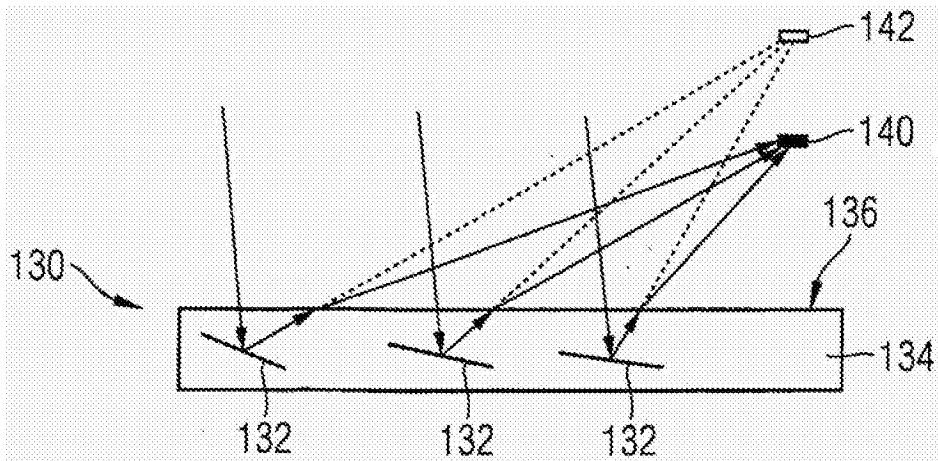


图 12

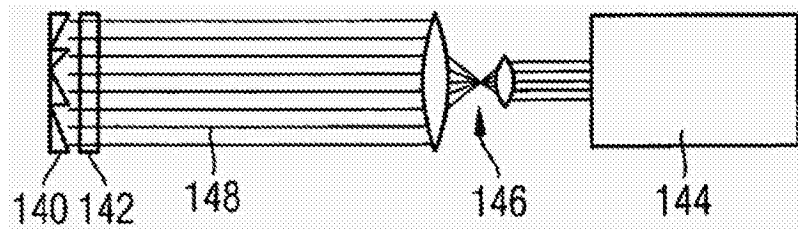


图 13a

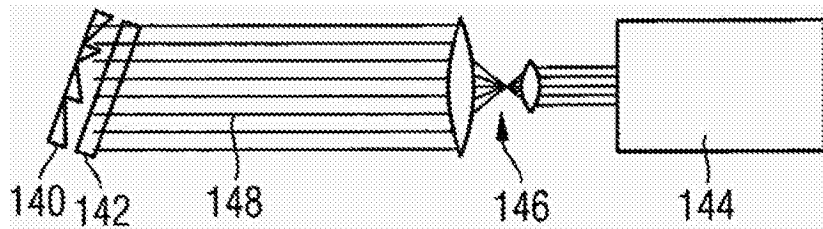


图 13b

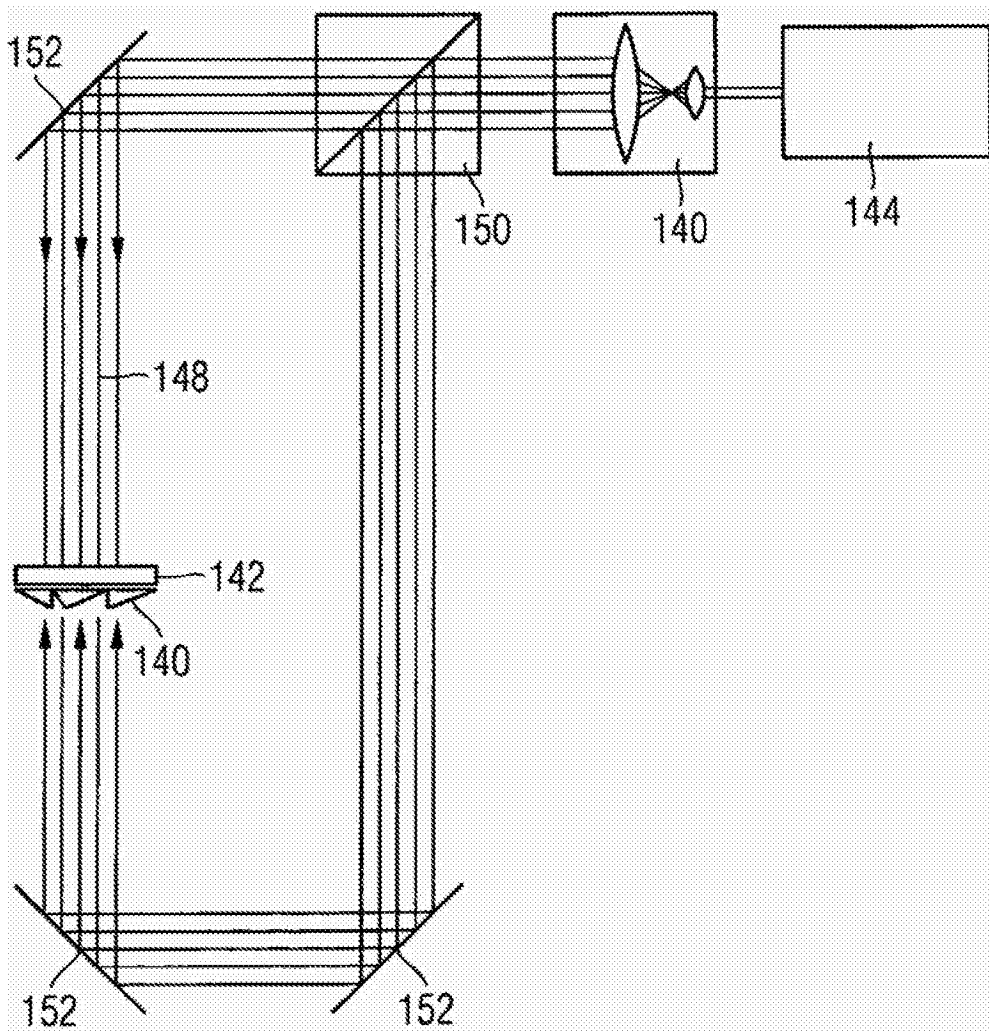


图 13c