



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 02131638.4

[43] 公开日 2003 年 11 月 5 日

[11] 公开号 CN 1453621A

[22] 申请日 2002.9.12 [21] 申请号 02131638.4

[30] 优先权

[32] 2002.4.23 [33] US [31] 60/375,299

[71] 申请人 希毕克斯影像有限公司

地址 美国加利福尼亚州

[72] 发明人 钟治明 梁荣昌

[74] 专利代理机构 北京康信知识产权代理有限公司

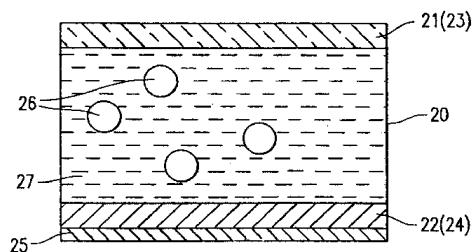
代理人 余刚

权利要求书 5 页 说明书 37 页 附图 8 页

[54] 发明名称 电磁泳显示器

[57] 摘要

本发明涉及电磁泳显示器，尤其涉及一种具有传统的上/下换向方式或双重换向方式的电磁泳显示器。显示盒填充以电磁泳分散体，其包括悬浮在溶剂中的微粒，所述微粒是带电荷的并同时也是磁化的。本发明的显示器可避免微粒在盒中不希望的迁移。磁性层产生的磁力使无需提供给盒足够高的阈值电压以避免串扰效应和/或交叉偏压效应。此外，双重换向方式允许微粒在上/下方向以及面内方向移动，因此可以以极低的成本提供高颜色质量的多色显示器。



1. 一种电磁泳显示器，包括：
 - a) 一个顶部电极层和一个底部电极层，至少其中之一是透明的；
 - b) 填充以分散于溶剂中的带电磁性微粒的盒阵列；以及
 - c) 至少一个磁性层。
2. 根据权利要求 1 所述的显示器，其具有传统的上/下换向方式，并且其中所述一磁性层是可换向的并置于所述底部电极层。
3. 根据权利要求 1 所述的显示器，其具有传统的上/下换向方式和两个磁性层。
4. 根据权利要求 3 所述的显示器，其中所述磁性层之一是置于所述顶部电极层，以及另一磁性层是置于所述底部电极层。
5. 根据权利要求 4 所述的显示器，其中所述两个磁性层都是可换向的。
6. 根据权利要求 4 所述的显示器，其中所述顶部磁性层是永久性的，而所述底部磁性层是可换向的。
7. 根据权利要求 4 所述的显示器，其中所述两个磁性层都是永久性的。
8. 根据权利要求 1 所述的显示器，具有双重换向方式，因此所述底部电极层包括中心电极和两个侧电极。

9. 根据权利要求 8 所述的显示器，具有双重换向方式，其中所述一磁性层是可换向的并置于所述底部电极层。
10. 根据权利要求 8 所述的显示器，具有双重换向方式和两个磁性层。
11. 根据权利要求 10 所述的显示器，其中所述磁性层之一是置于所述顶部电极层，而另一磁性层是置于所述底部电极层。
12. 根据权利要求 11 所述的显示器，其中所述两个磁性层都是可换向的。
13. 根据权利要求 11 所述的显示器，其中所述顶部磁性层是永久性的，而所述底部磁性层是可换向的。
14. 根据权利要求 11 所述的显示器，其中所述两个磁性层都是永久性的。
15. 根据权利要求 1 所述的显示器，其中所述磁性的带电荷微粒是白色并且分散于黑色或彩色溶剂中。
16. 根据权利要求 1 所述的显示器，其中所述微粒是黑色微粒和白色或其他有色微粒在无色澄清溶剂中的混合物，所述黑色微粒是带电荷的并具有磁性，而所述白色、或其他有色微粒是不带电荷的并且没有磁性。
17. 根据权利要求 1 所述的显示器，其中所述微粒是黑色微粒、和白色、或其他有色微粒在无色澄清溶剂中的混合物，所述黑色微粒是带电荷的并具有磁性，而所述白色或其他有色微粒没有磁性并且带有与所述黑色微粒相反的电荷。

18. 根据权利要求 1 所述的显示器，其中所述微粒是黑色微粒和白色或其他有色微粒在无色澄清溶剂中的混合物，所述黑色微粒是带电荷的并具有磁性，而所述白色、或其他有色微粒没有磁性并且带有与所述黑色微粒相同电性但不同电量的电荷。
19. 根据权利要求 1 所述的显示器，其中所述至少一磁性层产生了磁场。
20. 根据权利要求 19 所述的显示器，其中所述磁场的强度取决于微粒阈效应和施加于所述电极层的驱动电压。
21. 根据权利要求 1 所述的显示器，其中所述磁性微粒是顺磁性的、铁磁性的、反铁磁性的、或亚铁磁性的微粒。
22. 根据权利要求 1 所述的显示器，其中所述磁性微粒是由选自 γ 三氧化二铁、针状磁铁矿、钴改性的或吸附性的三氧化二铁、非定比三氧化二铁、二氧化铬、金属或合金和有机多基组成的组。
23. 根据权利要求 22 所述的显示器，其中所述金属或合金是不锈钢、Fe-Co、Fe-Ni、Fe-Co-Ni、Co-Ni、Co-Cr、或 Fe-Co-V 合金。
24. 根据权利要求 22 所述的显示器，其中所述有机多基是选自由侧链上带有有机基团的聚合物、带有有机基团的主链共轭聚合物、二维多基、含有顺磁金属卟啉作为侧链的聚合物、和主链中含有顺磁金属离子的聚合物组成的组。
25. 根据权利要求 24 所述的显示器，其中所述顺磁金属离子是 Cu(II)、Ni(II)、Mn(II)、或 VO(II)。

26. 根据权利要求 1 所述的显示器，其中所述磁性微粒是用磁性外壳通过涂布或微胶囊化而磁化的微粒。
27. 根据权利要求 26 所述的显示器，其中所述磁性外壳选自由 γ 三氧化二铁、针状磁铁矿、钴改性或吸附性的三氧化二铁、非定比三氧化二铁、二氧化铬、金属或合金和有机多基组成的组。
28. 根据权利要求 27 所述的显示器，其中所述有机多基选自由侧链上带有有机基团的聚合物、带有有机基团的主链共轭聚合物、二维多基、含有顺磁金属卟啉作为侧链的聚合物、和主链中含有顺磁金属离子的聚合物组成的组。
29. 根据权利要求 28 所述的显示器，其中所述金属或合金选自由 Ni、Cu、Co、Fe、Cr、Fe-Co、Fe-Ni、Fe-Co-Ni、Co-Ni、Co-Cr、和 Fe-Co-V 合金组成的组。
30. 根据权利要求 29 所述的显示器，其中所述金属或合金外壳是通过喷镀、真空淀积、电淀积、电镀、或无电镀涂布到所述微粒上。
31. 根据权利要求 26 所述的显示器，其中所述磁性外壳是通过微胶囊化方法涂布于所述微粒上的磁性聚合物外壳。
32. 根据权利要求 31 所述的显示器，其中所述磁性聚合物外壳选自由下述的聚合物组成的组：侧链上带有有机基团的聚合物、带有有机基团的主链共轭聚合物、二维多基、含有顺磁金属卟啉作为侧链的聚合物、和主链上含有顺磁金属离子的聚合物。
33. 根据权利要求 32 所述的显示器，其中所述顺磁金属离子是 Cu(II)、Ni(II)、Mn(II)、或 VO(II)。

34. 根据权利要求 31 所述的显示器，其中所述微胶囊化方法是相分离、简单和复杂的凝聚、界面聚合或交联、原位聚合或交联、喷雾干燥、流化床干燥、锐孔、或液内固化或硬化。
35. 根据权利要求 1 所述的显示器，其中所述磁性微粒是包含有分散于聚合物基质中的磁性材料的微胶囊。
36. 根据权利要求 35 所述的显示器，其中所述微胶囊进一步包括颜料或染料。
37. 根据权利要求 36 所述的显示器，其中所述颜料是白色的 TiO₂ 或 ZnO。
38. 根据权利要求 36 所述的显示器，其中所述颜料是彩色的。
39. 根据权利要求 1 所述的显示器，其中所述磁性微粒是彩色、或黑色。
40. 根据权利要求 39 所述的显示器，其中所述黑色磁性微粒是由γ三氧化二铁、针状磁铁矿、钴改性或吸附性的三氧化二铁、非定比三氧化二铁、或二氧化铬制成。

电磁泳显示器

技术领域

本发明涉及电磁泳显示器，尤其涉及一种具有传统的上/下换向方式或双重换向方式的电磁泳显示器。显示盒填充以电磁泳分散体，其包括悬浮在溶剂中的微粒，所述微粒是带电荷的并同时磁化的。

背景技术

本发明背景技术电泳显示器（EPD 或 EPID）是基于悬浮在溶剂中的带电荷颜料微粒的电泳现象制成的一种非发射性的装置。该类显示器于 1969 年首次提出。这类显示器通常包括具有电极的两块板，这两块板彼此相对放置并由间隔物分隔开。通常，其中的一块电极板是透明的。包含有一种着色溶剂和带电荷颜料微粒的悬浮物被密封在二个电极板之间。当在二电极之间施加一个电压差时，颜料微粒将迁移到一侧，该颜料的颜色或该溶剂的颜色依电压差的极性显现。

有几种不同类型的电泳显示器。在分区式电泳显示器中（见 M.A.Hopper 和 V. Novotny, *IEEE Trans. Electr. Dev.*, 26(8): 1148-1152 (1979)），间隔物在二个电极之间分出较小单元，以避免不希望的微粒迁移，例如沉淀。微胶囊型电泳显示器（如美国专利第 5,961,804 号以及第 5,930,026 号披露的）具有基本上二维结构的微胶囊排列，其中各微胶囊含有由介电质流体与带电荷颜料微粒悬浮物（在视觉上与介电质溶剂对比）所组成的电泳组分。另一种类型的电泳显示器（见美国专利第 3,612,758 号）具有电泳盒，这些盒是由平行的线槽（*line reservoirs*）制备而成。这些槽状电泳盒由透明导体覆盖，

并与透明导体电接触。一层透明玻璃覆盖该透明导体（从该玻璃一侧进行观看）。

在共同未决专利申请中，即美国申请 09/518,488 (2000 年 3 月 3 日提交，相应于 WO 01/67170)、美国申请 09/759,212 (2001 年 1 月 11 日提交)、美国申请 09/606,654 (2000 年 6 月 28 日提交，相应于 WO 02/01281) 和美国申请 09/784,972 (2001 年 2 月 15 日提交)，披露了一种改进的电泳显示器制造技术，所有这些结合于此作为参考文献。该改进的电泳显示器包括隔离的盒，这些隔离的盒由明确限定形状、大小、和纵横比的微型杯制备而成，并以分散于电介质溶剂中的带电荷颜料微粒填充，并用聚合物密封层密封。

所有这些电泳显示器都可以用无源矩阵系统进行驱动。对一种典型的无源矩阵系统而言，在该盒的顶侧有行电极，而在该盒的底侧有列电极。顶部行电极和底部列电极互相垂直。然而，有两种众所周知的与无源矩阵系统驱动电泳显示器相关的问题：串扰 (cross talk) 和交叉偏压 (cross bias)。当一个盒 (像素) 中的微粒受到一邻近盒 (像素) 的电场施加的偏压作用时，就会产生串扰。图 1 给出了一个例子。盒 A 的偏压驱动带正电荷微粒向该盒的底部迁移。因为盒 B 没有任何偏压，盒 B 中的带正电荷微粒预期应留在该盒的顶部。然而，如果盒 A 和盒 B 互相接近，盒 B 的顶部电极电压 (30V) 和盒 A 的底部电极电压 (0V) 则产生串扰电场，该串扰电场会驱使盒 B 中的一些微粒向下迁移。加宽邻近盒之间的距离可以消除这种问题，但增加该距离也可能会降低显示器的分辨率。

如果一个盒具有相当高的阈值电压，则可以减轻这种串扰问题。在本说明书中，阈值电压被定义为使微粒离开它们目前的位置所需的最小 (或起始) 偏压。如果这些盒具有足够高的阈值电压，就可以降低或消除串扰而同时不牺牲显示器的分辨率。例如，可以通过增加电泳盒中的微粒 - 微粒相互作用或微粒 - 电极相互作用，

以达到较高的阈值电压。不幸的是，大多数增加阈值电压的方法容易导致显示器驱动电压的显著增加或换向速率的降低。

对无源矩阵显示器来说，除了邻近盒所造成的串扰之外，交叉偏压也是可能的。施加于列电极的电压不仅为在扫描行上的盒提供驱动偏压，而且也影响在同一列上非扫描盒的偏压。这种不希望的偏压可能会驱动非扫描盒中的微粒向带相反电荷的电极板方向迁移。这种不希望的微粒迁移会引起图像密度的变化，并显著降低该显示器的对比度。美国专利第 4,655,897 号和第 5,177,476 号（已转让 Copytele 公司），披露了一种具有选通电极的系统，该系统采用两层电极结构，其中一层作为选通电极，由此使电泳显示器在相对较高的驱动电压下具有较高的分辨率。虽然这些参考文献讲述如何应用选通电极来提高阈值电压，但由于结构的复杂性和低生产率，制造两电极层的成本极其昂贵。此外，在这种类型的电泳显示器中，电极暴露于溶剂中，这会导致不希望的电镀效应和显示器使用寿命的降低。

在美国专利第 6,239,896 号中披露的面内换向电泳显示器，使用磁性底部基片来吸引磁性微粒并提供阈效应，以抵抗不希望的微粒迁移。行电极和列电极是置于底层上，从而形成驱动点矩阵。面内电极显著地比上/下电极更难制造，特别对于较高分辨率显示器而言更是如此。面内显示器的换向速率在相当的操作电压下比较慢，原因在于面内换向方式中电极之间的距离典型地大于通常的上/下方式中电极之间的距离。而且，由于缺乏真白色或真黑色状态，彩色显示器的色饱和度会比较差。

因而，仍然需要一种电泳显示器，其中串扰效应和交叉偏压效应将不会引起显示器性能的下降，即使采用具有相对较低的本征阈值电压的盒。

发明简述

本发明有两个方面。第一个方面涉及具有传统的上/下换向方式的电磁泳显示器。该显示器包括一顶部行电极层、一底部列电极层，以及夹在两电极层之间的盒阵列。在本发明第一个方面的一个具体实施例中，一可换向磁性层是放置在底部电极层的下面。在另一个具体实施例中，有两个可换向磁性层，一个放置在顶部行电极层的上面，另一个放置在底部电极层的下面。在第三个具体实施例中，一个永久性磁性层放置在顶部行电极层的上面，一个可换向磁性层放置在底部电极层的下面。在第四个具体实施例中，一个永久性磁性层放置在顶部行电极层的上面，一个永久性磁性层放置在底部电极层的下面。

本发明的第二个方面涉及双重方式的电磁泳显示器。该显示器也包括一顶部行电极层、一底部列电极层，以及夹在两电极层之间的盒阵列。然而对每个盒而言，底部列电极层包括一中心电极和两个侧电极，该两个侧电极位于中心电极的两侧。在本发明第二个方面的一个具体实施例中，一可换向磁性层是放置在底部列电极层的下面。在第二个具体实施例中，有两个可换向磁性层，一个放置在顶部行电极层的上面，另一个放置在底部列电极层的下面。在第三个具体实施例中，一个永久性磁性层放置在顶部行电极层的上面，一个可换向磁性层放置在底部电极层的下面。在第四个具体实施例中，一个永久性磁性层放置在顶部行电极层的上面，一个永久性磁性层放置在底部电极层的下面。

在本发明的所有具体实施例中，顶侧是观察侧，因而至少顶部行电极层和顶部磁性层（如果有的话）是透明的。

盒填充以电磁泳流体，该电磁泳流体包括分散于对比色的电介质溶剂中的带电荷磁性微粒。当带电荷磁性微粒被吸引到观察侧时，则看到磁性微粒的颜色（原色）。相反地，当带电荷磁性微粒

被吸引而离开观察侧时，则看到溶剂的颜色或其与背景的相加色。溶剂可用颜料或染料来着色。

本发明的设计有许多优点。首先，它避免带电荷微粒在盒中不希望的迁移。有了磁性层产生的磁力，也无需提供给盒足够高的阈值电压以避免串扰效应和/或交叉偏压效应。此外，双重换向方式允许微粒在上/下方向以及面内方向移动，因此以极低的成本提供了高颜色质量的多色显示器。

本发明的这些和其他特色以及优点将在以下的发明详述和附图中更详细地说明，附图以举例的方式示范说明本发明的原理。

附图简要描述

通过下述详细描述和附图将容易理解本发明，其中相同的参考数字表示相同的结构元件，其中：

图 1 说明电泳显示器的“串扰”现象。

图 2A 和 2B 是本发明的电磁泳显示器（EMPD）的侧视图和俯视图，其具有传统的上/下换向方式和一个可换向的磁性层。

图 3A 和 3B 是本发明的电磁泳显示器的侧视图和俯视图，其具有传统的上/下换向方式和两个磁性层。

图 4A 和 4B 是本发明的电磁泳显示器的侧视图和俯视图，其具有双重方式和一个可换向的磁性层。

图 5A 和 5B 是本发明的电磁泳显示器的侧视图和俯视图，其具有双重方式和两个磁性层。

图 6A、6B 和 6C 说明产生磁场的可能结构。

图 7A 和 7B 说明图 2A 的电磁泳显示器的 2×3 无源矩阵

图 8A – 8C 说明能够双重方式换向的电磁泳显示器。

发明详述

下面提供本发明的代表性具体实施例的详细描述。虽然本发明参考其代表性的具体实施例而加以描述，但不应理解为这些具体实施例是对本发明的限制。为了符合特殊电磁泳显示器的特定要求，这些特色的设计和尺寸可以改变，并且所有这类变化都在本发明的范围内。为了说明本发明，在下面的描述中给出了许多特定细节。本发明可以在没有这些特定细节的一些或全部条下依据本发明权利要求范围来实施。为了清楚起见，并没有详细描述在与本发明相关的技术领域中熟知的技术性材料，以免使本发明不够明确。

I. 定义

除非在本专利说明书中另有定义，否则在此所用的技术术语皆根据本领域技术人员通常使用并了解的惯用定义而被使用。

在本专利说明书中，“阈值电压”被定义为使微粒离开它们目前的位置所需的最小（或起始）偏压。微粒阈效应是电泳显示器的最重要特性之一，并且是微粒 - 微粒、微粒 - 溶剂、和微粒 - 电极相互作用的函数。

在本说明书中，术语“驱动电压”被定义为为改变盒的颜色状态而施加的偏压，如通过驱动该盒中的微粒从位于或接近一个电极板的初始位置，迁移至位于或接近另一电极板的最终位置。特定用途的驱动电压必须在所需性能参数（包括完成状态转变所需时间）的范围内，足以引起盒颜色状态的变化。

无源矩阵显示器中的“扫描行”是指显示器中目前正被更新或寻址的行。

“非扫描行”是指显示器中还未被更新或寻址的行。

“已扫描行”是指显示器中已被更新或寻址的行。

对扫描行中的盒而言，驱动电压（也就是偏压条件）应驱动微粒到希望的新位置或维持微粒在同一位置。对于已扫描行或非扫描行中的盒来说，驱动电压应维持微粒在同一位置，即使底部列驱动电压（也就是施加于与盒有关的列电极的电压）发生变化，这种变化在该列的扫描行的盒正被换向（即在交叉偏压条件下）时可能发生。无源矩阵电泳显示器通常一次更新（扫描）一行，目的在于更新扫描行的盒，而同时不改变已扫描行和非扫描行的盒。

在本说明书中，“正偏压”被定义为能引起带正电荷微粒向下迁移（即，上电极比下电极具有更高电势）的偏压。

在本说明书中，“负偏压”被定义为能引起带正电荷微粒向上迁移（即，下电极比上电极具有更高电势）的偏压。

在本说明书中，微粒和磁性层之间产生的磁力可以称作“磁力 TM”或“磁力 BM”。当仅有一底部磁性层时，“磁力 TM”是当微粒在盒顶部时磁性层和微粒之间形成的磁力，而“磁力 BM”是当微粒在盒底部时磁性层和微粒之间形成的磁力。由于底部磁性层和显示器顶部之间存在距离，当仅有一底部磁性层时，“磁力 BM”总是大于“磁力 TM”。在两磁性层的情况下（一个是在盒的顶部，另一个是在盒的底部），在盒顶部的微粒与顶部磁性层形成“磁力 TM”，而在盒底部的微粒与底部磁性层形成“磁力 BM”。

在本说明书中，每个磁力 TM 和 BM 都可以转换成偏压，其以等效于磁力的力量吸引微粒。如果磁力表示为：

$$F_m = M \cdot \nabla |B|$$

其中 M 是磁性微粒的磁化强度，而 $\nabla |B|$ 是磁场的梯度，则等效偏压为：

$$V_m = F_m \cdot d/q$$

其中 q 是微粒的电荷，而 d 是顶部电极和底部电极之间的距离。依据此转换， V_{tm} 表示磁力 TM 的等效偏压，而 V_{bm} 则表示磁力 BM 的等效偏压。

顶部电磁体和底部电磁体所产生的磁场是在相反的方向，因而在盒顶部的微粒被顶部磁性层所吸引而被底部磁性层所排斥，在盒底部的微粒被底部磁性层所吸引而被顶部磁性层所排斥。在任一情况下，两种磁力互相协助。

“屏蔽效应”(screening effect)一词是指盒中的某些微粒比其他微粒迁移更快，因而在其他微粒之前达到目标电极。这些快速微粒事实上降低了电场强度，并使较慢的微粒进一步慢下来。

II. 本发明的各种设计

A. 具有传统上/下换向方式的电磁泳显示器

在一具体实施例中，如图 2A 所示，显示器包括顶部电极层 21 和底部电极层 22，至少其中之一是透明的（例如顶部电极层 21），并且包括位于两层之间的盒 20。顶部电极层 21 包括一个行电极 23，而底部电极层 22 包括一个列电极 24。可换向磁性层 25 放置于底部电极层的下面。顶部行电极和底部列电极是互相交叉的（最好是垂

直），而磁性层对准于顶部行电极层（21/23）（见图 2B）。显示盒 20 包括分散于电介质溶剂 27 中的带电荷磁性微粒 26。在一具体实施例中，微粒 26 带正电荷。

一候选的实施例示于图 3A 中，其中基本设计类似于图 2A 的具体实施例，不同之处是有两个可换向磁性层（35a 和 35b），一个 35a 在顶部行电极层 31 的上面，另一个 35b 在底部列电极层 32 的下面，并且两个磁性层对准于行电极 31/33，如图 3B 所示。

第三个变化的实施例的基本设计类似于图 3A 的实施例，不同之处是在顶部行电极层上面的顶部磁性层 35a 是永久性的，而在底部列电极层下面的磁性层 35b 是可换向的。

第四个变化的实施例的基本设计也类似于图 3A 的实施例，不同之处是两个磁性层（35a 和 35b）都是永久性的。

B. 具有双重换向方式的电磁泳显示器

在一具体实施例中，如图 4A 所示，显示器包括顶部电极层 41 和底部电极层 42，至少在观察侧的电极层是透明的（顶部电极层 41），并且包括位于两层之间的盒 40。顶部电极层 41 包括一个行电极 43。底部电极层 42 包括一个中心电极 44 和两个侧电极 45，侧电极位于中心电极的两侧。间隙 46 把中心电极和侧电极分开。可换向磁性层 47 置于底部电极层 42 的下面。顶部行电极和底部列电极互相垂直，并且磁性层 47 对准于顶部行电极层 41（见图 4B）。显示盒 40 包括在电介质溶剂 49 中的带电的磁性微粒 48。在一具体实施例中，微粒 48 是带正电荷的。

一可选择具体实施例示于图 5A 中，其中基本设计类似于图 4A 的具体实施例，不同之处是有两个可换向磁性层（57a 和 57b），一

个 **57a** 在顶部行电极层 **51** 的上面，另一个 **57b** 在底部列电极层 **52** 的下面，并且两个磁性层对准于顶部行电极（见图 5B）。

第三个可选择具体实施例的基本设计类似于图 5A 的具体实施例，不同之处是在顶部行电极层上面的顶部磁性层 **57a** 是永久性的，而在底部列电极层下面的底部磁性层 **57b** 是可换向的。

第四个具体实施例的基本设计也类似于图 5A 的具体实施例，不同之处是两个磁性层（**57a** 和 **57b**）都是永久性的。

显示器通常可根据本技术领域熟知的方法制造。本发明的范围包括传统的显示器（即，如美国专利第 3,668,106 号和第 3,612,758 号所描述的分区型显示器）、微型杯技术所制造的显示器（如在 WO 01/67170 和 WO 02/01281 中所披露的）和微囊化技术所制造的显示器（如美国专利第 5,961,804 号和第 5,930,026 号所披露的）。在微型杯型显示器的情况下，显示盒具有明确限定的大小、形状、和纵横比，并优选用聚合物密封层单独密封。

可通过任何熟知的方法分散磁性微粒，包括研磨、碾磨、球磨、气流磨（microfluidizing）以及超声波技术。例如，将细粉末形式的磁性微粒加入悬浮溶剂，所获混合物被球磨数小时，将高度附聚的干颜料粉分散成最初的微粒。优选低蒸汽压、不吸湿的溶剂用于磁泳或电磁泳流体。有用溶剂的实施例包括：碳氢化合物，如萘烷（DECALIN）、5-亚乙基-2-降冰片烯（5-ethylidene-2-norbornene）、脂肪油、石蜡油；芳香族碳氢化合物，如甲苯、二甲苯、苯基二甲苯乙烷、十二烷基苯、和烷基萘；低粘度聚醚，如聚丙二醇以及乙二醇和丙二醇的嵌段共聚物；低粘度硅油、烷基或芳烷基酯和酮；卤化溶剂，如全氟萘烷、全氟甲苯、全氟二甲苯、二氯三氟甲苯（dichlorobenzotrifluoride）、3,4,5-三氯三氟甲苯（3,4,5-trichlorobenzotrifluoride）、氟五氟基苯、二氯壬烷（dichlorononane）、和五氟苯；全氟溶剂，如来自明尼苏达州 St. Paul

的 3M 公司的 FC-43、FC-70 和 FC-5060; 低分子量的含卤素聚合物, 如来自俄勒冈州 Portland 的 TCI America 公司的聚全氟丙烯醚 (poly(perfluoropropylene oxide)); 聚三氟氯乙烯, 如来自新泽西州 River Edge 的 Halocarbon Product 公司的卤烃油 (Halocarbon Oils); 和全氟聚烷基醚 (perfluoropolyalkylether), 如来自 Ausimont 公司的 Galden 或来自特拉华州 DuPont 公司的 Krytox 油和脂 K-Fluid 系列。在一个优选具体实施例中, 使用聚三氟氯乙烯作为电介质溶剂。在另一个优选的具体实施例中, 使用聚全氟丙烯醚作为电介质溶剂。

可通过使用适当的聚合物将微粒微囊化, 以消除颜料微粒的沉淀或乳化, 使其比重与悬浮溶剂的比重相适应。可用化学或物理方法完成颜料微粒的微胶囊化。典型的微囊化工艺包括界面聚合、原位聚合、相分离、凝聚、静电涂布、喷雾干燥、流化床涂布以及溶剂蒸发。熟知的微胶囊化程序已经披露于 Kondo 的“微胶囊工艺和技术” (Microcapsule Processing and Technology) (I. E. Vandegaer 编辑的“微胶囊化、方法和应用” (Microencapsulation, Processes and Applications), 纽约 Plenum 出版社, 1974 年) 以及 Gutcho 的“微胶囊和微胶囊化技术” (Microcapsules and Microencapsulation Techniques) (新泽西州 Park Ridge 的 Nuyes Data 公司, 1976 年), 两者结合于此作为参考。

优先用高度磁性化合物和金属或合金制备磁性微粒。在本发明中有用的磁性材料的实施例包括 γ 三氧化二铁、针状磁铁矿、钴改性或吸附性的三氧化二铁、非定比三氧化二铁、二氧化铬、金属或合金 (例如不锈钢、Fe-Co、Fe-Ni、Fe-Co-Ni、Co-Ni、Co-Cr、和 Fe-Co-V 合金)、有机多基 (例如, 侧链上带有机基团的聚合物、带有机基团的主链共轭聚合物、二维多基、含有顺磁金属卟啉作为侧链的聚合物以及在主链中含有顺磁金属离子 (例如, Cu(II)、Ni(II)、Mn(II)、或 VO(II)) 的聚合物。其它有用的磁性材料可在参考文献中

找到，如 Marvin Camras 的“磁性记录手册”(Magnetic Recording Handbook) (Van Norstrand Reinhold 公司，1988 年) 以及 M. Kanachi 的“磁性聚合物”(Magnetic Polymers) (收录于 K. Takemoto、R. M. Ottenbrite 和 M. Kamachi 所编辑的“功能性单体和聚合物”(Functional Monomers and Polymers)，Marcel Dekker 有限公司，1997 年)。

有机多基的特定实施例非限定性地包括在上述所引参考文献和几篇美国专利（例如，第 4,631,328、4,594,400、4,552,928 和 4,769,443 号）中所披露的实施例。Kanachi 在“磁性聚合物”中所披露的有机多基包括：含有 2,2,6,6-四甲基哌啶-1-氧基作为侧链的有机多基、热退火的聚苯乙炔、具有苯氧基或硝酰基的有机多基、具有侧链的硝基氮氧化物 (nitronyl nitroxide) 或叔丁基硝酰基的聚 (1,3- 亚苯基亚乙炔基)、二维聚合物（例如 1,3,5- 三氨基苯与碘反应所得到的聚合物）、衍生自靛蓝的具有重复单元的有机多基、从 1,3- 双 - (3- 斯德酮) 和 N',N'- (1,4- 亚苯基) 双马来酰胺 (bismaleamide) 的无催化剂的 1,3- 二极的环加成作用所获得的有机多基、在侧链或主链上含有顺磁离子的有机多基。在侧链上含有顺磁离子的有机多基包括：含有四苯基卟啉 (TPP) 部分的有机多基、特别是衍生自顺磁金属离子（例如 Cu(II)、Ag(II)、VO(II)、和 Co(II) ）的有机多基以及衍生自 TPP-Mn(II) 和四氟乙烯在甲苯中反应所获得的有机多基。在主链上含有顺磁离子的有机多基包括： Cu(II) 和 VO(II) 的杂双核配合物、无机聚合物、具有规则交替磁性中心的 MnCu(pbaOH)(H₂O)₃ (其中 pbaOH 是 2- 羟基 -1,3- 丙烯双 (oxamato))、由 2- 取代的 4,4,5,5- 四甲基咪唑啉 -1- 氧基 -3- 氧化物所组成以及衍生自 Cu(II)、Ni(II)、或 Mn(II) 的聚合物、 M(hfac)₂(NIT)R 的直链聚合物（其中 M 是 Cu(II)、Ni(II)、或 Mn(II)，(NIT)R 是 2- 烷基 -4,4,5,5- 四甲基咪唑啉 -1- 氧基 -3- 氧化物，而 hfac 是六氟乙酰丙酮酸酯 (hexafluoroacetetylacetone) ），以及三维结构（例如 (rad)₂Mn₂[Cu(opba)]₃(DMSO)₂ · 2H₂O，其中 rad 是 2- (4-N- 甲基吡

啶) -4,4,5,5-四甲基咪唑啉-1-氧基-3-氧化物, opba 是原亚苯基双(oxamato), 而 DMSO 是二甲基亚砜。其它含有聚合物基的化合物(并确认该基与位置)是在美国专利第 4,631,328 号(各种染料(蒽醌、均二苯代乙烯、单-、双-、三-偶氮), 侧链)、第 4,594,400 号(噻吨酮, 侧链)、第 4,552,928 号(二-和三苯胺, 侧链)以及第 4,769,443 号(哌啶, 侧链)中所披露的含有聚合基的化合物。这些有机多基中的某些可以借由在预聚物混合物中包括基前体物、进行聚合、然后转变成基而制备。

此外, 通过用磁性材料对微粒进行微囊化, 可以磁化带电荷颜料(如 TiO_2)微粒。在微囊化工艺之前(优选)或之后, 可以将磁性材料与颜料微粒混合或涂布于颜料微粒上。在这种情况下, 特别有用的磁性材料的实施例包括通过例如喷镀、真空淀积、电淀积、电镀、或无电镀以及微囊化/涂覆以磁性聚合物而制备的金属微粒或金属化微粒。最优选的是包含颜料和磁性微粒的混合物的带电金属化微粒和带电微胶囊。

带电荷磁化微粒可以呈现自身的电荷, 或可使用电荷控制剂直接使之带电荷, 或可在悬浮于介质中时获得电荷。适当的电荷控制剂是本领域熟知的; 它们可为聚合或非聚合性质, 并且也可以是离子的或非离子的。

可换向磁性层是由成行的电磁体所形成, 以产生磁场。可以接通或断开电磁体上的电压, 因而磁性层是可换向的(开/关)。图 6A 说明一种使用电极结构以产生磁场的有用的电磁体。图 6B 说明可换向的磁性层, 其包括电磁体 61 的阵列。图 6C 说明典型的电磁体, 该电磁体是具有铁心 62 的螺线管。当电流施加于线圈 63 时, 则产生磁场。永久磁性层包括由永久磁性材料所制成的连续层。一个具体实施例是铁氧体磁性层, 其包括铁氧体粉末和聚合物粘合剂, 从而形成弹性或刚性粘结的永久磁体。

III. 具有传统上/下换向方式的电磁泳显示器

(a) 上/下换向方式/一个底部磁性层

图 7A 说明图 2A 的电磁泳显示器的 2×3 无源矩阵，并显示一般 2×3 无源矩阵的俯视图。为了说明，假设此情况下的驱动电压是 30V 并且磁性微粒是带正电荷。微粒是白色并分散于有色澄清溶剂中。因此，当微粒在顶部时，透过顶部观察侧看到磁性微粒的颜色（在此情况下为白色）。相反地，当微粒在底部时，从观察侧则看到溶剂的颜色。本说明的目标是驱动盒 A 和盒 D 到白色状态、驱动盒 B 和盒 C 到有色状态，同时维持 E 和 F 在复位状态（白色状态）。

在图 7A 中，行 R1 有盒 A 和盒 B；行 R2 有盒 C 和盒 D；行 R3 有盒 E 和盒 F；列 C1 有盒 A、盒 C、和盒 E；以及列 C2 有盒 B、盒 D、和盒 F。

初始状态，该装置重新设定，以移动在所有六个盒（A、B、C、D、E、和 F）中的所有微粒到顶部（因此看到白色）。当行 R1 是在扫描行，并且行 R2 和行 R3 是在非扫描行时，在行 R1、R2、和 R3 下面的磁性层都处于断开状态。此外，30V 的驱动电压施加于行 R1 以及 0V 的驱动电压施加于行 R2 和行 R3，同时 25V 的电压施加于列 C1 以及 0V 的电压施加于列 C2。

在此驱动条件下：

1) 为使盒 A 中的微粒保持在顶部（见图 7B-1），必须满足下述条件：

“阈值电压” $\geq 5V$

2) 在盒 B (图 7B-2) 中, 为使微粒移动到盒的底部, 必须满足下述条件:

$$30V > \text{“阈值电压”}$$

3) 在盒 C 和盒 E 中, 微粒是在 25V 的负偏压下, 并且在盒 D 和盒 F 中, 微粒是在 0V 的偏压下, 因此微粒保持在盒的顶部。

行 R1 被扫描后, 扫描发生在行 R2, 同时行 R1 变成已扫描行, 并且行 R3 是非扫描行。现在接通 R1 下面的磁性层, 并且关断在 R2 和 R3 下面的磁性层。30V 的驱动电压施加于行 R2 以及 0V 的电压施加于行 R1 和行 R3。同时 25V 的电压施加于列 C2 以及 0V 的电压施加于列 C1。

在此驱动条件下:

1) 为使盒 D 中的微粒保持在顶部 (见图 7B-4), 必须满足下述条件:

$$\text{“阈值电压”} \geq 5V$$

2) 在盒 C (图 7B-3) 中, 为使微粒移动到盒的底部, 必须满足下述条件:

$$30V > \text{“阈值电压”}$$

当 R2 正被扫描时, 盒 A 和盒 B 中的微粒必须保持在扫描期间所设定的位置。然而当行 R2 正被扫描时, 对在已扫描行上的盒 A 和盒 B 而言, 施加于行电极 (R1) 和列电极 (C1 和 C2) 的电压已经改变。此外, 行 R1 下面的磁性层现在是接通的。

3) 盒 A 是在 0V 偏压下 (图 7B - 5), 因此为了维持微粒在顶部, 必须满足下述条件:

$$\text{“阈值电压”} \geq V_{tm}$$

4) 盒 B 是在 25V 的反偏压下 (图 7B - 6), 因此为了使该盒中的微粒维持在底部, 必须满足下述条件:

$$\text{“阈值电压”} + V_{bm} \geq 25V$$

5) 在盒 E 中, 微粒是在 0V 偏压下, 并且在盒 F 中, 微粒是在 25V 的负偏压下, 因此微粒保持在盒的顶部。

从该实施例可以得到以下结论: 如果材料的阈值电压为 5V, 那么磁力 TM 必须等于或小于 5V 的电场强度, 并且磁力 BM 必须大于或等于 20V 的电场强度。一般而言, 在该设计中的 V_{tm} 必须小于或等于 V_{bm} 。关于磁力 TM 和 BM 所需的准确强度, 则依赖于微粒的阈值电压, 而这又依赖于施加的驱动电压以及微粒和电极的性质。

(b) 上/下换向方式 / 两个可换向磁性层

本节说明图 3A 的电磁泳显示器的 2×3 无源矩阵。为了说明, 也假设此情况下的驱动电压是 30V。白色微粒是带正电荷并且也是磁化的。

初始也是重新设置该装置, 以移动在所有六个盒 (A、B、C、D、E、和 F) 中的所有微粒到顶部 (因此看到白色)。

当行 R1 是在扫描行, 并且行 R2 和行 R3 是在非扫描行时, 行 R1、R2、和 R3 的顶部和底部磁性层都断开。此外, 30V 的驱动电

压施加于行 R1 以及 0V 的电压施加于行 R2 和行 R3，同时 30V 的电压施加于列 C1 以及 0V 的电压施加于列 C2。

在此驱动条件下：

1) 盒 A 中的偏压为 0V。R1 的磁性层断开。因此由于微粒的双稳定性，盒 A 中的微粒保持在顶部。

2) 在盒 B 中，为使微粒移动到盒的底部，必须满足下述条件：

$30V > \text{“阈值电压”}$

3) 在盒 C 和盒 E 中，微粒是在 30V 的负偏压下，并且在盒 D 和盒 F 中，微粒是在 0V 的偏压下，因此微粒保持在这些盒的顶部。

当盒 A 和盒 B 中的大多数微粒是靠近或已经迁移到其目标位置时，施加于 R1 和 C1 的电压都设定为 0V，同时扫描行 R1 的顶部和底部磁性层都是接通的。已经在盒 A 顶部的微粒因而被微粒和顶部磁性层之间产生的磁场所吸引，并且已经在盒 B 底部的微粒被微粒和底部磁性层之间产生的磁场所吸引。结果降低了屏蔽效应，微粒堆积得更密，并保持在其所希望的位置。

行 R1 被扫描后，扫描发生在行 R2，同时行 R1 变成已扫描行。现在接通行 R1 的磁性层（顶部和底部），并且关断行 R2 和行 R3 的磁性层。30V 的驱动电压施加于行 R2。15V 的电压施加于行 R1，以及 0V 的电压施加于 R3。同时 30V 的电压施加于列 C2，以及 0V 的电压施加于列 C1。

在此驱动条件下：

1) 盒 D 中的偏压为 0V。R2 的磁性层断开。由于微粒的双稳定性，盒 D 中的微粒保持在顶部。

2) 在盒 C 中, 为使微粒移动到盒的底部, 必须满足下述条件:

$$30V > \text{“阈值电压”}$$

当大多数微粒是靠近或已经迁移到其目标位置时, 施加于 R2 和 C2 的电压都设定为 0V, 同时接通 R2 的顶部和底部磁性层。已经在盒 D 顶部的微粒被微粒和顶部磁性层之间形成的磁场所吸引, 并且已经在盒 C 底部的微粒被微粒和底部磁性层之间形成的磁场所吸引。结果降低了屏蔽效应, 微粒堆积得更密并保持在所希望的位置。

当行 R2 正被扫描时, 盒 A 和盒 B 中的微粒必须保持在扫描期间所设定的希望的位置。然而当行 R2 正被扫描时, 对在已扫描行上的盒 A 和盒 B 而言, 施加于行电极 (R1) 和列电极 (C1 和 C2) 的电压已经改变。此外, 行 R1 的两个磁性层现在是接通的。

3) 盒 A 是在 15V 的反偏压下, 因此为了维持微粒在顶部, 必须满足下述条件:

$$\text{“阈值电压”} + V_{tm} \geq 15V$$

4) 盒 B 也是在 15V 的反偏压下, 因此为了使该盒中的微粒保持在底部, 必须满足下述条件:

$$\text{“阈值电压”} + V_{bm} \geq 15V$$

5) 盒 E 是在 0V 偏压下, 并且盒 F 是在 30V 的负偏压下。这些盒中的微粒保持在盒的顶部。

可以得到以下结论: 在此设计中, 如果微粒的阈值电压为 5V, 那么磁力 TM 和磁力 BM 都必须等于或大于 10V 的电场强度。一般

而言，在该设计中的 V_{tm} 和 V_{bm} 都必须大于阈值电压，并且它们的准确强度依赖于微粒/电极和施加的驱动电压的性质。

(c) 上/下换向方式 / 一个永久性顶部磁性层和一个可换向底部磁性层

本节说明具有一个永久性顶部磁性层、和一个可换向底部磁性层的电磁泳显示器的 2×3 无源矩阵。为了说明，也假设此情况下的驱动电压是 30V，并且磁性微粒是带正电荷的。

初始状态也重新设置该装置以移动在所有六个盒（A、B、C、D、E、和 F）中的所有微粒到顶部（因此看到白色）。

当行 R1 是在扫描行并且 R2 和 R3 是在非扫描行时，行 R1、R2、和 R3 的底部磁性层都关断。此外，30V 的驱动电压施加于行 R1 以及 0V 的电压施加于行 R2 和行 R3，同时 30V 的电压施加于列 C1 以及 0V 的电压施加于列 C2。

在此驱动条件下：

1) 盒 A 中的偏压为 0V。R1 的底部磁性层断开。因此由于微粒的双稳定性以及微粒和顶部永久性磁性层之间形成的磁力，盒 A 中的微粒保持在顶部。

2) 在盒 B 中，为使微粒移动到盒的底部，必须满足下述条件：

$$30V > \text{“阈值电压”} + V_{tm}$$

3) 在盒 C 和盒 E 中，微粒是在 30V 的负偏压下，并且在盒 D 和盒 F 中，微粒是在 0V 的偏压下，因此微粒保持在盒的顶部。磁力 TM 也帮助使所述两盒中的微粒保持在顶部。当盒 A 和盒 B 中的大多数微粒是靠近或已经迁移到其目标位置时，施加于 R1 和 C1

的电压都设定为 0V，同时扫描行 R1 的底部磁性层接通。已经在盒 A 顶部的微粒因而被微粒和顶部永久性磁性层之间产生的磁场所吸引，并且已经在盒 B 底部的微粒被微粒和底部可换向磁性层之间产生的磁场所吸引。结果降低了屏蔽效应，微粒堆积得更密，并保持在所希望的位置。

行 R1 被扫描后，扫描发生在行 R2，同时行 R1 变成已扫描行。现在接通在行 R1 底部的磁性层，并且关断行 R2 和行 R3 的底部磁性层。30V 的驱动电压施加于行 R2。15V 的电压施加于行 R1 以及 0V 的电压施加于 R3。同时 30V 的电压施加于列 C2 以及 0V 的电压施加于列 C1。

在此驱动条件下：

1) 盒 D 中的偏压为 0V。R2 的底部磁性层断开。由于微粒的双稳定性以及微粒和顶部永久性磁性层之间的磁力，盒 D 中的微粒保持在顶部。

2) 在盒 C 中，为使微粒移动到盒的底部，必须满足下述条件：

$$30V > \text{“阈值电压”} + V_{tm}$$

当大多数微粒是靠近或已经迁移到其目标位置时，施加于 R2 和 C2 的电压都设定为 0V，同时 R2 的底部磁性层接通。已经在盒 D 顶部的微粒被微粒和顶部永久性磁性层之间形成的磁场所吸引，并且已经在盒 C 底部的微粒被微粒和底部可换向磁性层之间形成的磁场所吸引。结果降低了屏蔽效应，微粒堆积得更密并保持在所希望的位置。

当行 R2 正被扫描时，盒 A 和盒 B 中的微粒必须保持在扫描期间所设定的希望的位置。然而当行 R2 正被扫描时，对在已扫描行

上的盒 A 和盒 B 而言，施加于行电极 (R1) 和列电极 (C1 和 C2) 的电压已经改变。此外，行 R1 的底部磁性层现在是接通的。

3) 盒 A 是在 15V 的反偏压下，因此为了维持微粒在顶部，必须满足下述条件：

$$\text{“阈值电压”} + V_{tm} \geq 15V$$

4) 盒 B 也是在 15V 的反偏压下，因此为了让该盒中的微粒维持在底部，必须满足下述条件：

$$\text{“阈值电压”} + V_{bm} \geq 15V$$

5) 盒 E 是在 0V 偏压下，并且盒 F 是在 30V 的负偏压下。两盒中的微粒保持在盒的顶部。磁力 TM 也帮助使微粒保持在顶部。

从该实施例的说明可知，如果微粒材料的阈效应为 5V，那么磁力 TM 必须等于或大于 10V 的电场强度，而磁力 BM 也必须等于或大于 10V 的电场强度。一般而言，对该设计来说， V_{tm} 和 V_{bm} 都必须大于微粒的阈值电压，并且它们的准确强度依赖于微粒/电极和施加的驱动电压的性质。

(d) 上/下换向方式 / 两个永久性磁性层

本节说明具有两个永久性磁性层的电磁泳显示器的 2×3 无源矩阵。为了说明，也假设此情况下的驱动电压是 30V。微粒是带正电荷并且也是磁化的。

初始状态也重新设置该装置，以移动在所有六个盒 (A、B、C、D、E、和 F) 中的所有微粒到顶部 (因此看到白色)。

当行 R1 是在扫描行，并且行 R2 和行 R3 是在非扫描行时，将 30V 的驱动电压施加于行 R1，以及 0V 的电压施加于行 R2 和行 R3，同时 30V 的电压施加于列 C1，以及 0V 的电压施加于列 C2。

在此驱动条件下：

- 1) 盒 A 中的偏压为 0V。因此由于微粒的双稳定性以及微粒和顶部磁性层之间的磁力，盒 A 中的微粒保持在顶部。
- 2) 在盒 B 中，为使微粒移动到盒的底部，必须满足下述条件：

$$30V > \text{“阈值电压”} + V_{tm}$$

- 3) 在盒 C 和盒 E 中，微粒是在 30V 的负偏压下，并且在盒 D 和盒 F 中，微粒是在 0V 的偏压下，因此微粒保持在两盒的顶部。磁力 TM 也帮助使微粒保持在顶部。

当盒 A 和盒 B 中的大多数微粒是靠近或已经迁移到其目标位置时，施加于 R1 和 C1 的电压都设定为 0V。已经在盒 A 顶部的微粒被微粒和顶部永久性磁性层之间产生的磁场所吸引，并且已经在盒 B 底部的微粒被微粒和底部永久性磁性层之间产生的磁场所吸引。结果降低了屏蔽效应，微粒堆积得更密，并保持在所希望的位置。

行 R1 被扫描后，扫描发生在行 R2，同时行 R1 变成已扫描行。30V 的驱动电压施加于行 R2。15V 的电压施加于行 R1 以及 0V 的电压施加于 R3。同时 30V 的电压施加于列 C2 以及 0V 的电压施加于列 C1。

在此驱动条件下：

1) 盒 D 中的偏压为 0V。由于微粒的双稳定性以及微粒和顶部磁性层之间的磁力，盒 D 中的微粒保持在顶部。

2) 在盒 C 中，为使微粒移动到盒的底部，必须满足下述条件：

$$30V > \text{“阈值电压”} + V_{tm}$$

当大多数微粒靠近或已经迁移到其目的地时，将施加于 R2 和 C2 的电压都设定为 0V。在盒 D 顶部的微粒被微粒和顶部永久性磁性层之间形成的磁场所吸引，并且在盒 C 底部的微粒被微粒和底部永久性磁性层之间形成的磁场所吸引。结果降低了屏蔽效应，微粒堆积得更密，并保持在所希望的位置。

当行 R2 正被扫描时，盒 A 和盒 B 中的微粒必须保持在扫描期间所设定的所希望的位置。然而当行 R2 正被扫描时，对在已扫描行上的盒 A 和盒 B 而言，施加于行电极 (R1) 和列电极 (C1 和 C2) 的电压已经改变。

3) 盒 A 是在 15V 的反偏压下，因此为了维持微粒在顶部，必须满足下述条件：

$$\text{“阈值电压”} + V_{tm} \geq 15V$$

4) 盒 B 也是在 15V 的反偏压下，因此为了维持该盒中的微粒在底部，必须满足下述条件：

$$\text{“阈值电压”} + V_{bm} \geq 15V$$

5) 盒 E 是在 0V 偏压下，并且盒 F 是在 30V 的负偏压下。两盒中的微粒保持在盒的顶部。磁力 TM 也帮助使微粒保持在顶部。

从该实施例可以得到以下结论：如果微粒的阈效应为 5V，那么磁力 T_m 必须等于或大于 10V 的电场强度，而磁力 B_m 也必须等于或大于 10V 的电场强度。一般而言， V_{tm} 和 V_{bm} 都必须大于微粒的阈值电压，并且它们的准确强度依赖于微粒/电极和施加的驱动电压的性质。

IV. 具有双重换向方式的电磁泳显示器

(a) 双重换向方式 / 一个底部可换向磁性层

本节说明图 4A 的具有双重方式的多色显示器。为了说明，假设微粒是白色、带正电、并且也是磁化的。微粒分散于澄清的有色溶剂中，并且盒的背景是黑色。因此，当微粒是在顶部时，透过顶部观察侧看到白色。当微粒是在底部时则看到溶剂的颜色，并且当微粒迁移到侧电极时从观察侧就看到黑色（也就是盒的背景色）。

为了示范说明，本说明中的驱动电压是 40V。起初所有顶部行电极都重设为 0V，底部电极重设为 40V，并且将底部可换向磁性层断开。其结果是，所有微粒迁移到盒的顶部，这导致从观察侧看到白色。

当一行正被扫描时（扫描行），40V 的驱动电压施加于顶部行电极，并且关断该行的磁性层。

当 40V 的电压同时施加于盒 A 的底部中心电极和两个侧电极时（见图 8A），在盒中没有任何正偏压或负偏压。然而，由于微粒的双稳定性，微粒保持在顶部，并且透过观察侧可看到白色。

在图 8B 的盒 B 中，10V 的电压同时施加于中心电极和两个侧电极，产生了 30V 的正偏压，该偏压把微粒向下拉，其结果是从观察侧看到溶剂的颜色。

在图 8C 的盒 C 中，40V 的电压施加于中心电极以及 10V 的电压施加于侧电极，由于产生的电场，使微粒迁移到侧电极，这导致从观察侧看到黑色的背景颜色。

当盒 B 和盒 C 中的大多数微粒是靠近或已经迁移到其目的地时，施加于扫描行的中心电极和侧电极的电压都设定为 0V。现在接通磁性层，在底部的微粒因此被微粒和底部磁性层之间形成的磁场所吸引。结果就降低了屏蔽效应，微粒堆积得更密，并保持在所希望的位置。

对于非扫描行而言，底部磁性层断开，并且 0V 的电压施加于顶部行电极，这导致所有微粒受到向盒顶部的偏压并保持在盒的顶部。

一行被扫描后，该行变成已扫描行，同时下一行正被扫描。对于已扫描行而言，在底部电极层下面的磁性层被接通，并且已扫描的盒可以是白色、彩色、或黑色状态。0V 的电压施加于已扫描行的顶部行电极。底部列电极和两个侧电极的电压依据扫描行上所驱动的状态而变化，因此产生如下所述的 9 种可能的情况。已扫描行中的微粒应保持在扫描期间所设定的位置。

1) 在图 8A 的盒 A 中，现将 0V (而不是 40V) 的电压施加于顶部行电极，而列电极和侧电极可以都在 40V、都在 10V、或分别在 10V - 40V - 10V，依施加于扫描行的电压而定。

当列电极和侧电极都在 40V 时，为使微粒保持在顶部，必须满足下述条件：

$$40V + \text{“阈值电压”} \geq V_{tm}$$

当列电极和侧电极都在 10V 时，为使微粒保持在顶部，必须满足下述条件：

$$10V + \text{“阈值电压”} \geq V_{tm}$$

当列电极和侧电极分别设在 10V - 40V - 10V 时，为使微粒保持在顶部，必须满足下述条件：

$$40V + \text{“阈值电压”} \geq V_{tm}$$

2) 在图 8B 的盒 B 中，现将 0V (而不是 40V) 的电压施加于顶部行电极，而列电极和侧电极可以都在 40V、都在 10V、或分别在 10V - 40V - 10V，依施加于扫描行的电压而定。

当列电极和侧电极都在 40V 时，为使微粒保持在底部，必须满足下述条件：

$$V_{bm} + \text{“阈值电压”} \geq 40V$$

当列电极和侧电极都在 10V 时，为使微粒保持在底部，必须满足下述条件：

$$V_{bm} + \text{“阈值电压”} \geq 10V$$

当列电极和侧电极分别设在 10V - 40V - 10V 时，为使微粒保持在底部，必须满足下述条件：

$$V_{bm} + \text{“阈值电压”} \geq 40V$$

3) 在图 8C 的盒 C 中，现将 0V (而不是 40V) 的电压施加于顶部行电极，而列电极和侧电极可以都在 40V、都在 10V、或分别在 10V - 40V - 10V，依施加于扫描行的电压而定。

当列电极和侧电极都在 40V 时，为使微粒保持在侧电极，必须满足下述条件：

$$V_{bm} + \text{“阈值电压”} \geq 40V$$

当列电极和侧电极都在 10V 时，为使微粒保持在侧电极，必须满足下述条件：

$$V_{bm} + \text{“阈值电压”} \geq 10V$$

当列电极和侧电极分别设在 10V - 40V - 10V 时，为使微粒保持在侧电极，必须满足下述条件：

$$V_{bm} + \text{“阈值电压”} \geq 10V$$

在该实施例中，微粒材料的阈效应和磁场强度必须满足下述条件：

$$V_{bm} + \text{“阈值电压”} \geq 40V$$

$$10V + \text{“阈值电压”} \geq V_{tm}$$

如果微粒的阈效应为 5V 的电场强度，那么 V_{bm} 必须等于或大于 35V，并且 V_{tm} 必须等于或小于 15V。因此一般而言，顶部磁力必须小于底部磁力。实际上，它们的准确强度可由固有的微粒阈效应和设定的驱动电压来决定。

(b) 双重换向方式 / 两个可换向磁性层

在第二个可选择的具体实施例中，电磁泳显示器与图 4A 设计的不同之处在于它在顶部行电极的上面具有一个额外的可换向磁性层。两个可换向磁性层所产生的磁场方向相反。因此举例来说，

当磁性微粒是在顶部并且被顶部磁性层吸引（拉）到顶侧时，虽然微粒和底部磁性层之间的磁力可以忽略，但是底部磁性层推动微粒并帮助微粒向顶侧迁移。在此可选择的设计中，初始状态所有的顶部行电极也都重设为 0V，并且所有底部电极都重设为 40V。在重设期间，接通所有的顶部磁性行并断开所有的底部磁性层。其结果是，所有微粒移动到顶部并从观察侧看到白色。

当一行正被扫描时（扫描行），40V 的驱动电压施加于顶部行电极，并且断开顶部和底部磁性层。施加于底部中心电极和侧电极的电压示于图 8A、8B、和 8C 中。因此，同样如图 8A、8B、和 8C 所示，盒可以具有改变的颜色。

当大多数微粒靠近或已经迁移到其目标位置时，施加于扫描行的顶部行电极、底部中心电极和侧电极的电压都设定为 0V。顶部磁性层和底部磁性层都接通。在顶部的微粒被微粒和顶部磁性层之间形成的磁场所吸引，并且在底部的微粒也被微粒和底部磁性层之间形成的磁场所吸引。结果降低了屏蔽效应，微粒堆积得更密，并保持在所希望的位置。

对于非扫描行而言，磁性层被关断，并且 0V 的电压施加于顶部行电极，这导致所有微粒受到向盒顶部的偏压并保持在盒的顶部。

一行被扫描后，该行变成已扫描行，同时下一行正被扫描。对于已扫描行而言，顶部和底部磁性层都被接通。20V 的电压施加于已扫描行的顶部行电极。

底部列电极和两个侧电极的电压依据扫描行上所驱动的状态而变化，因此产生如下所述的 9 种可能的情况。已扫描行中的微粒必须保持在扫描期间所设定的位置。

1) 在图 8A 的盒 A 中, 现将 20V (而不是 40V) 的电压施加于顶部行电极, 而列电极和侧电极可以都在 40V、都在 10V、或分别在 10V - 40V - 10V, 这依施加于扫描行的电压而定。当列电极和侧电极都在 40V 时, 微粒保持在电极的顶部。

当列电极和侧电极都在 10V 时, 为使微粒保持在顶部, 必须满足下述条件:

$$V_{tm} + \text{“阈值电压”} \geq 10V$$

当列电极和侧电极分别设在 10V - 40V - 10V 时, 为使微粒保持在顶部, 必须满足下述条件:

$$V_{tm} + \text{“阈值电压”} \geq 10V$$

2) 在图 8B 的盒 B 中, 现将 20V (而不是 40V) 的电压施加于顶部行电极, 而列电极和侧电极可以都在 40V、都在 10V、或分别在 10V - 40V - 10V, 这依施加于扫描行的电压而定。

当列电极和侧电极都在 40V 时, 为使微粒保持在底部, 必须满足下述条件:

$$V_{bm} + \text{“阈值电压”} \geq 20V$$

当列电极和侧电极都在 10V 时, 微粒保持在底部。

当列电极和侧电极分别设在 10V - 40V - 10V 时, 为使微粒保持覆盖底部, 必须满足下述条件:

$$V_{bm} + \text{“阈值电压”} \geq 30V$$

3) 在图 8C 的盒 C 中, 现将 20V (而不是 40V) 的电压施加于顶部行电极, 而列电极和侧电极可以都在 40V、都在 10V、或分别在 10V - 40V - 10V, 这依施加于扫描行的电压而定。

当列电极和侧电极都在 40V 时, 为使微粒保持在侧电极, 必须满足下述条件:

$$V_{bm} + \text{“阈值电压”} \geq 20V$$

当列电极和侧电极都在 10V 时, 微粒保持在侧电极。

当列电极和侧电极分别设在 10V - 40V - 10V 时, 微粒保持在侧电极。

考虑到所有上述情况, 微粒材料的阈效应和磁场强度必须满足下述条件:

$$V_{bm} + \text{“阈值电压”} \geq 30V$$

$$V_{tm} + \text{“阈值电压”} \geq 10V$$

如果微粒的阈效应为 5V 的电场强度, 那么 V_{bm} 必须等于或大于 25V, 并且 V_{tm} 必须等于或大于 5V。一般而言, 顶部和底部磁场强度可依据微粒阈效应和设定的驱动电压来改变。

(c) 双重换向方式 / 一个顶部永久性磁性层和一个底部可换向磁性层

在此具体实施例中, 一个永久性磁性层是在盒顶部的上面, 一个可换向磁性层是在底部电极层的下面。两个磁性层所产生的磁场方向相反。因此举例来说, 当磁性微粒被顶部磁性层吸引 (拉) 到顶侧时, 虽然微粒和底部磁性层之间的磁力可以忽略, 但是底部磁

性层推动微粒并帮助微粒向顶侧迁移。在此可选择的设计中，初始状态时所有的顶部行电极也都重设为 0V，并且所有底部电极都重设为 40V。在重设期间，关断所有的底部磁性行。其结果是，所有微粒移动到顶部并从观察侧看到白色。

当一行正被扫描时（扫描行），40V 的驱动电压施加于顶部行电极，并且关断底部磁性层。施加于底部中心电极和侧电极的电压示于图 8A、8B、和 8C 中。因此，同样如图 8A、8B、和 8C 所示，盒可以具有变化的颜色。

当施加于底部中心电极和侧电极的电压都在 10V 或分别在 10V - 40V - 10V 时，为使微粒迁移到底部电极或侧电极，必须满足下述条件：

$$30V > V_{tm} + \text{“阈值电压”}$$

当大多数微粒靠近或已经迁移到其目标位置时，施加于扫描行的顶部行电极、底部中心电极、和侧电极的电压都设定为 0V，并接通底部可换向磁性层。在顶部的微粒被微粒和顶部磁性层之间形成的磁场所吸引，并且在底部的微粒被微粒和底部磁性层之间形成的磁场所吸引。结果降低了屏蔽效应，微粒堆积得更密，并保持在所希望的位置。

对于非扫描行而言，磁性层被关断，并且 0V 的电压施加于顶部行电极，这导致所有微粒受到向盒顶部的偏压并保持在盒的顶部。

一行被扫描后，该行变成已扫描行，同时下一行正被扫描。对于已扫描行而言，顶部和底部磁性层都被接通。20V 的电压施加于已扫描行的顶部行电极。底部列电极和两个侧电极的电压依据扫描

3) 在图 8C 的盒 C 中, 现将 20V (而不是 40V) 的电压施加于顶部行电极, 而列电极和侧电极可以都在 40V、都在 10V、或分别在 10V - 40V - 10V, 这依施加于扫描行的电压而定。当列电极和侧电极都在 40V 时, 为使微粒保持在侧电极, 必须满足下述条件:

$$V_{bm} + \text{“阈值电压”} \geq 20V$$

当列电极和侧电极都在 10V 时, 微粒保持在侧电极。

当列电极和侧电极分别设在 10V - 40V - 10V 时, 微粒保持在侧电极。

考虑到所有上述情况, 微粒材料的阈效应和磁场强度必须满足下述条件:

$$V_{bm} + \text{“阈值电压”} \geq 30V$$

$$V_{tm} + \text{“阈值电压”} \geq 10V$$

$$30V > V_{tm} + \text{“阈值电压”}$$

在该实施例中, 如果微粒的阈效应为 5V 的电场强度, 那么 V_{bm} 必须等于或大于 25V, 并且 V_{tm} 必须等于或大于 5V, 但小于 25V。一般而言, 顶部和底部磁场强度可依据微粒阈效应和施加的驱动电压来改变。

(d) 双重换向方式 / 两个永久性磁性层

在此具体实施例中, 一个永久性磁性层是在盒顶部的上面, 一个永久性磁性层是在底部电极层的下面。两个磁性层所产生的磁场方向相反。因此举例来说, 当磁性微粒被顶部磁性层吸引 (拉) 到顶侧时, 虽然微粒和底部磁性层之间的磁力可以忽略, 但是底部磁

行上所驱动的状态而变化，因此产生如下所述的 9 种可能的情况。
已扫描行中的微粒必须保持在扫描期间所设定的位置。

1) 在图 8A 的盒 A 中，现将 20V (而不是 40V) 的电压施加于顶部行电极，而列电极和侧电极可以都在 40V、都在 10V、或分别在 10V - 40V - 10V，这依施加于扫描行的电压而定。当列电极和侧电极都在 40V 时，微粒保持在电极的顶部。

当列电极和侧电极都在 10V 时，为使微粒保持在顶部，必须满足下述条件：

$$V_{tm} + \text{“阈值电压”} \geq 10V$$

当列电极和侧电极分别设在 10V - 40V - 10V 时，为使微粒保持在顶部，必须满足下述条件：

$$V_{tm} + \text{“阈值电压”} \geq 10V$$

2) 在图 8B 的盒 B 中，现将 20V (而不是 40V) 的电压施加于顶部行电极，而列电极和侧电极可以都在 40V、都在 10V、或分别在 10V - 40V - 10V，这依施加于扫描行的电压而定。当列电极和侧电极都在 40V 时，为使微粒保持在底部，必须满足下述条件：

$$V_{bm} + \text{“阈值电压”} \geq 20V$$

当列电极和侧电极都在 10V 时，微粒保持在底部。

当列电极和侧电极分别设在 10V - 40V - 10V 时，为使微粒保持覆盖底部，必须满足下述条件：

$$V_{bm} + \text{“阈值电压”} \geq 30V$$

性层推动微粒并帮助微粒向顶侧迁移。在此可选择的设计中，初始状态所有的顶部行电极也都重设为 0V，并且所有底部电极都重设为 40V。其结果是，所有微粒移动到顶部并从观察侧看到白色。

当一行正被扫描时（扫描行），40V 的驱动电压施加于顶部行电极。施加于底部中心电极和侧电极的电压示于图 8A、8B、和 8C 中。因此，同样如图 8A、8B、和 8C 所示，盒可以具有改变的颜色。

当底部中心电极和侧电极都设在 10V 或分别在 10V - 40V - 10V 时，为使微粒迁移到底部电极或侧电极，必须满足下述条件：

$$30V > V_{tm} + \text{“阈值电压”}$$

当大多数微粒是靠近或已经迁移到其目标位置时，施加于扫描行的顶部行电极、底部中心电极、和侧电极的电压都设定为 0V。在顶部的微粒被微粒和顶部磁性层之间形成的磁场所吸引，并且在底部的微粒被微粒和底部磁性层之间形成的磁场所吸引。结果降低了屏蔽效应，微粒堆积得更密，并保持在所希望的位置。

对于非扫描行而言，0V 的电压施加于顶部行电极，这导致所有微粒受到向盒顶部的偏压并保持在盒的顶部。

一行被扫描后，该行变成已扫描行，同时下一行正被扫描。对于已扫描行而言，20V 的电压施加于已扫描行的顶部行电极。底部列电极和两个侧电极的电压依据扫描行上所驱动的状态而变化，因此产生如下所述的 9 种可能的情况。已扫描行中的微粒必须保持在扫描期间所设定的位置。

1) 在图 8A 的盒 A 中，现将 20V（而不是 40V）的电压施加于顶部行电极，而列电极和侧电极可以都在 40V、都在 10V、或分

别在 10V - 40V - 10V，这依施加于扫描行的电压而定。当列电极和侧电极都在 40V 时，微粒保持在电极的顶部。

当列电极和侧电极都在 10V 时，为使微粒保持在顶部，必须满足下述条件：

$$V_{tm} + \text{“阈值电压”} \geq 10V$$

当列电极和侧电极分别设在 10V - 40V - 10V 时，为使微粒保持在顶部，必须满足下述条件：

$$V_{tm} + \text{“阈值电压”} \geq 10V$$

2) 在图 8B 的盒 B 中，现将 20V (而不是 40V) 的电压施加于顶部行电极，而列电极和侧电极可以都在 40V、都在 10V、或分别在 10V - 40V - 10V，这依施加于扫描行的电压而定。当列电极和侧电极都在 40V 时，为使微粒保持在底部，必须满足下述条件：

$$V_{bm} + \text{“阈值电压”} \geq 20V$$

当列电极和侧电极都在 10V 时，微粒保持在底部。

当列电极和侧电极分别设在 10V - 40V - 10V 时，为使微粒保持覆盖底部，必须满足下述条件：

$$V_{bm} + \text{“阈值电压”} \geq 30V$$

3) 在图 8C 的盒 C 中，现将 20V (而不是 40V) 的电压施加于顶部行电极，而列电极和侧电极可以都在 40V、都在 10V、或分别在 10V - 40V - 10V，这依施加于扫描行的电压而定。

当列电极和侧电极都在 40V 时, 为使微粒保持在侧电极, 必须满足下述条件:

$$V_{bm} + \text{“阈值电压”} \geq 20V$$

当列电极和侧电极都在 10V 时, 微粒保持在侧电极。

当列电极和侧电极分别设在 10V - 40V - 10V 时, 微粒保持在侧电极。

考虑到上述所有情况, 微粒材料的阈效应和磁场强度必须满足下述条件:

$$V_{bm} + \text{“阈值电压”} \geq 30V$$

$$V_{tm} + \text{“阈值电压”} \geq 10V$$

$$30V > V_{tm} + \text{“阈值电压”}$$

在该实施例中, 如果微粒的阈效应为 5V 的电场强度, 那么 V_{bm} 必须等于或大于 25V, 并且 V_{tm} 必须等于或大于 5V, 但小于 25V。实际上, 顶部和底部磁场强度可依据微粒阈效应和施加的驱动电压来改变。

为了便于说明, 上述所有具体实施例中都是使用白色、带正电的磁性微粒来说明。应该理解本发明并不仅局限于这种类型的微粒。本发明还有许多其他有用的微粒系统。这类微粒系统非限定性地包括:

1. 黑色微粒和白色或其他有色微粒在无色澄清溶剂中的混合物, 其中该黑色微粒是带电荷的并具有磁性, 而白色或其他有色微粒是不带电荷的并且没有磁性; 或

2. 黑色微粒和白色或其他有色微粒在澄清无色溶剂中的混合物，其中所述黑色微粒是带电荷的并具有磁性，而白色或其他有色微粒没有磁性并且带有与黑色微粒相反的电荷；或

3. 黑色微粒和白色或其他有色微粒在无色澄清溶剂中的混合物，其中所述黑色微粒是带电荷的并具有磁性，而白色或其他有色微粒没有磁性并且带有与黑色微粒相同电性但不同水平的电荷。

如所说明的，本发明的所有可选择的设计可以容易地实施。磁性层的磁场强度可以依据微粒材料的阈效应和操作期间施加的驱动电压来改变。本发明范围内的各种设计有许多优点。例如，由于磁性层的存在，降低了阈值要求。当设计有两个磁性层时，磁场是当微粒靠近电极时接通。因为在其他行正被扫描时，磁场在非扫描期间继续吸引微粒，所以此特点降低了换向时间。电场可在“屏蔽效应”发生之前断开。磁场继续拉动和堆积微粒，显著地改善了对比度。

所以，希望本发明的范围是在现有技术所允许的前提下，按照下面权利要求的范围，并以说明书为依据。

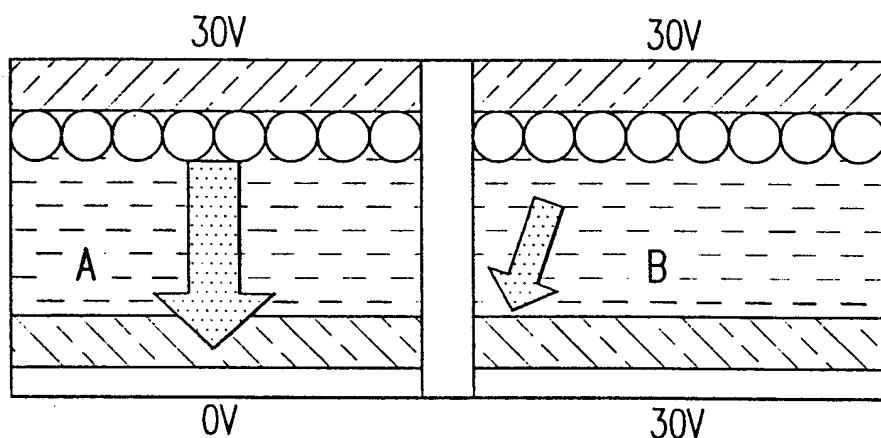


图 1

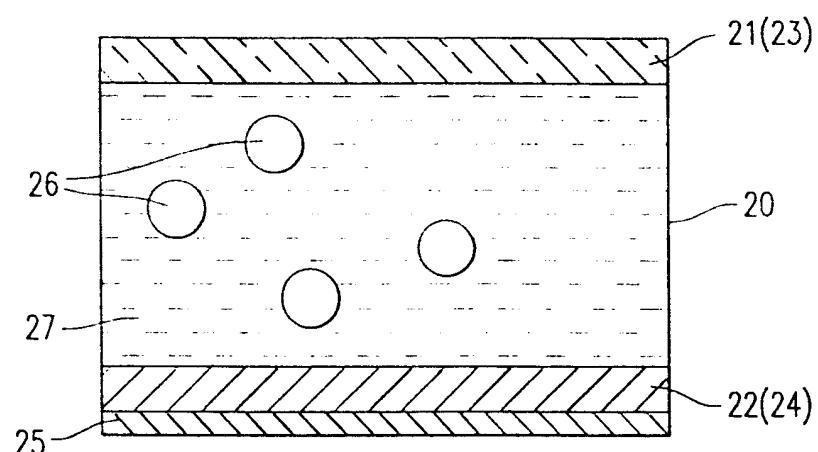


图 2A

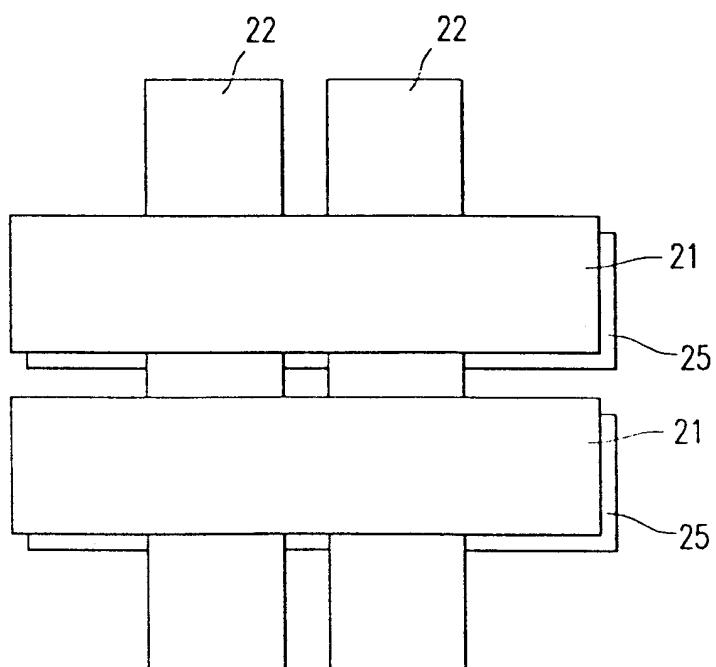


图 2B

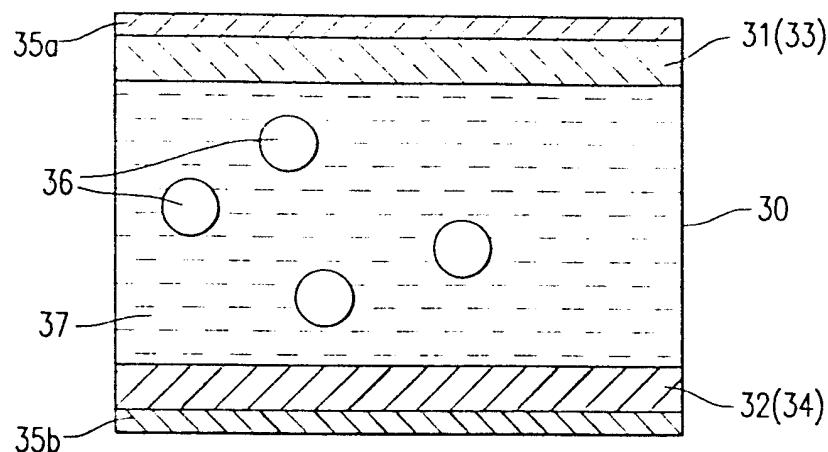


图 3A

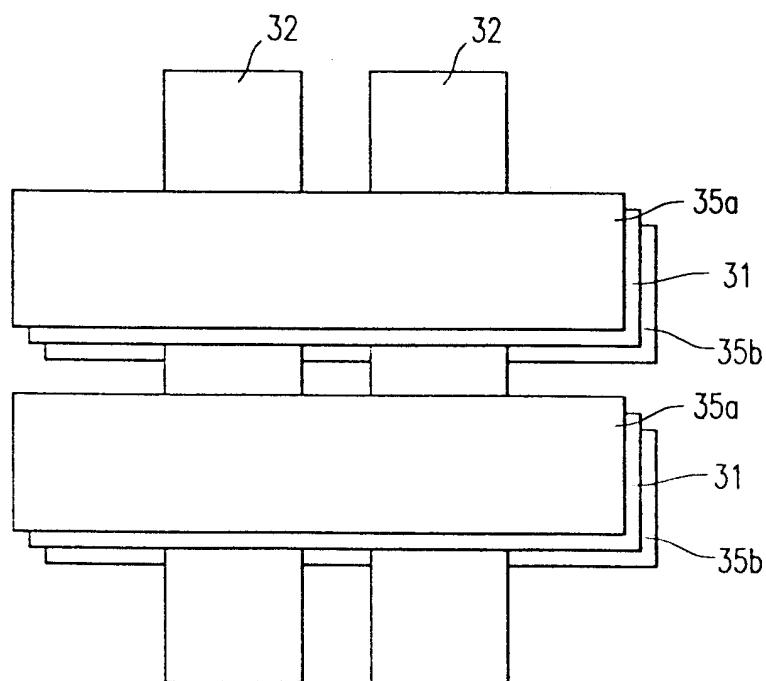


图 3B

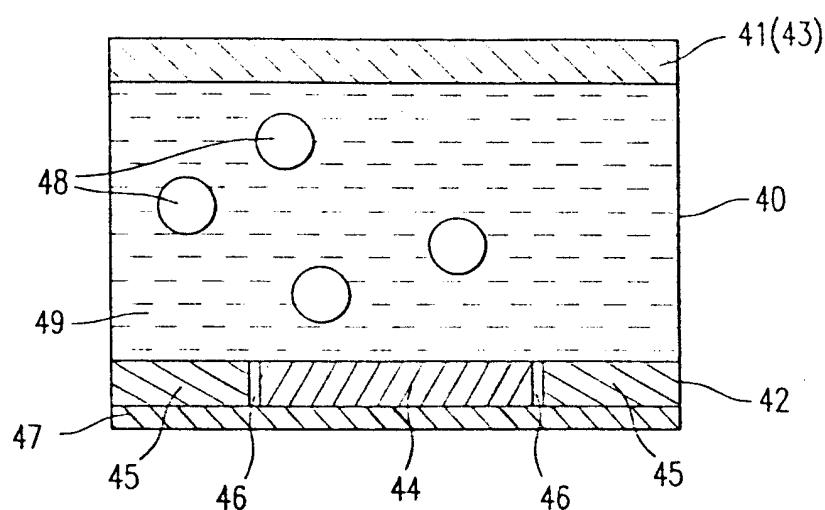


图 4A

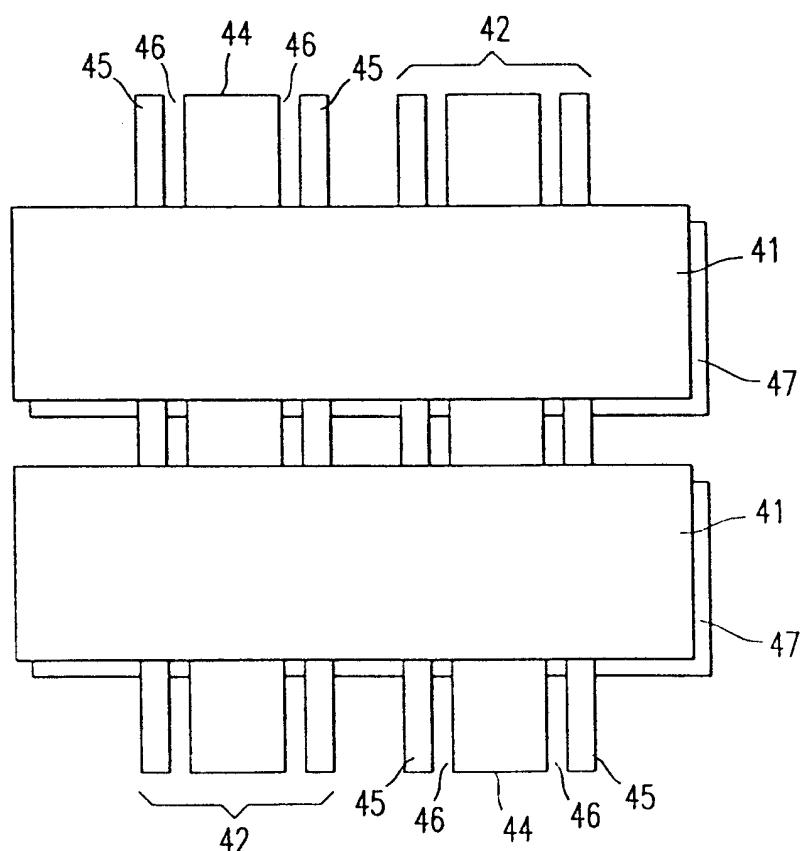


图 4B

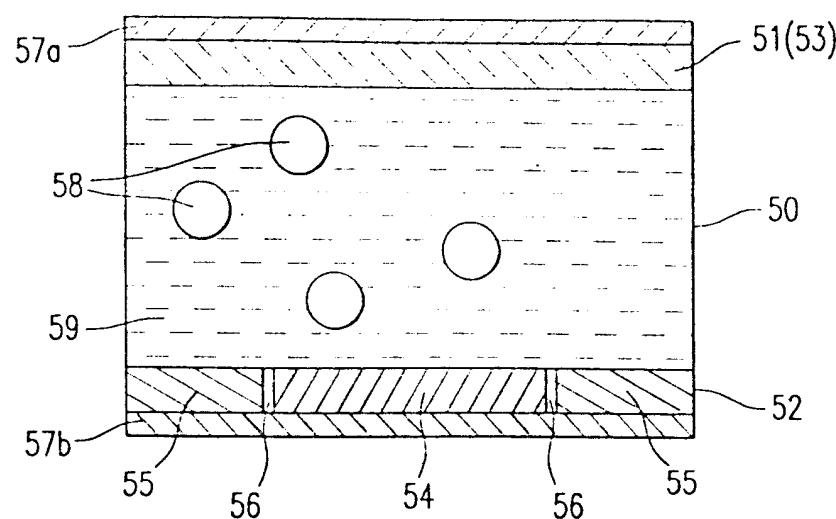


图 5A

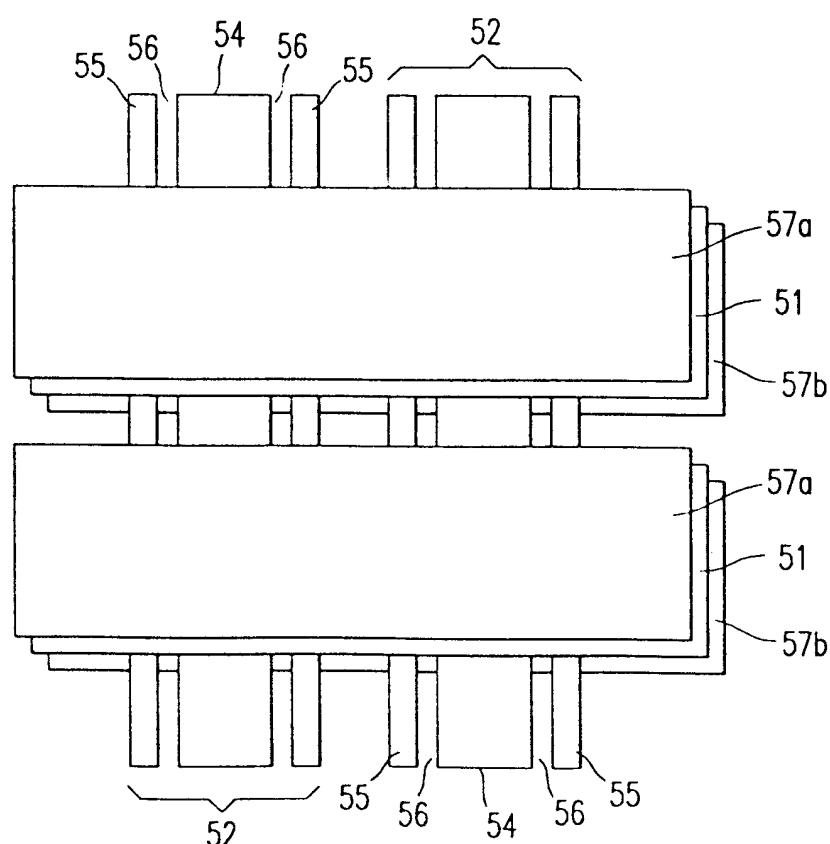


图 5B

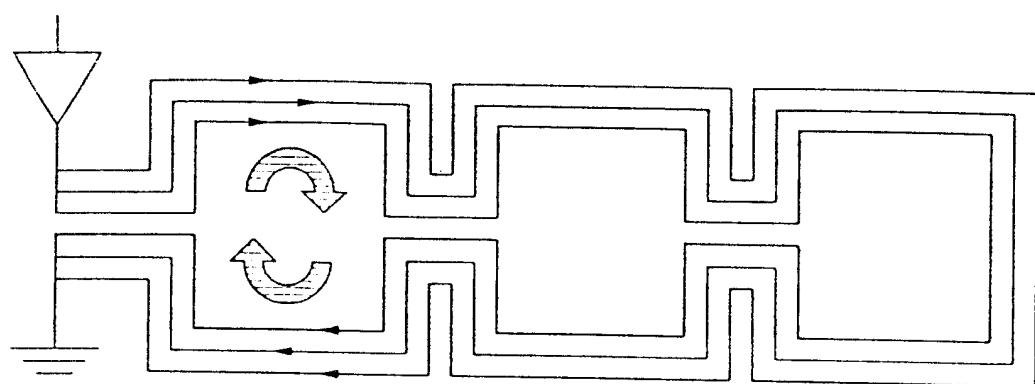


图 6A

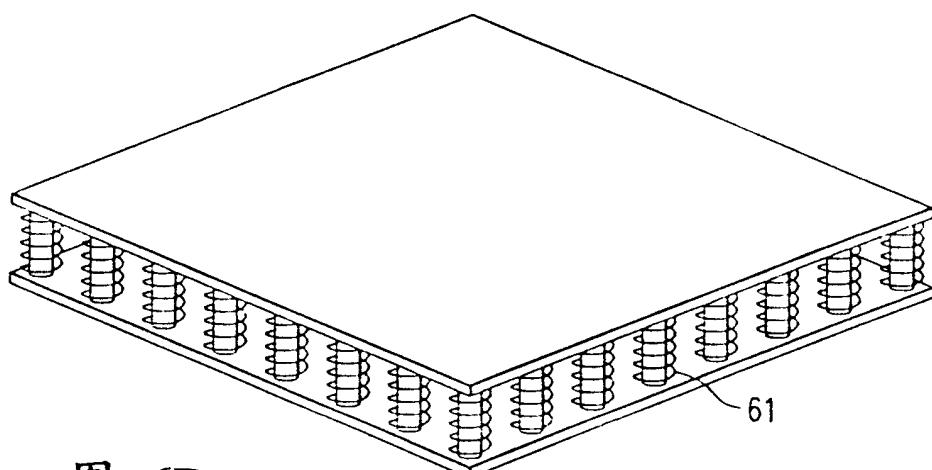


图 6B

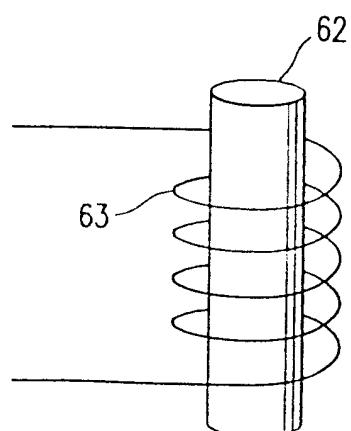


图 6C

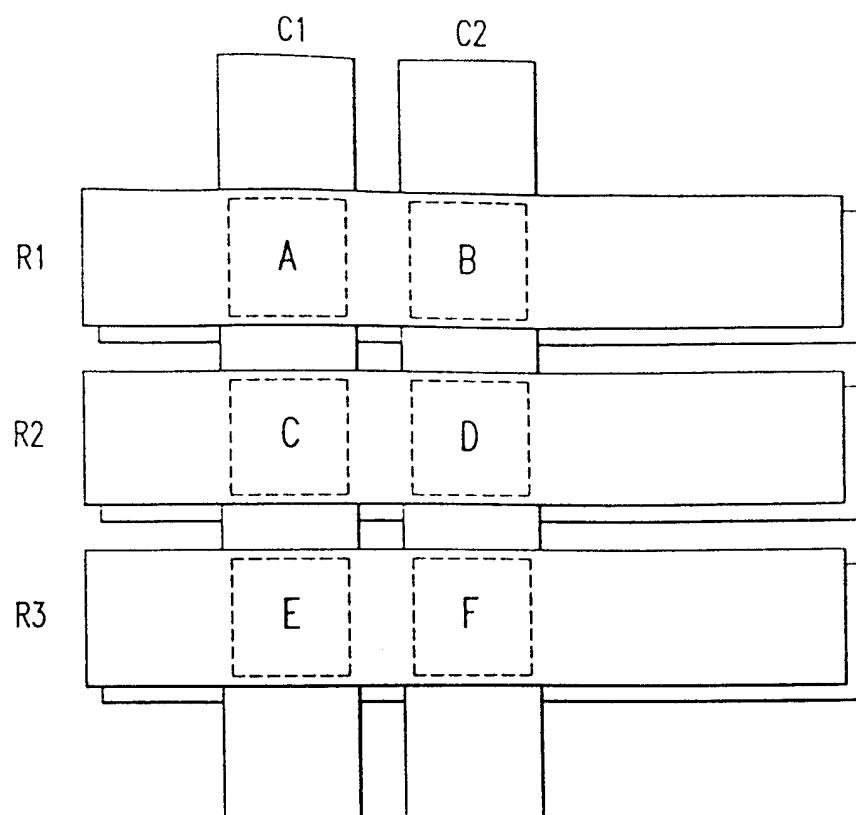


图 7A

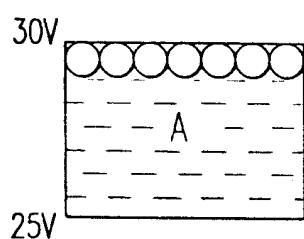


图 7B-1

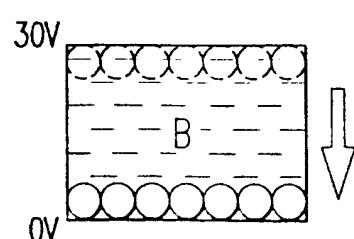


图 7B-2

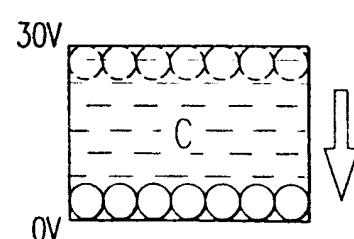


图 7B-3

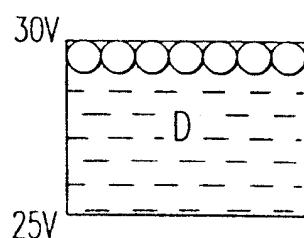


图 7B-4

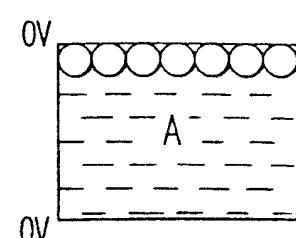


图 7B-5

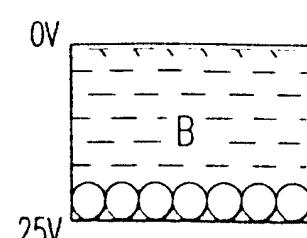


图 7B-6

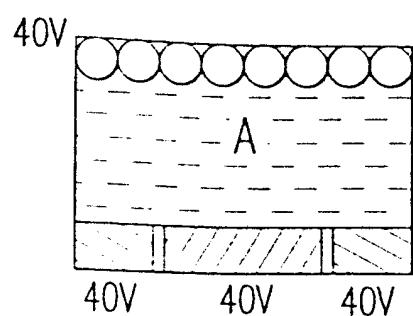


图 8A

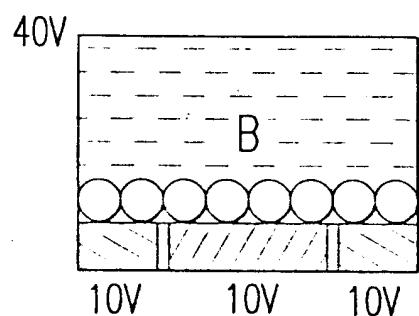


图 8B

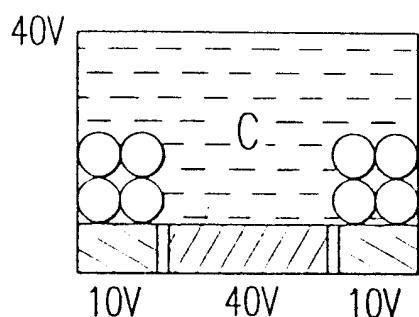


图 8C