



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103137556 A

(43) 申请公布日 2013. 06. 05

(21) 申请号 201210480501. 5

(22) 申请日 2012. 11. 22

(30) 优先权数据

2011-255279 2011. 11. 22 JP

(71) 申请人 富士胶片株式会社

地址 日本东京

(72) 发明人 胜村学

(74) 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

72002

代理人 柴丽敏 于辉

(51) Int. Cl.

H01L 21/77(2006. 01)

H01L 51/56(2006. 01)

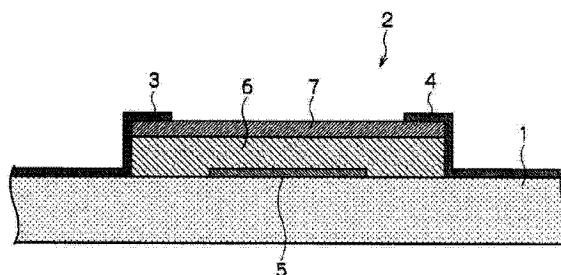
权利要求书2页 说明书38页 附图36页

(54) 发明名称

导电图案形成方法和导电图案形成系统

(57) 摘要

根据本发明的模式,由于沿厚度方向形成了具有渐变组成结构的导电图案(3),其中从基底材料(1,2)开始,导电聚合物的含量比率减少而金属微颗粒的含量比率增大,所以,在所述基底材料和所述导电图案之间的粘接部分处,归因于高含量比率的导电聚合物,保证了与所述基底材料的粘着性,同时,通过增大所述金属微颗粒的含量比率,实现了有利的电气性能。



1. 导电图案形成方法 (S10-S28), 包括步骤:

通过从第一喷墨头 (50) 排出包含导电聚合物或者以预定含量比率包含所述导电聚合物和金属微颗粒的第一功能流体 (3A-3E), 而在基底材料 (1, 2) 上形成 (S22) 第一图案 (3);

通过从第二喷墨头 (50) 排出包含导电聚合物和金属微颗粒的第二功能流体 (3A-3E) 而在所述第一图案上形成 (S22) 第二图案 (3), 其中与所述第一功能流体相比, 所述第二功能流体中的导电聚合物的含量比率减小而金属微颗粒的含量比率增大; 以及

通过从第三喷墨头 (50) 排出包含导电聚合物和金属微颗粒的第三功能流体 (3A-3E), 在所述第二图案上形成 (S22) 第三图案 (3), 其中与所述第二功能流体相比, 所述第三功能流体中的导电聚合物的含量比率降低且金属微颗粒的含量比率增大, 由此,

形成导电图案 (3), 所述导电图案至少包括第一图案 (3)、第二图案 (3) 和第三图案 (3), 并且所述导电图案具有渐变的组成, 其中, 通过利用具有导电聚合物和金属微颗粒的不同含量比率的三种或者更多种类型的功能流体 (3A-3E), 从所述基底材料开始, 沿着厚度方向, 导电聚合物的含量比率降低而金属微颗粒的含量比率增大。

2. 如权利要求 1 所述的导电图案形成方法 (S10-S28), 其中, 所述导电图案 (3) 是形成在所述基底材料 (1, 2) 上的电气布线 (3)。

3. 如权利要求 1 或 2 所述的导电图案形成方法 (S10-S28), 其中, 所述导电图案 (3) 是具有对应于构成所述导电图案的点的直径 (D_2) 的宽度的电气布线 (3)。

4. 如权利要求 3 所述的导电图案形成方法 (S10-S28), 其中, 所述导电图案 (3) 是具有如下结构的电极, 其中, 具有对应于构成所述导电图案的点的直径 (D_2) 的宽度的多个电气布线在所述电气布线的宽度方向进行连接。

5. 如权利要求 1 或 2 所述的导电图案形成方法 (S10-S28), 其中, 所述功能流体 (3A-3E) 包括具有大于或等于 75°C 且小于或等于 105°C 的沸点的低沸点溶剂。

6. 如权利要求 1 或 2 所述的导电图案形成方法 (S10-S28), 其中, 所述功能流体 (3A-3E) 包括具有大于或等于 190°C 且小于或等于 290°C 的沸点的高沸点溶剂。

7. 如权利要求 1 或 2 所述的导电图案形成方法 (S10-S28), 其中, 当形成所述功能流体 (3A-3E) 的图案时, 所述基底材料被加热到大于或等于 45°C 且小于或等于 75°C 。

8. 如权利要求 1 或 2 所述的导电图案形成方法 (S10-S28), 其中, 当形成所述功能流体 (3A-3E) 的图案时, 从喷墨头排出的流体的直径 D_1 、着陆在所述基底材料上的流体的点在所述点的形状已经稳定后的直径 D_2 、和形成在所述基底材料上的点之间的点间距 W 之间的关系满足以下表达式:

$$D_1 < W < D_2。$$

9. 如权利要求 8 所述的导电图案形成方法 (S10-S28), 其中, 所述点直径 D_2 和所述点间距 W 之间的关系满足以下表达式:

$$W \leq D_2/2。$$

10. 如权利要求 1 所述的导电图案形成方法 (S10-S28), 其中所述导电图案 (3) 是形成在所述基底材料 (1, 2) 上的电极。

11. 如权利要求 10 所述的导电图案形成方法 (S10-S28), 其中, 所述电极具有超过构成所述导电图案的点的直径的宽度。

12. 如权利要求 10 或 11 所述的导电图案形成方法 (S10-S28), 其中, 当所述基底材料 (1, 2) 和所述喷墨头 (50) 相对运动多次时, 形成了所述功能流体 (3A-3E) 的图案, 以及

所述功能流体通过所述基底材料和所述喷墨头的单次相对运动离散地布置, 以及离散布置的功能流体之间的空间通过所述基底材料和所述喷墨头的多次相对运动被内插。

13. 如权利要求 1 或 2 所述的导电图案形成方法 (S10-S28), 进一步包括半干燥所形成的图案的步骤。

14. 如权利要求 13 所述的导电图案形成方法 (S10-S28), 其中, 当形成的层快速干燥时, 在半干燥步骤中减缓干燥。

15. 如权利要求 13 或 14 所述的导电图案形成方法 (S10-S28), 进一步包括测量所形成的图案的干燥程度的步骤, 其中

所述半干燥步骤基于所测量的干燥程度而进行。

16. 如权利要求 1 或 2 所述的导电图案形成方法 (S10-S28), 进一步包括在在先在图案形成之后且在下一图案形成之前, 施加促进混合流体中的导电聚合物和金属微颗粒的扩散的辅助流体 (125) 的步骤。

17. 如权利要求 1 或 2 所述的导电图案形成方法 (S10-S28), 其中, 第一图案由包含导电聚合物并且不包含金属微颗粒的第一功能流体 (3A) 形成。

18. 如权利要求 1 或 2 所述的导电图案形成方法 (S10-S28), 进一步包括在形成所述功能流体的图案后, 给所形成的图案的外部周边部分 (381) 赋予对于接下来待排出的功能流体的流体排斥性的步骤。

19. 如权利要求 1 或 2 所述的导电图案形成方法 (S10-S28), 进一步包括在形成所述功能流体的图案后, 给所形成的图案的外部周边部分 (383) 提供用于包围接下来待排出的功能流体的框架的步骤。

20. 如权利要求 1 或 2 所述的导电图案形成方法 (S10-S28), 进一步包括给所述基底材料的表面赋予相对于首先被排出的功能流体的亲液性的步骤。

21. 如权利要求 1 或 2 所述的导电图案形成方法 (S10-S28), 其中, 每一步骤都在惰性气体气氛中进行。

导电图案形成方法和导电图案形成系统

技术领域

[0001] 本发明涉及导电图案形成方法和导电图案形成系统,更具体地,涉及利用喷墨方法在柔性材料例如有机树脂上形成布线和形成导电薄膜。

背景技术

[0002] 近年来,已经提出利用印刷技术对可印刷电子元器件进行有关的布线绘制(wiring drawing)。日本专利申请公开号 2004-302392 公开了一种制造有机 EL 显示装置的方法,其中,通过将金属颗粒分散在导电聚合物中而制备的功能流体(functional fluid)被施加到柔性的且不可逆的树脂基板(柔性基板)上以为了形成布线,例如电力线、信号线、扫描线、诸如晶体管的有源元件、和发光像素。

[0003] 此外,日本专利申请公开号 6-93418 公开了一种利用气相沉积方法形成包含金属微颗粒的超细颗粒薄膜图案的技术。在日本专利申请公开号 6-93418 中涉及的超细颗粒薄膜图案的特定例子包括由与电极具有良好附着性的材料制成的下层和具有必要特性的上层组成的超细颗粒薄膜图案、和提供有从下层到上层渐变的组成的超细颗粒薄膜图案。

发明内容

[0004] 但是,对于在日本专利申请公开号 2004-302392 中公开的制造有机 EL 显示装置的方法中使用的、通过将金属颗粒分散在导电聚合物中制备的功能流体,如果为了改善电气性能而增大金属颗粒的含量,则相对于树脂基板的粘接性能(粘着性)和柔性成为问题。另一方面,降低金属颗粒的含量导致较低的导电性(电导率),并且电气性能成为问题。

[0005] 此外,因为,在日本专利申请公开号 6-93418 中公开的用于形成超细颗粒薄膜图案的技术使用掩膜,因此,用于形成掩膜和移除掩膜的步骤变成必需的。

[0006] 考虑到上述情形,提出了本发明,并且本发明的一个目的是提供一种导电图案形成方法和导电图案形成系统,其能够形成导电图案而不需要掩膜,其相对于基板具有粘性,并且其提供有利的电气性能。

[0007] 为了实现上述目的,根据本发明的导电图案形成方法包括步骤:通过从第一喷墨头排出包含导电聚合物或者包含预定含量比率的导电聚合物和金属微颗粒的第一功能流体,而在基底材料上形成第一图案;通过从第二喷墨头排出包含导电聚合物和金属微颗粒的第二功能流体而在第一图案上形成第二图案,其中与第一功能流体相比,第二功能流体中的导电聚合物的含量比率减小而金属微颗粒的含量比率增大;以及从第三喷墨头排出包含导电聚合物和金属微颗粒的第三功能流体,在第二图案上形成第三图案,其中与第二功能流体相比,第三功能流体中的导电聚合物含量比率降低且金属微颗粒的含量比率增大,由此,形成导电图案,该导电图案至少包括第一图案、第二图案和第三图案,并且具有渐变的组成,其中,通过利用具有导电聚合物和金属微颗粒的不同含量比率的三种或者更多种类型的功能流体,从基底材料开始,沿着厚度方向,导电聚合物的含量比率降低而金属微颗粒的含量比率增大。

[0008] 根据本发明,因为沿着厚度方向形成了具有渐变组成配置的导电图案,其中从基底材料开始,导电聚合物的含量比率减少而金属微颗粒的含量比率增大,所以在基底材料和导电图案之间的粘接部分处,由于高含量比率的导电聚合物,保证了与基底材料的粘着性,同时,通过增大金属微颗粒的含量比率,实现了有利的电气性能。

附图说明

[0009] 在下文中,将参照附图,解释本发明的特点以及其它目的及其优点,其中在整个附图中,相同的附图标记表示相同或类似的部分 / 部件,在附图中:

[0010] 图 1 是根据本发明的第一实施方式的导电图案形成方法的示意图;

[0011] 图 2 是如图 1 所示的导电图案的平面图;

[0012] 图 3 是如图 1 所示的导电图案的示意性配置图;

[0013] 图 4 是根据本发明的第一实施方式(墨混方法)的图案形成系统的总的配置图;

[0014] 图 5 是如图 4 所示的图案形成系统的方框图;

[0015] 图 6 是示出如图 4 和 5 所示的在图案形成系统中的控制系统的示意性配置的方框图;

[0016] 图 7 是示出利用墨混方法的导电图案形成流程的流程图;

[0017] 图 8A-8C 是每个示意性地示出如图 7 所示的渐变组成图案形成步骤的示意图;

[0018] 图 9A 和 9B 是每个示出液滴直径、点直径和点间距的关系的示意图,其中图 9A 是从一侧表面侧示出基底材料的图,图 9B 是从上侧示出基底材料的图;

[0019] 图 10 是示出基底材料温度和功能流体的图案宽度之间的关系图;

[0020] 图 11 是示出溶剂的沸点和图案宽度之间的关系图;

[0021] 图 12 是示出点间距和图案宽度之间的关系图;

[0022] 图 13 是功能流体的图案的平面形状的示意图;

[0023] 图 14 是功能流体的平面形状和三维形状的示意图;

[0024] 图 15A-15C 是每个示出在点(图案)的表面形状上的混合溶剂的挥发性效果的示意图;

[0025] 图 16 是示出层合的功能流体的图案的平面形状的示意图;

[0026] 图 17 是根据本发明的第二实施方式(绘制混合(draw-mixing)方法)的导电图案形成系统的总的配置图;

[0027] 图 18 是示出如图 17 所示的图案形成系统的示意性配置的方框图;

[0028] 图 19A-19C 是每个示出利用绘制混合方法形成导电图案的示意图;

[0029] 图 20A-20D 是每个示出根据绘制混合方法的排出控制的示意图;

[0030] 图 21A-21D 是每个示出根据绘制混合方法的另一排出控制的示意图;

[0031] 图 22 是示出根据本发明的导电图案形成方法的应用例子的触摸面板的截面透视图;

[0032] 图 23 是根据本发明的应用例子的垫形成的示意图;

[0033] 图 24A-24D 是每个示出根据绘制混合方法的用于垫形成的排出控制的示意图;

[0034] 图 25A 和 25B 是每个示出根据绘制混合方法的点配置的序列的示意图;

[0035] 图 26A-26C 是每个示出半干燥工艺的示意图;

- [0036] 图 27A-27C 是每个示出半干燥工艺的其它示意图；
- [0037] 图 28A-28C 是每个示出半干燥工艺的其它示意图；
- [0038] 图 29A-29C 是每个示出半干燥工艺的其它示意图；
- [0039] 图 30A 和 30B 是每个示出根据本发明应用例子的用于垫形成的表面改性工艺的示意图；
- [0040] 图 31A-31C 是每个示出根据本发明应用例子的用于垫形成的边缘框架形成的示意图；
- [0041] 图 32A 和 32B 是每个示出喷墨头的头长度的示意图；
- [0042] 图 33 是绘制迹线测量的一个例子的示意图；
- [0043] 图 34A-34C 是每个示出绘制迹线测量的另一例子的示意图；
- [0044] 图 35A-35E 是每个示出利用四种类型的材料形成电极的例子的示意图；以及
- [0045] 图 36 是示出根据本发明的另一装置配置例子的示意性配置图。

具体实施方式

[0046] [第一实施方式]

[0047] (导电图案形成方法(系统)概述)

[0048] 图 1 是根据本发明的第一实施方式的导电图案形成方法(系统)的示意图并且是示出形成在柔性薄膜(柔性基底材料)1 上的有机 TFT(薄膜晶体管)2 的电气布线(电极或者电极布线)3,4 和 5 的示意性结构的截面视图。

[0049] 在下面描述的第一实施方式中,将描述根据墨混(ink-mixing)方法形成导电图案,其中导电聚合物和金属纳米颗粒预先以预定含量比率混合,并且使用具有导电聚合物和金属纳米颗粒的不同含量比率的多种功能流体。

[0050] 注意到,在本说明书中,“柔性薄膜 1”和“有机 TFT2”也可总称为“基底材料”,不区分“柔性薄膜 1”和“有机 TFT2”。换句话说,如图 1 所示的源极布线 3 和漏极布线 4 具有形成在有机 TFT2 的有机半导体层 7 上的部分和形成在柔性薄膜 1 上的部分,其中“形成在基底材料上的电气布线”包括形成在有机 TFT2 的有机半导体层 7 上的部分和形成在柔性薄膜 1 上的部分二者。

[0051] 此外,“电气布线”包括形成在柔性薄膜 1 的相同平面中的导电图案和穿过柔性薄膜 1 并电连接安装在柔性薄膜 1 上的主体的导电图案二者。

[0052] 而且,图 2 是如图 1 所示的导电图案的平面图并且是从柔性薄膜 1 的形成有有机 TFT2 和布线 3,4 和 5 的表面侧面观察的视图。

[0053] 如图 1 和 2 所示的布线 3 是连接到有机 TFT2 的源极(未示出)的源极布线,布线 4 是连接到有机 TFT2 的漏极(未示出)的漏极布线。此外,布线 5 是连接到有机 TFT2 的栅极(未示出)的栅极布线。

[0054] 源极布线 3、漏极布线 4 和栅极布线 5 连接到驱动电路(未示出;包括驱动 IC 端子、电源端子和 GND 端子)和其它的有源元件、无源元件、其它电极和端子等。

[0055] 例如,当有机 TFT2 应用到液晶面板时,源极布线 3 连接到源极总线,漏极布线 4 连接到像素电极,栅极布线 5 连接到栅极总线。

[0056] 尽管如图 1 和 2 所示的有机 TFT2 的详细结构没有被示出,但是,有机 TFT2 具有栅

极氧化物薄膜 6 和有机半导体层 7, 并且栅极为底部接触类型的栅极, 而源极和漏极为顶部接触类型的源极和顶部接触类型的漏极。

[0057] 如图 1 和 2 所示的源极布线 3 和漏极布线 4 具有包含导电聚合物和金属纳米颗粒的渐变组成。

[0058] 图 3 是如图 1 所示的导电图案 (源极布线 3 和漏极布线 4) 的示意性配置图。形成在有机 TFT2 (柔性薄膜 1) 上的源极布线 3 和漏极布线 4 具有渐变组成, 其中, 具有导电聚合物和金属纳米颗粒的不同含量比率的功能流体彼此重叠, 并且, 沿着源极布线 3 和漏极布线 4 的厚度方向, 从基底材料 (柔性薄膜 1 和有机 TFT2) 开始, 导电聚合物的含量比率减小而金属微颗粒的含量比率增大。

[0059] 换句话说, 对于如图 3 所示的源极布线 3 (漏极布线 4), 包含 80% 含量比率的导电聚合物和 20% 的含量比率的金属纳米颗粒的第二功能流体 3B 覆盖在仅包含导电聚合物 (即, 导电聚合物的含量比率是 100% 而金属纳米颗粒的含量比率是 0%) 的第一功能流体 3A 的顶部上, 并且, 依次地, 包含 60% 含量比率的导电聚合物和 40% 含量比率的金属纳米颗粒的第三功能流体 3C 覆盖在第二功能流体 3B 的顶部上。

[0060] 而且, 包含 40% 含量比率的导电聚合物和 60% 含量比率的金属纳米颗粒的第四功能流体 3D 覆盖在第三功能流体 3C 的顶部, 并且, 依次地, 包含 20% 含量比率的导电聚合物和 80% 含量比率的金属纳米颗粒的第五功能流体 3E 覆盖在第四功能流体 3D 的顶部上。

[0061] 这样, 包含导电聚合物和金属纳米颗粒的不同含量比率的多种类型的功能流体彼此覆盖, 在各个功能流体图案 (层) 之间的边界附近进行导电聚合物和金属纳米颗粒的层间扩散以实现渐变组成的导电聚合物和金属纳米颗粒。注意到, 图 3 所示的虚线方便地表示各功能流体之间的边界。

[0062] 还可以采用这样的模式, 其中, 通过进一步施加包含 0% 含量比率的导电聚合物和 100% 含量比率的金属纳米颗粒的第六功能流体在源极布线 3 (漏极布线 4) 的顶部上, 如图 3 所示的源极布线 3 (漏极布线 4) 的最外层表面由金属覆盖。

[0063] 此外, 也可以采用这些模式: 模式一, 通过设置导电聚合物的含量比率到小于 100%, 将第一功能流体 3A 调节到包含少量 (大约百分之几) 的金属纳米颗粒; 模式二, 包含 100% 含量比率的导电聚合物的第一功能流体 3A 被省略, 包含 80% 含量比率的导电聚合物和 20% 含量比率的金属纳米颗粒的第二功能流体 3B 被排出在基底材料上。

[0064] 而且, 使用包含 100% 含量比率的导电聚合物的第一功能流体 3A 的模式从实现与有机 TFT2 (柔性薄膜 1) 的强的粘接状态的角度来讲是有利的。

[0065] 另一方面, 当源极布线 3 (漏极布线 4) 的最外层表面仅被金属覆盖时, 可能产生柔性方面的问题。因此, 例如当在其中在形成源极布线 3 (漏极布线 4) 后柔性薄膜被上卷的情形中需要柔性时, 其中最后重叠的最上层的功能流体包含导电聚合物的模式是有利的。

[0066] 虽然随后将给出细节, 但是, 如图 3 所示的源极布线 3 和漏极布线 4 具有几十微米的小的宽度, 其对应于根据喷墨方法排出的功能流体形成的一个点的直径 (一个点宽度)。

[0067] 此外, 获得如下导电图案, 其具有均一宽度并且其中并不形成突起部 (bulge) (图案的一部分的宽度比其它部分更宽的现象; 参见图 16 的 (a)) 以及参差不齐 (jaggy) (由于点的圆形形状的不规则性产生在布线边缘的现象; 参见图 13 的 (f))。

[0068] 作为柔性薄膜 1, 例如, 可以采用 500 微米厚度的 PET (聚对苯二甲酸乙二醇酯)。

可以用作柔性薄膜 1 的其它的材料包括树脂材料,其能够制成可伸长的且不可逆的薄膜,例如 PEN(聚萘二甲酸乙二醇酯)、聚酰亚胺、聚碳酸酯、聚芳基化合物、聚丙烯腈和聚醚砜。

[0069] 而且,柔性薄膜 1 的厚度可以根据预定用途设置在几十微米到几毫米的范围。

[0070] 尽管在本例子中,本发明应用来形成顶部接触型有机 TFT2 的源极布线 3 和漏极布线 4,但是,本发明也可以应用于顶部接触型有机 TFT2 的栅极布线或者底部接触型有机 TFT 的源极布线、漏极布线和栅极布线。

[0071] PEDOT(聚亚乙基二氧噻吩(polyethylenedioxythiophene))用作作为渐变组成的成分的导电聚合物。PEDOT 可以分散在水溶剂和有机溶剂中并可以利用喷墨方法施加在基底材料上,并能够在移除溶剂组分后形成大约 1×10^{-5} 西门子/厘米(S/cm)的有利的导电率。

[0072] 通过加入聚阴离子聚(苯乙烯磺酸盐)(polyanionicpoly(styrenesulfonate))而制备的由 PEDOT-PSS 化合物形成的水分散物用作水溶剂,其中 PEDOT 分散以制备导电聚合物施加流体。

[0073] PEDOT-PSS 是聚合物络合物,其中 PEDOT(3,4-亚乙基二氧噻吩的聚合物)和 PSS(苯乙烯磺酸的聚合物)共存,通过利用为水溶性的且强酸性的聚合物的 PSS(聚苯乙烯磺酸)作为掺杂物,PEDOT-PSS 可以被分散在水中,并与有机溶剂一样弱地施加在材料上。

[0074] 此外,PEDOT 分散在其中以制备导电聚合物施加流体的有机溶剂的例子包括硝基甲烷和碳酸亚丙酯。在有机溶剂中的 PEDOT 以聚合物形式分散。

[0075] 包括 PEDOT 并且根据喷墨方法能够排出的功能流体被配置以包括 PEDOT 和 PEDOT 作为溶质成分的溶剂、用于分散 PEDOT 的分散剂、以及用于调节表面张力的表面活性剂,并且被调节到根据喷墨方法能够被排出的粘度。

[0076] 其它的导电聚合物的例子包括聚苯胺、聚对苯(polyparaphenylene)、聚吡咯、聚噻吩、聚(对亚苯基亚乙烯)(poly(p-phenylenevinylene))、聚氨基(polyazyl)和并五苯。

[0077] 当溶质被物理接合并由于溶剂成分的蒸发而被进一步化学接合时,包含导电聚合物的功能流体展现出预定的电气性能。

[0078] 具有 5 纳米到 300 纳米粒径(直径)的银(Ag)纳米颗粒被用作金属纳米颗粒,其为渐变组成的另一成分。可以用作金属纳米颗粒的其它的金属材料包括金(Au)、铜(Cu)、铅(Pb)、镍(Ni)、和导电氧化物,例如氧化铟锡(ITO)、氧化锌(ZnO)和加有铝(Al)的锌氧化物。

[0079] 而且,当铜用作金属纳米颗粒时,在惰性气体(例如氮气或者氩气)环境下形成源极布线 3 和漏极布线 4 以防止铜氧化。

[0080] 氧化锡是无色、透明的,并且当与透明导电聚合物结合时,可以形成透明布线和透明电极。透明布线(电极)应用于触摸平板显示装置(参照图 22)。

[0081] 当仅由金属纳米颗粒(例如,银纳米颗粒)组成的薄膜形成在有机 TFT2 上时,形成不能提供强的粘着性的有机/无机的不同界面。

[0082] 另一方面,当导电聚合物(例如,PEDOT)薄膜形成在有机 TFT2 上时,因为形成有机/无机界面,与其中形成仅由金属纳米颗粒形成的薄膜的情形相比,可以提供强的粘着性。

[0083] 换句话说,从有机 TFT2 和源极布线 3(漏极布线 4)之间的粘接的角度来看,有机 TFT2 和源极布线 3(漏极布线 4)的粘接部分有利地包含导电聚合物。

[0084] 从电导率（电气性能）的角度来看，混合有金属纳米颗粒的薄膜具有比仅由导电聚合物形成的薄膜更高的电导率。此外，金属纳米颗粒相对于导电聚合物的比率越大，电导率越高。

[0085] 换句话说，从与有机 TFT2（柔性薄膜 1）的接触的角度，导电聚合物的含量比率在如图 3 所示的源极布线 3（漏极布线 4）和有机 TFT2（柔性薄膜 1）之间的粘接部分处增大。结果，实现了强的粘接状态，同时保证了电接合状态。

[0086] 另一方面，从保证有利的电气性能的角度，设置金属纳米颗粒的含量比率以使得从有机 TFT2（柔性薄膜 1）的厚度越大，金属纳米颗粒的含量比率则越高。结果，因为在厚度方向继续向上，源极布线 3（漏极布线 4）的电导率更高，因此保证了有利的电气性能。

[0087] （导电图案形成系统（装置）的描述）

[0088] 接着，将描述根据本发明的第一实施方式的导电图案形成系统（装置）。图 4 是根据本发明的第一实施方式的图案形成系统的总的配置图。

[0089] 如图 4 所示的导电图案形成系统 10 为平头类型的，之前描述的墨混方法可以应用到其上。

[0090] 如图 4 所示的导电图案形成系统 10 配置为以包括：台 30，柔性薄膜 1 布置在其上；抽吸腔室 40，用于抽吸和保持布置在台 30 上的柔性薄膜 1；以及喷墨头 50-1, 50-2, 50-3, 50-4 和 50-5，其向着柔性薄膜 1 排出各功能流体。

[0091] 注意到，在下面的描述中，喷墨头 50-1, 50-2, 50-3, 50-4 和 50-5 有时可称作“喷墨头 50”，而不在喷墨头 50-1, 50-2, 50-3, 50-4 和 50-5 中进行区分。

[0092] 台 30 具有比柔性薄膜 1 的最大宽度更大的宽度并配置为以使得能够通过移送机构（未示出）在水平方向自由运动。例如，齿条齿轮机构、滚珠丝杠机构等可以用作移送机构。

[0093] 通过利用台控制器（图 4 中未示出；在图 5 中由附图标记 43 表示）控制移送机构的操作，台 30 可以移动到期望位置。图 4 所示的空心箭头表示台 30 能够移动的方向。

[0094] 喷墨头 50 由支承构件（未示出）支撑以使得在喷墨头 50 和柔性薄膜 1（台 30）之间存在恒定间隙。而且，喷墨头 50 可以在平行于柔性薄膜 1（台 30）的图案形成表面 1A 的水平平面中运动，同时保持柔性薄膜 1 固定，或者柔性薄膜 1（台 30）和喷墨头 50 二者可以在水平平面中移动。

[0095] 在如图 4 所示的台 30 中，大量的抽吸孔 31 形成在柔性薄膜 1 的保持表面 30A 上。抽吸腔室 40 设置在与台 30 上的柔性薄膜 1 的保持表面 30A 相对侧的表面 30B 上，并且，由于抽吸腔室 40 被泵（在图 4 中未示出；在图 5 中由附图标记 41 表示）被抽真空，柔性薄膜 1 可以被抽吸和保持在台 1 上。

[0096] 此外，加热器（图 4 中未示出；图 5 中用附图标记 44 表示）构建到台 30 中，并且由于受加热器控制器（图 4 中未示出；图 5 中用附图标记 42 表示）控制，加热可以被执行以使得被台 30 抽吸和保持的柔性薄膜 1 的温度落在预先设置的范围内。

[0097] 如图 4 所示的喷墨头 50-1 到 50-5 的每一个被供应来自每个功能流体罐（图 4 中未示出；图 5 中用附图标记 60-1 到 60-5 表示）的具有导电聚合物和金属纳米颗粒的不同含量比率的功能流体，并排出功能流体到柔性薄膜 1 的图案形成表面 1A 以形成预定图案。

[0098] 例如，喷墨头 50-1 可排出包含 100% 含量比率的导电聚合物和 0% 含量比率的金属

纳米颗粒的第一功能流体,喷墨头 50-2 可排出包含 80% 含量比率的导电聚合物和 20% 含量比率的金属纳米颗粒的第二功能流体,喷墨头 50-3 可排出包含 60% 含量比率的导电聚合物和 40% 含量比率的金属纳米颗粒的第三功能流体,喷墨头 50-4 可排出包含 40% 含量比率的导电聚合物和 60% 含量比率的金属纳米颗粒的第四功能流体,喷墨头 50-5 可排出包含 20% 含量比率的导电聚合物和 80% 含量比率的金属纳米颗粒的第五功能流体。

[0099] 尽管在图 4 中示出包括分别对应不同含量比率的导电聚合物和金属纳米颗粒的五个喷墨头 50-1 到 50-5,但是,三个或更多的喷墨头 50 也是足够的。

[0100] 各种系统,例如压电系统、热系统和连续系统可以应用于如图 4 所示的喷墨头 50。压电系统是这样的系统:其中压电元件设置在构成压力腔室的壁上,压力腔室与喷嘴连通,并且,借助于压电元件的偏斜变形而使得压力腔室变形,压力腔室中的流体从喷嘴排出。

[0101] 热系统是这样的系统:其中流体腔室中的流体被加热,通过利用流体的薄膜态沸腾 (film boiling) 现象,流体从喷嘴排出。此外,喷墨头 50 的可能的喷嘴布置包括:单行布置,其中多个喷嘴布置成单行;交错布置,其中多个喷嘴以交错方式布置为两行;以及矩阵布置,其中多个喷嘴呈二维布置。

[0102] 图 5 是如图 4 所示的导电图案形成系统 10 的方框图。如图 5 所示,功能流体罐 60-1,60-2,60-3,60-4 和 60-5 经由预定的流体流动通道(管)分别与喷墨头 50-1,50-2,50-3,50-4 和 50-5 连通,并且具有导电聚合物和金属纳米颗粒的不同含量比率的功能流体从功能流体罐 60-1,60-2,60-3,60-4 和 60-5 送出以分别对应喷墨头 50-1,50-2,50-3,50-4 和 50-5。

[0103] 抽吸压力从泵 41 经由抽吸腔室 40 施加到由台 30 的保持表面 30A 保持的柔性薄膜 1。换句话说,保持柔性薄膜 1 的台 30 的运动通过台控制器 43 进行控制以对应于喷墨头 50-1,50-2,50-3,50-4 和 50-5 排出功能流体。

[0104] 由构建到台 30 中的加热器 44 进行的加热量通过加热器控制器 42 根据柔性薄膜 1 的预设温度进行控制。尽管随后将给出细节,但是,由于柔性薄膜 1 的温度保持在预定范围,功能流体在柔性薄膜 1 上的湿性延展被抑制,具有有利的小的宽度的导电图案可以得以形成。

[0105] 干燥单元 70 进行完全干燥(完全硬化)工艺,其中通过加热在柔性薄膜 1 上彼此覆盖的多个功能流体而完全蒸发溶剂组分。一旦溶剂组分完全蒸发,导电聚合物的固有的电气性能得以形成,对应于金属纳米颗粒的含量比率的电气性能得以产生。

[0106] 此外,当包含 100% 含量比率的金属纳米颗粒(Ag 纳米颗粒)的功能流体被使用时,金属微粒的固有电气性能可以由于仅在金属纳米颗粒中产生缩颈(necking)而得以产生。考虑到的是,Ag 纳米颗粒的缩颈需要干燥单元 70 在 150℃-220℃的工艺温度下进行一个小时或更长的加热周期的加热。

[0107] 另一方面,干燥单元 70 的工艺温度被控制以使得不超过柔性薄膜 1 的玻璃转变温度。例如,当 PET 用作柔性薄膜 1 的材料时,因为 PET 具有 69℃的玻璃转变温度,当超过该温度的加热温度被设置时,必须进行瞬间(例如,几秒)的加热以抑制对柔性薄膜 1 的损坏。

[0108] 在这样的情形下,这样的模式是有利的:替代加热,或者与加热组合地,进行光照。例如,通过利用卤素灯等的可见光、红外线照射、紫外线照射、电子束照射、激光照射等进行

快速热退火 (RTA) 是有效的。

[0109] 此外,从防止喷墨头 50 的喷嘴干燥的角度,喷墨头 50 周围的湿度设置到 60% 或者更高,或者,更有利地,70% 或者更高。

[0110] 在图 5 中由附图标记 11 表示的部件是处理腔室,该处理腔室可以充填惰性气体,并且设置有惰性气体充填入口、出口、惰性气体浓度检测单元等(都未示出)。处理腔室 11 一体地罩住喷墨头 50、台 30 等,并且当铜用作金属纳米颗粒时充填有惰性气体。

[0111] 图 6 是如图 4 和 5 所示的导电图案形成系统 10 的控制系统的示意性配置的方框图。如图 6 所示,导电图案形成系统 10 配置为以使得各部件由系统控制器 72 一体地进行控制。

[0112] 在采集由图案数据采集单元 74、输入/输出接口(输入/输出 I/F)76、温度传感器 78 和信息采集单元 80 获得的各输入信息(输入信号)时,系统控制器 72 产生对应于输入信息的用于系统的各个部件的指令信号,并且发送该指令信号到系统的各部件。

[0113] 此外,系统控制器 72 用作存储控制器,以控制数据从存储器 82 的读取以及数据到存储器 82 的写入。而且,如图 6 所示的存储器 82 总体上表示其中数据被临时存储的临时存储单元、存储受制于预定工艺的数据的存储单元、用于计算等的处理区域、存储控制参数和系统参数的参数存储区域,等等。

[0114] 当导电图案的图案数据经由图案数据采集单元 74 进行采集时,图案数据存储在存储器 82(主存储器)中并通过信号处理单元(未示出)转化为功能流体的点数据。

[0115] 当点数据被发送到排出控制器 84 时,施加到喷墨头 50 的驱动电压由排出控制器 84 基于点数据产生,驱动电压然后施加到喷墨头 50。

[0116] 输入/输出接口 76 是用于输入系统的操作模式的设置及各个参数的装置,同时,也是用于输出数据等的装置。输入装置的特定例子包括键盘、触摸面板显示装置、鼠标、和操纵杆。此外,输出装置的例子包括可应用于预定标准(例如,USB(串行通用总线)端子)的输出端子。

[0117] 如图 6 所示的温度传感器 78 包括多个温度传感器,其检测系统的各个部件的温度。例如,多个温度传感器包括检测台 30 的保持表面 30A(柔性薄膜 1)的温度的温度传感器、以及检测喷墨头 50 的环境温度的温度传感器。此外,尽管未示出,也可以设置检测喷墨头 50 的环境湿度的湿度传感器。

[0118] 腔室控制器 86 根据来自系统控制器 72 的指令信号控制抽吸腔室 40(泵 41)的操作。例如,当关于柔性薄膜 1 的信息(厚度信息、材料信息、等等)由信息采集单元 80 采集时,系统控制器 72 基于关于柔性薄膜 1 的信息确定抽吸压力,并发送抽吸压力指令信号到腔室控制器 86。腔室控制器 86 根据该指令信号控制泵 41 的转数。

[0119] 加热器控制器 42 根据来自系统控制器 72 的指令信号控制由构建到台 30 中的加热器 44 进行的加热量。例如,加热器 44 的操作根据由温度传感器 78 采集的关于台 30 的保持表面 30A 的温度信息而被控制以使得台 30 的保持表面 30A 的温度落在预定范围内。

[0120] 干燥控制器 88 根据来自系统控制器 72 的指令信号控制干燥单元 70 的操作。如之前描述的,干燥单元 70 具有“加热”、“光照”和“加热并光照”模式。“加热”、“光照”和“加热并光照”模式根据从信息采集单元 80 采集的关于柔性薄膜 1 的信息和关于功能流体的信息而进行控制。

[0121] (导电图案形成方法的流程图)

[0122] 图 7 是示出根据本发明的一个实施方式的导电图案形成方法的流程的流程图。如图 7 所示,当导电图案形成方法开始时(步骤 S10),各种信息,例如基底材料信息(关于柔性薄膜 1 的信息)和关于功能流体的信息被采集(步骤 S12),各种设置,例如加热器 44 的加热温度(参照图 4)基于所述各信息进行配置(步骤 S14)。

[0123] 接着,当图案数据采集单元 74(参照图 6)采集关于导电图案的数据时(图 7 中的步骤 S16),排出数据(点数据、驱动电压)被产生(步骤 S18)。

[0124] 随后,开始加热基底材料(柔性薄膜 1)(步骤 S20),并且当基底材料达到预定温度时,进行渐变组成图案(导电图案)形成步骤(步骤 S22)。渐变组成图案形成步骤的细节将在后面提供。

[0125] 在渐变组成图案形成步骤(步骤 S22)中具有渐变组成的导电图案形成在基底材料上后,流程进行到步骤 S24,并执行完全干燥(完全硬化)步骤。当在完全干燥步骤(步骤 S24)中导电聚合物的导电性能得以实现并且金属纳米颗粒结晶时,由加热器 44 进行的基底材料的加热停止(步骤 S26),并且该导电图案形成结束(步骤 S28)。

[0126] 图 8A-8C 是示意性地示出图 7 中的步骤 S22 中所示的渐变组成图案形成步骤的示意图,并且其示出使用如图 3 所示的第一功能流体 3A 到第五功能流体 3E 的模式。

[0127] 图 8A 示出其中第一功能流体 3A 从喷墨头 50-1 被排出(排出方向由箭头线表示)并且第一功能流体 3A 的图案(层)得以形成的状态。

[0128] 在形成第一功能流体 3A 的图案时,图案是半干燥状态(半硬化状态)的。半干燥状态是其中第一功能流体 3A 中的溶剂组分被干燥为尚未完全蒸发的状态。具体地,通过施加比在干燥第一功能流体 3A 中的溶剂组分以完全蒸发(完全干燥或者完全硬化)时施加的能量更少的能量来执行干燥。

[0129] 半干燥工艺可以通过利用如图 5 和 6 所示的干燥单元 70 予以执行,或者可以应用其它的配置。其它配置的例子包括通过加热器、吹加热空气或者干燥空气,等等加热。

[0130] 如图 8B 所示,第二功能流体 3B 从喷墨头 50-2 排出至第一功能流体 3A 的图案的顶部上。当第二功能流体 3B 的层形成在第一功能流体 3A 上时,在半干燥的第一功能流体 3A 和第二功能流体 3B 之间的边界附近发生扩散。

[0131] 通过将第一功能流体 3A 的图案布置在半干燥状态,导电单体和金属纳米颗粒的扩散在第一功能流体 3A 和在下一步骤中覆盖在第一功能流体 3A 的图案上的第二功能流体 3B 之间的边界附近发生,结果,在最初形成的图案和覆盖的图案之间获得强的粘着性。

[0132] 同时,第一功能流体 3A 的图案和第二功能流体 3B 的图案并不完全构成混合流体,并且第一功能流体 3A 的组成和第二功能流体 3B 的组成除了前述边界附近之外均各自保持。

[0133] 而且,在第二功能流体 3B 被布置在半干燥状态后,第三功能流体 3C 从喷墨头 50-3 排出至第二功能流体 3B 的图案的顶部上。随后,在第三功能流体 3C 布置为半干燥状态后,第四功能流体 3D 从喷墨头 50-4 排出至第三功能流体 3C 的图案的顶部上,并且在第四功能流体 3D 被布置为半干燥状态后,如图 8C 所示,第五功能流体 3E 从喷墨头 50-5 排出至第四功能流体 3D 的图案的顶部上。

[0134] 这样,具有预定的渐变组成的导电图案通过在彼此顶部之上顺次地重叠第一功能

流体 3A 至第五功能流体 3E 而形成。随后,流程进行到如图 7 所示的完全干燥步骤(步骤 S24)以完全硬化导电图案。

[0135] 如上所描述的,根据本实施方式所示的墨混方法,因为导电聚合物和金属纳米颗粒在充填到喷墨头 50 中的功能流体的阶段中充分扩散和混合,因此可以形成功能上渐变的具有高精度的功能梯度变化的材料。此外,与将在后面描述的绘制混合方法相比,因为不再需要耗时来扩散和混合两种类型的功能墨,所以获得更短的处理时间会是足够的优势。

[0136] 而且,可以采用这样的配置:其中,当形成每个功能流体的图案(层)时,基底材料和喷墨头 50-1 到 50-5 可以相对移动多次,可以执行间歇性排出,以为了在一个相对运动中离散地布置各个点,并且可以在下一相对运动中填充离散布置的点之间的空间。

[0137] 通过这样的模式,构成每个层的着陆的液滴点(功能流体)中的相互干涉得以避免,并且可以防止每个层的形状的变形。此外,还可以防止由于每个层变形所致的咖啡染色(咖啡环)的发生。

[0138] 尽管在本实施方式中已经形成仅由导电聚合物形成的单层和四个组合导电聚合物和金属(银)纳米颗粒的混合层,但是,层数并不限于四层。层数并无特别限制,只要各功能流体可以被层合以使得产生导电聚合物和金属纳米颗粒的混合比率梯度即可。而且,必须制备与待形成的层数相同数量的墨罐和喷墨头。

[0139] 此外,各层的厚度不必是统一的,只要可以实现预定的渐变组成即可。因此,可以采用其中每层具有不同厚度的模式。

[0140] [渐变组成图案形成的具体描述]

[0141] 接着,将详细地描述用于根据本发明的实施方式的导电图案形成方法(系统)中的功能流体。

[0142] 用于在本例子中所示的导电图案形成方法(系统)的功能流体(第一功能流体)通过将导电聚合物(PEDOT)分散在由低沸点溶剂(具有基于质量比计算的大于或等于 75° C 且小于或等于 105° 的沸点的溶剂)和高沸点溶剂(具有基于质量比计算的大于或等于 190° C 且小于或等于 290° C 的沸点的溶剂)形成的混合溶剂中而进行制备。

[0143] 具体地,硝基甲烷(沸点:100° C)用作低沸点溶剂,碳酸亚丙酯(沸点:240° C)用作高沸点溶剂。低沸点溶剂的其它例子包括水(沸点:100° C)、乙醇(沸点:78.4° C)、异丙醇(沸点:82.4° C)和乙腈(沸点:82° C)。

[0144] 此外,高沸点溶剂的其它例子包括二甘醇-单乙醚(沸点:196° C)、碳酸亚丙酯(沸点:240° C)和甘油(沸点:290° C)。

[0145] 现在,通过以下表达式(1)获得其中多种溶剂被混合的混合溶剂在一个大气压下的沸点。

[0146] $T_b = \sum (W_i \times T_i) \cdots (1),$

[0147] 其中 W_i =(第 i 种溶剂的质量/所有溶剂的质量), T_i 表示单一的第 i 种溶剂的沸点。

[0148] 例如,溶剂 1 和溶剂 2 的混合溶剂的沸点 T_{b12} 由以下表达式(2)获得,其中溶剂 1 的质量相对于所有溶剂的质量的质量比为 W_1 、单一溶剂沸点为 T_1 ;溶剂 2 的质量相对于所有溶剂的质量的质量比为 W_2 、单一溶剂沸点为 T_2 。

[0149] $T_{b12} = (W_1 \times T_1) + (W_2 \times T_2) \cdots (2)$

[0150] 此外,上面描述的溶剂 1 和 2 以及溶剂 3 的混合溶剂的沸点 T_{b123} 通过下面的表达式 (3) 获得,其中,溶剂 3 的质量相对于全部溶剂的质量的质量比为 W_3 、单一溶剂沸点为 T_3 。

[0151] $T_{b123} = (W_1 \times T_1) + (W_2 \times T_2) + (W_3 \times T_3) \cdots (3)$

[0152] 换句话说,混合溶剂的沸点作为通过每种溶剂的沸点值 T_i 乘以该溶剂与所有溶剂的质量比 W_i 获得的值的加合而获得。基于这样获得的值,可以估计功能流体中溶剂的挥发度。

[0153] 此外,包含金属纳米颗粒 (Ag 纳米颗粒) 的功能流体 (第二到第五功能流体) 包含乙腈 (沸点 :82° C) 作为低沸点溶剂以及二甘醇 - 单乙醚 (沸点 :196° C) 作为高沸点溶剂,并进一步包含环己烷 (沸点 :156° C) 作为中等沸点溶剂。

[0154] 在这种情况下,中等沸点溶剂为具有基于质量比计算的高于 105° C 且低于 190° C 的沸点的溶剂。环己烷是这样的溶剂,即,它有利地用在喷墨方法中的流体中,并且是无色、透明的溶剂,具有有利的溶质溶解度。

[0155] [用于导电图案形成的条件的描述]

[0156] 接着,将详细地描述由功能流体形成导电图案的条件。

[0157] 为了使得喷墨方法获得有利的排出性能,功能流体包含高沸点溶剂。因此,防止在排出期间由于功能流体中的溶剂的蒸发而导致设置在喷墨头 50 上的喷嘴干燥,以及避免由于喷嘴附近的功能流体的粘性增加而导致异常排出 (排出方向和排出速率异常) 的发生以及由于喷嘴阻塞而导致排出故障。

[0158] 接着,将描述基底材料 (如图 1 所示的柔性薄膜 1) 的温度条件、功能流体中溶剂的条件、基底材料上的点间距条件以及当覆盖功能流体时适用的条件。

[0159] 关于这些条件,具有一个点宽度的功能流体 (在这种情况下,使用不包含金属纳米颗粒的聚合物流体) 的直线图案形成在基底材料上,图案形状的显微照片被获取,基于该显微照片评估是否存在参差不齐、是否存在突起、图案宽度等。

[0160] 用于评估实验的系统如下:

[0161] 头系统 :DMP-2831 (由 FUJIFILM Dimatix 制造)

[0162] 喷墨头 :DMC-11610

[0163] 排出频率 :4 千赫兹

[0164] 排出速度 :6 毫米每秒

[0165] 功能流体的制备如下:

[0166] 分子量 20,000 的聚合物 (高分子量聚合物) :5%

[0167] 乙腈 (低沸点溶剂,沸点 82° C) :45%

[0168] 环己烷 (中等沸点溶剂,沸点 156° C) :30.95%

[0169] 碳酸亚丙酯 (高沸点溶剂,沸点 240° C) :19%

[0170] 表面活性剂 (表面张力改性剂) :0.05%

[0171] 试验表明,当聚合物的分子量为 20,000 时,实现有利的排出,排出特性随着聚合物分子量的增大而恶化,当分子量超过 50,000 (例如,分子量为 60,000) 时,由喷墨方法进行的排出变得困难。

[0172] 因此,从喷墨方法的排出性能的角度,聚合物的分子量设置到 20,000。此外,通过减小高分子量聚合物的质量比,排出性能得以改善,喷嘴的干燥得以避免,并且开放时间

(从最后的排出时刻直到喷嘴变干以至于防止执行正常排出的时间段)变得更长。

[0173] 因为当高分子量聚合物的质量比率设置到大于或等于 10 质量%时,不能执行正常的排出,因此,高分子量聚合物的质量比率设置到 5 质量%。如先前描述的,尽管在试验中功能流体不包含金属微颗粒,但是,当使用包含导电聚合物和金属纳米颗粒的功能流体时,可以获得类似的结果。

[0174] 如果使用分散剂如月桂基胺,金属纳米颗粒可以分散在环己烷(沸点:156°C)中。当上面描述的导电聚合物(PEDOT)用作聚合物时,通过制备具有诸如聚乙二醇的聚合物的嵌段共聚物,导电聚合物(PEDOT)可以稳定地分散在硝基甲烷(沸点:156°C)和碳酸亚丙酯(沸点:240°C)的混合流体中。

[0175] 环己烷(沸点:156°C)、硝基甲烷和碳酸亚丙酯是极性溶剂并且全部是可溶的。其中分散有金属纳米颗粒和 PEDOT 的包含低沸点溶剂和高沸点溶剂的功能流体可以基于上面的制备进行制备。

[0176] 换句话说,其中分散有金属纳米颗粒和 PEDOT 二者并且包含低沸点溶剂和高沸点溶剂的流体可以制备作为如上所述的功能流体,并且,显然的是,当使用这样的功能流体时,可以获得类似的结果。

[0177] 图 9A 和 9B 是示出从喷墨头 50 排出的功能流体的液滴 102 的直径 D_1 与形成在柔性薄膜(基底材料)1 上的点 104 的直径 D_2 的关系的示意图,其中图 9A 是从柔性薄膜 1 的表面一侧的视图,图 9B 是从喷墨头 50 一侧的柔性薄膜 1 的视图。

[0178] 如图 9A 所示的功能流体的液滴 102 的直径 D_1 为基于排出体积计算的值,其中假设液滴 102 具有球状的形状。当液滴 102 落在柔性薄膜 1 上时,液滴 102 在柔性薄膜 1 上湿性延展,点 104 在它的形状稳定后的直径 D_2 变为液滴 102 在飞行中的直径 D_1 的大约两倍($D_2 \approx 2 \times D_1$)。此外,在此使用的点间距 W 是指相邻的点 104 之间的中心到中心的距离。

[0179] (基底材料温度的条件)

[0180] 图 10 是示出基底材料(如图 9 所示的柔性薄膜 1)的温度和图案宽度之间的关系图表。图 10 示出随着基底材料的温度从室温(25°C)逐渐升高图案宽度减小。

[0181] 换句话说,通过设置基底材料的温度为 45°C 或者更高,基底材料和功能流体之间的接触线的固定得以促进,并且图案宽度可以被细化。此外,通过设置基底材料的表面温度为 60°C 或者更高,图案宽度可以得以进一步细化。

[0182] (溶剂沸点的条件)

[0183] 图 11 是示出基于质量比计算的沸点(挥发性:根据上面的表达式(1)-(3)的任何一个计算的沸点)和导电图案的宽度关于其中混有多种类型的不同沸点的溶剂的混合溶剂之间的关系图表。

[0184] 对上面描述的功能流体的高沸点溶剂、中等沸点溶剂和低沸点溶剂的质量比以及对功能流体的制备进行一定改变,并且这些改变的效果被予以考虑。而且,基底材料的温度设置到室温(25°C)。

[0185] 当如图 11 所述的混合溶剂的沸点为 $T_1^\circ\text{C}$ 时,使用包含如上所述的质量比的高沸点溶剂(19 质量%)、中等沸点溶剂(30.95 质量%)和低沸点溶剂(45 质量%)的功能流体。

[0186] 另一方面,当溶剂的沸点为 $T_2^\circ\text{C}$ 时(即这样的情形,其中中等沸点溶剂代替了上面描述的具有沸点 $T_1^\circ\text{C}$ 的混合溶剂的高沸点溶剂和低沸点溶剂被混合,并且溶剂仅包含

中等沸点的溶剂), 显然, 图案宽度与其中混合溶剂具有 $T_1^{\circ}\text{C}$ 沸点的情形相比增大了。

[0187] 此外, 当溶剂的沸点是 $T_3^{\circ}\text{C}$ 时 (即, 这样的情形, 其中中等沸点溶剂代替上面描述的沸点 $T_1^{\circ}\text{C}$ 的混合溶剂的低沸点溶剂被混合), 显然, 与其中混合溶剂具有 $T_2^{\circ}\text{C}$ 沸点的情形相比, 图案宽度进一步增大。

[0188] 换句话说, 显然, 挥发性 (基于质量比计算的混合溶剂的沸点) 和图案宽度是相关联的, 并且由于低沸点溶剂的混合 (当混合溶剂的沸点进一步降低时), 图案宽度明显减小。

[0189] 可以想到的是, 因为溶剂的蒸发从落在基底材料 (如图 1 所示的柔性薄膜 1) 上的点的边缘部分开始, 这样由于低沸点溶剂的蒸发会导致在边缘部分处溶质组分 (内容物) 的浓度增大, 并且导致溶质组分被固定到基底材料并抑制点的延展。

[0190] (点间距的条件)

[0191] 接着, 将描述点间距 W (参照图 9)。图 12 是示出点间距 W 和图案宽度之间的关系图, 图 13(a)-(g) 是示出图案的平面形状 (显微图) 的示意图。

[0192] 基底材料的温度设置为 60°C , 并且点间距 W 从排出的液滴直径 D_1 的一半开始发生量变, 直到点间距 W 超过点直径 D_2 。而且, 例如, 排出液滴直径 D_1 可以设置为 20 微米并且形成在基底材料上的点的直径 D_2 可以设置为 60 微米。

[0193] 如图 12 所示, 显然, 当点间距 W 增大时, 图案宽度减小。另一方面, 应当理解, 在其中形成图 13(f) 所示的图案的表示为“点间距 $W \approx$ 点直径 D_2 ”的情形中发生参差不齐。

[0194] 此外, 应当理解, 在其中形成图 13(g) 所示的图案的表示为“点间距 $W >$ 点直径 D_2 ”的情形下发生中断图案 (其中图案断开的情形)。

[0195] 此外, 应当理解, 在其中点间距 W 稍微小于其中形成图 13(e) 所示的图案的表示为“点间距 $W =$ 点直径 D_2 ”时的点间距的情形下, 尽管图案的边缘部分的厚度减小, 但是在图案中没有发生参差不齐。

[0196] 另一方面, 当点间距 W 变窄以等于或者小于排出的液滴直径 D_1 ($W \leq D_1$) 时, 图案宽度变宽并且变得不均一, 如图 13(a) 所示的; 或者变宽, 如图 9B 所示; 并且不能实现有利的精细图案。

[0197] 当点间距 W 减小时 (当图案的点密度增大时), 每单位长度的图案中的流体量 (流体体积) 增大, 因此, 图案宽度增大。因此, 通过增大点间距 W 以及减小每单位长度的流体量, 图案宽度可以进一步变细 (refined)。

[0198] 另一方面, 过度地增大点间距 W 会导致相邻的点彼此分隔开, 并会导致中断的图案 (参照图 13(g))。通过设置点间距 W 到超过排出的液滴直径 D_1 的值 ($W > D_1$), 每单位长度的图案中的液滴体积可以得以抑制, 同时, 通过设置点间距 W 到小于点直径 D_2 的值, 即便当点间距 W 的值超过排出的液滴直径 D_1 时, 相邻的点可以可靠地彼此连接。

[0199] 例如, 当喷嘴具有 21 微米直径时, 因为排出的液滴直径 D_1 被假定为大约 25 微米, 所以点间距 W 设置到超过 25 微米的值。

[0200] 同时, 可以想到, 由于发生突起, 会导致产生非均一的图案宽度。当以更高密度进行绘制时, 突起的发生变得显著。例如, 当排出频率为 1 千赫兹或者更高时, 以非均一的间隔发生突起。因此, 可以想到, 由于排出方向和排出速率的小幅波动以及由于存在基底材料的不规则的小幅粗糙, 随着图案宽度从非均一的位置局部地增大, 由此产生突起。

[0201] 换句话说,通过选择适当的点间距 W ,可以形成如图 13(c)-(e) 所示的具有有利的平面的形状的精细图案,其中所述点间距大于排出的液滴直径 D_1 并小于点直径 D_2 ,所述点间距与排出的液滴直径 D_1 和点直径 D_2 一起满足以下表达式 (4) 表示的关系以使得相邻的点彼此重叠。

[0202] $D_1 < W < D_2 \cdots (4)$

[0203] 特别地,通过设置点间距 W 以使得等于或者小于点直径 D_2 的一半 ($W \leq D_2/2$),可以形成甚至更为有利的精细的层合图案。

[0204] (点(图案)平面化和覆盖的条件)

[0205] 接着,将描述点(图案)的平面化和覆盖。如图 14(a)-(c) 的上半部所示的平面的形状是显微图像,下半部所示的三维形状是由形状测量显微镜拍摄的示意图。

[0206] 图 14(a) 是示出没有被覆盖的功能流体(单层功能流体)的图案的平面形状的图。功能流体是 45 质量%的低沸点溶剂、30.95 质量%的中等沸点溶剂、和 19 质量%的高沸点溶剂的混合物,并且基底材料(如图 1 所示的柔性薄膜 1)被加热以使得保持 60°C 的表面温度。

[0207] 虽然图 14(a) 所示的功能流体的图案实现了小型化,但是,为获得作为精细电气布线的预定阻抗(电阻)的薄膜厚度(d_1)是不够的。

[0208] 图 14(b) 示出在这样情形中的图案,即,其中具有上面描述的溶剂混合比率的功能流体覆盖在图 14(a) 所示的尚未被覆盖的功能流体的图案上。如图 14(b) 所示,当薄膜厚度大约加倍时($d_1 \times 2$),图案的精细宽度基本得以保持。

[0209] 图 14(c) 示出这样情形下的图案,即,其中具有上面描述的溶剂混合比率的功能流体在图 14(a) 所示的尚未被覆盖的功能流体的图案上覆盖三次。如图 14(c) 所示,图案宽度基本得以保持,并且尽管薄膜厚度并不恰好为通过将没有进行所述覆盖的薄膜厚度乘以覆盖的次数所获得的值,该薄膜厚度为单层薄膜厚度的大约三倍($d_1 \times 3$)。

[0210] 换句话说,通过覆盖具有上面描述的溶剂混合比率的功能流体多次从而累积薄膜厚度,可以形成具有期望薄膜厚度的导电图案。而且,通过本例子中所示的导电图案形成方法,尽管覆盖的功能流体的导电聚合物和金属纳米颗粒的含量比率彼此不同,但是,通过施加上面描述的溶剂混合比率,通过覆盖功能流体可以获得预定厚度。

[0211] 为了通过覆盖功能流体图案而积累厚度,点的干燥(溶剂蒸发)必须被优化并且最初形成在基底材料上的图案(点)至少必须被平面化到一定程度。

[0212] 图 15A-15C 是示出混合溶剂在点(图案)的表面形状上的挥发效果的示意图。图 15A 示出当利用包括包含如上所述的 45 质量%的低沸点溶剂、30.95 质量%的中等沸点溶剂和 19 质量%的高沸点溶剂的混合溶剂(具有如图 11 所示的 $T_1^\circ\text{C}$ 的沸点的混合溶剂)的功能流体时点的三维形状。对于如图 15A 所示的点 100A,尚未发生极端的不规则性。

[0213] 图 15B 示出由于使用这样的溶剂的功能流体所导致的点的三维形状,在所述溶剂中,加入中等沸点溶剂来替代具有 $T_1^\circ\text{C}$ 的沸点的混合溶剂中的高沸点溶剂和低沸点溶剂(即,仅使用如图 11 所示的沸点 $T_2^\circ\text{C}$ 的中等沸点溶剂)。在点 100B 的边缘部分已经发生极端的不规则性(参见圆圈部分)。换句话说,已经发生所谓的咖啡染色现象。

[0214] 图 15C 示出由于使用包含 19 质量%的高沸点溶剂和 75.95 质量%的中等沸点溶剂的混合溶剂(如图 10 所示的具有 $T_3^\circ\text{C}$ 的沸点的混合溶剂)的功能流体所导致的点的

三维形状。类似于如图 15A 所示的点 100A 的方式,如图 15C 所示的点 100C 尚未发生极端的不规则性。

[0215] 具有在基底材料上的点的溶剂的蒸发从基底材料、点和气体之间的边界处开始。溶剂的蒸发导致从点的中心到点的边缘部分的对流。聚合物组分通过对流进行传送并致使聚合物组分在点的边缘部分处局部化。在干燥后,点的边缘部分获得凸状形状。

[0216] 同时,由于包含高沸点溶剂的功能流体,从基底材料、点和气体(空气)之间的边界处的蒸发速率降低,从点的中心到点的边缘部分的对流同样降低,并且在干燥后进行点的平面化。

[0217] (功能流体的层合条件)

[0218] 图 16(a)-(e) 是示出层合功能流体的图案的平面形状的示意图。

[0219] 图 16(a) 是在这样情形下的图案形状,即,其中点间距 W 设置为大致等于排出的液滴直径 D_1 ($W \approx D_1$),并且其中层合功能流体(点)可伸出图案宽度之外,并且会发生图案宽度局部增大的突起。

[0220] 图 16(b)-(d) 是这样的情形,其中点间距 W 设置为长于排出的液滴直径 D_1 且短于点直径 D_2 ($D_1 < W < D_2$),并且其中有利的精细层合图案得以形成。特别地,如图 16(b) 所示,当点间距 W 等于点直径 D_2 的一半时 ($W = D_2/2$),可以形成甚至更为有利的精细层合图案。

[0221] 而且,即使在其中可以形成有利的精细图案的情形中,当点间距 W 进一步加宽时,如图 16(d) 所示,在层合功能流体的图案的边缘处会形成厚度减小的部分。

[0222] 图 16(e) 是其中点间距 W 设置为大致与点直径 D_2 相同的情形 ($W \approx D_2$),其中,类似于图 13(f) 的方式,会发生参差不齐。

[0223] 换句话说,当通过重叠功能流体的图案形成图案时,当排出的液滴直径 D_1 、点直径 D_2 和点间距 W 之间的关系满足上述表达式 (4) 时,可以形成有利的层合图案。

[0224] 此外,通过设置点间距 W 为等于或者小于点直径 D_2 的一半 ($W \leq D_2/2$),可以形成更为有利的精细的层合图案。

[0225] 而且,当形成层合图案而不加热基底材料时,由于形成下层的流体的特性和形成上层的流体的特性相同,流体更可能湿性延展,从而形成层合图案变得困难。因此,通过加热基底材料并保持基底材料的表面温度在 60°C (大于室温 (25°C) 的两倍的温度),流体的湿性延展可以得以抑制,并且可以进行重叠,同时保持精细图案宽度。

[0226] 此外,通过使得功能流体包含低沸点溶剂,可以提高抑制湿性延展的效果。

[0227] 综上所述,通过使得功能流体包含高沸点溶剂,由于在排出过程中功能流体的溶剂组分的蒸发所致的喷嘴内部的流体的变干可以得以防止,由于喷嘴内部的流体粘度增大所致的异常排出或者由于喷嘴阻塞所致的排出故障可以得以避免,并且可以根据喷墨方法获得有利的排出状态。

[0228] 此外,通过使得功能流体包含高沸点溶剂,当覆盖功能流体多次以形成具有预定薄膜厚度的图案时,点的干燥可以被优化,并且点(图案)的表面形状可以变得有利(更平面化),结果,可以抑制所谓的咖啡染色现象的发生。

[0229] 而且,通过使得功能流体包含低沸点溶剂,液滴中的溶剂在基底材料上的干燥可以被促进,液滴的湿性延展可以被抑制,图案宽度的加宽可以被抑制,结果,可以进行图案小型化。

[0230] 此外,在形成功能流体的图案的过程中,通过加热基底材料以设定基底材料的表面温度到 60°C ,功能流体的湿性延展可以得以防止,并且可以进行图案小型化。

[0231] 而且,当排出的液滴直径 D_1 、点直径 D_2 和层合功能流体中的点间距 W 之间的关系满足上述表达式 (4) 时,可以形成具有有利的薄膜厚度的图案。而且,从精细图案形成的视角来看,有利地进行大约 2-4 次覆盖。

[0232] 尽管层合图案的排出条件已经在本例子中如上所述地清楚限定,但是,上面的排出条件也可以被作为初始形成的图案的排出条件。此外,初始形成的图案的排出条件以及层合图案的排出条件可以设置为相同的。

[0233] 而且,因为层合功能流体着陆在初始形成的功能流体的图案上,层合功能流体的点的直径 D_2 由于基底材料(柔性薄膜 1 和有机 TF2)和功能流体(导电聚合物)之间的湿润性的差异,可不同于构成初始形成的图案的点的直径 D_2 。因此,应当考虑层合功能流体在基底材料上的湿润性。

[0234] 尽管已经在本例子中示出所谓的串行喷墨头,但是,也可以替代地使用全线喷墨头,或者可以通过利用全线喷墨头的单次通过(single-pass)方法来执行图案形成。

[0235] [第二实施方式]

[0236] 接着,将描述根据本发明的第二实施方式的导电图案形成方法(系统)。(导电图案形成系统(装置)的描述)

[0237] 图 17 是根据本发明的第二实施方式的导电图案形成系统的总的配置图。而且,在图 17 中,与图 4 中的部件/部分相同或相似的部件/部分用相同的附图标记予以表示,其描述也将被省略。

[0238] 如图 17 所示的图案形成系统 110 包括:喷墨头 50-11,其排出包含导电聚合物的功能流体(导电聚合物流体);和喷墨头 50-12,其排出包含金属纳米颗粒的功能流体(金属纳米颗粒流体),以代替了图 4 中示出的用于排出导电图案形成系统 10 的功能流体的喷墨头 50-1,50-2,50-3,50-4 和 50-5。

[0239] 绘制混合的方法应用于如图 17 所示的图案形成系统 110。绘制混合方法包括从喷墨头 50-11 排出导电聚合物流体以及从喷墨头 50-12 排出金属纳米颗粒流体,在柔性薄膜 1 上混合导电聚合物流体和金属纳米颗粒流体,以及形成包含导电聚合物流体和金属纳米颗粒流体的混合流体的图案。

[0240] 在混合流体的图案半干燥后,包括从喷墨头 50-11 排出的导电聚合物流体和从喷墨头 50-12 排出的金属纳米颗粒流体的混合流体被层合,同时改变导电聚合物流体和金属纳米颗粒流体的混合比,并且通过执行完全硬化,形成导电图案,该导电图案具有渐变组成,即,从柔性薄膜 1 开始在图案的厚度方向上,导电聚合物的含量比率降低而金属纳米颗粒的含量比率增大。

[0241] 图 18 是如图 17 所示的图案形成系统 110 的方框图。而且,在图 18 中,与图 5 中的部分/部件相同的部分/部件用相同的附图标记予以表示,其描述也将被省略。如图 18 所示,根据第二实施方式的图案形成系统 110 包括:导电聚合物流体罐 60-11,其容纳导电聚合物流体;金属纳米颗粒流体罐 60-12,其容纳金属纳米颗粒流体,以代替如图 5 所示的导电图案形成系统 10 的功能流体罐 60-1,60-2,60-3,60-4 和 60-5。

[0242] 如图 18 所示,导电聚合物流体罐 60-11 与喷墨头 50-11 经由预定流体流动通道连

通,导电聚合物流体从导电聚合物流体罐 60-11 供应到喷墨头 50-11。此外,金属纳米颗粒流体罐 60-12 与喷墨头 50-12 经由预定流体流动通道连通,金属纳米颗粒流体从金属纳米颗粒流体罐 60-12 供应到喷墨头 50-12。

[0243] (导电图案形成方法的描述)

[0244] 图 19A-19D 是示出根据绘制混合方法的导电图案形成方法的流程以及示出其中在柔性薄膜 1 上形成有机 TFT2 的源极布线 3 和漏极布线 4(参照图 1) 的模式示意图。

[0245] 首先,操作如图 18 所示的加热器 44 以执行加热以使得柔性薄膜 1 的温度落入预定范围 (40°C - 70°C) 内。

[0246] 接着,包含 80:20 的混合比的导电聚合物流体和金属纳米颗粒流体的混合层 120-1 形成在基底材料(柔性薄膜 1 和有机 TFT2)上。显然,混合层 120-1 可以是仅包含导电聚合物流体的图案(层)。通过移动基底材料(在图中为从右到左)的同时,从喷墨头 50-11 排出导电聚合物流体在有机 TFT2(柔性薄膜 1)上以及从喷墨头 50-12 排出金属纳米颗粒流体在有机 TFT2(柔性薄膜 1)上,混合层 120-1 得以形成。

[0247] 在图 19A 中,示出了由附图标记 122 表示的导电聚合物流体层,示出了由附图标记 124 表示的金属纳米颗粒流体层。在这种情况下,导电聚合物流体的排出速率(排出体积)和金属纳米颗粒流体的排出速率(排出体积)被调节到预定比率(体积比,80:20)。

[0248] 而且,导电聚合物流体的排出速率与金属纳米颗粒流体的排出速率的比率的调节可以通过调节喷画点的间距(点密度)而予以执行。例如,该比率可以通过控制喷墨头 50-11 和喷墨头 50-12 的排出以使得排出导电聚合物流体的喷嘴的数量和排出金属纳米颗粒流体的喷嘴的数量的比率为 80:20,同时保持喷墨头 50-11 和喷墨头 50-12 的每个喷嘴的排出速率恒定而进行调节。

[0249] 可能存在这样的情形:其中由于从喷墨头 50-11 排出的导电聚合物流体和从喷墨头 50-12 排出的金属纳米流体的过度的湿性延展而不能形成期望的图案,或者存在这样的情形:其中由于咖啡染色效应导致在薄膜的中心处薄膜厚度过度减小,由此不能形成适当的层。

[0250] 尽管可以通过加热基底材料,如在本实施方式中的情形,来减少这种现象,但是,通过在基底材料的单次运动中,不排出导电聚合物流体到整个表面上,而是替代地,将在基底材料的单次运动中将着陆点之间的间隔设置为大于预定的点间隔(液滴栅格间隔),以及通过以分离方式的排出(间断排出)形成单层以充填通过台 30 的多次运动已经形成的点之间的空间,可以形成适当的层。

[0251] 取决于功能流体(溶剂组分)蒸发的容易程度,必须调节加热器 44 的加热温度。取决于溶剂类型,通过设置基底材料的温度到低于早前描述的 70°C 的温度,例如 50°C ,可以执行图案形成。

[0252] 此外,两个喷墨头 50-11 和 50-12 布置为尽可能彼此靠近以为了防止由于导电聚合物流体和金属纳米颗粒流体中的仅一个干燥,在混合流体层中导致导电聚合物流体和金属纳米颗粒流体的不充分的扩散和混合。

[0253] 而且,当导电聚合物流体和金属纳米颗粒流体同时排出时,从喷墨头 50-11 排出的导电聚合物流体的液滴和从喷墨头 50-12 排出的金属纳米颗粒流体的液滴可以设置为在着陆之前在空中彼此碰撞和混合。

[0254] 此外,为了促进混合流体的扩散和混合,作为基底材料的柔性薄膜 1 可以通过控制台 30(参照图 17)进行超声波处理。在这种情况下,可以通过超音扫频或者改变柔性薄膜 1 的位置以抑制超声波结点的发生来有利地执行超声工艺。

[0255] 如上所述地形成的混合层 120-1 被干燥(半干燥/半硬化)到其中混合流体的溶剂组分并不完全蒸发的程度。半干燥的特定方法与之前描述的墨混方法中的相同。

[0256] 通过设置混合层 120-1 为半干燥状态,在层合在混合层 120-1 上的混合层 120-2(参照图 19C)的边界处发生颗粒扩散,并且在层之间可以产生更强的粘附。

[0257] 接着,在半干燥混合层 120-1 的顶部,导电聚合物流体从喷墨头 50-11 排出,并且金属纳米颗粒流体从喷墨头 50-12 排出以形成包括导电聚合物流体和金属纳米颗粒流体的混合层 120-2(参照图 19C)。

[0258] 通过在使得基底材料运动的同时,从喷墨头 50-11 排出导电聚合物流体,同时从喷墨头 50-12 排出金属纳米颗粒流体,可以执行混合层 120-2 的形成。

[0259] 在这种情况下,喷墨头 50-11 和喷墨头 50-12 的排出速率被调节为以使得导电聚合物流体具有 60% 的排出速率并且金属纳米颗粒流体具有 40% 的排出速率。

[0260] 由于导电聚合物流体和金属纳米颗粒流体的扩散和混合,混合层 120-2 得以形成。因为混合层 120-1 处于半干燥状态,构成形成在混合层 120-1 的上面的混合层 120-2 的导电聚合物流体中的溶剂和金属纳米颗粒流体中的溶剂由混合层 120-1 接收并且不会过度湿性延展。

[0261] 通过类似于混合层 120-1 地,将如上所述的混合层 120-2 形成为半干燥状态,获得如下状态,即,其中包含百分数为 60:40 的导电聚合物和金属纳米颗粒的混合层 120-2 被层合,在混合层 120-1 和 120-2 之间留下间隙。

[0262] 接着,在混合层 120-2 的上部形成混合层 120-3。类似地,通过在使得基底材料运动的同时从喷墨头 50-11 和喷墨头 50-12 同时排出导电聚合物流体和金属纳米颗粒流体,可以执行混合层 120-3 的形成。在这种情况下,导电聚合物流体和金属纳米颗粒流体以 40:60 的混合比率排出。

[0263] 因为混合层 120-2 也处于半干燥状态,在混合层 120-2 的上部形成的混合层 120-3 的溶剂由混合层 120-2 接收。通过在排出导电聚合物流体和金属纳米颗粒流体之后混合二者,混合层 120-3 被层合。

[0264] 而且,混合层 120-3 同样是半干燥的。可以获得这样的状态,即,其中包含百分数为 40:60 的导电聚合物和金属纳米颗粒的混合层 120-3 被层合,在混合层 120-2 和 120-3 之间具有间隙。

[0265] 如图 19C 所示,在使得基底材料运动的同时,导电聚合物流体和金属纳米颗粒流体从喷墨头 50-11 和喷墨头 50-12 同时排出在半干燥的混合层 120-3 上。在这种情况下,导电聚合物流体和金属纳米颗粒流体以 20:80 的混合比排出。

[0266] 这样,通过递增地(以实现渐变的)改变导电聚合物流体和金属纳米颗粒流体的排出速率,可以形成各个混合层。而且,可以最终形成 100% 金属纳米颗粒流体层。

[0267] 在形成所有的层之后,通过干燥单元 70 在氮气氛中在大约 220°C 下执行烧结。相应地,在每个层中的导电聚合物的电导率得以实现,并且金属纳米颗粒得以结晶,每个层的扩散得以促进,并且渐变形成的层变得连续。结果,可以形成具有渐变组成的导电图案,

其中从基底材料开始在图案的厚度方向上,导电聚合物的含量比率降低,而金属纳米颗粒的含量比率增大。

[0268] 这样,在将下层设置为半干燥状态的同时形成上层可以使得在上下层之间的扩散进行到某种程度。在这点上,可以避免上下层之间的分界面消失的状态,或者,换言之,可以避免其中上下层完全扩散和混合而在上下层之间没有区别的状态。

[0269] 而且,通过在柔性薄膜 1 的其中在形成各个层之后尚未形成图案的区域中形成副本(dummy)图案,以及利用激光器等光学位移传感器来测量副本图案的高度,因为在其中尚未进行干燥且溶剂仍然保留的状态下薄膜厚度增大,因此可以基于副本图案的高度检测出干燥状态。

[0270] 尽管已经在这个例子中示出了形成包含一种类型的导电聚物流体和一种类型的金属纳米流体的混合流体层的模式,但是,包含一种类型的导电聚物流体和多种类型的金属纳米流体的混合流体层的模式,形成包含多种类型的导电聚物流体和一种类型的金属纳米流体的混合流体层的模式,形成包含多种类型的导电聚物流体和多种类型的金属纳米流体的混合流体层的模式,都可以替代地被采用。

[0271] 此外,可以通过形成至少三层来形成具有渐变组成的导电图案。这三个层可以包括仅由导电聚物流体组成的层或者仅由金属纳米颗粒组成的层。

[0272] (混合流体的排出控制的描述)

[0273] 接着,将详细描述根据绘制混合方法的喷墨头 50 的排出控制。图 20 和 21 是根据绘制混合方法的喷墨头 50 的排出控制的示意图。在本例子所示的绘制混合方法中,喷墨头 50-11 的排出速率和喷墨头 50-12 的排出速率设置为彼此不同以改变混合流体的混合比。

[0274] 图 20A-20D 示出如下情形中的排出控制:其中具有更大排出速率(更高的混合比率)的流体首先被排出(首先着陆在基底材料上),具有更小排出速率(更小的混合比率)的流体随后被排出(随后着陆于基底材料上)。

[0275] 让我们做以下假定: D_{11} 表示首先排出的空中液滴的直径, D_{12} 表示随后排出的空中液滴的直径, D_{21} 表示通过首先排出的液滴而形成在基底材料上的点 130(外圈线所示)的直径,以及 D_{22} 表示通过随后排出的液滴而形成在基底材料上的点 132(如涂黑部分所示)的直径。而且,空中的液滴的直径是基于排出体积所计算的值,其中假设空中的液滴具有球形形状。

[0276] 图 20A 示出这样的情形:其中点 130 的点间距 W_1 设置为超过点 130 的直径 D_{21} 的一半,并小于点 130 的直径 D_{21} ($D_{21}/2 < W_1 < D_{21}$),而点 132 形成在两个相邻的点 130 之间的位置(中间位置)。

[0277] 当点 130 和点 132 形成为如图 20A 所示时,可以想到,形成了具有精细宽度的混合流体的图案,不会有突起和参差不齐的发生。此外,可以想到,点 130 和点 132 的混合以有利的方式进行。

[0278] 图 20B 示出这样的情形:其中点 130 的点间距 W_1 设置为超过点 130 的直径 D_{21} ($W_1 > D_{21}$),点 132 着陆于与点 130 相同的位置($W_1 = W_2$)。

[0279] 在这种情况下,因为形成点 130 的液滴在基底材料上湿性延展,相邻的点 130 如虚线所示地彼此接触。

[0280] 当点 130 和点 132 形成为如图 20B 所示时,可以想到,形成了具有精细宽度的混合

流体的图案,不会有突起和参差不齐的发生。此外,可以想到,点 130 和点 132 的混合以有利的方式进行。另一方面,因为点 130 和点 132 分散地形成,担心可能会发生参差不齐。

[0281] 图 20C 示出这样的情形:其中点 130 的点间距 W_1 设置为超过点 130 的直径 D_{21} 的一半,并小于点 130 的直径 D_{21} ($D_{21}/2 < W_1 < D_{21}$),而点 132 着陆在与点 130 相同的位置 ($W_1 = W_2$)。

[0282] 当点 130 和点 132 如图 20C 所示地形成时,可以想到,不会发生参差不齐,点 130 和点 132 的混合以有利的方式发生。另一方面,因为形成点 130 和点 132 的流体的填充得以增强,担心可能不能获得精细宽度或者会发生突起。

[0283] 图 20D 示出这样的情形:其中点 130 的点间距 W_1 设置为超过点 130 的直径 D_{21} ($W_1 > D_{21}$),点 132 形成在两个相邻的点 130 之间的位置(中间位置)。

[0284] 在这种情况下,点 132 充填两个相邻的点 130 之间的间隙以产生其中点连接为一体的状态。

[0285] 当点 130 和点 132 形成为如图 20D 所示时,可以想到,可以形成具有精细宽度的混合流体图案,不会发生突起。另一方面,因为相邻的点 130 之间的空间被小于点 130 的点 132 充填,所以担心会发生参差不齐。点 130 和点 132 的混合不充分也是一个担心。

[0286] 图 21A-21D 示出在如下情形中的排出控制:其中具有更小排出速率(更低的混合比率)的流体首先被排出(首先着陆在基底材料上),具有更大排出速率(更高的混合比率)的流体随后排出(随后着陆在基底材料上)。而且,在图 21 中,与图 20 中相同的或者类似的部分用相同的附图标记予以表示并且其描述将被省略。

[0287] 图 21A 示出这样的情形:其中点 130 的点间距 W_1 设置为大致等于点 130 的直径 D_{21} ($W_1 < D_{21}$ 且 $W_1 \approx D_{21}$),两个相邻的点 130 形成为稍微彼此重叠,点 132 形成在两个相邻的点 130 之间的位置(中间位置)。

[0288] 当点 130 和点 132 形成为如图 21A 所示时,可以想到,会形成具有精细宽度的混合流体的图案,不会发生突起和参差不齐。此外,可以想到,点 130 和点 132 的混合以有利的方式进行。

[0289] 图 21B 示出这样的情形:其中点 130 的点间距 W_1 设置为小于点 130 的直径 D_{21} ($W_1 < D_{21}$),点 132 着陆在与点 130 相同的位置,点 132 的点间距 W_2 设置为大致等于点 132 的直径 D_{22} ($W_2 = D_{22}$)。

[0290] 当点 130 和点 132 形成为如图 21B 所示时,可以想到,形成了具有精细宽度的混合流体的图案,不会有突起发生。此外,可以想到,点 130 和点 132 的混合以有利的方式进行。另一方面,因为点 130 分散地形成,担心可能会发生参差不齐。

[0291] 图 21C 示出这样的情形:其中点 130 的点间距 W_1 设置为超过点 130 的直径 D_{21} 的一半,并小于点 130 的直径 D_{21} ($D_{21}/2 < W_1 < D_{21}$),而点 132 着陆在与点 130 相同的位置 ($W_1 = W_2$)。

[0292] 当点 130 和点 132 如图 21C 所示地形成时,可以想到,不会发生参差不齐,点 130 和点 132 的混合以有利的方式发生。另一方面,因为形成点 130 和点 132 的流体的填充得以增强,担心可能不能获得精细宽度或者会发生突起。

[0293] 图 21D 示出这样的情形:其中点 130 的点间距 W_1 设置为超过点 130 的直径 D_{21} ($W_1 > D_{21}$),点 132 形成在两个相邻的点 130 之间的位置(中间位置),点 132 的点间距 W_2 设置为超过点 132 的直径 D_{22} ($W_2 > D_{22}$)。

[0294] 在这种情况下,点 132 充填两个相邻的点 130 之间的间隙以产生其中点连接为一

体的状态。

[0295] 当点 130 和点 132 形成为如图 21D 所示时,可以想到,可以形成具有精细宽度的混合流体图案,不会发生突起。另一方面,因为相邻的点 130 之间的空间被小于点 130 的点 132 充填,所以担心会发生参差不齐。点 130 和点 132 的混合不充分也是一个担心。

[0296] 综上所述,通过形成由首先排出的液滴形成的点 130 和形成由随后排出的液滴形成的点 132,如图 20A 和 21A 所示,可以形成导电图案,其具有精细宽度,并且不会发生突起和参差不齐,并且具有混合流体的有利的混合状态。

[0297] 此外,通过形成由首先排出的液滴形成的点 130 和形成由随后排出的液滴形成的点 132,如图 20B 和 21B 所示,可以形成导电图案,其具有精细宽度,并且不会发生突起,并且具有混合流体的有利的混合状态。

[0298] 而且,通过形成由首先排出的液滴形成的点 130 和形成由随后排出的液滴形成的点 132,如图 20C 和 21C 所示,可以形成导电图案,其具有精细宽度,并且不会发生参差不齐,并且具有混合流体的有利的混合状态。

[0299] 如图 20 和 21 所示的排出条件(点形成条件)同样适用于通过多次覆盖形成的层合图案的第二及随后的层。而且,当应用排出条件(点形成条件)到层合图案的第二及随后的层时,可以对关于形成第一层的流体的湿性延展,而不是对关于基底材料的湿性延展,加以考虑。在相同的层内的排出条件,关于溶剂沸点的条件、基底材料的温度条件以及关于扩散和混合的条件都可以应用于本实施方式。

[0300] [特定的应用例子]

[0301] 接着,将描述上面提及的利用导电图案形成方法(系统)形成的布线结构的应用例子。图 22 是通过利用上面描述的导电图案形成方法形成的触板 200 的剖开的透视图。

[0302] 对于如图 22 所示的触板 200,将无色、透明的氧化锡铟(ITO)用作金属纳米颗粒材料。换句话说,将本例子中所示的导电图案形成方法应用到上导电层 202 的透明电极薄膜 204 和下电极层 206 的透明电极薄膜 208。

[0303] 由附图标记 210 表示的构件是正面板,由附图标记 212 表示的构件是底部基板。触板 200 的结构详细描述和功能的描述将被省略。

[0304] 根据如上配置的导电图案形成方法和导电图案形成系统,通过形成具有渐变组成结构的导电图案作为形成在柔性薄膜上的有机 TFT 的源极布线和漏极布线,在所述渐变组成结构中沿厚度方向从基底材料(柔性薄膜和有机 TFT)开始导电聚合物的含量比率减少而金属微颗粒的含量比率增大,与基底材料的粘接性能得以保证,并且由于导电聚合物的柔性和电性能,在柔性薄膜上与有机 TFT 的电粘接成为可能,并且由于金属微颗粒的作用,作为源极布线和漏极布线的有利的电性能得以保证。

[0305] 此外,通过配制包含导电聚合物和金属纳米颗粒的功能流体以包含具有大于或等于 75° C 且等于或者小于 105° C 的沸点的低沸点溶剂,在着陆在基底材料上的液滴中的溶剂的蒸发得以促进,以抑制液滴(点)的延展,并且具有精细宽度的图案得以实现。

[0306] 而且,通过配制包含导电聚合物和金属纳米颗粒的功能流体以包含具有等于或高于 190° C 且等于或低于 290° C 的沸点的高沸点溶剂,喷墨头的喷嘴的变干得以防止,并且异常排出的发生得以防止。此外,因为着陆在基底材料上的液滴(点)的干燥得以优化,所以可以获得更有利的平面形状的点并且可以实现点的平面化。

[0307] 而且,通过优化排出的液滴直径、点直径和点间距,具有精细宽度并且不会发生突起和参差不齐的有利的导电图案可以得以形成。

[0308] 而且,通过给精细图案的外侧施加流体排斥性处理,可以形成精细图案。流体排斥性处理的特定的例子包括其中在惰性气体气氛中进行照射激光束的模式。

[0309] 尽管在本实施方式中主要示例形成在柔性薄膜 1 上的有机 TFT2 的源极布线 3 和漏极布线 4,但是导电图案形成方法和导电图案形成系统可以广泛地适用于形成在基底材料上的电气布线,包括在元件之间的电气布线,例如形成在晶片上的 IC 芯片,或者印刷布线基板,在元件和连接器之间的电气布线,等等。

[0310] 此外,精细图案可以在基底材料的平面方向拼接在一起以形成垫(电极)。例如,通过在宽度方向以连续方式形成多个具有一个点宽的精细图案,并且形成所述多个精细图案为以使得相邻的精细图案彼此接触,可以形成超过一个点宽度的更宽的图案。

[0311] 还可以通过间断地形成具有一个点宽度的精细图案,随后形成具有一个点宽度的精细图案来充填所述间断地形成的具有一个点宽度的精细图案之间的空间(间隙),来形成垫。

[0312] 在其中利用如图 4 或者 17 所示的头 50 在两个正交方向(例如,主扫描方向和竖直扫描方向)执行扫描的配置中,具有一个点宽度的精细图案的形成方案可以设置为主扫描方向,多个具有一个点宽度的精细图案可以形成在竖直扫描方向,或者,具有一个点宽度的精细图案的形成方向可以设置为竖直扫描方向,而多个具有一个点宽度的精细图案可以形成在主扫描方向。

[0313] 通过如图 4 和 17 所示的装置配置,因为点可以形成在基底材料上的任意液滴着陆位置处,可以在具有一个点宽度的精细图案的一部分(中央部分、末端部分等)处形成延伸的宽度部分。而且,在有利的模式中,该延伸的宽度部分的宽度设置为大于或等于两倍的精细图案宽度。

[0314] [另一实施方式]

[0315] 接着,将描述本发明的另一实施方式。图 23 是示出导电图案所形成在的柔性薄膜 1(参照图 1)的表面的一部分的放大图,其示出了电气布线 321(其对应如图 1 所示的源极布线 3、漏极布线 4 等)和垫 322 以及连接到电气布线 321 的陆台 323。注意到,有机 TFT2(参照图 2)没有示出在图 23 中。

[0316] 如图 23 所示的垫 322 是 IC(模块)和裸芯片粘接到其上的导电图案。垫 322 具有比电气布线 321 更大的宽度并具有矩形平面形状。此外,陆台 323 是连接到电气布线 321 的导电图案并具有圆形或者半圆形的平面形状。对于具有多层结构的柔性薄膜(基板),可以在陆台 323 上形成通孔。

[0317] 在本说明书中,具有比电气布线 321 更大宽度的导电图案,例如如图 23 所示的垫 322 和陆台 323,有时可以称作“垫”,而不在垫 322、陆台 323 等之间进行区分。换言之,不管是否为平面形状,不管是否形成通孔,具有比具有精细宽度的电气布线更大的宽度(每单位长度更大的表面积)的导电图案将被称作“垫”或者“电极”。

[0318] 而且,可以形成粘接到电气布线 321 的隆起(bump)。隆起是电连接安装在不同基板上的连接主体的导电图案,并且为例如半球的或者梯形的金属突起,其形成在电连接端子部分上并且在当将形成在硅片上的 IC 芯片直接安装到印刷电路基板上时进行使用。隆

起被要求具有与基底材料的粘着性以及良好的电气性能。

[0319] 具有高导电率的金属,例如金 (Au)、银 (Ag) 和铜 (Cu) 用于垫 322 (陆台 323)。同时,基底材料 (柔性薄膜 1) 和垫 322 之间的粘接需要预定的机械强度。因此,通过将导电聚合物用于基底材料和垫 322 之间的粘接部分,可以保证良好的粘接强度和电性粘接,通过在厚度方向增大金属纳米颗粒的含量比率,可以保证良好的电气性能。

[0320] 在下面介绍的另一个实施方式中,将描述这样的模式:其中形成垫 322 以连接到形成在柔性薄膜 1 上的电气布线 321 (连接到有机 TFT2 的源极端子和漏极端子的电气布线),并且垫 322 具有渐变组成,其中从基底材料 (柔性薄膜 1) 开始导电聚合物的含量比率减少而金属纳米颗粒的含量比率增大。

[0321] 在以下描述中,根据墨混方法或者绘制混合方法制造垫 322,其中导电聚合物的组成组分比率从 100% 变化到 20% 而金属纳米颗粒 (Au 微颗粒) 的组成组分比率从 0% 变化到 80%。尽管可以想到各种厚度的垫 322,但是,在本情形中,垫 322 的厚度设置为大致等于电气布线 321。而且,用相同的附图标记表示相似或者相同的已经描述的部件 / 部分并且其描述将被省略。

[0322] 因为垫 322 的底部表面 (基底材料一侧的表面) 由导电聚合物构成,因此基底材料的粘接强度得以保证。此外,垫 322 的顶部表面 (最外侧的表面) 由金属纳米颗粒组成。而且,焊接、导电胶粘剂等可以用于彼此电性粘接垫 322 和 IC 芯片等。

[0323] (通过墨混方法形成垫)

[0324] 如图 4-6 所示的配置可以用作用于根据墨混方法形成垫 322 的系统 (装置) 配置。此外,因为如图 7 所示的流程图和如图 8 所示的流程图可以用作形成垫 322 的方法,因此详细的描述在此将被省略。

[0325] 而且,当需要垫 322 的厚度大于电气布线 321 的厚度时,在形成各功能流体的层 (在图 8C 中由附图标记 3A-3E 表示) 的形成过程中,各功能流体被覆盖。

[0326] (通过绘制混合方法形成垫)

[0327] 如图 6、17 和 18 所示的配置可以用作用于根据绘制混合方法形成垫 322 的系统 (装置) 配置。此外,因为如图 7 所示的流程图和如图 19 所示的形成方法可以用作形成垫 322 的方法,因此详细的描述在此将被省略。

[0328] 而且,两个喷墨头 50-11 和 50-12 布置为尽可能彼此靠近以为了防止在混合流体层中由于导电聚合物流体和金属纳米流体中的仅一个干燥导致导电聚合物流体和金属纳米流体的不充分的扩散和混合。

[0329] 此外,当导电聚合物流体和金属纳米流体同时排出时,从喷墨头 50-11 排出的导电聚合物流体的液滴和从喷墨头 50-12 排出的金属纳米流体的液滴可以设置为在着陆之前在空中彼此碰撞和混合。

[0330] 而且,尽管将在后面描述细节,但是,有利地,两个喷墨头 50-11 和 50-12 配置为以使得其中设置各喷嘴的宽度设置为大于单个垫的图案宽度以及以使得通过台 30 (参照图 17) 的单次运动形成单一层。相应地,金属纳米流体和导电聚合物流体彼此更易于混合。

[0331] 此外,为了促进墨的扩散和混合,作为基底材料的柔性薄膜 1 可以通过控制台 30 进行超声波处理。在这种情况下,可以通过超音扫频或者改变柔性薄膜 1 的位置以减少超声波结点的发生来有利地执行超声工艺。当形成精细电气布线图案时,也可以应用这些技

术。

[0332] 根据上面描述的绘制混合方法,垫 322 可以利用喷墨头形成。此外,绘制混合方法的有利之处在于,更少类型的功能流体和更少数量的喷墨头就足够了,而不管形成的层数如何。任何数量的包含金属纳米流体和导电聚合物流体的混合层可以被层合,只要这些层形成为以使得各种墨混合比率逐渐变化。

[0333] (排出控制(点配置)的描述)

[0334] 在根据绘制混合方法的垫形成中,在后排出的流体可以着陆为以使得重叠其中已经着陆有在先排出的流体的位置。特别地,当执行间断排出并且点彼此间隔开时,通过在在先排出的流体干燥之前将在后排出的流体着陆在与在先排出的流体相同的位置,各流体的扩散和混合得以促进并且混合的流体以有利的方式湿性延展。

[0335] 此外,可以采用这样的模式:其中利用两个头通过组合间断排出和同时液滴着陆,混合流体(点)大致同时着陆。

[0336] 而且,如图 24A-24D 所示,用于防止点之间的着陆干涉的有利的模式包括干燥离散设置的点(其中两种类型的墨充分扩散的点),然后形成点以充填离散布置的点之间的空间。

[0337] 干燥离散布置的点的特定例子包括这样的模式:其中待随后施加的墨预先被加热。可以通过布置两个头以彼此充分靠近来实现更好的效果。

[0338] 例如,当形成如图 19C 所示的混合层 120-2 时,通过在第一扫描操作(图 24A)中从喷墨头 50-11 间断排出导电聚合物流体,导电聚合物流体的点 122-1 被离散地形成。

[0339] 接着,通过第二扫描操作中从喷墨头 50-12 间断地排出金属纳米流体,如图 24B 所示,金属纳米流体的点 124-1 以重叠的方式形成在与在第一扫描操作中形成的导电聚合物流体 122-1 相同的位置处。

[0340] 而且,通过第三扫描操作中从喷墨头 50-11 间断地排出导电聚合物流体,如图 24C 所示,导电聚合物流体的点 122-2 形成为充填在第一扫描操作中已经形成的导电聚合物流体的点 122-1 之间的空间。

[0341] 随后,通过第四扫描操作中从喷墨头 50-12 间断地排出金属纳米流体,如图 24D 所示,金属纳米流体的点 124-2 以重叠的方式形成在与在第三扫描操作中形成的导电聚合物流体 122-2 相同的位置处。

[0342] 随后,以类似的方式,可以形成具有不同混合比率的导电聚合物流体和金属纳米流体的混合流体层。如所示的,通过间断地且离散地布置导电聚合物流体和金属纳米流体以形成混合流体层以使得通过多次扫描操作充填间隙,可以缩短用于扩散和混合所需的时间段。

[0343] 此外,当两种类型的流体之一以高的速率干燥时,通过使得一种流体随后排出,首先可以防止具有更高干燥速率的流体的干燥的进行,并且可以防止不充分的扩散和混合。

[0344] 而且,在其中使用多种类型的金属纳米流体的模式中,可以使用两种类型的金属纳米流体的混合流体。例如,当形成金纳米颗粒和铜纳米颗粒的混合层时,可以采用分别使用金纳米颗粒流体、铜纳米颗粒流体、和 50%-50% 混合的金纳米颗粒流体和铜纳米颗粒流体的混合流体层的模式。

[0345] (根据绘制混合方法的排出控制的其它模式)

[0346] 图 25A 和 25B 是其中根据绘制混合方法具有更少百分数的组分首先施加而具有更大百分数的组分随后施加的模式示意图。

[0347] 在图 25A 中,阴影点 124-11 代表首先施加的金属纳米流体的点。另一方面,由虚线画出的点 122-11 表示在金属纳米流体施加之后施加的导电聚物流体的虚线点。

[0348] 金属纳米流体和导电聚物流体具有 2:8 的百分数,其确定了由金属纳米流体形成的点 124-11 的数量和由导电聚物流体形成的点 122-11 的数量之间的比率。

[0349] 而且,尽管没有示出,由导电聚物流体形成的点 122-11 也形成在与由金属纳米流体形成的点 124-11 相同的液滴着陆位置。

[0350] 图 25 示出这样的状态:其中在由首先施加的金属纳米流体形成的点 124-11 已经充分湿性延展之后施加导电聚物流体。

[0351] 这样,由于由首先施加的金属纳米流体形成的点 124-11 的充分的湿性延展和充分的变薄,因为由导电聚物流体形成的点 122-11 在它湿性延展时在厚度方向扩散和混合,所以由金属纳米流体形成的点 124-11 和由导电聚物流体形成的点 122-11 的扩散和混合所需的时间段可以缩短。

[0352] 有利地,为了改善由首先施加的金属纳米流体形成的点 124-11 的湿润性,柔性薄膜 1 受到改性处理(亲液处理),或者提高湿润性的组分被加入到金属纳米流体。

[0353] [应用例子]

[0354] 接着,将描述根据上面提及的第一和第二实施方式以及另一实施方式的应用例子。

[0355] (根据绘制混合方法的排出控制)

[0356] 在绘制混合方法中,导电聚物流体和金属纳米流体可以同时从喷墨头 50-11 和喷墨头 50-12 排出以形成每个层,或者,导电聚物流体和金属纳米流体可以以导电聚物流体和金属纳米流体的顺序排出。

[0357] 在其中导电聚物流体和金属纳米流体顺序排出以形成单层并且其中两种流体之间的排出速率存在差异,或者,换言之,当两种流体的排出速率比不是 50%-50% 的情形中,可以采用其中具有更高排出速率的流体首先被排出的配置。

[0358] 特别地,在其中首先排出的流体明显干燥的情形中(其中首先排出的流体具有与随后干燥的流体的干燥相比,更加快速地进行干燥的属性的情形),因为排出速率越低,干燥更加快速,所以具有更高排出速率的流体有利地首先排出。相应地,两种类型的流体的扩散和混合可以以平稳的方式进行。

[0359] 而且,在这种情况下,随后排出的具有更低排出速率的流体可以利用比预定尺寸更小的液滴以提高的点间距密度排出。相应地,可以缩短扩散和混合所需的时间段。

[0360] 这样,在将下层设置为半干燥状态的同时形成上层可以使得在上下层之间的扩散进行到某种程度。在这点上,可以避免上下层之间的分界面消失的状态,或者,换言之,可以避免其中上下层完全扩散和混合而在上下层之间没有区别的状态。(干燥状态的检测)

[0361] 在形成各个混合流体的层(垫)之后,在柔性薄膜 1 的其中尚未形成图案的区域中,可以层合副本(dummy)图案,可以利用激光器等光学位移传感器来测量副本图案的高度。因为在其中尚未进行干燥且溶剂仍然保留的状态下薄膜厚度增大,因此可以基于副本图案的高度检测出干燥状态。

[0362] (半干燥工艺)

[0363] 接着,将参照图 26-29 描述半干燥工艺。尽管将在下面利用由导电聚物流体和金属纳米流体形成的垫的例子描述半干燥工艺,但是,显然,半干燥工艺可以应用到利用导电聚合物和金属纳米颗粒的布线(例如如图 1 所示的源极布线 3 和漏极布线 4)。

[0364] 在本发明中,当流体排出在已经在下方形成的层的上面以形成上层时,重要的是,下层干燥到其中下层流体中的溶剂组分尚未完全蒸发的程度。

[0365] 在其中使用快速干燥的流体并且在排出后发生快速干燥的情形中,减少下层干燥程度的化学处理可以在形成上层之前立即施加。当混合层 120-2 层合在导电聚物流体层 120-1 上时,如图 26A 所示,化学剂 125 从喷墨头 50-13 施加到混合层 120-2 的表面,如图 26B 所示,以为了抑制混合层 120-2 的完全硬化。

[0366] 结果,与其中没有施加化学剂 125 的情形相比,可以形成下一层,而混合层 120-2 的干燥过程被延迟并且保持有利的半干燥状态。图 26C 示出其中用于形成下一混合层的导电聚物流体和 Au 纳米颗粒流体被排出在混合层 120-2 的表面的状态。

[0367] 例如,当导电聚物流体(金属纳米流体)的溶剂用作化学剂 125 时,可以事先将溶剂施加于下层或者将下层浸没在溶剂中。此外,不必使用相同的溶剂。在水-基墨的情形下,可以使用水或者醇,在溶剂-基墨的情形下,可以使用具有相似的极性或者分子量的溶剂。

[0368] 而且,减少下层的干燥程度的化学处理可以在形成上层之后施加而不是在形成上层之前立即施加。这样的处理是有效的,因为化学剂也从上层穿过。此外,相同的溶剂可以用于上下层,或者溶解下层的内容物的溶剂可以用于上层的流体上。

[0369] 而且,化学处理促进构成混合层的多种流体之间(层间)的扩散。图 27-29 是示意性地示出根据这些模式的化学处理的示意图。图 27A-27C 示出其中在形成混合层之前施加化学剂的模式,图 28A-28C 示出在形成混合层之后施加化学剂的模式,以及图 29A-29C 示出在形成混合层过程中施加化学剂的模式。

[0370] 图 27A 是其中化学剂 125 从喷墨头 50-13 施加到导电聚物流体层 120-1 的状态。图 27B 是其中在化学剂 125 已经施加到导电聚物流体层 120-1 的表面之后导电聚物流体从喷墨头 50-11 施加的状态,图 27C 是其中在已经施加导电聚物流体之后金属纳米流体从喷墨头 50-12 施加的状态。

[0371] 在图 27C 所示的状态中,化学剂在导电聚物流体层 120-1 的表面附近接收。

[0372] 通过在由导电聚物流体和金属纳米流体形成混合层之前以这种方式施加化学剂 125,导电聚物流体和金属纳米流体的干燥可以被抑制,并且同时,导电聚合物和金属纳米颗粒的扩散可以在混合层内被促进。

[0373] 此外,下层(导电聚物流体层 120-1)的干燥的进展变缓,并且因为在下层和混合层(上层)之间的边界附近还发生层间扩散,所以下层和上层之间的粘着性增强。

[0374] 图 28A 是其中导电聚物流体(层)122 从喷墨头 50-11 施加到导电聚物流体层 120-1 的表面的状态,图 28B 是其中金属纳米流体 124 从喷墨头 50-12 施加到导电聚物流体 122 上的状态。

[0375] 图 28C 是其中化学剂 125 在已经施加形成混合层的导电聚物流体(层)122 和金属纳米流体(层)124 后从喷墨头 50-13 予以施加的状态。通过以这种方式在施加构成

混合层的导电聚合物流体和金属纳米流体后施加化学剂 125, 混合层内的导电聚合物和金属纳米颗粒的扩散可以被促进, 同时抑制导电聚合物流体和金属纳米流体的干燥 (或者, 即便导电聚合物流体和金属纳米流体的干燥进行, 同时用化学剂 125 溶解导电聚合物流体和金属纳米流体)。

[0376] 此外, 混合层 (在形成下一混合层中的下层) 的干燥进程变缓以保持有利的半干燥状态, 以及由于在混合层和接着形成的上层之间的边界附近发生层间扩散, 在混合层和接着形成的上层之间的粘着性得以增强。

[0377] 图 29A 是其中导电聚合物流体 (层) 122 从喷墨头 50-11 施加到导电聚合物流体层 120-1 的表面的状态。图 29B 是其中在化学剂 125 从喷墨头 50-13 施加到导电聚合物流体层 122 的上面的状态, 以及图 29C 是其中金属纳米流体 (层) 124 从喷墨头 50-12 施加到化学剂 125 已经施加到其上的导电聚合物流体 (层) 122 上面的状态。

[0378] 通过以这种方式在形成混合层的过程中施加化学剂 125, 在混合层中铜纳米颗粒和金纳米颗粒的扩散可以得以促进, 同时抑制导电聚合物流体层 122 和金属纳米流体层 124 的干燥。

[0379] 当如上所述地施加化学剂 125 时, 可以有利地使用喷墨头, 因为存在这样的优点, 即, 可以采用简化的配置, 因为化学剂 125 可以在相同的装置中予以施加, 并且由于喷墨的流体节省特性, 更小剂量的化学剂就已经足够了。

[0380] 此外, 溶剂的干燥程度可以在形成下层之后或者形成期间被测量从而反馈至上层的形成中。例如, 层的粗糙度和反射强度通过激光器或类似物进行测量, 并用作干燥度指示。

[0381] 干燥程度可以通过开始接触尚未用作功能材料的区域或者为了测量目的而单独提供的副本区域进行测量。此外, 通过使得吸收剂纤维或者纸张接触薄膜, 可以基于溶剂墨的吸收程度进行确定干燥程度。排出下一层的时机可以基于干燥程度的确定而进行决定以进行下层的进一步的硬化。

[0382] 在当由紫外线等进行照射会硬化的 UV 单体墨的情形中, 照射可以在低于完全硬化所需的曝光的曝光下执行, 以为了促进上下层的扩散。此外, UV 单体墨的硬化可以通过在层形成后曝光整个层而得以实现, 或者可以在液滴着陆之后立即利用紧凑的 UV 曝光源例如 UV-LED 予以执行, 其中所述 UV-LED 可以用于在用头或台进行扫描操作的同时执行扫描操作。

[0383] 因为 UV 单体墨具有这样的特征, 即即使在受热时其中溶剂也更不易于蒸发, 所以, 当使用单体墨时, 层间扩散和层中扩散可以由于加热而得以促进。

[0384] 而且, 在液滴着陆后立即曝光的方法适于形成复杂的图案。即使当使用 UV 单体墨时, 干燥程度或者硬化程度可以以类似于上面描述的溶剂的情形的方式予以测量。

[0385] 当利用单体墨例如 UV 单体墨时, 还可以采用其中利用荧光测量硬化程度的模式。

[0386] 而且, 半干燥工艺也可以应用到利用墨混方法形成导电图案中。排出化学剂的喷墨头 50-13 可以被加入到如图 4 所示的系统配置中, 并且可以在形成构成渐变组成的各个层 (图案) 之前、之后、或者之前及之后增加化学剂施加的步骤。

[0387] (流体排斥性处理框架)

[0388] 接着, 将参照图 30 描述流体排斥性处理框架。

[0389] 当在上层已经形成之后上层流体落离下层的边缘部分,或者在下层的边缘部分之上伸出时,层的高度会变得不均一并且会发生功能材料方面的缺陷。为了防止这样的现象,在形成下层之后,下层的边缘部分可以被赋予相对于接下来形成的上层流体的流体排斥性。

[0390] 图 30A 是当功能流体层 380-1 直接形成在柔性薄膜 1 上并且流体排斥性处理部分 381 随后形成在功能流体层 380-1 的边缘部分中时沿着虚线 A-A 剖开的顶视图和截面视图。此外,图 30B 是当功能流体层 380-2 随后形成在功能流体层 380-1 的顶部时沿着虚线 A-A 剖开的顶视图和截面视图。

[0391] 如图 30B 所示,由于形成在功能流体层 380-1 的边缘部分中的流体排斥性处理部分 381,形成功能流体层 380-2 的排出在功能流体层 380-1 的表面的流体被防止突出到流体排斥性处理部分 381 之外。因此,功能流体层 380-2 可以适当地形成在功能流体层 380-1 的上层中。

[0392] 各种印刷术可以用于形成流体排斥性处理部分 381,包括利用光掩膜的图案处理技术、直接激光成像、激光扫描、利用喷墨的图案处理技术以及丝网印刷技术。

[0393] 通过以这种方式对图案(层)的边缘部分施以流体排斥性,可以高精度地形成渐变功能材料。

[0394] (边缘框架)

[0395] 接着,将参照图 31 描述边缘框架。

[0396] 代替流体排斥性处理,可以进行包括给边缘部分提供凸状框架的处理以为了防止上层的流体落离下层的边缘部分或者在下层的边缘部分之上突出。

[0397] 图 31A 是当功能流体层 382-1 直接形成在柔性薄膜 1 上并且边缘框架 383-1 随后形成在功能流体层 382-1 的边缘部分中时沿着虚线 A-A 剖开的顶视图和截面视图。

[0398] 可以利用各种印刷技术来形成边缘框架 383-1,包括利用喷墨的图案形成技术或者丝网印刷技术。当进行利用喷墨的图案形成技术时,有效的方法包括利用 UV 单体墨形成图案并在随后立即曝光图案以硬化和形成边缘框架 383-1。

[0399] 在这种情况下,“单体墨”是指包含功能单体(可聚合的化合物)作为主要成分的墨,并且还包含表面活性剂、聚合引发剂、聚合抑制剂、除了单体之外的溶剂,等等。而且,颜料和微颗粒,例如金属纳米颗粒和陶瓷颗粒,可以被分散,或者,功能聚合物或类似物可以溶解在单体墨中。

[0400] 图 31B 是当功能流体层 382-2 形成在如图 31A 所示的功能流体层 382-1 的顶部上时沿着虚线 A-A 剖开的顶视图和截面视图。

[0401] 如图 31B 所示,由于形成在功能流体层 382-1 的边缘部分中的边缘框架 383-1,形成功能流体层 382-2 的排出在功能流体层 382-1 的表面的流体被防止突出到边缘框架 383-1 之外。因此,功能流体层 382-2 可以适当地形成在功能流体层 382-1 的上层中。

[0402] 而且,图 31C 是示出当从如图 31B 所示的状态形成边缘框架 383-2 和 383-3 以及进一步形成边缘框架 383-4 时形成的功能流体层 382-3 和 382-4 的截面视图。

[0403] 由于边缘框架 383-4,功能流体层可以进一步形成在功能流体层 382-4 的上面,同时防止流体突出。

[0404] 通过顺序地给图案(功能流体层)的边缘提供框架,然后形成上功能流体层,即使

当存在多个墨层或者当图案复杂时仍可以高精度地形成渐变功能材料。

[0405] (喷墨头的头长)

[0406] 当根据绘制混合方法排出两种类型的墨而形成混合层时,有利地,可以采用这样的配置(长型头),即,其中喷墨头的头部的总长度(头长)比基底材料的一边更长,并且每个层通过一次通过而形成。特别地,当两种类型的墨顺序地排出时,如参照图 26 描述的,随后排出的流体有利地通过单次通过而形成。对于通过利用喷墨头执行多次扫描操作,随后排出的流体以分离方式排出的配置,问题在于,在第一次扫描操作和第二次扫描操作之间的时长增大,并且发生扩散程度的差异。为了避免这样的现象,利用长型头通过单次通过来执行排出。

[0407] 图 32A 是示出形成在基底材料 390(如图 1 所示的柔性薄膜 1)上的渐变功能材料的区域 391 和头 350 的宽度方向之间的关系的关系的示意性视图。

[0408] 例如,如图 32A 所示,头 350 的喷嘴 351 有利地布置为比基底材料 390 的宽度更长。通过采用这样的配置,从头 350 到区域 391 的墨排出可以通过头 350 与基底材料 390 的单次相对运动(单次通过)而适当地执行。而且,头 350 可以小于基底材料 390 的宽度,只要喷嘴 351 的配置形成为长于区域 391 的宽度。

[0409] 此外,在其中由于基底材料 390 等的大的尺寸而难以配置如图 32A 所示的头 350 的情形中,足够长以覆盖基底材料 390 的宽度的头部 353 可以通过组合如图 32B 所示的多个短的头模块 352 而构成,由此,头部 353 可以作为单个头 350 进行处理。

[0410] (绘制迹线测量)

[0411] 接着,将参照图 33 和 34 描述绘制迹线(drawing trace)测量。

[0412] 不管是施加何种绘制混合方法还是上面描述的绘制混合方法,当使用快速干燥流体时,可能在流体已经排出到其上的层上发生绘制迹线。

[0413] 图 33 示出这样的例子,即,其中使用具有大约 160°C 的沸点的基于有机溶剂的墨,并且通过在从图中的左到右然后从上到下的光栅扫描方式中,从单一喷嘴排出流体到被加热到大约 60°C 的基底材料上,而形成功能流体层 392。当以这种方式排出一排后紧接着排出下一排时,如果已经使用快速干燥流体,当绘制下一排时已经排出的排的干燥会产生绘制迹线。

[0414] 当发生这样的绘制迹线时,由于绘制迹线的方向所致的功能流体层 392 的各向异性增大,这作为渐变功能材料是不利的。

[0415] 改变头和基底材料的扫描方向对于降低这种各向异性是有效的。

[0416] 图 34 是示出在喷墨头 354 和形成在基底材料 393 上的功能流体层的区域 394 之间的相对运动的关系的示意图。当功能流体从喷墨头 354 排出以在区域 394 中形成图案(层)时,喷墨头 354 和基底材料 393 如图 34A 中的箭头所示地相对运动。在如图 4 所示的装置的情形中,台 30 通过台控制器 43 移动。

[0417] 在这点上,如果从喷墨头 354 排出的功能流体快速干燥,则在如图 33 所示的区域 394 中的功能流体层上会形成绘制迹线。

[0418] 因此,在完成排出流体到区域 394 之后,相对运动的方向变化 90° ,如图 34B 所示,然后流体再一次排出到区域 394。在如图 4 所示的装置的情形中,台 30 的运动方向可通过台控制器 43 进行变化。

[0419] 而且,如图 34C 所示,在改变基底材料 393 的方向 90 度之后,流体可通过光栅扫描方法以类似方法再一次排出到区域 394。在如图 4 所示的装置的情形中,在台 30 旋转 90 度之后,在与如图 34A 所示的相同的方向执行相对运动时,流体可以被排出。

[0420] 配置为以使得喷墨头 354 运动而不是基底材料 393 运动的装置同样如此,其中喷墨头 354 的运动方向可以变化,或者台 30 可以旋转 90 度而不改变喷墨头 354 的运动方向。

[0421] 这样,通过在执行相对运动的同时排出流体,然后在变化 90 度的方向执行相对运动的同时进一步排出流体,以形成单层,即便是当发生绘制迹线时可以减少各向异性。而且,在这种情况下,当相对运动方向已经变化 90 度时,改变方向大约 90 度会是足够的。

[0422] (经由不同组分的渐变组成的应用例子)

[0423] 在第一和第二实施方式中描述的源极布线 3 等以及在另一实施方式中描述的垫 322 可以通过使用多种金属纳米颗粒而具有渐变组成。一般地,因为金是难以氧化、稳定且软的金属,因此金用作电气布线 321 和垫 322 的顶部表面(最外侧表面)。然而,金具有昂贵的缺点。

[0424] 另一方面,铜由于便宜且高电导率而适用于形成在 IC 芯片的电极上的薄膜,并且当前被广泛用作表面安装布线的材料。采用铜薄膜也是有利的,因为铜具有比金更好的抗渗移性。但是,铜具有对氧化敏感的缺点,因此并不适合用作电气布线 321 和垫 322 的顶部表面。

[0425] 基于上述考虑,电气布线 321 和垫 322 可以配置为以使得从基底材料侧到顶部表面,组成从导电聚合物到铜然后从铜到金地渐变。

[0426] 下面将描述特定的例子,其中,关于形成垫 322,两种或多种类型的金属纳米颗粒被使用,并且每种组分配置为以具有渐变组成。

[0427] 在这样的情形中,例如,当电导率逐渐变化时,每个层可以经由不同的组分例如 Ag → Au → Pt → Ti 形成。如所示的,即便是包含多种组分的渐变功能材料也可以利用本发明予以形成。

[0428] 图 35A-35E 是示意性地示出其中形成包括四种组分的渐变功能材料的模式的示意图。Ag、Au、Pt 和 Ti 用作四种组分,并且 Ag 纳米颗粒流体、Au 纳米颗粒流体、Pt 纳米颗粒流体和 Ti 纳米颗粒流体分别从喷墨头 50Ag、喷墨头 50Au、喷墨头 50Pt 和喷墨头 50Ti 排出。

[0429] 图 35A 示意性地示出 Ag 纳米颗粒流体层形成步骤,其中由 Ag 纳米颗粒流体形成的 Ag 纳米颗粒流体层 120-21 形成在最底层的导电聚物流体层 120-1 的上面。在 Ag 纳米颗粒流体层形成步骤中,Ag 纳米颗粒流体从喷墨头 50Ag 排出,同时没有流体从喷墨头 50Au、喷墨头 50Pt 和喷墨头 50Ti 排出。

[0430] 图 35B 示意性地示出在 Ag 纳米颗粒流体层 120-21 的表面上形成混合层 120-22 的步骤。各流体以 80% 的 Au 纳米颗粒流体、15% 的 Ag 纳米颗粒流体、5% 的 Pt 纳米颗粒流体和 0% 的 Ti 纳米颗粒流体的比率排出,并且各流体充分扩散和混合。

[0431] 图 35C 示意性地示出其中混合层(包含 80:15:5:0 的混合比率的 Ag 纳米颗粒流体、Au 纳米颗粒流体、Pt 纳米颗粒流体和 Ti 纳米颗粒流体的混合层)形成在 Ag 纳米颗粒流体层 120-21 的上面的状态。

[0432] 图 35D 示意性地示出形成层合在之前形成的混合层 120-22 上的混合层

120-23(参照图 35E) 的步骤。

[0433] 在如图 35D 所示的混合层形成步骤中,各流体以 60% 的 Au 纳米颗粒流体、25% 的 Ag 纳米颗粒流体、10% 的 Pt 纳米颗粒流体和 5% 的 Ti 纳米颗粒流体的比率排出,并且各流体充分扩散和混合。

[0434] 图 35E 示意性地示出其中具有与混合层 120-22 不同的混合比率的混合层 120-23 层合在混合层 120-22 上的状态。这样,通过适当的改变四种流体的混合比率而形成渐变功能材料。

[0435] 而且,也可以采用其中渐变功能材料的最上层和最底层是混合层的模式,或者其中所有组分的混合比率并不单调增大或者单调减小的模式(例如,其中一部分组分具有固定混合比率的模式,或者包括逐渐增大和减小的混合比率二者的模式)。

[0436] 尽管其中使用四种(三种或者更多)组分的渐变功能材料根据绘制混合方法方法得以形成的模式已经在图 35A-35E 中示例出,但是,显然,渐变功能材料还可以利用三种或更多种类型的组分根据混方法形成。

[0437] 而且,当形成垫 322 时,流体排斥性处理可以应用到垫 322 的外侧。流体排斥性处理的特定的例子包括其中激光束在惰性气体气氛中进行照射的模式。

[0438] 对应于形成渐变功能材料的多种组分的多种墨可以以表面张力(表面能量)逐渐降低的顺序予以施加。当具有相对低的表面张力的流体首先施加而具有相对高的表面张力的流体随后施加时,随后施加的具有相对高的表面张力的流体不能充分扩散和混合,并且会在层内发生组分配。

[0439] 此外,尽管没有示出,通过以最密堆积(六角形)的方式绘制随后施加的流体,扩散和混合所需的时间段可以变短。

[0440] (对另一装置配置的应用例子)

[0441] 图 36 是示出根据对另一装置配置的应用例子的导电图案形成系统 10' 的示意性配置的配置图。而且,在图 36 中与之前已经描述过的相同或者相似的部件/部分用相同的附图标记予以表示并且其描述将被省略。

[0442] 如图 36 所示的导电图案形成系统 1' 采用所谓的卷到卷系统,其中柔性薄膜 1 从柔性薄膜 1 围绕其缠绕的卷 1A 绕出,并且在有机 TFT(在图 36 中未示出;参照图 1)和导电图案(在图 36 中未示出;图 1 中的源极布线 3、漏极布线 4 等等)形成之后通过卷 1B 予以缠绕。

[0443] 上面描述的导电图案形成方法和系统能够适用于制造导电图案结构的方法以及用于制造导电图案结构的系统(装置)。此外,组分可以被适当修改、增加和删除,而不脱离本发明的精神和范围。

[0444] [附录]

[0445] 如从上面给出的本发明的实施方式的详细描述所理解的,本说明书包括各种技术构思的公开,其至少包括下面描述的模式。

[0446] (第一模式):导电图案形成方法,包括步骤:通过从第一喷墨头排出包含导电聚合物或者以预定含量比率包含导电聚合物和金属微颗粒的第一功能流体,而在基底材料上形成第一图案;通过从第二喷墨头排出包含导电聚合物和金属微颗粒的第二功能流体而在第一图案上形成第二图案,其中与第一功能流体相比,第二功能流体中的导电聚合物的含

量比率减小而金属微颗粒的含量比率增大;以及通过从第三喷墨头排出包含导电聚合物和金属微颗粒的第三功能流体,在第二图案上形成第三图案,其中与第二功能流体相比,第三功能流体中的导电聚合物的含量比率降低且金属微颗粒的含量比率增大,由此,形成导电图案,该导电图案至少包括第一图案、第二图案和第三图案,并且所述导电图案具有渐变的组成,其中,通过利用具有导电聚合物和金属微颗粒的不同含量比率的三种或者更多种类型的功能流体,从基底材料开始,沿着厚度方向,导电聚合物的含量比率降低而金属微颗粒的含量比率增大。

[0447] 根据该模式,因为沿着厚度方向形成了具有渐变组成结构的导电图案,其中从基底材料开始,导电聚合物的含量比率减少而金属微颗粒的含量比率增大,所以在基底材料和导电图案之间的粘接部分处,由于高含量比率的导电聚合物,保证了与基底材料的粘着性,同时,通过增大金属微颗粒含量比率,实现了有利的电气性能。

[0448] (第二模式):根据第一模式的导电图案形成方法,其中,所述导电图案是形成在基底材料上的电气布线。

[0449] 根据该模式的电气布线包括电连接形成在基底材料上的电子器件或类似物的导电图案。

[0450] (第三模式):根据第一或者第二模式的导电图案形成方法,其中,所述导电图案是具有对应于构成导电图案的点的直径的宽度的电气布线。

[0451] 根据该模式的点直径有利地为在其中着陆在基底材料上的液滴的形状已经稳定的状态下的值。

[0452] (第四模式):根据第三模式的导电图案形成方法,其中,导电图案是具有这样结构的电极,在该结构中,具有对应于构成导电图案的点的直径的宽度的多个电气布线在电气布线的宽度方向连接。

[0453] 根据该模式,电极可以通过在电气布线的宽度方向连接具有有利的精细宽度的电气布线而形成。

[0454] 根据该模式的电极包括称为垫、陆台(land)和隆起的导电图案。

[0455] (第五模式):根据第一到第四模式的任何一个的导电图案形成方法,其中,功能流体包括具有大于或等于 75°C 且小于或等于 105°C 的沸点的低沸点溶剂。

[0456] 根据该模式,在基底材料上的功能流体的液滴(点)中的溶剂的蒸发得以促进,图案的延展被抑制,并且有利的精细电气布线得以形成。

[0457] (第六模式):根据第一到第五模式的任何一个的导电图案形成方法,其中,功能流体包括具有大于或等于 190°C 且小于或等于 290°C 的沸点的高沸点溶剂。

[0458] 根据该模式,通过喷墨方法实现有利的流体排出,同时,功能流体的图案(点)的干燥得以优化。

[0459] (第七模式):根据第一到第六模式的任何一个的导电图案形成方法,其中,当形成功能流体的图案时,基底材料被加热到大于或等于 45°C 且小于或等于 75°C 。

[0460] 根据该模式,通过加热基底材料,在基底材料上的功能流体的湿性延展得以抑制。

[0461] (第八模式):根据第一到第七模式的任何一个的导电图案形成方法,其中,当形成功能流体图案时,从喷墨头排出的流体的直径 D_1 、着陆在基底材料上的流体的点在点的形状已经稳定后的直径 D_2 、和形成在基底材料上的点之间的点间距 W 之间的关系满足以下

表达式： $D_1 < W < D_2$ 。

[0462] 根据该模式，可以形成具有有利的精细宽度的导电图案，并且可以避免参差不齐和突起的发生。

[0463] （第九模式）：根据第八模式的导电图案形成方法，其中，点直径 D_2 和点间距 W 之间的关系满足以下表达式： $W \leq D_2/2$ 。

[0464] 根据该模式，可以进一步形成具有均一精细宽度的导电图案。

[0465] （第十模式）：根据第一模式的导电图案形成方法，其中，导电图案是形成在基底材料上的电极。

[0466] 根据该模式的电极是具有超过具有精细宽度的电气布线的宽度的宽度的导电图案并且包括称为垫、陆台和隆起的导电图案。

[0467] （第十一模式）：根据第十模式的导电图案形成方法，其中，电极具有超过构成导电图案的点的直径的宽度。

[0468] 根据该模式的电极有利地具有大于或等于两倍的点直径的宽度。

[0469] （第十二模式）：根据第十或者第十一模式的导电图案形成方法，其中，当基底材料和喷墨头相对运动多次时，形成功能流体的图案，并且功能流体通过基底材料和喷墨头的一次相对运动离散地布置，离散布置的功能流体之间的空间通过基底材料和喷墨头的多次相对运动被内插。

[0470] 根据该模式，在功能流体着陆在基底材料上时的着陆干涉得以防止。此外，其中由于功能流体（点）的形状的变形而发生层变形为环状形状的咖啡染色的出现可以得以防止。

[0471] （第十三模式）：根据第一到第十二模式的任何一个的导电图案形成方法，进一步包括半干燥所形成的图案的步骤。

[0472] 根据该模式，扩散发生在各图案之间的边界的附近，并且各图案之间的粘着可以得以改善。

[0473] （第十四模式）：根据第十三模式的导电图案形成方法，其中，当形成的层快速干燥时，在半干燥步骤中干燥放缓。

[0474] 根据该模式，即使当使用快速干燥的流体时，也可以实现有利的半干燥状态。

[0475] （第十五模式）：根据第十三或者第十四模式的导电图案形成方法，进一步包括测量形成的图案的干燥程度的步骤，其中半干燥步骤基于测量的干燥程度执行。

[0476] 根据该模式，甚至在其中使用快速干燥的功能流体的情形中，也可以通过抑制干燥的进程将功能流体设置在半干燥状态，并且各层之间的边界附近的扩散可以得以促进。

[0477] （第十六模式）：根据第一到第十五模式的任何一个的导电图案形成方法，进一步包括，在以前的图案形成之后且在下一图案形成之前，施加促进混合流体中的导电聚合物和金属微颗粒扩散的辅助流体的步骤。

[0478] 根据该模式，首先形成的层和随后形成的层之间的粘着得以加强。

[0479] （第十七模式）：根据第一到第十六模式的任何一个的导电图案形成方法，其中，第一图案由包含导电聚合物并且不包含金属微颗粒的第一功能流体形成。

[0480] 根据该模式，可以更有效地产生导电聚合物的粘接性能和柔性。

[0481] （第十八模式）：根据第一到第十七模式的任何一个的导电图案形成方法，进一步

包括,在形成功能流体的图案后,对形成的图案的外部周边部分施以对于接着排出的功能流体的流体排斥性的步骤。

[0482] 根据该模式,可以防止接着排出的功能流体从下层突起。

[0483] (第十九模式):根据第一到第十八模式的任何一个的导电图案形成方法,进一步包括,在形成功能流体的图案后,对形成的图案的外部周边部分提供用于包围接着排出的功能流体的的框架的步骤。

[0484] 根据该模式,可以防止接着排出的功能流体从下层突起。

[0485] (第二十模式):根据第一到第十九模式的任何一个的导电图案形成方法,进一步包括给基底材料的表面施以对于首先被排出的功能流体的亲液性的步骤。

[0486] 根据该模式,首先排出在基底材料上的功能流体的湿润性可以得以改善。

[0487] (第二十一模式):根据第一到第十二模式的任何一个的导电图案形成方法,其中每一步骤在惰性气体气氛中执行。

[0488] 根据该模式,首先直接形成在基底材料上的层可以适当地得以形成。

[0489] (第二十二模式):导电图案形成系统,包括:多个喷墨头,其包括排出包含导电聚合物或者以预定含量比率包含导电聚合物和金属微颗粒的第一功能流体的第一喷墨头;排出包含导电聚合物和金属微颗粒的第二功能流体的第二喷墨头,其中与第一功能流体相比,第二功能流体中的导电聚合物的含量比率减小而金属微颗粒的含量比率增大;以及排出包含导电聚合物和金属微颗粒的第三功能流体的第三喷墨头,其中与第二功能流体相比,第三功能流体中的导电聚合物的含量比率降低且金属微颗粒的含量比率增大,所述多个喷墨头分别对应具有导电聚合物和金属微颗粒的不同含量比率的三种或者更多种类型的功能流体;以及排出控制装置,其控制多个喷墨头的排出以形成导电图案,该导电图案至少包括:通过从第一喷墨头排出第一功能流体而形成在基底材料上的第一图案、通过从第二喷墨头排出第二功能流体而形成在第一图案上的第二图案、以及通过从第三喷墨头排出第三功能流体而形成在第二图案上的第三图案,所述导电图案具有渐变组成,其中,通过利用具有导电聚合物和金属微颗粒的不同含量比率的三种或者更多种类型的功能流体,从基底材料开始,沿着厚度方向,导电聚合物的含量比率降低而金属微颗粒的含量比率增大。

[0490] 该模式有利地包括分别实现第二到第二十一模式的装置。

[0491] (第二十三模式):导电图案形成方法,包括步骤:通过利用从第一喷墨头排出的包含导电聚合物的导电聚物流体,或者另一流体形成第一图案,在所述另一流体中,从第一喷墨头排出的导电聚物流体和从第二喷墨头排出的包含金属微颗粒的金属微颗粒流体以预定含量比率混合;利用通过从第一喷墨头排出导电聚物流体以及从第二喷墨头排出金属微颗粒流体的再一流体在第一图案上形成第二图案,在所述再一流体中,与用于形成第一图案的流体相比,导电聚物流体的含量比率减少而金属微颗粒流体的含量比率增大;以及利用通过从第一喷墨头排出导电聚物流体以及从第二喷墨头排出金属微颗粒流体的又再一流体在第二图案上形成第三图案,在该又再一流体中,与用于形成第二图案的流体相比,导电聚物流体的含量比率减少而金属微颗粒流体的含量比率增大,由此,形成导电图案,该导电图案至少包括所述第一图案、所述第二图案和所述第三图案,并且所述导电图案具有渐变组成,在该渐变组成中,通过利用具有导电聚物流体和金属微颗粒流体的不同的含量比率的三种或者更多种类型的功能流体,从基底材料开始,沿着厚度方向,导

电聚合物流体的含量比率减少而金属微颗粒流体的含量比率增大。

[0492] 根据该模式,功能流体的类型数量可以减少,同时获得与根据第一模式的导电图案形成方法类似的效果。

[0493] (第二十四模式):根据第二十三模式的导电图案形成方法,其中导电图案是形成在基底材料上的电气布线。

[0494] (第二十五模式):根据第二十三或者第二十四模式的导电图案形成方法,其中,导电图案是具有对应于构成导电图案的点的直径的宽度的电气布线。

[0495] (第二十六模式):根据第二十五模式的导电图案形成方法,其中,导电图案是具有这样结构的电极,在该结构中,具有对应于构成导电图案的点的直径的宽度的多个电气布线在电气布线的宽度方向连接。

[0496] (第二十七模式):根据第二十三到第二十六模式的任何一个的导电图案形成方法,其中,在导电聚合物流体和金属微颗粒流体中首先排出的流体被布置为以使得相邻的点彼此重叠,并且具有更低含量比率的流体被布置在由首先排出的流体形成的相邻的点之间的中间位置处。

[0497] 根据该模式,形成导电聚合物流体和金属微颗粒流体的有利的混合状态,并且形成没有参差参差不齐和突起的有利的精细图案。

[0498] (第二十八模式):根据第二十三到第二十七模式的任何一个的导电图案形成方法,其中,与第一图案相同的点配置条件被施加到形成的图案。

[0499] 根据该模式,可以形成有利的层合图案。

[0500] (第二十九模式):根据第二十三到第二十八模式的任何一个的导电图案形成方法,其中,在导电聚合物流体和金属微颗粒流体中,具有更低含量比率的流体在具有更高的含量比率的流体之前排出。

[0501] 根据该模式,可以获得导电聚合物流体和金属微颗粒流体的有利的混合状态。

[0502] (第三十模式):根据第二十三到第二十九模式的任何一个的导电图案形成方法,其中,在导电聚合物流体和金属微颗粒流体中,具有更大表面张力的流体在具有更小表面张力的流体之前排出。

[0503] 根据该模式,可以获得导电聚合物流体和金属微颗粒流体的有利的混合状态。

[0504] (第三十一模式):根据第二十三到第三十模式的任何一个的导电图案形成方法,其中,导电聚合物流体和金属微颗粒流体中的至少一个包括具有大于或等于 75°C 且小于或等于 105°C 的沸点的低沸点溶剂。

[0505] 根据该模式,在基底材料上的功能流体的液滴(点)中的溶剂的蒸发得以促进,图案的延展被抑制,并且有利的精细电气布线得以形成。

[0506] (第三十二模式):根据第二十三到第三十一模式的任何一个的导电图案形成方法,其中,导电聚合物流体和金属微颗粒流体中的至少一个包括具有大于或等于 190°C 且小于或等于 290°C 的沸点的高沸点溶剂。

[0507] (第三十三模式):根据第二十三到第三十二模式的任何一个的导电图案形成方法,其中,当形成导电聚合物流体和金属微颗粒流体的至少一个的图案时,基底材料被加热到大于或等于 45°C 且小于或等于 75°C 。

[0508] 根据该模式,通过喷墨方法实现有利的流体排出,同时,功能流体的图案(点)的

干燥得以优化。

[0509] (第三十四模式):根据第二十三到第三十三模式的任何一个的导电图案形成方法,其中,当形成导电聚物流体和金属微颗粒流体的至少之一的图案时,从喷墨头排出的流体的直径 D_1 、着陆在基底材料上的流体的点在点的形状已经稳定之后的直径 D_2 、以及形成在基底材料上的点之间的点间距 W 满足以下表达式: $D_1 < W < D_2$ 。

[0510] 根据该模式,可以形成具有有利的精细宽度的导电图案,并且可以避免参差不齐和突起的发生。

[0511] (第三十五模式):根据第三十四模式的导电图案形成方法,其中,点直径 D_2 和点间距 W 之间的关系满足以下表达式: $W \leq D_2/2$ 。

[0512] 根据该模式,可以进一步形成具有均一精细宽度的导电图案。

[0513] (第三十六模式):根据第二十三模式的导电图案形成方法,其中导电图案是形成在基底材料上的电极。

[0514] (第三十七模式):根据第三十六模式的导电图案形成方法,其中,电极具有超过构成导电图案的点的直径的宽度。

[0515] (第三十八模式):根据第三十六或者第三十七模式的导电图案形成方法,其中,在导电聚物流体和金属微颗粒流体的图案形成中,导电聚物流体被间断地排出并离散地布置,金属微颗粒流体被间断地排出在与所述离散地布置的导电聚物流体相同的位置处,在金属微颗粒流体间断地排出后,导电聚物流体被排出以内插到离散布置的导电聚物流体之间的空间中,以及在金属微颗粒流体被排出在与已经排出以内插到离散布置的导电聚物流体之间的空间中的导电聚物流体相同的位置处。

[0516] 根据该模式,通过防止在功能流体着陆在基底材料上时的着陆干涉,其中由于着陆干涉所致的功能流体(点)的形状的变形引起的层变形为环状形状的咖啡染色可以得以防止。

[0517] (第三十九模式):根据第三十六到第三十八模式的任何一个的导电图案形成方法,其中,在导电聚物流体和金属微颗粒流体的图案形成中,流体从第一喷墨头和第二喷墨头中的一个喷墨头排出到从第一喷墨头和第二喷墨头中的另一喷墨头排出的流体的液滴着陆位置。

[0518] 根据该模式,导电聚物流体和金属微颗粒流体的扩散和混合得以促进。

[0519] (第四十模式):根据第三十六到第三十九模式的导电图案形成方法,进一步包括在通过第一喷墨头和第二喷墨头的排出之前施加辅助流体的步骤。

[0520] 根据该模式,层内的导电聚物流体和金属微颗粒流体的扩散和混合得以促进。此外,在已经形成的层的边界处的扩散得以促进。

[0521] 导电聚物流体或者金属微颗粒流体的溶剂组分可以被用作根据该模式的辅助流体。

[0522] (第四十一模式):根据第三十六到第三十九模式的导电图案形成方法,进一步包括在通过第一喷墨头的排出和通过第二喷墨头的排出之间施加辅助流体的步骤。

[0523] 根据该模式,层内的导电聚物流体和金属微颗粒流体的扩散和混合得以促进。

[0524] (第四十二模式):根据第三十六到第三十九模式的导电图案形成方法,进一步包括在通过第一喷墨头和第二喷墨头的排出之后施加辅助流体的步骤。

[0525] 根据该模式,层内的导电聚合物流体和金属微颗粒流体的扩散和混合得以促进。此外,在接着形成的层的边界处的扩散得以促进。

[0526] (第四十三模式):根据第三十六到第四十二模式的任何一个的导电图案形成方法,进一步包括在导电聚合物流体或者金属微颗粒流体施加到其上的基底材料的表面上执行改性的步骤,其中当形成由导电聚合物流体和金属微颗粒流体构成的图案时,导电聚合物流体和金属微颗粒流体中具有更小含量比率的流体首先被排出。

[0527] 根据该模式,可以实现导电聚合物流体和金属微颗粒流体的有利的湿性延展。

[0528] (第四十四模式):根据第三十六到第四十三模式的导电图案形成方法,其中,当形成由第一功能流体和第二功能流体组成的图案时,在导电聚合物流体和金属微颗粒流体中具有更大含量比率的流体首先被排出。

[0529] 根据该模式,因为随后排出的流体可以在其中首先排出的流体已经充分的湿性延展的状态中被混合,所以混合和扩散得以促进。

[0530] (第四十五模式):根据第三十六到第四十四模式的任何一个的导电图案形成方法,进一步包括在基底材料上扩散和混合从第一喷墨头排出的导电聚合物流体和从第二喷墨头排出的金属微颗粒流体的步骤。

[0531] 该模式的特定的例子包括其中施加超声波振动的模式。

[0532] (第四十六模式):导电图案形成系统,包括:第一喷墨头,其排出包含导电聚合物的导电聚合物流体;第二喷墨头,其排出包含金属微颗粒的金属微颗粒流体;以及排出控制装置,其控制由第一喷墨头和第二喷墨头进行的排出以形成导电图案,该导电图案至少包括利用从第一喷墨头排出的包含导电聚合物的导电聚合物流体、或者由其中所述导电聚合物流体和从第二喷墨头排出的包含金属微颗粒的金属微颗粒流体以预定含量比率混合的流体形成的第一图案;利用通过从第一喷墨头排出导电聚合物流体和从第二喷墨头排出金属微颗粒流体的再一流体在第一图案上形成的第二图案,在所述再一流体中,与用于形成第一图案的流体相比,导电聚合物流体的含量比率减少而金属微颗粒流体的含量比率增大;以及利用通过从第一喷墨头排出导电聚合物流体和从第二喷墨头排出金属微颗粒流体的又再一流体在第二图案上形成的第三图案,在该又再一流体中,与用于形成第二图案的流体相比,导电聚合物流体的含量比率减少而金属微颗粒流体的含量比率增大,所述导电图案具有渐变组成,其中,通过利用具有导电聚合物和金属微颗粒的不同含量比率的三种或者更多种类型的功能流体,从基底材料开始,沿着厚度方向,导电聚合物的含量比率减少而金属微颗粒的含量比率增大。

[0533] 该模式有利地包括实现第二十四到第四十五模式的各步骤的装置。

[0534] (第四十七模式):根据第四十六模式的导电图案形成系统,进一步包括:运动装置,其使得第一喷墨头和/或第二喷墨头与基底材料相对运动;以及改变装置,其改变相对运动的方向90度,其中在通过运动装置进行的相对运动过程中,在从第一喷墨头和第二喷墨头排出墨之后,通过改变装置,相对运动的方向改变90度,并且在由运动装置再一次执行的相对运动过程中,墨被排出。

[0535] 根据该模式,可以避免由于绘制迹线产生的各向异性。而且,在该模式中,当相对运动的方向已经变化90度时,改变大约90度的方向是足够的。

[0536] 但是,应当理解,并不打算将本发明限制到公开的特定形式,而是,相反地,本发明

覆盖落在本发明的权利要求所表示的精神和范围的所有的修改、替代结构和等同方式。

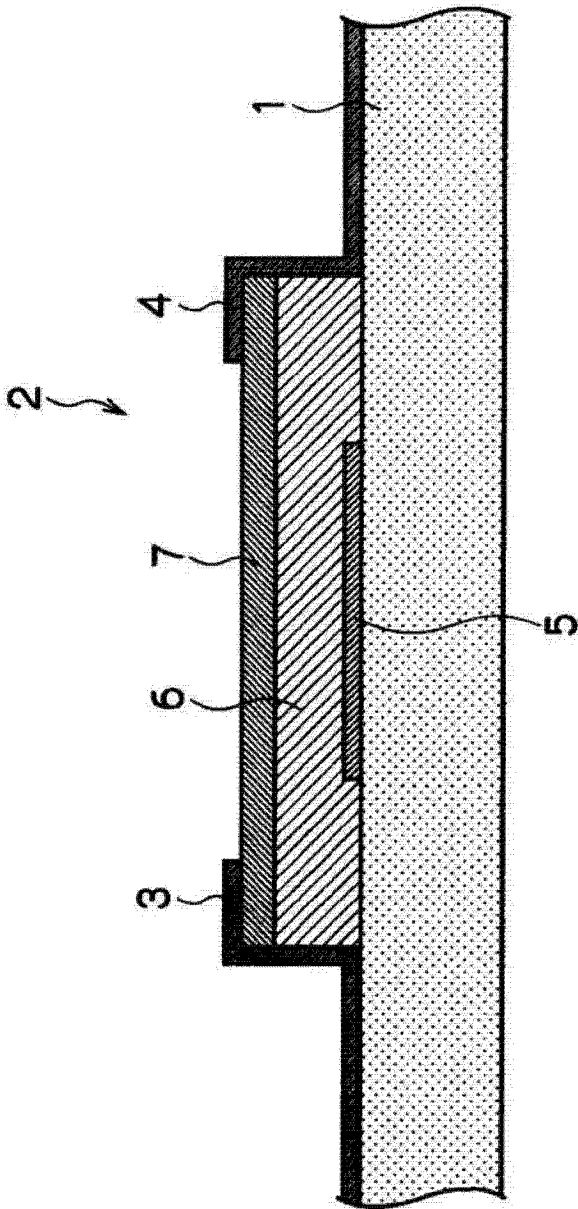


图 1

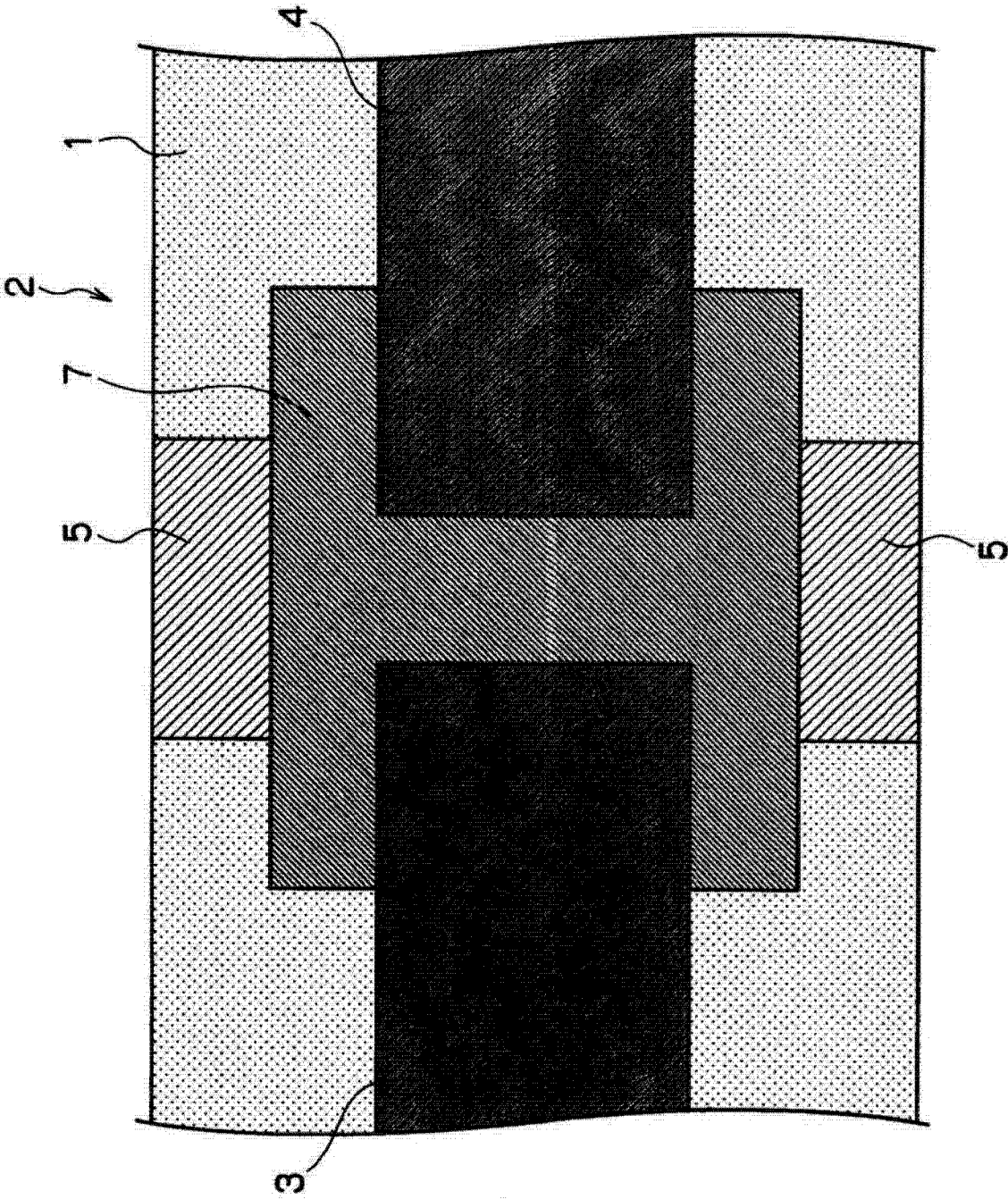


图 2

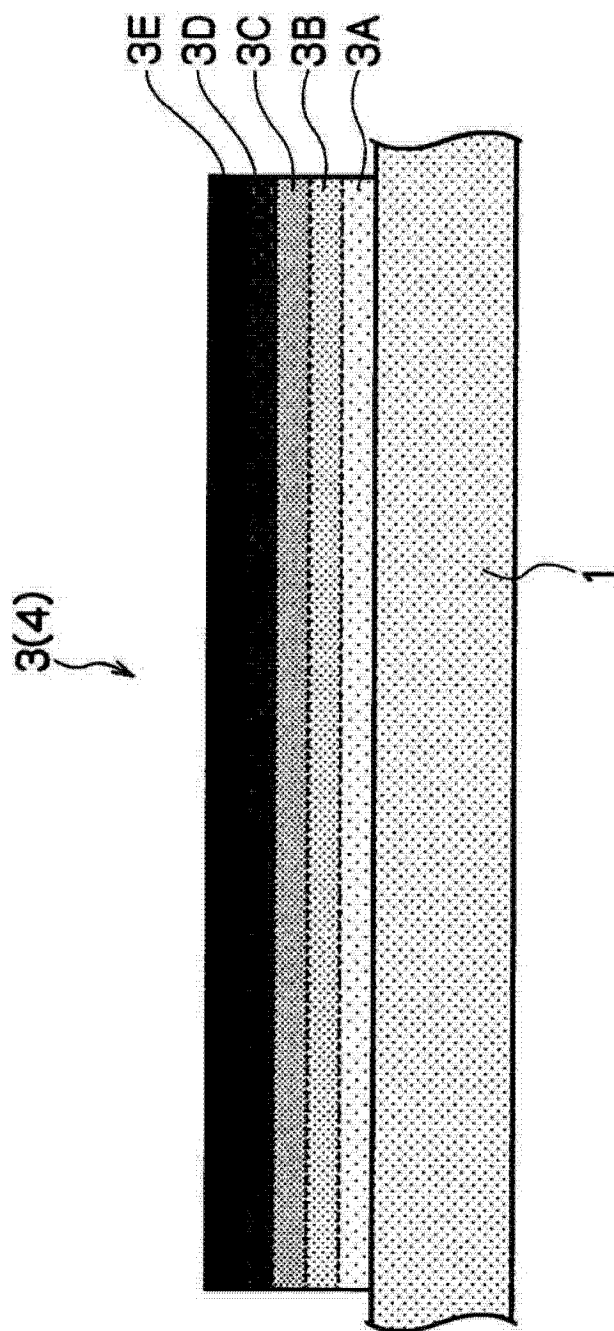


图 3

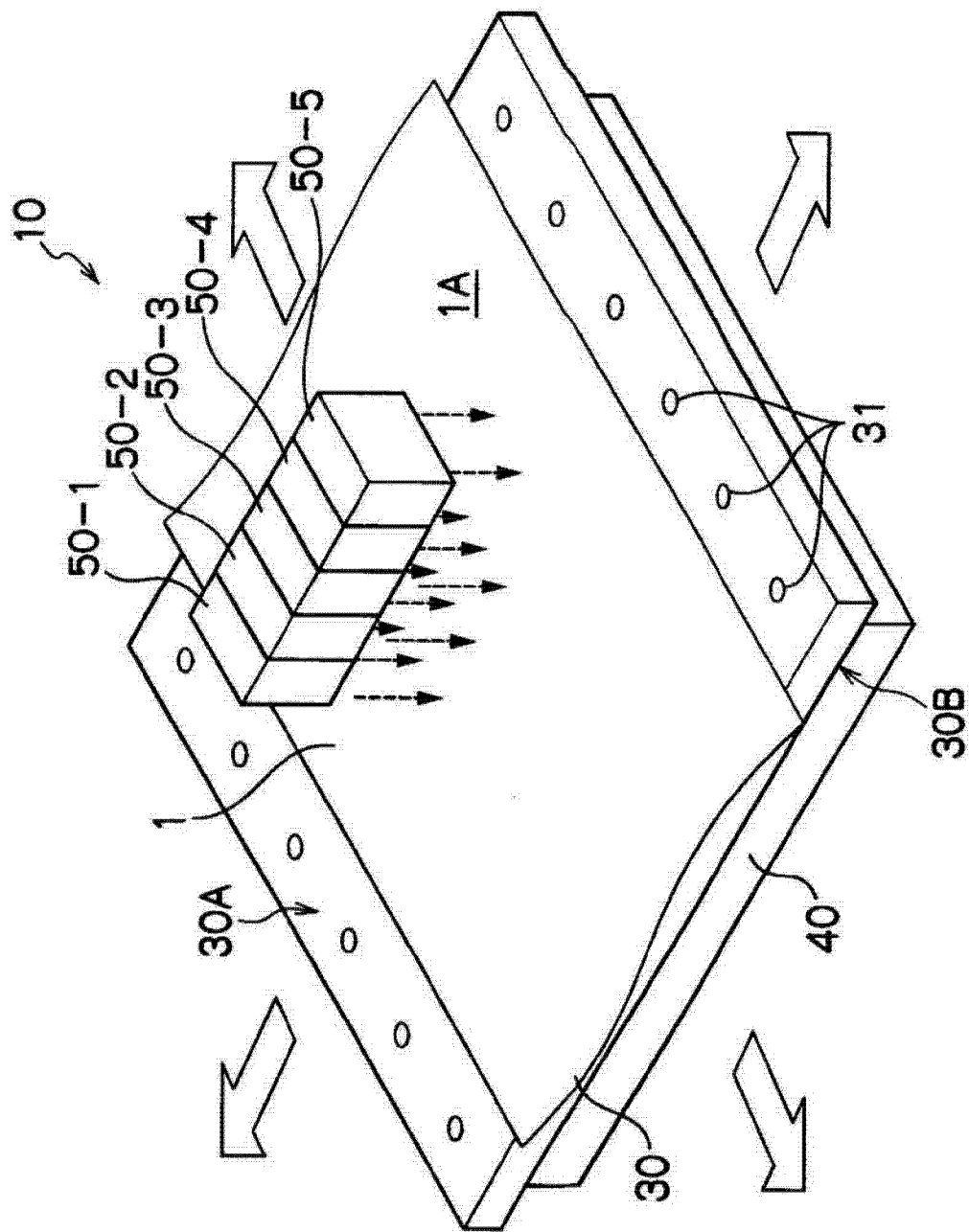


图 4

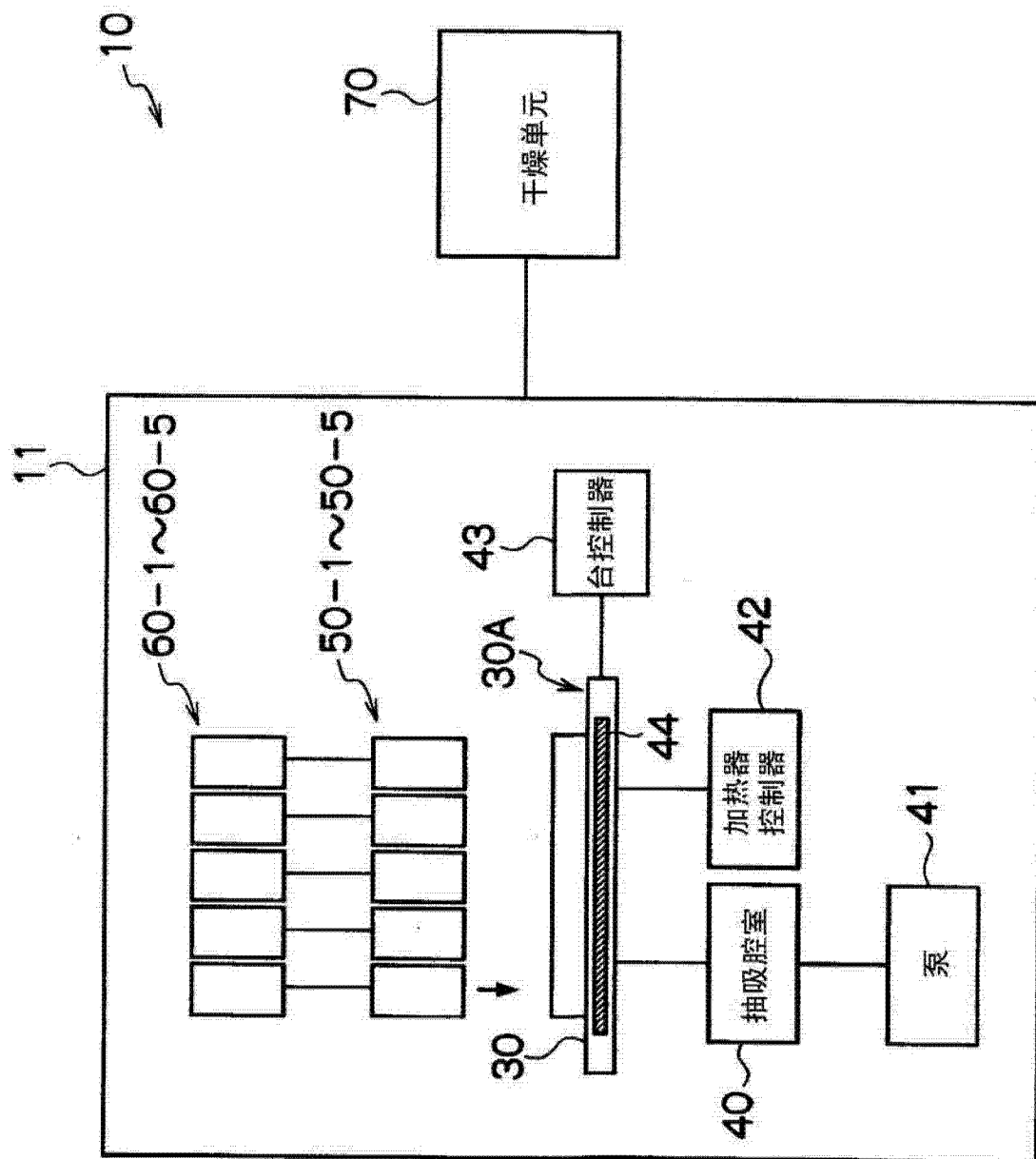


图 5

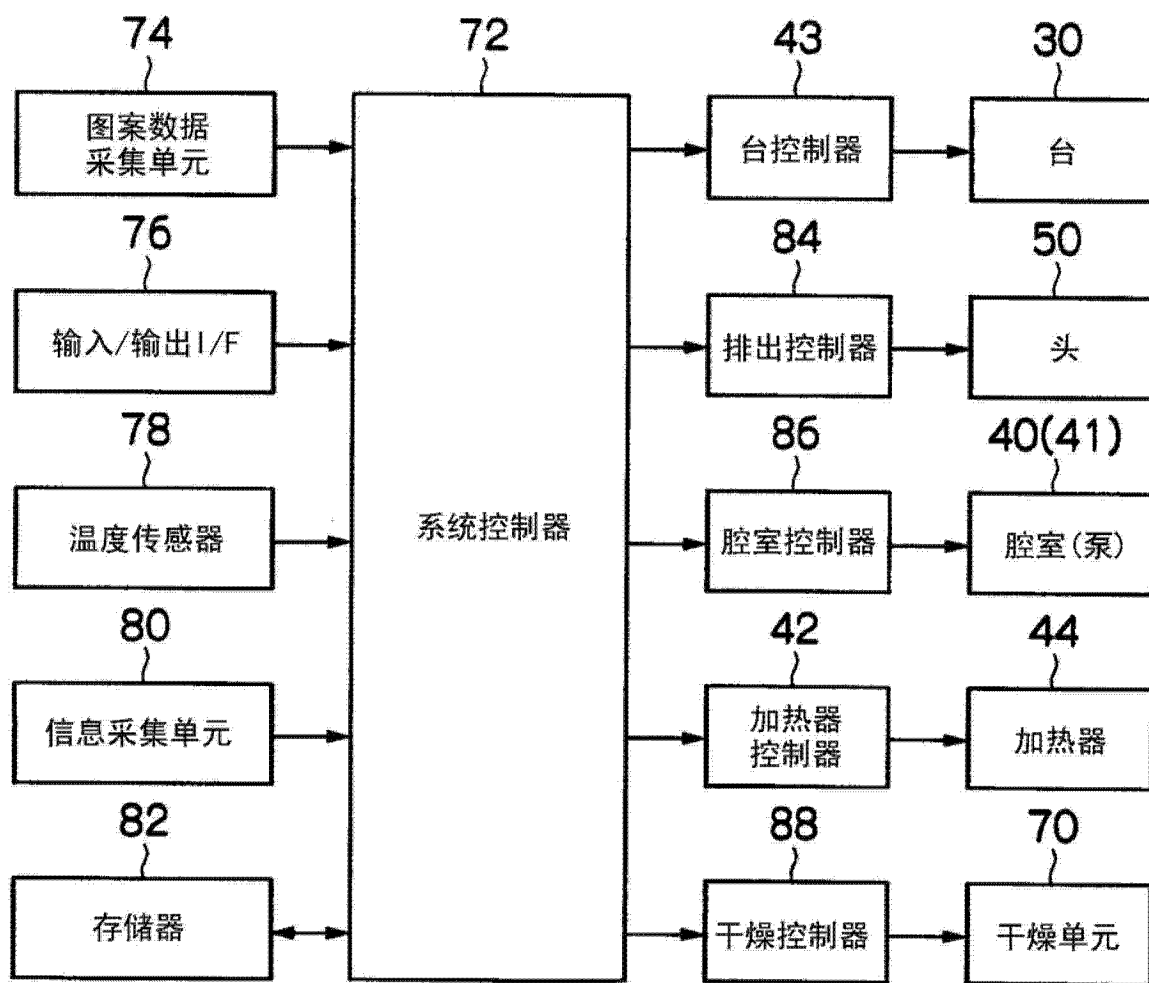


图 6

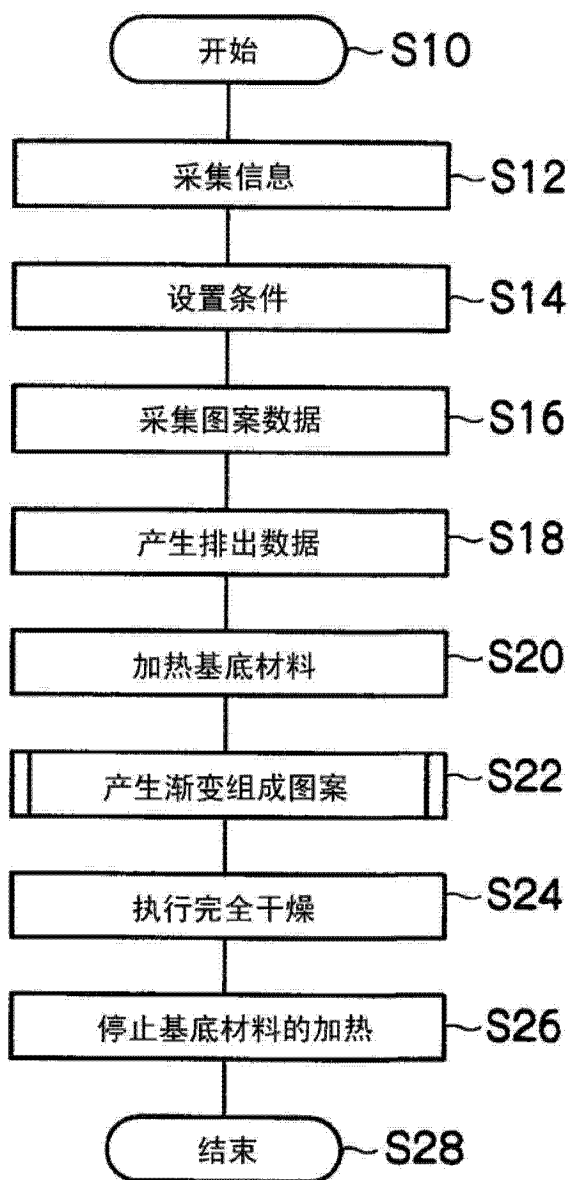


图 7

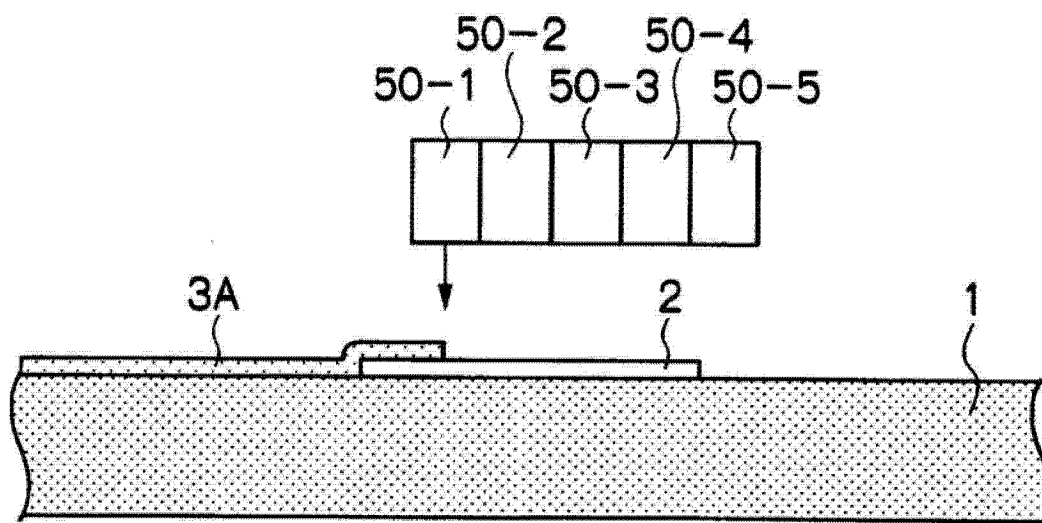


图 8A

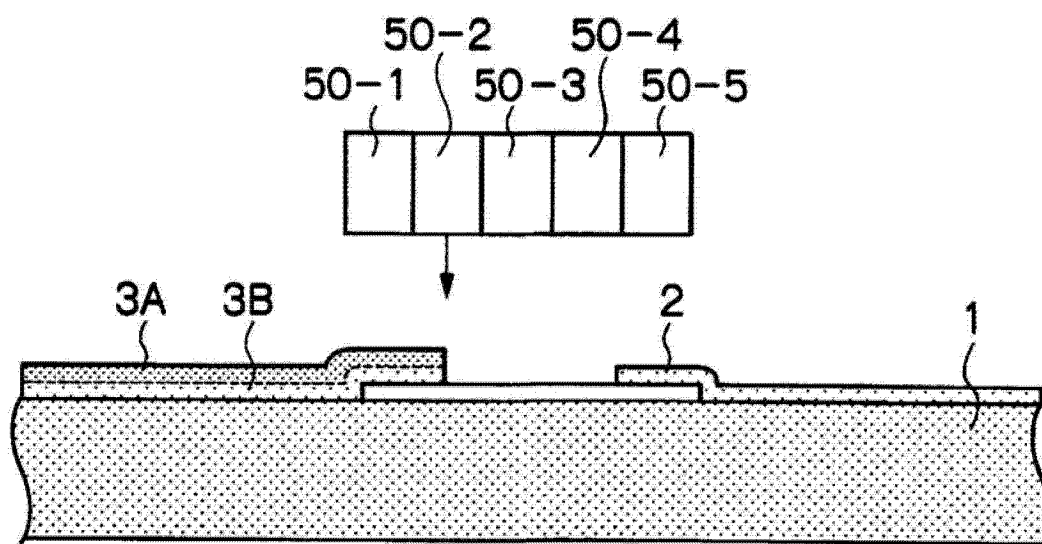


图 8B

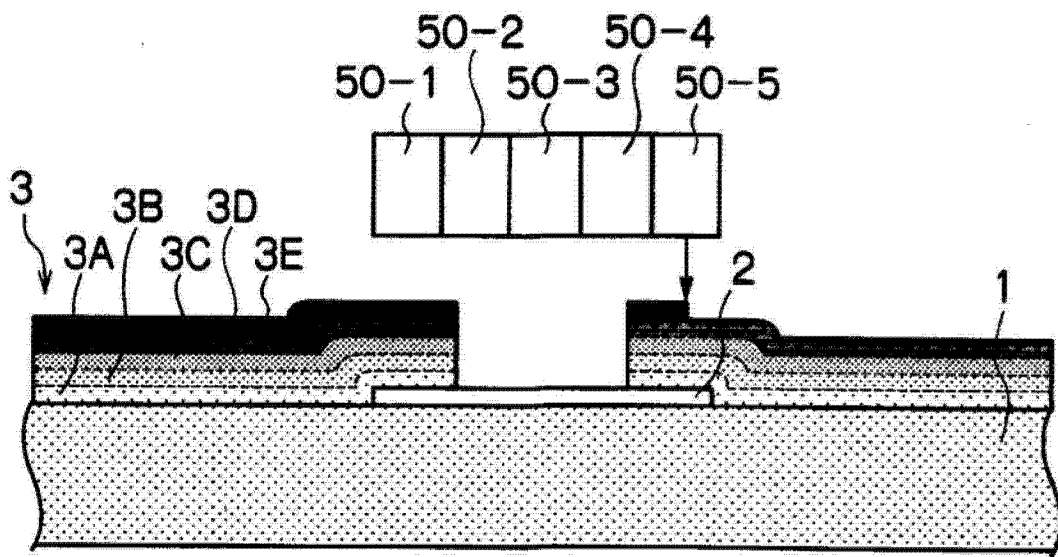


图 8C

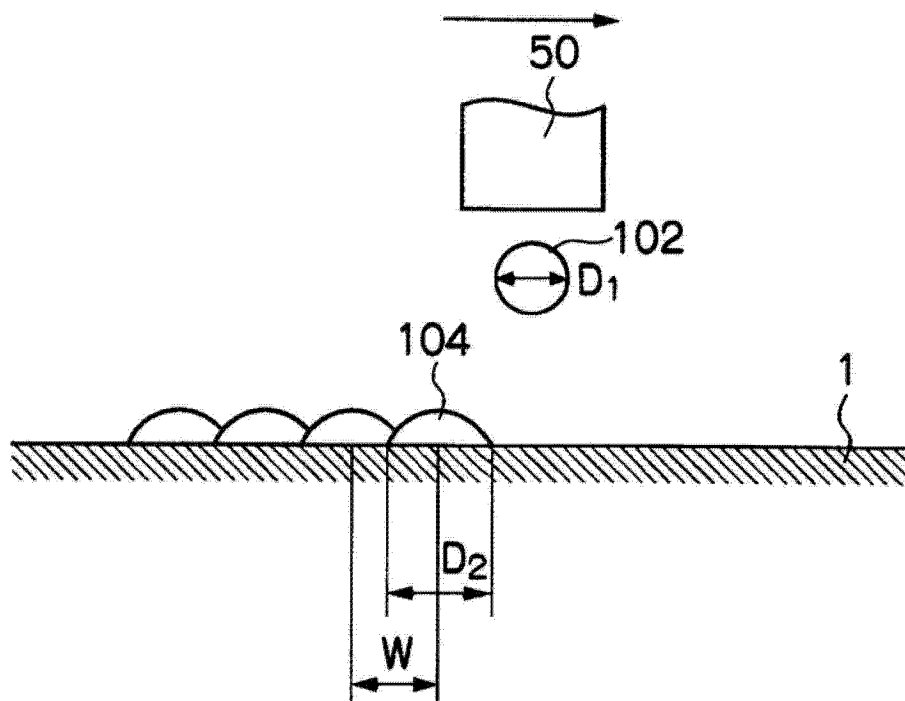


图 9A

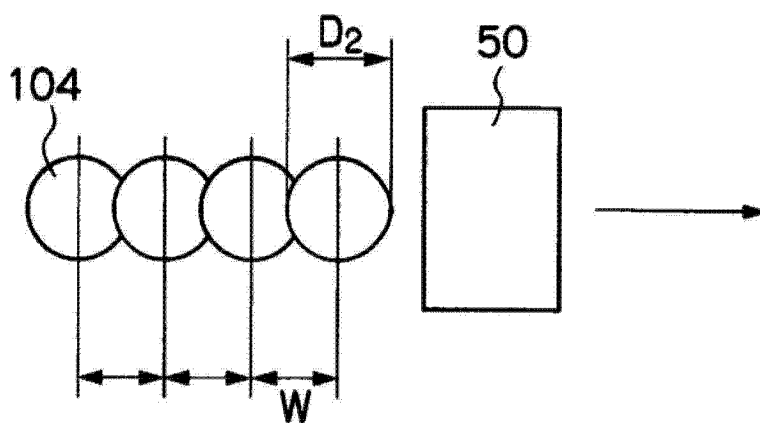


图 9B

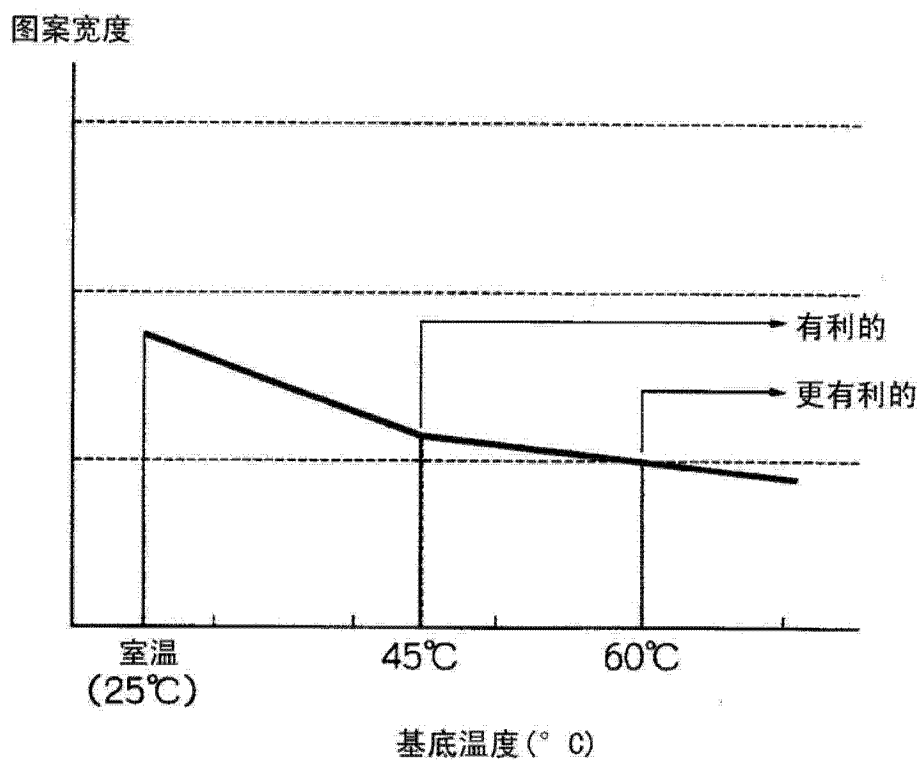
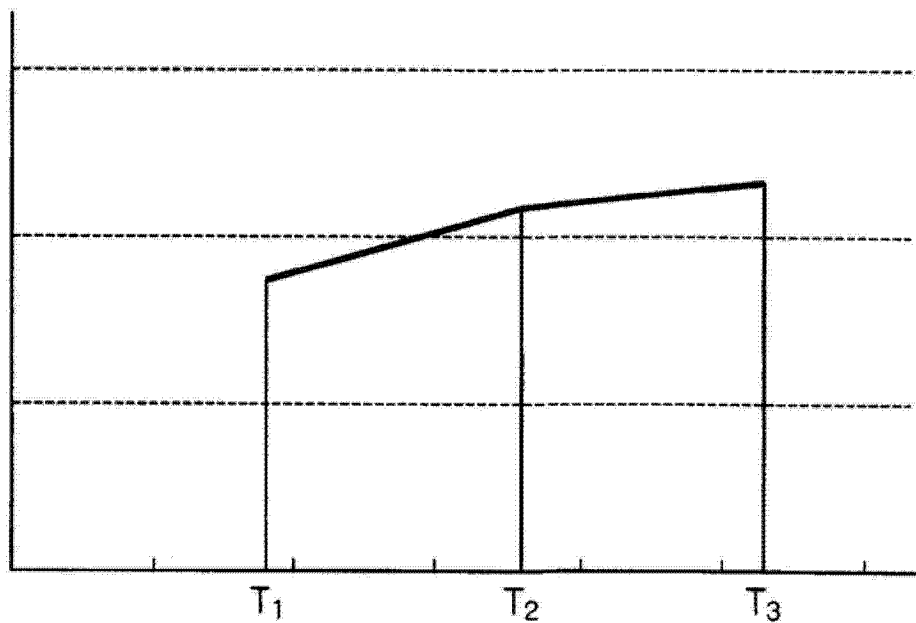


图 10

图案宽度



基于质量比计算的沸点 (°C)

图 11

图案宽度

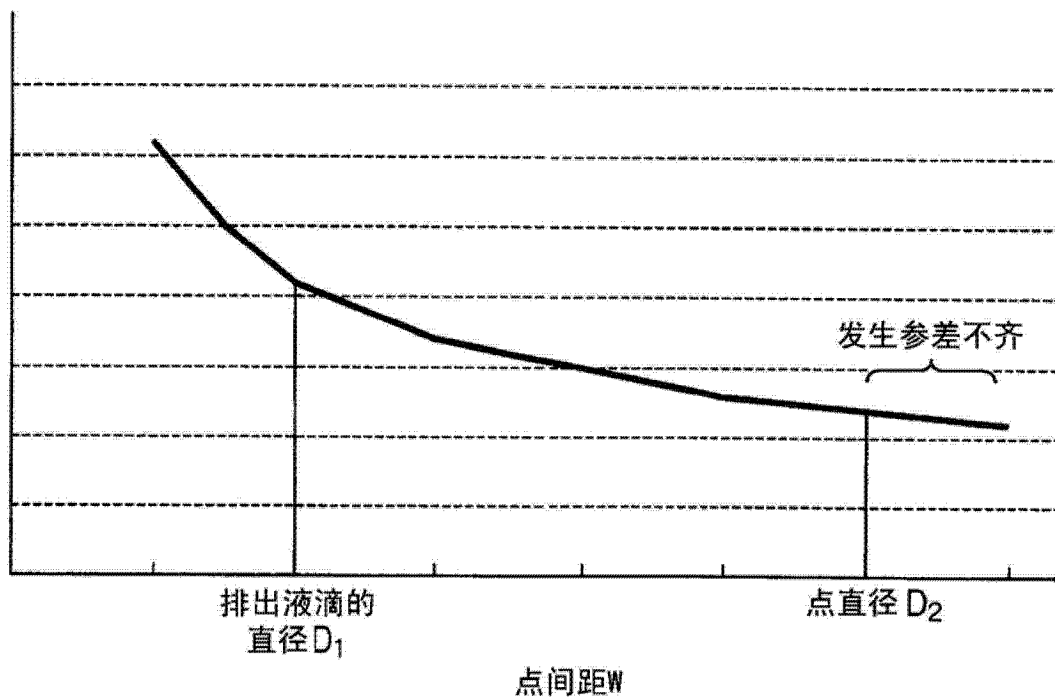


图 12

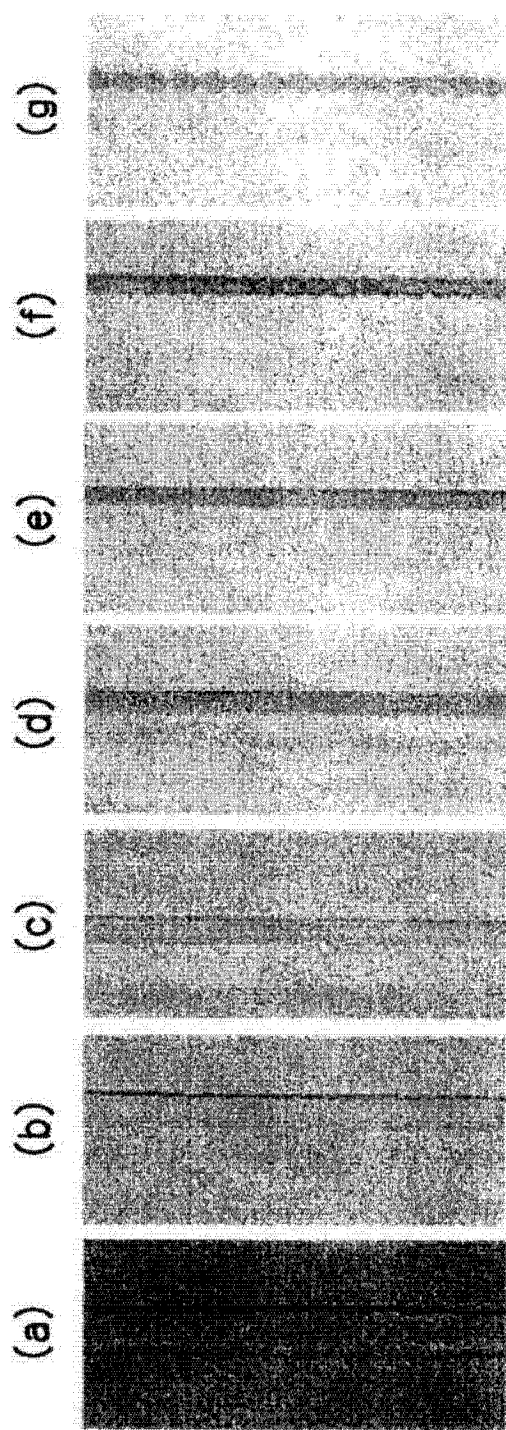


图 13

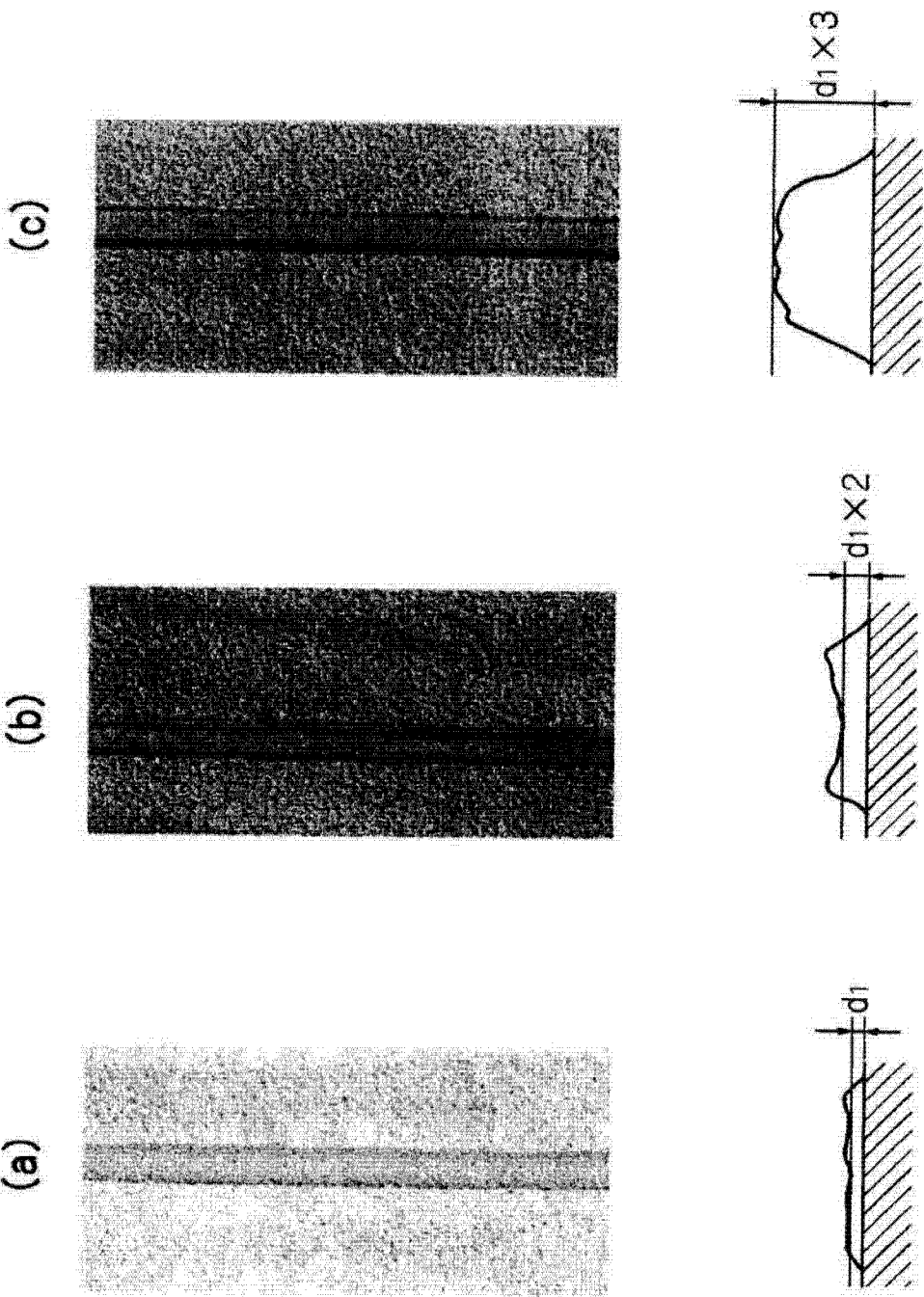


图 14

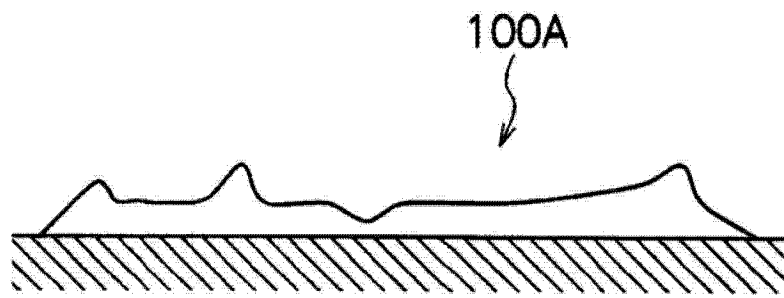


图 15A

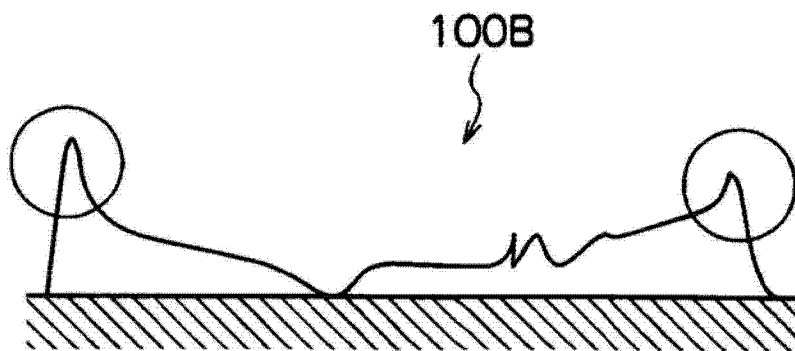


图 15B

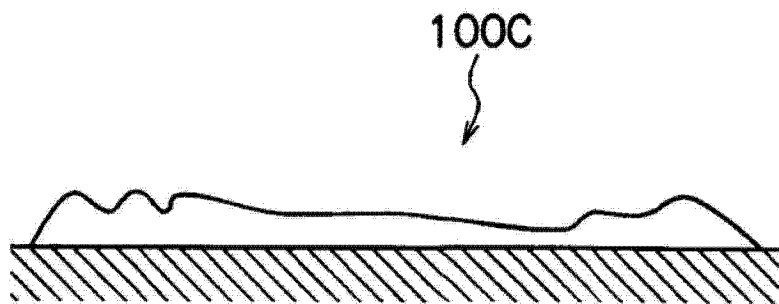


图 15C

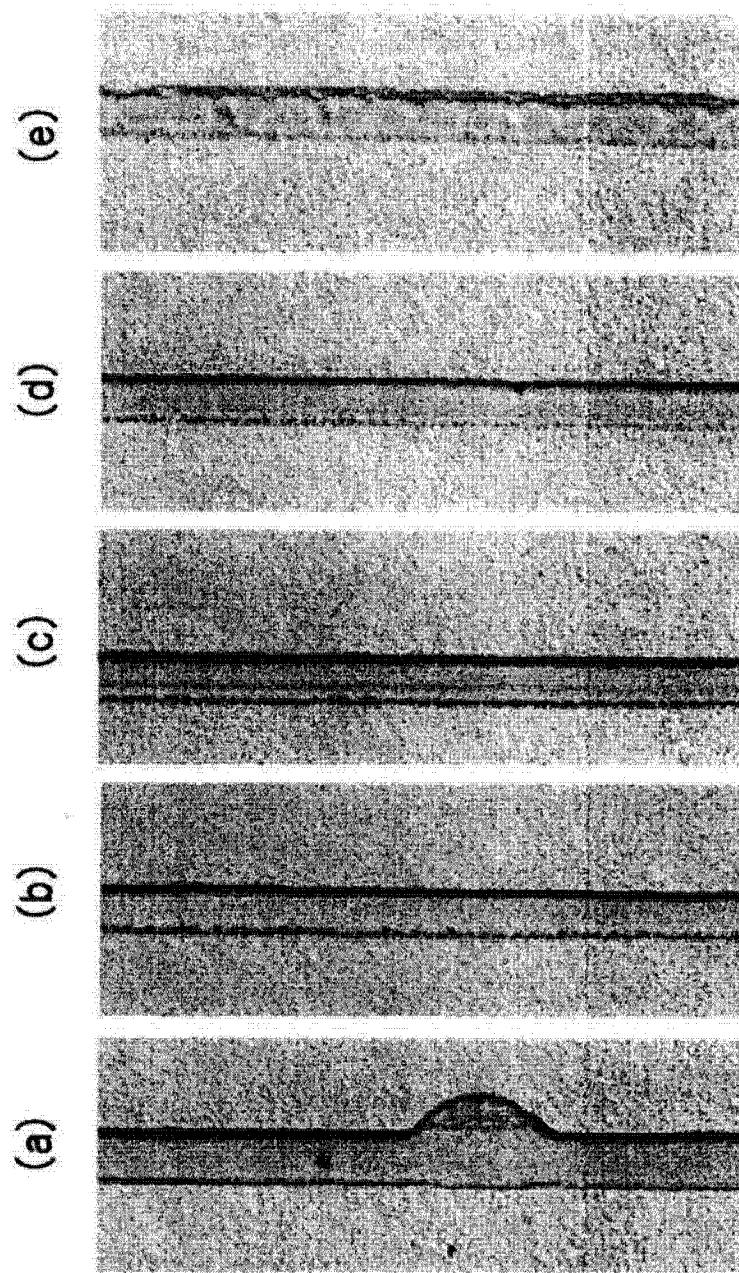


图 16

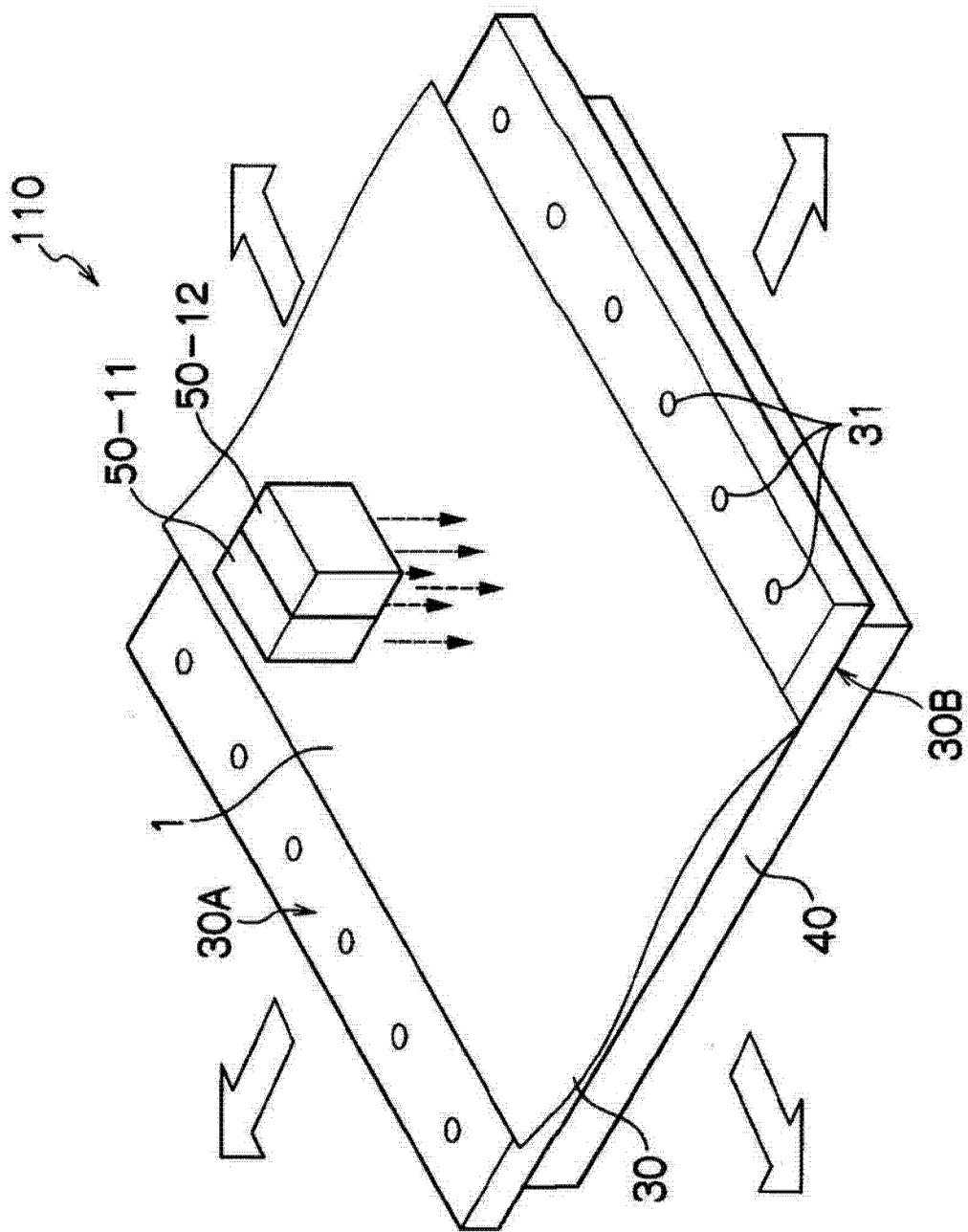


图 17

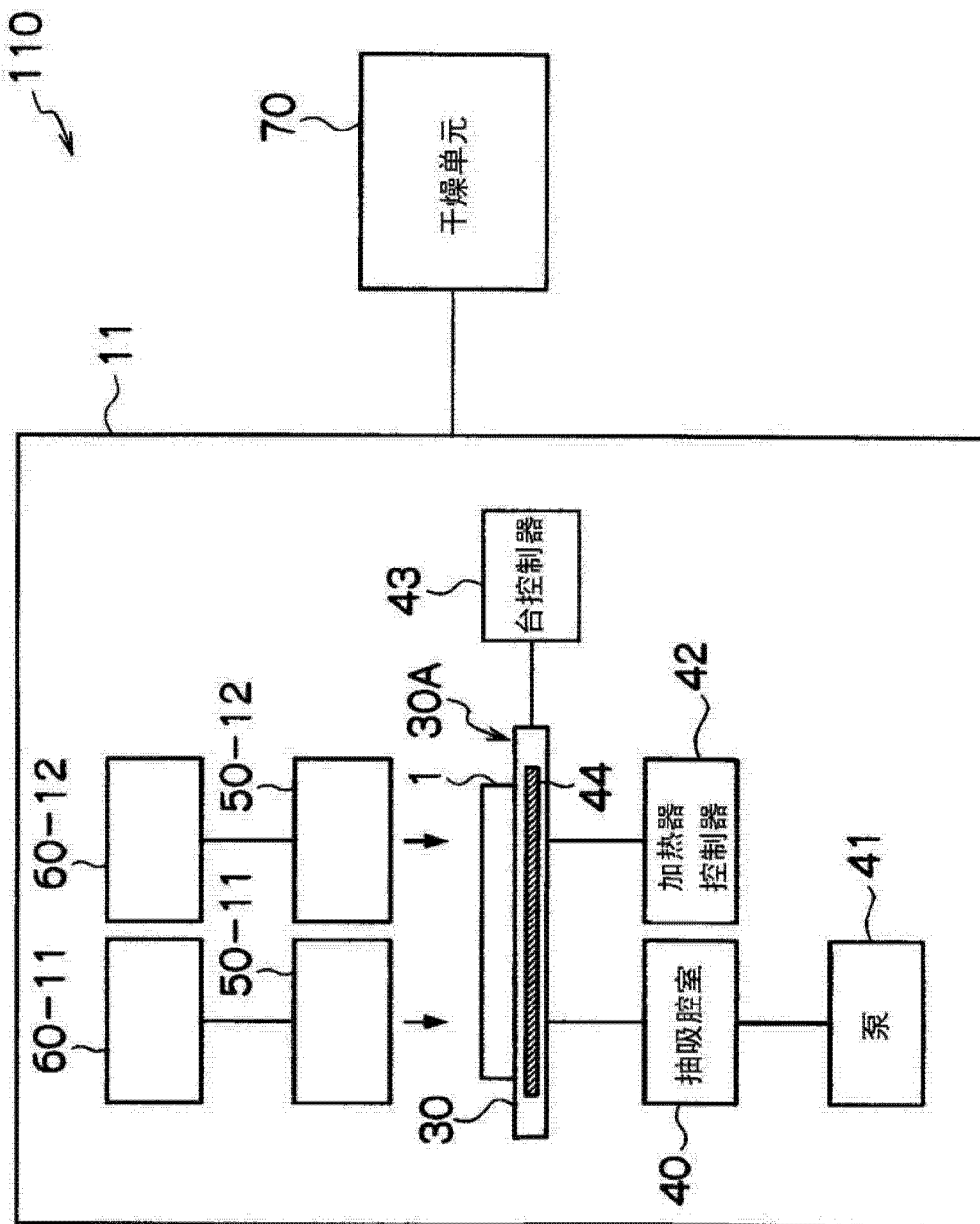


图 18

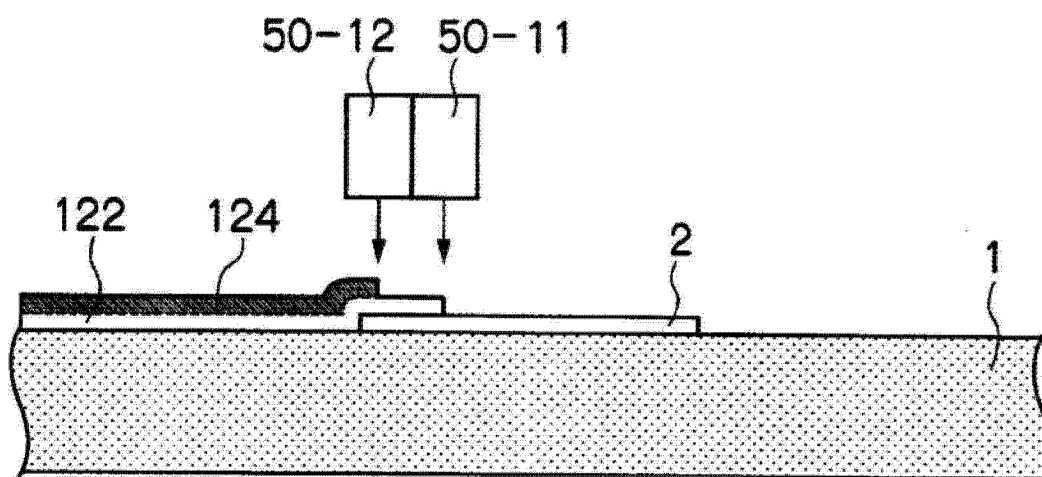


图 19A

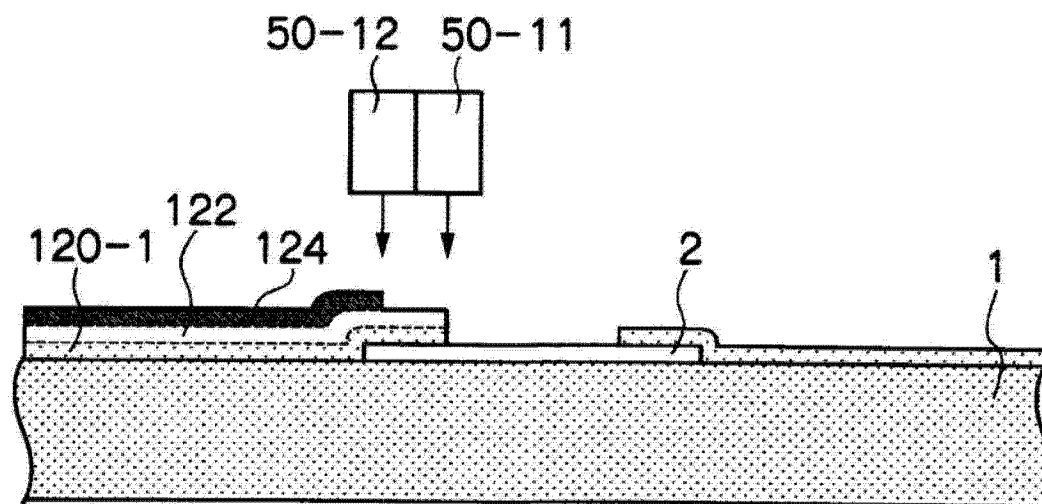


图 19B

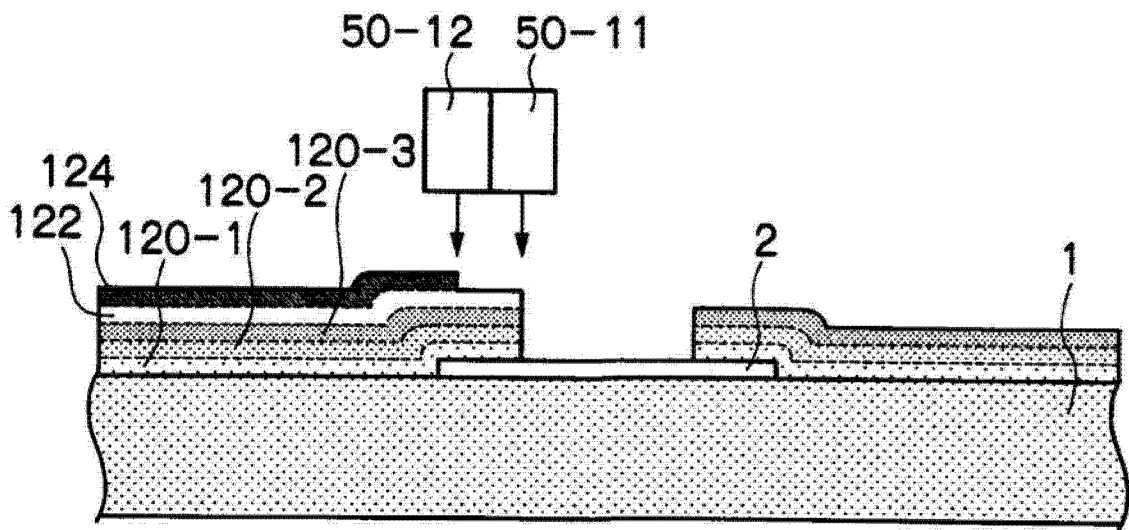


图 19C

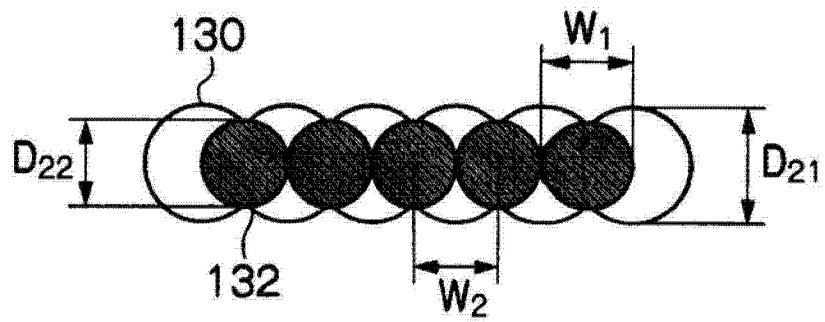


图 20A

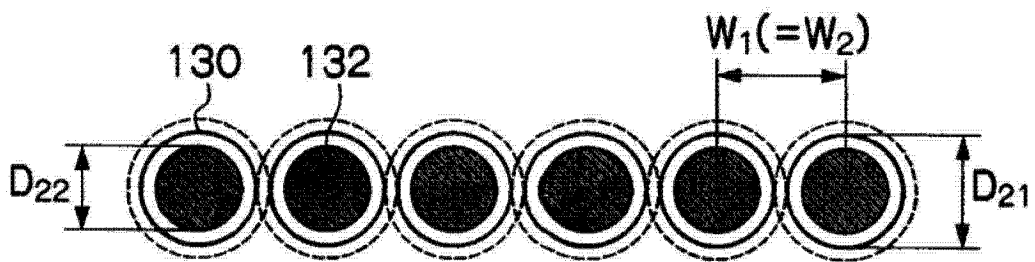


图 20B

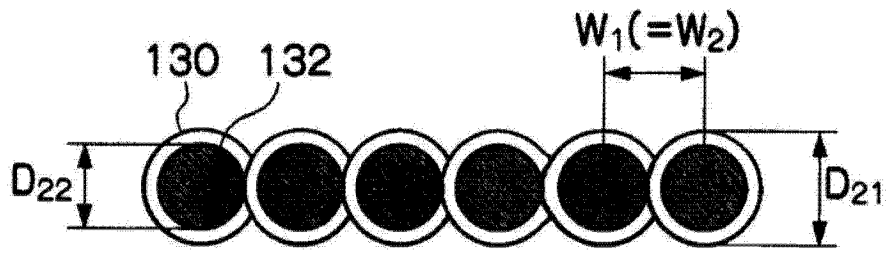


图 20C

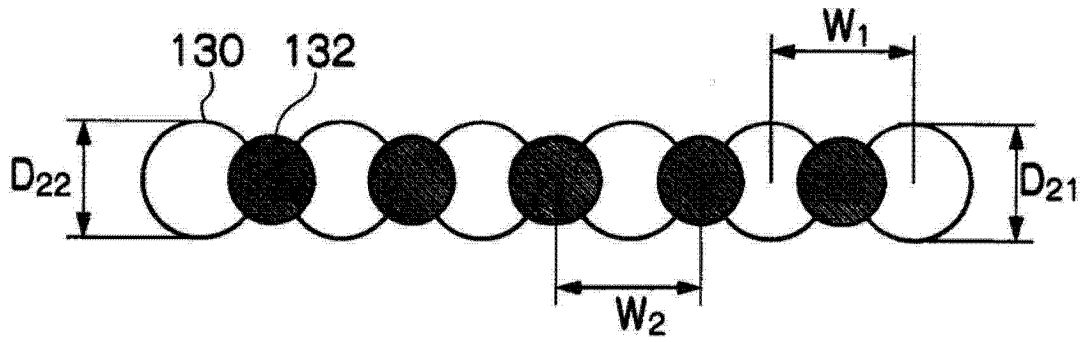


图 20D

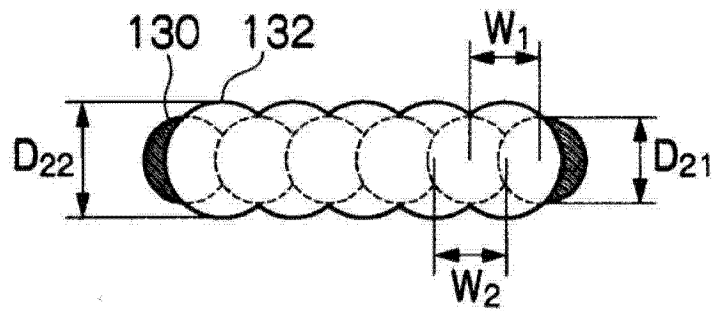


图 21A

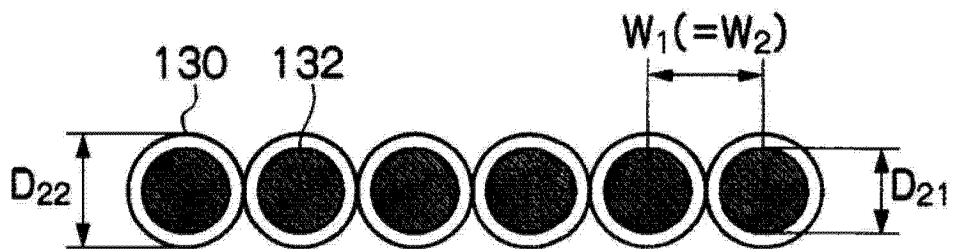


图 21B

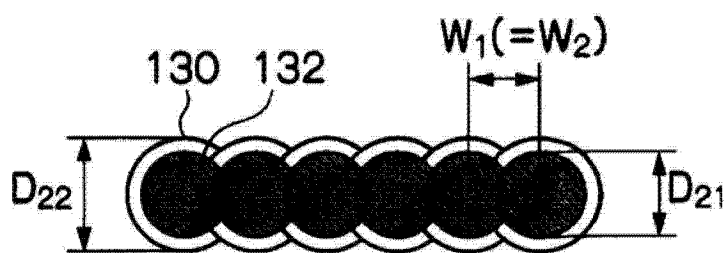


图 21C

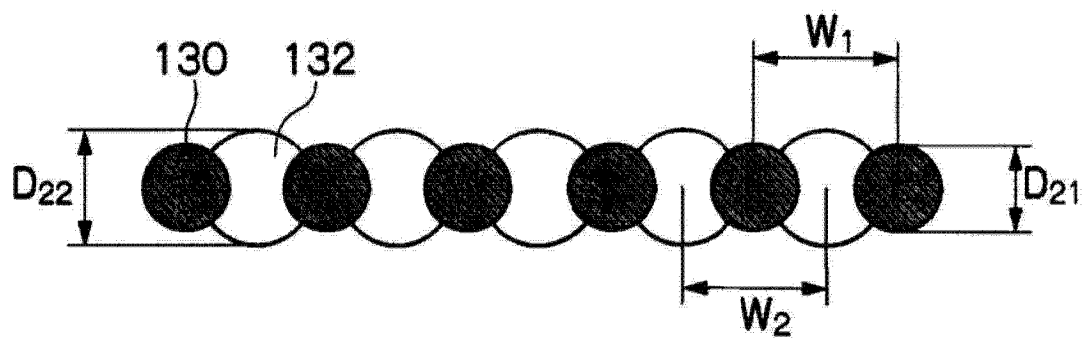


图 21D

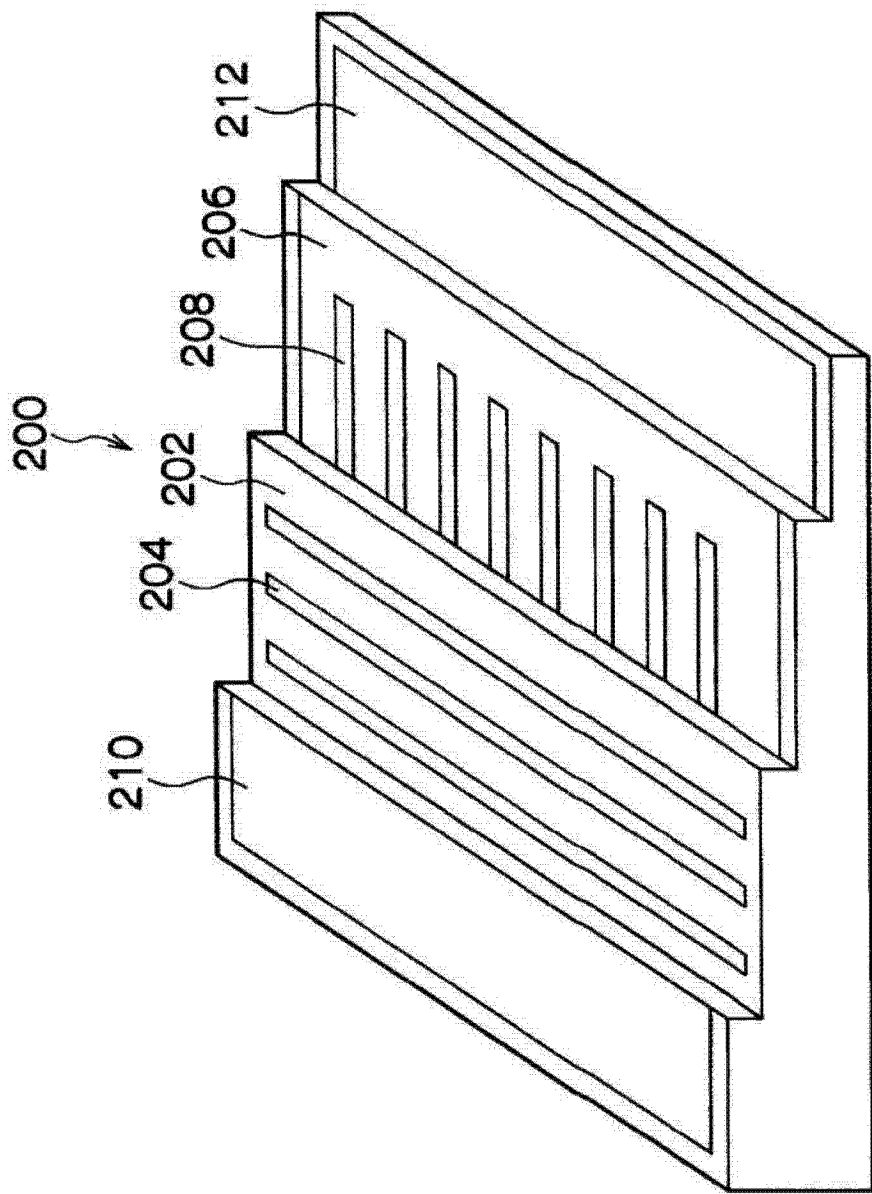


图 22

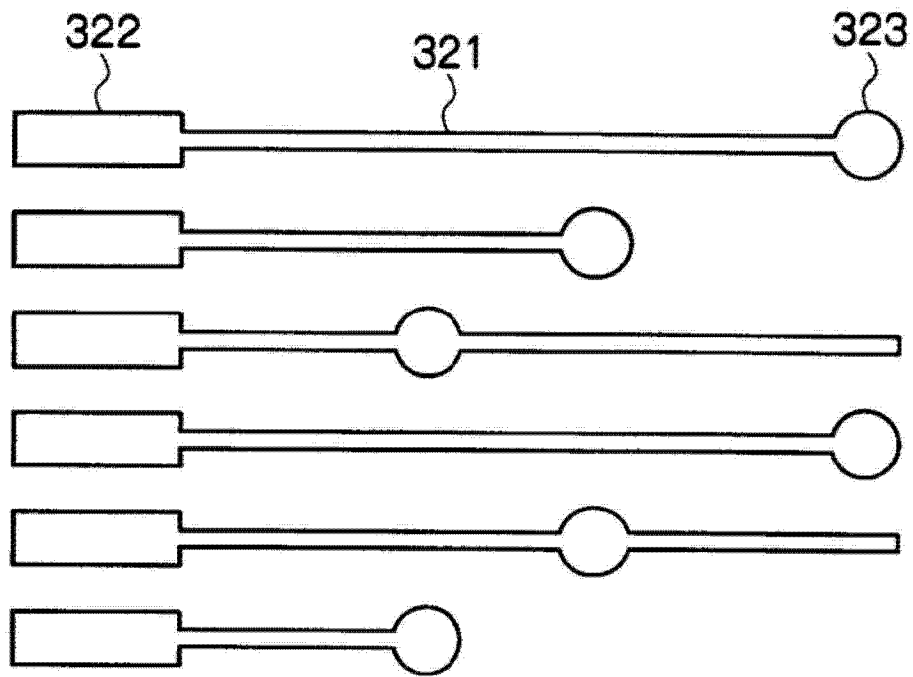


图 23

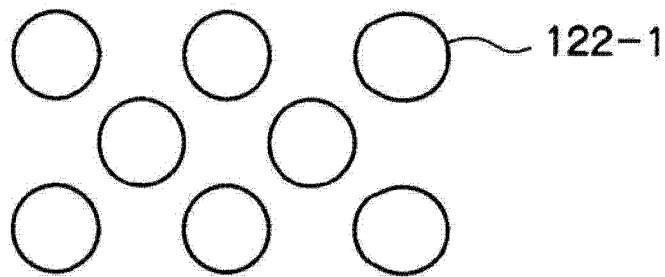


图 24A

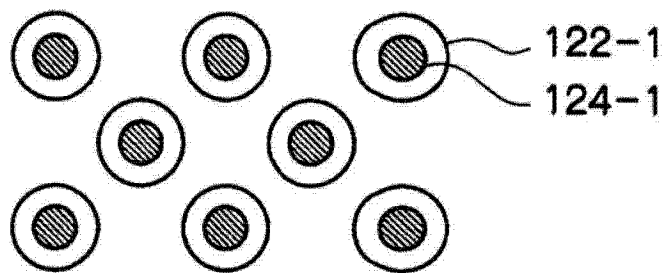


图 24B

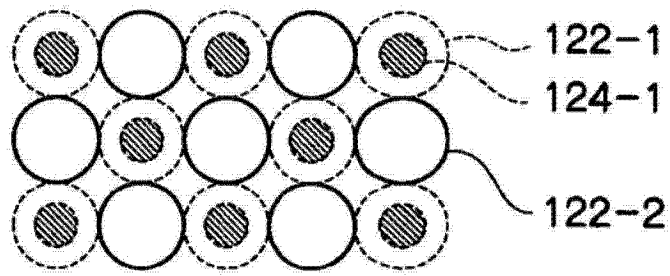


图 24C

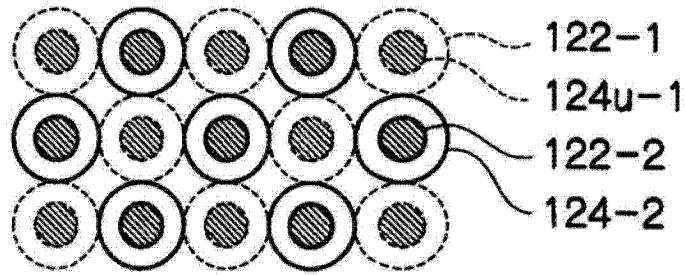


图 24D

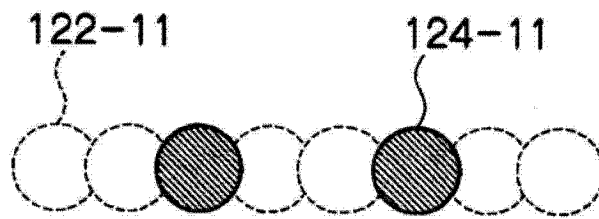


图 25A

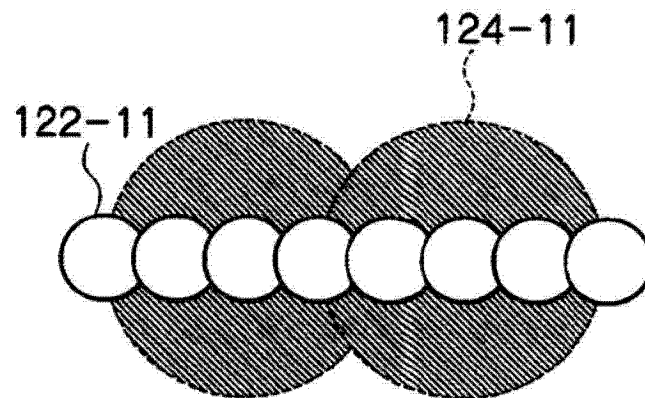


图 25B

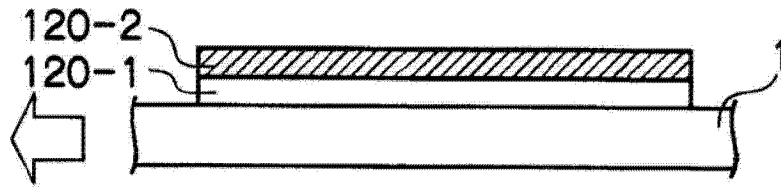


图 26A

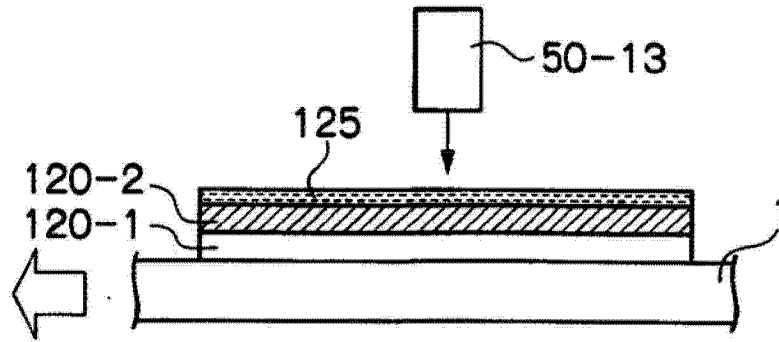


图 26B

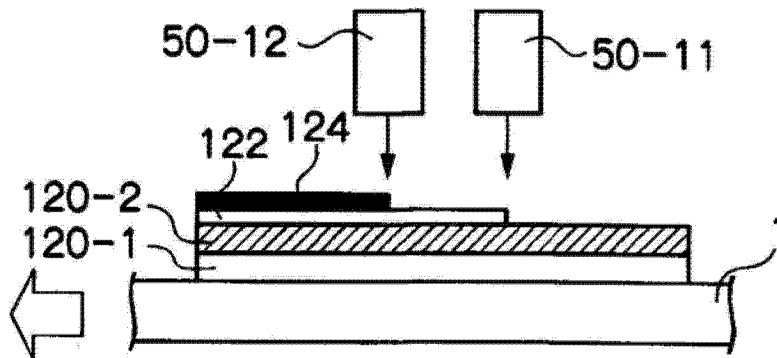


图 26C

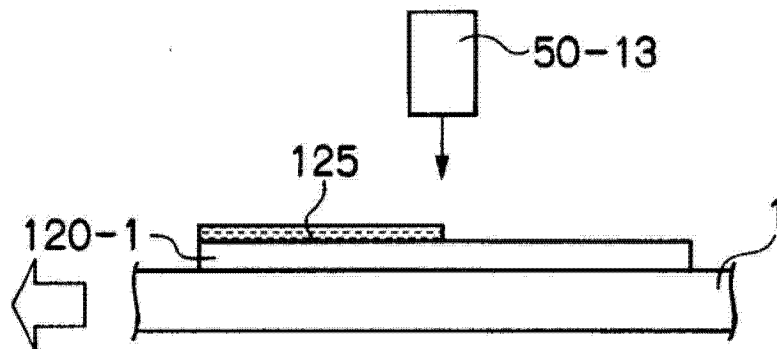


图 27A

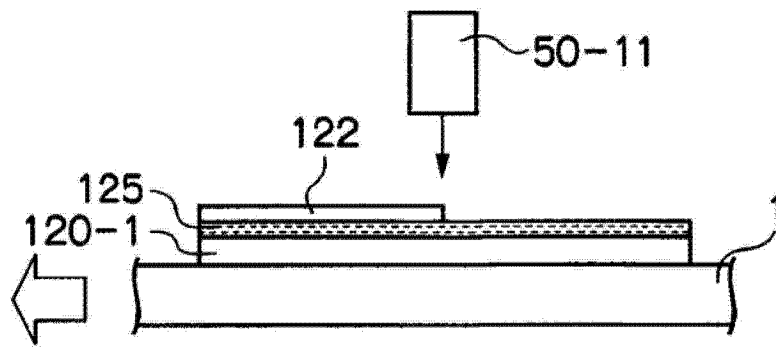


图 27B

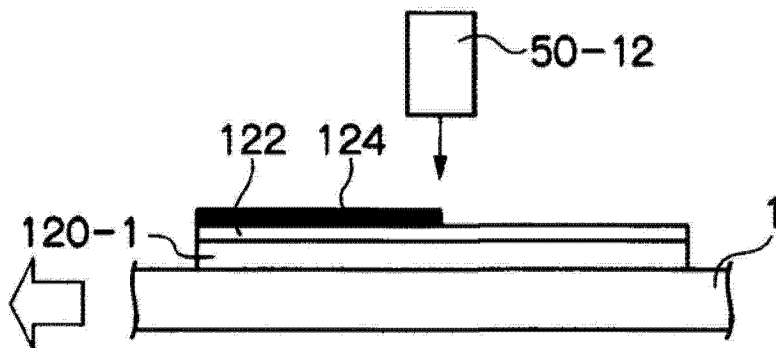


图 27C

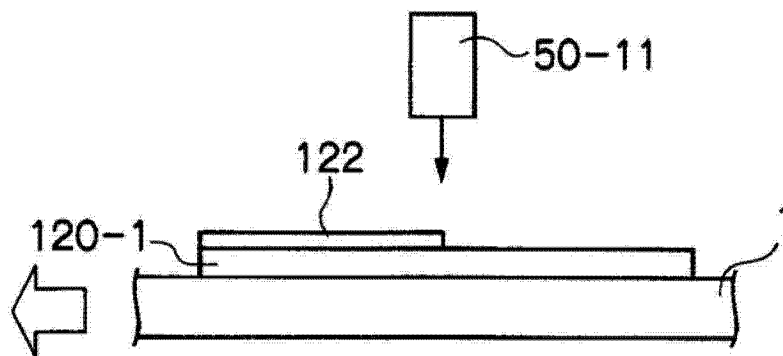


图 28A

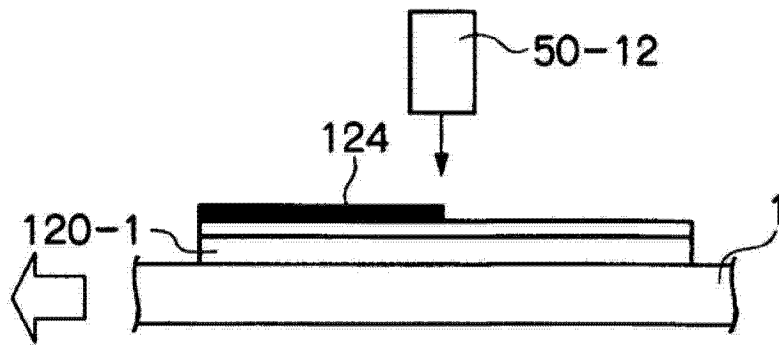


图 28B

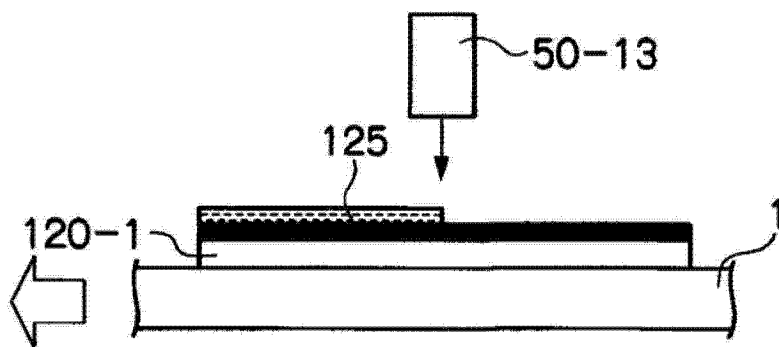


图 28C

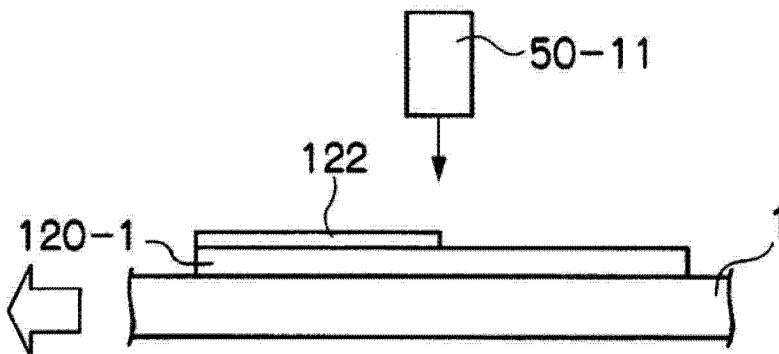


图 29A

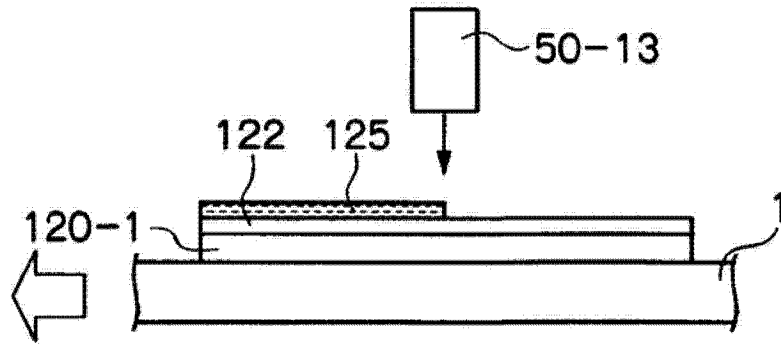


图 29B

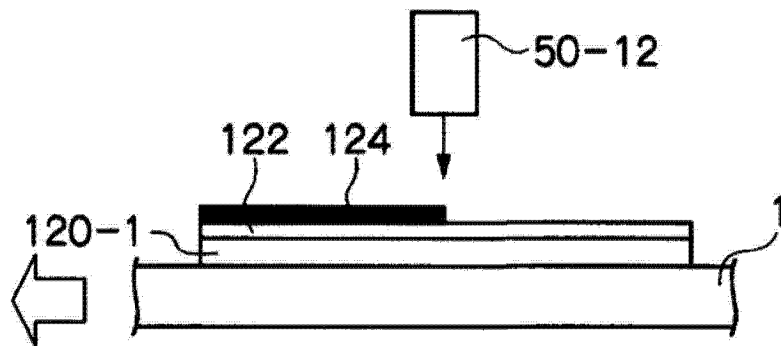


图 29C

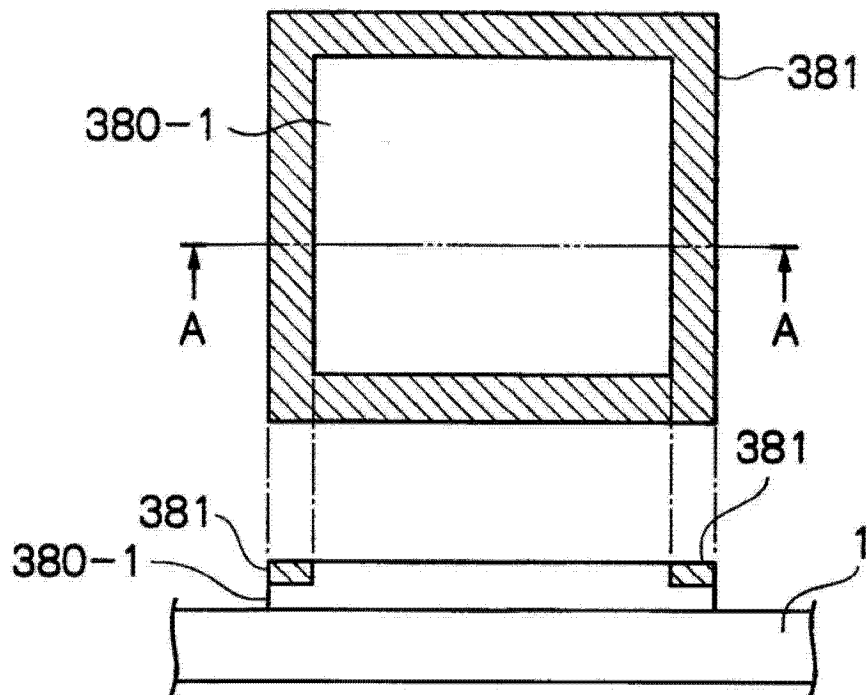


图 30A

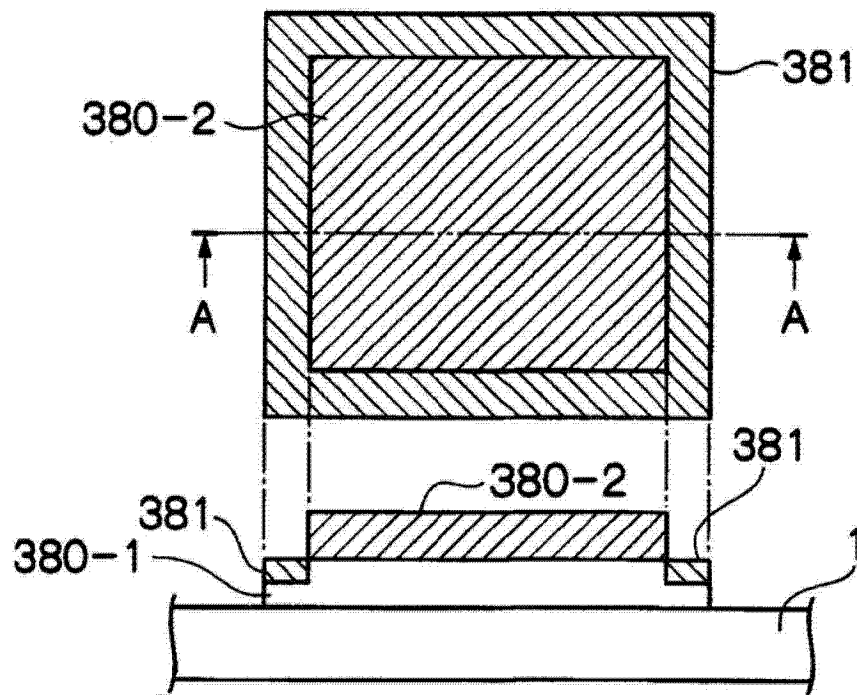


图 30B

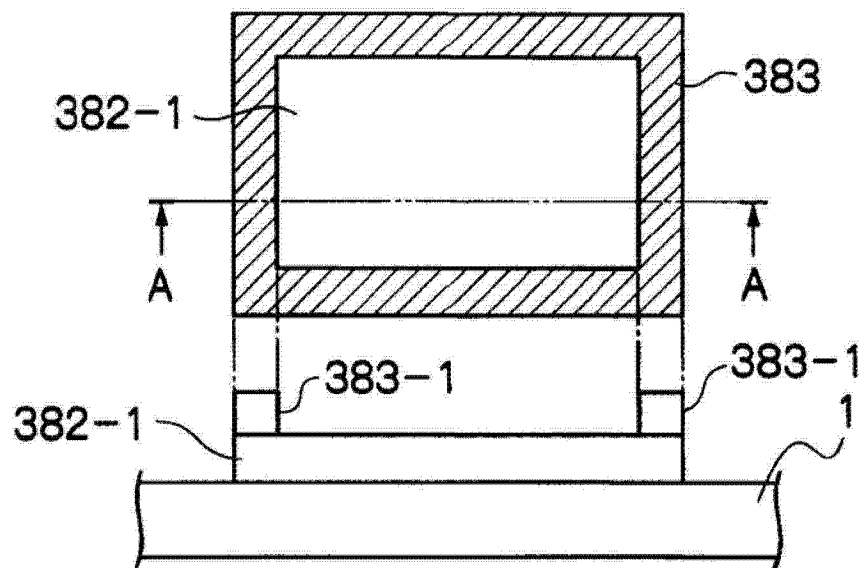


图 31A

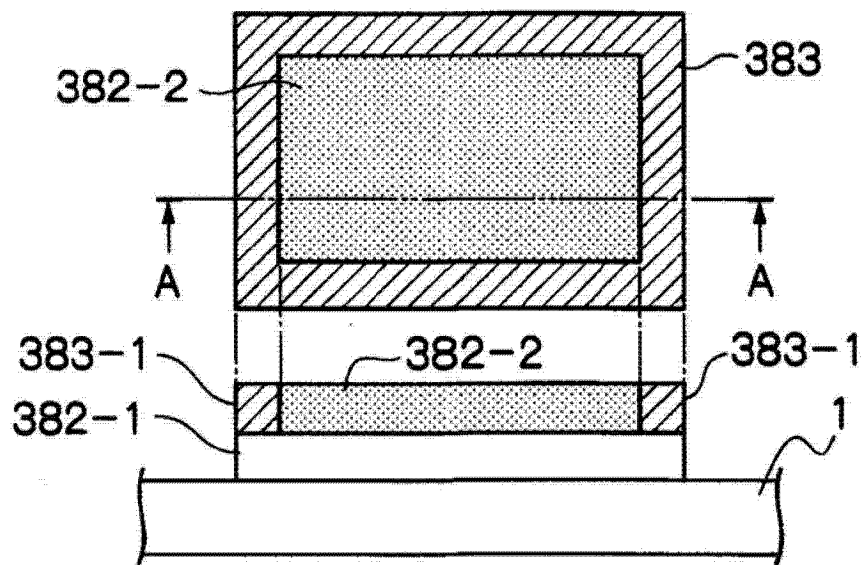


图 31B

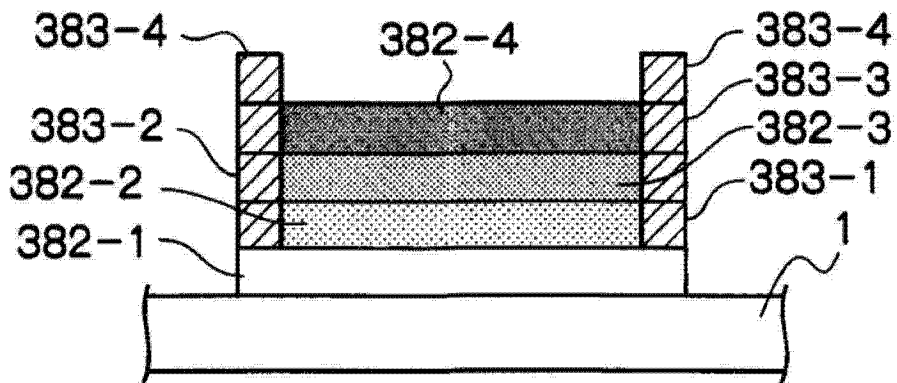


图 31C

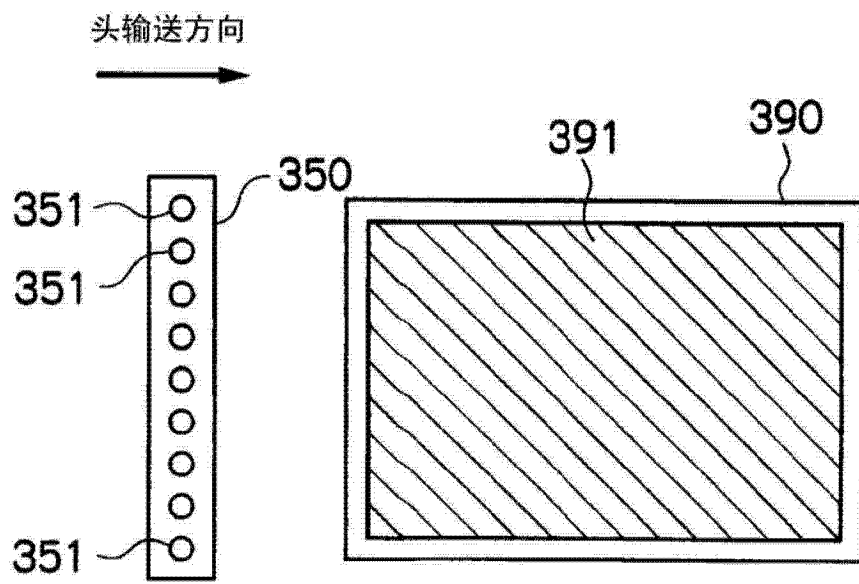


图 32A

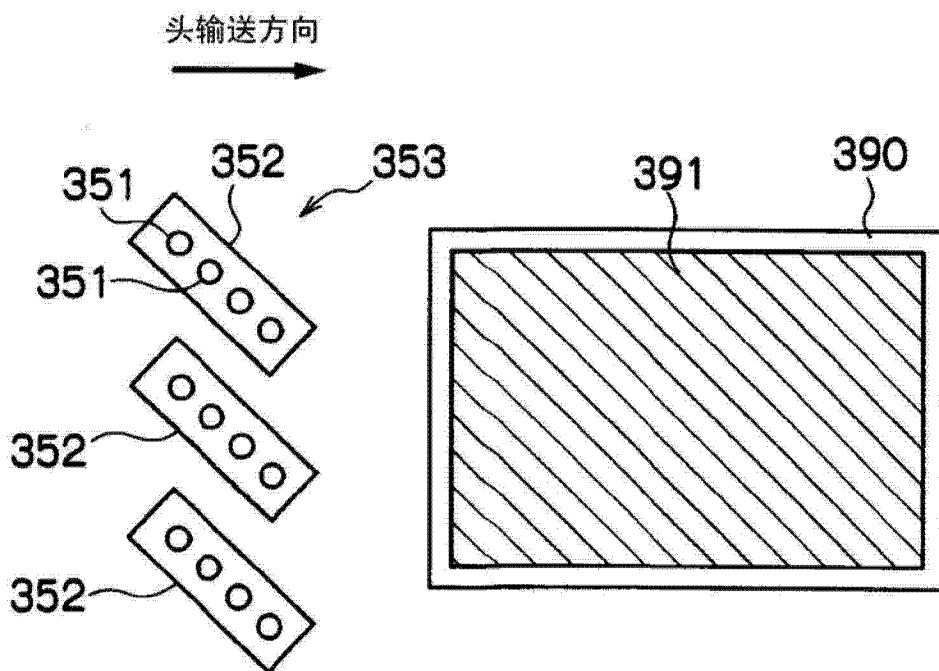


图 32B

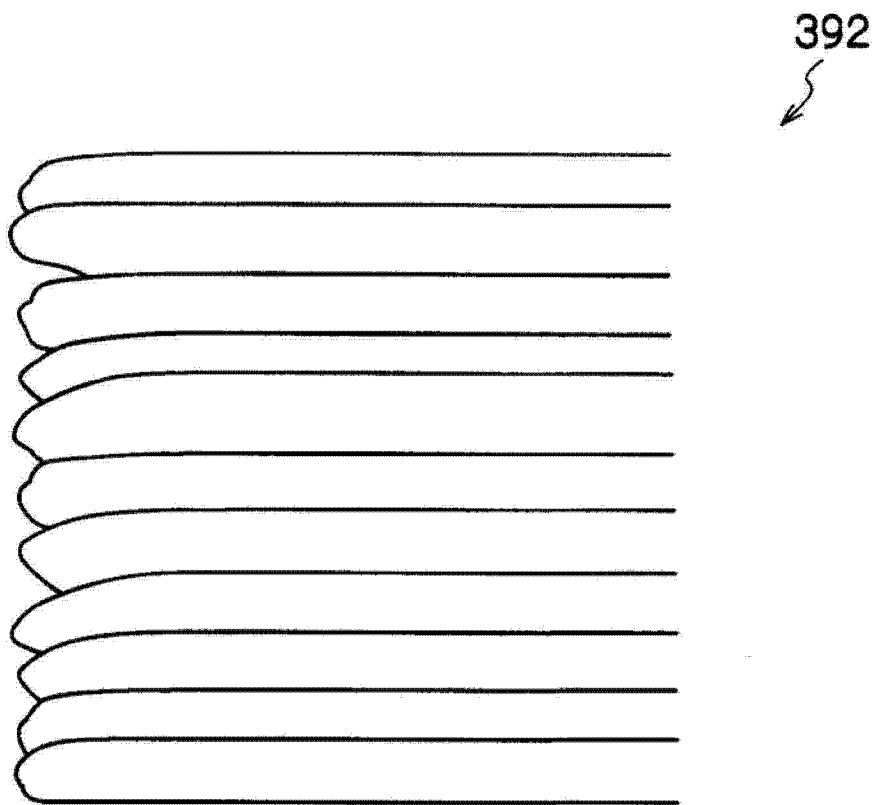


图 33

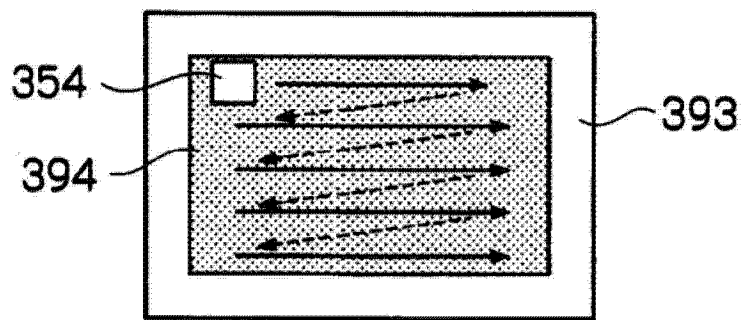


图 34A

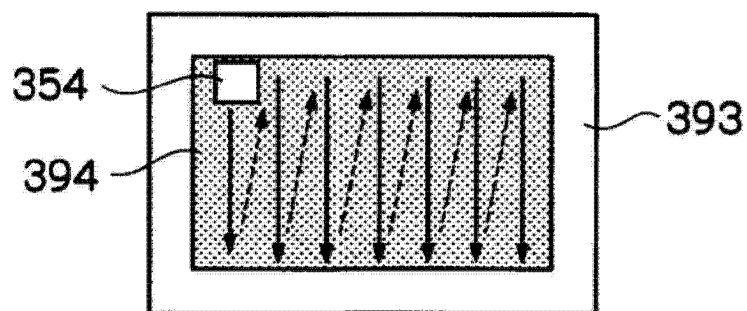


图 34B

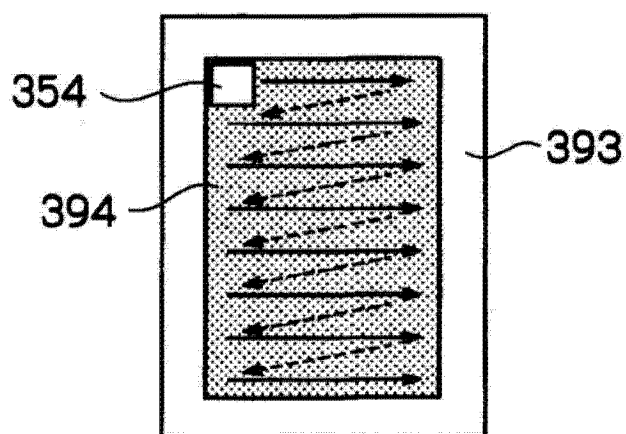


图 34C

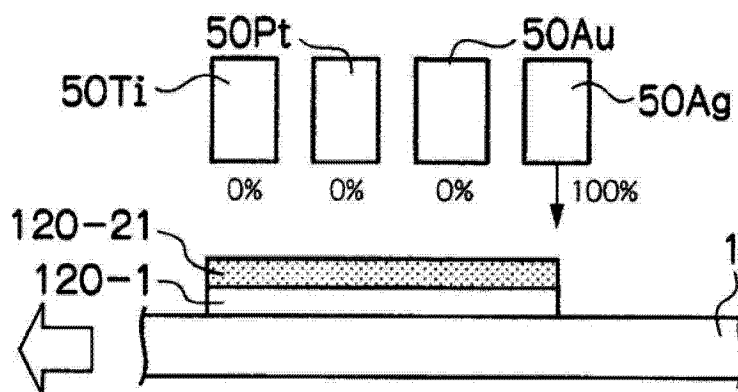


图 35A

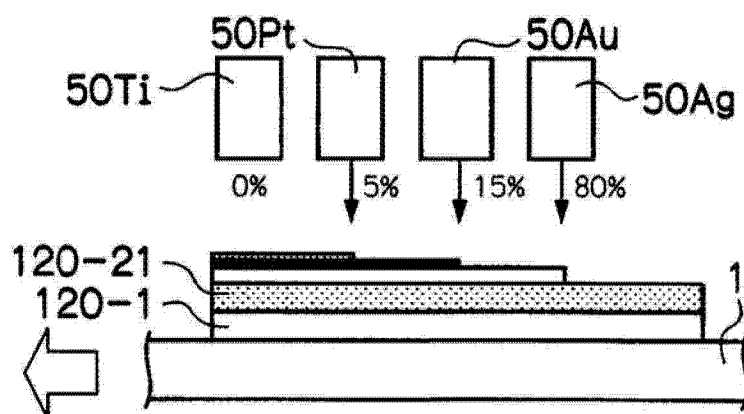


图 35B

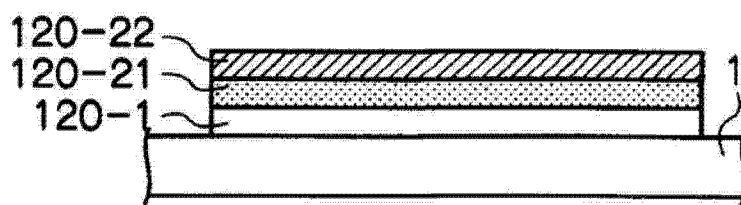


图 35C

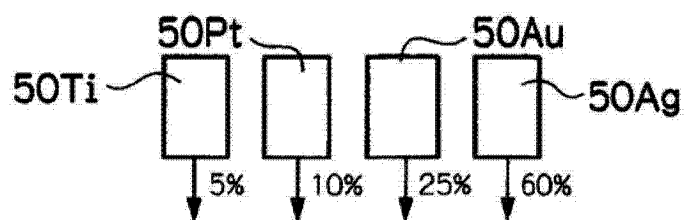


图 35D

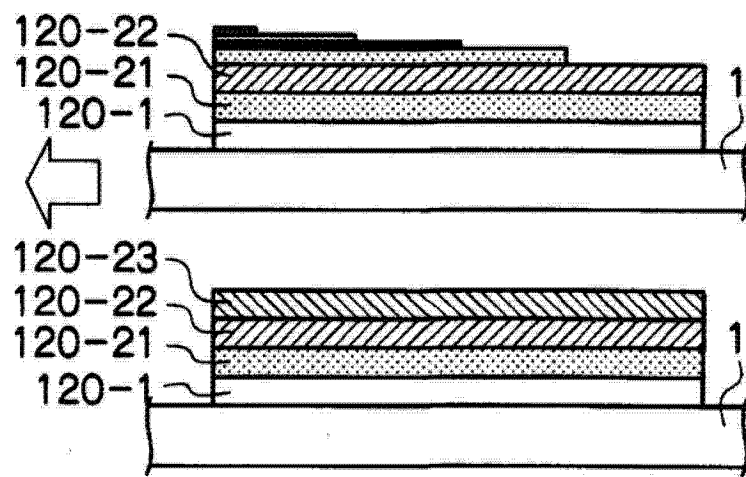


图 35E

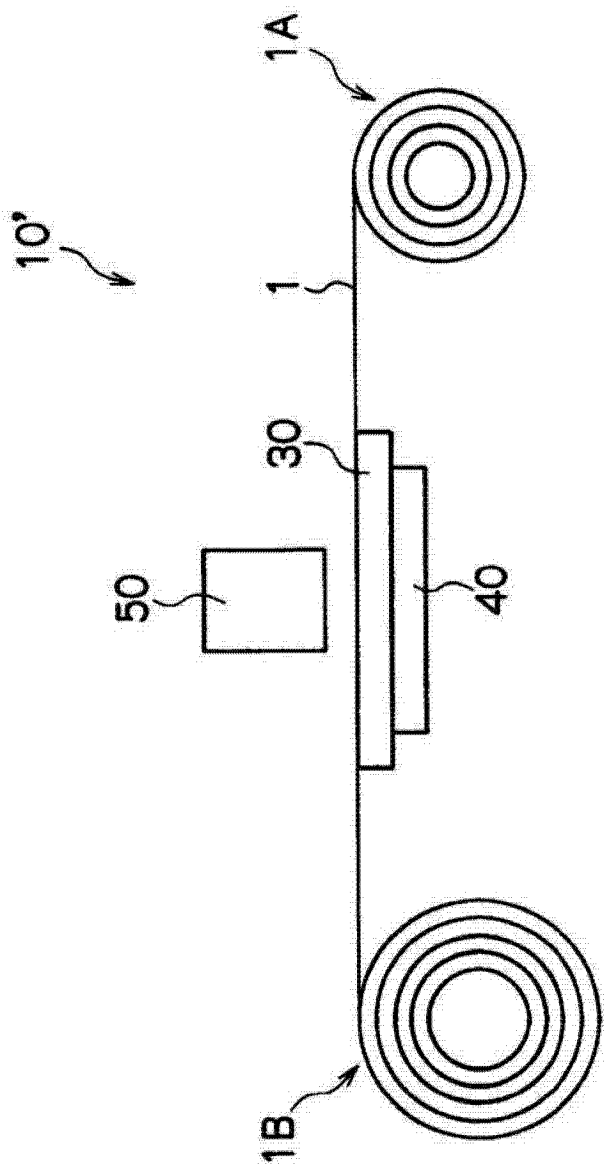


图 36