

(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101410733 B

(45) 授权公告日 2011. 12. 28

(21) 申请号 200780010478. 0

(51) Int. Cl.

G02B 5/128 (2006. 01)

(22) 申请日 2007. 04. 02

(56) 对比文件

(30) 优先权数据

US 4200875 , 1980. 04. 29, 说明书全文 .

11/399, 695 2006. 04. 06 US

US 5774229 A, 1998. 06. 30, 说明书全文 .

(85) PCT申请进入国家阶段日

CN 1650193 A, 2005. 08. 03, 说明书全文 .

2008. 09. 24

US 4082426 , 1978. 04. 04, 说明书全文 .

(86) PCT申请的申请数据

CN 1452726 A, 2003. 10. 29, 权利要求书, 说

PCT/US2007/065751 2007. 04. 02

明书全文, 附图 1-16.

(87) PCT申请的公布数据

审查员 黄金龙

WO2007/115244 EN 2007. 10. 11

(73) 专利权人 3M 创新有限公司

地址 美国明尼苏达州

(72) 发明人 道格拉斯·S·邓恩

罗伯特·L·W·史密森

罗伯特·T·克拉莎

迈克尔·W·多尔扎尔

(74) 专利代理机构 北京天昊联合知识产权代理

有限公司 11112

代理人 陈源 张天舒

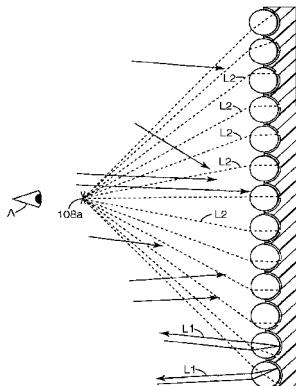
权利要求书 1 页 说明书 21 页 附图 14 页

(54) 发明名称

具有浮动合成图像的片材

(57) 摘要

本发明公开了一种具有合成图像的半透明的、透明的或亚半透明的微透镜片材，其中合成图像浮现在所述片材上方和 / 或下方。合成图像可以是二维的或三维的。所述片材可以至少具有一个微透镜表面的材料层，其在所述材料层内的位置形成一个或多个图像，至少所述图像之一是部分完整的图像。附加层（例如逆反射层、半透明层、透明层或光学结构层）也可以整合到所述片材中。



1. 一种片材，包括：

单个材料层，其具有微透镜表面，所述微透镜在材料层内的位置形成一个或多个图像，其中至少一个图像是部分完整的图像，并且每个图像与一个不同的微透镜相关，并且

其中微透镜具有折射表面，折射表面将光线透射到材料层内的位置，以用在材料层内形成的图像产生合成图像，以使得合成图像看起来浮现在片材上方、浮现在片材下方或浮现在片材平面内。

2. 根据权利要求 1 所述的片材，其中材料层的厚度超过微透镜焦距，以使得施加到片材的能量源的焦点位于材料层内。

3. 根据权利要求 1 所述的片材，其中材料层的厚度在 20–100 μm 之间。

4. 根据权利要求 1 所述的片材，还包含邻近材料层设置的一个或多个半透明层。

5. 根据权利要求 4 所述的片材，其中半透明层中至少之一包含光学结构层。

6. 根据权利要求 4 所述的片材，其中半透明层中至少之一包含衍射光栅。

7. 根据权利要求 1 所述的片材，其中微透镜使合成图像在观看位置相对于片材变化时看起来相对于片材移动。

8. 根据权利要求 1 所述的片材，其中合成图像是二维图像或三维图像。

9. 根据权利要求 1 所述的片材，其中片材应用于安全性文档。

10. 一种片材，包括：

单个材料层，其具有在第一侧面上形成的微透镜和在相对微透镜的第二侧面上形成的逆反射部分，

其中材料层包括在微透镜和逆反射部分之间形成的一个或多个图像，以及

其中微透镜产生看起来浮现在片材上方、浮现在片材下方或浮现在片材平面内的合成图像。

11. 根据权利要求 10 所述的片材，其中微透镜在材料层的第一侧面的至少一部分上延伸，并且其中逆反射部分基本上在整个材料层的第二侧面上延伸。

12. 一种片材，其具有第一侧面和第二侧面，包括：

单个材料层，其具有第一微透镜表面和相对于第一微透镜表面形成的第二微透镜表面，

其中所述单个材料层包括在单个材料层中内部形成的一个或多个图像，并且

其中，第一微透镜表面和第二微透镜表面用所述图像产生能够同时从片材的第一侧面和第二侧面观看的合成图像。

具有浮动合成图像的片材

技术领域

[0001] 本发明涉及片材，该片材提供一个或多个合成图像，观察者感觉合成图像相对于片材悬浮在空中，并且对合成图像的观察随着视角的变化而改变。

背景技术

[0002] 具有图形图像或其他标记的片材已被广泛使用，尤其是用于鉴别物品或文档的标签。例如，在美国专利 No. 3, 154, 872、3, 801, 183、4, 082, 426 和 4, 099, 838 中所述的那些片材已被用作车牌的验证贴纸以及驾驶执照、政府文件、磁带盒、扑克牌、饮料罐等的安全膜。其他用途包括在诸如警车、消防车或其他紧急用途车辆上用作识别目的的图形应用，以及在广告和促销展示上作为特色标签以增强品牌效果。

[0003] 美国专利 No. 4, 200, 875 (Galanos) 公开了另一种形式的成像片材。Galanos 公开了一种对特别的“外露透镜型高增益逆反射片材”的使用，其中激光通过掩模或图案对片材进行激光照射而形成图像。该片材包含部分嵌入粘结剂层内、部分暴露在粘结剂层上的多个透明玻璃微球，并且多个微球中的每个微球的嵌入表面上涂覆有金属反射层。粘结剂层含有炭黑，据说炭黑可在片材成像时使入射到片材上的杂散光线最小化。嵌入粘结剂层的微透镜的聚焦作用使激光束的能量进一步集中。

[0004] 当且仅当从和激光射向片材的相同角度观看片材时，可以看到在 Galanos 的逆反射片材中形成的图像。也就是说，这意味着只有在非常有限的观看角度里才能看见图像。由于这一原因及其他原因，还有改进这类片材某些特性的需要。

[0005] 早在 1908 年，Gabriel Lippman 就发明了在具有一个或多个感光层的透镜介质中生成场景的真实三维图像的方法。该方法被称为集成摄影术，1984 年在圣地亚哥 (San Diego) 举行的国际光学工程学会 (SPIE) 会议上，De Montebello 发表的“三维数据的处理和显示 II (Processing and Display of Three-Dimensional Data II)”也对该方法进行了描述。在 Lippman 的方法中，通过透镜（或“小透镜”）阵列使照相底片曝光，因此阵列中的每个小透镜将把从该小透镜所占据片材的观看点观看到的、被复制的场景的微缩图像传输到照相底片的感光层上。照相底片显影之后，通过小透镜阵列观看底片上的合成图像的观察者会看到所拍摄场景的三维再现。图像可以是黑白或彩色的，这取决于所用的感光材料。

[0006] 因为在底片曝光过程中由小透镜形成的图像只让每个微缩图像翻转一次，所以生成的三维再现是幻视像。也就是说，图像的感知深度是翻转的，因此使得物体看起来像是“内侧朝外”。这是一个重大缺点，因为要纠正图像，必须进行二次光学翻转。这些方法是非常复杂的，涉及用一部相机、或多部相机或多镜头相机进行多次曝光，用以记录同一个物体的多个视图，并且需要极其准确地对准多个图像以提供单个三维图像。此外，任何依赖于传统相机的方法均要求在相机前存在实物。这进一步表明，该方法不适合生成虚拟物体（指在效果上存在而事实上不存在的物体）的三维图像。集成摄影术的另一个缺点是，为了形成可以看到的真实图像，必须从观看侧照明合成图像。

发明内容

[0007] 本发明提供了一种微透镜片材，其具有看起来悬浮在片材上方或下方的合成图像。为方便起见，这些悬浮的图像被称为浮动图像，它们可以位于片材上方或下方（无论是二维图像还是三维图像），或者可以是呈现在片材上方、片材平面内和片材下方的三维图像。图像可以是黑白或彩色的，并且看起来可以随着观察者移动。观察者可用肉眼观看到浮动图像。

[0008] 微透镜片材的浮动图像可以在微透镜材料层内形成，而不需要相邻的材料层。对微透镜的形状和在其上形成微透镜的材料层的厚度进行选择，以使得入射到阵列的准直光束聚焦到片材的层内区域。入射到微透镜片材上的入射光的能量通过各个微透镜聚焦到片材内的区域。聚焦的能量使该层改性以提供图像，其尺寸、形状和取决于光线和微透镜之间的相互作用的外观。例如，光线可以在层内因为光降解、碳化或其他对片材的残损而形成的损伤部分处形成与每个微透镜相关的图像。

[0009] 本发明具有上述合成图像的片材可用于多种应用，例如安全性文档、护照、身份证、金融交易卡（例如信用卡）、车牌或其他物品中的安全防篡改图像。

[0010] 在一个实施例中，片材包含具有微透镜表面的材料层，微透镜在材料层内的位置处形成一个或多个图像，其中至少一个图像是部分完整的图像，并且每个图像都与不同的微透镜相关，并且其中微透镜具有折射表面，其将光线透射到材料层内的位置处，用在材料层内形成的图像产生合成图像，以使得合成图像看起来浮现在片材上方、浮现在片材下方或浮现在片材平面内。

[0011] 在另一个实施例中，片材包含单个材料层，其具有形成在第一侧面上的微透镜和形成在与微透镜相对的第二侧面上的逆反射部分，其中材料层包括形成在微透镜和逆反射部分之间的一个或多个图像，并且其中微透镜产生看起来浮现在片材上方，浮现在片材下方或浮现在片材平面内的合成图像。

[0012] 在又一个实施例中，片材包含具有微透镜表面的材料层、逆反射层、以及设置在材料层和逆反射层之间的辐射敏感层，其中辐射敏感层包括形成在材料层和逆反射部分之间的一个或多个图像，并且其中微透镜用辐射敏感层的图像产生看起来浮现在片材上方、浮现在片材下方或浮现在片材平面内的合成图像。

[0013] 在另一个实施例中，具有第一侧面和第二侧面的片材包含具有微透镜表面的第一材料层和紧邻第一层设置的具有微透镜表面的第二材料层，其中在片材内第一层微透镜和第二层微透镜之间的位置处形成一个或多个图像，其中至少一个图像是部分完整的图像，其中每个图像与第一层的多个微透镜之一相关，其中微透镜具有折射表面，折射表面将光线透射到片材内的位置处以用所述图像产生合成图像，合成图像看起来浮现在片材上方、浮现在片材下方或浮现在片材平面内，并且其中第一层的微透镜和第二层的微透镜是对准的，以使得可以同时从片材的第一侧面和第二侧面观看合成图像。

[0014] 在另一个实施例中，片材包含单个层，其具有形成在第一侧面上的第一组微透镜和形成在与第一组微透镜相对的第二侧面上的第二组微透镜，其中单个层包括在单个层中内部形成的一个或多个图像，并且其中第一组微透镜和第二组微透镜用所述图像产生能够同时从片材的第一侧面和第二侧面观看的合成图像。

[0015] 在附图和下文的说明中将提供本发明的一个或多个实施例的细节。可以从说明、

附图及权利要求中清楚地了解本发明的其他特征、目的和优点。

附图说明

- [0016] 本文中将参考附图描述本发明，其中：
- [0017] 图 1 是“外露透镜”型微透镜片材的放大剖视图；
- [0018] 图 2 是“嵌入透镜”型微透镜片材的放大剖视图；
- [0019] 图 3 是包含平凸基片的微透镜片材的放大剖视图；
- [0020] 图 4 是入射到由微球体构成的微透镜片材上的发散能量的示意图；
- [0021] 图 5 是微透镜片材一部分的平面图，该图描述了在相邻各个微球体的材料层中记录的样本图像，并进一步示出所记录的图像从合成图像的完全复制变为部分复制；
- [0022] 图 6 是根据本发明实施的、具有由铝膜制成的辐射敏感材料层之微透镜片材的光学显微图，其已经被成像以提供看起来浮现在片材上方的合成图像；
- [0023] 图 7 是根据本发明实施的、具有由铝膜制成的辐射敏感材料层之微透镜片材的光学显微图，其已经被成像以提供看起来浮现在片材下方的合成图像；
- [0024] 图 8 是合成图像形成过程的几何光学示意图，其看起来浮现在微透镜片材上方；
- [0025] 图 9 是本发明片材的示意图，在反射光下观看时，其具有看起来浮现在片材上方的合成图像；
- [0026] 图 10 是本发明片材的示意图，在透射光下观看时，其具有看起来浮现在片材上方的合成图像；
- [0027] 图 11 是合成图像形成过程的几何光学示意图，其看起来浮现在微透镜片材下方；
- [0028] 图 12 是本发明片材的示意图，在反射光下观看时，其具有看起来浮现在片材下方的合成图像图；
- [0029] 图 13 是本发明片材的示意图，在透射光下观看时，其具有看起来浮现在片材下方的合成图像图；
- [0030] 图 14 是光学组件的描述图，其生成用于形成本发明的合成图像的发散能量；
- [0031] 图 15 是第二光学组件的描述图，其生成用于形成本发明的合成图像的发散能量；和
- [0032] 图 16 是第三光学组件的描述图，其生成用于形成本发明的合成图像的发散能量；
- [0033] 图 17 是包含单层微透镜的实例片材的放大剖视图；
- [0034] 图 18 是实例片材的放大剖视图，其在第一侧面上具有微透镜阵列和在第二侧面上具有逆反射部分；
- [0035] 图 19A 是在片材的两个侧面上都具有微透镜阵列的本发明实例片材的示意图，其在片材的两个侧面都具有呈现给观察者以浮现在片材上方的合成图像；
- [0036] 图 19B 是包含第一微透镜层、第二微透镜层和（设置在第一微透镜层和第二微透镜层之间的）材料层的实例片材的示意图；
- [0037] 图 20 是具有微透镜层和多个附加半透明层的实例片材的放大剖视图。

具体实施方式

- [0038] 本发明的微透镜片材提供了合成图像，其通过与多个微透镜相关的各个图像提

供,其看起来悬浮或浮动在片材上方、片材平面内和 / 或片材下方。

[0039] 为了提供本发明的全面描述,将在下文第 I 部分中描述微透镜片材,接下来在第 II 部分中描述这种片材的一些材料层(优选为辐射敏感材料层),在第 III 部分中描述辐射源,并在第 IV 部分中描述成像过程。同时提供了几个实例以进一步解释本发明的多个实施例。

[0040] I. 微透镜片材

[0041] 可在其中形成本发明的图像的微透镜片材包括一个或多个分立层的微透镜,在相邻一层或多层微透镜的一侧设置材料层(优选为下文所述的辐射敏感材料或涂层)。例如,图 1 示出“外露透镜”型的微透镜片材 10,其包括部分嵌入粘结剂层 14 的单层透明微球体 12,该粘结剂层 14 通常为聚合材料。对可用于对材料层成像的辐射波长以及用于观看合成图像的光的波长而言,微球体都是透明的。材料层 16 被设置在各个微球体的后表面,在示出的实施例中,通常仅仅接触各个微球体 12 的一部分表面。这种类型的片材在美国专利 No. 2,326,634 中更详细地描述,并且目前可从 3M 公司购得,商品名为 Scotchlite8910 系列反射织品。

[0042] 图 2 示出另一种适合的微透镜片材类型。该微透镜片材 20 是“嵌入透镜”型片材,其中微球体透镜 22 被嵌入透明保护外涂层 24 中,该外涂层 24 通常是聚合材料。材料层 26 被设置在微球体后面透明垫片层 28 的背后,其中透明垫片层 28 通常也是聚合材料。这种类型片材在美国专利 No. 3,801,183 中更详细地描述,并且目前可以从 3M 公司购得,商品名为 Scotchlite3290 系列工程级逆反射片材。另一种适合的微透镜片材类型称为封装的透镜片材,在美国专利 No. 5,064,272 中描述了这种类型的一个实例,目前可以从 3M 公司购得,商品名为 Scotchlite3870 系列高强度级逆反射片材。

[0043] 图 3 示出另一种适合的微透镜片材类型。这种片材包括具有第一侧面和第二侧面的透明的平凸基片或非球面基片 30,第二侧面 32 基本上是平的,第一侧面具有基本上是半球体的或是非半球体的微透镜 34 的阵列。对微透镜的形状和基片的厚度进行选择,使得入射到阵列上的平行光束大致在第二侧面上聚焦。在第二侧面上提供材料层 36。例如,在美国专利 No. 5,254,390 中描述了这种片材,并且目前可以购自 3M 公司,商品名为 2600 系列 3M 保密卡接收器。

[0044] 片材的微透镜优选地具有图像形成折射表面,以便生成图像;通常这是由曲线形微透镜表面提供的。对曲线形表面,微透镜优选地具有均匀的折射率。提供梯度折射率(GRIN)的其他可用材料不需要曲线形表面来折射光线。微透镜表面优选的是真正球面,但是非球面表面也是可以接受的。微透镜可以具有任何对称性,如柱对称性或球对称性,前提条件是折射表面能够形成实像。微透镜本身可以是不同形式的,如圆形平凸小透镜、圆形双凸小透镜、棒、微球体、水珠形或圆柱形小透镜。可形成微透镜的材料包括玻璃、聚合物、矿石、晶体、半导体以及这些材料与其他材料的组合。也可以使用非分立的微透镜元件。因此,也可使用由复制工艺或压花工艺(其中片材表面的形状是可以改变的,以形成具有成像特性的重复轮廓)形成的微透镜。

[0045] 可见光波长和红外光波长的均匀折射率为 1.5 到 3.0 之间的微透镜最为有用。适合的微透镜材料对可见光的吸收最小,并且在使用能量源使辐射敏感层成像的实施例中,材料也应该表现出对能量源吸收最小。不论微透镜是分立的或是复制的,也不论微透镜由

什么材料制成，微透镜的屈光力优选地使得入射到折射表面上的光线将发生折射并聚焦在微透镜的另一侧。更具体地讲，光线将聚焦在微透镜的后表面或聚焦在邻近微透镜的材料上。在材料层是辐射敏感层的实施例中，微透镜优选在该层上的适合位置形成缩小的实像。图像缩小大约 100 到 800 倍对形成具有良好分辨率的图像特别有用。在本部分前面引用的美国专利中描述了微透镜片材的构造，其提供了必要的聚焦条件，以使得入射到微透镜片材前表面的能量可聚焦在材料层上，该材料层优选的是辐射敏感层。

[0046] 尽管可以使用其他尺寸的微球体，但直径为 15 微米至 275 微米范围内的微球体是优选的。对要呈现为空间上距离微球体层较近的合成图像，使用直径在上述范围下限的微球体可获得良好的合成图像分辨率，而对要呈现为空间上距离微球体层较远的合成图像，使用较大的微球体可获得良好的合成图像分辨率。其他微球体（如小透镜尺寸与那些为微球体指定的尺寸相当的平凸形、圆柱形、球形或非球形的微球体）预期可产生类似的光学结果。

[0047] II. 材料层

[0048] 如上所述，要在邻近微透镜处提供材料层。材料层可以是高反射率的，像在上述的某些微透镜片材中使用的材料层一样，或其可具有低反射率。当材料具有高反射率时，该片材可以具有如美国专利 No. 2, 326, 634 中所述的逆反射特性。当观察者在反射光或透射光下观看时，在材料中形成的与多个微透镜相关的各个图像提供看起来悬浮或浮动在片材上方、片材平面内和 / 或片材下方的合成图像。尽管可以使用其他方法，但提供上述图像的优选方法是提供辐射敏感材料作为材料层，并且以期望的方式使用辐射使该材料变性以提供图像。因而，尽管本发明不受此限制，但邻近微透镜的材料层的其余问题将主要以辐射敏感材料层为背景进行讨论。

[0049] 本发明中可使用的辐射敏感材料包括金属、聚合材料、半导体材料和这些材料的混合物的涂层和薄膜。关于本发明的描述，如果暴露在给定强度的可见光或其他射线的照射下的暴露材料的外表面发生变性，与未暴露在辐射下的材料的外表面形成对比，那么这种材料就是“辐射敏感”的。由此生成的图像可以是组成改变、材料移除或烧蚀、相位变化或辐射敏感涂层聚合的结果。辐射敏感金属薄膜材料的例子包括铝、银、铜、金、钛、锌、锡、铬、钒、钽和这些金属的合金。由于金属的天然颜色和金属暴露于辐射后改变的颜色之间的差异，这些金属通常会形成对比。如上所述，图像的形成还可以采用烧蚀或辐射加热材料，直到该材料的光学性质发生变化而形成图像。例如，美国专利 4, 743, 526 描述了加热金属合金来形成颜色变化。

[0050] 除金属合金外，金属氧化物和金属低氧化物也可以用作辐射敏感介质。这类材料包括铝、铁、铜、锡和铬形成的氧化物。诸如硫化锌、硒化锌、二氧化硅、氧化铟锡、氧化锌、氟化镁和硅等非金属材料也会形成对本发明有用的颜色或颜色对比。

[0051] 也可使用多层薄膜材料来提供特殊的辐射敏感材料。这些多层材料可以被构造为因显出或移除一种颜色或对比剂而形成对比的变化。示例性构造包括被设计为通过特定波长的辐射而成像（例如通过颜色的变化）的光学层叠件和调谐腔体。一个具体的实例在美国专利 No. 3, 801, 183 中有所描述，其公开了使用冰晶石 / 硫化锌 ($\text{Na}_3\text{AlF}_6/\text{ZnS}$) 作为电介质镜。另一个实例是由铬 / 聚合物（如等离子聚合丁二烯）/ 二氧化硅 / 铝组成的光学层叠件，铬层的厚度在 4 纳米左右，聚合物层的厚度在 20 至 60 纳米之间，二氧化硅层的厚度

在 20 至 60 纳米之间，铝层的厚度在 80 至 100 纳米之间，且选取的各层厚度提供了对可见光谱内特定颜色的反射率。可使用含有上文讨论的任何单层薄膜的薄膜谐腔体。例如，对具有大约 4 纳米厚的铬层和在大约 100 纳米至 300 纳米之间的二氧化硅层的谐腔体，调整二氧化硅层的厚度，以响应特定波长的辐射而提供彩色的图像。

[0052] 可用于本发明的辐射敏感材料还包括热致变色材料。“热致变色”描述了在温度变化下会改变颜色的材料。可在本发明中使用的热致变色材料的实例在美国专利 No. 4, 424, 990 中有所描述，它们包括碳酸铜、混有硫脲的硝酸铜、含硫化合物（诸如硫醇、硫醚、亚砜和砜）与碳酸铜的混合物。其他适合的热致变色化合物的实例在美国专利 No. 4, 121, 011 中有所描述，包括硼、铝和铋的水合硫酸盐与氮化物，硼、铁和磷的氧化物与水合氧化物。

[0053] 当然，如果材料层不准备使用辐射源成像的话，那么该材料层可以是，但并不必需是辐射敏感的。然而，为便于制造优选使用辐射敏感材料，并且因而还优选地使用适当的辐射源。

[0054] III. 辐射源

[0055] 如上所述，在邻近微透镜的材料层上提供图像图案的优选方式是使用辐射源使得辐射敏感材料成像。任何可提供所需强度和波长的辐射的能量源均可用于本发明的方法。据信能提供波长在 200 纳米至 11 微米之间的辐射的设备是尤其优选的。本发明可用的高峰值功率辐射源的实例包括准分子闪光灯、被动 Q 开关微芯片激光器、以及 Q 开关掺钕钇铝石榴石（缩写是 Nd : YAG）、掺钕钇锂氟化物（缩写是 Nd : YLF）和掺钛蓝宝石（缩写是 Ti : sapphire）激光器。这些高峰值功率辐射源对通过烧蚀 - 材料的移除或在多光子吸收过程中形成图像的辐射敏感材料是最有用的。可用辐射源的其他实例包括提供低峰值功率的设备，诸如激光二极管、离子激光器、非 Q 开关固态激光器、金属蒸汽激光器、气体激光器、弧灯和高功率白炽光源。当辐射敏感介质采用非烧蚀方法成像时，这些辐射源尤其有用。

[0056] 对所有有用的辐射源来说，来自辐射源的能量都射向微透镜片材材料，并受控发出高度发散的能量束。对处在电磁波频谱中的紫外光、可见光和红外光区的能量源，可通过适当的光学元件控制光线，其示例如图 14、图 15 和图 16 所示，在下文更详细地描述。在一个实施例中，对光学元件的这种排列（通常称为光学组件）的要求是光学组件通过适当的发散或分散将光线射向片材，从而以所需的角度照射微透镜并因而照射材料层。本发明的合成图像优选地通过使用数值孔径（其定义为最大发散光线的半角正弦）大于或等于 0.3 的光分散设备获得。具有更大数值孔径的光分散设备会产生具有更大视角和更大图像外观移动范围的合成图像。

[0057] IV. 成像过程

[0058] 根据本发明的示例性成像过程包括将来自激光器的准直光束通过透镜射向微透镜片材。为了生成具有浮动图像的片材，如下文进一步所述，光线通过具有高数值孔径 (NA) 的发散透镜透射，用以产生高度发散的锥形光束。高 NA 透镜是 NA 等于或大于 0.3 的透镜。微球体的辐射敏感涂层侧被置于远离该透镜，以使得锥形光束的轴线（光轴）垂直于微透镜片材平面。

[0059] 由于每个单独的微透镜相对于光轴占据着特有位置，因此入射到每个微透镜上的光相对于入射到每个其他微透镜上的光具有特有的入射角。这样，光线会通过每个微透镜

透射到材料层上的特有位置，并产生特有的图像。更确切地讲，单个光脉冲在材料层上只产生单个成像点，因此为了在相邻每个微透镜处提供图像，使用多脉冲光线以便由多个成像点生成该图像。对每个脉冲，相对于上一个脉冲周期的光轴位置，其光轴位于新的位置。光轴位置相对于微透镜的连续变化导致光线在每个微透镜上的入射角的相应变化，相应地，由该脉冲在材料层上生成的成像点的位置也相应改变。因此，聚焦在微球体后方的入射光在辐射敏感层上产生一个所选图案的图像。因为相对于每个光轴，每个微球体的位置是特有的，所以每个微球体在辐射敏感材料上形成的图像与其他每个微球体的相关图像将是不同的。

[0060] 另一种形成浮动合成图像的方法使用透镜阵列来产生高度发散光，以对微透镜材料成像。透镜阵列由多个小透镜组成，所有小透镜均具有高数值孔径且排列成平面几何形状。当该阵列被光源照亮时，该阵列将形成多个高度发散光锥，每个单独的光锥以阵列中与其对应的透镜为中心。选择阵列的物理尺寸以适应合成图像的最大侧向尺寸。借助阵列的尺寸，透镜形成的各个能量锥将使微透镜材料曝光，就像单个透镜依次设置在阵列的所有点上并接收光脉冲一样。通过使用反射性掩模来选择接收入射光的透镜。该掩模具有与合成图像的将要曝光的部分对应的透明区域和与图像不应曝光的部分对应的反射区域。由于透镜阵列侧向延伸，因此可以不必使用多个光脉冲来描绘图像。

[0061] 通过让入射能量完全照射掩模，掩模上可允许能量通过的部分形成许多高度发散光的锥体以描绘浮动图像，就像图像是由一个透镜描绘的一样。因此，仅需要一个光脉冲就能在微透镜片材上形成完整的合成图像。作为另外一种选择，可以用一个光束定位系统（如振镜式 xy 扫描仪）替代掩模，用来局部照射透镜阵列并在阵列上描绘合成图像。由于该技术使能量在空间上被局限于某些区域，因此在任何给定时间内阵列中仅有少数小透镜被照射。那些被照射的小透镜将形成使微透镜材料曝光从而在片材上形成合成图像所需的高度发散光锥。

[0062] 透镜阵列本身可以由多个分立的小透镜加工而成，或采用蚀刻工艺生产单块透镜阵列。适合于透镜的材料是那些不吸收入射波长的光的材料。阵列中的各个透镜优选地具有大于 0.3 的数值孔径，以及大于 30 微米且小于 10 毫米的直径。这些阵列可以具有抗反射涂层，用以减少会对透镜材料产生内部残损的背反射效应。此外，还可以使用有效负焦距和尺寸与该透镜阵列相当的许多单个透镜来增强离开阵列的光的发散性。选择单块阵列中各个小透镜的形状，使其具有高数值孔径并提供约大于 60% 的高填充系数。

[0063] 图 4 是将发散能量入射到微透镜片材上的示意图。对每个微透镜，均在材料层的不同部分上（或其中）形成图像 I，因为每个微透镜从不同的视角“看到”入射的能量。这样，在材料层中形成与每个微透镜相关的唯一图像。

[0064] 成像以后，根据延伸的物体尺寸，会在每个微球体后面的辐射敏感材料中出现该物体的完整的或部分的图像。实际物体在微球体后面再现为图像的程度取决于入射到该微球体上的能量密度。延伸的物体的一部分可以距离微透镜区域足够远，以使入射到那些微球体上的能量密度低于该材料改性所需的辐射能级。此外，对在空间上延伸的图像，当使用固定 NA 的透镜成像时，并非片材的所有部分都要在用于延伸物体的所有部分的入射辐射下曝光。因此，在辐射敏感介质中物体的那些部分将不发生变化，在微透镜后面只出现该物体的部分图像。图 5 是微透镜片材一部分的透视图，该图呈现在邻近各个微透镜的辐射敏

感层中形成的样本图像，并进一步示出所记录的图像从合成图像的完全复制到部分复制的变化。图 6 和图 7 是根据本发明成像的微透镜片材的光学显微图，其中辐射敏感层是铝层。如图所示，一些图像是完整的，其他图像则是部分的。

[0065] 这些合成图像还可以被认为是多个图像（包括部分的和完整的）叠加的结果，所有这些图像来自对真实物体的不同视角。通过微缩透镜阵列可形成多个特有的图像，所有透镜均从不同的有利位置上“看”物体或图像。在各个微缩透镜后面，取决于图像形状和接收成像能量源的方向，在材料层中生成图像的透视图。然而，并不是透镜看到的一切都记录在辐射敏感材料中。只有被透镜看到并有足够能量改变辐射敏感材料的图形或物体部分将被记录。

[0066] 要成像的“物体”是通过描绘“物体”的轮廓或通过使用掩模利用强光源形成的。为使这样记录的图像具有合成的外观，来自物体的光线必须在较宽的角度范围内辐射。当从物体辐射的光来自物体的单个点且在宽角度范围内辐射时，所有光线都携带了有关该物体（但仅来自该单个点）的信息，尽管信息是来自光线的观察角度。现在考虑为了获得光线携带的有关该物体的相对完整信息，光线必须从组成物体的点集合辐射宽角度范围。在本发明中，从物体发出的光线的角度范围是由在物体与微透镜材料之间插入的光学元件控制的。选择这些光学元件以提供形成合成图像所必需的最佳角度范围。光学元件的最佳选择是形成一个光锥，其锥顶终止于物体的位置。最佳的锥角大于约 40 度。

[0067] 用微缩透镜缩小物体，来自物体的光线聚焦在靠微缩透镜后面的能量敏感涂层上。透镜后面的聚焦光斑或图像的实际位置取决于源于物体的入射光线的方向。从物体的一点上发射出来的每个光锥照射许多微缩透镜的一部分，只有被足够能量照射的那些微缩透镜才记录物体该点的永久图像。

[0068] 将使用几何光学来描述根据本发明实施的多种合成图像的形成。如上所述，以下所述的成像过程是本发明的优选实例，但并非排他性的实施例。

[0069] A. 生成浮现在片材上方的合成图像

[0070] 参见图 8，入射能量 100（本实施例中是光）射向光漫射器 101，以使得光源中的任何不均匀因素均匀化。用光准直仪 102 捕获漫射的散射光 100a 并使其准直，将均匀分布的光线 100b 射向发散透镜 105a。光线 100c 从发散透镜向微透镜片材 106 发散。

[0071] 入射到微透镜片材 106 的光线的能量被各个微透镜 111 聚焦到材料层（在所示的实施例中是辐射敏感涂层 112）上。这一聚焦能量使辐射敏感涂层 112 改性以提供一图像，其尺寸、形状和外观取决于光辐射和辐射敏感涂层之间的相互作用。

[0072] 如图 8 所示的构造将提供具有合成图像的片材，观察者将看到合成图像浮现在片材上方（将在以下描述），因为如果发散光线 100c 穿过透镜向后延伸，则会汇交于发散透镜的焦点 108a。换句话说，如果从材料层开始通过每个微球体并返回通过发散透镜描绘假想“成像光线”的轨迹，那么这些光线将在 108a 处汇交，在此呈现合成图像。

[0073] B. 观看浮现在片材上方的合成图像

[0074] 可以利用从观察者的同侧（反射光）和 / 或从片材上与观察者的相对侧（透射光）射入片材的光线观看具有合成图像的片材。图 9 是在反射光下观看时观察者 A 用肉眼看到浮现在片材上方的合成图像的示意图。肉眼可以矫正到正常视力，但不能以其他方式辅以（例如）放大镜或特殊观看器。当成像片材被反射光（可以是准直的或漫射的）照亮

时,光线从成像片材上反射,反射的方式由光线射入的材料层决定。根据定义,在材料层中形成的图像看起来与材料层的未成像部分不同,这样就可以看到图像。

[0075] 例如,光线 L1 会被材料层反射回观察者。然而,材料层可能不能完全将光线 L2 从该材料层上的成像部分反射回观察者,或者根本不反射光线。因此,观察者可以发觉在 108a 处缺失光线,其合成会产生看起来在 108a 处浮现在片材上方的合成图像。简而言之,光线会从成像部分以外的整个片材上发生反射,即在 108a 处会出现相对较暗的合成图像。

[0076] 也可以是未成像的材料吸收或者透射入射光,成像的材料反射或者部分吸收入射光,用以提供形成合成图像所需的对比效果。由此形成的合成图像呈现为相对明亮的合成图像,而与之相比,片材的其余部分则呈现相对较暗的合成图像。这种合成图像可以被称为“实像”,因为是由实际光线而不是缺失的光线在焦点 108a 处产生的图像。可根据需要选择这些可能的不同组合。

[0077] 如图 10 所示,也可在透射光下观看某些成像的片材。例如,如果材料层的成像部分是半透明的,而未成像的部分不是半透明的,那么大多数光线 L3 会被材料层吸收或反射,而透射光线 L4 会穿过材料层的成像部分,并通过微透镜射向焦点 108a。在焦点处会出现合成图像,在本实例中,该合成图像与片材的其余部分相比看起来较亮。这种合成图像可以被称为“实像”,因为是由实际光线而不是缺失的光线在焦点 108a 处产生的图像。

[0078] 作为另外一种选择,如果材料层的成像部分不是半透明的,而材料层的其余部分是半透明的,那么图像区域缺失透射光将形成看起来比片材的其余部分更暗的合成图像。

C. 生成浮现在片材下方的合成图像

[0080] 也可以形成看起来在片材上与观察者相对侧悬浮的合成图像。可以使用会聚透镜代替图 8 中所示的发散透镜 105 来生成浮现在片材下方浮动的浮动图像。参见图 11,入射能量 100(本实例中是光)射向光漫射器 101,以使得光源中的任何不均匀因素均匀化。然后用准直仪 102 收集漫射光线 100a 并使其准直,将光线 100b 射向会聚透镜 105b。光线 100d 从会聚透镜入射到位于会聚透镜与会聚透镜的焦点 108b 之间的微透镜片材 106 上。

[0081] 入射到微透镜片材 106 上的光线的能量被各个微透镜 111 聚焦到材料层(在所示的实施例中是辐射敏感涂层 112)上。这一聚焦能量使辐射敏感涂层 112 改性以提供图像,其尺寸、形状和外观取决于光线和辐射敏感涂层之间的相互作用。图 11 所示的构造将提供具有合成图像的片材,观察者将看到合成图像浮现在片材下方(将在以下描述),因为如果会聚光线 100d 延伸通过片材,则会汇交于会聚透镜的焦点 108b。换句话说,如果从会聚透镜 105b 通过每个微球体,并通过与每个微透镜相关的在材料层上的图像,描绘假想的“图像光线”,那么它们就会在 108b 处汇交,该点就是合成图像出现的地方。

D. 观看浮现在片材下方的合成图像

[0083] 也可以在反射光和 / 或透射光下观看具有看起来浮现在片材下方的合成图像的片材。图 12 是在反射光下观看时看起来浮现在片材下方的合成图像的示意图。例如,光线 L5 可以被材料层反射回观察者。然而,材料层可能不能完全将光线 L6 从该材料层上的成像部分反射回观察者,或者根本不反射光线。因此,观察者可以发觉在 108b 处缺失光线,其合成会产生看起来在 108b 处浮现在片材下方的合成图像。简而言之,光线会从成像部分以外的整个片材上发生反射,即在 108b 处会出现相对较暗的合成图像。

[0084] 也可以是未成像的材料吸收或者透射入射光,成像的材料反射或者部分吸收入射

光,用以提供形成合成图像所需的对比效果。由此形成的合成图像会呈现为相对明亮的合成图像,而与之相比,片材的其余部分则呈现相对较暗的合成图像。可根据需要选择这些可能的不同组合。

[0085] 如图 13 所示,也可在透射光下观看某些成像的片材。例如,如果材料层的成像部分是半透明的,而未成像的部分不是半透明的,那么大多数光线 L7 会被材料层吸收或反射,而透射光线 L8 会穿过材料层的成像部分。这些光线(本文中称作“成像光线”)沿着与以入射光相反的方向延伸会在 108b 处形成合成图像。在焦点处容易看见合成图像,在本实例中,与片材其余部分相比,合成图像看起来更为明亮。

[0086] 作为另外一种选择,如果材料层的成像部分不是半透明的,而材料层的其余部分是半透明的,那么图像区域缺失透射光将形成看起来比片材的其余部分更暗的合成图像。

[0087] E. 合成图像

[0088] 根据本发明的原理制作的合成图像可以看起来是二维的(意味着它们有长度和宽度),可看起来位于片材下方、片材平面内或片材上方,或者看起来是三维的(意味着它们有长度、宽度和高度)。根据需要,三维合成图像可以仅仅呈现于片材的下方或者上方,或者呈现在片材下方、片材平面内以及片材上方的任何组合。术语“在片材平面内”通常只是指当片材平放时片材的平面。也就是说,在本文中使用该短语处,对非平坦的片材来说,也可以有至少部分呈现在片材平面内的合成图像。

[0089] 三维合成图像不会呈现在单个焦点上,而是作为具有连续焦点的合成图像呈现,其中焦点从片材的一侧(或穿过片材)延伸到另一侧的一个点上。优选的是,这是通过使片材或能量源相对对方连续移动(而不是通过提供多个不同透镜),使材料层在多个焦点处成像来实现的。获得的空间合成图像基本包括许多单独的点。在与片材的平面相关的三个笛卡尔坐标系的任何坐标中,该图像都具有空间扩展性。

[0090] 在另一种效果中,可以使合成图像移进微透镜片材的某个区域,合成图像在该区域中消失。这类图像以类似于如下悬浮实例的方法制作,在该实例中,增设与微透镜材料接触的不透明掩模以部分阻挡微透镜材料一部分的成像光线。当观看这类图像时,可以将图像移进某一区域,在该区域中接触掩模减少或去除成像光线。在该区域内,图像似乎“消失了”。

[0091] 根据本发明形成的合成图像可以具有非常宽的视角,即观察者可以在片材平面和观看轴线之间的宽角度范围内看到合成图像。使用由单层平均直径约为 70-80 微米的玻璃微球体组成的微透镜片材,并使用数值孔径为 0.64 的非球面透镜时所形成的合成图像,可在圆锥形视场中看得见,该圆锥形视场的中心轴由入射能量的光轴确定。在环境光照射下,如此形成的合成图像在大约 80-90 度全角度的锥形面内都能看见。使用发散性较小或 NA 较低的成像透镜会形成较小的半角锥形。

[0092] 使用本发明的方法形成的图像还可构造为具有受限的视角。换句话讲,只有从特定方向或是从偏离该方向较小的角度观看才能看到该图像。可以用类似于下文实例 1 中所述的方法形成这样的图像,不同处在于要调节入射到末端非球形透镜上的光线以使得只有部分透镜被激光辐射照射。入射能量对透镜的部分照射使得受限的锥形发散光入射到微透镜片材上。对铝涂覆的微透镜片材,只有在受限的观看锥形内才能看到合成图像,作为浅灰色背景上的深灰色图像。该图像看起来是相对于微透镜片材浮动的。

[0093] 实例

[0094] 本发明将进一步通过以下一些实例进行说明,为方便起见,可参考某些附图。

[0095] 实例 1

[0096] 本实例描述了含有铝材料层的嵌入透镜片材,以及看起来浮现在片材上方的合成图像。使用图14所示类型的光学组件形成浮动图像。该光学组件由型号为Spectra Physics Quanta-Ray™DCR-2(10)的Nd:YAG激光器300组成,以1.06微米的基波波长在Q开关模式下工作。该激光器的脉冲宽度通常为10-30纳秒。从激光器发射出来的光能经99%反射率的转镜302、磨砂玻璃漫射器304、5倍的光束扩展望远镜306和(数值孔径为0.64、焦距为39.0毫米的)非球面透镜308改变方向。来自非球面透镜308的光射向XYZ镜台310。该镜台是由三个线性镜台组成,它可以购自美国宾西法尼亚州匹兹堡市的航空技术公司(Aerotech Inc.),商品名为ATS50060。一个线性镜台用来使非球面透镜沿着非球面焦点和微透镜片材之间的轴线(即z轴)移动,另外两个镜台能使片材沿着两条相互正交的水平轴线相对于光轴移动。

[0097] 激光射向磨砂玻璃漫射器304,用以消除热聚焦造成的任何光束不均匀性。紧邻漫射器,5倍光束扩展望远镜306使来自漫射器的发散光线准直,并扩大该光束,使其照射在整个非球面透镜308上。

[0098] 在本实例中,将非球面透镜设置在XYZ镜台的XY平面的上方,以使得透镜的焦点位于微透镜片材312的上方1厘米处。使用可购自加拿大魁北克省圣-法伊市的捷锐公司(Gentec, Inc., of Saint-Fey, Quebec, Canada)的商品名为ED500的带有机械掩模的有孔能量计,来控制片材平面上的能量密度。调节激光器的输出,使得在距离非球面透镜的焦点1厘米处的能量计的照明区域上,获得大约每平方厘米8毫焦耳(8毫焦耳/厘米²)的能量密度。将含有80纳米厚的铝辐射敏感层的嵌入透镜片材的样本312固定在XYZ镜台310上,以使得铝涂覆的面背向非球面透镜308。

[0099] 可购自美国宾西法尼亚州匹兹堡市的航空技术公司(Aerotech Inc.)的商品名为U21的控制器提供XYZ镜台312的移动所需的控制信号和用于激光器300的脉冲的控制电压。通过向控制器输入CAD文件来移动镜台,该CAD文件含有产生图像所需的x-y-z坐标信息、移动指令和激光器发射指令。通过调整X、Y和Z镜台的移动并用激光的脉冲描绘空间上在微透镜材料上方的图像,形成任意复合的合成图像。对脉冲频率为10Hz的激光,镜台速度被调整为50.8厘米/分钟。这样就会在邻近微透镜的铝层中形成连续的合成线。

[0100] 当在环境光线下观看这微透镜片材时,图像在浅灰色背景的对照下呈深灰色。当焦点和有小珠的片材表面之间的间隔固定为1厘米时,得到的图像是看起来浮现在片材上方大约1厘米处的平面合成图像。此外,合成图像相对于观察者的观看视角会表现出适当大小的移动,因此,观察者可以很容易地观看合成图像的不同方面,所看到的方面取决于视角。

[0101] 实例 2

[0102] 在本实例中,使用含有透明反射镜辐射敏感层的外露透镜片材构造,用以形成看起来浮现在微透镜片材下方的合成图像。在实例1中使用的光学组件也可在本实例中使用。相对于非球面透镜308设置微透镜片材,以使得透镜几乎与微透镜片材相接触。激光器输出被调整为在非球面透镜正下方获得大约14毫焦耳/厘米²。外露透镜片材含有部分

嵌入的、如美国专利 3,801,183 所述的微球体，在微球体的一面有电介质镜蒸汽沉积的硫化锌 (ZnS)。ZnS 层的标称厚度为 60 纳米。与实例 1 中一样，当片材以 50.8 厘米 / 分钟的速度移动时，激光器在脉冲频率 10Hz 下运行，导致在微透镜片材上形成连续的合成线。通过镜台系统可以描绘“球状”图案（具有四个内切弧的圆）。

[0103] 在环境光线下，上述球体在白色 / 黄色背景的对照下显现出暗的图像。暗的合成图像看起来浮现在片材下方大约 39 毫米处。合成图像的位置对应于非球面透镜的焦点位置，本实例中这焦点位置在透镜后面大约 39 毫米处。

[0104] 实例 3

[0105] 本实例描述了使用透镜阵列来代替单个的非球面透镜，在具有铝辐射敏感层的外露透镜片材中形成合成图像。使用图 15 所示类型的光学组件形成浮动合成图像。该光学组件由 Q 开关激光器 300、99% 反光镜 302、光学漫射器 304 和光束扩展望远镜 306 组成。本实例中使用的光学组件的这些元件与实例 1 中所述的那些元件相同。本实例的光学组件中还包括二维透镜阵列 407、反射性掩模 409 和双凹面负透镜 411。反射性掩模 409 的部分区域是透明的，以重合于将要暴露于激光辐射的微透镜材料 412 的区域；而掩模的其余表面则是不透明的或反射光线的。

[0106] 透镜阵列 407 由可购自美国阿拉巴马州汉斯维尔市 (Huntsville) 的微电子机械光学有限责任公司 (MEMS Optical, LLC) 的商品名为 3038 的熔融硅石折射微透镜阵列组成。将这个密堆积 (closed packed) 的球面透镜阵列设置在与直径为 75 毫米、焦距为负 150 毫米的双凹面负透镜 411 几乎相接触的位置。含有 80 纳米厚的铝辐射敏感层的外露透镜片材 412 被设置在距离双凹面负透镜 411 的 25 毫米以内。微透镜材料被设置在距离微透镜阵列和双凹面负透镜的合成光学路径的焦距大约 1 厘米处。调节激光器的输出，用以在微透镜片材的外露透镜表面的表面上产生大约为 4 毫焦耳 / 厘米² 的能量密度。激发单个激光脉冲以曝光整个图像。

[0107] 当在环境光线下观看得到的成像微透镜片材时，会在该片材上方大约 1 厘米处呈现出浮动的图像。该图像在浅灰色背景的对照下呈现深灰色。

[0108] 实例 4

[0109] 在本实例中，由散射源发出的光线经反射后得到发散光源。该散射反射体由直径大约为 5 毫米的陶瓷小珠组成。在本实例中使用图 16 所示类型的光学组件。它包括与实例 1 中所述激光器类似的 Q 开关 Nd:YAG 激光器 500，还有用来缩小入射激光束尺寸至大约 1 毫米直径的望远镜 502。然后将光线以充分偏离法线的某个角度入射到陶瓷小珠 504 上，以照射面向微透镜片材 512 的陶瓷小珠 504 半球的大约四分之一处。这可以通过红外摄像机观看散射辐射来证实。

[0110] 陶瓷小珠 504 被设置在距 XY 镜台 510 上方大约 25 毫米的位置。调节来自激光器的入射光线，使其平行于样本镜台。含有 80 纳米的铝辐射敏感层的嵌入透镜片材 512 被固定在 XY 镜台 510 上，控制器对镜台和激光器提供控制信号。调节激光器的输出，用以在微透镜片材的表面上获得大约 8 毫焦耳 / 厘米² 的能量密度。调节陶瓷小珠 504 的照明度，以使得微透镜片材 512 的表面暴露在最均匀的光线下。激光脉冲的频率为 10Hz 时，XY 镜台 510 以 50.8 厘米 / 分钟的速度移动。当微透镜片材暴露在来自陶瓷反射器的散射辐射下时，用镜台描绘合成图像。

[0111] 在环境光线下,合成图像浮现在片材上方大约 25 毫米处,并在浅灰色背景的对照下呈现深灰色的合成图像。该图像相对于观察者的观看位置有大的移动。在透射光线下,明亮的合成图像浮现在片材上方大约 25 毫米处。

[0112] 实例 5

[0113] 在本实例中,嵌入透镜片材的材料层由多层光学层叠件组成,这些光学层叠件已针对可见光谱中的特定颜色进行了调谐。通过真空蒸发和等离子聚合处理将薄膜层沉积在微透镜基片的一面上,以获得由铬 / 等离子聚合丁二烯 / 二氧化硅 / 铝组成的层序列,铬层邻近嵌入透镜。调整各种材料的厚度,以获得可见光谱颜色的红色、绿色和蓝色部分。表 1 提供了制备的各种材料的具体厚度。

[0114] 表 1 :多层构造

[0115]

样本	Cr(纳米)	PP(纳米)	SiO ₂ (纳米)	Al(纳米)	颜色
1	4	97	0	80	蓝色
2	4	65	65	80	淡蓝色
3	4	89	65	80	绿色
4	4	165	20	80	红色 / 蓝色

[0116] 然后,涂覆的微透镜基片被层合到背衬上,使多层层合件与层合材料接触。然后微透镜片材的衬垫被移除,以使得嵌入透镜的前表面暴露在上表所给颜色的光中。

[0117] 还使用实例 1 中所述的光学组件使本实例的样本成像。在本实例中,非球面的焦点位于微透镜片材上方 1 厘米处。调整激光器的输出,用以在微透镜片材表面上获得 5 毫焦耳 / 厘米² 的能量密度。调整多层次层叠件在照射区域的光学特性。以类似于实例 1 中所述的方式,描绘球体图案以在多层次层叠件中提供图像。

[0118] 在环境光照下,在微透镜片材的背景颜色的对照下,照射区域呈现浅黄色到橙色。所有的合成图像看起来都浮现在片材上方,且相对于观察者移动。

[0119] 实例 6

[0120] 本实例描述了第二种类型的多层次调谐层叠件作为辐射敏感层,用来形成彩色的合成图像。在由嵌入透镜片材组成的微透镜基片上制备光学层叠件。使用真空蒸发法将薄膜层沉积在微透镜基片的一面上,以获得由铬 / 冰晶石 / 铝 (Cr/Na₃AlF₆/Al)、铬 / 二氧化硅 / 铝 (Cr/SiO₂/Al) 或铬 / 氟化镁 / 铝 (Cr/MgF₂/Al) 组成的层序列,如下面的表 2 中所示。调整电介质材料 SiO₂、Na₃AlF₆ 以及 MgF₂ 的厚度,以获得可见光谱中的多种颜色。表 2 提供了在多种样本中制备的各种材料的具体厚度。

[0121] 表 2 :多层构造

[0122]

样本	Cr 厚度 (纳米)	Na ₃ AlF ₆ 厚 度 (纳米)	SiO ₂ 厚度 (纳米)	MgF ₂ 厚度 (纳米)	Al 厚度 (纳米)	颜色	成像能 量 密度 (毫焦耳 / 厘米 ²)
A	4.8	200	0	0	83	蓝色	12.7
B	4.2	0	135	0	83	深蓝色	8.6
C	4.2	0	0	259	83	水绿色	8.6
D	4.2	0	275	0	83	紫色	7.5
E	4.2	0	160	0	83	绿色	7.5
F	4.2	0	225	0	83	橙 - 棕褐色	7.5

[0123] 然后涂覆的微透镜基片被层合到背衬上,使得多层层合件与层合材料接触。然后微透镜片材的衬垫被移除,使嵌入透镜的前表面暴露在上表所给颜色的光中。

[0124] 将实例 1 中所述的光学组件用于使这些样本成像。在本实例中,最终的非球面透镜被设置在几乎与样本接触的位置,用以提供看起来浮现在片材下方的合成图像。对激光器能量进行调整,以获得能永久改变表 2 中所示的各个多层次叠件的光学特性的能量密度。以类似于实例 1 中所述的方式,在该材料中描绘包括文字与数字的字符“SAMPLE”的图像。在环境光照下,该合成图像在微透镜片材的背景颜色的对照下呈现深色,其轮廓线为白 / 黄色。所有的合成图像都看起来浮现在片材下方大约 39 毫米处,并相对于观看片材的观察者移动。

[0125] 实例 7

[0126] 在本实例中,使用银原子百分比为 50 与锌原子百分比为 50 的相变合金 ($\text{Ag}_{50}\text{Zn}_{50}$),由铬和二氧化硅组成的调谐双层层叠件作为辐射敏感层,在嵌入透镜片材中形成彩色的合成图像。相变合金不被所施加的辐射烧蚀,而调谐双层层叠件提高了在可见电磁波谱中蓝色部分的光谱反射率。辐射敏感层沉积在封闭式透镜片材的垫片层上,其沉积方式与实例 5 中用于将多层次叠件的薄膜层沉积在微透镜基片上的工序相似。首先,分别将铬层和二氧化硅层真空沉积在聚合物垫片层上,使其厚度分别为 40 纳米和 260 纳米。接下来,在二氧化硅层上喷涂沉积一层 80 纳米厚的 $\text{Ag}_{50}\text{Zn}_{50}$ 合金。然后该样本被层压和剥离使微透镜片材的透光部分暴露。

[0127] 在环境(反射)光线下观看时,片材看起来是蓝紫色。使用类似于实例 1 的光学组件使 $\text{Ag}_{50}\text{Zn}_{50}$ 辐射敏感层成像。使用以 1.06 微米波长工作的连续波 Nd:YAG 激光器代替 Q 开关激光器作为能量源。在光学组件中使用声光调制器来控制脉冲宽度。发射一阶衍射光束,穿过图 14 所示类型的光学组件。封闭式透镜片材的样本被固定在 XYZ 镜台上。调节输入声光调制器的激光能量,以使得在微透镜材料上的功率为 810 毫瓦。设置声光调制器以获得 100 微秒脉冲宽度的 20Hz 脉冲。将如实例 1 中所述的非球面正透镜设置在距离微透镜材料表面上方 12 毫米处。当辐射敏感层暴露在激光辐射下时,用 XYZ 镜台描绘图像。

[0128] 当在环境光照下观看片材时,成像区域呈浅蓝色,并浮动在微透镜片材上方大约 12 毫米处。

[0129] 实例 8

[0130] 在本实例中,使用含有铜辐射敏感层的复制透镜结构作为微透镜片材。使用在美国专利 No. 5,254,390 中所述类型的复制片材作为微透镜的片材。铜的辐射敏感层真空蒸发到片材的平坦表面上,厚度为 80 纳米。将微复制微透镜材料暴露在如实例 1 所述的光学组件的激光辐射下。设置最终的非球面透镜,焦点在距离微透镜材料表面的 6.5 毫米处。调节激光器的输出,用以在片材表面给出大约为 7 毫焦耳 / 厘米² 的能量密度。当 XYZ 镜台以 50.8 厘米 / 分钟的速度移动时,激光的脉冲频率设置为 10Hz。在样本上描绘“球体”图案(具有四个内切弧的圆)。

[0131] 当在环境光照下观看该片材时,在铜色辐射敏感层的对照下可以看到浮动球体的铜色图像。该合成图像看起来浮现在片材上方大约 6 毫米处。

[0132] 实例 9

[0133] 本实例描述了平面合成图像与看起来浮现在片材下方的合成图像的结合。使用

在实例 1 中所述的光学构造,使含有 80 纳米厚铝辐射敏感层的外露微透镜片材成像。将非球面透镜设置在几乎接触到微透镜片材的位置,调节激光器的输出,使其在样本表面产生 4 毫焦耳 / 厘米² 的能量密度。对控制器进行编程,以便描绘包括文字与数字的字符“SAMPLE”。将吸收掩模放置在敞开式片材的顶部。通过使用普通影印机在透明片材上印刷成排的包括文字与数字的字符“3M”制得该掩模。包括文字与数字的字符吸收辐射,而周围区域则透射激光辐射。设置具有这种吸收掩模的外露透镜片材,使得形成的“SAMPLE”字符在掩模位置的上方。

[0134] 当在环境光照下观看时,字符“SAMPLE”看起来浮现在片材下方大约 39 毫米处,而未曝光的字符“3M”则看起来浮现在片材平面内。只有在“SAMPLE”字符的深色字符图像的对照下才能观看到“3M”字符。

[0135] 实例 10

[0136] 本实例描述了具有复合的三维图像的片材。在本实例中使用含有 80 纳米厚的铝辐射敏感层的嵌入微透镜片材。使用在实例 1 中使用的光学组件。将微透镜片材附着在 XYZ 平移镜台的 XY 平面上,而将非球面透镜附着在 Z 轴上。该非球面透镜的数值孔径为 0.64,焦距为 39 毫米。对控制器进行编程,用以描绘长立方体对角线(立方体的两个相对的角之间的距离)为 5 厘米的等角立方体的轮廓。该立方体的相对位置和取向,如控制器中所编写的,将合成立方体图像的一端放在片材表面上方大约 5 毫米处,而将合成立方体图像的另一端放在该表面上方 5.5 厘米处。对立方体图像进行定向,使该立方体的一角最靠近观察者。

[0137] 在描绘等角立方体的过程中,控制来自激光器每个脉冲的能量,使得不管发散透镜和片材之间的间隔有多大,都在样本表面上产生 8 毫焦耳 / 厘米² 的恒定能量密度。激光器在脉冲频率 10Hz 下工作,X、Y 和 Z 镜台以 50.8 厘米 / 分钟的速度移动。通过控制器在微透镜片材上方的空间连续描绘等角立方体的图形。

[0138] 当在环境光照下观看时,在浅灰色背景的对照下,等角合成立方体图像呈深灰色,浮现在表面上方 5 毫米至 5.5 厘米之间。而且,当观察者改变其观看角时,等角立方体在微透镜片材的上方呈现在空间中旋转,使一些先前在不同视角下看起来模糊的立方体侧面暴露。

[0139] 实例 11

[0140] 本实例描述了可以使其消失的浮动图像。也就是说,通过改变视角,使合成图像可以消失或重新被观看到。使用含有 80 纳米厚的铝辐射敏感层的嵌入透镜片材。使用类似于实例 1 中的那些光学组件以形成图像,调整非球面透镜到片材之间的距离,使焦点位于微透镜片材上方 1 厘米处。对控制器进行编程,用以产生“球体”图案(具有四个内切弧的圆),并调节激光器的输出,使得在样本表面提供 8 毫焦耳 / 厘米² 的能量密度。在样本本身上,将半透明条带的方形部分附着在嵌入透镜片材的表面。设置该条带的方形部分,以使得在球体的成像过程中,由激光成像的区域的一部分与半透明条带覆盖的部分发生重叠。

[0141] 当在环境光线下观看成像片材时,观看到的浮动的球体图案在浅灰色背景的对照下呈深灰色,且浮现在片材上方 1 厘米处。通过改变视角,“球体”就会移入或移出半透明条带遮盖的区域。当球体移入遮盖区域时,在该区域的球体部分就消失了。当球体移出遮盖区域时,在该区域的球体的部分再次出现。在合成图像移入遮盖区域时,该合成图像不是仅

仅逐渐消失，而是正好在移入遮盖区域时完全消失。

[0142] 本发明的包含合成图像的成像片材与众不同，并且用普通设备不可能复制。可以在专用于特定用途（诸如护照、身份证件、钞票、鉴定图、信用卡）的片材中形成合成图像。需要验证的文件可以使这些图像形成在层合的片材上，用来辨别、确认和增强。可以使用诸如层合（含有或不含粘接剂）的传统结合方式。例如盒装电子产品、激光唱盘、驾驶执照、权利凭证（title document）、护照或贴有商标的产品等有价物品的供应者，可以简单地将本发明的多层薄膜涂敷在他们的产品上，并指导他们的顾客只接受如此标示的为真实的有价物品。对需要这些保护的产品，通过将包含合成图像的片材纳入它们的构造中去，或通过将这样的片材附着在产品上，可以增强它们的吸引力。合成图像可用作显示材料，用于广告、车牌和需要特有图像的可视表示的众多其他用途。当作为设计的部分包括合成图像时，诸如标语、布告板或半拖车等大型物体上的广告或信息会吸引更多的关注。

[0143] 无论是在环境光线下、透射光线下或在使用逆反射片材时的逆反射光线下，有合成图像的片材具有非常引人注目的视觉效果。该视觉效果可用来作为装饰，用以美化成像片材附着的物品的外观。这种附着能传达一种强烈的时尚感或风格，并能以引人注目的方式表现设计者的徽标或品牌。将片材用于装饰的可以想到的例子包括在诸如便服、运动服、设计师服装、外套、鞋袜、便帽、礼帽、手套等服饰衣服上使用。类似地，时尚配件可以使用成像片材，以达到装饰、吸引人们注意或品牌辨认的目的。这些配件可以包括女用手提包、皮夹、公文包、背包、挎包、电脑包、皮箱、笔记簿等。成像片材的其他装饰用途可以扩展到多种物品，这些物品通常用装饰性图像、品牌或徽标来美化。例子包括书籍、家电、电子产品、五金器皿、车辆、运动器械、收藏品、艺术品等。

[0144] 当装饰性成像片材是逆反射的时候，时尚或品牌意识可以与安全和个人保护相结合。服饰和配件的逆反射连接是人们所熟知的，能在低光亮的状况下增强穿着者的可见性和能见度。当这种逆反射连接与合成图像的片材相结合时，可在环境光线、透射光线或逆反射光线中得到引人注目的视觉效果。在安全和防护性服装与配件领域中可以想到的应用包括诸如背心、制服、消防员衣服、鞋袜、腰带和安全帽等职业安全服饰；诸如跑步装备、鞋袜、救生衣、保护性头盔和制服等运动装备和衣服；儿童的安全服等。

[0145] 可用许多已知的技术将成像片材附着在上文所述的物品上，如美国专利 No. 5,691,846 (Benson, Jr. 等人)、5,738,746 (Billingsley 等人)、5,770,124 (Marecki 等人) 和 5,837,347 (Marecki) 中所提出的，选择哪种技术取决于基底材料的性质。在织物基底的情况下，可将该片材冲切或绘线切割，并通过缝合、热熔粘合剂、机械扣件、射频焊接或超声焊接等连接。在耐用品的情况下，使用压敏粘结剂可以是优选的连接技术。

[0146] 在一些情况下，最好是在片材附着在基底或物品上以后形成图像。这在需要定制或特有图像时会特别有用。例如，可以将艺术品、素描、抽象设计、照片等用计算机生成或将数字编码传送到计算机，在片材上成像，该未成像的片材已经预先被附着在基底或物品上。然后计算机会如上文所述控制成像设备。在同一张片材上可形成多个合成图像，这些合成图像可以是相同的或不同的。合成图像还可以和其他的普通图像（例如印刷图像、全息图、等值图、衍射光栅、远距离图、照片等）一起使用。可以在片材涂敷到物品或物体之前或之后，在片材中形成图像。

[0147] 半透明和透明层合材料

[0148] 在某些实施例中，片材可以利用一层或多层半透明或透明层合材料作为材料或材料组合，可以在其中形成浮动图像。为方便起见，将针对半透明材料描述本发明；然而，一系列的材料可以用于片材，包括半透明材料、亚半透明材料和透明材料。片材可以形成保持完全透明或亚半透明特性（即，在某种程度上允许光穿过构造）的构造。

[0149] 半透明层合材料可以与其他功能材料结合。例如，最终构造可以用粘结方法或机械方法施加在物品上。整个结合物品可以是半透明的、不透明的或它们的组合。半透明层合材料可以由多种单层或多层材料或这些材料的结合而构成。例如，这种材料可以包括染色的或着色的彩色薄膜，多层光学薄膜和干涉薄膜。这种半透明层合材料可以包括单层的、透光的、染色的或着色的聚对苯二甲酸乙二醇酯（PET）、硅氧烷、丙烯酸酯、聚氨酯或其他类似材料，使一层辐射敏感材料设置为与第一层相邻，在其中形成图像。另一个实例是材料层，具有在层表面上形成的光学元件（例如透镜），通过激光材料转移工艺或其他类似印制工艺转移到第二材料上。

[0150] 在一些实例中，由于是在单层表面上的微透镜形成影像，而不需要相邻的材料层，本发明的浮动图像可以在单层半透明层合材料自身中形成。图 17 是片材 600 的放大剖视图，其包含具有形成在其表面上的微透镜 602 的材料单层 630。也就是说，层 630 可以作为单层材料形成，具有微透镜表面，并且可以具有足够自支承的厚度，不需要另外的基底。

[0151] 在图 17 的所示的实施例中，片材 600 包括具有第一侧面和第二侧面的、透明的平-凸形片材或非球形片材，第二侧面 604 基本上是平的，第一侧面具有形成在其上的、基本上是半球形或半非球形的微透镜 602 的阵列。选择微透镜 602 的形状和层 630 的厚度，使得入射到阵列的准直光束 608 聚焦在单层 630 的区域 610 内。层 630 的厚度至少部分取决于微透镜 602 的特性，例如微透镜聚焦光线的距离。例如，可以使用在透镜前 60 μm 的距离聚焦光线的微透镜。在一些实施例中，层 630 的厚度可以为 20–100 μm 之间。微透镜 602 可以由透光的或彩色的 PET、硅氧烷、丙烯酸酯、聚氨酯、聚丙烯或其他材料，通过例如压花工艺或微复制工艺形成。

[0152] 入射能量（例如来自能量源 606 的光线 608）被射向片材 600。入射到片材 600 上的光线的能量通过各个微透镜 602 被聚焦到层 630 内的区域 610。该聚焦的能量在区域 610 使得层 630 变性以形成图像，其尺寸、形状和外观取决于光线 608 和微透镜 602 之间的相互作用。例如，光线 608 可以在因为光降解、碳化或其它对层 630 的局部残损而在层 630 内形成的各个残损位点，形成与每个微透镜相关的各自的部分图像。在某些实例中区域 610 可以被称为“光降解部分”。各个图像可以由残损而引起的黑线形成。形成在材料中的各个图像，当由观察者在反射光或透射光下观看时，形成看起来悬浮或浮动在片材上方、片材平面内和 / 或片材下方的合成图像。

[0153] 上面关于第 III 部分所述的辐射源可以用于形成在片材 600 的层 630 内的区域 610 的各个图像。例如，可以使用高峰值功率辐射源。可以用于成像片材的辐射源的一个实例是再生式放大钛蓝宝石激光器。例如，在 800 纳米的波长下以大约 150 飞秒的脉冲周期以及 250Hz 的脉冲频率工作的钛蓝宝石激光器可以用于在片材内形成图像。

[0154] 在一些实施例中，所述片材可以在其两个侧面具有光学微结构。图 18 是示例性片材 700 的放大剖视图，其在第一侧面上具有基本上是半球体或非半球体的微透镜 702 的阵列，在第二侧面上具有逆反射部分 704。如图 18 所示，逆反射部分 704 可以是三直角锥

(corner cube) 阵列。然而,其他类型的逆反射表面或非逆反射光学结构也可以在与微透镜 702 相对的片材 700 的第二侧面的表面上形成。

[0155] 例如,片材 700 的第二侧面可以包括衍射元件(例如衍射光栅)以提供色移(color-shifting)能力或其他光学功能。又如,第二侧面可以由部分三直角锥、双凸透镜阵列、附加小透镜阵列、复合光学层或者其他在片材 700 的第二侧面内形成的光学器件组成。此外,片材 700 的第二侧面上的光学微结构可以在位置、周期、维度或角度上是均匀的或变化的,以提供多种光学效果。光学微结构还可以涂覆半透明金属层。因为这些变化,片材 700 可以在色移背景上提供图像或提供附加的光学功能。

[0156] 在另一个实施例中,微透镜 702 可以仅仅在片材 700 的第一侧面的一部分内形成,而逆反射部分 704 基本上覆盖片材 700 的整个第二侧面。这样,从第一侧面观看片材 700 的观察者可以同时看到浮动图像和出现逆反射的区域。通过检查片材的逆反射性,片材 700 可以用作安全特征。在某些实施例中,逆反射部分 704 可以包含三直角锥,这些三直角锥的角可以被弯曲,用以在没有被微透镜 702 覆盖的部分获得“闪耀”的外观。

[0157] 如上面图 17 所述,与多个微透镜 702 中的每个相关的各个图像可以在片材 700 内形成。在一个实施例中,片材 700 可以是两面的微结构,其中微透镜 702 和逆反射部分 704 被构造在单个材料层的相对两表面。在另一个实施例中,微透镜 702 和逆反射部分 704 可以是(例如通过层合)固定在一起的两个分离的材料层。在这种情况下,各个图像可以在与微透镜 702 相关的层和与逆反射部分 704 相关的层之间的位置形成。作为另外一种选择,辐射敏感材料层可以在与微透镜 702 相关的层和与逆反射部分 704 相关的层之间存在,在其上形成各个图像。

[0158] 可以在反射光和 / 或透射光下观看两个侧面具有微结构和合成图像的双侧面单层片材。图 19A 是具有第一侧面 802 和第二侧面 804 的片材 800 的示意图,第一侧面和第二侧面的每个基本上是半球体或非半球体的微透镜阵列。片材 800 基于观察者的观看位置呈现合成图像 806A 和 806B (“合成图像 806”)。例如,合成图像 806A、806B 分别在片材 800 的第一侧面上呈现给观察者 A 和在片材 800 的第二侧面上呈现给观察者 B,当在反射光下观看时浮动在片材 800 上方(即,前方)。以类似于上面针对邻近微透镜层的材料层内形成图像描述的方式,合成图像 806 通过在片材 800 中形成的各个图像的相加而形成,

[0159] 各个图像可以在片材 800 中的区域 805 形成。例如,如上所述,各个图像可以通过来自能量源的在区域 805 改变片材 800 的入射能量形成。每个区域 805 可以对应于在第一侧面 802 和 / 或第二侧面 804 上形成的各个微透镜。在一个实施例中,可以选择,在第一侧面 802 上形成的微透镜将聚焦光线入射到第一侧面 802,其基本上在片材 800 的中间区域 805 内。因此,由在区域 805 形成的各个图像产生的合成图像 806 可以在片材 800 的第一侧面 802 上被观察者 A 观看或者在片材 800 的第二侧面 804 上被观察者 B 观看。在一个实施例中,在第一侧面 802 和第二侧面 804 上形成的微透镜横向地形成一排,并且在厚度和焦距方面基本上相等,以使得从片材 800 的任何一侧都可看到片材 800 内的合成图像。

[0160] 观察者 A 看到的合成图像 806A 在一些方面与观察者 B 看到的合成图像 806B 可能不同。例如,当合成图像 806 包括具有视觉深度的特征时,特征的可见深度可能会反向。换句话讲,离观察者 A 最近出现的特征可能离观察者 B 最远。虽然没有描述,在其他实施例中,通过在区域 805 的各个图像形成的合成图像可以浮现在片材平面内、片材下方和 / 或在透

射光下可观看。

[0161] 图 19B 是多层片材 808 的示意图, 其包含 (具有形成在其表面上的微透镜的) 第一层 810、(类似地具有形成在其表面上的微透镜的) 第二层 812 和 (设置在第一微透镜层和第二微透镜层之间的) 材料层 816。层 810、812 的外表面可以包括基本上是半球体或非半球体微透镜阵列。材料层 816 可以是透明材料。

[0162] 如上面有关图 19A 所述, 片材 808 呈现合成图像 814A 和 814B (“合成图像 814”)。合成图像 814 分别在片材 808 的第一侧面上呈现给观察者 A 并且在片材 808 的第二侧面上呈现给观察者 B, 用以在反射光下观看时浮动在片材 808 上方。如上所述, 合成图像 814 由在材料层 816 中形成的各个图像相加而形成。材料层 816 可以是上面第 II 部分中所述的辐射敏感材料。又如, 材料层 816 可以是透明的、可用激光标记的材料, 例如掺杂聚碳酸酯层, 激光束在其上形成黑色标记。在一个实施例中, 层 810、812 可以通过层合连接。材料层 816 可以包含涂层、薄膜或其他类型的层。例如, 材料层 816 可以是金属垫片、电介质垫片、三直角锥垫片、衍射光栅垫片、多层光学薄膜 (MOF) 或复合光学垫片。不同类型或颜色的多层材料层可以替代材料层 816。在一些实施例中, 可以在材料层 816 内形成对每一侧面不同的图像, 因此, 不同的浮动图像可以被观察者 A 和观察者 B 看到。在另一个实施例中, 可以在第一层 810 和第二层 812 之一的区域内形成图像。

[0163] 图 19A 和图 19B 示出了具有合成图像的片材, 该合成图像浮现在片材上方, 可以在片材任一侧面上呈现给观察者。在一些实施例中, 片材可以提供二维的或三维的合成图像, 其呈现在片材的两个侧面上。这种片材可以作为增强的安全特征找到用途, 也可以提供品牌增强、品牌授权和吸引眼球的吸引力。

[0164] 图 20 是片材 900 的放大剖视图, 其包含具有形成在其表面上的微透镜的层 902 和多个附加半透明层 904A-904N (“半透明层 904”)。层 902 可以基本上类似于图 17 的层 630。也就是说, 如上所述, 层 902 可以包含具有足够厚度的单层以使得各个图像可以在层 902 内形成。附加半透明层 904 可以加入到片材 900 中。用以产生附加的视觉外观 (例如颜色、对比度和色移) 和功能。半透明层 904 可以是使光学结构 (例如透镜、三直角锥、双凸透镜阵列) 设置在光学层叠件内, 以增加例如色移的效果和功能。例如, 衍射光栅可以增加色移效果, 而透镜可以提供成像功能。片材 900 可以用于在颜色连续变化的背景上提供高对比度的白色浮动图像。在材料中形成的各个图像, 当被观察者在反射光或透射光下观看时, 提供看起来悬浮或浮动在片材上方、片材平面内和 / 或片材下方的合成图像。

[0165] 如上面所讨论的, 多个构造可以用于半透明微透镜片材。例如, 片材可以包括导致相对于透镜阵列错位的图像垫片。这会导致图像的运动垂直于观察者相对于基底的运动。又如, 单层微透镜可以由适宜吸收能量的材料形成。保护性顶涂层可以增加到片材中以增加耐用性。这种顶涂层可以是彩色的或透明的, 可以增强图像外观和提供产生均匀背景颜色的机制。表面上具有微透镜的层或附加的半透明层可以是染色的或着色的。着色的颜色可以是定制的。

[0166] 片材可以在半透明基底上提供增强的对比浮动图像, 或在半透明基底上提供半透明彩色图像。片材可以提供多侧面色移浮动图像, 其具有 (作为视角或入射光角度的函数的) 可调色移和可调光学效果。片材可以提供通过波长选择性地在基底内形成图像的能力。片材的微复制的光学结构可以是带通微复制光学结构, 例如彩色玻璃带通或干涉带通

微复制的光学结构。这种结构可以用于形成单波长或多波长图像，或可以形成有特有波长的受保护图像。生成带通基底可以同时提供安全性和视觉实用性。安全性可以通过增加再现多色浮动图像所需的激光系统的数量而增加。

[0167] 微透镜片材是嵌入透镜型片材，其中微球体透镜嵌入透明保护性外涂层（通常是聚合材料）中。透光玻璃或彩色玻璃或聚合物小珠可以替代如上所述的实施例中的微复制透镜光学结构。例如，小珠可以同时在两个侧面粘结到多层光学薄膜（MOF）上，另外 MOF 和小珠的尺寸是变化的。又如，小珠可以同时在两个侧面粘结到电介质垫片上。小珠可以粘结到衍射光栅垫片的两个侧面，衍射光栅的强光和周期结构是变化的。小珠可以是同时粘结到衍射光栅垫片的两个侧面的金属涂覆的小珠。光栅可以从 2D 变到 3D。周期结构可以加入光栅中，可以影响衍射顺序、视角等。上述特征还可以选择性地组合，以得到具有所需效果的片材。

[0168] 上述的半透明层合材料可以结合在背光应用中，或可以应用于彩色的、白色的或可变的发光元件、可变强度的光照、光导、纤维传送光、彩色滤镜、荧光或磷光材料相结合的构造。可以设计这些发光条件以使图像或整体基底的外观随时间、通过用户交互或通过环境条件而改变。这样，构造提供了具有可变的可视信息内容的、动态变化的浮动图形。

[0169] 如上所述的使用半透明层的单层或多层片材，可以用在多个应用中，包括安全性文档和消费者的装饰性应用中。例如，片材的浮动图像可以用于作为半透明覆盖物的浮动水印，提供安全特征，通过浮动水印印刷的信息是可见的。片材可以做得很薄（<1mm），这使得可以将片材整合到安全性文档、护照、驾驶证、货币、钞票、身份证件、标题、私人徽章、购买凭证、授权认证、公司卡、金融交易卡（例如信用卡）、合格证、品牌和资产保护标签、注册标记、税票、游戏币、车牌、有效性贴纸或其他物品中。

[0170] 片材还可以整合到创意设计者使用的材料中。又如，片材可以整合到计算机包、键盘、数字键盘或计算机显示器中。

[0171] 实例 12

[0172] 下面的实例描述了从一系列试验中获得的结果。在这一实例中，在类似于图 17 中所述的片材的微复制丙烯酸酯透镜片材中形成图像。在包含微透镜图案的 125 微米厚的聚酰亚胺薄膜上浇注 75 微米厚的溶液。该溶液由 75 重量% 的 Photomer6210（俄亥俄州辛辛那提的科宁公司的脂肪族聚氨酯丙烯酸酯）和 25 重量% 的二丙烯酸 1,6-己二醇酯（佐治亚州士麦那的伯克利化工公司）组成，其包含 1% 的 TPO-L 光引发剂（纽约弗朗汉姆公园的巴斯夫公司）。涂覆的薄膜通过在氮气吹扫环境中暴露在 Fusion D 灯的输出端固化。微透镜图案由呈六边形图案的 30 微米直径的透镜组成，透镜间距为 34 微米。每个微透镜具有非球面形状，其通过曲率半径为 18.7 微米和二次曲线常数为 -0.745 来描述。测试表明这些微透镜在波长为 800 纳米下具有大约为 60 微米的有效焦距。

[0173] 通过将 75 微米厚的丙烯酸酯薄片暴露在再生式放大的钛蓝宝石激光器（Spectra-Physics Hurricane）的输出端可以在薄片中描绘虚像，该再生式放大的钛蓝宝石激光器在波长为 800 纳米、脉冲周期为约 150 飞秒和脉冲频率为 250Hz 的条件下工作。用于描绘图像的激光束的平均功率（其取决于图像浮动高度）在 10–100 毫瓦范围内，由在光圈数为约 1 的条件下工作的非球面透镜聚焦。

[0174] 这些情况产生在由丙烯酸酯片材提供的透光、无色的背景上由黑线组成的虚像，

其具有在表面上方的为 1-10mm 的浮动高度。片材的剖视显微图表明，通过适当的微透镜之后微图像的整合形成虚像中的黑线。每个微图像看起来由在丙烯酸酯片材中形成的黑色材料的图案组成，其中通过微透镜聚焦的激光达到比聚合物击穿强度 ($\sim 10^{17}W/m^2$) 高的强度。

[0175] 本发明所公开的实施例的各种修改形式和组合对本领域的技术人员来说都是显而易见的，所附权利要求书所限定的本发明的范围旨在包括这些修改形式。

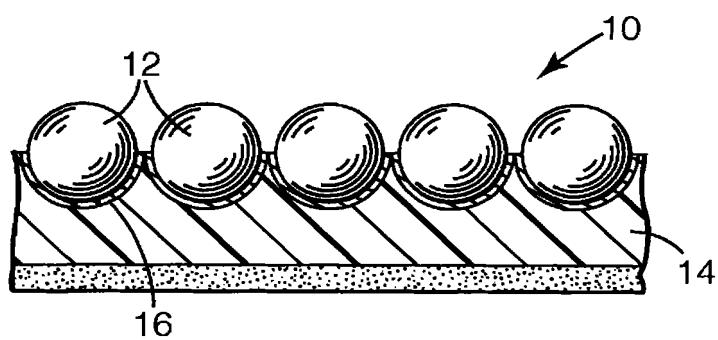


图 1

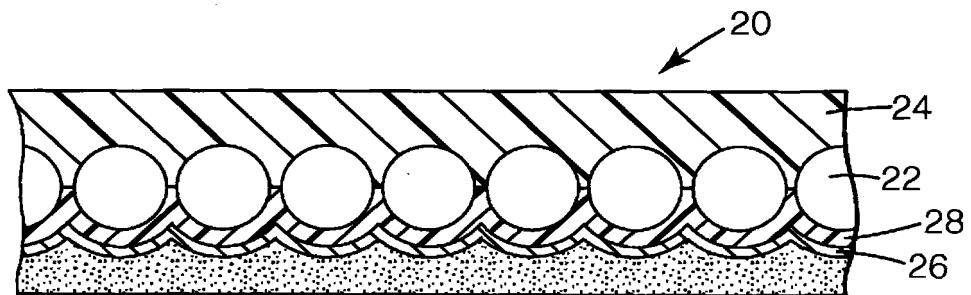


图 2

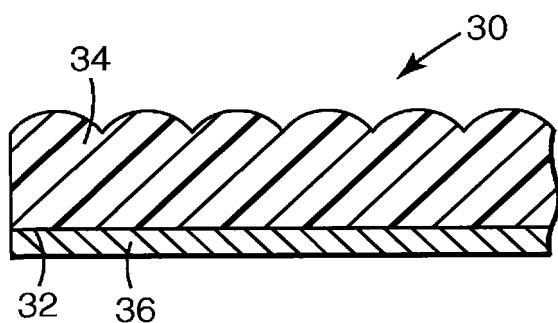


图 3

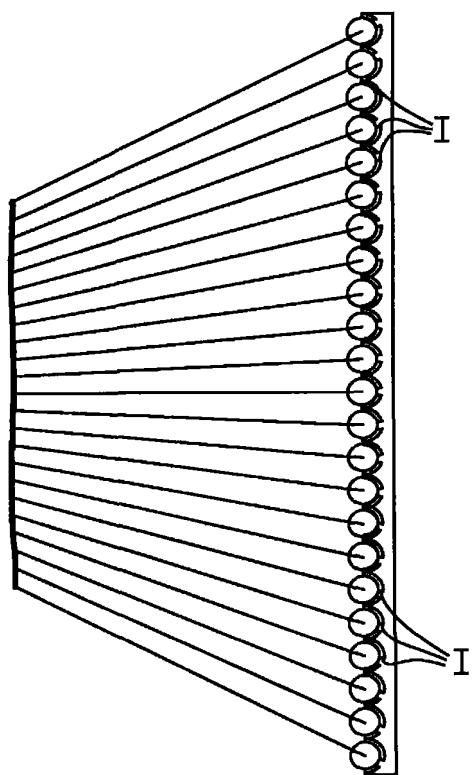


图 4

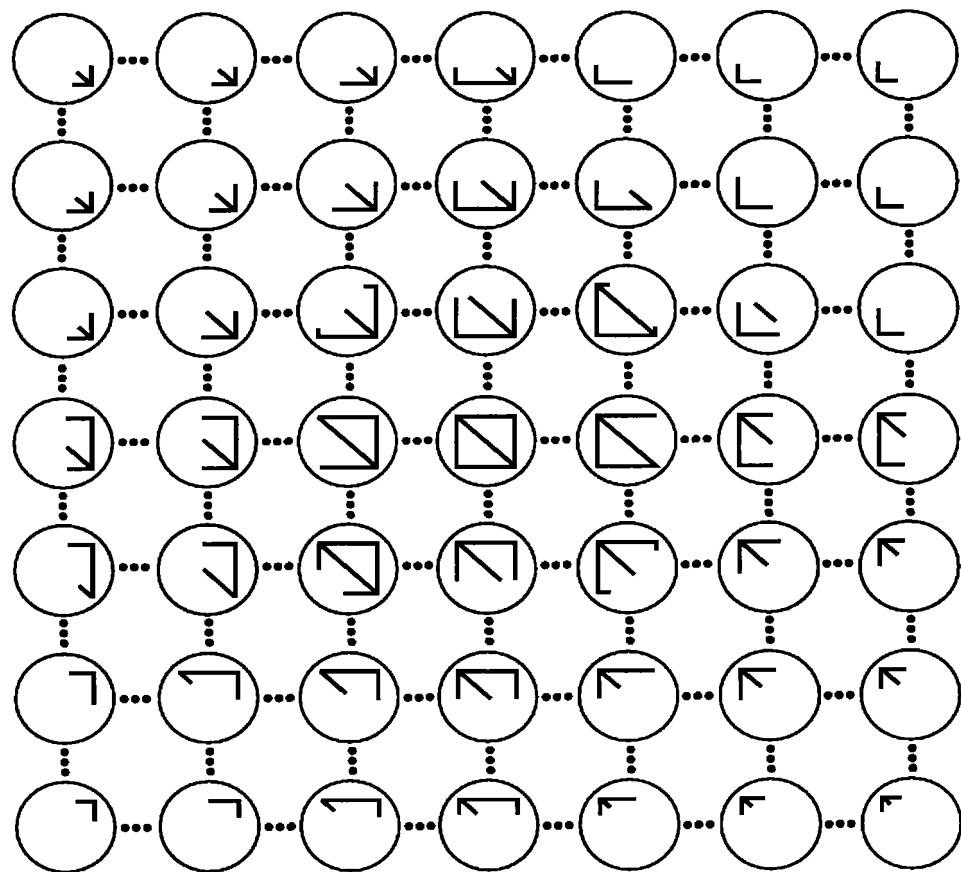


图 5

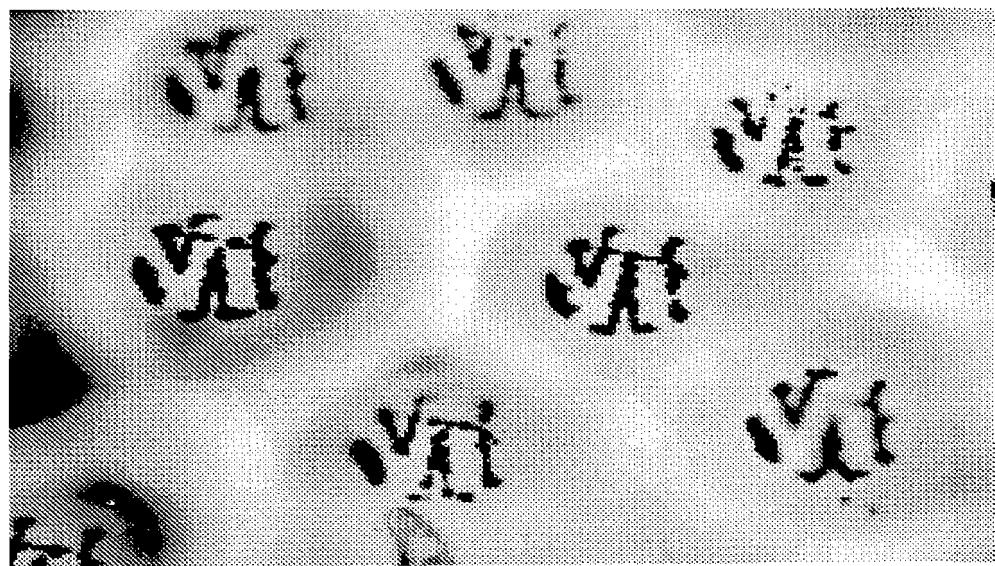


图 6

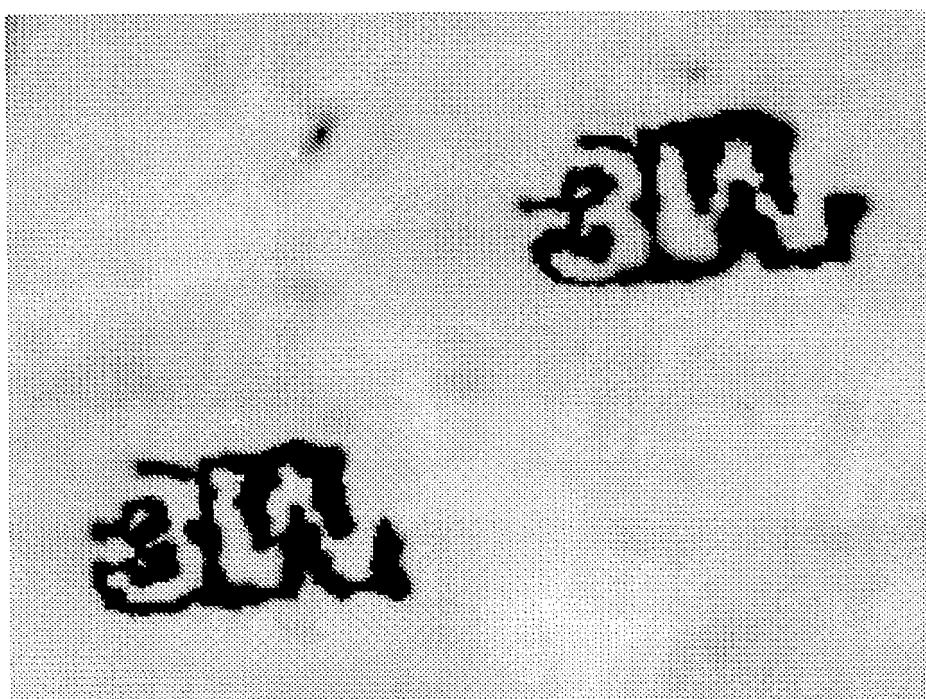


图 7

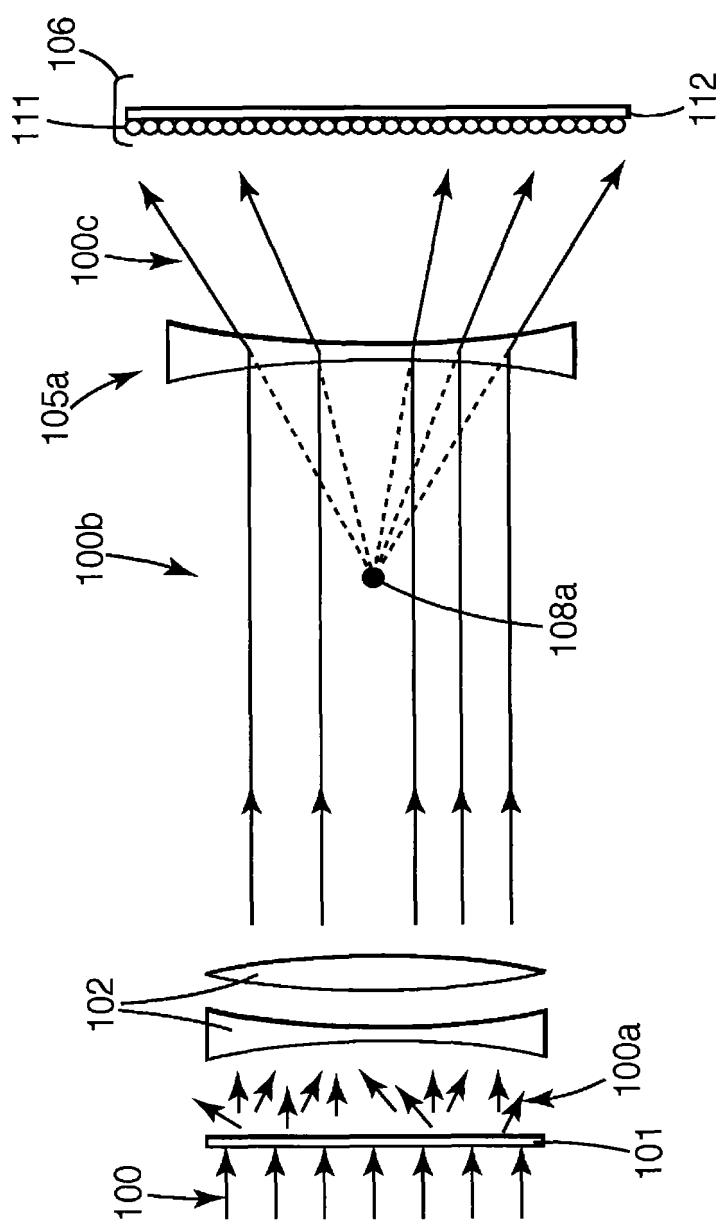


图8

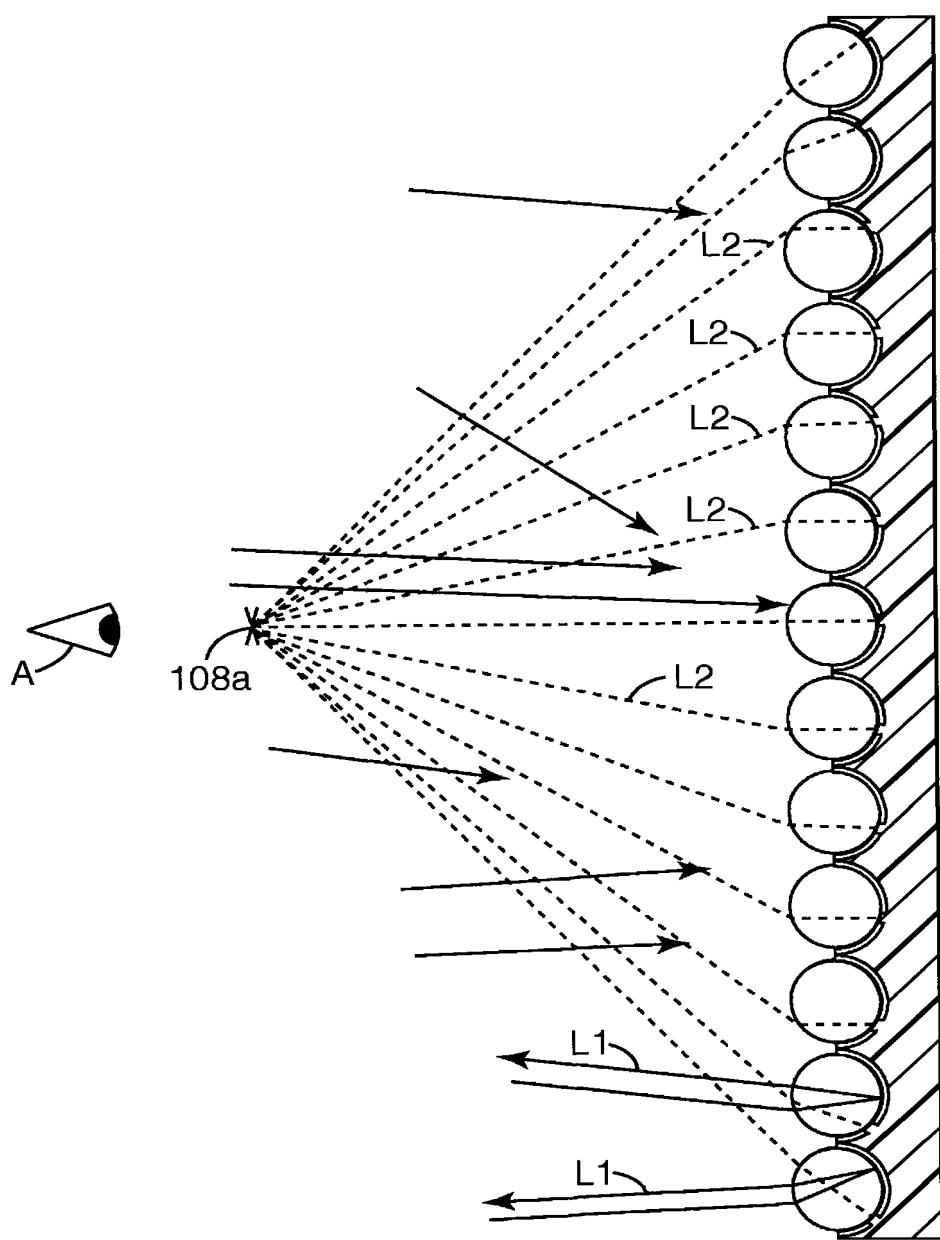


图 9

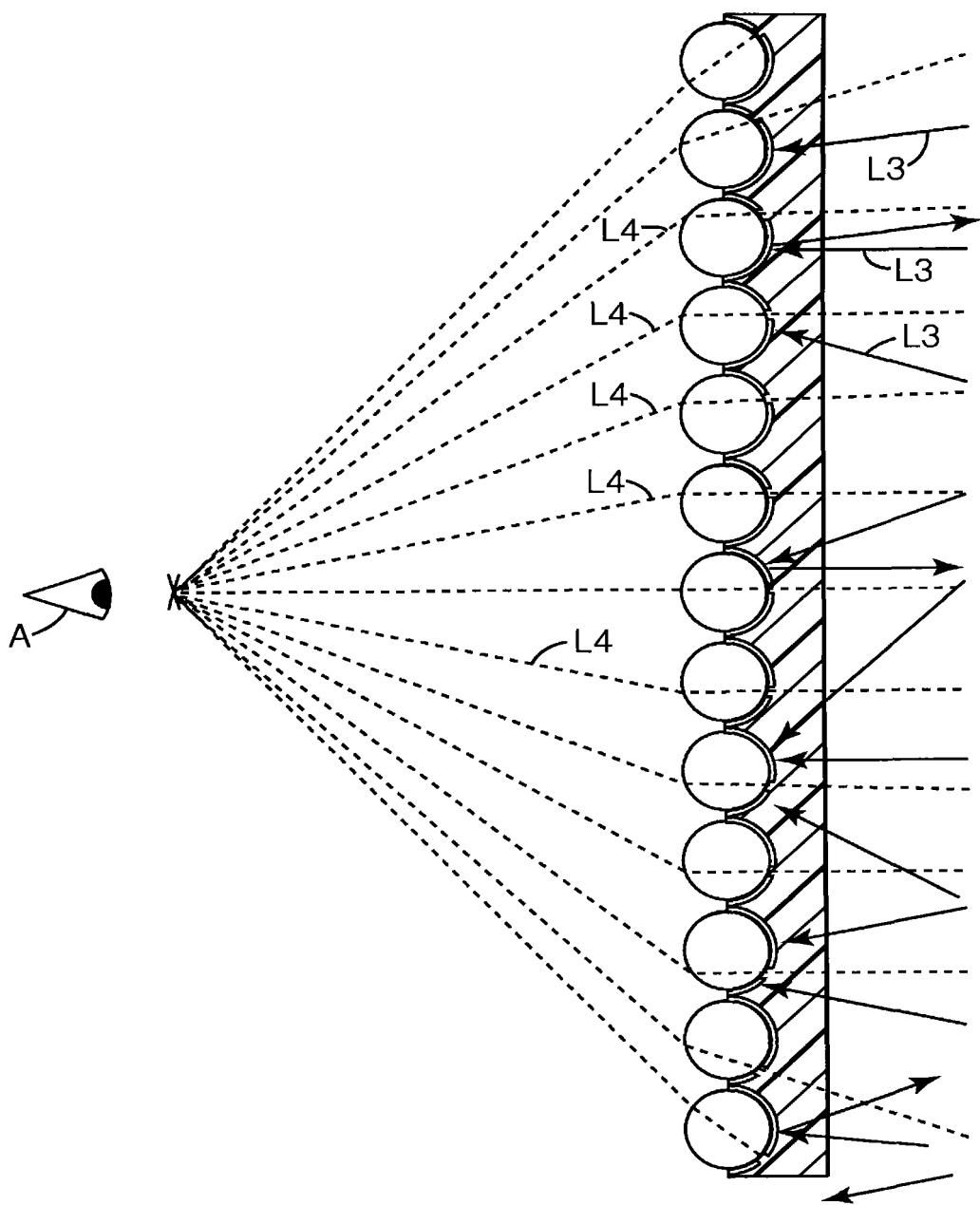


图 10

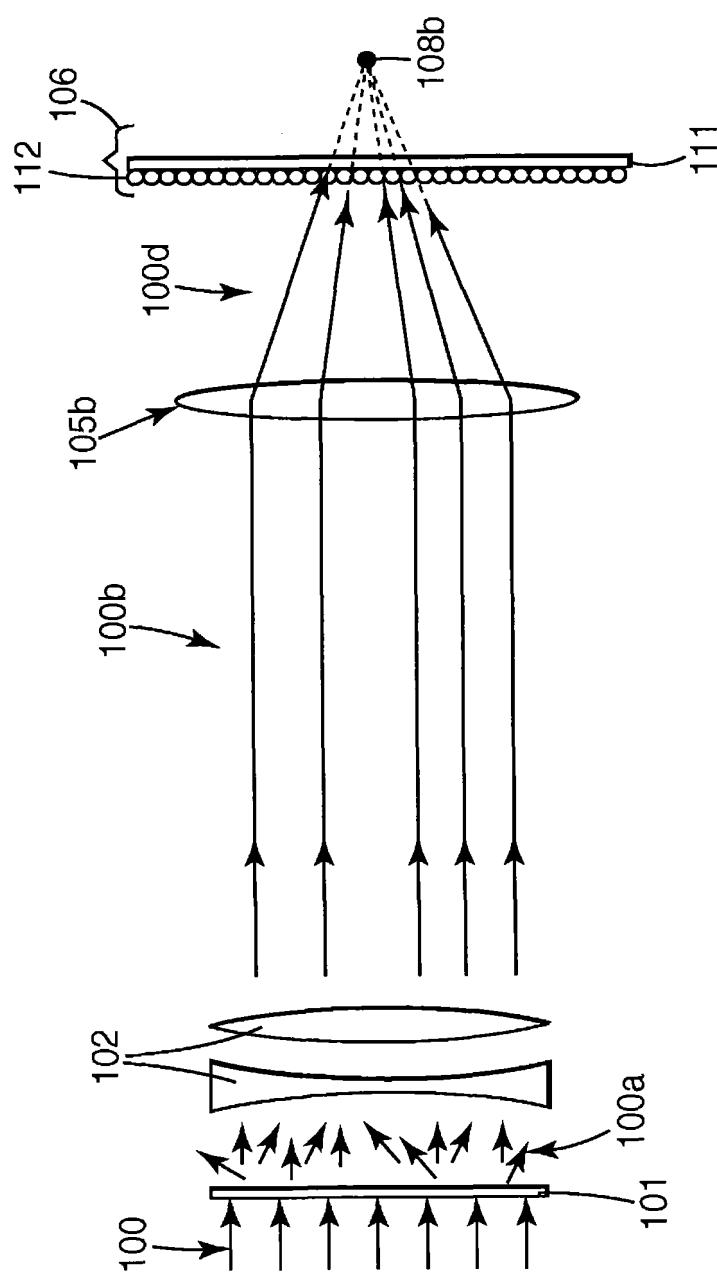


图11

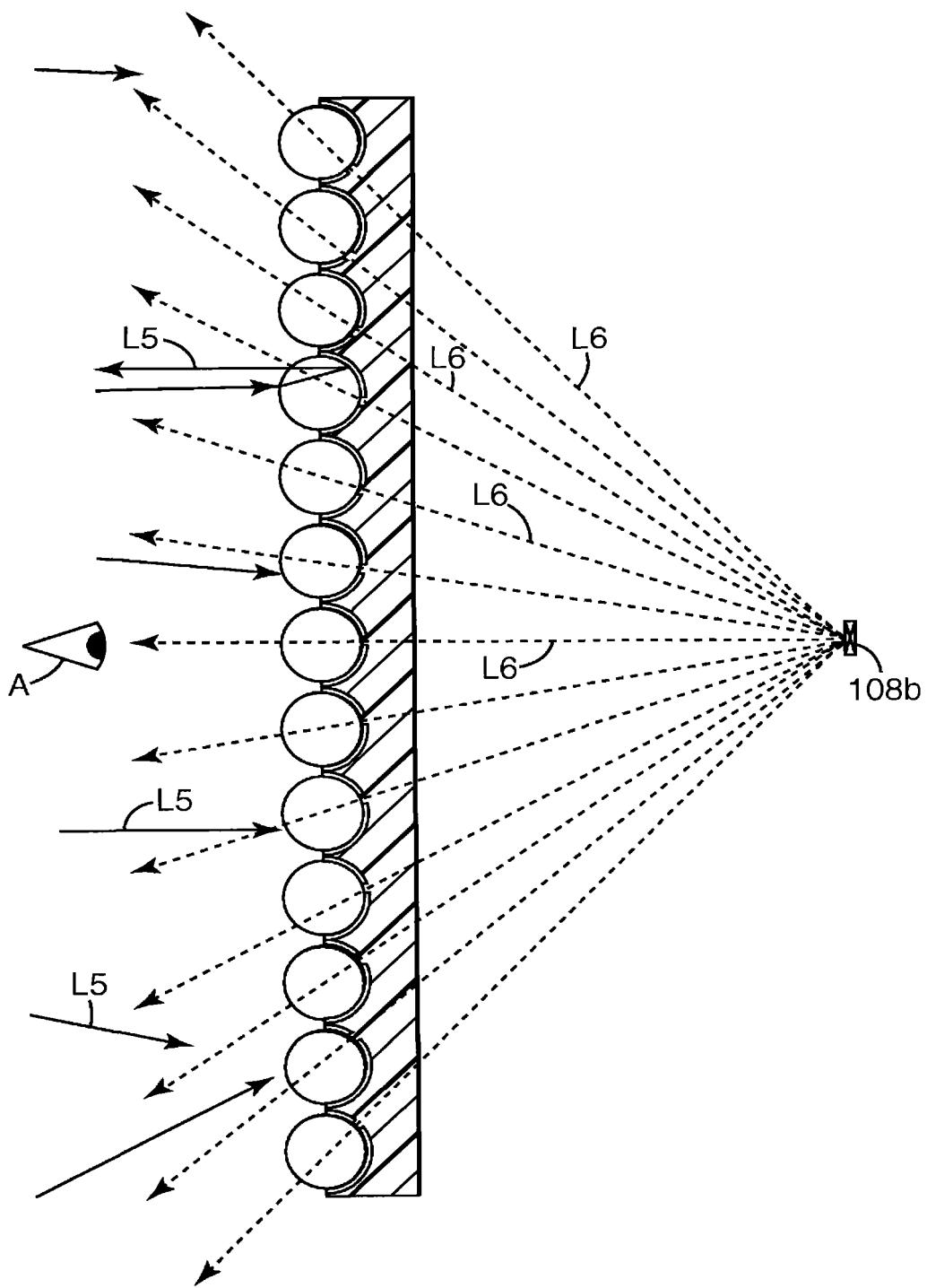


图 12

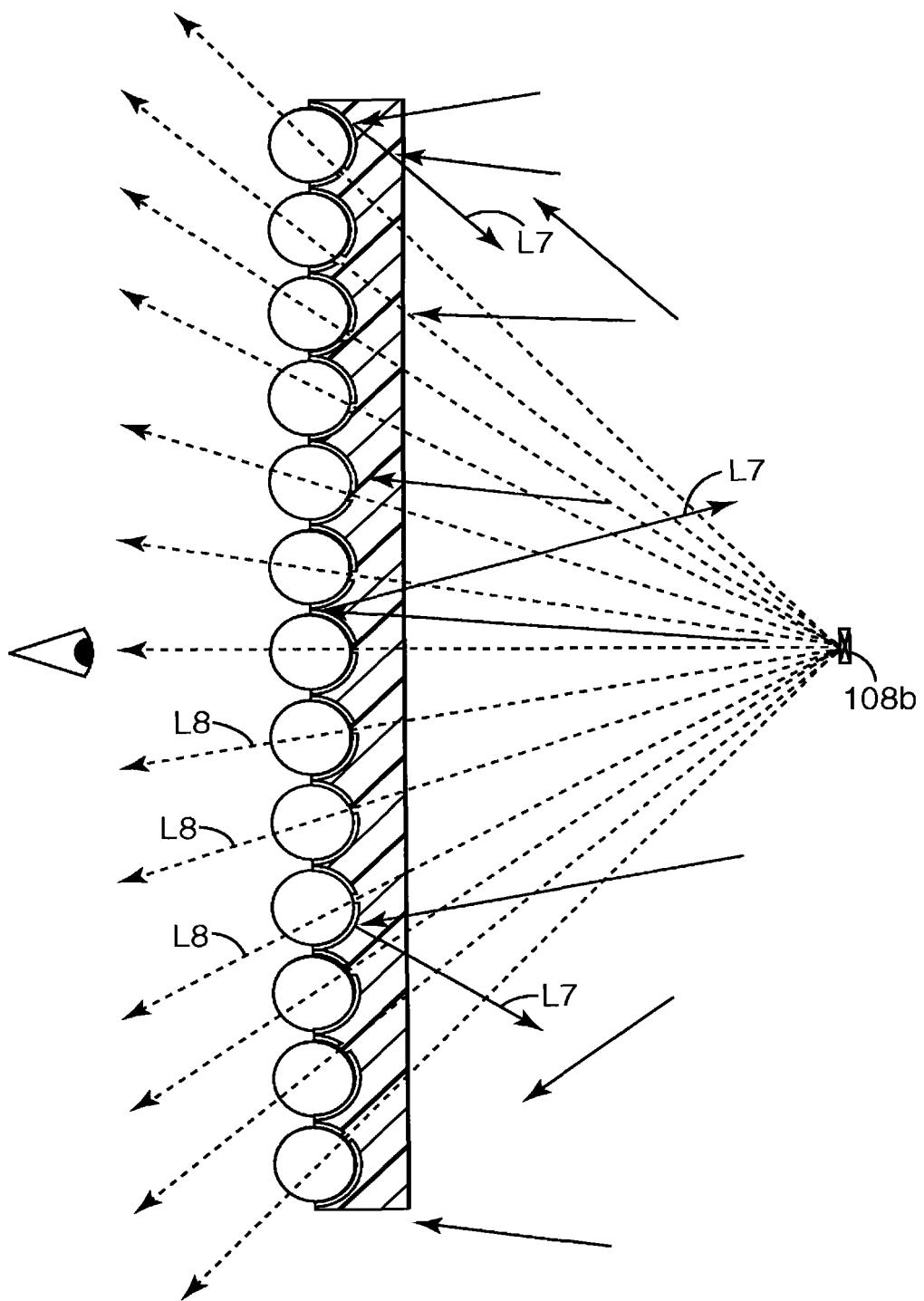


图 13

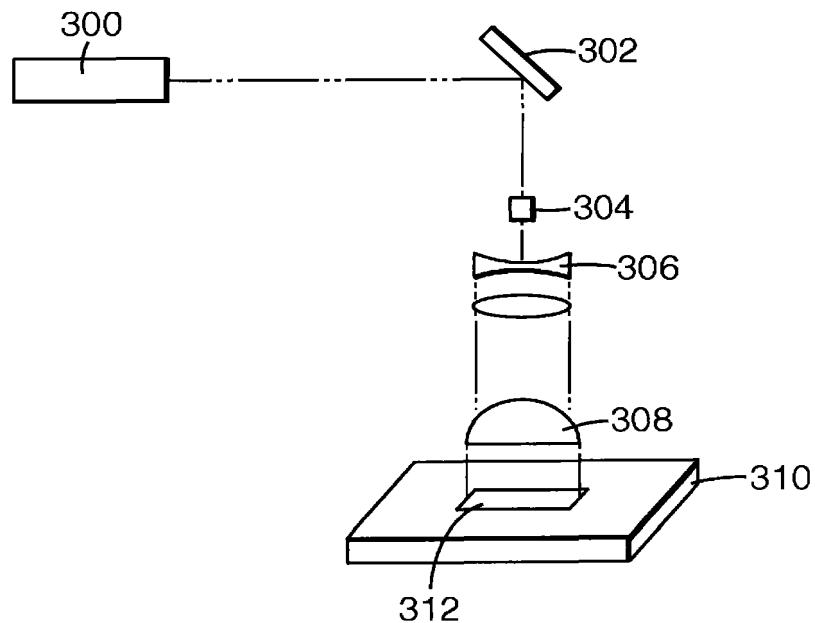


图 14

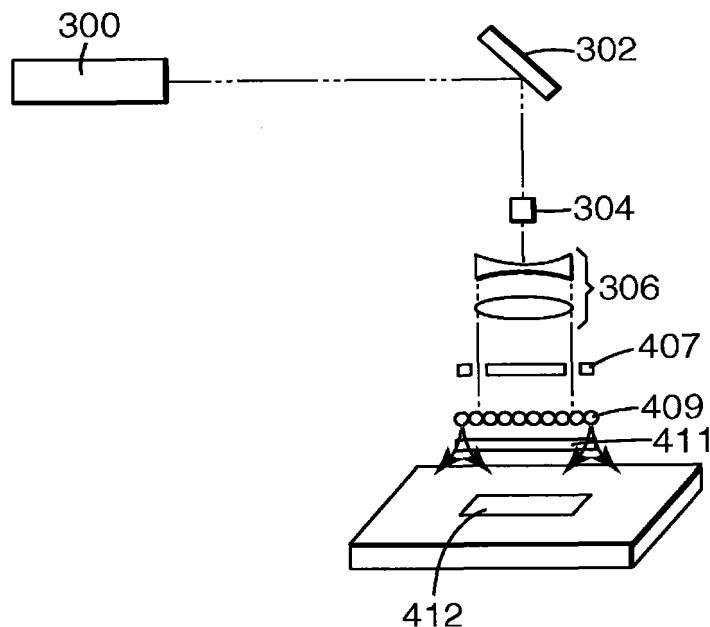


图 15

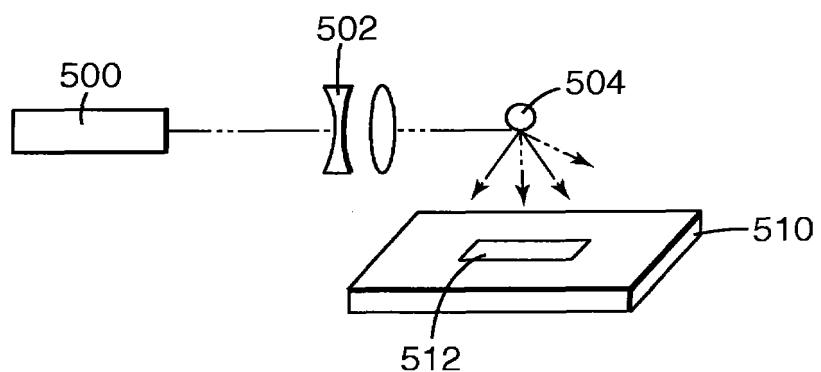


图 16

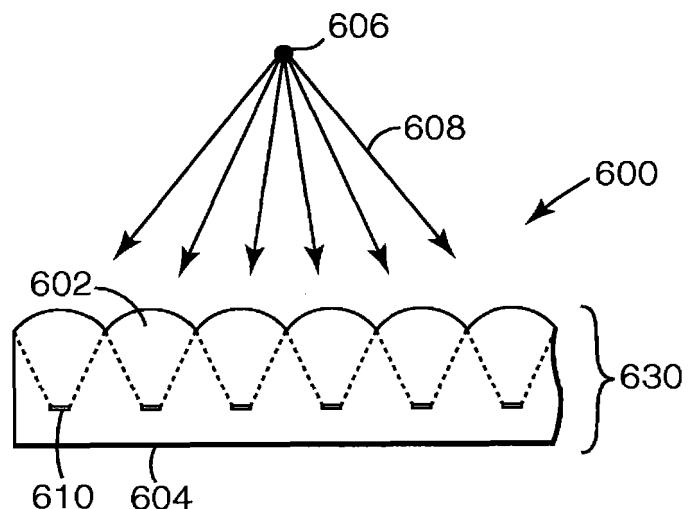


图 17

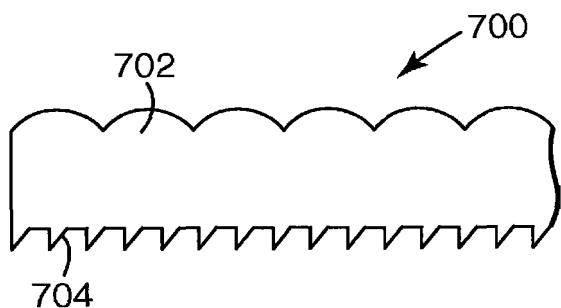


图 18

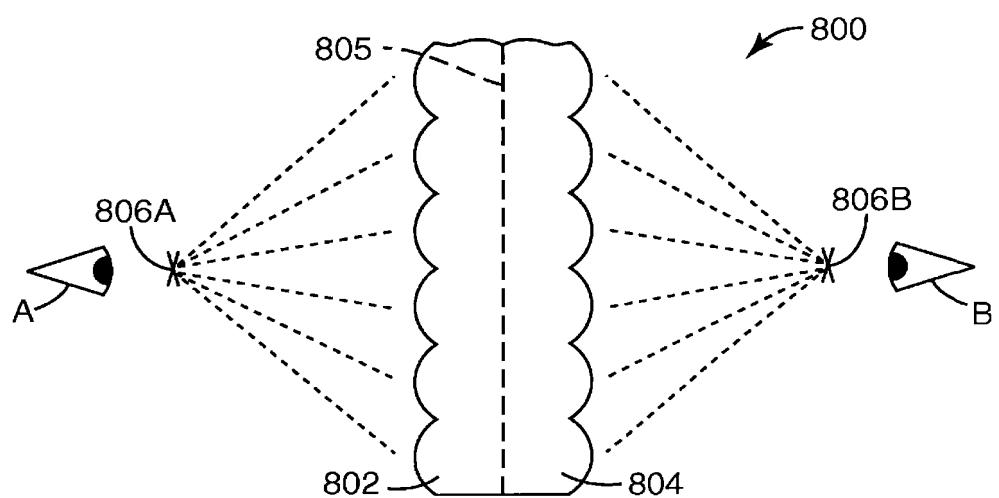


图 19A

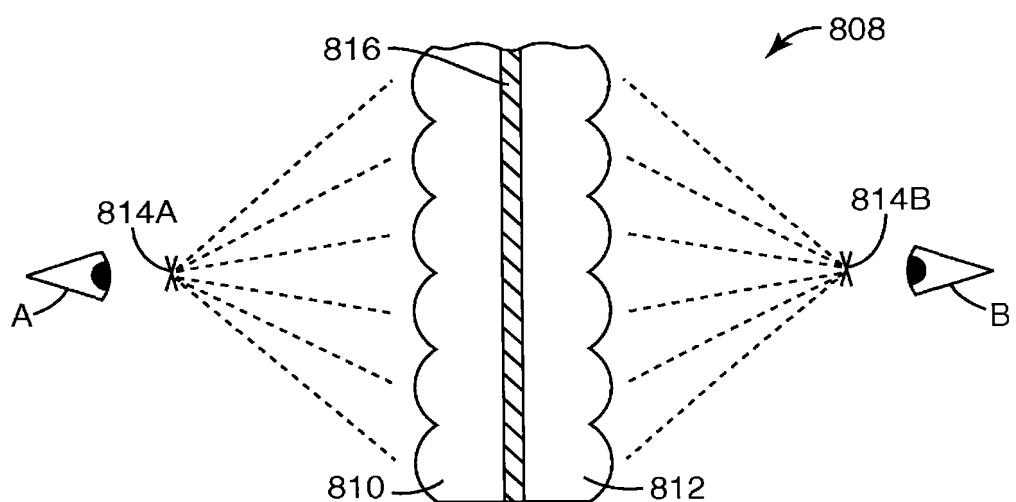


图19B

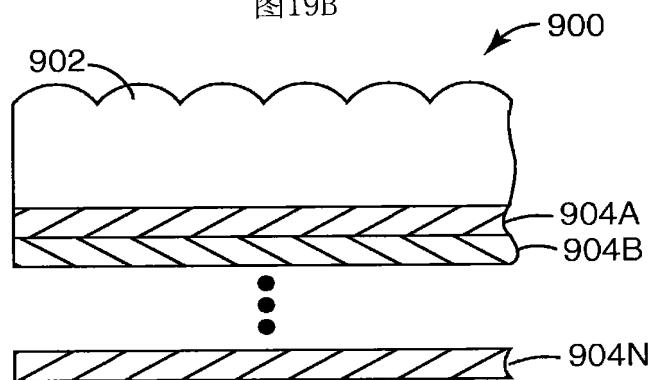


图20