

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200780044964.4

[43] 公开日 2009 年 10 月 7 日

[51] Int. Cl.
B60K 37/02 (2006.01)
B60K 35/00 (2006.01)

[11] 公开号 CN 101553379A

[22] 申请日 2007.11.9

[21] 申请号 200780044964.4

[30] 优先权

[32] 2006.12.4 [33] US [31] 11/566,578

[86] 国际申请 PCT/US2007/084192 2007.11.9

[87] 国际公布 WO2008/070401 英 2008.6.12

[85] 进入国家阶段日期 2009.6.4

[71] 申请人 3M 创新有限公司

地址 美国明尼苏达州

[72] 发明人 布莱恩·E·布鲁克斯

罗伯特·L·W·史密森

格兰·E·卡斯纳尔

[74] 专利代理机构 中原信达知识产权代理有限责任公司
代理人 梁晓广 关兆辉

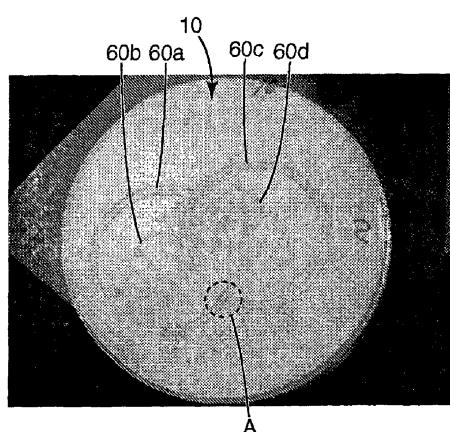
权利要求书 7 页 说明书 37 页 附图 8 页

[54] 发明名称

包括浮动的合成图像的用户接口

[57] 摘要

本发明描述了包括一个或多个合成图像的用户接口，观察者感觉到的所述合成图像相对于所述用户接口悬浮在空间中。



1. 一种用户接口，包括：

片材，所述片材包括：

至少一个微透镜层，所述层具有第一和第二侧面；

与所述微透镜层的第一侧面相邻设置的材料层；以及

在所述材料中形成的与多个所述微透镜中的每一个相关的至少部分完整的图像，其中所述图像与所述材料形成对比；

由各个图像形成的第一合成图像，其肉眼看起来浮在所述片材上方的第一距离处；

由各个图像形成的第二合成图像，其肉眼看起来浮在所述片材上方的第二距离处，

其中所述第一和第二距离为大约相同距离，其中所述第一和第二合成图像与相同的任务或心理操作有关。

2. 根据权利要求 1 所述的用户接口，其中所述第一和第二合成图像彼此紧邻。

3. 根据权利要求 1 所述的用户接口，其中所述用户接口还包括由所述片材中的各个图像形成的多个合成图像，其肉眼看起来浮在所述片材上方、浮在所述片材下方或至少浮在所述片材的平面的一部分中。

4. 根据权利要求 2 所述的用户接口，其中与相同任务或心理操作有关的所述合成图像大约位于所述片材上方或下方相同距离处或至少位于所述片材的平面的一部分中。

5. 根据权利要求 1 所述的用户接口，其中所述合成图像在反射光下看起来浮在所述片材上方。

6. 根据权利要求 1 所述的用户接口，其中所述合成图像在透射光

中看起来浮在所述片材上方。

7. 根据权利要求 1 所述的用户接口，其中所述合成图像中的至少一个肉眼看起来也至少部分在所述片材的平面中。

8. 根据权利要求 1 所述的用户接口，其中当观察位置相对于所述片材改变时，所述合成图像中的至少一个看起来相对于所述片材移动。

9. 根据权利要求 1 所述的用户接口，其中当观察所述片材的角度改变时，所述合成图像中的至少一个消失并且重新出现。

10. 根据权利要求 1 所述的用户接口，其中所述合成图像中的至少一个为二维图像。

11. 根据权利要求 1 所述的用户接口，其中当选定的条件发生时，所述第一合成图像显示给用户。

12. 一种用户接口，包括：

片材，所述片材包括：

至少一个微透镜层，所述层具有第一和第二侧面；

与所述微透镜层的第一侧面相邻设置的材料层；以及

在所述材料中形成的与多个所述微透镜中的每一个相关的至少部分完整的图像，其中所述图像与所述材料形成对比；

由各个图像形成的第一合成图像，其肉眼看起来浮在所述片材下方的第一距离处；

由各个图像形成的第二合成图像，其肉眼看起来浮在所述片材下方的第二距离处，

其中所述第一和第二距离为大约相同距离，其中所述第一和第二合成图像与相同的任务或心理操作有关。

13. 根据权利要求 12 所述的用户接口，其中所述第一和第二合成图像彼此紧邻。

14. 根据权利要求 12 所述的用户接口，其中所述片材还包括由所述片材中的各个图像形成的多个合成图像，其肉眼看起来浮在所述片材上方、浮在所述片材下方或浮在所述片材的平面中。

15. 根据权利要求 14 所述的用户接口，其中与相同任务或心理操作有关的所述合成图像大约位于所述片材上方或下方相同距离处或位于所述片材的平面中。

16. 根据权利要求 12 所述的用户接口，其中所述合成图像在反射光下看起来浮在所述片材下方。

17. 根据权利要求 12 所述的用户接口，其中所述合成图像在透射光中看起来浮在所述片材下方。

18. 根据权利要求 12 所述的用户接口，其中所述合成图像中的至少一个肉眼看起来也至少部分在所述片材的平面中。

19. 根据权利要求 12 所述的用户接口，其中当观察位置相对于所述片材改变时，所述合成图像中的至少一个看起来相对于所述片材移动。

20. 根据权利要求 12 所述的用户接口，其中当观察所述片材的角度改变时，所述合成图像中的至少一个消失并且重新出现。

21. 根据权利要求 12 所述的用户接口，其中所述合成图像中的至少一个为二维图像。

22. 根据权利要求 12 所述的用户接口，其中当选定的条件发生时，所述第一合成图像显示给用户。

23. 一种用户接口，包括：

片材，所述片材包括：

微透镜阵列；

与所述微透镜阵列相邻的材料层；以及

接触所述材料层的第一供体材料，其中所述供体材料在所述材料层上形成与所述多个微透镜中的每一个相关的、部分完整的各个图像；

由所述各个图像形成的第一合成图像，其肉眼看起来浮在所述片材上方的第一距离处；

由所述各个图像形成的第二合成图像，其肉眼看起来浮在所述片材上方的第二距离处，

其中所述第一和第二距离为大约相同距离，其中所述第一和第二合成图像与相同的任务或心理操作有关。

24. 根据权利要求 23 所述的用户接口，其中所述第一和第二合成图像彼此紧邻。

25. 根据权利要求 23 所述的用户接口，其中所述用户接口还包括由所述片材中的所述各个图像形成的多个合成图像，其肉眼看起来浮在所述片材上方、浮在所述片材下方或浮在所述片材的平面中。

26. 根据权利要求 25 所述的用户接口，其中与相同任务或心理操作有关的所述合成图像大约位于所述片材上方或下方相同距离处或位于所述片材的平面中。

27. 根据权利要求 23 所述的用户接口，其中所述合成图像在反射光下看起来浮在所述片材上方。

28. 根据权利要求 23 所述的用户接口，其中所述合成图像在透射光中看起来浮在所述片材上方。

29. 根据权利要求 23 所述的用户接口，其中所述合成图像中的至少一个肉眼看起来也至少部分在所述片材的平面中。

30. 根据权利要求 23 所述的用户接口，其中所述第一供体材料包含着色剂，并且其中所述合成图像的至少一部分呈现类似于所述供体材料中的所述着色剂的颜色。

31. 根据权利要求 23 所述的用户接口，其中当观察位置相对于所述片材改变时，所述合成图像中的至少一个看起来相对于所述片材移动。

32. 根据权利要求 23 所述的用户接口，其中当观察所述片材的角度改变时，所述合成图像中的至少一个消失并且重新出现。

33. 根据权利要求 23 所述的用户接口，其中所述合成图像中的至少一个为二维图像。

34. 根据权利要求 23 所述的用户接口，其中当选定的条件发生时，所述第一合成图像显示给用户。

35. 一种用户接口，包括
片材，所述片材包括：

微透镜阵列；
与所述微透镜阵列相邻的材料层；以及

接触所述材料层的第一供体材料，其中所述供体材料在所述材料层上形成与所述多个微透镜中的每一个相关的、部分完整的各个

图像；

由所述各个图像形成的第一合成图像，其肉眼看起来浮在所述片材下方的第一距离处；

由所述各个图像形成的第二合成图像，其肉眼看起来浮在所述片材下方的第二距离处；

其中所述第一和第二距离为大约相同距离，其中所述第一和第二合成图像与相同的任务或心理操作有关。

36. 根据权利要求 35 所述的用户接口，其中所述第一和第二合成图像彼此紧邻。

37. 根据权利要求 35 所述的用户接口，其中所述片材还包括由所述片材中的所述各个图像形成的多个合成图像，其肉眼看起来浮在所述片材上方、浮在所述片材下方或浮在所述片材的平面中。

38. 根据权利要求 37 所述的用户接口，其中与相同任务或心理操作有关的所述合成图像大约位于所述片材上方或下方相同距离处或位于所述片材的所述平面中。

39. 根据权利要求 35 所述的用户接口，其中所述合成图像在反射光下看起来浮在所述片材下方。

40. 根据权利要求 35 所述的用户接口，其中所述合成图像在透射光中看起来浮在所述片材下方。

41. 根据权利要求 35 所述的用户接口，其中所述合成图像中的至少一个肉眼看起来也至少部分在所述片材的平面中。

42. 根据权利要求 35 所述的用户接口，其中所述第一供体材料包含着色剂，并且其中所述合成图像的至少一部分呈现类似于所述供体

材料中的所述着色剂的颜色。

43. 根据权利要求 35 所述的用户接口，其中当观察位置相对于所述片材改变时，所述合成图像中的至少一个看起来相对于所述片材移动。

44. 根据权利要求 35 所述的用户接口，其中当观察所述片材的角度改变时，所述合成图像中的至少一个消失并且重新出现。

45. 根据权利要求 35 所述的用户接口，其中所述合成图像中的至少一个为二维图像。

46. 根据权利要求 35 所述的用户接口，其中当选定的条件发生时，所述第一合成图像显示给用户。

包括浮动的合成图像的用户接口

技术领域

本发明涉及包括一个或多个图像的用户接口，观察者感觉到该一个或多个图像相对于用户接口悬浮在空间中。

背景技术

已发表多篇关于人的视觉系统如何只能同时处理少量的视觉元件的文章。添加到视觉阵列的元件越多，其对于人而言时间越长并且资源更密集，例如需要更多时间以搜索视觉阵列中的元件并且需要更集中以处理这些元件。人的视觉系统的这种限制对于人机接口设计者提出问题，因为通常人机接口通常在接口中具有比用户可同时处理的更多元件。因此，用户接口设计者常常被迫在使用户应接不暇和严重限制可以同时在接口处显示的元件数量之间选择。已经开发出多种方法以帮助降低用户在视觉阵列中搜索元件需要的时间量，其中一些方法在下列出版物中讨论：Rothrock, L., Barron, K., Simpson, T. W., Frecker, M., Ligetti, C., & Barton, R. R. (2006), “Applying the proximity compatibility and the control-display compatibility principles to engineering design interfaces.” Human Factors and Ergonomics in Manufacturing, 16 (1), 61-81 (“工程设计接口上的邻近相容性以及控制-显示相容性原理的应用”，制造业中的人为因素和人类工程学，第16卷(1)期，61-81页)；Wickens, C. D., & Carswell, C. M. (1995), “The proximity compatibility principle: its psychological foundation and relevance to display design.” Human Factors, 37 (3), 473-494 (“邻近相容性原理：其心理学基础以及对显示设计的相关性”，人为因素，第37卷(3)期，473-494页)；以及 Mazza, V., Turatto, M. & Umilta, C. (2005), “Foreground-background segmentation and attention: A change blindness study.” Psychological Research 69(3), 201-210 (“前景背景分

割和注意：变化盲区研究”，心理学研究，第 69 卷（3）期，201-210 页）。

发明内容

本发明的一个实施例提供用户接口。在该实施例中，用户接口包括：片材，其包括：至少一个微透镜层，该层具有第一和第二侧面；与微透镜层的第一侧面相邻设置的材料层；以及在与多个微透镜中的每一个相关的材料中形成的至少部分完整的图像，其中图像与材料形成对比；由各个图像形成的第一合成图像，其肉眼看起来浮在片材上方的第一距离处；由各个图像形成的第二合成图像，其肉眼看起来浮在片材上方的第二距离处，其中第一和第二距离为大约相同距离，其中第一和第二合成图像与相同的任务或心理操作有关。

本发明的另一个实施例提供可选的用户接口。在该实施例中，用户接口包括：片材，其包括：至少一个微透镜层，该层具有第一和第二侧面；与微透镜层的第一侧面相邻设置的材料层；以及在与多个微透镜中的每一个相关的材料中形成的至少部分完整的图像，其中图像与材料形成对比；由各个图像形成的第一合成图像，其肉眼看起来浮在片材下方的第一距离处；由各个图像形成的第二合成图像，其肉眼看起来浮在片材下方的第二距离处，其中第一和第二距离为大约相同距离，其中第一和第二合成图像与相同的任务或心理操作有关。

本发明的另一个实施例提供另一个可选的用户接口。在该实施例中，用户接口包括：片材，其包括：微透镜阵列；与所述微透镜阵列相邻的材料层；以及接触材料层的第一供体材料，其中供体材料在与多个微透镜中的每一个相关的材料层上形成各个部分完整图像；由各个图像形成的第一合成图像，其肉眼看起来浮在片材上方的第一距离处；由各个图像形成的第二合成图像，其肉眼看起来浮在片材上方的第二距离处，其中第一和第二距离为大约相同距离，其中第一和第二合成图像与相同的任务或心理操作有关。

本发明的另一个实施例还提供另一个可选的用户接口。在该实施例中，用户接口包括：片材，其包括：微透镜阵列；与所述微透镜阵列相邻的材料层；以及接触材料层的第一供体材料，其中供体材料在与多个微透镜中的每一个相关的材料层上形成各个部分完整图像；由各个图像形成的第一合成图像，其肉眼看起来浮在片材下方的第一距离处；由各个图像形成的第二合成图像，其肉眼看起来浮在片材下方的第二距离处，其中第一和第二距离为大约相同的距离，其中第一和第二合成图像与相同的任务或心理操作有关。

附图说明

本文中将参考附图描述本发明，其中：

图 1 是包含平凸基片的微透镜片材的放大剖视图；

图 2 是“外露透镜”型微透镜片材的放大剖视图；

图 3 是“嵌入透镜”型微透镜片材的放大剖视图；

图 4a 和 4b 示意性地示出使用供体片材生成合成图像的方法的一个实施例；

图 5 是微透镜片材一部分的平面图，该图示出与各个微透镜相关的样本图像，并进一步示出图像涵盖了从合成图像的完全复制到部分复制；

图 6 是微透镜片材一部分的图像，该图示出根据相对于图 4a 和 4b 描述的方法看起来浮在片材上方或片材下方的至少两个合成图像；

图 6A 是图 6 的微透镜片材的背面的一部分的显微照片；

图 7 是可选的“外露透镜”型微透镜片材的放大剖视图；

图 8 是可选的“嵌入透镜”型微透镜片材的放大剖视图；

图 9 是可选的包含平凸基片的微透镜片材的放大剖视图；

图 10 是射入由微球构成的微透镜片材上的发散能量的示意图；

图 11 是用户接口的一个实施例的透视图，其中所有的视觉元件都在相同平面内；

图 12 是本发明用户接口的另一个实施例的透视图，其中所有的视

觉元件被组织成三个截然不同的深度平面，并且其中各个类别的视觉元件被深度平面分开；

图 13 是本发明用户接口的另一个实施例的用户接口透视图，其中所有的视觉元件被组织成三个截然不同的深度平面，但是各个类别的视觉元件没有被深度平面分开；

图 14 是本发明用户接口的一个实施例的俯视图，包括看起来浮在片材上方、看起来浮在片材中、以及看起来浮在片材下方的合成图像；

图 15 是本发明用户接口的另一个实施例的俯视图，包括看起来浮在片材上方、看起来浮在片材中、以及看起来浮在片材下方的合成图像；以及

图 16 是本发明用户接口的另一个实施例的俯视图，包括看起来浮在片材上方、看起来浮在片材中、以及看起来浮在片材下方的合成图像。

具体实施方式

如在背景技术中提到的，已发表多篇关于人的视觉系统如何只能同时处理少量的视觉元件的文章。由于更多的元件加入到视觉阵列或用户接口中，因此搜索该视觉阵列或用户接口中的特定元件并且处理这些元件花费人更长的时间并且需要集中更大的精力。因此，用户接口设计者常常被迫在使用户应接不暇和严重限制可以同时在接口处显示的元件数量之间选择。当使用本文术语“用户接口”时，包括权利要求书，这意味着被设计成允许人从其中接收信息和/或与其接触的任何接口。例如，用户接口可以包含在汽车仪表板、飞机座舱表面、核控制室、控制塔、用于广告、订购、处理等的信息亭、电话、个人数码助理/便携式数码助理（PAD）、全球定位系统（GPS）单元、计算机屏、声控屏或人接收信息或与接口互动的任何其它类型的接口。在具有用户接口的汽车仪表板实例中，显示的一些信息可以包括车速、与发动机有关系的多种警示灯、与汽车行程有关系的英里或公里、转速表、转向信号、汽车或发动机内部的温度、油量表等。又如，通过观察内部温度已下降，用户可以与汽车仪表板互动，因此增加仪表板

上的温度计。如又另一个实例，通过注意到其速度在限速以上，用户可以与汽车仪表板互动，因此降低加速器上的压力直至观察到其汽车的速度已降低到限速范围以内。如又另一个实例，通过观察以浮动图像形式表明另一个车辆在驾驶员的盲区内的警报信号，用户可以与汽车仪表板互动，因此驾驶员可以通过更加小心车道改变动作来应对。当可听到的警报对驾驶员来说是令人讨厌时，这种浮动图像警报将是方便的。

发布本发明的一个方法是通过使用 3M 公司的浮动图像技术。3M 公司的浮动图像技术提供具有合成图像的片材，由与多个微透镜相关的看起来悬浮或浮动在片材上方、片材的平面内和/或片材下方的各个部分完整的图像和/或各个完整图像形成。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、片材的平面内和片材下方的三维图像。图像可以为黑色和白色或彩色。合成图像的透视图随着视角改变。例如，合成图像可以看起来随着观察者移动或当观察片材的角度改变时，可以看起来消失然后重新出现。不像某些全息片材，本发明用户接口的成像的片材不可以用于生成其本身的复制品。另外，观察者可用肉眼观察到浮动图像。

本发明的一个实施例提供包括浮动图像的用户接口。当从用户接口观察或接收信息时，使用用户接口中的浮动图像形成深度或高度作为某些图像的因素。这种用户接口不需要厚的用户接口、昂贵的显示技术或防入侵用具（例如护目镜）。具体地讲，使用这种技术有助于用户在用户接口中更快地搜索某些信息并且处理信息时可能更少出错，因此当与本发明的用户接口互动时改善观察者的总体能力。发明人已发现如果某些信息相对于用户在特定深度范围显示，不管其看起来是浮动在用户接口上方还是浮动在用户接口下方，用户能更容易地发现显示的信息，因此能够更快速地处理这些信息。具体地讲，发明人已发现如果浮动图像与相同的任务或方法操作有关，那么它们看起

来大约浮在用户接口上方或下方相同距离并且以立体观察为优选。另外，浮动图像在单个平面片材中产生（如在下面更具体地讨论的），但看起来浮在片材上方、在片材中或在片材下方，这允许用户接口包括若干感知的深度水平，但事实上，与其感知的深度相比，用户接口一般沿着一个平面并且是薄的。这种配置尤其适用于如下的用户接口，其用于在相对于显示器的多种实际深度位置处显示信息的空间一般是有有限的，例如在汽车或飞机的仪表板中。

具有可用于本发明用户接口的浮动图像的成像的片材的一个实施例在美国专利 No. 6,288,842 (Florczak 等人) 中公开，其在此以引用方式并入。Florczak 等人公开了带合成图像的微透镜片材，其中合成图像浮动在片材上方和下方或上下方两者。合成图像可以是二维的或三维的。同时还公开了提供这类片材的方法，包括对与微透镜相邻的材料层应用辐射。该专利公开了因为成分变化、材料移除或烧蚀、相变或者与一层或多层微透镜的一面相邻布置的涂层的聚合反应而形成的合成图像。

具有可用于本发明用户接口的浮动合成图像的成像的片材的另一个实施例在美国专利申请 No.11/248950 (Endle 等人) 中公开，其在此以引用方式并入。Endle 等人公开了带合成图像的微透镜片材，其中合成图像浮动在片材上方和下方或上下方两者。合成图像可以是二维的或三维的。还公开了提供这类成像的片材的方法。该专利申请公开了因为使用辐射源将供体基底的一部分转移至微透镜层而生成的合成图像。

具有可用于本发明用户接口的微透镜和显微图像的成像的片材的又另一个实施例在美国专利 No. 5,712,731, “Security Device for Security Documents Such as Bank Notes and Credit Cards” (用于例如钞票和信用卡的安全文件的安全装置) (Drinkwater 等人) 中公开，其在此以引用方式并入。Drinkwater 等人公开了包括显微图像阵列的安全装

置，当透过基本上球形微透镜的对应阵列观察时，显微图像阵列产生放大的图像。在一些情况下，微透镜阵列粘合在缩微图像阵列上。

该专利申请将首次描述用于在可以渗入到用户接口的片材中生成合成浮动图像的方法的至少两个实施例。虽然本文描述了两种示例性方法，但是可以使用生成合成图像或相似图像的其他方法。接下来，本专利申请描述了合成图像在用户接口中的使用。

I. 用于生成合成浮动图像的方法

用于生成可用于本发明用户接口的合成浮动图像的方法的一个实例包括使用辐射源以转移辐射敏感供体材料的一部分，辐射敏感供体材料与微透镜片材的材料层相邻设置，以在材料层上形成图像。图 1-6A 与这种方法有关。

在其中可形成合成浮动图像的微透镜片材包含一个或多个分立的微透镜层，在与一层或多层微透镜层的一面相邻有材料层。例如，图 1 示出了微透镜片材 10a 的适用类型的一个实施例。该片材包含具有第一和第二阔面的透明基片 8，其中第二面 2 大致呈平面的，第一面 11 具有由大致呈球形或非球形的微透镜 4 组成的阵列。可任选地，在基片 8 的第二面 2 上设置材料层 14。材料层 14 包括用于接收供体材料的第一侧面 6，供体材料将在以下详细描述。

又如，图 2 示出了微透镜片材 10b 的适用类型的另一个实施例。选择微透镜的形状、基片厚度及它们的可变性，以使得适合观察片材的光线大致被聚焦在第一面 6 上。在该实施例中，微透镜片材是“外露透镜”型微透镜片材 10b，其包括部分嵌入材料层 14 的单层透明微球 12，该单层通常也是微珠粘结剂层，例如聚合材料。材料层 14 包括用于接收供体材料的第一侧面 6，供体材料将在以下详细描述。对于可能用于成像供体基底材料（将在以下详细说明）的辐射波长以及可在其中观看合成图像的光的波长而言，微球 12 都是透明的。美国专利

No.3,801,183 更详细地描述了这类片材，不同的是其中的微珠粘结剂层非常薄，例如薄至微珠粘结剂层仅在微珠之间或仅占据微珠之间的空隙。或者，当采用美国专利 No.3,801,183 提出的微珠粘结剂厚度时，为了将辐射大致聚焦在材料层 14 的第一侧面 6 上，可使用具有合适光学指数的微球制成这类片材。这类微球包括可从位于 Sarasota, FL 的 Esprix Technologies 商购获得的聚甲基丙烯酸甲酯微珠。

又如另一个实例，图 3 示出了微透镜片材 10c 的适用类型的另一个实施例。在该实施例中，微透镜片材是“嵌入透镜”型片材 10c，其中微球透镜 22 被嵌入透明保护外层 24（通常是聚合材料）与材料层 14（通常也是为微珠粘结剂层，诸如聚合材料）之间。材料层 14 包括用于接收供体材料的第一侧面 6，供体材料将在以下详细描述。美国专利 No.3,801,183 更详细地描述了这类片材，不同的是反射层和粘结剂将被移除，并且间隔层 14 重新形成为与微球的曲率不太一致。

微透镜片材 10 优选地具有图像形成折射元件以用于图像形成（下面详细描述）的发生；这一般通过形成球状或非球状结构来提供。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。微透镜可以具有任何对称性，如圆柱形对称或球形对称，前提条件是折射表面能够形成实像。微透镜本身可以是分立形式的，如圆形平凸小透镜、圆形双凸小透镜、菲涅尔小透镜、衍射小透镜、棒、微球、微珠或圆柱形小透镜。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被改变以形成具有成像特性的重复轮廓）形成的微透镜。

尽管并未要求，但在可见波长和红外波长下，在 1.4 至 3.0 之间、更优选地在 1.4 至 2.5 之间具有均匀折射率的微透镜是优选的。不论各个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能使入射到光学元件上的光线聚焦在材料层 14 的第

一侧面上或附近。在某些实施例中，微透镜优选地在该层的合适位置上形成缩小的实像。微透镜片材的构造提供了必要的聚焦条件，以使得入射到微透镜片材前表面上的能量可大致聚焦在分离的供体层上，该供体层优选的是辐射敏感的，将在以下详细描述。

尽管可以使用其它尺寸的微透镜，但直径在 15 微米至 275 微米的范围内的显微镜是优选的。对于在空间上距离微透镜层相对较近处呈现的合成图像，使用直径在上述范围下限的微透镜可获得良好的合成图像分辨率，而对于在空间上距离微透镜相对较远处呈现的合成图像，使用较大的微透镜可获得良好的合成图像分辨率。其它微透镜（如小透镜尺寸与那些为微透镜指定的尺寸相当的平凸、球形或非球形微透镜）预期可产生类似的光学结果。小透镜尺寸与那些为微透镜指定的尺寸相当的圆柱形透镜预期可产生类似的光学结果，但可能需要不同或可选的成像光学组件。

如上所述，可以与微透镜片材 10 中的微透镜相邻设置图 1、2 和 3 中的材料层 14。片材 10 中材料层 14 的适用材料包括硅树脂、聚酯、聚氨酯、聚碳酸酯、聚丙烯或者能够被制成片材或能够被基片 8 支撑的任何其它聚合体。在一个实施例中，片材 10 可以包括由不同材料制成的微透镜层和材料层。例如，微透镜层可以包括丙烯酸酯，材料层可以包括聚酯。在其它实施例中，片材 10 可以包括由相同材料制成的微透镜层和材料层。例如，片材 10 的微透镜层和材料层可以由硅树脂、聚酯、聚氨酯、聚碳酸酯、聚丙烯或者能够制成片材的任何其它聚合物形成，并且可以通过机械压花、复制或模制等方法形成。

如下面参考图 4a、4b 的详细描述，使用供体基底材料在材料层 14 上形成与多个微透镜相关联的各个部分完整图像，当观察者在所述微透镜前方在反射或投射光下观察时，会提供看起来悬浮或浮在片材上方、片材的平面内和/或片材下方的合成图像。尽管可以使用其它方法，但是形成这类图像的优选方法是提供辐射敏感供体材料，并以所需方

式利用辐射转移该供体材料，以在材料层的第一侧面上形成各个部分完整图像。该转移方法可包括热熔胶棒、升华、加成去除（通过去除供体将材料转移到基底上）、扩散和/或其它物理材料转移方法。

可用于这种形式合成图像的合适辐射敏感供体材料基底包括涂敷有在粘结剂中的着色剂以及具有或不具有另外的辐射敏感型材料的基底。可以散装形式或卷筒形式提供供体材料。如本文所用，供体基底材料是“辐射敏感的”，如果暴露于给定程度的辐射下，一部分暴露的供体材料会转移或优先粘附到不同位置。因为从供体基底上至少部分或全部移除辐射敏感供体基底材料或着色剂材料，并随后将供体基底材料或着色剂材料转移到微透镜片材 10 的材料层上，从而形成各个部分完整的图像（如图 5 和图 6A 所示）。

在一个实施例中，供体基底包括在可见光谱中提供颜色的着色剂，如颜料、染料、墨水或者这些材料中的任何材料或所有材料的组合，以形成彩色合成浮动图像，如图 6 中所示的图像。颜料或染料可以是磷光或荧光的。或者，供体材料中的着色剂也可以呈现金属色。所得浮动图像的颜色大致类似于供体基底中着色剂的颜色，如果被转移的供体基底成分是热稳定的，那么转移后仅发生很小的化学或成分变化。此外，所得合成浮动图像的颜色可以与供体基底中的着色剂的颜色相同。在本发明的另一个实施例中，供体基底可以包括不同着色剂的宏观图案，如贯穿基底或彩色基底的不同颜色的带或区域。在可选实施例中，不要求供体基底包括在可见光谱下提供颜色的着色剂，相反，所得合成浮动图像将看起来是无色的。这类供体基底可以包括无色的荧光染料或磷光材料，仅在暴露于特定波长之时或之后，或者在磷光材料的情况下，在暴露于这些波长期间以及一段时间之后形成可见的合成图像。或者，这类供体基底可以包括折射率与材料层 14 相同或不同的无色材料。由这种供体材料形成的合成图像当在环境光照下观察时仅为略微可见；然而，当用基本上垂直于表面 6 的光观察时，其可能看起来比表面 6 的非图像区域的反射更为明亮。所有供体基底均可

以可选地包括能够增加基底对成像辐射的敏感度的添加剂，并最终有助于材料的转移，或者所述基底可以至少在着色剂之下包括反射和/或吸收层以增强辐射的吸收。图 4a 示意性地示出在微透镜片材 10 上形成合成图像的方法的一个实施例。该方法包括使用辐射源 30。任何可提供所需强度和波长的辐射的能量源均可用作本方法的辐射源 30。在一个实施例中，能够提供波长在 200 纳米至 11 微米之间，更优选的在 270 纳米至 1.5 微米之间的辐射的辐射设备是优选的。本方法可用的高峰值功率辐射源的实例包括被动 Q 开关微芯片激光器、Q 开关掺钕激光器系列，这些激光器中的任一个的双频、三频和四频形式，及掺钛蓝宝石（缩写是 Ti:蓝宝石）激光器。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、金属蒸气激光器、气体激光器、弧光灯和高功率白炽光源。

对于所有有用的辐射源，来自辐射源 30 的能量射向微透镜片材材料 10，并且受到控制以发出高度发散的能量束。对于采用电磁光谱的紫外光、可见光和红外光部分中的能量源，可通过本领域内的技术人员所知的合适光学元件来控制光线。在一个实施例中，对光学元件（通常被称为光学组件）的这种排列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，以产生在所需角度下照射微透镜的辐射“锥”，从而照射与所述微透镜对准的供体材料。由本方法生成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的正弦）大于或等于 0.3 的辐射发散设备获得，但也可以使用更小的数值孔径照明。具有更大数值孔径的辐射发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。在可供选择的实施例中，光学组件可以另外包含阻止在辐射锥的一个或多个角度部分中的辐射的元件。所得合成图像仅在与改变的锥的无遮挡角度部分对应的角度内才是可见的。如果需要，可以在改变的锥的分开角度部分中形成多个合成图像。使用改变的锥及其反相，可产生当样本倾斜时从一种颜色变换到另一种颜色的合成图像。或者，可在同一区域中产生多个合成图像，当样本倾斜时会导致各各个图像呈现和消失。

用于这种方法的实施例的示例性成像处理包括下列步骤，如图 4a 和 4b 所示。图 4a 示出了辐射源的成像处理，图 4b 示出了进行成像处理之后所得的片材 10。首先，提供微透镜片材 10，诸如图 1 至图 3 所示的微透镜片材 10a、10b、10c。图 4a 所示是使用微透镜片材 10a，然而也可以在该处理中使用微透镜片材 10b 或 10c。下一步，提供供体基底 40a，诸如上述供体基底。再下一步，将微透镜片材 10 与供体基底 40a 相邻或取向成紧邻供体基底设置，以使得微透镜片材 10 位于辐射源 30 与供体基底 40a 之间。在一个实施例中，微透镜片材 10 和供体基底 40a 彼此非常接近。在另一个实施例中，微透镜 10 和供体基底 40a 相互接触，或者例如通过重力、机械手段或如图 4a 所示由真空源 36 产生的压力梯度而彼此压在一起。在本发明的另一个实施例中，微结构 44 位于微透镜片材 10 与供体基底 40a 之间，以在微透镜片材 10 与供体基底 40a 之间提供一个大致均匀的间隙或空间。该微该结构 44 可以是布置在微透镜片材 10 与供体基底 40a 之间的各个微结构。这类各个微结构 44 的实例包括聚甲基丙烯酸甲酯球体、聚苯乙烯球和二氧化硅球体，所有这些球体均可从位于 Sarasota, FL 的 Esprix Technologies 商购获得。或者，微结构 44 可以从供体基底 40a 向微透镜片材 10 延伸，或从片材 10 中的材料层 14 的第一侧面 6 延伸。包括这类微结构 44 的适用供体基底 40 的实例包括可从位于 Norwalk, CT 的 Kodak Polychrome Graphics 商购获得的 KodakTM Approval 介质和 Matchprint Digital Halftone 介质。包括这类微结构 44 的适用微透镜片材易于由本领域内的技术人员通过例如复制进行制造。无论如何，优选的是在微透镜片材 10 与供体基底 40a 之间存在由微结构 44 的尺寸、间隔、排列方式和覆盖面积所确定和控制的大致均匀的间距或间隙。该大致均匀的间隙在供体基底 40a 的顶面 41 与微透镜光学器件的焦点 34 之间提供了大致均匀的配准。

下一步，该方法包括如下步骤：将供体材料的一部分从第一供体材料基底 40a 转移到片材 10 的材料层 14 的第一侧面 6，以在材料层 14

的第一侧面 6 上形成各个部分完整图像，如图 4b 所示。在图 4a 和 4b 所示的本发明方法的一个实施例中，通过透镜 32 将来自辐射源 30 的准直光射向微透镜片材 10 来实现转移。辐射源 30 通过透镜 32、再通过微透镜片材 10 在供体基底 40a 上聚焦。如图 4a 所示，微透镜 4 的焦点 34 大致在供体材料 40a 与微透镜片材 10 的材料层 14 的第一侧面 6 之间的接口处。基底 40a 的供体材料吸收片材 10a 上的微透镜 4 的焦点 34 附近的入射辐射。辐射吸收导致供体基底 40a 的供体材料转移到片材 10a 上的材料层 14 的第一侧面 6，形成包括与片材 10a 的微透镜 4 对应的部分完整图像的供体材料 42a 的图像像素，如图 4b 所示。在该方法的可供选择的实施例中，其中片材 10a 的材料层 14 的第一侧面 6 非常接近供体材料 40a 或粘附在供体材料 40a 上，那么也可以采用诸如辐射诱导漫射和优选的粘结（热熔胶棒方法）等转移机理，该机理形成包括与片材 10a 的微透镜 4 对应的部分完整图像的供体材料 42a 的图像像素。所转移供体材料 42a 的化学性或组成或组分浓度可能有变化。由供体材料 42a 形成的这些各个部分完整图像共同生成用肉眼看起来浮在片材 10 的上方和下方或上下方两者的合成浮动图像，将在以下详细描述。

由于每个各个微透镜 4 占据着相对于光轴的唯一位置，因此入射在微透镜 4 上的辐射相对于入射在每个其它微透镜上的辐射具有唯一的入射角。因此，光线将被每个微透镜 4 传输到相对于靠近焦点 34 的供体基底 40a 上的特定微透镜 4 的唯一位置上，并对应于每个微透镜 4 在材料层 14 的第一侧面 6 上形成供体材料 42a 的部分完整图像的独特的图像像素。更精确地说，单个光脉冲在每个适当暴露的微透镜 4 后面仅产生供体材料 42a 的一个成像的点，从而在片材 10 的材料层 14 的第一侧面 6 上形成邻近每个微透镜的部分完整图像。可以使用多个辐射脉冲或快速通过并连续照射的辐射光束来形成图像。对于每个脉冲来说，在相对于有微透镜的片材的先前脉冲期间，透镜 32 的焦点相对于焦点 34 的位置来说位于新的位置上。透镜 32 的焦点 32 相对于微透镜 4 的位置的这些连续变化导致每个微透镜 4 上的入射角发生相应

变化，进而导致由该脉冲利用供体材料 42 在片材 10 的材料层 14 上形成的供体材料 42a 的部分完整图像的成像像素的位置也发生相应变化。因此，入射在靠近焦点 34 的供体基底 40a 上的辐射导致辐射敏感供体材料 42a 的选定图案发生转移。因为每个微透镜 4 的位置相对于每个光轴都是唯一的，所以对每个微透镜利用被转移的辐射敏感供体材料 42a 形成的部分完整图像将不同于与每个其它微透镜相关的图像，这是因为每个微透镜都从不同位置“看”进入的辐射的缘故。因此，利用来自供体基底的供体材料 42a 在材料层 14 上形成与每个微透镜相关的独特的图像。

另一种形成浮动合成图像的方法使用了发散形成对象，如产生高度发散光以在有微透镜的材料上成像的透镜阵列。例如，透镜阵列可由多个小透镜组构成，所有小透镜均具有高数值孔径且排列成平面几何形状上。当该阵列被光源照射时，该阵列将产生多个高度发散的光锥，每个各个光锥在阵列中与其对应的透镜上面保持居中。选择阵列的物理尺寸以适应合成图像的最大侧向尺寸。根据阵列的尺寸，小透镜形成的各个能量锥将使有微透镜的材料曝光，就像各个透镜依次设置在阵列的所有点处并接收光脉冲一样。关于那些透镜接收入射光的选择可以通过使用反射掩模、衍射图案发生器或通过用低数值孔径的辐射光束各个照射目标的具体位置来进行。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绘出图像。

通过使入射能量完全辐射掩模，掩膜的允许能量通过的那些部分将形成多个描绘浮动图像轮廓的高度发散光的各个光锥，就像图像是由单个透镜勾画出轮廓一样。因此，仅需要单个光脉冲就能在微透镜片材中形成整个合成影像。或者，可以用一个光束定位系统（如检流 xy 扫描仪）替代反射掩模，用来局部照射透镜阵列并在阵列上绘出合成图像。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有微透镜的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。

成像之后，根据合成图像的期望可观察尺寸，在由供体材料 42a 形成的每个充分曝光的微透镜后面，在片材 10 的材料层 14 的第一侧面 6 上将出现全部或部分完整的图像。在材料层 14 上在每个微透镜 4 后面形成图像的程度取决于入射在该微透镜上的能量。预期图像的一部分可以距离微透镜区域足够远，以至于入射到那些微透镜上的辐射的能量密度低于转移相应供体材料 42 所需的辐射等级。此外，对于在空间上伸展的图像，当使用固定 NA 的透镜成像时，并非片材的所有部分都要在对于想要图像的所有部分的入射辐射下曝光。因此，预期图像的一部分将不会导致被转移的辐射敏感型材料，并且只有预期图像的一部分图像在材料层 14 上的那些微透镜后面出现。

在图 4b 中，第一供体基底 40a 用于在片材 10 上形成供体材料 42a 的各个部分完整图像。在使用第一供体基底 40a 使片材 10 成像之后，可以移除第一供体基底 40a，并用第二供体基底替代。然后相对于第二供体片材重复上面描述以及图 4a 和 4b 所示的方法。第二供体基底用于在片材 10 上生成供体材料 42b 的图像。在一个实施例中，第二供体基底包括与第一供体基底 40a 中的着色剂不同的着色剂。这样可让用户形成由两种不同颜色组成的合成图像。也就是说，合成图像是多色的，或者一部分是一种颜色，另一部分是不同颜色。或者，第一供体基底 40a 和第二供体基底 40b 可用来形成两个分离的颜色不同的浮动图像，例如，如图 6 所示。或者，第一供体基底和第二供体基底中的着色剂可以生成由两种着色剂混合物形成的合成图像。在另一个实施例中，第一和第二供体基底中的着色剂可以包括相同的着色剂。可以使用任意数目的供体基底 40 使成像微透镜片材 10 成像，以在一个片材 10 上形成的多种不同颜色组合的任意数目的浮动合成图像。

图 5 是从一部分微透镜片材 10 的一部分的透视图，示出从微透镜片材的微透镜侧观察时，由与各个微球 4 相邻的材料层 14 上的辐射敏感供体材料 42 形成的各个部分完整图像样本 46，还显示了从完整复制到部分复制的范围内的记录图像。

图 6 和 6A 示出了根据该方法的一个实施例成像的微透镜片材 10，使用两种辐射敏感供体基底 40 生成不同颜色的多个合成图像。图 6A 是图 6 所示片材 10 上的材料层 14 的第一侧面 6 的放大光学特征图。片材 10 包括浮在片材下方的第一合成图像 60a（呈现为黑色的双环）和浮在片材上方的第二合成图像 60b（同样为位于双环内的黑色的“3M”的轮廓）。片材 10 还包括浮在片材下方的第三合成图像 60c（呈现为紫色的双环）和浮在片材上方的第四合成图像 60d（位于双环内的紫色的“3M”轮廓）。由具有黑色着色剂的第一供体基底使片材 10 成像。然后由具有紫色着色剂的第二供体基底使片材 10 成像。

图 6 中所示区域 A 的一部分对应于图 6A 中片材 10 的仰视图（即材料层 14 的第一侧面 6）。具体地讲，图 6A 示出了各个部分完整图像 46 的放大视图，该图像一起会形成合成图像 60a 和 60c 的黑色和紫色双环的相交，其中合成图像 60a 和 60c 看起来浮在片材下方（如图 6 的区域 A 所示）。

图像 46 有两部分：黑色供体材料 42a 形成的第一部分 64 和紫色供体材料 42b 形成的第二部分 66。每个图像 46 通常对应于各个微透镜。图 6A 中图像 46 的尺寸范围为从 24.5 至 27 μm ，但也可以是其它尺寸范围。图 6A 便于示出供体材料在材料层 14 表面上方的高度，以及对与所转移供体材料 42 直接相邻的材料层 14 的高度水平的影响。由供体材料 42a、42b 形成的部分 64、66 周围的深色部分表示这些部分周围的材料层 14 已熔融或其温度已上升至超过其玻璃化转变温度，因此其在材料层 14 的第一侧面 6 的平面下方的相关高度是 0.1 至 0.2 μm 。这些“片段”是作为制备方法的结果在供体材料 42a、42b 周围形成的，

并且这些“片段”可能有助于增强图像 60。供体材料 42a、42b 的全高范围是在片材 10 的材料层 14 的第一侧面 6 的平面上方大约 0.1 至 0.75 μm 的范围内，但也可能是其它高度范围。

这些合成浮动图像 60 也可被认为是由多个图像 46 一起叠加的结果，所有这些图像均具有实物的不同方面。通过微型透镜阵列可形成多个独特的图像，所有透镜均从不同的有利位置处“看见”物体或图像。在各个微型透镜后面，取决于图像形状和接收成像能量源的方向，利用供体材料在材料层上生成图像的透视图。在该方法的一些实施例中，将只记录图像或物体中由具有足以导致一些辐射敏感供体材料转移的能量的透镜看到的部分。图像或物体中与暴露在相应更大的能级下的透镜相关的部分通常可能导致更多数量的供体材料被转移，例如，可能导致在片材 10 的材料层 14 的第一侧面 6 上方具有更大高度的图像 46。

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。当来自物体的辐射从物体的单个点进入且在一个较宽的角度范围内辐射时，所有辐射光线都携带了关于该物体但仅来自该点的信息，但信息是来自辐射光线的不同角度。现在考虑为了获得辐射光线携带的关于该物体的相对完整信息，光线必须从组成物体的点集合在一个较宽的角度范围内辐射。从物体发出的辐射光线的角度范围是由在辐射源与微透镜片材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锥顶终止于物体位置的辐射锥。

用于描述多种合成图案形成的多种几何光学器件在美国专利申请 No. 11/248950 (Endle 等人) 中公开，其在此以引用方式并入，例如与图 10-16 有关的公开内容。如此前记录的，用于生成本文所述的浮动合成图像的成像处理是优选的、但不是排他性的实施例。

用于生成可用于本发明用户接口的合成浮动图像的方法的另一个实例包括施加辐射至与片材中的微透镜相邻的材料层。因为成分变化、材料移除或烧蚀、相变或者与一层或多层微透镜的一面相邻布置的涂层的聚合反应而形成合成图像。图 5 和 7-10 与这种方法的讨论有关。

可在其中由该方法形成合成图像的微透镜片材包括一个或多个分立层的微透镜，在与微透镜层的一侧相邻设置材料层（优选为下文所述的辐射敏感型材料或涂层）。例如，图 7 示出“外露透镜”型的微透镜片材 110，其包括部分嵌入粘结剂层 114 的单层透明微球 112，该粘结剂层 114 通常为聚合材料。对可用于对材料层的成像辐射波长以及用于观看合成图像的光的波长而言，微球都是透明的。材料层 116 被设置在每一个微球的后表面，在示出的实施例中，通常仅仅接触每一个微球 112 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 Scotchlite 8910 系列反射织品。

图 8 示出另一种适合的微透镜片材类型。该微透镜片材 120 是“嵌入透镜”型片材，其中微球透镜 122 被嵌入透明保护外涂层 124 中，该外涂层 124 通常是聚合材料。材料层 126 被设置在微球后面透明垫片层 128 的背后，其中透明垫片层 128 通常也是聚合材料。这种类型的片材在美国专利 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 Scotchlite 3290 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 Scotchlite 3870 系列高强度级逆反射片材。

图 9 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 130，第二侧面 132 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

134 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准直光束大致在第二侧面上聚焦。在第二侧面上提供材料层 136。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。

结合图 7-9 描述的微透镜片材优选地具有图像形成折射表面以用于图像形成的进行；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，如圆柱形对称或球形对称，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、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被改变以形成具有成像特性的重复轮廓）形成的微透镜。

结合图 7-9 描述的片材的微透镜在可见波长和红外波长下优选地具有在 1.5 至 3.0 之间的均匀折射率。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，材料也应该显示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相对侧。更具体地讲，光线将聚焦在微透镜的后表面或聚焦在与微透镜相邻的材料上。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。微透镜片材的构造提供了必要的聚焦条件，以使得入射到微透镜片材前表面上的能量可聚焦在材料层上，该材料层优选的是辐射敏感的。

结合图 7-9 描述的微透镜片材具有 15 微米至 275 微米的直径是优选的，但是也可以使用其它尺寸的微球。对要呈现为空间上距离微球层较近的合成图像，使用直径在上述范围下限的微球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较远的合成图像，使用较大的微球可获得良好的合成图像分辨率。其他微球（如小透镜尺寸与那些为微球指定的尺寸相当的平凸形、圆柱形、球形或非球形的微球）预期可产生类似的光学结果。

如上记录的，对于形成合成图像的这种具体方法，与微透镜相邻提供材料层。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形成看起来悬浮或浮动在片材上方、片材的平面内和/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型材料作为材料层，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，尽管不受此限制，但与微透镜相邻的材料层的其余讨论将主要以辐射敏感型材料层为背景进行。

本方法中可使用的辐射敏感型材料包括金属、聚合材料、半导体材料和这些材料的混合物的涂层和膜。如本文所用，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观发生变性，与未暴露在该辐射下的材料形成对比，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。

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提供有用的颜色或颜色对比。

也可使用多层薄膜材料来提供独特的辐射敏感型材料。这些多层材料可以被配置为因显出或移除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，并且其中选取的各层厚度提供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调谐腔体。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调谐腔体，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。

可用于本方法的辐射敏感型材料也包括热致变色材料。“热致变色”描述了在暴露于温度变化下会改变颜色的材料。可在本方法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。

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型材料，并且因而还优选地使用适当的辐射源。

如上所述，在与微透镜相邻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型材料成像。任何可提供所需强度和波长的辐射的能量源均可用于本方法。据信能提供波长在 200 纳米至 11 微米之间的辐射线的设备是尤其优选的。本方法可用的高峰值功率辐射源的实例包括准分子闪光灯、无源 Q 开关微芯片激光器和 Q 开关掺钕钇铝石榴石(缩写为 Nd:YAG)激光器、掺钕氟化钇锂(缩写为 Nd:YLF)激光器、以及掺钛蓝宝石(缩写为 Ti:蓝宝石)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型材料是最有用的。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、金属蒸气激光器、气体激光器、弧光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。

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。对于电磁光谱的紫外光、可见光和红外光部分中的能量源，可通过合适光学元件来控制光线。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，从而以所需角度照射微透镜，并因而照射材料层。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的正弦）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。

根据生成合成图像的这种方法的示例性成像处理由通过透镜从激光器导向准直光束至微透镜片材（如在图 7-9 所示）组成。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光锥。高 NA 透镜是 NA 等于或大于 0.3 的透镜。微球的辐射敏感涂层侧被置于远离该透镜，以使得光锥的轴线（光轴）垂直于微透镜片材的平面。

由于每个各个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独特的入射角。这样，光线会通过每个微透镜透射到材料层上的特有位置，并产生独特的图像。更确切地讲，单个光脉冲在材料层上只产生单个成像的点，因此为了与每个微透镜处相邻提供图像，使用多脉冲光线以便由多个成像的点生成该图像。对每个脉冲而言，其光轴相对于上一个脉冲周期的光轴位置来说是位于一个新的位置上的。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的点的位置也相应改变。因此，聚焦在微球后部的入射光在辐射敏感型材料层上产生一个所选图案的图像。因为相对于每个光轴，每个微球的位置是独特的，所以每个微球在辐射敏感型材料上形成的图像与其他每个微球相关的图像将是不同的。

另一种形成浮动合成图像的方法使用透镜成列产生高度发散光，以对有微透镜的材料成像。透镜阵列由多个小透镜组成，所有小透镜均具有在平面几何形状中布置的高数值孔径。当该阵列被光源照射时，该阵列将产生多个高度发散的光锥，每个各个光锥在阵列中与其对应的透镜上面保持居中。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有微透镜的材料曝光，就像各个透镜依次设置在阵列的所有点处并接收光脉冲一样。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。

通过使入射能量完全辐射掩模，掩膜的允许能量通过的那些部分将形成多个描绘浮动图像轮廓的高度发散光的各个光锥，就像图像是由单个透镜勾画出轮廓一样。因此，仅需要单个光脉冲就能在微透镜

片材中形成整个合成影像。或者，可以用一个光束定位系统（如振镜式 xy 扫描仪）替代反射性掩模，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有微透镜的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。

透镜阵列本身可以由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在入射能量波长处为非吸收性的材料。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 微米但小于 10 毫米的直径。这些阵列可以具有抗反射涂层，以减少会对透镜材料产生内部损坏的背反射效应。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。

图 10 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透视图“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独特的图像。

成像以后，根据延伸的物体的尺寸，会在每个微透镜后面的辐射敏感型材料中出现该物体的完整的或部分的图像。实物在微球后面再现为图像的程度取决于入射到该微球上的能量密度。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不会被改性，并且在微透镜后面只出现该物体的部分图像。

除了提供微透镜片材一部分的透视图，其示出了由本章节开始描述的辐射敏感供体材料方法形成的各个部分完整的样本图像 46，图 5 还为微透镜片材一部分的透视图，其示出了在与各个微球相邻的辐射敏感层中形成的样本图像 46，并且还示出了所记录图像涵盖从合成图像的完整复制到部分复制。

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，所有这些图像具有实物的不同视角。通过微型透镜阵列可形成多个独特的图像，所有透镜均从不同的有利位置处“看见”物体或图像。在各个微型透镜后面，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型材料中。只有被透镜看到并有足够能量改变辐射敏感型材料的图形或物体部分才被记录。

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、并且在宽泛的角度范围内辐射时，所有光线都携带了有关该物体（但仅来自该单个点）的信息，但是该信息与光线的观察角度相关。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。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，其锥顶在物体的位置处终止。最佳的锥角大于约 40 度。

用微型透镜缩小物体，来自物体的光线聚焦在靠微型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。从物体的点上发射出来的每个光锥照射微型透镜的一部分，只有被足够能量照射的那些微型透镜才记录物体该点

的永久图像。

用于描述多种合成图像形成的多种几何光学器件在美国专利申请 No.7,068,434 (Florczak 等人) 中公开, 其在此以引用方式并入, 例如与图 8-16 有关的公开内容。如上所述, 本文所述的成像过程是优选实施例, 但并非排他性的实施例。

虽然本文仅描述了生成浮动合成图像的两种方法, 但本发明并不因此被限制。相反, 本发明包括由本领域内的技术人员已知的其它方法制成的合成图像或其它类似图像。

II. 用户接口中的合成浮动图像

如在本发明的该具体实施方式的开始所提到的, 本发明描述了包括合成浮动图像的用户接口。如此前提到的, 当使用本文的术语“用户接口”时, 包括权利要求书, 这意味着设计成允许人从其中接收信息或与其互动的任何接口。可以在视觉上接收信息, 但还可以通过听觉或感官方法接收。例如, 用户接口可以包括汽车仪表板、飞机座舱表面、核控制室、控制塔、用于广告、订购、处理等的信息亭, 电话, PADS, GPS 单元, 计算机屏, 声控屏或人接收信息或与接口互动的任何其它类型的接口。包括合成浮动图像的用户接口有助于用户在用户接口中更快地搜索某些信息并且处理信息时可能更少出错, 因此当与本发明的用户接口互动时改善观察者的总体能力。在本发明的一个实施例中, 这种用户接口包括浮动图像, 浮动图像可以显示不同类型的对用户具有不同重要程度的信息。观察在用户接口中浮在片材上方或浮在片材下方的不同距离处的这种浮动图像, 浮动距离优先地可以取决于其所属信息的重要程度, 如在下面更详细地描述的。

深度可以用于改善人机用户接口的观察者能力在人机接口设计者之间并不是“常识”。大部分人机接口设计者在人的视觉中不具有广泛的专长, 并且立体景深信息可以用于改善观察者能力在视觉科学家

之间甚至不是常识。例如，直到 2003 年 Puhakka、Hakkinen 和 Laarni 才在其出版物中论证了目标深度影响的视觉处理的预备知识。（参见例如 Puhakka, M., Hakkinen, J. and Laarni, J. (2003) “Does preknowledge of target depth affect visual processing.” *Journal of Vision* 3 (9), 559.（“目标深度的预备知识是否影响视觉处理”，视觉杂志第 3 卷（9）期，559））事实上，根据一个出版物，对于本领域内的技术人员来说，深度是否是影响人的视觉搜索能力和视觉注意力的因素是未知的。（参见例如 Wolfe, J.M., & Horowitz, T.S. (2004) , “What attributes guide the deployment of visual attention and how do they do it?”（“引导视觉注意力的调配的属性有哪些？这些属性如何进行引导？”），*Nature Reviews Neuroscience*, 5 (6), 495-501.（自然评论：神经科学，第 5 卷（6），495-501））

发明人相信深度可以用于改善用户接口中的视觉注意力和搜索能力，如下面的实例所证实的那样，特别是使用浮动生成图像以生成深度外观。因为本发明，可以调控在用户接口中视觉元件的深度以帮助用户注意重要的信息。例如，看起来在前景显示的作为浮动图像的信息与看起来在背景显示的信息相比被优先地注意。例如，某些在仪表板中显示的信息深度可以帮助汽车驾驶员或飞机飞行员注意到对安全重要的信息，例如燃油、风速或高度。然而，深度并不常常用于汽车或飞机座舱的仪表板，因为在相对于显示器的多种实际深度位置处显示信息的空间通常是有限的。本发明的用户接口包括合成浮动图像，其看起来浮在仪表板上方、浮在仪表板下方或在仪表板的平面中，而不需要厚的用户接口、昂贵的显示技术或防入侵用具（例如护目镜）。本质上，用户接口提供看起来在多种深度或高度处显示的信息，然而事实上，用户接口包括一般沿着一个平面的片材，这使得它们在不同深度位置是有限的情况下尤其可用。

具体地关于在汽车仪表板中的用户接口，研究表明缺少对相关驾驶事件的注意是交通事故中的一个主要因素。（参见例如，Rumar, K.

(1990), “The basic driver: Late detection.” (驾驶员基本失误：延迟发现), Ergonomics, 33(10-11), 1281-1290. (人类工程学, 第 33 卷 (10-11) 期, 1281-1290)) 因此, 降低对驾驶员的注意力负担已成为汽车设计工程师的主要目标。降低注意力负担使得驾驶员将其注意力放到对安全重要的驾驶任务上。就合成浮动图像渗入到本发明的用户接口 (例如汽车的仪表板) 的程度来说, 这种用户接口可以有助于在至少下面四个方面改善驾驶员的安全和情况意识。

首先, 浮动合成图像可以用于开发用户的深度感知以允许使用深度作为本发明用户接口中的视觉分组信号。这种分组帮助改善视觉搜索能力并降低观察者注意力负担, 以便在组内搜索, 并且因此不将注意力放到组外的项目上。

第二, 浮动合成图像可用于开发用户的深度感知以允许使用在多种深度处的信息显示以改善视觉搜索。生成具有浮动图像的不同深度的平面可以有利于驾驶员能够扫视本发明的用户接口, 并且因此改善视觉搜索能力并且选择性地注意通过这种用户接口提供的信息。人的视觉系统在深度平面内比在深度平面之间能够更熟练地搜索信息。因此, 一旦观察者认识到将会在本发明用户接口的特定深度平面内发现某些类型的视觉信息, 那么将来用户将在寻找这种信息方面更有效。

第三, 浮动合成图像可以用于开发用户的深度感知以允许使用深度引导本发明用户接口中的视觉注意力。深度信息可以用于将视觉注意力引导至仪表板中对安全最重要的信息。也就是说, 相对于在背景中的深度信息而言, 前景中的深度信息得到优先注意, 因此工程师可能想将对安全重要的信息放在本发明用户接口的前景中, 在除前景之外显示对安全不太重要的信息, 因此改善分配到对安全重要的信息的注意力。

第四, 又如, 相关或类似的视觉元件可以在本发明用户接口的

相同深度平面上分组的浮动图像的形式出现。当相关或类似视觉元件在相同深度平面中分组在一起时，由人搜索用户接口中的信息并且处理这些信息会花费较少的时间并且需要较少的集中力，因此使用户更容易地使用该接口并且对信息做出更快的反应（如果必要的话），特别是当视觉元件与相同的任务或心理操作相关时。例如，如果第一合成图像和第二合成图像与相同或相似的任务或心理操作相关，则优选的是这两个图像看起来在用户接口片材的上方或下方以相同距离大约浮在大约相同的“平面”内。通过参见大约在相同的平面中，这意味着包括这样的条件：其中即使第一和第二合成图像没有刚好在相同平面内，其在深度上也彼此足够接近，使得人的视觉系统无法处理其处于稍许不同平面中的事实。第一和第二合成图像彼此紧邻也是优选的。当确定紧邻度时，应该考虑多种因素，例如用户接口的相对尺寸以及浮动图像的数目和尺寸以及其它分心事项的数目。在一个优选的实施例中，优选的是与相同或类似任务或心理操作有关的两个浮动图像之间的最大距离在给定用户接口的长度或宽度的四分之一内。然而，根据给定接口，本领域中的一些技术人员将考虑由如下确定的紧邻度，即无论什么视觉元件都最紧邻在一起。如论如何，在本发明的至少一个实施例中，优选的是，与相同或类似任务或心理操作有关的浮动图像看起来浮在相同平面内，或具有离用户接口相似的浮动距离并且位置彼此紧邻，以允许用户将它们联系在一起。对于在不同平面中存在的浮动图像，在这些不同平面之间的距离为至少 1 毫米为优选的，但是其取决于对于给定用户接口存在什么样的条件，例如用户和接口之间的距离以及存在多少件分心事项。在一个实施例中，用户接口可以包括为三维图像的第一合成图像以及为二维图像的第二合成图像。在该实施例中，第二合成图像的感知高度相当于三维的第一合成图像的高度是优选的。

为有助于示出，在本发明的一个实施例中，在飞机座舱中，发动机转速和电气输出的指示器可以以浮在飞机仪表板的平面下方的浮动图像形式显示，并且高度、风速以及燃油可以以浮在飞机仪表板的平

面上方的浮动图像形式显示。与高度、风速和燃油相比，从安全角度考虑发动机转速和电气输出没有那么重要。因此，人们想要用户通过将所述信息布置在操作者附近的区域来实现，以便更容易地确定具有较高安全重要性的信息。因此，用户更容易确定高度、风速和燃油在其相对于仪表板的平面的位置中。高度、风速以及燃油都是对安全重要的信息并且因此与相同的任务或心理操作（即安全地飞行）有关。因此，所有三个浮动图像看起来浮在飞机仪表板上相同的距离是优选的。

在本发明的另一个实施例中，在汽车中，发动机转速表可以以浮在仪表板的平面下方的浮动图像形式显示，并且转速表和“检查发动机”灯或其它警示灯可以以浮在仪表板平面上方的浮动图像形式显示。转速表和“检查发动机”灯或其他警示灯对于驾驶员来说是更重要的信息，因此用户可能更容易确定其相对于仪表板的平面的位置。在另一个实施例中，转速表或其它这种信息可以在汽车运行的大部分时间内以仪表板平面下方的浮动图像形式显示。当存在应该指示警告的条件时，当所选择的条件发生时，以在转速表上的浮动图像形式的警示灯或在仪表板中的其它这种信息会“弹出”以吸引驾驶员的注意力。

图 11-13 示出如何使用浮动合成图像看起来浮在用户接口的平面上方、下方或之中的深度或高度可以改善观察者可以视觉上处理用户接口（在这种情况下汽车仪表板的仪表板）的容易程度，并且有助于将观察者的注意力引导至仪表板的两个元件，例如速度和燃油。

图 11 示出包括片材 152 的用户接口 150 的一个实施例。片材包括多个各种浮动合成图像 154。在该举例说明中，在用户接口 150 中的所有视觉元件为浮动合成图像 154b 的形式，它们都浮在相同的平面中，具体地讲片材 152 的平面中。视觉元件包括速度 160、燃油 162、“检查发动机”灯 164、转速表 166、转向信号 168 和多种车辆诊断 170（例如远光灯、安全气囊、机油、蓄电池、冷却剂温度和发动机温度）的

指示器。

图 12 示出本发明用户接口的另一个实施例，其中所有以浮动合成图像形式存在的视觉元件被组织成三个截然不同的深度平面，并且其中各个类别的视觉元件被深度平面分开。速度 160、燃油 162 和“检查发动机”灯 164 的视觉元件以看起来浮在片材 152 上方的合成图像 154a 的形式在前景深度平面中。与立即驱动任务相关的视觉元件（例如转速表 166、转向信号 168 和里程计 172），以看起来浮在片材 152 的平面中的浮动合成图像 154b 的形式在中间深度平面中（在用户接口 150 的片材 152 的平面中）。与较不重要任务相关的视觉元件（例如车辆诊断 170），以看起来浮在片材 152 下方的合成图像 154c 的形式在背景深度平面中。视觉元件以这些合成图像 154a、154b 和 154c 的形式的这种排列将驾驶员更多的视觉注意力引导到速度、燃油和发动机状态元件。此外，当观察者了解在各深度平面内的信息类型时，观察者应该更好地进行视觉搜索任务，因为他们将优先地注意到包含他们正在寻找的信息的深度平面。在该具体实施例中，根据它们如何与相同或相似任务或心理操作有关，具体地讲关于信息对于驾驶员而言如何重要来排列合成图像。还注意到除了在相同平面内浮动，速度 160、燃油 162 和“检查发动机”灯 164 的浮动图像如何位置彼此紧邻，朝向用户接口 150 的中心。最后，在该具体实施例中，注意到燃油浮动图像 162 如何由四个浮动图像元件“F”、“E”、弯曲部分以及具有气泵指示牌的指示器制成。认为所有的四部分都与相同任务或心理操作有关，表明燃油油位，并且因此，所有的部分优选地看起来浮在用户接口 150 上方大约相同距离。

图 13 示出本发明用户接口的另一个实施例，其中浮动合成图像形式的所有视觉元件被分组为三个不同的深度平面，但是各个类别的视觉元件没有被深度平面分开。在这种情况下，一些速度计元件（10、30、50、70、90、110）和一些转速表元件（1、3、5、7）的标签为看起来浮在片材 152 上方的浮动图像 154a 的形式。其它速度计元件（0、

20、40、60、80、100、120) 和其它转速表元件 (0、2、4、6、8) 的标签为看起来浮在片材 152 的平面下方的浮动图像 154c 的形式。计量器位置以及其它速度计元件和其它转速表元件的标签为看起来浮在片材 152 平面中的浮动图像 154b 的形式。警示灯和其它车辆诊断 170 分布在三个平面中。例如，“检查发动机”灯 164、油量表 162 的“F”和“E”、冷却剂温度指示器的“C”部分、机油灯为看起来浮在片材 152 的平面上方的浮动图像 154a 的形式。又如，冷却剂指示器的“H”部分为看起来浮在片材 152 平面中的浮动图像 154b 的形式。又如，油量表 162、安全带指示器、安全气囊指示器和蓄电池指示器、冷却剂液位、无铅燃油的指示器部分为看起来浮在片材 152 下方的浮动图像 154c 的形式。因此，可以预料观察者在视觉上处理这种用户接口时显然会有更大的困难。不得不将选自一个深度平面的信息与来自另一个深度平面的信息结合（例如将速度值与在转速计 166、速度计 160 和燃油 162 中的刻度盘上的指示器标记或刻度标记结合），会消耗视觉注意力。然而，注意一些视觉元件的至少一部分沿着看起来作为浮动图像的相同平面设置，例如一些速度计元件 (10、30、50、70、90、110) 的标签，其都与相同的任务、车辆的速度有关。

发明人已发现的是通过以合成浮动图像形式在不同视觉深度处简单地加入信息并不自动地提高视觉性能。相反，优选的是与相同任务或心理操作有关的浮动图像应该看起来浮在相同平面（在片材上方或下方）。相比之下，当与相同任务或心理操作有关的图像看起来在不同平面中（在用户接口显示的平面上方或者下方）时，用户处理信息会更加困难。图 14 和 15 有助于示出这个概念。在图 14 中，用户接口 150 包括片材 152。片材 152 包括多个浮动图像 154，其构成速度计，以英里/小时 (“mph”) 和公里/小时 (“kph”) 两种形式提供信息。与 kph 特征有关的浮动图像 154a 看起来浮在片材 152 上方。与 mph 特征有关的浮动图像 154c 看起来浮在片材 152 下方。速度指示器为浮动图像 154b 的形式并且看起来浮在片材 152 的平面中。所有与 mph 特征有关的数字和弯曲线以及刻度标记看起来浮在片材 152 下方的相同平

面中。所有与 kph 特征有关的数字和弯曲线以及刻度标记看起来浮在片材 152 上方的相同平面中。这是一个实例，其中浮动图像 154a、154b、154c 分别与相同任务或心理操作有关，具体地讲在这种情况下与 kph 特征有关。浮动图像 154c 与相同的任务或心理操作有关，具体地讲在这种情况下与 mph 特征有关。

相比之下，图 15 示出其中与相同任务或心理操作有关的浮动图像看起来没有浮在相同平面中。图 15 示出与附属于 mph 的数字 10、20、40、60、90 和 100 有关的浮动图像 154a，附属于 mph 的与弯曲线和刻度标记有关的浮动图像，以及附属于 kph 的数字 0、40、60、140 都看起来浮在片材 152 上方的相同平面中。与附属于 mph 的数字 0、30、50、70 和 80 有关的浮动图像 154c，附属于 kph 的与弯曲线和刻度标记有关的浮动图像以及附属于 kph 的数字 20、80、100、120 和 160 都看起来浮在片材 152 下方的相同平面中。相比于在图 14 所示用户接口，在图 15 所示用户接口的用户在处理关于他的汽车行驶速度的信息时将具有更大的困难。

本发明所公开的实施例的各种修改形式和组合对本领域内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。

实例

实例 1

在相对于片材的平面的多种深度或高度处生成多种组合的合成浮动图像的十六个实例片材（或刺激源）。实例片材根据在美国专利 No. 6,288,842 (Florczak 等人) 中描述的方法制备，其在此以引用的方式并入。用于生成十六个实例片材的片状材料为黑 Scotchlite™ 反射图形薄膜系列 680 (得自明尼苏达州圣保罗市的 3M 公司)。这种薄膜包含一层小的玻璃珠或微透镜，和位于微透镜后面的不透明层。写入实例片材的浮动图像看起来在两个平面中的一个中：浮在片材的平面上 6 毫米

和沉在片材的平面下 6 毫米。当用白色光源从背面（即，从不透明层的方向）照亮成像的片材时，浮动图像看起来为在黑背景上的基本上白的图像。为获得彩色刺激源，将彩色透光薄膜放置在白色光源和包含浮动和下沉的合成图像的片材之间。

各刺激源由以 19 列×9 行排列的 X 和 O 组成，如图 16 所示。在各刺激源中的 X 为蓝色或红色。对于刺激源中的每一个而言，仅有一个蓝色 O（下面称为 SBO）。生成八个刺激源（下文称为非独特目标刺激源）使得写入的 SBO 看起来与刺激源中的其它字母在相同平面内。生成四个非独特目标刺激源使得所有的字母看起来沉在片材下方，并且生成另外四个非独特刺激源使得字母看起来浮在片材上方。生成八个刺激源（下文称为独特目标刺激源）使得写入的 SBO 看起来与其它字母浮在相对的平面内。生成四个独特目标刺激源使得 SBO 看起来沉在片材下方，并且其它字母看起来浮在片材上方；生成另外四个独特刺激源使得 SBO 看起来浮在片材上方，并且其它字母看起来沉在片材下方。

本发明对人的视觉搜索能力的影响评价如下。具有正常视力或矫正到正常视力的 8 位不明实验目的的人（受试者）各个坐在刺激源置于其上的背光显示器前面，每个人按照使其头部通过颈托定位以使其眼睛远离并平视背光显示器上的刺激源 16 英寸精确定位的姿势就座。刺激源自定显示步调。指导受试者睁开眼睛并且按下在按钮盒上的键以开始每次试验。要求每位受试者一旦发现刺激源中的 SBO 便按下按钮盒上的第二个按钮。

受试者在主要实验之前完成两次操作试验。操作试验由向每位受试者提供随机选择的刺激源组成。对于一个操作试验，从独特的目标刺激源中选择刺激源。对于另一个操作试验，从非独特目标刺激源中选择刺激源。半数的受试者首先完成独特目标刺激源操作试验，另半数的受试者首先完成非独特目标刺激源操作试验。实验 1 由 16 次试验

组成，每次提供 16 个刺激源中的一个。

随机选择实验性试验的显示顺序，使每位受试者观察不同的显示顺序。将用于受试者 1-4 的刺激源的显示顺序颠倒用于受试者 5-8，以降低任何顺序影响的可能性。

受试者在非独特目标刺激源和在独特目标刺激源中发现 SBO 的平均视觉搜索时间在表 1 中示出。

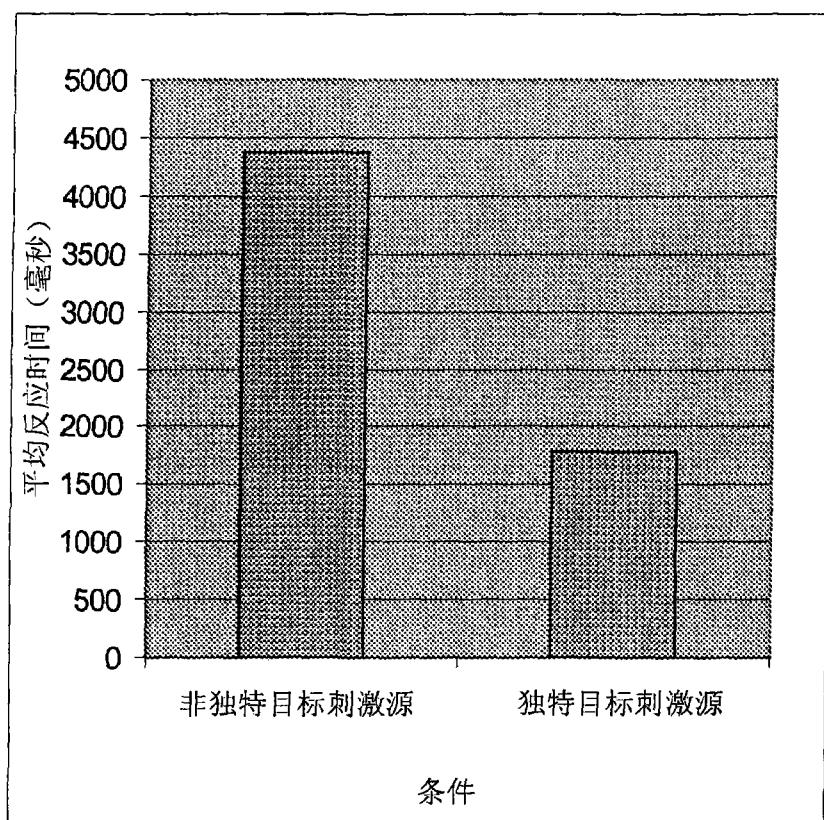


表 1：实验 1 结果

用于独特目标刺激源的平均视觉搜索时间（1782 毫秒）比非独特目标刺激源的平均视觉搜索时间（4385 毫秒）短， $p < 0.01$ 。[p 值是偶然发生的条件下平均值差值的概率量度。如果偶然发生的结果有小于 5% 的机会（即，如果 p 值为 <0.05 ），科学界会认为结果是可信的。]

实例 2

按照实例 1 制备 8 个实例片材（刺激源），由典型的汽车仪表板元件（例如速度计）和白色指示器（针状）之后模制的单色调（白色）速度计型刻度盘组成的每个刺激源除外，如图 14 所示。这 8 个刺激源分为三个图像显示格式：单个平面、层状平面以及混合平面。对于确认为单个平面条件的成对刺激源，整个工艺品写在单个平面中。写入一个单个平面刺激源使得所有的图像（工艺品）看起来沉在片材的平面下，并且写入另一个单个平面刺激源使得所有工艺品看起来浮在片材的平面上。此外，根据量度单位，在工艺品中的数字标签和刻度盘标记分为两组特征；用于英里/小时的标签及其相关刻度盘标记下文称为“mph 特征”，用于公里/小时的标签及其相关刻度盘标记下文称为“kph 特征”。对于确认为层状平面条件的刺激源，生成一个刺激源，其中：写入 mph 特征以看起来浮在片材的平面上方，写入 kph 特征以看起来沉在片材的平面下方，类似于图 14 所示的用户接口。对于层状平面条件的其它刺激源，写入 mph 特征以看起来沉在片材的平面下方，并且写入 kph 特征以看起来浮在片材的平面上方。对于确认为混合平面条件的刺激源组，写入 mph 特征和 kph 特征的数字标签和刻度盘标记以看起来在浮在片材上方和沉在片材下方的位置的随机混合中，类似于图 15 所示的用户接口。

类似于实例 1，本发明对人的视觉搜索能力的影响评价如下。具有正常视力或矫正到正常视力的 8 位不明实验目的的与实例 1 中相同的人（受试者）各个坐在刺激源置于其上的背光显示器前面，每个人按照使其头部通过颈托定位以使其眼睛远离并平视背光显示器上的刺激源 16 英寸精确定位的姿势就座。刺激源自定显示步调。指导受试者睁开眼睛并且按下在按钮盒上的键以开始每次试验。

刚好在每次试验开始之前，指导每位受试者以 kph 或 mph 报告指示的速度并且告知受试者该刻度的位置（如，对于 mph 记录试验，告诉受试者 mph 是浮在 kph 刻度上、沉在 kph 刻度下、与 kph 刻度在相同平面上还是在两个平面之间混合，在这种情况下，kph 刻度也混合在

两平面之间）。随机选择在给定试验中表明的速度。指导受试者睁开眼睛并且按下在按钮盒上的键以开始每次试验。要求每位受试者尽可能又快又准确地口头报告所请求的刻度中表明的速度。

实验分为三块：单个平面刺激源块、层状平面刺激源块以及混合平面刺激源块。随机选择每个块的显示顺序。受试者在每个块之前完成两个操作试验。从那种类型的实验刺激源中随机选择操作试验的刺激源。随机选择实验性试验的显示顺序，每个参与者观察不同的显示顺序。将用于受试者 1-4 的刺激源的显示顺序颠倒用于受试者 5-8，以降低任何顺序影响的可能性。

用于报告在单个平面刺激源、层状平面刺激源和混合平面刺激源中表明的速度的平均视觉搜索时间在表 2 中示出。

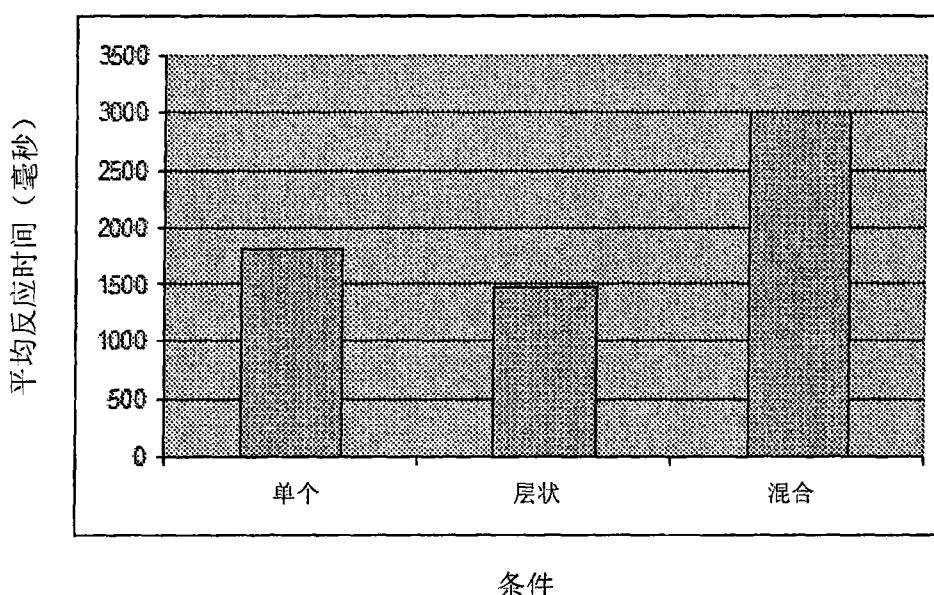


表 2: 三种情况中的每一种情况下口头报告所示速度平均反应时间
(以毫秒计) 显示表

层状平面刺激源的平均响应时间（1486 毫秒）比单一平面刺激源的平均响应时间（1812 毫秒）短，并且混合平面刺激源具有最高的平均响应时间（3004 毫秒）； $p<0.0001$ 。

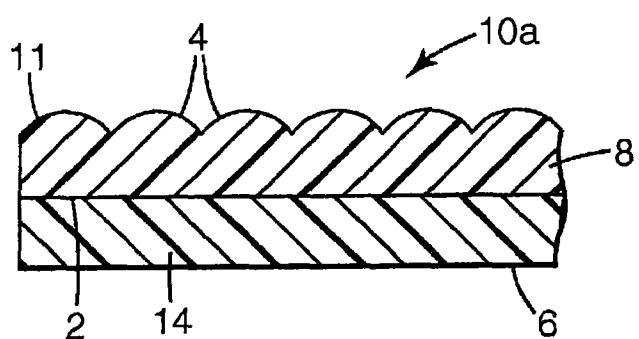


图1

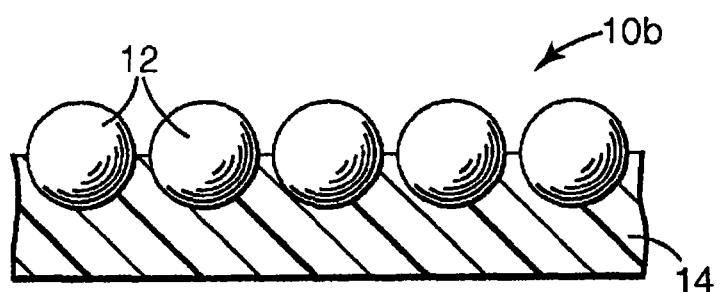


图2

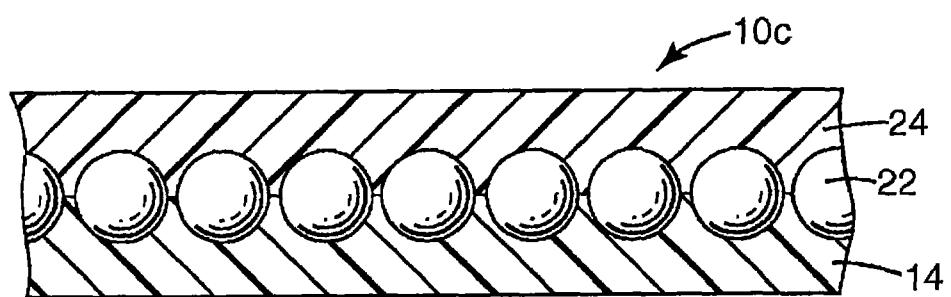


图3

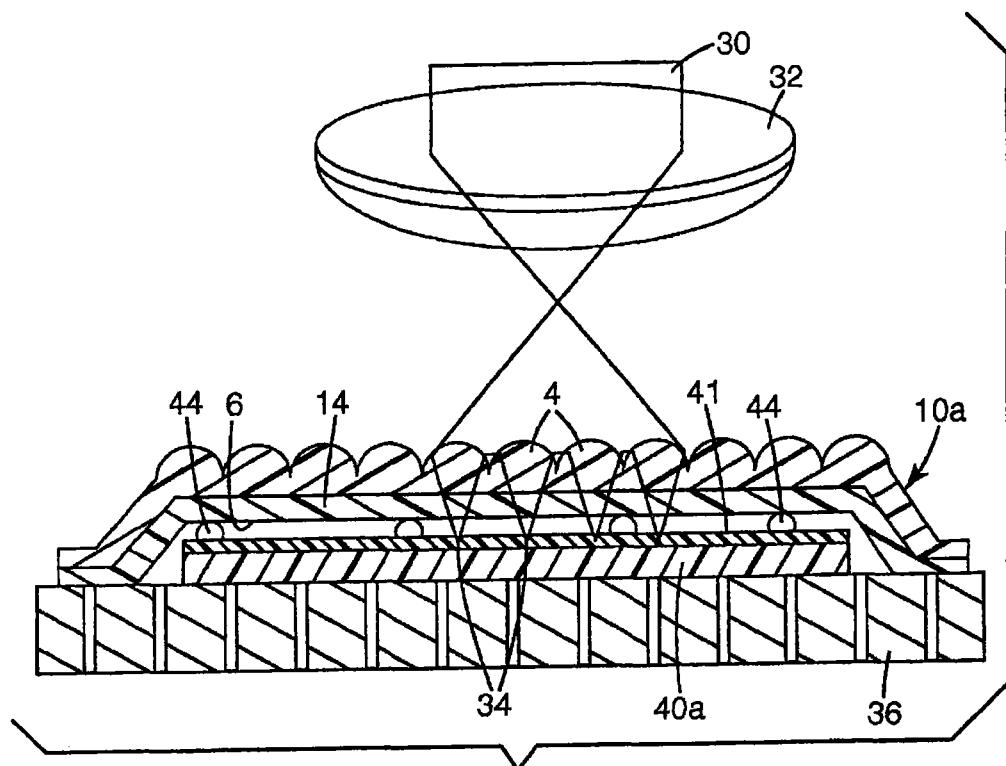


图4a

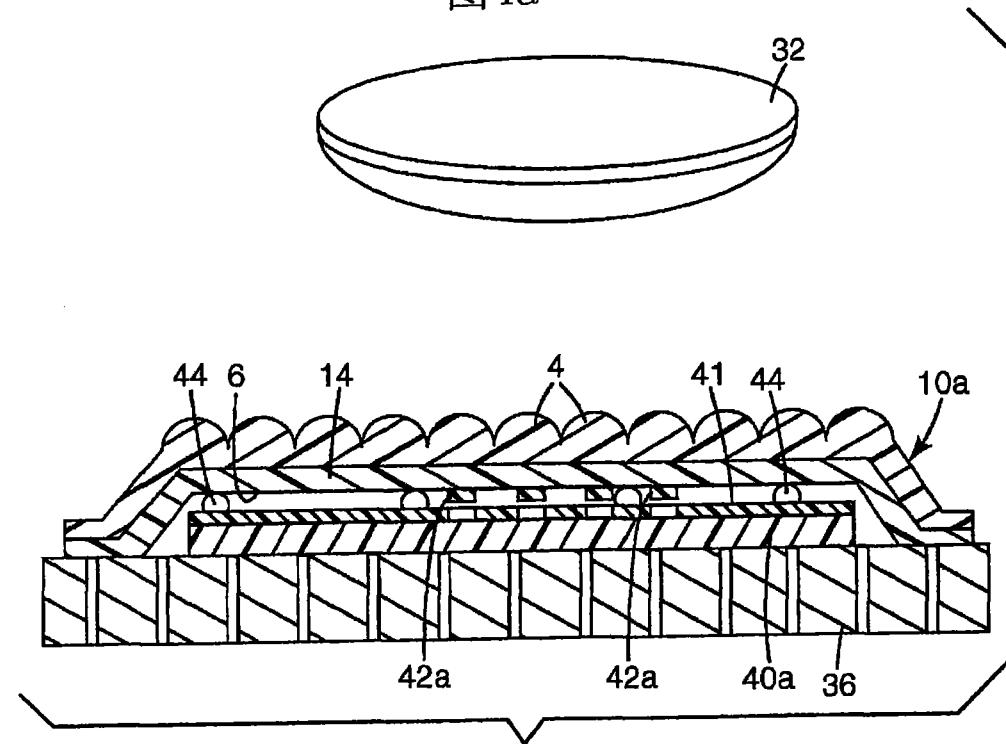


图4b

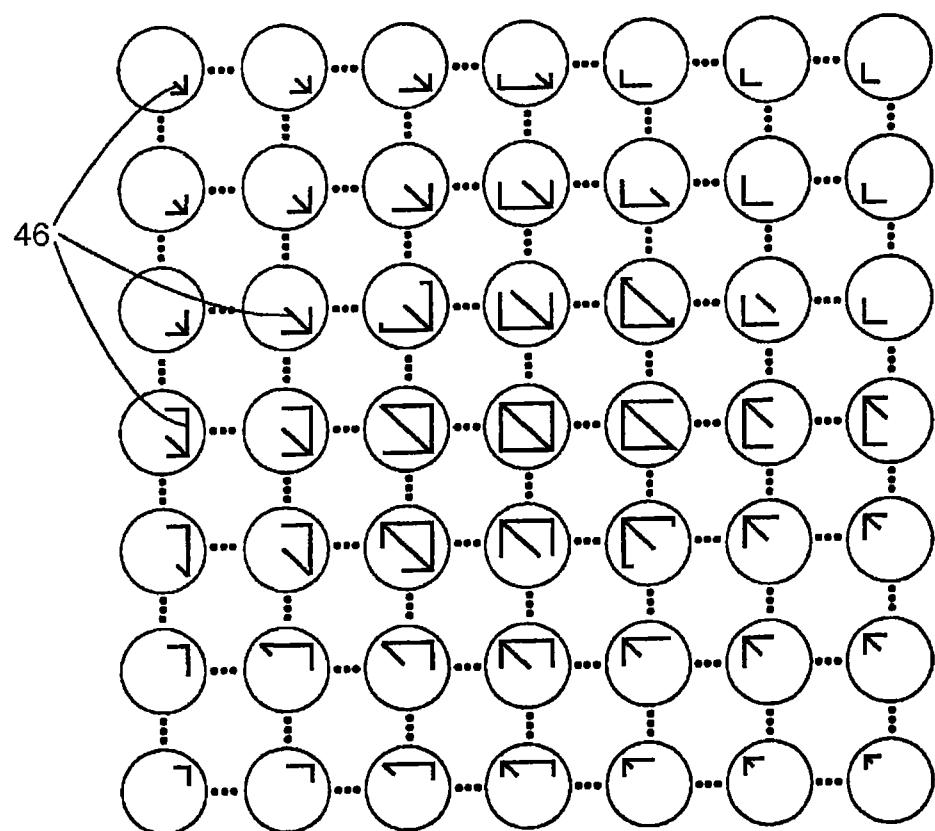


图5

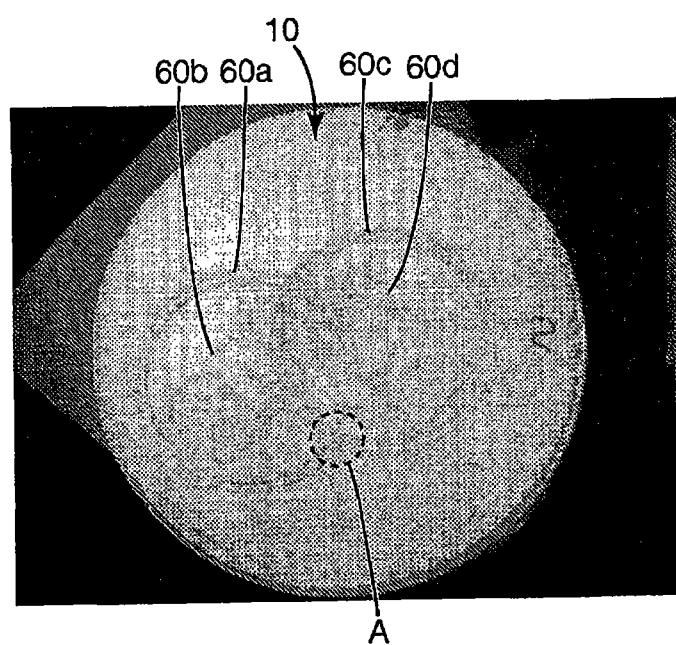


图6

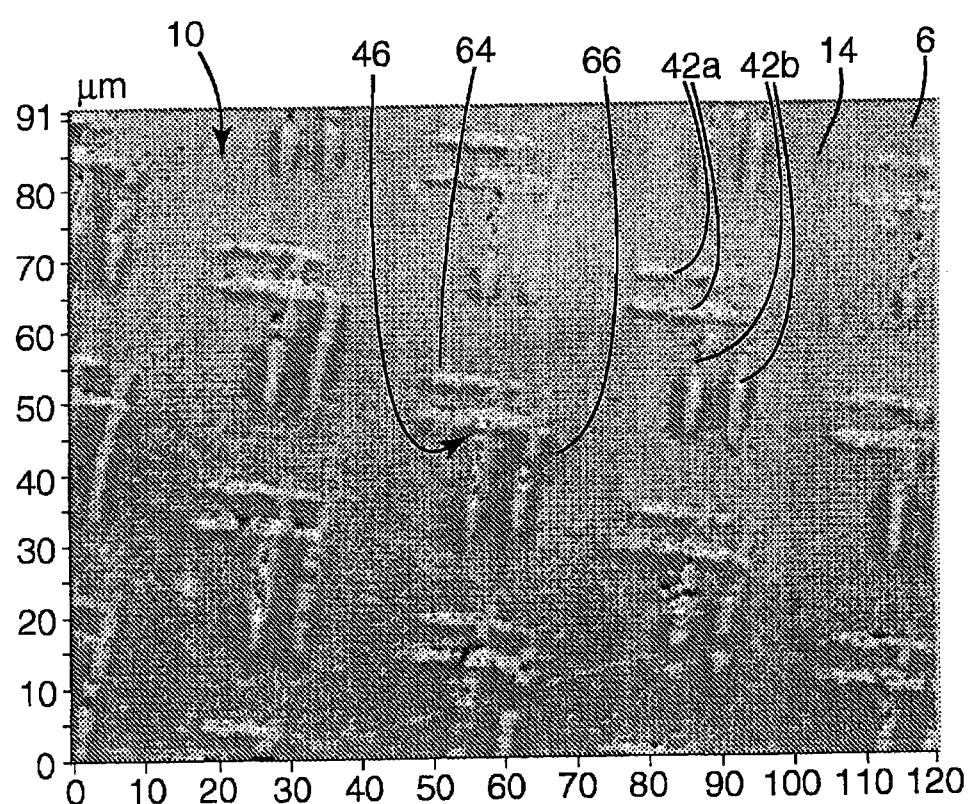


图6A

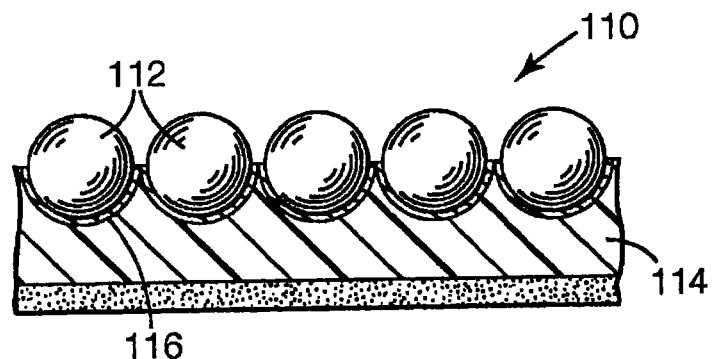


图7

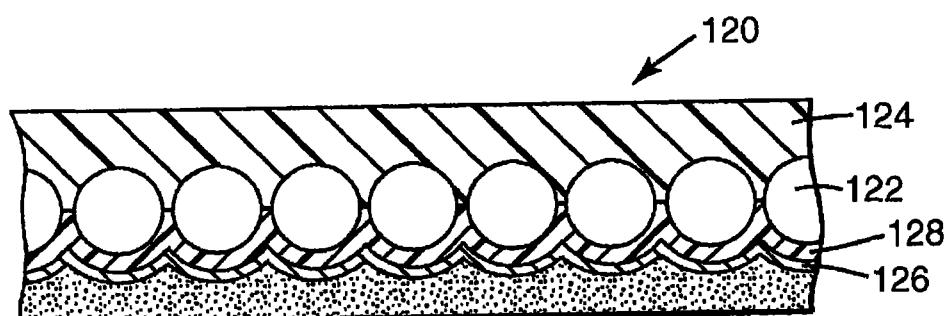


图8

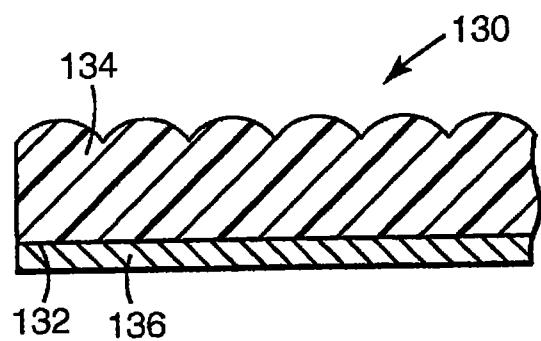


图9

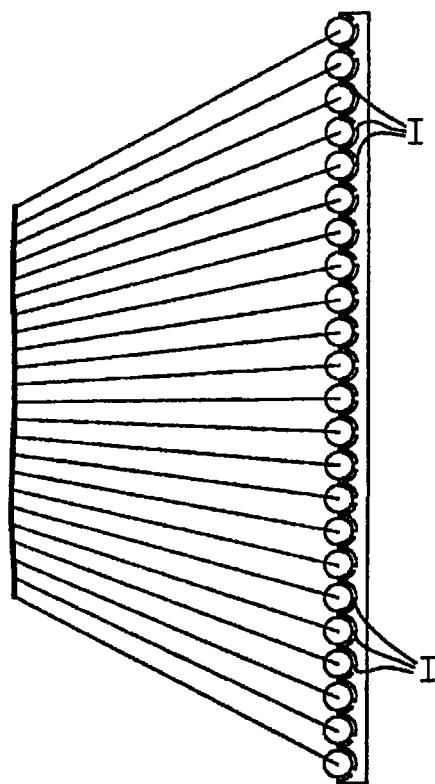


图10

O X O X O O O X X O O X X X O O X
O X X O X O X O X O X O X O O X
X X O X O X O X O O X O X O O X
O O X O O X O X O X O X O X O X
X O O X O X X O O X X O X O X X O
O O X X O X O X O O X X O X X X O O X
X X O O X O O X O X O O X O X X O
O X O O X X O O X O X X O O X O X O X
X O X X O X O X O X O O X O O X X O

图16

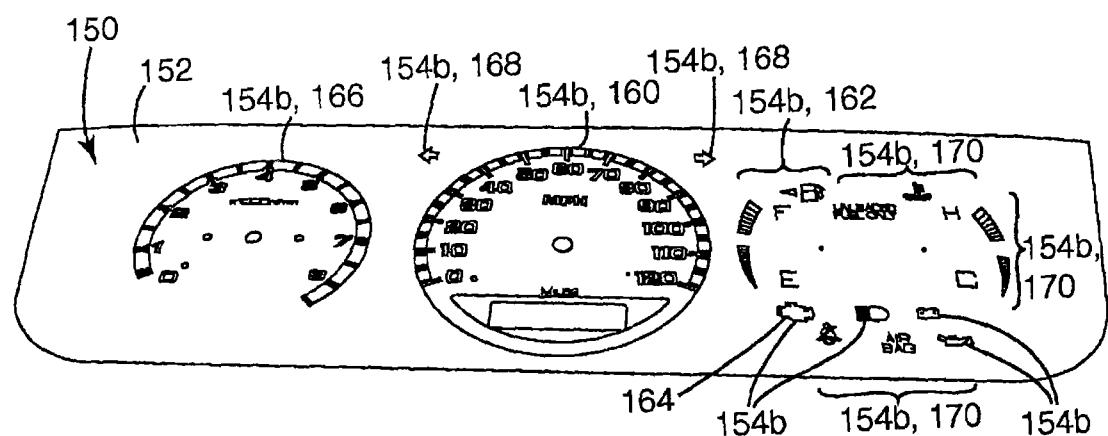


图11

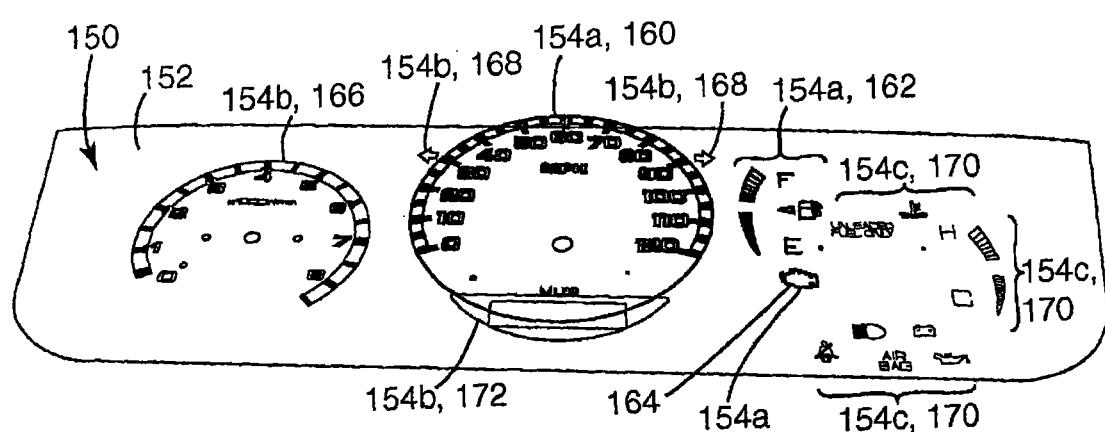


图12

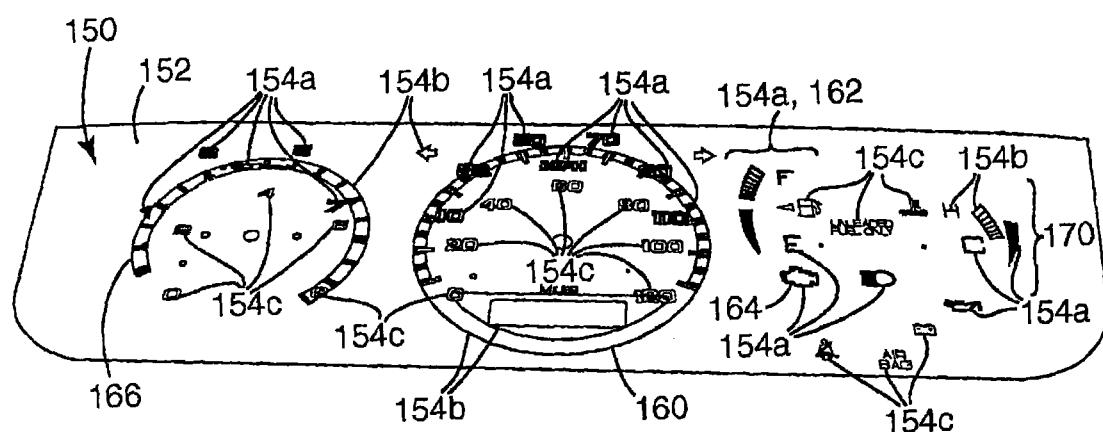


图13

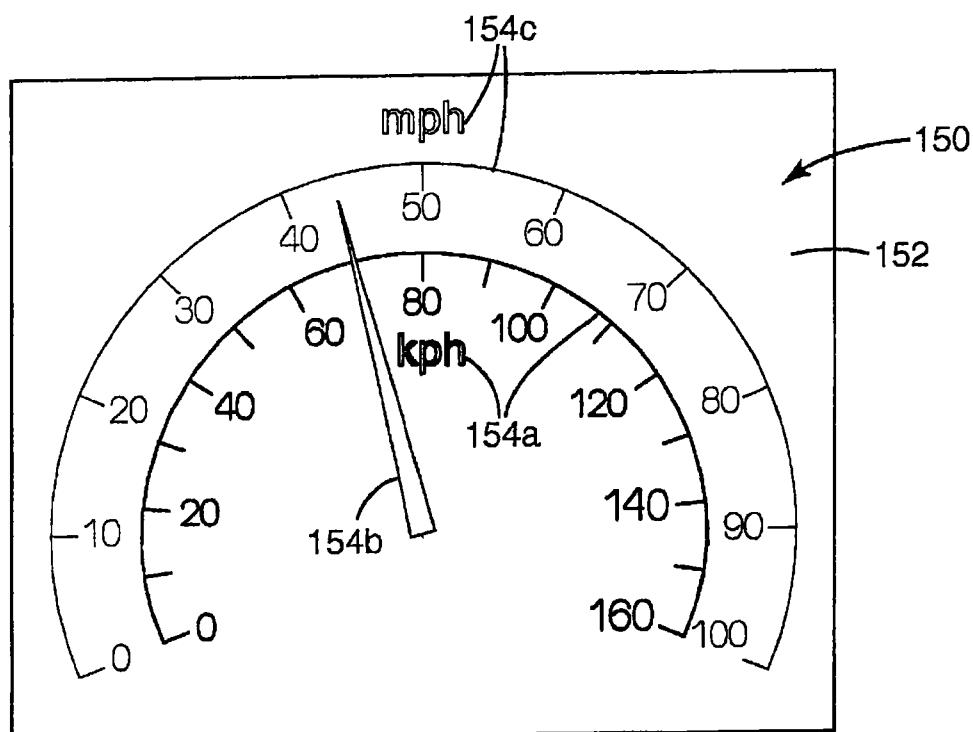


图14

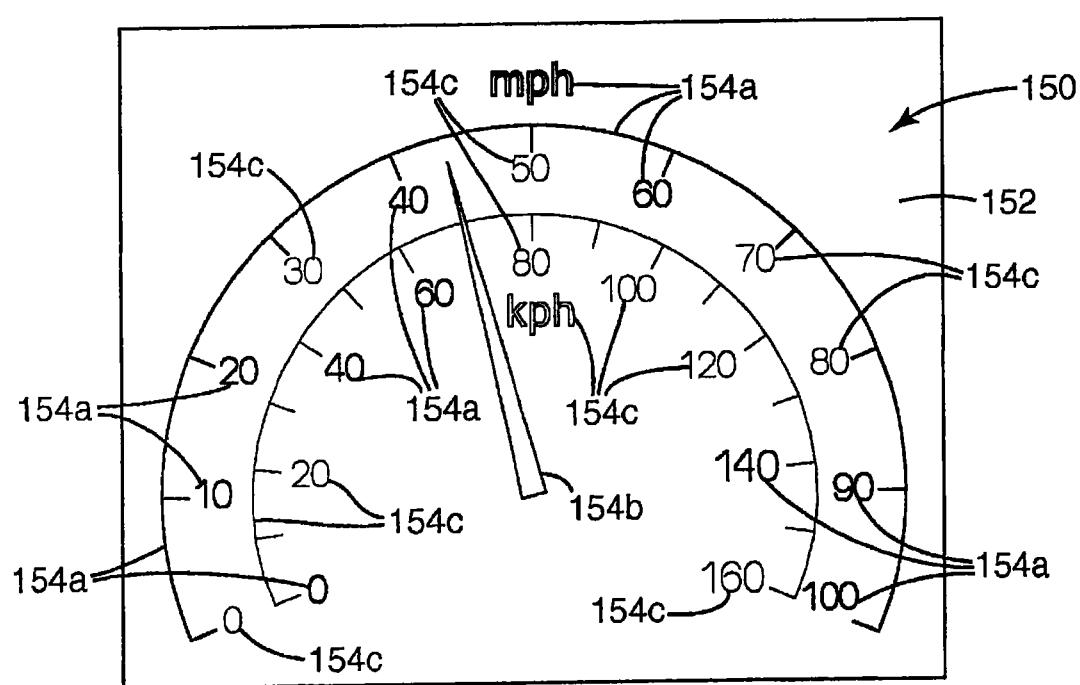


图15