



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102162955 B

(45) 授权公告日 2015. 05. 20

(21) 申请号 201010576044. 0

(22) 申请日 2010. 11. 24

(30) 优先权数据

2009-266231 2009. 11. 24 JP

(73) 专利权人 株式会社半导体能源研究所

地址 日本神奈川县厚木市

(72) 发明人 久保田大介 石谷哲二 山下晃央

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司
72001

代理人 柯广华 王忠忠

US 2009/0153761 A1, 2009. 06. 18,

TW 594234 B, 2004. 06. 21,

CN 101794047 A, 2010. 08. 04,

US 2005/0179847 A1, 2005. 08. 18,

US 2002/0186339 A1, 2002. 12. 12,

US 2003/0025868 A1, 2003. 02. 06,

CN 101196664 A, 2008. 06. 11,

审查员 巩龙静

(51) Int. Cl.

G02F 1/1343(2006. 01)

G02F 1/1333(2006. 01)

G02F 1/1339(2006. 01)

G02F 1/1368(2006. 01)

H01L 27/02(2006. 01)

(56) 对比文件

US 2009/0153761 A1, 2009. 06. 18,

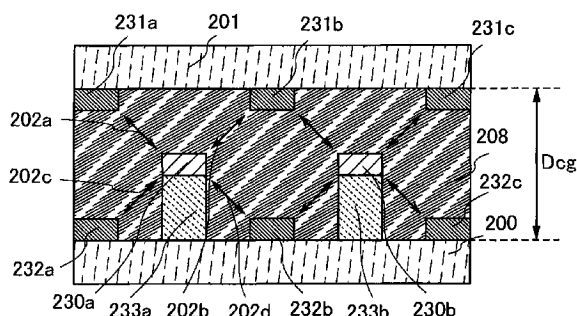
权利要求书4页 说明书49页 附图30页

(54) 发明名称

液晶显示装置

(57) 摘要

本发明名称为“液晶显示装置”。一个目的是提供一种包括呈现蓝相的液晶材料并且能够实现更高对比度的液晶显示装置。在包括呈现蓝相的液晶层的液晶显示装置中,呈现蓝相的液晶层夹在具有开口图案(切口)的像素电极层与彼此相向并且具有开口图案的第一和第二公共电极层之间。像素电极层在从液晶层侧的第一衬底的表面伸出到液晶层中的结构主体之上形成,并且像素电极层在液晶层中定位在第一公共电极层与第二公共电极层之间。液晶显示装置的单元间隙小于 $5\mu\text{m}$ (优选地为 $1\mu\text{m}$ 或更大)。



1. 一种液晶显示装置,包括:
第一衬底和第二衬底;
液晶层,包含呈现蓝相的液晶材料,在所述第一衬底与所述第二衬底之间;
晶体管,在所述第一衬底与所述液晶层之间提供;
绝缘膜,在所述液晶层与所述晶体管之间;
挡光层,与所述晶体管重叠;
结构主体,在所述绝缘膜与所述液晶层之间提供,所述结构主体伸出到所述液晶层中;
第一电极层,具有第一开口图案,所述第一电极层在所述结构主体上提供并且电连接到所述晶体管;
第二电极层,具有第二开口图案,所述第二电极层在所述第二衬底与所述液晶层之间提供;以及
第三电极层,具有第三开口图案,所述第三电极层在所述第一衬底与所述液晶层之间提供并且与所述第二电极层重叠,
其中,所述结构主体至少部分地在所述第三开口图案中提供,
其中,在所述液晶层的厚度方向中,所述第一电极层与所述第三电极层之间的距离小于所述第二电极层与所述第三电极层之间的距离,
其中,单元间隙小于 $5\ \mu\text{m}$,
其中所述结构主体具有带圆顶的金字塔形状,以及
其中所述结构主体的侧面与所述液晶层接触。
2. 如权利要求 1 所述的液晶显示装置,其中,所述单元间隙是 $1\ \mu\text{m}$ 或更大。
3. 如权利要求 1 所述的液晶显示装置,其中,所述第一电极层与所述第二电极层之间的距离基本上等于所述第一电极层与所述第三电极层之间的距离。
4. 如权利要求 1 所述的液晶显示装置,其中,所述第一电极层、所述第二电极层和所述第三电极层与所述液晶层接触。
5. 如权利要求 1 所述的液晶显示装置,其中,所述第一电极层、所述第二电极层和所述第三电极层各具有梳状形状。
6. 如权利要求 1 所述的液晶显示装置,其中,所述液晶层包括手性试剂。
7. 如权利要求 1 所述的液晶显示装置,其中,所述液晶层包括可光致固化树脂和光聚合引发剂。
8. 如权利要求 1 所述的液晶显示装置,其中,所述晶体管包括氧化物半导体层。
9. 如权利要求 1 所述的液晶显示装置,其中,所述绝缘膜包括所述挡光层。
10. 如权利要求 9 所述的液晶显示装置,
其中,所述挡光层在所述晶体管与所述液晶层之间提供。
11. 如权利要求 1 所述的液晶显示装置,
其中,所述挡光层在所述第二衬底与所述第二电极层之间提供。
12. 如权利要求 1 所述的液晶显示装置,还包括所述第一衬底与所述液晶层之间的彩色透光树脂层。
13. 一种液晶显示装置,包括:

第一衬底和第二衬底；

液晶层，包含呈现蓝相的液晶材料，在所述第一衬底与所述第二衬底之间；

第一结构主体，在所述第一衬底与所述液晶层之间提供，所述第一结构主体伸出到所述液晶层中；

第一电极层，具有第一开口图案，所述第一电极层在所述第一结构主体上提供；

第二结构主体，在所述第二衬底与所述液晶层之间提供，所述第二结构主体伸出到所述液晶层中；

第二电极层，具有第二开口图案，所述第二电极层在所述第二结构主体与所述液晶层之间提供；以及

第三电极层，具有第三开口图案，所述第三电极层在所述第一衬底与所述液晶层之间提供并且与所述第二电极层重叠，

其中，所述第一结构主体至少部分地在所述第三开口图案中提供，

其中，在所述液晶层的厚度方向中，所述第一电极层与所述第三电极层之间的距离小于所述第二电极层与所述第三电极层之间的距离，

其中，单元间隙小于 $5\ \mu\text{m}$ ，

其中所述第一结构主体和所述第二结构主体中的每一个具有带圆顶的金字塔形状，以及

其中所述第一结构主体和所述第二结构主体的侧面中的每一个与所述液晶层接触。

14. 如权利要求 13 所述的液晶显示装置，其中，所述单元间隙是 $1\ \mu\text{m}$ 或更大。

15. 如权利要求 13 所述的液晶显示装置，其中，所述第一电极层与所述第二电极层之间的距离基本上等于所述第一电极层与所述第三电极层之间的距离。

16. 如权利要求 13 所述的液晶显示装置，其中，所述第一电极层、所述第二电极层和所述第三电极层与所述液晶层接触。

17. 如权利要求 13 所述的液晶显示装置，其中，所述第一电极层、所述第二电极层和所述第三电极层各具有梳状形状。

18. 如权利要求 13 所述的液晶显示装置，其中，所述液晶层包括手性试剂。

19. 如权利要求 13 所述的液晶显示装置，其中，所述液晶层包括可光致固化树脂和光聚合引发剂。

20. 如权利要求 13 所述的液晶显示装置，还包括所述第一衬底与所述液晶层之间的晶体管，

其中，所述第一电极层电连接到所述晶体管。

21. 如权利要求 20 所述的液晶显示装置，其中，所述晶体管包括氧化物半导体层。

22. 如权利要求 13 所述的液晶显示装置，还包括挡光层。

23. 如权利要求 20 所述的液晶显示装置，还包括挡光层，

其中，所述挡光层在所述晶体管与所述液晶层之间提供。

24. 如权利要求 22 所述的液晶显示装置，

其中，所述挡光层在所述第二衬底与所述第二电极层之间提供。

25. 如权利要求 13 所述的液晶显示装置，还包括所述第一衬底与所述液晶层之间的彩色透光树脂层。

26. 一种液晶显示装置,包括:

第一衬底和第二衬底;

液晶层,包含呈现蓝相的液晶材料,在所述第一衬底与所述第二衬底之间;

第一结构主体,在所述第一衬底与所述液晶层之间提供,所述第一结构主体伸出到所述液晶层中;

第一电极层,具有第一开口图案,所述第一电极层在所述第一结构主体上提供;

第二结构主体,在所述第二衬底与所述液晶层之间提供,所述第二结构主体伸出到所述液晶层中;

第二电极层,具有第二开口图案,所述第二电极层在所述第二结构主体与所述液晶层之间提供;

第三结构主体,在所述第一衬底与所述液晶层之间提供,所述第三结构主体伸出到所述液晶层中;以及

第三电极层,具有第三开口图案,所述第三电极层在所述液晶层与所述第三结构主体之间提供并且与所述第二电极层重叠,

其中,所述第一结构主体至少部分地在所述第三开口图案中提供;

其中,在所述液晶层的厚度方向中,所述第一电极层与所述第三电极层之间的距离小于所述第二电极层与所述第三电极层之间的距离,

其中,单元间隙小于 $5\mu\text{m}$,

其中所述第一结构主体、所述第二结构主体和所述第三结构主体中的每一个具有带圆顶的金字塔形状,以及

其中所述第一结构主体、所述第二结构主体和所述第三结构主体的侧面中的每一个与所述液晶层接触。

27. 如权利要求 26 所述的液晶显示装置,其中,所述单元间隙是 $1\mu\text{m}$ 或更大。

28. 如权利要求 26 所述的液晶显示装置,其中,所述第一电极层与所述第二电极层之间的距离基本上等于所述第一电极层与所述第三电极层之间的距离。

29. 如权利要求 26 所述的液晶显示装置,其中,所述第一电极层、所述第二电极层和所述第三电极层与所述液晶层接触。

30. 如权利要求 26 所述的液晶显示装置,其中,所述第一电极层、所述第二电极层和所述第三电极层各具有梳状形状。

31. 如权利要求 26 所述的液晶显示装置,其中,所述液晶层包括手性试剂。

32. 如权利要求 26 所述的液晶显示装置,其中,所述液晶层包括可光致固化树脂和光聚合引发剂。

33. 如权利要求 26 所述的液晶显示装置,还包括所述第一衬底与所述液晶层之间的晶体管。

其中,所述第一电极层电连接到所述晶体管。

34. 如权利要求 33 所述的液晶显示装置,其中,所述晶体管包括氧化物半导体层。

35. 如权利要求 26 所述的液晶显示装置,还包括挡光层。

36. 如权利要求 33 所述的液晶显示装置,还包括挡光层,

其中,所述挡光层在所述晶体管与所述液晶层之间提供。

37. 如权利要求 35 所述的液晶显示装置，

其中，所述挡光层在所述第二衬底与所述第二电极层之间提供。

38. 如权利要求 26 所述的液晶显示装置，还包括所述第一衬底与所述液晶层之间的彩色透光树脂层。

液晶显示装置

技术领域

[0001] 本发明涉及液晶显示装置及其制造方法。

背景技术

[0002] 具有液晶元件的液晶显示装置、具有自发光元件的发光装置、场致发射显示器(FED) 等等在显示装置市场竞争性地发展,它们是薄且轻的(所谓的平板显示器)。

[0003] 对于液晶显示装置,要求液晶分子的响应速度的提高。液晶的显示模式具有各种类型,其中,铁电液晶(FLC) 模式、光补偿双折射(OCB) 模式以及使用呈现蓝相的液晶的模式可作为具有高速响应能力的液晶模式来提供。

[0004] 具体来说,通过使用呈现蓝相的液晶的模式的使用,配向膜(alignment film) 不是必要的,并且视角可加宽;因此,促进了实际使用的研究(例如参见专利文献1)。专利文献1 提出,液晶经过聚合物稳定化处理,使得呈现蓝相的温度范围拓宽。

[0005] [参考文献]

[0006] [专利文献1]PCT 国际公布号 05/090520

发明内容

[0007] 液晶显示装置的问题在于,高白光透射率(white transmittance)(白显示(white display) 中的透光率) 是必要的,以便取得高对比度。

[0008] 因此,为了取得较高对比度,一个目的是提供一种适合使用呈现蓝相的液晶的液晶显示模式的液晶显示装置。

[0009] 在包括呈现蓝相的液晶层的液晶显示装置中,呈现蓝相的液晶层夹在具有开口图案的像素电极层(第一电极层)与具有开口图案(切口)的一对公共电极层(第一公共电极层(第二电极层)和第二公共电极层(第三电极层))之间。公共电极层在第一衬底和第二衬底上形成,并且定位成隔着液晶层彼此相向。

[0010] 像素电极层在结构主体之上形成,结构主体从液晶层侧的第一衬底的表面(面向液晶层的表面)伸出到液晶层中,并且像素电极层沿液晶层的厚度方向定位在第一公共电极层与第二公共电极层之间。只要像素电极层定位在第一公共电极层与第二公共电极层之间,则第一公共电极层和第二公共电极层也可在结构主体上形成。在这种情况下,像素电极层和第二公共电极层在相同的第一衬底之上形成,并且在像素电极层之下形成的结构主体(第一结构主体)比在第二公共电极层之下形成的结构主体(第三结构主体)要高(要厚)。

[0011] 在液晶显示装置中,作为液晶层的厚度的单元间隙(cell gap) 小于 $5\mu\text{m}$ (优选地为 $1\mu\text{m}$ 或更大)。在本说明书中,单元间隙的厚度指的是液晶层的最厚部分的长度(膜厚度)。单元间隙的厚度(液晶层的厚度)可由保持第一衬底与第二衬底之间间隔的隔离片或密封剂来控制。相应地,为了将单元间隙的厚度(液晶层的厚度)设置成小于 $5\mu\text{m}$,提供在液晶层中的像素电极层、第一公共电极层、第二公共电极层和结构主体的厚度各设置成

小于 $5\ \mu\text{m}$ 。

[0012] 在第一衬底（也称作元件衬底）之上形成的像素电极层和第二公共电极层以及在第二衬底（也称作对衬底）上形成的第一公共电极层隔着液晶层采用密封剂相互固定。像素电极层、第一公共电极层和第二公共电极层具有各种开口图案，并且各具有包括弯曲部分的形状或分叉梳状形状，而不是平面形状。此外，第一公共电极层和第二公共电极层至少在像素区域中具有相同形状，并且定位成使得隔着液晶层相互重叠。

[0013] 电场施加在像素电极层与第一公共电极层和第二公共电极层之间，它们具有开口图案并且提供成以便使液晶夹在它们之间，由此电场沿倾斜方向（沿倾斜于衬底的方向）施加到液晶。因此，液晶分子可使用电场来控制。另外，由于像素电极层沿液晶层的厚度方向定位在第一公共电极层与第二公共电极层之间，所以像素电极层与第一公共电极层之间的电场以及像素电极层与第二公共电极层之间的电场可施加到液晶。因此，电场可在整个液晶层中形成。

[0014] 因此，可使整个液晶层中的液晶分子、包括沿厚度方向的液晶分子进行响应，并且可改进白光透射率。相应地，作为白光透射率与黑光透射率 (black transmittance)（黑显示 (black display) 中的透光率）之比的对比率也可提高。此外，电场甚至可有效地施加到呈现蓝相、具有高粘性的液晶材料（液晶混合物）；因此，还可实现功耗的降低。在呈现蓝相的液晶层中，沿与液晶层的厚度方向垂直的方向施加到液晶分子的电场的分量与沿液晶层的厚度方向施加的电场的分量之比越高，则液晶分子的白光透射率越高。因此，通过将单元间隙设置成小于 $5\ \mu\text{m}$ ，沿与液晶层的厚度方向垂直的方向施加在像素电极层与第一和第二电极层之间的电场的分量与沿液晶层的厚度方向施加的电场的分量之比，由此液晶层的白光透射率可增加，即使驱动电压低。相应地，作为白光透射率与黑光透射率（黑显示中的透光率）之比的对比率也可提高。

[0015] 结构主体可使用绝缘体来形成，绝缘体包括绝缘材料（有机材料或无机材料）或导体，导体包括导电材料（有机材料或无机材料）。通常优选地使用可见光固化树脂、紫外线固化树脂或者热固树脂。例如，可使用丙烯酸树脂、环氧树脂、氨基树脂等等。此外，结构主体可使用导电树脂或金属材料来形成。注意，结构主体可具有多个薄膜的叠层结构。结构主体可具有柱状形状、具有平坦顶面和梯形截面的截短的锥形或金字塔形状、具有圆顶的锥形或金字塔形状等等。此外，结构主体可以是从小于液晶层侧的衬底的表面伸出到液晶层中的一部分；因此，伸出的结构主体可通过下列方式来形成：处理层间膜，使得液晶层侧的表面不平坦。相应地，结构主体可使用提供有多个伸出部分的连续膜来形成。

[0016] 在本说明书中，除了在闭合空间中开口的图案之外，在像素电极层、第一公共电极层和第二公共电极层中形成的开口图案（切口）还包括部分开口的梳状图案。

[0017] 在本说明书中，提供有半导体元件（例如晶体管）、像素电极层、第二公共电极层和层间膜的衬底称作元件衬底（第一衬底），而隔着液晶层面向元件衬底、提供有第一公共电极层的衬底称作对衬底（第二衬底）。

[0018] 呈现蓝相的液晶材料用于液晶层。注意，液晶材料指的是包括液晶并且用于液晶层的混合物。呈现蓝相的液晶材料具有 1msec 或更小的短响应时间，并且能够高速响应。因此，可实现高性能液晶显示装置。

[0019] 呈现蓝相的液晶材料包括液晶和手性试剂。手性试剂用于对液晶进行配向，使得

液晶形成螺旋结构并且呈现蓝相。例如,以若干重量百分比或以上将手性试剂混合到其中的液晶材料可用于液晶层。

[0020] 作为液晶,可使用热致液晶、低分子液晶、高分子液晶、铁电液晶、反铁电液晶等等。

[0021] 对于手性试剂,使用具有与液晶的高相容性以及强扭转力的材料。另外,作为材料,R 对映体或 S 对映体是有利的,而不使用以 50 : 50 的比率在其中混合 R 对映体和 S 对映体的消旋体。

[0022] 上述液晶材料根据条件而呈现胆甾相、胆甾蓝相、近晶相、近晶蓝相、立方相、手性向列相、各向同性相等。

[0023] 作为蓝相的胆甾蓝相和近晶蓝相在液晶材料中观察到具有胆甾相或近晶相,其中具有 500nm 或以下的较短螺距 (helical pitch)。液晶材料的配向具有双重扭转结构。具有大约小于或等于可见光的波长,液晶材料是透明的,并且光调制动作通过电压施加的配向秩序 (alignment order) 的变化来生成。蓝相是光学各向同性的,并且因而没有视角相关性。因而不必形成配向膜;因此,可提高显示图像质量并且可降低成本。

[0024] 蓝相仅在窄温度范围之内呈现;因此,优选的是,将可光致固化树脂和光聚合引发剂添加到液晶材料,并且执行聚合物稳定化处理,以便拓宽温度范围。执行聚合物稳定化处理,其方式是使得包括液晶、手性试剂、可光致固化树脂和引发剂的液晶材料采用具有可光致固化树脂和光聚合引发剂与其发生反应的波长的光来照射。可通过采用光照射呈现各向同性相的状态中的液晶材料,或者通过在温度控制下采用光照射呈现蓝相的状态中的液晶材料,来执行这种聚合物稳定化处理。

[0025] 例如,执行聚合物稳定化处理,其方式是使得控制液晶层的温度,并且采用光来照射呈现蓝相的液晶层。注意,聚合物稳定化处理并不局限于这种方式,而是可通过如下方式来执行:使得在从蓝相与各向同性相之间的相变温度的 +10℃、优选地 +5℃ 之内的温度采用光来照射呈现该各向同性相的液晶层。蓝相与各向同性相之间的相变温度是相位在温度升高时从蓝相改变成各向同性相的温度,或者是相位在温度降低时从各向同性相改变成蓝相的温度。作为聚合物稳定化处理的一个示例,能采用以下方法:在将液晶层加热到呈现各向同性相之后,将温度逐渐降低,使得相位改变成蓝相,以及然后在保持呈现蓝相的温度的同时执行采用光的照射。备选的是,在通过逐渐加热液晶层相位改变成各向同性相之后,可在从蓝相与该各向同性相(其中呈现各向同性相)之间的相变温度的 +10℃、优选地 +5℃ 之内的温度采用光来照射液晶层。此外,在紫外线固化树脂 (UV 固化树脂) 用作包含在液晶材料中的可光致固化树脂的情况下,可采用紫外线来照射液晶层。甚至在没有呈现蓝相的情况下,如果通过在从蓝相与各向同性相(其中呈现各向同性相)之间的相变温度的 +10℃、优选地 +5℃ 之内的温度采用光进行照射来执行聚合物稳定化处理,则可使响应时间短至 1msec 或以下,并且因而高速响应是可能的。

[0026] 本说明书中公开的本发明的结构的一个实施例是一种液晶显示装置,包括:第一衬底和第二衬底,它们之间夹有包含呈现蓝相的液晶材料的液晶层;具有开口图案的第二电极层,它在第二衬底与液晶层之间提供;具有开口图案的第三电极层,它与第二电极层重叠,并且在第一衬底与液晶层之间提供;结构主体,它在第三电极层的开口图案中提供,并且从液晶层侧的第一衬底的表面伸出到液晶层中;以及具有开口图案的第一电极层,它在

结构主体之上提供,并且在液晶层中定位在第二电极层与第三电极层之间,其中单元间隙小于 $5\mu\text{m}$ 。

[0027] 本说明书中公开的本发明的结构的另一个实施例是一种液晶显示装置,包括:第一衬底和第二衬底,它们之间夹有包含呈现蓝相的液晶材料的液晶层;第二结构主体,它从液晶层侧的第二衬底的表面伸出到液晶层中;具有开口图案的第二电极层,它在第二结构主体上提供;具有开口图案的第三电极层,它与第二电极层重叠,并且在第一衬底与液晶层之间提供;第一结构主体,它在第三电极层的开口图案中提供,并且从液晶层侧的第一衬底的表面伸出到液晶层中;以及具有开口图案的第一电极层,它在第一结构主体之上提供,并且在液晶层中定位在第二电极层与第三电极层之间,其中单元间隙小于 $5\mu\text{m}$ 。

[0028] 本说明书中公开的本发明的结构的另一个实施例是一种液晶显示装置,包括:第一衬底和第二衬底,它们之间夹有包含呈现蓝相的液晶材料的液晶层;第二结构主体,它从液晶层侧的第二衬底的表面伸出到液晶层中;具有开口图案的第二电极层,它在第二结构主体上提供;第三结构主体,它从液晶层侧的第一衬底的表面伸出到液晶层中;具有开口图案的第三电极层,它与第二电极层重叠,并且在第三结构主体之上提供;第一结构主体,它在第三电极层的开口图案中提供,并且从液晶层侧的第一衬底的表面伸出到液晶层中;以及具有开口图案的第一电极层,它在第一结构主体之上提供,并且在液晶层中定位在第二电极层与第三电极层之间,其中单元间隙小于 $5\mu\text{m}$ 。

[0029] 由于使用呈现蓝相的液晶层,所以不必形成配向膜。因此,获得一种结构,其中像素电极层(第一电极层)与液晶层接触,并且第二电极层(第一公共电极层)和第三电极层(第二公共电极层)也与液晶层接触。

[0030] 注意,例如“第一”和“第二”的序数是为了方便起见而使用,而不是表示步骤的顺序和层的堆叠顺序。另外,本说明书中的序数不是表示规定本发明的特定名称。

[0031] 注意,在本说明书中,半导体装置指的是可通过利用半导体特性来起作用的所有装置,并且光电装置、半导体电路和电子装置全部包含在半导体装置的类别中。

[0032] 在包括呈现蓝相的液晶层的液晶显示装置中,对比率可增加。

[0033] 此外,电场甚至可有效地施加到呈现蓝相、具有高粘性的液晶层;因此,还可实现液晶显示装置的功耗的降低。

附图说明

[0034] 在附图中:

[0035] 图 1A 至图 1C 示出液晶显示装置的电场模式;

[0036] 图 2A 和图 2B 示出一种液晶显示装置;

[0037] 图 3A 和图 3B 示出一种液晶显示装置;

[0038] 图 4A 和图 4B 示出一种液晶显示装置;

[0039] 图 5A 和图 5B 示出一种液晶显示装置;

[0040] 图 6A 和图 6B 示出一种液晶显示装置;

[0041] 图 7A 至图 7D 示出一种用于制造液晶显示装置的方法;

[0042] 图 8A 至图 8D 示出液晶显示装置的电极层;

[0043] 图 9A 和图 9B 示出一种液晶显示装置;

- [0044] 图 10A 和图 10B 示出一种液晶显示装置；
- [0045] 图 11A 和图 11B 示出液晶显示装置；
- [0046] 图 12A1、图 12A2 和图 12B 示出一种液晶显示装置；
- [0047] 图 13A 和图 13B 分别是示出电视机的示例和数字相框的示例的外视图；
- [0048] 图 14A 和图 14B 是示出游戏机的示例的外视图；
- [0049] 图 15A 和图 15B 是示出移动电话的示例的外视图；
- [0050] 图 16 示出一种液晶显示模块；
- [0051] 图 17A 至图 17D 示出一种用于制造液晶显示装置的方法；
- [0052] 图 18A 和图 18B 示出一种液晶显示装置；
- [0053] 图 19A 和图 19B 示出液晶显示装置；
- [0054] 图 20 示出所施加电压与透射光的强度之间的关系；
- [0055] 图 21 示出示例 1 中样本 1 至 3 的结构；
- [0056] 图 22 示出示例 1 中比较的样本的结构；
- [0057] 图 23A 和图 23B 是示出一种液晶显示装置的框图；
- [0058] 图 24 是液晶显示装置的时序图；
- [0059] 图 25 示出一种可应用于液晶显示装置的晶体管以及一种用于制造该晶体管的方法；
- [0060] 图 26A 至图 26E 示出一种可应用于液晶显示装置的晶体管以及一种用于制造该晶体管的方法；以及
- [0061] 图 27A 至图 27E 示出一种可应用于液晶显示装置的晶体管以及一种用于制造该晶体管的方法。

具体实施方式

[0062] 将参照附图详细描述实施例。注意，本发明并不局限于以下描述，并且本领域的技术人员易于理解，本发明的模式和细节在不背离本发明的精神和范围的情况下可通过各种方式进行修改。因此，本发明不应当被理解为局限于以下实施例的描述。在以下所述的结构中，相同部分或者具有相似功能的部分在不同的附图中将由相同的参考标号来表示，并且将省略其重复描述。另外，当层或诸如此类在截面图中示为多个分开的层或诸如此类时，它们的每个或者它们的一些可由不同的参考标号来表示。

[0063] （实施例 1）

[0064] 将参照图 1A 至图 1C、图 19A 和图 19B 来描述液晶显示装置。

[0065] 图 1A 至 1C、图 19A 和图 19B 是液晶显示装置的截面图。

[0066] 图 1A 示出一种液晶显示装置，其中，第一衬底 200 和第二衬底 201 定位成使得隔着包括呈现蓝相的液晶材料的液晶层 208 而彼此相向。第一结构主体 233a 和 233b、像素电极层 230a 和 230b 以及第二公共电极层 232a、232b 和 232c 提供在第一衬底 200 与液晶层 208 之间。第一公共电极层 231a、231b 和 231c 在第二衬底 201 与液晶层 208 之间形成。第一结构主体 233a 和 233b 提供成从液晶层 208 侧的第一衬底 200 的表面伸出到液晶层 208 中。

[0067] 第一衬底 200 提供有第二公共电极层 232a、232b 和 232c，并且第二衬底 201 提供

有第一公共电极层 231a、231b 和 231c。第二公共电极层 232a、232b 和 232c 以及第一公共电极层 231a、231b 和 231c 定位成使得隔着液晶层 208 而彼此相向。优选的是,第一公共电极层 231a、231b 和 231c 以及第二公共电极层 232a、232b 和 232c 至少在像素区域中具有相同形状,并且定位成使得隔着液晶层相互重叠,因为不减小像素的开口率 (aperture ratio)。

[0068] 像素电极层 230a 和 230b 在提供于第一衬底 200 之上的第一结构主体 233a 和 233b 之上形成。在液晶层 208 的厚度方向,像素电极层 230a 和 230b 定位在第一公共电极层 231a、231b 和 231c 与第二公共电极层 232a、232b 和 232c 之间。另外,在图 1A 至图 1C 的截面图中,第一公共电极层 231a、231b、231c 和第二公共电极层 232a、232b、232c 以及像素电极层没有相互重叠地交替提供。

[0069] 像素电极层 (包括 230a 和 230b)、第一公共电极层 (包括 231a、231b 和 231c) 以及第二公共电极层 (包括 232a、232b 和 232c) 各具有包括开口图案的形状而不是平面形状;因此,它们在截面图中示为多个分开的电极层。

[0070] 只要像素电极层定位在第一公共电极层与第二公共电极层之间,则第一公共电极层和第二公共电极层也可在结构主体上形成。图 1B 示出其中第二结构主体 234a、234b 和 234c 提供在第二衬底 201 与第一公共电极层 231a、231b 和 231c 之间的一个示例。第二结构主体 234a、234b 和 234c 提供成从液晶层 208 侧的第二衬底 201 的表面伸出到液晶层 208 中。

[0071] 另外,图 1C 示出其中第三结构主体 235a、235b 和 235c 还提供在第二公共电极层 232a、232b 和 232c 之下的一个示例。第三结构主体 235a、235b 和 235c 提供成从液晶层 208 侧的第一衬底 200 的表面伸出到液晶层 208 中。在这种情况下,像素电极层 230a 和 230b 以及第二公共电极层 232a、232b 和 232c 在相同的第一衬底 200 之上形成,并且在像素电极层 230a 和 230b 之下形成的第一结构主体 233a 和 233b 分别比分别在第二公共电极层 232a、232b 和 232c 之下形成的第三结构主体 235a、235b 和 235c 要高。这样,结构主体的厚度 (高度) 和数量受到控制,使得能设置液晶层中的第一公共电极层、第二公共电极层和像素电极层的位置。

[0072] 在液晶显示装置中,作为液晶层的厚度的单元间隙 (Dcg) 小于 $5\mu\text{m}$ (优选地为 $1\mu\text{m}$ 或更大)。在本说明书中,单元间隙的厚度指的是液晶层的最厚部分的长度 (膜厚度)。因此,图 1A 至图 1C 中的单元间隙 (Dcg) 是第一衬底 200 与第二衬底 201 之间的距离,如箭头所示。

[0073] 单元间隙的厚度 (液晶层的厚度) 可由保持第一衬底与第二衬底之间的间隔的隔离片或密封剂来控制。为了将单元间隙的厚度 (液晶层的厚度) 设置成小于 $5\mu\text{m}$,提供在液晶层中的像素电极层、第一公共电极层、第二公共电极层和结构主体的厚度各设置成小于 $5\mu\text{m}$ 。

[0074] 在图 1A 至图 1C 的液晶显示装置中,电场施加在像素电极层 230a、230b 与第一公共电极层 231a、231b、231c 和第二公共电极层 232a、232b、232c 之间,它们具有开口图案并且提供成以便使液晶夹在它们之间,由此电场沿倾斜方向 (沿倾斜于衬底的方向) 施加到液晶层 208。因此,液晶分子可使用电场来控制。另外,在液晶层 208 的厚度方向,像素电极层 230a 和 230b 定位在第一公共电极层 231a、231b 和 231c 与第二公共电极层 232a、232b 和 232c 之间。因此,像素电极层 230a 和 230b 与第一公共电极层 231a、231b 和 231c 之间

的电场以及像素电极层 230a 和 230b 与第二公共电极层 232a、232b 和 232c 之间的电场可施加到液晶。因此,电场可在整个液晶层中形成。

[0075] 例如,在图 1A 至图 1C 中,由箭头 202a 所示的电场沿倾斜方向施加在像素电极层 230a 与第一公共电极层 231a 之间,由箭头 202b 所示的电场沿倾斜方向施加在像素电极层 230a 与第一公共电极层 231b 之间,由箭头 202c 所示的电场沿倾斜方向施加在像素电极层 230a 与第二公共电极层 232a 之间,以及由箭头 202d 所示的电场沿倾斜方向施加在像素电极层 230a 与第二公共电极层 232b 之间。另外,甚至当第二结构主体 234a 和 234b 提供在第一公共电极层 231a 和 231b 与第二衬底 201 之间并且第三结构主体 235a 和 235b 提供在第二公共电极层 232a 和 232b 与第一衬底 200 之间时,也使电位线衍射。因此,电场在整个液晶层中形成。

[0076] 像素电极层提供在结构主体之上,并且在液晶层中定位在第一公共电极层与第二公共电极层之间,并且倾斜电场在像素电极层与提供于第二衬底上的第一公共电极层之间以及在像素电极层与提供于第一衬底之上的第二公共电极层之间形成,使得倾斜电场可在整个液晶层中形成。

[0077] 因此,可使整个液晶层中的液晶分子、包括沿厚度方向的液晶分子进行响应,并且可改进白光透射率。相应地,作为白光透射率与黑光透射率(黑显示中的透光率)之比的对比率也可提高。

[0078] 另外,电场甚至可以较低电压有效地施加到呈现蓝相、具有较高粘性的液晶材料;因此,还可实现液晶显示装置的功耗的降低。

[0079] 结构主体可使用绝缘体来形成,绝缘体包括绝缘材料(有机材料或无机材料)或导体,导体包括导电材料(有机材料或无机材料)。通常优选地使用可见光固化树脂、紫外线固化树脂或者热固树脂。例如,可使用丙烯酸树脂、环氧树脂、氨基树脂等等。此外,结构主体可使用导电树脂或金属材料来形成。注意,结构主体可具有多个薄膜的叠层结构。结构主体可具有柱状形状、具有平坦顶面和梯形截面的截短的锥形或金字塔形状、具有圆顶的锥形或金字塔形状等等。此外,结构主体可以是从小液晶层侧的衬底的表面伸出到液晶层中的一部分;因此,伸出的结构主体可通过以下方式形成:处理层间膜,使得液晶层侧的表面不平坦。相应地,结构主体可使用提供有多个伸出部分的连续膜来形成。

[0080] 注意,在结构主体上形成的像素电极层、第一公共电极层和第二公共电极层的形状反映结构主体的形状,并且还受到蚀刻过程方法影响。图 19A 和图 19B 示出结构主体以及在结构主体之上形成的像素电极层的形状的示例。注意,图 19A 和图 19B 示出第一结构主体和像素电极层的示例;第二结构主体和第一公共电极层以及第三结构主体和第二公共电极层也可类似地具有各种形状。

[0081] 图 19A 示出其中像素电极层 240a 和 240b 分别在第一结构主体 241a 和 241b 之上形成的一个示例,以及图 19B 示出其中像素电极层 242a 和 242b 分别在第一结构主体 243a 和 243b 之上形成的一个示例。第一结构主体 241a、241b、243a 和 243b 各具有带圆顶的锥形或金字塔形状。在图 19A 的示例中,分别提供在第一结构主体 241a 和 241b 之上的像素电极层 240a 和 240b 形成为使得覆盖第一结构主体 241a 和 241b 的侧面,并且与第一衬底 200 部分接触。另一方面,在图 19B 的示例中,分别提供在第一结构主体 243a 和 243b 之上的像素电极层 242a 和 242b 在第一结构主体 243a 和 243b 的侧面的顶部形成。这样,像素

电极层可覆盖结构主体的侧面（的全部或部分），并且像素电极层可具有非均匀厚度分布。在这种情况下，液晶层还具有其中像素电极层存在于第一公共电极层与第二公共电极层之间的区域，其效果是在整个液晶层中在像素电极层与第一公共电极层之间以及像素电极层与第二公共电极层之间形成倾斜电场。相应地，在液晶层的厚度方向，至少像素电极层的最高部分（像素电极层的顶面）定位在第一公共电极层与第二公共电极层之间。

[0082] 可在第一衬底 200 附连到第二衬底 201 之后，通过分送器（dispenser）方法（点滴方法）或者用以使用毛细现象来注射液晶的注射方法来形成液晶层 208。

[0083] 呈现蓝相的液晶材料用于液晶层 208。呈现蓝相的液晶材料具有 1msec 或更小的短响应时间，并且能够高速响应。因此，可实现高性能液晶显示装置。

[0084] 呈现蓝相的液晶材料包括液晶和手性试剂。手性试剂用于对液晶进行配向，使得液晶形成螺旋结构并且呈现蓝相。例如，以若干重量百分比（或以上）将手性试剂混合到其中的液晶材料可用于液晶层。

[0085] 作为液晶，可使用热致液晶、低分子液晶、高分子液晶、铁电液晶、反铁电液晶等等。

[0086] 对于手性试剂，使用具有与液晶的高相容性并且具有强扭转力的材料。另外，作为材料，R 对映体或 S 对映体是有利的，而不使用以 50 : 50 的比率在其中混合 R 对映体和 S 对映体的消旋体。

[0087] 上述液晶材料根据条件而呈现胆甾相、胆甾蓝相、近晶相、近晶蓝相、立方相、手性向列相、各向同性相等。

[0088] 作为蓝相的胆甾蓝相和近晶蓝相在液晶材料中观察到具有胆甾相或近晶相，其中具有 500nm 或以下的较短螺距。液晶材料的配向具有双重扭转结构。具有大约小于或等于可见光的波长，液晶材料是透明的，并且光调制动作用通过电压施加的配向秩序的变化来生成。蓝相是光学各向同性的，并且因而没有视角相关性。因而不必形成配向膜；因此，可提高显示图像质量并且可降低成本。

[0089] 蓝相仅在窄温度范围之内呈现；因此，优选的是，将可光致固化树脂和光聚合引发剂添加到液晶材料，并且执行聚合物稳定化处理，以便拓宽温度范围。执行聚合物稳定化处理，其方式是使得包括液晶、手性试剂、可光致固化树脂和引发剂的液晶材料采用具有可光致固化树脂和光聚合引发剂与其发生反应的波长的光来照射。可通过采用光照射呈现各向同性相的状态中的液晶材料，或者通过在温度控制下采用光照射呈现蓝相的状态中的液晶材料，来执行这种聚合物稳定化处理。

[0090] 例如，执行聚合物稳定化处理，其方式是使得控制液晶层的温度，并且采用光来照射呈现蓝相的液晶层。注意，聚合物稳定化处理并不局限于这种方式，而是可通过如下方式来执行：在从蓝相与各向同性相之间的相变温度的 +10℃、优选地 +5℃ 之内的温度采用光来照射呈现该各向同性相的液晶层。蓝相与各向同性相之间的相变温度是相位在温度升高时从蓝相改变成各向同性相的温度，或者是相位在温度降低时从各向同性相改变成蓝相的温度。作为聚合物稳定化处理的一个示例，能采用下列方法：在将液晶层加热到呈现各向同性相之后，将温度逐渐降低，使得相位改变成蓝相，以及然后在保持呈现蓝相的温度的同时执行采用光的照射。备选的是，在通过逐渐加热液晶层相位改变成各向同性相之后，可在从蓝相与该各向同性相（其中呈现各向同性相）之间的相变温度的 +10℃、优选地 +5℃ 之内

的温度采用光来照射液晶层。此外,在紫外线固化树脂(UV 固化树脂)用作包含在液晶材料中的可光致固化树脂的情况下,可采用紫外线来照射液晶层。甚至在没有呈现蓝相的情况下,如果通过在从蓝相与各向同性相(其中呈现各向同性相)之间的相变温度的+10℃、优选地+5℃之内的温度采用光进行照射来执行聚合物稳定化处理,则可使响应时间短至1msec 或以下,并且因而高速响应是可能的。

[0091] 可光致固化树脂可以是例如丙烯酸酯或异丁烯酸酯的单官能单体(monofunctional monomer)、例如二丙烯酸酯、三丙烯酸酯、二甲基丙烯酸酯(dimethacrylate)或三甲基丙烯酸酯(trimethacrylate)的多官能单体(polyfunctional monomer)或者它们的混合。此外,可光致固化树脂可具有液体结晶度、非液体结晶度或者它们两者。采用具有待使用的光聚合引发剂与其发生反应的波长的光来固化的树脂可选择作为可光致固化树脂,并且通常能使用紫外线固化树脂。

[0092] 光聚合引发剂可以通过光照射来生成自由基(radical)的自由基聚合引发剂、生成酸的产酸剂或者生成碱的产碱剂。

[0093] 具体来说,JC-1041XX(由 Chisso Corporation 生产)和4-氰基-4'-戊基联苯基(4-cyano-4'-pentylbiphenyl)的混合物能用作液晶材料。ZLI-4572(由 Merck Ltd.(日本)生产)能用作手性试剂。作为可光致固化树脂,可使用丙烯酸2-乙基己酯(2-ethylhexyl acrylate)、RM257(由 Merck Ltd.(日本)生产)或者三丙烯酸丙烷三甲醇酯(trimethylolpropane triacrylate)。作为光聚合引发剂,可使用2,2-二甲氧基-2-苯基乙酰苯(2,2-dimethoxy-2-phenylacetophenone)。

[0094] 此外,虽然图1A至图1C中未示出,但适当地提供例如起偏振片、推迟板(retardation plate)或抗反射膜的光学膜等等。例如,可使用起偏振片和推迟板来采用圆偏振。另外,背光等可用作光源。

[0095] 在本说明书中液晶显示装置是通过透射来自光源的光来执行显示的透射液晶显示装置(或者半透射液晶显示装置)的情况下,需要至少在像素区域中透射光。因此,第一衬底、第二衬底以及光透射过其中的像素区域中存在的例如绝缘膜和导电膜的薄膜相对于可见光波长范围中的光全部具有透光性质。

[0096] 优选的是,像素电极层、第一公共电极层和第二公共电极层各具有透光性质;但是,由于提供开口图案,所以可使用例如金属膜的非透光材料。

[0097] 像素电极层、第一公共电极层和第二公共电极层可使用下列任何一个或多个来形成:氧化铟锡(ITO)、将氧化锌(ZnO)混合到氧化铟中的氧化铟锌(IZO)、将氧化硅(SiO₂)混合到氧化铟中的导电材料、有机铟、有机锡、包含氧化钨的氧化铟、包含氧化钨的氧化铟锌、包含氧化钛的氧化铟以及包含氧化钛的氧化铟锡;金属,例如钨(W)、钼(Mo)、锆(Zr)、铪(Hf)、钒(V)、铌(Nb)、钽(Ta)、铬(Cr)、钴(Co)、镍(Ni)、钛(Ti)、铂(Pt)、铝(Al)、铜(Cu)和银(Ag);它们的合金;以及它们的氮化物。

[0098] 作为第一衬底200和第二衬底201,可使用采用钡硼硅酸盐玻璃(barium borosilicate glass)、铝硼硅酸盐玻璃等所形成的玻璃衬底、石英衬底、塑料衬底等等。

[0099] 通过上述方式,包括呈现蓝相的液晶层的液晶显示装置的对比率可增加。

[0100] 另外,由于高白光透射率可采用较低电压来获得,所以还可实现液晶显示装置的功耗的降低。

[0101] (实施例 2)

[0102] 本说明书中公开的本发明可适用于无源矩阵液晶显示装置或者有源矩阵液晶显示装置。将参照图 2A 和图 2B、图 8A 至图 8D 以及图 18A 和图 18B 来描述有源矩阵液晶显示装置的一个示例。

[0103] 图 2A 是液晶显示装置的平面图,并且示出一个像素。图 2B 是沿图 2A 中的线 X1-X2 截取的截面图。

[0104] 图 2A 中,多个源极布线层(包括布线层 405a)相互平行(在图中沿垂直方向延伸)并且相互分开提供。多个栅极布线层(包括栅电极层 401)沿一般垂直于源极布线层的方向(图中的水平方向)延伸,并且相互分开提供。电容器布线层 408 与多个栅极布线层相邻,并且沿一般平行于栅极布线层的方向、即一般垂直于源极布线层的方向(图中的水平方向)延伸。具有一般矩形形状、由源极布线层、电容器布线层 408 和栅极布线层围绕的空间提供有隔着液晶层 444 的液晶显示装置的第一公共电极层、像素电极层和第二公共电极层。用于驱动像素电极层的晶体管 420 提供在附图的左上角。多个像素电极层和多个晶体管以矩阵来布置。

[0105] 在图 2A 和图 2B 所示的液晶显示装置中,电连接到晶体管 420 的第一电极层 447 用作像素电极层,第二电极层 446 用作第一公共电极层,以及第三电极层 448 用作第二公共电极层。注意,电容器由第一电极层 447 和电容器布线层 408 来形成。虽然第一公共电极层和第二公共电极层可工作在浮动(floating)状态(电隔离(electrically isolated)状态)中,但是其电位可设置成固定电位,优选地以不产生闪烁的级别设置成公共电位(作为数据传送的图像信号的中间电位)附近的电位。注意,优选的是,第一公共电极层和第二公共电极层具有相同的电位。

[0106] 作为像素电极层的第一电极层 447 在第一结构主体 449 之上形成,第一结构主体 449 提供成从液晶层 444 侧的第一衬底 441(也称作元件衬底)之上的层间膜 413 的表面伸出到液晶层 444 中;作为像素电极层的第一电极层 447 沿液晶层 444 的厚度方向定位在作为第一公共电极层的第二电极层 446 与作为第二公共电极层的第三电极层 448 之间。另外,在图 2B 的截面图中,第一电极层 447 与第二电极层 446 和第三电极层 448 相互没有重叠地交替来提供。优选的是,第二电极层 446 和第三电极层 448 至少在像素区域中具有相同形状,并且定位成使得隔着液晶层 444 而相互重叠,因为不减小像素的开口率。

[0107] 在液晶显示装置中,作为液晶层的厚度的单元间隙(Dcg)小于 $5\mu\text{m}$ (优选地为 $1\mu\text{m}$ 或更大)。在本说明书中,单元间隙的厚度指的是液晶层的最厚部分的长度(膜厚度)。因此,图 2B 中的单元间隙(Dcg)是层间膜 413 与第二衬底 442 之间的距离,如箭头所示。

[0108] 单元间隙的厚度(液晶层的厚度)可由保持层间膜 413 与第二衬底 442 之间间隔的隔离片或密封剂来控制。为了将单元间隙的厚度(液晶层的厚度)设置成小于 $5\mu\text{m}$,液晶层中提供的像素电极层、第一公共电极层、第二公共电极层和结构主体的厚度各设置成小于 $5\mu\text{m}$ 。

[0109] 第一电极层 447、第二电极层 446 和第三电极层 448 具有各种开口图案,并且各具有包括弯曲部分的形状或分叉梳状形状,而不是平面形状。

[0110] 只要第一电极层 447 定位在第二电极层 446 与第三电极层 448 之间,则第二电极层 446 和第三电极层 448 也可如同实施例 1 中那样在提供成伸出到液晶层中的结构主体上

形成。

[0111] 电场施加在第一电极层 447 与第二电极层 446 和第三电极层 448 之间,它们具有开口图案并且提供成使得液晶夹在它们之间,由此电场沿倾斜方向(沿倾斜于衬底的方向)施加到液晶层 444。因此,液晶分子可使用电场来控制。另外,沿液晶层 444 的厚度方向,第一电极层 447 定位在第二电极层 446 与第三电极层 448 之间。因此,第一电极层 447 与第二电极层 446 之间的电场以及第一电极层 447 与第三电极层 448 之间的电场可施加到液晶。因此,电场可在整个液晶层 444 中形成。

[0112] 因此,由于在整个液晶层 444 中形成的倾斜电场,可使整个液晶层中的液晶分子、包括沿厚度方向的液晶分子进行响应,并且可改进白光透射率。相应地,作为白光透射率与黑光透射率(黑显示中的透光率)之比的对比率也可提高。

[0113] 结构主体可使用绝缘体来形成,绝缘体包括绝缘材料(有机材料或无机材料)或导体,导体包括导电材料(有机材料或无机材料)。通常优选地使用可见光固化树脂、紫外线固化树脂或者热固树脂。例如,可使用丙烯酸树脂、环氧树脂、氨基树脂等等。此外,结构主体可使用导电树脂或金属材料来形成。注意,结构主体可具有多个薄膜的叠层结构。结构主体可具有柱状形状、具有平坦顶面和梯形截面的截短的锥形或金字塔形状、具有圆顶的锥形或金字塔形状等等。此外,结构主体可以是从小液晶层侧的衬底的表面伸出到液晶层中的一部分;因此,伸出的结构主体可通过下列方式来形成:处理层间膜,使得液晶层侧的表面不平坦。相应地,结构主体可使用提供有多个伸出部分的连续膜来形成。

[0114] 对用于形成结构主体的方法没有具体限制,并且按照材料可使用例如蒸发方法、溅射方法或 CVD 方法的干式方法或者例如旋涂、浸涂、喷涂、液滴喷出(droplet discharging)方法(喷墨(ink jetting)方法)、纳米印刷或各种印刷方法(丝网印刷或胶印)的湿式方法。根据需要,蚀刻方法(干式蚀刻或湿式蚀刻)可用于形成预期图案。

[0115] 优选的是,其上形成第一电极层 447 的结构主体 449 具有逐渐变细的形状,其中端部具有如图 2B 所示的曲率,因为与第一电极层 447 的覆盖得到改进。在这个实施例中,描述一个示例,其中第一电极层 447 与晶体管 420 的布线层 405b 接触,并且在结构主体 449 之上连续形成;但是,第一电极层 447 可在与布线层 405b 接触的电极层上形成。

[0116] 另外,在导电膜形成为覆盖着晶体管并且结构主体在层间膜上形成的情况下,在结构主体通过蚀刻过程来形成之后,用于连接晶体管的接触孔可在层间膜中打开。注意,图 2A 和图 2B 示出一个示例,其中接触孔在层间膜以及将要作为结构主体的绝缘膜中形成,并且然后通过蚀刻来处理绝缘膜,使得形成结构主体。

[0117] 图 8A 至图 8D 示出第一电极层 447、第二电极层 446 和第三电极层 448 的其它示例。虽然在附图中被省略,但是液晶层 444 夹在第一电极层 447 与第二电极层 446 之间,并且作为第二公共电极层的第三电极层 448 定位成面向作为第一公共电极层的第二电极层 446。如图 8A 至图 8D 的顶视图所示,交替形成第一电极层 447a、447b、447c 和 447d 以及第二电极层 446a、446b、446c 和 446d。图 8A 中,第一电极层 447a 和第二电极层 446a 各具有带弯曲的波状形状。图 8B 中,第一电极层 447b 和第二电极层 446b 各具有同心开口。图 8C 中,第一电极层 447c 和第二电极层 446c 各具有梳状形状,并且相互部分重叠。图 8D 中,第一电极层 447d 和第二电极层 446d 各具有梳状形状,并且电极层相互啮合。

[0118] 注意,在第一电极层 447a、447b 和 447c 分别与第三电极层 448a、448b 和 448c 重

叠的情况下,如图 8A 至图 8C 所示,绝缘膜在第一电极层 447 与第三电极层 448 之间形成,并且第一电极层 447 和第三电极层 448 在不同的膜之上形成。

[0119] 在图 18A 和图 18B 所示的液晶显示装置中,作为像素电极层的第一电极层 447 和作为第二公共电极层的第三电极层 448 提供在不同的膜(不同的层)之上,如图 18B 的截面图所示。

[0120] 在图 18A 和图 18B 中,作为第二公共电极层的第三电极层 448 在层间膜 413 之上形成,绝缘膜 416 堆叠在第三电极层 448 之上,并且作为像素电极层的第一电极层 447 在绝缘膜 416 之上形成。注意,在图 18A 和图 18B 中,电容器由第一电极层和公共布线层来形成。

[0121] 晶体管 420 是反交错薄膜晶体管,其中栅电极层 401、栅绝缘层 402、半导体层 403 以及用作源电极层和漏电极层的布线层 405a 和 405b 提供在作为具有绝缘表面的衬底的第一衬底 441 之上。

[0122] 提供覆盖晶体管 420 并且与半导体层 403 接触的绝缘膜 407 以及绝缘层 409。层间膜 413 提供在绝缘层 409 之上,第一电极层 447 在层间膜 413 之上形成,并且形成第二电极层 446,其中液晶层 444 夹在第二电极层 446 与层间膜 413 之间。

[0123] 液晶显示装置可提供有用作滤色器层的着色层。滤色器层可提供在第一衬底 441 或第二衬底 442 的外侧(在与液晶层 444 相对的一侧)或者在第一衬底 441 或第二衬底 442 的内侧。

[0124] 在液晶显示装置执行全色显示的情况下,滤色器可使用呈现红(R)、绿(G)和蓝(B)的材料来形成;而在液晶显示装置执行单色显示的情况下,着色层可被省略,或者可使用呈现至少一种颜色的材料来形成。注意,在 RGB 等的发光二极管(LED)布置在背光单元中并且使用通过时分来执行彩色显示的连续加性颜色混合方法(场序法)的情况下,不一定提供滤色器。

[0125] 图 2A 和图 2B 示出液晶显示装置的一个示例,其中用作滤色器层的彩色透光树脂层 417 用作层间膜 413。

[0126] 在将滤色器层提供于对衬底侧的情况下,像素区与其上形成晶体管的元件衬底的精确定位配向很困难,并且因而存在使图像质量降级的可能性。在这里,由于层间膜作为滤色器层直接在元件衬底侧形成,所以可更精确地控制形成区,并且这种结构可用微细图案对像素来调整。另外,一个绝缘层用作层间膜和滤色器层,由此能简化过程,并且能以较低成本来制造液晶显示装置。

[0127] 作为彩色透光树脂,可使用光敏有机树脂或非光敏有机树脂。优选地使用光敏有机树脂,因为抗蚀剂掩模的数量可减少;因此,可简化过程。另外,在层间膜中形成的接触孔的形状也是具有曲率的开口形状;因此,与例如在接触孔中形成的电极层的膜的覆盖也可得到改进。

[0128] 彩色是除了例如黑色、灰色和白色等非彩色之外的颜色。为了用作滤色器,着色层使用仅透射彩色光的材料来形成。作为彩色,可使用红色、绿色、蓝色等。备选的是,可使用青色、品红色、黄色等。“仅透射彩色光”表示透射过着色层的光在彩色光的波长具有峰值。

[0129] 彩色透光树脂层 417 的厚度优选地考虑待包含的着色材料的浓度与光的透射率之间的关系来适当控制,以便彩色透光树脂层 417 用作着色层(滤色器)。在层间膜 413 通过堆叠多个薄膜来形成并且其中至少一层是彩色透光树脂层的情况下,它可用作滤色器。

[0130] 在彩色透光树脂层的厚度根据彩色的颜色而改变的情况下,或者在存在因挡光层或晶体管引起的不均匀性的情况下,可堆叠透射可见波长范围的光的绝缘层(所谓的无色和透明绝缘层),供层间膜的表面的平面化。层间膜的平面化使得实现与将要在其上形成的第二公共电极层或像素电极层的有利覆盖以及液晶层的均匀间隙(厚度),由此提高液晶显示装置的可见度,并且取得较高的图像质量。

[0131] 对用于形成层间膜 413(彩色透光树脂层 417)的方法没有具体限制,并且可按照材料采用任何下列方法或工具:例如旋涂、浸涂、喷涂和液滴喷出方法(例如喷墨方法、丝网印刷或胶印)的方法;例如刮刀、辊涂机、幕涂机(curtain coater)和刮涂机的工具(设备)等。

[0132] 液晶层 444 提供在第一电极层 447 和第三电极层 448 之上,并且采用提供有第二电极层 446 的作为对衬底的第二衬底 442 来密封。

[0133] 第一衬底 441 和第二衬底 442 是透光衬底,并且在外侧(在与液晶层 444 相对的一侧)分别提供有起偏振片 443a 和 443b。

[0134] 参照图 7A 至图 7D 来描述图 2A 和图 2B 所示的液晶显示装置的制造过程。图 7A 至图 7D 是示出液晶显示装置的制造过程的截面图。注意,在图 7A 至图 7D 中省略所包含的像素电极层、第一公共电极层和第二公共电极层。像素电极层、第一公共电极层和第二公共电极层可具有图 2A 和图 2B 所示的结构,并且可采用使得在结构体之上形成的像素电极层在液晶层中定位在第一公共电极层与第二公共电极层之间的方式来生成的倾斜电场模式。

[0135] 图 7A 中,元件层 451 在作为元件衬底的第一衬底 441 之上形成,并且层间膜 413 在元件层 451 之上形成。

[0136] 层间膜 413 包括彩色透光树脂层 454a、454b 和 454c 以及挡光层 455a、455b、455c 和 455d,并且具有其中彩色透光树脂层 454a、454b 和 454c 分别形成在挡光层 455a 与 455b 之间、挡光层 455b 与 455c 之间、挡光层 455c 与 455d 之间的结构。注意,在图 7A 至图 7D 中省略所包含的像素电极层、第一公共电极层和第二公共电极层。

[0137] 如图 7B 所示,第一衬底 441 和作为对衬底的第二衬底 442 采用密封剂 456a 和 456b、隔着液晶层 458 稳固地相互附连。可在第一衬底 441 附连到第二衬底 442 之后,通过分送器方法(点滴方法)或者用以使用毛细现象来注射液晶的注射方法来形成液晶层 458。

[0138] 呈现蓝相的液晶材料可用于液晶层 458。液晶层 458 使用包括液晶、手性试剂、可光致固化树脂和光聚合引发剂的液晶材料来形成。

[0139] 作为密封剂 456a 和 456b,通常优选地使用可见光固化树脂、紫外线固化树脂或者热固树脂。通常可使用丙烯酸树脂、环氧树脂、氨基树脂等等。另外,密封剂 456a 和 456b 可包括光聚合引发剂(通常为紫外线聚合引发剂)、热固剂(thermosetting agent)、填充剂或偶合剂。

[0140] 如图 7C 所示,聚合物稳定化处理通过采用光 457 照射液晶层 458 来执行,使得形成液晶层 444。光 457 是具有包含在液晶层 458 中的光聚合引发剂和可光致固化树脂与其发生反应的波长的光。通过使用光照射的聚合物稳定化处理,液晶层 444 呈现蓝相的温度范围可拓宽。

[0141] 在例如可光致固化树脂、如紫外线固化树脂用于密封剂并且液晶层通过点滴方法来形成的情况下,密封剂可在聚合物稳定化处理的光照射步骤中来固化。

[0142] 如图 7A 至图 7D 所示,当液晶显示装置具有其中滤色器层和挡光层在元件衬底之上形成的结构时,来自对衬底侧的光没有被滤色器层和挡光层吸收或阻挡;相应地,整个液晶层可采用光均匀地照射。因此,可防止因非均匀光聚合引起的液晶的配向紊乱、因配向紊乱引起的显示不均匀性等。另外,晶体管还可通过挡光层来屏蔽光,由此可防止因光照射引起的电特性的缺陷。

[0143] 如图 7D 所示,起偏振片 443a 提供在第一衬底 441 的外侧(与液晶层 444 相对的一侧),并且起偏振片 443b 提供在第二衬底 442 的外侧(与液晶层 444 相对的一侧)。除了起偏振片之外,还可提供例如推迟板或抗反射膜的光学膜。例如,可使用起偏振片和推迟板来采用圆偏振。通过上述过程,可完成液晶显示装置。

[0144] 另外,在通过使用大尺寸衬底来制造多个液晶显示装置(所谓的多面板方法)的情况下,分割步骤可在聚合物稳定化处理之前或者在提供起偏振片之前执行。考虑到分割步骤对液晶层的影响(例如因分割步骤中施加的力引起的配向紊乱),优选的是,分割步骤在第一衬底附连到第二衬底之后但在执行聚合物稳定化处理之前执行。

[0145] 虽然未示出,但是背光、侧光等可用作光源。来自光源的光从作为元件衬底的第一衬底 441 侧发出,以便经过观看侧上的第二衬底 442。

[0146] 可使用例如包含氧化钨的氧化铟、包含氧化钨的氧化铟锌、包含氧化钛的氧化铟、包含氧化钛的氧化铟锡、氧化铟锡(ITO)、氧化铟锌或添加了氧化硅的氧化铟锡的透光导电材料来形成第一像素电极层 447、第二电极层 446 和第三电极层 448。

[0147] 备选的是,第一电极层 447、第二电极层 446 和第三电极层 448 可使用下列一个或多个来形成:例如钨(W)、钼(Mo)、锆(Zr)、铪(Hf)、钒(V)、铌(Nb)、钽(Ta)、铬(Cr)、钴(Co)、镍(Ni)、钛(Ti)、铂(Pt)、铝(Al)、铜(Cu)和银(Ag)的金属;它们的合金;以及它们的氮化物。

[0148] 第一电极层 447、第二电极层 446 和第三电极层 448 可使用包含导电高分子的导电合成物(也称作导电聚合物)来形成。优选的是,使用导电合成物所形成的像素电极在波长 550 纳米处具有 10000 欧姆/平方或更小的薄层电阻(sheet resistance)以及 70%或更大的透光率。还优选的是,导电合成物中包含的导电高分子具有 0.1 欧姆·厘米或更小的电阻率。

[0149] 作为导电高分子,可使用所谓的 π 电子共轭导电高分子。例如,可给出聚苯胺或其衍生物、聚吡咯或其衍生物、聚噻吩或其衍生物、它们中的两种或更多种的共聚物等等。

[0150] 用作基膜的绝缘膜可提供在第一衬底 441 与栅电极层 401 之间。基膜具有防止杂质元素从第一衬底 441 扩散的功能,并且可使用氮化硅膜、氧化硅膜、硅的氮化物氧化物(silicon nitride oxide)膜和氮氧化硅膜中的一个或多个来形成为具有单层结构或叠层结构。栅电极层 401 可使用例如钼、钛、铬、钽、钨、铝、铜、钕或钐的金属材料或者包含任何这些材料作为主要成分的合金材料来形成为具有单层结构或叠层结构。通过使用挡光导电膜作为栅电极层 401,可防止来自背光的光(通过第一衬底 441 所发出的光)进入半导体层 403。

[0151] 作为栅电极层 401 的二层结构,例如,其中钼层堆叠在铝层之上的二层结构、其中钼层堆叠在铜层之上的二层结构、其中氮化钛层或氮化钽层堆叠在铜层之上的二层结构或者其中钼层堆叠在氮化钛层之上的二层结构是优选的。作为三层结构,其中堆叠钨层或氮

化钨层、铝和硅的合金层或者铝和钛的合金层以及氮化钛层或钛层的叠层结构是优选的。

[0152] 可通过等离子体 CVD 方法、溅射方法等,使用氧化硅层、氮化硅层、氮氧化硅层或硅的氮化物氧化物层,将栅绝缘层 402 形成为具有单层结构或叠层结构。备选的是,栅绝缘层 402 可通过其中使用有机硅烷气体的 CVD 方法、使用氧化硅层来形成。作为有机硅烷气体,可使用包含硅的任何下列化合物:四乙氧基甲硅烷 (TEOS) (化学式: $\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_4$)、四甲基硅烷 (TMS) (化学式: $\text{Si}(\text{CH}_3)_4$)、四甲基环四硅氧烷 (TMCTS)、八甲基环四硅氧烷 (OMCTS)、六甲基二硅氮烷 (HMDS)、三乙氧基甲硅烷 ($\text{SiH}(\text{OC}_2\text{H}_5)_3$)、三(二甲基氨基)甲硅烷 ($\text{SiH}(\text{N}(\text{CH}_3)_2)_3$) 等等。

[0153] 在形成半导体层和布线层的过程中,蚀刻步骤用于将薄膜处理成预期形状。干式蚀刻或湿式蚀刻可用于蚀刻步骤。

[0154] 作为用于干式蚀刻的蚀刻设备,可使用采用反应离子蚀刻方法 (RIE 方法) 的蚀刻设备或者使用例如电子回旋共振 (ECR) 的高密度等离子体源或电感耦合等离子体 (ICP) 的干式蚀刻设备。作为与 ICP 蚀刻设备相比可易于在大面积上获得均匀喷出 (discharge) 的干式蚀刻设备,存在增强电容耦合等离子体 (ECCP) 模式蚀刻设备,其中上电极接地,13.56MHz 的高频电源连接到下电极,并且 3.2MHz 的低频电源还连接到下电极。例如,甚至当第 10 代的具有尺寸超过 3 米的衬底用作衬底时,也可采用这种 ECCP 模式蚀刻设备。

[0155] 蚀刻条件 (例如施加到线圈形状电极的电力的量、施加到衬底侧上电极的电力的量和衬底侧上电极的温度) 经过适当调整,使得薄膜可蚀刻成具有预期形状。

[0156] 蚀刻条件 (例如蚀刻剂、蚀刻时间和温度) 按照材料经过适当调整,使得薄膜可蚀刻成具有预期形状。

[0157] 作为布线层 405a 和 405b 的材料,可给出从 Al、Cr、Ta、Ti、Mo 和 W 中选取的元素、包含任何这些元素作为成分的合金、组合地包含任何这些元素的合金等等。在执行热处理的情况下,优选的是,导电膜具有足够的耐热性以耐受热处理。例如,由于单独使用 Al 引起例如低耐热性和腐蚀倾向的缺点,所以铝与具有耐热性的导电材料组合使用。作为具有耐热性、与 Al 组合的导电材料,使用从钛 (Ti)、钽 (Ta)、钨 (W)、钼 (Mo)、铬 (Cr)、钕 (Nd) 和钪 (Sc) 中选取的元素,包含任何这些元素作为成分的合金,组合地包含任何这些元素的合金,或者包含任何这些元素作为成分的氮化物。

[0158] 栅绝缘层 402、半导体层 403 和布线层 405a、405b 可相继形成,而无需暴露于空气。通过无需暴露于空气而相继形成,可形成叠层之间的各界面,而没有受到大气成分或空气中的污染杂质元素污染;因此,晶体管的特性的变化可减小。

[0159] 注意,半导体层 403 经过部分蚀刻,并且具有凹槽 (凹陷部分)。

[0160] 作为覆盖晶体管 420 的绝缘层 409 和绝缘膜 407,可使用通过干式方法或湿式方法形成的无机绝缘膜或有机绝缘膜。例如,可使用通过 CVD 方法、溅射方法等形成的氮化硅膜、氧化硅膜、氮氧化硅膜、氧化铝膜、氧化钽膜等。另外,可使用例如聚酰亚胺、丙烯酸、苯并环丁烯、聚酰胺或环氧树脂的有机材料。除了这类有机材料,还有可能使用低介电常数材料 (低 k 材料)、硅氧烷基树脂、磷硅酸玻璃 (PSG)、硼磷硅玻璃 (BPSG) 等。

[0161] 注意,硅氧烷基树脂是包含 Si-O-Si 键 (bond) 的树脂,其使用硅氧烷基材料作为起始材料来形成。硅氧烷基树脂可包括有机基团 (例如烷基或芳基) 或者氟基作为取代基。有机基团可包括氟基。硅氧烷基树脂通过涂敷方法来涂敷并烘焙;因此,可形成绝缘膜

407。

[0162] 备选的是,绝缘膜 407 和绝缘层 409 可通过堆叠使用任何这些材料所形成的多个绝缘膜来形成。例如,绝缘膜 407 和绝缘层 409 各可具有其中有机树脂膜堆叠在无机绝缘膜之上的结构。

[0163] 此外,通过使用采用多色调掩模 (multi-tone mask) 所形成的具有不同厚度 (通常两种厚度) 的多个区域的抗蚀剂掩模,可减少抗蚀剂掩模的数量,从而产生简化过程和更低的成本。

[0164] 通过上述方式,包括呈现蓝相的液晶层的液晶显示装置的对比率可增加。

[0165] 另外,由于高白光透射率可采用较低电压来获得,所以还可实现液晶显示装置的功耗的降低。

[0166] (实施例 3)

[0167] 图 4A 和图 4B 示出其中滤色器提供于在实施例 2 中夹有液晶层的衬底的外侧上的一个示例。注意,与实施例 1 和 2 中那些组件一样的组件可使用相似材料和制造方法来形成,并且将省略相同部分和具有相似功能的部分的详细描述。

[0168] 图 4A 是液晶显示装置的平面图,并且示出一个像素。图 4B 是沿图 4A 中的线 X1-X2 截取的截面图。

[0169] 在图 4A 的平面图中,通过与实施例 2 的方式相似的方式,多个源极布线层 (包括布线层 405a) 相互平行 (在图中沿垂直方向延伸) 并且相互分开地来提供。多个栅极布线层 (包括栅电极层 401) 沿一般垂直于源极布线层的方向 (图中的水平方向) 延伸,并且相互分开地来提供。电容器布线层 408 与多个栅极布线层相邻,并且沿一般平行于栅极布线层的方向、即沿一般垂直于源极布线层的方向 (图中的水平方向) 延伸。具有一般矩形形状、由源极布线层、电容器布线层 408 和栅极布线层围绕的空间提供有隔着液晶层 444 的液晶显示装置的第一公共电极层与像素电极层和第二公共电极层。用于驱动像素电极层的晶体管 420 提供在附图的左上角。多个像素电极层和多个晶体管以矩阵来布置。

[0170] 在液晶显示装置中,作为液晶层的厚度的单元间隙 (Dcg) 小于 $5\mu\text{m}$ (优选地为 $1\mu\text{m}$ 或更大)。在本说明书中,单元间隙的厚度指的是液晶层的最厚部分的长度 (膜厚度)。因此,图 4B 中的单元间隙 (Dcg) 是层间膜 413 与第二衬底 442 之间的距离,如箭头所示。

[0171] 图 4A 和图 4B 示出一个示例,其中层间膜 413 形成为覆盖着晶体管 420,结构主体 449 通过蚀刻过程在层间膜 413 之上形成,并且然后在层间膜 413 中打开用于连接晶体管 420 的接触孔。作为像素电极层的第一电极层 417 连续形成为覆盖着结构主体 449 和层间膜 413 中形成的接触孔。

[0172] 在图 4A 和图 4B 所示的液晶显示装置中,滤色器 450 提供在第二衬底 442 与起偏振片 443b 之间。这样,滤色器 450 可提供在夹有液晶层 444 的第一衬底 441 或第二衬底 442 的外侧上。

[0173] 图 17A 至图 17D 示出图 4A 和图 4B 中的液晶显示装置的制造过程。

[0174] 注意,在图 17A 至图 17D 中省略所包含的像素电极层、第一公共电极层和第二公共电极层。例如,像素电极层、第一公共电极层和第二公共电极层可具有实施例 1 和 2 中所述任何结构。可采用以使得提供成伸出到液晶层中的结构主体之上的像素电极层定位在第一公共电极层与第二公共电极层之间的方式来生成的倾斜电场模式。

[0175] 如图 17A 所示,第一衬底 441 和作为对衬底的第二衬底 442 采用密封剂 456a 和 456b、隔着液晶层 458 稳固地相互附连。可在第一衬底 441 附连到第二衬底 442 之后,通过分送器方法(点滴方法)或者用以使用毛细现象来注射液晶的注射方法来形成液晶层 458。

[0176] 呈现蓝相的液晶材料用于液晶层 458。液晶层 458 使用包括液晶、手性试剂、可光致固化树脂和光聚合引发剂的液晶材料来形成。

[0177] 如图 17B 所示,聚合物稳定化处理通过采用光 457 照射液晶层 458 来执行,使得形成液晶层 444。光 457 是具有包含在液晶层 458 中的光聚合引发剂和可光致固化树脂与其发生反应的波长的光。通过使用光照射的聚合物稳定化处理,液晶层 458 呈现蓝相的温度范围可拓宽。

[0178] 在例如可光致固化树脂、如紫外线固化树脂用于密封剂并且液晶层通过点滴方法来形成的情况下,密封剂可在聚合物稳定化处理的光照射步骤中来固化。

[0179] 随后,如图 17C 所示,滤色器 450 提供在作为观看侧的第二衬底 442 侧上。滤色器 450 在一对衬底 459a 与 459b 之间包括用作滤色器层的彩色透光树脂层 454a、454b 和 454c 以及用作黑矩阵层的挡光层 455a、455b、455c 和 455d。彩色透光树脂层 454a、454b 和 454c 分别在挡光层 455a 与 455b 之间、挡光层 455b 与 455c 之间以及挡光层 455c 与 455d 之间形成。

[0180] 如图 17D 所示,起偏振片 443a 提供在第一衬底 441 的外侧(与液晶层 444 相对的一侧),并且起偏振片 443b 提供在滤色器 450 的外侧(与液晶层 444 相对的一侧)。除了起偏振片之外,还可提供例如推迟板或抗反射膜的光学膜。例如,可使用起偏振片和推迟板来采用圆偏振。通过上述过程,可完成液晶显示装置。

[0181] 另外,在通过使用大尺寸衬底来制造多个液晶显示装置(所谓的多面板方法)的情况下,分割步骤可在聚合物稳定化处理之前或者在提供起偏振片之前执行。考虑到分割步骤对液晶层的影响(例如因分割步骤中施加的力引起的配向紊乱),优选的是,分割步骤在第一衬底附连到第二衬底之后但在执行聚合物稳定化处理之前执行。

[0182] 虽然未示出,但是背光、侧光等可用作光源。来自光源的光从作为元件衬底的第一衬底 441 侧发出,以便经过观看侧上的第二衬底 442。

[0183] 像素电极层提供在形成伸出到液晶层中的结构主体之上,并且在液晶层中定位在第一公共电极层与第二公共电极层之间,并且倾斜电场在像素电极层与提供于第二衬底上的第一公共电极层之间以及在像素电极层与提供于第一衬底之上的第二公共电极层之间形成,使得倾斜电场可在整个液晶层中形成。

[0184] 因此,可使整个液晶层中的液晶分子、包括沿厚度方向的液晶分子进行响应,并且可改进白光透射率。相应地,作为白光透射率与黑光透射率之比的对比率也可提高。

[0185] 通过上述方式,包括呈现蓝相的液晶层的液晶显示装置的对比率可增加。

[0186] 另外,由于高白光透射率可采用较低电压来获得,所以还可实现液晶显示装置的功耗的降低。

[0187] (实施例 4)

[0188] 将参照图 5A 和图 5B 来描述包括挡光层(黑矩阵)的液晶显示装置。

[0189] 图 5A 和图 5B 所示的液晶显示装置是一个示例,其中,在实施例 2 的图 2A 和图 2B 所示的液晶显示装置中,挡光层 414 还在作为对衬底的第二衬底 442 侧上形成。因此,与实

施例 2 中那些组件一样的组件可使用相似材料和制造方法来形成,并且将省略相同部分和具有相似功能的部分的详细描述。

[0190] 图 5A 是液晶显示装置的平面图。图 5B 是沿图 5A 中的线 X1-X2 截取的截面图。注意,图 5A 的平面图仅示出元件衬底侧,而对衬底侧未示出。

[0191] 挡光层 414 在第二衬底 442 的液晶层 444 侧上形成,并且绝缘层 415 作为平面化膜来形成。挡光层 414 优选地在与晶体管 420 对应的区域(与晶体管的半导体层重叠的区域)中隔着液晶层 444 来形成。第一衬底 441 和第二衬底 442 隔着液晶层 444 稳固地相互附连,使得挡光层 414 定位成覆盖至少晶体管 420 的半导体层 403。

[0192] 在液晶显示装置中,作为液晶层的厚度的单元间隙(Dcg)小于 $5\mu\text{m}$ (优选地为 $1\mu\text{m}$ 或更大)。在本说明书中,单元间隙的厚度指的是液晶层的最厚部分的长度(膜厚度)。因此,图 5B 中的单元间隙(Dcg)是层间膜 413 与绝缘层 415 之间的距离,如箭头所示。

[0193] 单元间隙的厚度(液晶层的厚度)可由保持层间膜 413 与绝缘层 415 之间间隔的隔离片或密封剂来控制。为了将单元间隙的厚度(液晶层的厚度)设置成小于 $5\mu\text{m}$,提供在液晶层中的像素电极层、第一公共电极层、第二公共电极层和结构主体的厚度各设置成小于 $5\mu\text{m}$ 。

[0194] 挡光层 414 使用反射或吸收光的挡光材料来形成。例如,可使用黑有机树脂,并且挡光层 414 可通过将色素材料的黑树脂、碳黑、钛黑等混合到例如光敏或非光敏聚酰亚胺的树脂材料中来形成。备选的是,可使用挡光膜,并且例如可使用铬、钼、镍、钛、钴、铜、钨、铝等等。

[0195] 对用于形成挡光层 414 的方法没有具体限制,并且按照材料可使用例如蒸发方法、溅射方法或 CVD 方法的干式方法或者例如旋涂、浸涂、喷涂或液滴喷出方法(例如喷墨方法、丝网印刷或胶印)的湿式方法。根据需要,蚀刻方法(干式蚀刻或湿式蚀刻)可用于形成预期图案。

[0196] 绝缘层 415 可使用例如丙烯酸或聚酰亚胺的有机树脂等、通过例如旋涂的涂敷方法或者各种印刷方法来形成。

[0197] 当挡光层 414 还以这种方式提供在对衬底侧上时,对比度可增加,并且可使晶体管更稳定。挡光层 414 可阻挡入射到晶体管 420 的半导体层 403 的光;相应地,可防止晶体管 420 的电特性由于半导体的光敏性而改变,并且还可使其更稳定。此外,挡光层 414 可防止对相邻像素的光泄漏,这实现更高对比度和更高清晰度的显示。因此,可实现液晶显示装置的高清晰度和高可靠性。

[0198] 像素电极层提供在形成伸出到液晶层中的结构主体之上,并且在液晶层中定位在第一公共电极层与第二公共电极层之间,并且倾斜电场在像素电极层与提供于第二衬底上的第一公共电极层之间以及在像素电极层与提供于第一衬底之上的第二公共电极层之间形成,使得倾斜电场可在整个液晶层中形成。

[0199] 因此,可使整个液晶层中的液晶分子、包括沿厚度方向的液晶分子进行响应,并且可改进白光透射率。相应地,作为白光透射率与黑光透射率之比的对比率也可提高。

[0200] 通过上述方式,包括呈现蓝相的液晶层的液晶显示装置的对比率可增加。

[0201] 另外,由于高白光透射率可采用较低电压来获得,所以还可实现液晶显示装置的功耗的降低。

[0202] 这个实施例可适当地与其它实施例中所述的任何结构进行组合。

[0203] (实施例 5)

[0204] 将参照图 6A 和图 6B 来描述包括挡光层(黑矩阵)的液晶显示装置。

[0205] 图 6A 和图 6B 所示的液晶显示装置是一个示例,其中挡光层 414 在作为元件衬底的第一衬底 441 侧上形成,作为实施例 2 的图 2A 和图 2B 所示的液晶显示装置中的层间膜 413 的部分。因此,与实施例 2 中那些组件一样的组件可使用相似材料和制造方法来形成,并且将省略相同部分和具有相似功能的部分的详细描述。

[0206] 图 6A 是液晶显示装置的平面图。图 6B 是沿图 6A 中的线 X1-X2 截取的截面图。

[0207] 层间膜 413 包括挡光层 414 和彩色透光树脂层 417。挡光层 414 提供在作为元件衬底的第一衬底 441 侧上,并且在晶体管 420 之上(至少在覆盖晶体管的半导体层的区域中)隔着绝缘膜 409 与绝缘层 407 来形成,使得挡光层 414 用作半导体层的挡光层。另一方面,彩色透光树脂层 417 形成为使得与第一电极层 447、第二电极层 446 和第三电极层 448 重叠,并且用作滤色器层。在图 6B 的液晶显示装置中,第三电极层 448 的部分在挡光层 414 之上形成,并且液晶层 444 在其上提供。

[0208] 在液晶显示装置中,作为液晶层的厚度的单元间隙(Dcg)小于 $5\mu\text{m}$ (优选地为 $1\mu\text{m}$ 或更大)。在本说明书中,单元间隙的厚度指的是液晶层的最厚部分的长度(膜厚度)。因此,图 6B 中的单元间隙(Dcg)是挡光层 414 与第二衬底 442 之间的距离,如箭头所示。

[0209] 单元间隙的厚度(液晶层的厚度)可由保持挡光层 414 与第二衬底 442 之间间隔的隔离片或密封剂来控制。为了将单元间隙的厚度(液晶层的厚度)设置成小于 $5\mu\text{m}$,提供在液晶层中的像素电极层、第一公共电极层、第二公共电极层和结构主体的厚度各设置成小于 $5\mu\text{m}$ 。

[0210] 由于挡光层 414 用作层间膜,所以优选的是,黑有机树脂用于挡光层 414。例如,可将色素材料的黑树脂、碳黑、钛黑等混合到例如光敏或非光敏聚酰亚胺的树脂材料中。作为用于形成挡光层 414 的方法,可按照材料使用例如旋涂、浸涂、喷涂或液滴喷出方法(例如喷墨方法、丝网印刷或胶印)的湿式方法。根据需要,蚀刻方法(干式蚀刻或湿式蚀刻)可用于形成预期图案。

[0211] 当通过这种方式来提供挡光层 414 时,挡光层 414 可阻挡入射到晶体管 420 的半导体层 403 上的光而无需像素的开口率的减小;相应地,可防止晶体管 420 的电特性被改变,并且可使其稳定。此外,挡光层 414 可防止对相邻像素的光泄漏,这实现更高对比度和更高清晰度的显示。因此,可实现液晶显示装置的高清晰度和高可靠性。

[0212] 此外,彩色透光树脂层 417 可用作滤色器层。在将滤色器层提供于对衬底侧上的情况下,像素区与其上形成晶体管的元件衬底的精确定位配向很困难,并且因而存在使图像质量降级的可能性。在这里,由于层间膜中包含的彩色透光树脂层 417 作为滤色器层直接在元件衬底侧上形成,所以可更精确地控制形成区,并且这种结构可用微细图案对像素来调整。另外,一个绝缘层用作层间膜和滤色器层,由此能简化过程,并且能以较低成本来制造液晶显示装置。

[0213] 像素电极层提供在形成为伸出到液晶层中的结构主体之上,并且在液晶层中定位在第一公共电极层与第二公共电极层之间,并且倾斜电场在像素电极层与提供于第二衬底上的第一公共电极层之间以及在像素电极层与提供于第一衬底之上的第二公共电极层之

间形成,使得倾斜电场可在整个液晶层中形成。

[0214] 因此,可使整个液晶层中的液晶分子、包括沿厚度方向的液晶分子进行响应,并且可改进白光透射率。相应地,作为白光透射率与黑光透射率之比的对比率也可提高。

[0215] 通过上述方式,包括呈现蓝相的液晶层的液晶显示装置的对比率可增加。

[0216] 另外,由于高白光透射率可采用较低电压来获得,所以还可实现液晶显示装置的功耗的降低。

[0217] 这个实施例可适当地与其它实施例中所述的任何结构进行组合。

[0218] (实施例 6)

[0219] 将描述可应用于实施例 1 至 5 的液晶显示装置的晶体管的另一个示例。注意,与实施例 1 至 5 中那些组件一样的组件可使用相似材料和制造方法来形成,并且将省略相同部分和具有相似功能的部分的详细描述。

[0220] 图 10A 是液晶显示装置的平面图,并且示出一个像素。图 10B 是沿图 10A 中的线 V1-V2 截取的截面图。

[0221] 在图 10A 的平面图中,通过与实施例 2 的方式相似的方式,多个源极布线层(包括布线层 405a)相互平行(在图中沿垂直方向延伸)并且相互分开地来提供。多个栅极布线层(包括栅电极层 401)沿一般垂直于源极布线层的方向(图中的水平方向)延伸,并且相互分开地来提供。电容器布线层 408 与多个栅极布线层相邻,并且沿一般平行于栅极布线层的方向、即一般垂直于源极布线层的方向(图中的水平方向)延伸。具有一般矩形形状、由源极布线层、电容器布线层 408 和栅极布线层围绕的空间提供有液晶显示装置的像素电极层、第一公共电极层和第二公共电极层。用于驱动像素电极层的晶体管 422 提供在附图的左上角。多个像素电极层和多个晶体管以矩阵来布置。

[0222] 提供有晶体管 422、作为彩色透光树脂层的层间膜 413 和第一电极层 447 的第一衬底 441 以及提供有第二电极层 446 的第二衬底 442 隔着液晶层 444 稳固地相互附连。

[0223] 图 10A 和图 10B 示出一种结构的示例,其中源区(也称作具有一种导电类型的半导体层或缓冲层)提供在半导体层 403 与源电极层之间,并且漏区(也称作具有一种导电类型的半导体层或缓冲层)提供在半导体层 403 与漏电极层之间。例如,对于源区和漏区,使用具有 n 型导电的半导体层。

[0224] 此外,当半导体层用于晶体管 422 的源和漏区 404a 和 404b 时,该半导体层优选地比用作沟道形成区的半导体层 403 要薄,并且优选地具有比半导体层 403 更高的传导率(导电率)。

[0225] 像素电极层提供在形成为伸出到液晶层中的结构主体之上,并且在液晶层中定位在第一公共电极层与第二公共电极层之间,并且倾斜电场在像素电极层与提供于第二衬底之上的第一公共电极层之间以及在像素电极层与提供于第一衬底之上的第二公共电极层之间形成,使得倾斜电场可在整个液晶层中形成。

[0226] 因此,可使整个液晶层中的液晶分子、包括沿厚度方向的液晶分子进行响应,并且可改进白光透射率。相应地,作为白光透射率与黑光透射率之比的对比率也可提高。

[0227] 通过上述方式,包括呈现蓝相的液晶层的液晶显示装置的对比率可增加。

[0228] 另外,由于高白光透射率可采用较低电压来获得,所以还可实现液晶显示装置的功耗的降低。

[0229] 这个实施例可适当地与其它实施例中所述的任何结构进行组合。

[0230] (实施例 7)

[0231] 将参照图 9A 和图 9B 来描述可应用于实施例 1 至 5 的液晶显示装置的晶体管的另一个示例。

[0232] 图 9A 是液晶显示装置的平面图,并且示出一个像素。图 9B 是沿图 9A 中的线 Z1-Z2 截取的截面图。

[0233] 在图 9A 的平面图中,通过与实施例 2 的方式相似的方式,多个源极布线层(包括布线层 405a)相互平行(在图中沿垂直方向延伸)并且相互分开地来提供。多个栅极布线层(包括栅电极层 401)沿一般垂直于源极布线层的方向(图中的水平方向)延伸,并且相互分开地来提供。电容器布线层 408 与多个栅极布线层相邻,并且沿一般平行于栅极布线层的方向、即一般垂直于源极布线层的方向(图中的水平方向)延伸。具有一般矩形形状、由源极布线层、电容器布线层 408 和栅极布线层围绕的空间提供有液晶显示装置的像素电极层、第一公共电极层和第二公共电极层。用于驱动像素电极层的晶体管 421 提供在附图的左上角。多个像素电极层和多个晶体管以矩阵来布置。

[0234] 提供有晶体管 421、作为彩色透光树脂层的层间膜 413 和第一电极层 447 的第一衬底 441 以及提供有第二电极层 446 的第二衬底 442 隔着液晶层 444 稳固地相互附连。

[0235] 在液晶显示装置中,作为液晶层的厚度的单元间隙(Dcg)小于 $5\mu\text{m}$ (优选地为 $1\mu\text{m}$ 或更大)。在本说明书中,单元间隙的厚度指的是液晶层的最厚部分的长度(膜厚度)。因此,图 9B 中的单元间隙(Dcg)是层间膜 413 与第二衬底 442 之间的距离,如箭头所示。

[0236] 晶体管 421 是底栅晶体管,并且在作为具有绝缘表面的衬底的第一衬底 441 之上包括栅电极层 401、栅绝缘层 402、用作源电极层和漏电极层的布线层 405a 和 405b 以及半导体层 403。另外,提供覆盖晶体管 421 并且与半导体层 403 接触的绝缘膜 407,并且绝缘层 409 堆叠在绝缘膜 407 之上。

[0237] 注意,缓冲层可提供在半导体层 403 与布线层 405a 和 405b 之间,如同实施例 6 中那样。备选的是,缓冲层可提供在栅绝缘层 402 与布线层 405a 和 405b 之间以及半导体层 403 与布线层 405a 和 405b 之间。

[0238] 栅绝缘层 402 存在于包括晶体管 421 的整个区域中,并且栅电极层 401 提供在栅绝缘层 402 与作为具有绝缘表面的衬底的第一衬底 441 之间。布线层 405a 和 405b 提供在栅绝缘层 402 之上。另外,半导体层 403 提供在栅绝缘层 402 和布线层 405a、405b 之上。虽然未示出,但是栅绝缘层 402 之上的布线层 405a 和 405b 超出半导体层 403 的周边延伸到外部。

[0239] 像素电极层提供在形成为伸出到液晶层中的结构主体之上,并且在液晶层中定位在第一公共电极层与第二公共电极层之间,并且倾斜电场在像素电极层与提供于第二衬底上的第一公共电极层之间以及在像素电极层与提供于第一衬底之上的第二公共电极层之间形成,使得倾斜电场可在整个液晶层中形成。

[0240] 因此,可使整个液晶层中的液晶分子、包括沿厚度方向的液晶分子进行响应,并且可改进白光透射率。相应地,作为白光透射率与黑光透射率之比的对比率也可提高。

[0241] 通过上述方式,包括呈现蓝相的液晶层的液晶显示装置的对比率可增加。

[0242] 另外,由于高白光透射率可采用较低电压来获得,所以还可实现液晶显示装置的

功耗的降低。

[0243] 这个实施例可适当地与其它实施例中所述的任何结构进行组合。

[0244] (实施例 8)

[0245] 氧化物半导体将描述为可用于实施例 1 至 7 中的晶体管 420、421 和 422 的半导体层的材料。具体来说,将描述其中氧化物半导体层用作半导体层的晶体管 1420 和 1450。

[0246] 图 11A 所示的晶体管 1420 是底栅晶体管,并且在具有绝缘表面的衬底 1400 之上包括栅电极层 1401、栅绝缘层 1402、氧化物半导体层 1403、源电极层 1405a 和漏电极层 1405b。此外,提供覆盖着晶体管 1420 并且堆叠在氧化物半导体层 1403 之上的氧化物绝缘层 1407。使用氮化物绝缘层所形成的保护绝缘层 1409 进一步在氧化物绝缘层 1407 之上提供。

[0247] 为了防止包括氧化物半导体层的晶体管的电特性的变化,特意从氧化物半导体层中去除例如氢、水分、羟基或氢化物(也称作氢化合物)的引起变化的杂质。另外,通过提供作为氧化物半导体的主要成分并且在去除杂质的步骤中同时还原(reduce)的氧,使氧化物半导体层净化成为电气 i 型(本征)。

[0248] 因此,优选的是,氧化物半导体包括尽可能少的氢。氧化物半导体中包含的氢优选地设置成小于 $1 \times 10^{16}/\text{cm}^3$,并且尽可能多地去除氧化物半导体中的氢以便接近 0。

[0249] 另外,净化的氧化物半导体包括极少载流子(接近 0),并且其载流子浓度低于 $1 \times 10^{14}/\text{cm}^3$,优选地低于 $1 \times 10^{12}/\text{cm}^3$,更优选地低于 $1 \times 10^{11}/\text{cm}^3$ 。由于氧化物半导体包括极少载流子,所以晶体管中的截止状态电流可减小。优选的是,截止状态电流尽可能小。截止状态电流(也称作泄漏电流)是在施加 -1V 至 -10V 之间的给定栅极电压的情况下在晶体管的源极与漏极之间流动的电流。包括本说明书中公开的氧化物半导体的晶体管的沟道宽度(w)中每 $1 \mu\text{m}$ 的电流值小于或等于 $100\text{aA}/\mu\text{m}$,优选地小于或等于 $10\text{aA}/\mu\text{m}$,更优选地小于或等于 $1\text{aA}/\mu\text{m}$ 。此外,由于没有 pn 结并且没有热载流子降级,所以未不利地影响晶体管的电特性。

[0250] 氢的上述浓度范围可通过次级离子质谱法(SIMS)或者基于 SIMS 的数据来获得。另外,载流子浓度可通过霍尔效应测量来测量。作为用于霍尔效应测量的设备的一个示例,可给出特定电阻/霍尔测量系统 ResiTest 8310(TOYO Corporation 制造)。通过特定电阻/霍尔测量系统 ResiTest 8310,磁场的方向和强度在某个周期中改变并且与其同步,仅检测样本中引起的霍尔电动势电压,使得可执行 AC(交流)霍尔测量。甚至在具有低迁移率(mobility)和高电阻率的材料的情况下,也可检测霍尔电动势电压。

[0251] 此外,减少不仅在氧化物半导体膜中而且在栅绝缘层中存在的例如水分的杂质,并且还减少氧化物半导体膜与提供于氧化物半导体膜之上和之下并且与其接触的膜之间的界面处存在的例如水分的杂质。

[0252] 当氧化物半导体净化成使得尽可能少地包含除了氧化物半导体的主要成分之外的杂质时,晶体管的操作会是有利的。

[0253] 作为氧化物半导体膜,可使用例如 In-Sn-Ga-Zn-O 膜的四成分金属氧化物、例如 In-Ga-Zn-O 膜、In-Sn-Zn-O 膜、In-Al-Zn-O 膜、Sn-Ga-Zn-O 膜、Al-Ga-Zn-O 膜或 Sn-Al-Zn-O 膜的三成分金属氧化物、例如 In-Zn-O 膜、Sn-Zn-O 膜、Al-Zn-O 膜、Zn-Mg-O 膜、Sn-Mg-O 膜或 In-Mg-O 膜的二成分金属氧化物或者 In-O 膜、Sn-O 膜、Zn-O 膜等等。此外,

SiO₂可包含在上述氧化物半导体膜中。

[0254] 注意,作为氧化物半导体膜,可使用由 InMO₃(ZnO)_m (m > 0) 所表示的薄膜。在这里, M 表示从 Ga、Al、Mn 和 Co 中选取的一种或多种金属元素。例如, M 可以是 Ga、Ga 和 Al、Ga 和 Mn、Ga 和 Co 等等。其成分分子式 (composition formula) 由 InMO₃(ZnO)_m (m > 0) 表示的、包含 Ga 作为 M 的氧化物半导体膜称作上述的 In-Ga-Zn-O 氧化物半导体,并且 In-Ga-Zn-O 氧化物半导体的薄膜也称作 In-Ga-Zn-O 非单晶膜。

[0255] 虽然晶体管 1420 和 1450 是具有底栅结构的反交错薄膜晶体管的示例,但是可应用于本说明书中公开的液晶显示装置的包括氧化物半导体层的晶体管可以是沟道保护类型晶体管,其中沟道保护层提供在氧化物半导体层之上,或者可以是具有顶栅结构的晶体管。

[0256] 虽然使用单栅极晶体管作为晶体管 1420 和 1450 来给出描述,但是也可根据需要形成包括多个沟道形成区的多栅极晶体管。

[0257] 图 11B 示出其中在截面所看到的氧化物半导体层由氮化物绝缘层围绕的一个示例。

[0258] 图 11B 所示的晶体管 1450 是底栅薄膜晶体管,并且在具有绝缘表面的衬底 1400 之上包括栅电极层 1401、使用氮化物绝缘层所形成的栅绝缘层 1432a、使用氧化物绝缘层所形成的栅绝缘层 1432b、氧化物半导体层 1403、源电极层 1405a 和漏电极层 1405b。此外,提供覆盖着晶体管 1450 并且堆叠在氧化物半导体层 1403 之上的氧化物绝缘层 1437。使用氮化物绝缘层所形成的保护绝缘层 1439 提供在氧化物绝缘层 1437 之上。保护绝缘层 1439 与使用氮化物绝缘层所形成的栅绝缘层 1432a 接触。

[0259] 在这个实施例的晶体管 1450 中,栅绝缘层具有叠层结构,其中氮化物绝缘层和氧化物绝缘层按照这种顺序堆叠在栅电极层之上。此外,在形成使用氮化物绝缘层所形成的保护绝缘层 1439 之前,选择性地去除氧化物绝缘层 1437 和栅绝缘层 1432b,使得使用氮化物绝缘层所形成的栅绝缘层 1432a 外露。

[0260] 氧化物绝缘层 1437 和栅绝缘层 1432b 的顶面形状至少大于氧化物半导体层 1403 的顶面形状,并且氧化物绝缘层 1437 和栅绝缘层 1432b 的顶面形状优选地覆盖晶体管 1450。

[0261] 此外,使用氮化物绝缘层所形成的保护绝缘层 1439 形成为覆盖着氧化物绝缘层 1437 的顶面以及氧化物绝缘层 1437 和栅绝缘层 1432b 的侧面,并且与使用氮化物绝缘层所形成的栅绝缘层 1432a 接触。

[0262] 对于各使用氮化物绝缘层来形成的保护绝缘层 1439 和栅绝缘层 1432a,使用不包含例如水分、氢离子和 OH 的杂质并且阻挡这些杂质从外部进入的无机绝缘膜;使用通过溅射方法或等离子体 CVD 方法所得到的氮化硅膜、氮氧化硅膜、氮化铝膜、氮氧化铝膜等等。

[0263] 在这个实施例中,作为使用氮化物绝缘层所形成的保护绝缘层 1439,厚度为 100nm 的氮化硅层通过 RF 溅射方法来提供,使得覆盖氧化物半导体层 1403 的底面、顶面和侧面。

[0264] 通过图 11B 所示的结构,氧化物半导体层中例如氢、水分、羟基或氢化物的杂质由于提供成包围并且接触氧化物半导体层的栅绝缘层 1432b 和氧化物绝缘层 1437 而减少,并且可防止形成保护绝缘层 1439 之后在制造过程中水分从外部进入,因为氧化物半导体层

还由各使用氮化物绝缘层所形成的栅绝缘层 1432a 和保护绝缘层 1439 包围。此外,甚至在作为液晶显示装置的装置完成之后,可长期防止水分从外部进入;因此,装置的长期可靠性可得到改进。

[0265] 在这个实施例中,一个晶体管由氮化物绝缘层包围;但是,本发明的实施例并不是具体局限于这种结构。备选的是,多个晶体管可由氮化物绝缘层包围,或者像素部分中的多个晶体管可共同由氮化物绝缘层包围。其中保护绝缘层 1439 和栅绝缘层 1432a 相互接触的区域可形成使得包围至少有源矩阵衬底的像素部分。

[0266] 像素电极层提供在形成伸出到液晶层中的结构主体之上,并且在液晶层中定位在第一公共电极层与第二公共电极层之间,并且倾斜电场在像素电极层与提供于第二衬底上的第一公共电极层之间以及在像素电极层与提供于第一衬底之上的第二公共电极层之间形成,使得倾斜电场可在整个液晶层中形成。

[0267] 因此,可使整个液晶层中的液晶分子、包括沿厚度方向的液晶分子进行响应,并且可改进白光透射率。相应地,作为白光透射率与黑光透射率之比的对比率也可提高。

[0268] 通过上述方式,包括呈现蓝相的液晶层的液晶显示装置的对比率可增加。

[0269] 另外,由于高白光透射率可采用较低电压来获得,所以还可实现液晶显示装置的功耗的降低。

[0270] 当使用呈现蓝相的液晶材料时,对配向膜的摩擦(rubbing)处理是不必要的;相应地,可防止由摩擦处理所引起的静电放电损坏,并且可减少制造过程中的液晶显示装置的缺陷和损坏。因此,液晶显示装置的生产率可提高。具体来说,包括氧化物半导体层的晶体管具有如下可能性:晶体管的电特性可由于静电的影响而显著波动,并且偏离设计范围。

[0271] 呈现蓝相的液晶材料的响应速度高于或等于常规液晶材料的 10 倍;因此,通过将呈现蓝相的液晶材料与具有双帧速率(高速)驱动的能力的装置、如包括氧化物半导体层的晶体管进行组合,可实现具有更高功能和更高响应速度的液晶显示装置。

[0272] 由于包括氧化物半导体层的晶体管的截止状态电流极小,所以存储电容器可以极小。备选的是,不一定提供存储电容器。因此,开口率可增加。另外,甚至当电容因使用呈现蓝相的液晶材料而增加时,存储电容也可减小,并且因而可抑制功耗。

[0273] 相应地,更有效的是将呈现蓝相的液晶材料用于包括如同这个实施例中那样包括氧化物半导体层的晶体管的液晶显示装置。

[0274] 这个实施例可适当地与其它实施例中所述的任何结构进行组合。

[0275] (实施例 9)

[0276] 在这个实施例中,将参照图 26A 至图 26E 来详细描述实施例 8 中所述的包括氧化物半导体层的晶体管的一个示例及其制造方法的一个示例。这个实施例中所述的晶体管 390 可用作晶体管 1420 和 1450,它们包含上述实施例中包括沟道形成区的氧化物半导体层。与上述实施例那些部分相同的部分或者具有与上述实施例那些部分相似功能的部分可按照与上述实施例的方式相似的方式来形成,并且与上述实施例那些步骤相似的步骤也可按照与上述实施例的方式相似的方式来执行;因此将不作赘述。另外,将省略相同部分的详细描述。

[0277] 图 26A 至图 26E 示出晶体管的截面结构的一个示例。图 26A 至图 26E 所示的晶体管 390 是底栅晶体管之一,并且也称作反交错薄膜晶体管。

[0278] 虽然使用单栅极晶体管作为晶体管 390 来给出描述,但是也可根据需要形成包括多个沟道形成区的多栅极晶体管。

[0279] 下面参照图 26A 至图 26E 来描述在衬底 394 之上制造晶体管 390 的过程。

[0280] 首先,导电膜在具有绝缘表面的衬底 394 之上形成,并且然后栅电极层 391 在第一光刻 (photolithography) 过程中形成。栅电极层优选地具有逐渐变细的形状,因为与其上堆叠的栅绝缘层的覆盖可得到改进。注意,抗蚀剂掩模可通过喷墨方法来形成。当抗蚀剂掩模通过喷墨方法来形成时,不使用光掩模;因此,制造成本可降低。

[0281] 对于可用作具有绝缘表面的衬底 394 的衬底没有具体限制,只要它至少具有足够的耐热性以耐受以后所执行的热处理。可使用采用钡硼硅酸盐玻璃、铝硼硅酸盐玻璃等等所形成的玻璃衬底。

[0282] 当以后执行的热处理的温度高时,具有应变点为 730℃ 或以上的衬底优选地用作玻璃衬底。作为玻璃衬底的材料,例如使用诸如铝硅酸盐玻璃、铝硼硅酸盐玻璃或钡硼硅酸盐玻璃的玻璃材料。通过包括比氧化硼更大量的氧化钡 (BaO), 获得更实用的耐热玻璃衬底。因此,优选地使用包括比 B_2O_3 更大量的 BaO 的玻璃衬底。

[0283] 注意,代替上述玻璃衬底,可使用采用例如陶瓷衬底、石英衬底或蓝宝石衬底的绝缘体所形成的衬底。备选的是,可使用晶化玻璃衬底等。还备选的是,可适当地使用塑料衬底等。

[0284] 用作基膜的绝缘膜可提供在衬底 394 与栅电极层 391 之间。基膜具有防止杂质元素从衬底 394 扩散的功能,并且可使用氮化硅膜、氧化硅膜、硅的氮化物氧化物膜、氮氧化硅膜中的任何膜形成成为具有单层结构或叠层结构。

[0285] 此外,栅电极层 391 可使用例如钼、钛、铬、钽、钨、铝、铜、钕和钐的金属材料以及包含任何这些材料作为主要成分的合金材料中的任一种来形成成为具有单层结构或叠层结构。

[0286] 作为栅电极层 391 的二层结构,例如,其中钼层堆叠在铝层之上的二层结构、其中钼层堆叠在铜层之上的二层结构、其中氮化钛层或氮化钽层堆叠在铜层之上的二层结构、其中氮化钛层和钼层堆叠的二层结构或者其中氮化钨层和钨层堆叠的二层结构是优选的。作为三层结构,钨层或氮化钨层、铝和硅的合金层或者铝和钛的合金层以及氮化钛层或钛层的堆叠是优选的。注意,栅电极层可使用透光导电膜来形成。透光导电氧化物可作为透光导电膜的一个示例给出。

[0287] 然后,栅绝缘层 397 在栅电极层 391 之上形成。

[0288] 栅绝缘层 397 可通过等离子体 CVD 方法、溅射方法等、使用氧化硅层、氮化硅层、氮氧化硅层、硅的氮化物氧化物层、氧化铝层、氮化铝层、氮氧化铝层、铝的氮化物氧化物层和氧化钨层的任一个来形成成为具有单层结构或叠层结构。在氧化硅膜通过溅射方法来形成的情况下,硅靶或石英靶用作靶,并且氧或氧和氩的混合气体用作溅射气体。

[0289] 在这里,通过去除杂质而制作成为 i 型或基本 i 型的氧化物半导体 (净化的氧化物半导体) 对界面水平 (interface level) 和界面电荷极为敏感;因此,氧化物半导体与栅绝缘层之间的界面很重要。因此,与净化的氧化物半导体接触的栅绝缘层 (GI) 需要具有高质量。

[0290] 例如,优选地采用使用微波 (2.45GHz) 的高密度等离子体 CVD,因为具有高耐受电

压的密集且高质量绝缘层的形成是可能的。当净化的氧化物半导体和高质量栅绝缘层相互紧密接触时,界面水平可减小,并且界面特性会是有利的。

[0291] 不用说,可采用例如溅射方法或等离子体 CVD 方法的另一种沉积方法,只要可形成作为栅绝缘层的高质量绝缘层。此外,使用其与氧化物半导体的界面的质量和特性通过在形成绝缘层之后所执行的热处理得到改进的绝缘层作为栅绝缘层是可能的。在任何情况下,形成可减小与氧化物半导体的界面水平密度以形成有利界面以及具有作为栅绝缘层的有利膜质量的绝缘层。

[0292] 在 85℃ 以 $2 \times 10^6 \text{V/cm}$ 对于 12 小时的栅偏置温度压力测试 (stress test, BT test) 中,如果杂质被加入氧化物半导体,则杂质与氧化物半导体的主要成分之间的接合 (bond) 被高电场 (B:偏置) 和高温 (T:温度) 破坏,并且所生成的悬挂键 (dangling bond) 引起阈值电压 (V_{th}) 的漂移。

[0293] 相反,根据本说明书中公开的本发明的一个实施例,氧化物半导体的杂质、特别是氢和水被尽可能去除,并且如上所述使氧化物半导体与栅绝缘层之间的界面特性是有利的,由此可获得贯穿 BT 测试是稳定的晶体管。

[0294] 栅绝缘层 397 可具有叠层结构,其中氮化物绝缘层和氧化物绝缘层按照这种顺序堆叠在栅电极层 391 之上。例如,厚度大于或等于 50nm 并且小于或等于 200nm 的氮化硅层 ($\text{SiN}_y (y > 0)$) 通过溅射方法作为第一栅绝缘层来形成,并且厚度大于或等于 5nm 并且小于或等于 300nm 的氧化硅层 ($\text{SiO}_x (x > 0)$) 作为第二栅绝缘层堆叠在第一栅绝缘层之上;因此,形成厚度为 100nm 的栅绝缘层。栅绝缘层的厚度可根据晶体管所需的特性来适当设置,并且可以是大约 350nm 至 400nm。

[0295] 此外,为了使以后将形成的氧化物半导体膜 393 和栅绝缘层 397 中可能包括的氢、羟基和水分尽可能少,优选的是,其上形成栅电极层 391 的衬底 394 或者其上形成直到栅绝缘层 397 的层的衬底 394 在溅射设备的预加热室中经过预加热作为膜形成的预处理,使得消除和去除吸收到衬底 394 的例如氢和水分的杂质。预加热的温度高于或等于 100℃ 并且低于或等于 400℃,优选地为高于或等于 150℃ 并且低于或等于 300℃。注意,低温泵作为预加热室中提供的抽气 (evacuation) 单元是优选的。注意,可这种预加热处理可省略。此外,这种预加热可类似地在形成氧化物绝缘层 396 之前对其上形成直到源电极层 395a 和漏电极层 395b 的层的衬底 394 来执行。

[0296] 然后,氧化物半导体膜 393 在栅绝缘层 397 之上形成成为大于或等于 2nm 并且小于或等于 200nm 的厚度 (参见图 26A)。

[0297] 注意,在氧化物半导体膜 393 通过溅射方法来形成之前,附于栅绝缘层 397 的表面的灰尘优选地通过其中引入氩气并且生成等离子体的反向溅射来去除。反向溅射指的是一种方法,其中,在没有将电压施加到靶侧的情况下,RF 电源用于在氩气氛中将电压施加到衬底侧,使得等离子体在衬底附近生成,以便修正表面。注意,代替氩气氛,可使用氮气氛、氦气氛、氧气氛等等。

[0298] 氧化物半导体膜 393 通过溅射方法来形成。作为氧化物半导体膜 393,可使用例如 In-Sn-Ga-Zn-O 膜的四成分金属氧化物、例如 In-Ga-Zn-O 膜、In-Sn-Zn-O 膜、In-Al-Zn-O 膜、Sn-Ga-Zn-O 膜、Al-Ga-Zn-O 膜或 Sn-Al-Zn-O 膜的三成分金属氧化物、例如 In-Zn-O 膜、Sn-Zn-O 膜、Al-Zn-O 膜、Zn-Mg-O 膜、Sn-Mg-O 膜或 In-Mg-O 膜的二成分金属氧化物或者

In-O 膜、Sn-O 膜、Zn-O 膜等等。此外, SiO₂可包含在上述氧化物半导体膜中。在这个实施例中,氧化物半导体膜 393 通过溅射方法、使用 In-Ga-Zn-O 基氧化物半导体靶来形成。此外,氧化物半导体膜 393 可通过溅射方法在稀有气体(通常为氩)气氛、氧气氛或者包含稀有气体(通常为氩)和氧的气氛中形成。

[0299] 作为用于通过溅射方法来形成氧化物半导体膜 393 的靶,可使用包含氧化锌作为主要成分的金属氧化物靶。金属氧化物靶的其它示例如下。作为包含 In、Ga 和 Zn 的氧化物半导体靶,可使用具有成分比为 In : Ga : Zn = 1 : 1 : 0.5[原子比](即, In₂O₃ : Ga₂O₃ : ZnO = 1 : 1 : 1[摩尔比])的靶。备选的是,作为包含 In、Ga 和 Zn 的氧化物半导体靶,可使用具有成分比为 In : Ga : Zn = 1 : 1 : 1[原子比](即, In₂O₃ : Ga₂O₃ : ZnO = 1 : 1 : 2[摩尔比])的靶、具有成分比为 In : Ga : Zn = 1 : 1 : 2[原子比](即, In₂O₃ : Ga₂O₃ : ZnO = 1 : 1 : 4[摩尔比])的靶或者具有成分比为 In : Ga : Zn = 1 : 0 : 1[原子比](即, In₂O₃ : ZnO = 1 : 2[摩尔比])的靶。氧化物半导体靶的填充率高于或等于 90% 并且低于或等于 100%, 优选地为高于或等于 95% 并且低于或等于 99.9%。通过使用具有高填充率的氧化物半导体靶,形成密集氧化物半导体膜。

[0300] 将衬底保持在置于降低的压力下的处理室中,并且将衬底加热到室温或者低于 400°C 的温度。然后,将从其去除了氢和水分的溅射气体引入处理室,同时去除处理室中剩余的水分,并且氧化物半导体膜 393 通过使用金属氧化物作为靶在衬底 394 之上形成。为了去除处理室中剩余的水分,优选地使用捕集真空泵。例如,优选地使用低温泵、离子泵或钛升华泵。此外,抽气单元可以是提供有冷阱的涡轮泵。在采用低温泵来抽气的沉积室中,去除氢原子、包含氢原子的化合物、如水(H₂O)(更优选地,还有包含碳原子的化合物)等等,由此可降低沉积室中形成的氧化物半导体膜的杂质浓度。通过在采用低温泵去除处理室中剩余的水分的同时经由溅射来执行沉积,当形成氧化物半导体膜 393 时的衬底温度可高于或等于室温并且低于 400°C。

[0301] 沉积条件的一个示例如下所述:衬底与靶之间的距离为 100mm,压力为 0.6Pa, DC 功率为 0.5kW,以及气氛是氧气氛(氧流率为 100%)。优选的是,使用脉冲 DC 电源,因为可减少灰尘,并且膜厚度可以是均匀的。氧化物半导体膜的厚度优选地为大于或等于 5nm 并且小于或等于 30nm。注意,适当的厚度取决于将要使用的氧化物半导体材料,并且厚度可按照材料来设置。

[0302] 溅射方法的示例包括:RF 溅射方法,其中高频电力用作溅射电源;DC 溅射方法;以及脉冲 DC 溅射方法,其中以脉冲方式来施加偏压。RF 溅射方法主要用于形成绝缘膜的情况,而 DC 溅射方法主要用于形成金属膜的情况。

[0303] 另外,还存在多源溅射设备,其中可设置不同材料的多个靶。通过多源溅射设备,不同材料的膜可形成为堆叠在相同室中,或者多种材料可在相同室中同时放电供膜形成。

[0304] 另外,存在一种提供有室内部的磁系统的溅射设备,其用于磁控溅射方法,并且存在一种用于 ECR 溅射方法的溅射设备,其中使用通过采用微波所生成的等离子体,而不使用辉光放电。

[0305] 此外,作为使用溅射方法的沉积方法,还存在反应溅射方法,其中靶物质和溅射气体成分在沉积期间相互起化学反应,以便形成其薄化合物膜,并且存在偏压溅射方法,其中

电压在沉积期间还施加到衬底。

[0306] 然后,在第二光刻过程中,将氧化物半导体膜处理成岛状氧化物半导体层 399 (参见图 26B)。用于形成岛状氧化物半导体层 399 的抗蚀剂掩模可通过喷墨方法来形成。当抗蚀剂掩模通过喷墨方法来形成时,不使用光掩模;因此,制造成本可降低。

[0307] 在形成氧化物半导体层 399 时,接触孔可在栅绝缘层 397 中形成。

[0308] 注意,氧化物半导体膜 393 的蚀刻可以是干式蚀刻、湿式蚀刻或者它们两者。

[0309] 作为用于干式蚀刻的蚀刻气体,优选地使用包含氯的气体(氯基气体,例如氯(Cl_2)、氯化硼(BCl_3)、氯化硅(SiCl_4)或四氯化碳(CCl_4))。

[0310] 备选的是,可使用包含氟的气体(氟基气体,例如四氟化碳(CF_4)、六氟化硫(SF_6)、三氟化氮(NF_3)或者三氟甲烷(CHF_3));溴化氢(HBr);氧(O_2);对其添加例如氦(He)或氩(Ar)的稀有气体的任何这些气体;等等。

[0311] 作为干式蚀刻方法,可使用平行板反应离子蚀刻(RIE)方法或电感耦合等离子体(ICP)蚀刻方法。为了将膜蚀刻成预期形状,蚀刻条件(例如施加到线圈形状电极的电力的量、施加到衬底侧上电极的电力的量和衬底侧上电极的温度)经过适当调整。

[0312] 作为用于湿式蚀刻的蚀刻剂,例如可使用磷酸、乙酸和硝酸的混合溶液,例如 IT007N(由 KANTO CHEMICAL CO., INC. 生产)。

[0313] 用于湿式蚀刻的蚀刻剂通过清洗连同蚀刻掉的材料一起去除。包含蚀刻剂和蚀刻掉的材料废液的废液可经过净化,并且材料可再使用。当氧化物半导体层中包含的例如钨的材料在蚀刻之后从废液中收集并且再使用时,可有效地使用资源,并且可降低成本。

[0314] 蚀刻条件(例如蚀刻剂、蚀刻时间和温度)按照材料经过适当调整,使得氧化物半导体膜可蚀刻成具有预期形状。

[0315] 注意,优选的是在形成导电膜之前在下一个步骤中执行反向溅射,使得可去除附于氧化物半导体层 399 和栅绝缘层 397 的表面的抗蚀剂残留物等。

[0316] 随后,导电膜在栅绝缘层 397 和氧化物半导体层 399 之上形成。导电膜可通过溅射方法或真空蒸发方法来形成。作为将要成为源电极层和漏电极层(包括在与源电极层和漏电极层相同的层中形成的布线)的导电膜的材料,存在从 Al、Cr、Cu、Ta、Ti、Mo 和 W 中选取的元素、包含任何上述元素作为成分的合金、组合地包含任何这些元素的合金等等。备选的是,可采用一种结构,其中 Cr、Ta、Ti、Mo、W 等的高熔点金属层堆叠在 Al、Cu 等的金属层的一侧或两侧。还备选的是,当使用添加了例如 Si、Ti、Ta、W、Mo、Cr、Nd、Sc 或 Y 的防止 Al 膜中生成小丘(hillock)和细丝(whisker)的元素的 Al 材料时,耐热性可提高。

[0317] 导电膜可具有单层结构或者两层或更多层的叠层结构。例如,可给出包含硅的铝膜的单层结构、其中钛膜堆叠在铝膜之上的二层结构、其中 Ti 膜、铝膜和 Ti 膜按照这种顺序堆叠的三层结构等等。

[0318] 备选的是,将要作为源电极层和漏电极层(包括在与源电极层和漏电极层相同的层中形成的布线)的导电膜可使用导电金属氧化物来形成。作为导电金属氧化物,可使用氧化铟(In_2O_3)、氧化锡(SnO_2)、氧化锌(ZnO)、氧化铟和氧化锡的合金($\text{In}_2\text{O}_3\text{-SnO}_2$, 缩写成 ITO)、氧化铟和氧化锌的合金($\text{In}_2\text{O}_3\text{-ZnO}$)或者包含硅或氧化硅的任何金属氧化物材料。

[0319] 执行第三光刻过程。抗蚀剂掩模在导电膜之上形成,并且执行选择性蚀刻,使得形成源电极层 395a 和漏电极层 395b。然后,去除抗蚀剂掩模(参见图 26C)。

[0320] 紫外线、KrF 激光束或者 ArF 激光束用于在第三光刻过程中用于形成抗蚀剂掩模的曝光。以后将要形成的晶体管的沟道长度 L 取决于在氧化物半导体层 399 之上彼此相邻的源电极层的底部与漏电极层的底部之间的间隔宽度。注意,当曝光在沟道长度 L 短于 25nm 的情况下执行时,具有数纳米至数十纳米的极短波长的极端紫外线用于在第三光刻过程中用于形成抗蚀剂掩模的曝光。采用极端紫外线的曝光产生高分辨率和大焦深。相应地,以后将要形成的晶体管的沟道长度 L 可设置成大于或等于 10nm 并且小于或等于 1000nm。因此,电路的操作速度可提高,并且截止状态电流也明显很小,使得可实现低功耗。

[0321] 注意,材料和蚀刻条件经过适当调整,使得氧化物半导体层 399 在蚀刻导电膜时没有被去除。

[0322] 在这个实施例中,由于 Ti 膜用作导电膜,并且 In-Ga-Zn-O 基氧化物半导体用作氧化物半导体层 399,所以磷酸、乙酰和硝酸的混合溶液用作导电膜的蚀刻剂。

[0323] 注意,在第三光刻过程中,仅蚀刻氧化物半导体层 399 的一部分,由此可形成具有凹槽(凹陷部分)的氧化物半导体层。用于形成源电极层 395a 和漏电极层 395b 的抗蚀剂掩模可通过喷墨方法来形成。当抗蚀剂掩模通过喷墨方法来形成时,不使用光掩模;因此,制造成本可降低。

[0324] 为了减少光刻过程中的光掩模和步骤的数量,可通过使用采用多色调掩模所形成的抗蚀剂掩模来执行蚀刻步骤,多色调掩模是光透射过其中以便具有多种强度的曝光掩模。由于使用多色调掩模所形成的抗蚀剂掩模具有多个厚度并且可通过执行蚀刻进一步改变形状,所以该抗蚀剂掩模可在多个蚀刻步骤中用于提供不同的图案。因此,用于形成至少两种不同图案的抗蚀剂掩模可通过使用一个多色调掩模来形成。相应地,曝光掩模的数量可减少,并且对应光刻过程的数量也可减少,由此可实现过程的简化。

[0325] 通过使用例如 N_2O 、 N_2 或 Ar 的气体的等离子体处理,可去除吸收到氧化物半导体层的外露部分的表面的水等。备选的是,等离子体处理可使用氧和氩的混合气体来执行。

[0326] 在执行等离子体处理的情况下,形成氧化物绝缘层 396 作为用作保护绝缘膜并且与氧化物半导体层的一部分接触的氧化物绝缘层(参见图 26D),而无需暴露于空气。在这个实施例中,氧化物绝缘层 396 在氧化物半导体层 399 没有与源电极层 395a 和漏电极层 395b 重叠的区域中形成为与氧化物半导体层 399 接触。

[0327] 在这个实施例中,其上形成直到岛状氧化物半导体层 399、源电极层 395a 和漏电极层 395b 的层的衬底 394 被加热到室温或者低于 100℃ 的温度,从其去除了氢和水分并且包含高纯度氧的溅射气体被引入,并且使用硅半导体靶,由此形成具有缺陷的氧化硅层作为氧化物绝缘层 396。

[0328] 例如,氧化硅膜通过脉冲 DC 溅射方法来形成,其中,溅射气体的纯度是 6N,使用硼掺杂的硅靶(电阻率为 0.01 Ω cm),衬底与靶之间的距离(T-S 距离)为 89mm,压力为 0.4Pa,DC 功率为 6kW,并且气氛是氧气氛(氧流率为 100%)。氧化硅膜的厚度是 300nm。注意,代替硅靶,石英(优选地为合成石英)可用作在形成氧化硅膜时使用的靶。作为溅射气体,使用氧或者氧和氩的混合气体。

[0329] 在那种情况下,氧化物绝缘层 396 优选地在去除处理室中剩余的水分的同时执行。这用于防止氢、羟基和水分包含在氧化物半导体层 399 和氧化物绝缘层 396 中。

[0330] 为了去除处理室中剩余的水分,优选地使用捕集真空泵。例如,优选地使用低温

泵、离子泵或钛升华泵。此外，抽气单元可以是提供有冷阱的涡轮泵。在采用低温泵来抽气的沉积室中，去除氢原子、包含氢原子的化合物、如水 (H_2O) 等等，由此可降低沉积室中形成的氧化物绝缘层 396 的杂质浓度。

[0331] 注意，作为氧化物绝缘层 396，氮氧化硅层、氧化铝层、氮氧化铝层等等可用于取代氧化硅层。

[0332] 此外，热处理可在 100°C 至 400°C 执行，同时氧化物绝缘层 396 和氧化物半导体层 399 相互接触。由于这个实施例中的氧化物绝缘层 396 具有多个缺陷，通过这种热处理，氧化物半导体层 399 中包含的例如氢、水分、羟基或氢化物的杂质可扩散到氧化物绝缘层 396，使得氧化物半导体层 399 中的杂质可进一步减少。

[0333] 通过上述过程，可形成包括其中降低氢、水分、羟基或氢化物的浓度的氧化物半导体层 392 的晶体管 390 (参见图 26E)。

[0334] 反应气氛中剩余的水分在形成氧化物半导体膜中按照上述方式去除，由此可降低氧化物半导体膜中的氢和氢化物的浓度。相应地，可使氧化物半导体膜稳定。

[0335] 保护绝缘层可在氧化物绝缘层之上提供。在这个实施例中，保护绝缘层 398 可在氧化物绝缘层 396 之上形成。作为保护绝缘层 398，使用氮化硅膜、硅的氮化物氧化物膜、氮化铝膜、铝的氮化物氧化物膜等等。

[0336] 其上形成直到氧化物绝缘层 396 的层的衬底 394 被加热到 100°C 至 400°C 的温度，从其去除了氢和水分并且包含高纯度氮的溅射气体被引入，并且使用硅半导体靶，由此形成作为保护绝缘层 398 的氮化硅膜。在这种情况下，保护绝缘层 398 优选地在去除处理室中剩余的水分的同时执行，与氧化物绝缘层 396 的情况相似。

[0337] 在形成保护绝缘层 398 的情况下，衬底 394 在形成保护绝缘层 398 期间加热到 100°C 至 400°C ，由此氧化物半导体层中包含的氢或水分可扩散到氧化物绝缘层。在那种情况下，在形成氧化物绝缘层 396 之后不一定执行热处理。

[0338] 在形成作为氧化物绝缘层 396 的氧化硅层并且氮化硅层在其上堆叠作为保护绝缘层 398 的情况下，氧化硅层和氮化硅层可通过使用共同的硅靶在相同的处理室中形成。在首先引入包含氧的溅射气体之后，氧化硅层使用处理室中设置的硅靶来形成，然后将溅射气体切换到包含氮的溅射气体，并且相同的硅靶用于形成氮化硅层。由于氧化硅层和氮化硅层可相继形成而无需暴露于空气，所以可防止例如氢和水分的杂质吸收到氧化硅层的表面上。在那种情况下，在形成作为氧化物绝缘层 396 的氧化硅层并且氮化硅层在其上堆叠作为保护绝缘层 398 之后，优选地执行用于使氧化物半导体层中包含的氢或水分扩散到氧化物绝缘层的热处理 (在 100°C 至 400°C 的温度)。

[0339] 在形成保护绝缘层之后，热处理可在空气中在高于或等于 100°C 并且低于或等于 200°C 进一步执行多于或等于 1 小时并且小于或等于 30 小时。这种热处理可在固定的加热温度执行。备选的是，加热温度的下列变化可反复进行多次：加热温度从室温升高到高于或等于 100°C 并且低于或等于 200°C 的温度，并且然后降低到室温。此外，这种热处理可在形成氧化物绝缘层之前在降低的压力下执行。当热处理在降低的压力之下执行时，加热时间可缩短。通过这种热处理，晶体管能通常截止。因此，显示面板的可靠性可得到改进。

[0340] 反应气氛中剩余的水分在形成栅绝缘层之上的包含沟道形成区的氧化物半导体层中去除，由此可降低氧化物半导体层中的氢和氢化物的浓度。

[0341] 上述过程可用于制造使用电子墨水的显示装置、电致发光显示面板、液晶显示面板的底板（其上形成晶体管的衬底）等。由于上述过程在 400℃或更低的温度执行，所以它还可应用于其中厚度为 1mm 或更小并且侧边长于 1m 的玻璃衬底的制造过程。另外，整个过程可在 400℃或更低的处理温度来执行，可制造显示面板，而无需消耗许多能量。

[0342] 这个实施例可适当地与任何其它实施例进行组合。

[0343] 在上述方式中，通过包含氧化物半导体层的晶体管，可提供具有稳定电特性和高可靠性的大尺寸液晶显示装置。

[0344] （实施例 10）

[0345] 在这个实施例中，将参照图 27A 至图 27E 来详细描述实施例 8 中所述的包括氧化物半导体层的晶体管的一个示例及其制造方法的一个示例。这个实施例中所述的晶体管 310 可用作晶体管 1420 和 1450，它们包含上述实施例中包括沟道形成区的氧化物半导体层。与上述实施例那些部分相同的部分或者具有与上述实施例那些部分相似功能的部分可按照与上述实施例的方式相似的方式来形成，并且与上述实施例那些步骤相似的步骤也可按照与上述实施例的方式相似的方式来执行；因此将不作赘述。另外，将省略相同部分的详细描述。

[0346] 图 27A 至图 27E 示出晶体管的截面结构的一个示例。图 27A 至图 27E 所示的晶体管 310 是底栅晶体管之一，并且也称作反交错薄膜晶体管。

[0347] 虽然使用单栅极晶体管作为晶体管 310 来给出描述，但是也可根据需要形成包括多个沟道形成区的多栅极晶体管。

[0348] 下面参照图 27A 至图 27E 来描述在衬底 305 之上制造晶体管 310 的过程。

[0349] 首先，导电膜在具有绝缘表面的衬底 305 之上形成，并且然后栅电极层 311 在第一光刻过程中形成。注意，抗蚀剂掩模可通过喷墨方法来形成。当抗蚀剂掩模通过喷墨方法来形成时，不使用光掩模；因此，制造成本可降低。

[0350] 对于可用作具有绝缘表面的衬底 305 的衬底没有具体限制，只要它至少具有足够的耐热性以耐受以后所执行的热处理。可使用采用钡硼硅酸盐玻璃、铝硼硅酸盐玻璃等等所形成的玻璃衬底。

[0351] 当以后执行的热处理的温度高时，应变点为 730℃或以上的衬底优选地用作玻璃衬底。作为玻璃衬底的材料，例如使用诸如铝硅酸盐玻璃、铝硼硅酸盐玻璃或钡硼硅酸盐玻璃的玻璃材料。通过包括比氧化硼更大量的氧化钡 (BaO)，获得更实用的耐热玻璃衬底。因此，优选地使用包括比 B_2O_3 更大量的 BaO 的玻璃衬底。

[0352] 注意，代替上述玻璃衬底，可使用采用例如陶瓷衬底、石英衬底或蓝宝石衬底的绝缘体所形成的衬底。备选的是，可使用晶化玻璃衬底等。

[0353] 用作基膜的绝缘膜可提供在衬底 305 与栅电极层 311 之间。基膜具有防止杂质元素从衬底 305 扩散的功能，并且可使用氮化硅膜、氧化硅膜、硅的氮化物氧化物膜和氮氧化硅膜中的任一个来形成成为具有单层结构或叠层结构。

[0354] 此外，栅电极层 311 可使用例如钼、钛、铬、钽、钨、铝、铜、钕和钐的金属材料以及包含任何这些材料作为主要成分的合金材料中的任一种来形成成为具有单层结构或叠层结构。

[0355] 作为栅电极层 311 的二层结构，例如，其中钼层堆叠在铝层之上的二层结构、其中

钼层堆叠在铜层之上的二层结构、其中氮化钛层或氮化钼层堆叠在铜层之上的二层结构、其中氮化钛层和钼层堆叠的二层结构或者其中氮化钨层和钨层堆叠的二层结构是优选的。作为三层结构,钨层或氮化钨层、铝和硅的合金层或者铝和钛的合金层以及氮化钛层或钛层的堆叠是优选的。

[0356] 然后,栅绝缘层 307 在栅电极层 311 之上形成。

[0357] 栅绝缘层 307 可通过等离子体 CVD 方法、溅射方法等、使用氧化硅层、氮化硅层、氮氧化硅层、硅的氮化物氧化物层、氧化铝层、氮化铝层、氮氧化铝层、铝的氮化物氧化物层和氧化钪层的任一个来形成成为具有单层结构或叠层结构。另外,可采用使用微波 (2.45GHz) 的高密度等离子体 CVD 方法。

[0358] 在这个实施例中,100nm 厚的氮氧化硅层通过等离子体 CVD 方法作为栅绝缘层 307 来形成。

[0359] 然后,氧化物半导体膜 330 在栅绝缘层 307 之上形成成为大于或等于 2nm 并且小于或等于 200nm 的厚度。

[0360] 注意,在氧化物半导体膜 330 通过溅射方法来形成之前,附于栅绝缘层 307 的表面的灰尘优选地通过其中引入氩气并且生成等离子体的反向溅射来去除。注意,代替氩气氛,可使用氮气氛、氦气氛、氧气氛等等。

[0361] 作为氧化物半导体膜 330,可使用例如 In-Sn-Ga-Zn-O 膜的四成分金属氧化物、例如 In-Ga-Zn-O 膜、In-Sn-Zn-O 膜、In-Al-Zn-O 膜、Sn-Ga-Zn-O 膜、Al-Ga-Zn-O 膜或 Sn-Al-Zn-O 膜的三成分金属氧化物、例如 In-Zn-O 膜、Sn-Zn-O 膜、Al-Zn-O 膜、Zn-Mg-O 膜、Sn-Mg-O 膜或 In-Mg-O 膜的二成分金属氧化物或者 In-O 膜、Sn-O 膜、Zn-O 膜等等。此外,SiO₂可包含在上述氧化物半导体膜中。在这个实施例中,氧化物半导体膜 330 通过溅射方法、使用 In-Ga-Zn-O 基氧化物半导体靶来形成。在这个阶段的截面图对应于图 27A。此外,氧化物半导体膜 330 可通过溅射方法在稀有气体(通常为氩)气氛、氧气氛或者包含稀有气体(通常为氩)和氧的气氛中形成。

[0362] 作为用于通过溅射方法来形成氧化物半导体膜 330 的靶,可使用包含氧化锌作为主要成分的金属氧化物靶。金属氧化物靶的其它示例如下。作为包含 In、Ga 和 Zn 的氧化物半导体靶,可使用成分比为 In : Ga : Zn = 1 : 1 : 0.5 [原子比] (即, In₂O₃ : Ga₂O₃ : ZnO = 1 : 1 : 1 [摩尔比]) 的靶。备选的是,作为包含 In、Ga 和 Zn 的氧化物半导体靶,可使用成分比为 In : Ga : Zn = 1 : 1 : 1 [原子比] (即, In₂O₃ : Ga₂O₃ : ZnO = 1 : 1 : 2 [摩尔比]) 的靶、成分比为 In : Ga : Zn = 1 : 1 : 2 [原子比] (即, In₂O₃ : Ga₂O₃ : ZnO = 1 : 1 : 4 [摩尔比]) 的靶或者成分比为 In : Ga : Zn = 1 : 0 : 1 [原子比] (即, In₂O₃ : ZnO = 1 : 2 [摩尔比]) 的靶。氧化物半导体靶的填充率高于或等于 90% 并且低于或等于 100%, 优选地为高于或等于 95% 并且低于或等于 99.9%。通过使用具有高填充率的氧化物半导体靶,形成密集氧化物半导体膜。

[0363] 优选的是使用将例如氢、水、羟基或氢化物的杂质从其去除到通过 ppm 或 ppb 的级别所表示的浓度的高纯度气体,作为形成氧化物半导体膜 330 时的溅射气体。

[0364] 衬底保持在置于降低的压力下的处理室中,并且衬底温度设置成高于或等于 100℃ 并且低于或等于 600℃, 优选地为高于或等于 200℃ 并且低于或等于 400℃。膜形成在加热衬底的同时执行,由此所形成的氧化物半导体膜中包含的杂质的浓度可降低。此外,因

溅射引起的损坏减小。然后,将从其去除了氢和水分的溅射气体引入处理室,同时去除处理室中剩余的水分,并且氧化物半导体膜 330 通过使用金属氧化物作为靶在衬底 305 之上形成。为了去除处理室中剩余的水分,优选地使用捕集真空泵。例如,优选地使用低温泵、离子泵或钛升华泵。此外,抽气单元可以是提供有冷阱的涡轮泵。在采用低温泵来抽气的沉积室中,去除氢原子、包含氢原子的化合物、如水 (H_2O) (更优选地,还有包含碳原子的化合物) 等等,由此可降低沉积室中形成的氧化物半导体膜的杂质浓度。

[0365] 沉积条件的一个示例如下所述:衬底与靶之间的距离为 100mm,压力为 0.6Pa, DC 功率为 0.5kW,以及气氛是氧气氛(氧流率为 100%)。优选的是,使用脉冲 DC 电源,因为可减少灰尘,并且膜厚可以是均匀的。氧化物半导体膜的厚度优选地为大于或等于 5nm 并且小于或等于 30nm。注意,适当的厚度取决于将要使用的氧化物半导体材料,并且厚度可按照材料来设置。

[0366] 然后,在第二光刻过程中,将氧化物半导体膜 330 处理成岛状氧化物半导体层。用于形成岛状氧化物半导体层的抗蚀剂掩模可通过喷墨方法来形成。当抗蚀剂掩模通过喷墨方法来形成时,不使用光掩模;因此,制造成本可降低。

[0367] 随后,氧化物半导体层经过第一热处理。通过第一热处理,可执行氧化物半导体层的脱水或脱氢。第一热处理的温度高于或等于 400℃并且低于或等于 750℃,优选地为高于或等于 400℃并且低于衬底的应变点。在这里,将衬底引入作为热处理设备之一的电炉中,在氮气氛中以 450℃对氧化物半导体层执行热处理 1 小时,并且因而氧化物半导体层没有暴露于空气,使得防止水和氢进入氧化物半导体层;因此,获得氧化物半导体层 331(参见图 27B)。

[0368] 热处理设备并不局限于电炉,而可以是提供有用于通过来自例如电阻加热器的加热器的热辐射或热传导来加热待处理对象的装置的设备。例如,可使用诸如气体快速热退火(GRTA)设备或灯快速热退火(LRTA)设备的快速热退火(RTA)设备。LRTA 设备是用于通过从例如卤素灯、金属卤化物灯、氙弧灯、碳弧灯、高压钠灯或高压水银灯的灯所发出的光(电磁波)的辐射来加热待处理对象的设备。GRTA 设备是用于使用高温气体的热处理的设备。作为气体,使用不因热处理而与待处理对象发生反应的惰性气体(例如氮)或者稀有气体(例如氩)。

[0369] 例如,作为第一热处理,GRTA 可按照如下方式来执行。将衬底转移并放入已经加热到 650℃至 700℃的高温的惰性气体中,加热数分钟,然后转移并从已经加热到高温的惰性气体中取出。GRTA 能够实现短时间中的高温热处理。

[0370] 注意,在第一热处理中,优选的是,水、氢等没有包含在氮或者例如氮、氩或氙的稀有气体中。备选的是,优选的是,引入热处理设备中的氮或者例如氮、氩或氙的稀有气体具有 6N(99.9999%)或更高、优选地为 7N(99.99999%)或更高的纯度(也就是说,杂质浓度为 1ppm 或更低,优选地为 0.1ppm 或更低)。

[0371] 备选的是,氧化物半导体层的第一热处理可对尚未被处理成岛状氧化物半导体层的氧化物半导体膜 330 来执行。在那种情况下,在第一热处理之后,从加热设备中取出衬底,并且执行光刻过程。

[0372] 对氧化物半导体层具有脱水或脱氢的作用的热处理可在任何下列时序来执行:在形成氧化物半导体层之后;在源电极和漏电极在氧化物半导体层之上形成之后;以及在保

护绝缘膜在源电极和漏电极之上形成之后。

[0373] 在栅绝缘层 307 中形成接触孔的情况下,该步骤可在氧化物半导体膜 330 的脱水或脱氢处理之前或之后执行。

[0374] 注意,氧化物半导体膜的蚀刻并不局限于湿式蚀刻,而可以是干式蚀刻。

[0375] 蚀刻条件(例如蚀刻剂、蚀刻时间和温度)按照材料经过适当调整,使得氧化物半导体膜可蚀刻成具有预期形状。

[0376] 随后,将要作为源电极层和漏电极层(包括在与源电极层和漏电极层相同的层中形成的布线)的导电膜在栅绝缘层 307 和氧化物半导体层 331 之上形成。导电膜可通过溅射方法或真空蒸发方法来形成。作为将要成为源电极层和漏电极层(包括在与源电极层和漏电极层相同的层中形成的布线)的导电膜的材料,存在从 Al、Cr、Cu、Ta、Ti、Mo 和 W 中选取的元素、包含任何这些元素作为成分的合金、组合地包含任何这些元素的合金等等。备选的是,可采用一种结构,其中 Cr、Ta、Ti、Mo、W 等的高熔点金属层堆叠在 Al、Cu 等的金属层的一侧或两侧。还备选的是,当使用添加了例如 Si、Ti、Ta、W、Mo、Cr、Nd、Sc 或 Y 的防止 Al 膜中生成小丘和细丝的元素的材料时,耐热性可提高。

[0377] 导电膜可具有单层结构或者两层或更多层的叠层结构。例如,可给出包含硅的铝膜的单层结构、其中钛膜堆叠在铝膜之上的二层结构、其中 Ti 膜、铝膜和 Ti 膜按照这种顺序堆叠的三层结构等等。

[0378] 备选的是,将要作为源电极层和漏电极层(包括在与源电极层和漏电极层相同的层中形成的布线)的导电膜可使用导电金属氧化物来形成。作为导电金属氧化物,可使用氧化铟(In_2O_3)、氧化锡(SnO_2)、氧化锌(ZnO)、氧化铟和氧化锡的合金($\text{In}_2\text{O}_3\text{-SnO}_2$, 缩写成 ITO)、氧化铟和氧化锌的合金($\text{In}_2\text{O}_3\text{-ZnO}$) 或者包含硅或氧化硅的任何金属氧化物材料。

[0379] 如果热处理在形成导电膜之后执行,则优选的是,导电膜具有足够的耐热性以耐受热处理。

[0380] 执行第三光刻过程。抗蚀剂掩模在导电膜之上形成,并且执行选择性蚀刻,使得形成源电极层 315a 和漏电极层 315b。然后,去除抗蚀剂掩模(参见图 27C)。

[0381] 紫外线、KrF 激光束或者 ArF 激光束用于在第三光刻过程中用于形成抗蚀剂掩模的曝光。以后将要形成的晶体管的沟道长度 L 取决于在氧化物半导体层 331 之上彼此相邻的源电极层的底部与漏电极层的底部之间的间隔宽度。注意,当曝光在沟道长度 L 短于 25nm 的情况下执行时,具有数纳米至数十纳米的极短波长的极端紫外线用于在第三光刻过程中用于形成抗蚀剂掩模的曝光。采用极端紫外线的曝光产生高分辨率和大焦深。相应地,以后将要形成的晶体管的沟道长度 L 可设置成大于或等于 10nm 并且小于或等于 1000nm。因此,电路的操作速度可提高,并且截止状态电流也明显很小,使得可实现低功耗。

[0382] 注意,材料和蚀刻条件经过适当调整,使得氧化物半导体层 331 在蚀刻导电膜时没有被去除。

[0383] 在这个实施例中,由于 Ti 膜用作导电膜,并且 In-Ga-Zn-O 基氧化物半导体用于氧化物半导体层 331,所以磷酸、乙酰和硝酸的混合溶液用作导电膜的蚀刻剂。

[0384] 注意,在第三光刻过程中,仅蚀刻氧化物半导体层 331 的一部分,由此可形成具有凹槽(凹陷部分)的氧化物半导体层。用于形成源电极层 315a 和漏电极层 315b 的抗蚀剂掩模可通过喷墨方法来形成。当抗蚀剂掩模通过喷墨方法来形成时,不使用光掩模;因此,

制造成本可降低。

[0385] 此外,氧化物导电层可在氧化物半导体层与源和漏电极层之间形成。氧化物导电层和用于形成源电极层和漏电极层的金属层可相继形成。氧化物导电层可用作源区和漏区。

[0386] 当氧化物导电层作为源区和漏区而在氧化物半导体层与源和漏电极层之间提供时,源区和漏区可具有较低电阻,并且晶体管可高速工作。

[0387] 为了减少光刻过程中的光掩模和步骤的数量,可通过使用采用多色调掩模所形成的抗蚀剂掩模来执行蚀刻步骤,多色调掩模是光透射过其中以便具有多种强度的曝光掩模。由于使用多色调掩模所形成的抗蚀剂掩模具有多个厚度并且可通过蚀刻进一步改变形状,所以该抗蚀剂掩模可在多个蚀刻步骤中用于提供不同的图案。因此,用于形成至少两种不同图案的抗蚀剂掩模可使用一个多色调掩模来形成。相应地,曝光掩模的数量可减少,并且对应光刻过程的数量也可减少,由此可实现过程的简化。

[0388] 随后,通过使用例如 N_2O 、 N_2 或 Ar 的气体的等离子体处理,可去除吸收到氧化物半导体层的外露部分的表面的水等。

[0389] 在执行等离子体处理之后,形成用作保护绝缘膜并且与氧化物半导体层的一部分接触的氧化物绝缘层 316,而没有暴露于空气。

[0390] 氧化物绝缘层 316 可通过溅射方法等适当地形成到大于或等于 1nm 的厚度,溅射方法是用以使例如水或氢的杂质不会进入氧化物绝缘层 316 的方法。当氢包含在氧化物绝缘层 316 中时,发生氢进入氧化物半导体层或者通过氢抽取氧化物半导体层中的氧,由此使氧化物半导体层的背沟道 (back channel) 具有较低电阻 (n 型导电),使得可能形成寄生沟道。因此,重要的是,采用不使用氢的形成方法,使得形成包含尽可能少的氢的氧化物绝缘层 316。

[0391] 在这个实施例中,氧化硅膜通过溅射方法作为氧化物绝缘层 316 形成到 200nm 的厚度。膜形成中的衬底温度可高于或等于室温并且低于或等于 300℃,并且在这个实施例中为 100℃。氧化硅膜可通过溅射方法在稀有气体 (通常为氩) 气氛、氧气气氛或者稀有气体 (通常为氩) 和氧的气氛中形成。此外,氧化硅靶或硅靶可用作靶。例如,氧化硅膜可通过溅射方法、在包含氧和氮的气氛中使用硅靶来形成。形成为接触其电阻减小的氧化物半导体层的氧化物绝缘层 316 使用不包含例如水分、氢离子和 OH 的杂质并且阻挡这些杂质从外部进入的无机绝缘膜 (通常为氧化硅膜、氮氧化硅膜、氮化铝膜或氮氧化铝膜) 来形成。

[0392] 在那种情况下,氧化物绝缘层 316 优选地在去除处理室中剩余的水分的同时执行。这用于防止氢、羟基和水分包含在氧化物半导体层 331 和氧化物绝缘层 316 中。

[0393] 为了去除处理室中剩余的水分,优选地使用捕集真空泵。例如,优选地使用低温泵、离子泵或钛升华泵。此外,抽气单元可以是提供有冷阱的涡轮泵。在采用低温泵来抽气的沉积室中,去除氢原子、包含氢原子的化合物、如水 (H_2O) 等等,由此可降低沉积室中形成的氧化物绝缘层 316 的杂质浓度。

[0394] 优选的是使用将例如氢、水、羟基或氢化物的杂质从其去除到通过 ppm 或 ppb 的级别所表示的浓度的高纯度气体,作为形成氧化物绝缘层 316 时的溅射气体。

[0395] 随后,第二热处理 (优选地在高于或等于 200℃ 并且低于或等于 400℃,例如高于或等于 250℃ 并且低于或等于 350℃) 在惰性气体气氛或者氧气气氛中执行。例如,第二热

处理在 250℃ 在氮气气氛中执行 1 小时。在第二热处理中,加热在氧化物半导体层的部分(沟道形成区)与氧化物绝缘层 316 接触的同时执行。

[0396] 通过上述过程,用于脱水或脱氢的热处理在沉积之后对氧化物半导体膜执行,使得特意从氧化物半导体层中去除例如氢、水分、羟基或氢化物(也称作氢化合物)的杂质。另外,通过提供作为氧化物半导体的主要成分并且在去除杂质的步骤中同时还原的氧,使氧化物半导体层净化成为电气 i 型(本征)。

[0397] 具体来说,当用于脱水或脱氢的热处理在例如氮的惰性气体或者稀有气体的气氛中执行时,热处理之后的氧化物半导体层的电阻减小。因此,当氧化物绝缘层 316 与氧化物半导体层接触地来提供以便如同这个实施例中那样对其提供氧时,可选择性地使与氧化物绝缘层 316 接触的氧化物半导体层的部分进入氧过量状态,并且用作 i 型沟道形成区。在这种情况下,不与氧化物绝缘层 316 直接接触并且与源电极层 315a 或漏电极层 315b 重叠的氧化物半导体层 312 的区域可按照自配向(self-aligned)方式用作高电阻源区或高电阻漏区。通过这种结构,高电阻漏区用作缓冲区,并且即使高电场施加在栅电极层 311 与漏电极层 315b 之间也没有局部施加高电场,使得晶体管的耐受电压可得到改进。

[0398] 通过上述步骤,形成晶体管 310(参见图 27D)。

[0399] 当具有多个缺陷的氧化硅层用作氧化物绝缘层时,通过形成氧化硅层之后的热处理,氧化物半导体层中包含的例如氢、水分、羟基或氢化物的杂质扩散到氧化物绝缘层,使得氧化物半导体层中的杂质可进一步减少。

[0400] 保护绝缘层可在氧化物绝缘层 316 之上形成。例如,氮化硅膜通过 RF 溅射方法来形成。由于 RF 溅射方法具有高生产率,所以它优选地用作保护绝缘层的形成方法。作为保护绝缘层,使用不包含例如水分、氢离子和 OH 的杂质并且阻挡这些杂质从外部进入的无机绝缘膜;使用氮化硅膜、氮化铝膜、硅的氮化物氧化物膜、铝的氮化物氧化物膜等等。在这个实施例中,保护绝缘层 306 使用氮化硅膜作为保护绝缘层来形成(参见图 27E)。

[0401] 在这个实施例中,其上形成直到氧化物绝缘层 316 的层的衬底 305 被加热到 100℃ 至 400℃ 的温度,从其去除了氢和水分并且包含高纯度氮的溅射气体被引入,并且使用硅半导体靶,由此形成作为保护绝缘层 306 的氮化硅膜。在这种情况下,保护绝缘层 306 优选地在去除处理室中剩余的水分的同时执行,与氧化物绝缘层 316 的情况相似。

[0402] 此外,在形成保护绝缘层之后,热处理可在空气中在高于或等于 100℃ 并且低于或等于 200℃ 执行多于或等于 1 小时并且小于或等于 30 小时。这种热处理可在固定的加热温度执行。备选的是,加热温度的下列变化可反复进行多次:加热温度从室温升高到高于或等于 100℃ 并且低于或等于 200℃ 的温度,并且然后降低到室温。此外,这种热处理可在形成氧化物绝缘层之前在降低的压力下执行。当热处理在降低的压力之下执行时,加热时间可缩短。

[0403] 用于平面化的平面化绝缘层可在保护绝缘层 306 之上提供。

[0404] 这个实施例可适当地与任何其它实施例进行组合。

[0405] (实施例 11)

[0406] 在这个实施例中,将参照图 25 来详细描述实施例 8 中所述的包括氧化物半导体层的晶体管的一个示例及其制造方法的一个示例。这个实施例中所述的晶体管 380 可用作晶体管 1420 和 1450,它们包含上述实施例中包括沟道形成区的氧化物半导体层。

[0407] 在这个实施例中,参照图 25 来描述在晶体管的制造过程中与实施例 10 部分不同的一个示例。由于图 25 中的晶体管的制造过程除了该过程的一部分之外均与图 27A 至图 27E 所述的制造过程相同,所以在一些情况下不重复相同部分的详细描述。

[0408] 根据实施例 10,栅电极层 381 在衬底 370 之上形成,并且第一栅绝缘层 372a 和第二栅绝缘层 372b 堆叠在其上。在这个实施例中,栅绝缘层具有二层结构,其中氮化物绝缘层和氧化物绝缘层分别用作第一栅绝缘层 372a 和第二栅绝缘层 372b。

[0409] 作为氧化物绝缘层,可使用氧化硅层、氮氧化硅层、氧化铝层、氮氧化铝层、氧化铅层等等。作为氮化物绝缘层,可使用氮化硅层、硅的氮化物氧化物层、氮化铝层、铝的氮化物氧化物层等等。

[0410] 在这个实施例中,栅绝缘层具有一种结构,其中氮化硅层和氧化硅层按照这种顺序堆叠在栅电极层 381 之上。厚度大于或等于 50nm 并且小于或等于 200nm(在这个实施例中为 50nm)的氮化硅层(SiN_y ($y > 0$))通过溅射方法作为第一栅绝缘层 372a 来形成,并且厚度大于或等于 5nm 并且小于或等于 300nm(在这个实施例中为 100nm)的氧化硅层(SiO_x ($x > 0$))作为第二栅绝缘层 372b 堆叠在第一栅绝缘层 372a 之上;因此,形成厚度为 150nm 的栅绝缘层。

[0411] 随后,在光刻过程中,氧化物半导体膜被形成,并且然后处理成岛状氧化物半导体层。在这个实施例中,氧化物半导体膜通过溅射方法、使用 In-Ga-Zn-O 基氧化物半导体靶来形成。

[0412] 在这种情况下,氧化物半导体膜优选地在去除处理室中剩余的水分的同时执行。这用于防止氢、羟基和水分包含在氧化物半导体膜中。

[0413] 为了去除处理室中剩余的水分,优选地使用捕集真空泵。例如,优选地使用低温泵、离子泵或钛升华泵。此外,抽气单元可以是提供有冷阱的涡轮泵。在采用低温泵来抽气的沉积室中,去除氢原子、包含氢原子的化合物、如水(H_2O)等等,由此可降低沉积室中形成的氧化物半导体膜的杂质浓度。

[0414] 优选的是使用将例如氢、水、羟基或氢化物的杂质从其去除到通过 ppm 或 ppb 的级别所表示的浓度的高纯度气体,作为形成氧化物半导体膜时的溅射气体。

[0415] 随后,氧化物半导体层经过脱水或脱氢。脱水或脱氢的第一热处理的温度高于或等于 400°C 并且低于或等于 750°C,优选地为高于或等于 425°C。注意,在温度为 425°C 或更高的情况下,热处理时间可以为 1 小时或更短;在温度低于 425°C 的情况下,热处理时间要超过 1 小时。在这里,将衬底引入作为热处理设备之一的电炉中,在氮气氛中对氧化物半导体层执行热处理,并且因而氧化物半导体层没有暴露于空气,使得防止水和氢进入氧化物半导体层。这样,获得氧化物半导体层。此后,将高纯度氧气、高纯度 N_2O 气体或者超干空气(露点为 -40°C 或更低,优选地为 -60°C 或更低)引入相同的炉中,并且执行冷却。优选的是,水、氢等没有包含在氧气或 N_2O 气体中。备选的是,引入热处理设备中的氧气或 N_2O 气体的纯度优选地为 6N(99.9999%)或更高,更优选地为 7N(99.99999%)或更高(也就是说,氧气或 N_2O 气体的杂质浓度是 1ppm 或更低,优选地为 0.1ppm 或更低)。

[0416] 执行脱水或脱氢处理,使得特意从氧化物半导体层中去除例如氢、水分、羟基或氢化物(也称作氢化合物)的杂质。另外,通过提供作为氧化物半导体的主要成分并且在去除杂质的步骤中同时还原的氧,使氧化物半导体层净化成为电气 i 型(本征)。

[0417] 注意,热处理设备并不局限于电炉,而例如可以是例如气体快速热退火 (GRTA) 设备或灯快速热退火 (LRTA) 设备的快速热退火 (RTA) 设备。LRTA 设备是用于通过从例如卤素灯、金属卤化物灯、氙弧灯、碳弧灯、高压钠灯或高压水银灯的灯所发出的光 (电磁波) 的辐射来加热待处理对象的设备。LRTA 设备可以不仅提供有灯,而且还提供有用于通过来自例如电阻加热器的加热器的热辐射或热传导来加热待处理对象的装置。GRTA 是一种用于使用高温气体来执行热处理的方法。作为气体,使用不会由于热处理而对待处理对象发生反应的惰性气体 (例如氮) 或者稀有气体 (例如氩)。热处理可通过 RTA 方法在 600℃ 至 750℃ 执行数分钟。

[0418] 此后,在用于脱水或脱氢的第一热处理之后,在氧气气氛或者 N_2O 气氛中以高于或等于 200℃ 并且低于或等于 400℃、优选地高于或等于 200℃ 并且低于或等于 300℃ 来执行热处理。

[0419] 氧化物半导体层的第一热处理可对尚未被处理成岛状氧化物半导体层的氧化物半导体膜来执行。在那种情况下,在第一热处理之后,从加热设备中取出衬底,并且执行光刻过程。

[0420] 通过上述过程,使氧化物半导体膜的整个区域进入氧过量状态;因此,氧化物半导体膜具有更高的电阻,即,氧化物半导体膜成为 i 型。相应地,形成经过净化并且为电气 i 型 (本征) 的氧化物半导体层 382。

[0421] 随后,导电膜在氧化物半导体层 382 之上形成,抗蚀剂掩模在光刻过程中形成,并且选择性蚀刻被执行,由此形成源电极层 385a 和漏电极层 385b。然后,氧化物绝缘层 386 通过溅射方法来形成。

[0422] 在这种情况下,氧化物绝缘层 386 优选地在去除处理室中剩余的水分的同时执行。这用于防止氢、羟基和水分包含在氧化物半导体层 382 和氧化物绝缘层 386 中。

[0423] 为了去除处理室中剩余的水分,优选地使用捕集真空泵。例如,优选地使用低温泵、离子泵或钛升华泵。此外,抽气单元可以是提供有冷阱的涡轮泵。在采用低温泵来抽气的沉积室中,去除氢原子、包含氢原子的化合物、如水 (H_2O) 等等,由此可降低沉积室中形成的氧化物绝缘层 386 的杂质浓度。

[0424] 优选的是使用将例如氢、水、羟基或氢化物的杂质去除到通过 ppm 或 ppb 的级别所表示的浓度的高纯度气体,作为形成氧化物绝缘层 386 时的溅射气体。

[0425] 通过上述过程,可形成晶体管 380。

[0426] 随后,为了减小晶体管的电特性的变化,热处理 (优选地在高于或等于 150℃ 并且低于 350℃) 可在惰性气体气氛中执行。例如,热处理以 250℃ 在氮气气氛中执行 1 小时。

[0427] 保护绝缘层 373 可在氧化物绝缘层 386 之上形成。在这个实施例中,保护绝缘层 373 使用氮化硅膜、通过溅射方法形成到 100nm 的厚度。

[0428] 各使用氮化物绝缘层所形成的保护绝缘层 373 和第一栅绝缘层 372a 不包含例如水分、氢、氢化物和氢氧化物的杂质,并且具有阻挡这些杂质从外部进入的效果。

[0429] 因此,在形成保护绝缘层 373 之后的制造过程中,可防止例如水分的杂质从外部进入。此外,甚至在作为包括显示面板的半导体装置 (例如液晶显示装置) 的装置完成之后,可长期防止例如水分的杂质从外部进入;因此,装置的长期可靠性可得到改进。

[0430] 此外,可去除各使用氮化物绝缘层所形成的保护绝缘层 373 与第一栅绝缘层 372a

之间的绝缘层,使得保护绝缘层 373 和第一栅绝缘层 372a 相互接触。

[0431] 相应地,尽可能减少氧化物半导体层中的例如水分、氢、氢化物和氢氧化物的杂质并且防止这类杂质进入,使得氧化物半导体层中的杂质的浓度可保持为低。

[0432] 注意,用于平面化的平面化绝缘层可在保护绝缘层 373 之上提供。

[0433] 这个实施例可适当地与任何其它实施例进行组合。

[0434] (实施例 12)

[0435] 将描述可用于实施例 2 至 11 中的晶体管的半导体层的另一种材料的一个示例。

[0436] 作为半导体元件中包含的半导体层的材料,有可能使用:非晶半导体(以下也称作 AS),它通过溅射方法或气相生长方法、使用以硅烷或锗烷为代表的半导体材料气体来形成;多晶半导体,它通过利用光能或热能使非晶半导体结晶来获得;微晶半导体(也称作半非晶或微晶体半导体,并且以下也称作 SAS)等等。半导体层可通过溅射方法、LPCVD 方法、等离子体 CVD 方法等来形成。

[0437] 考虑吉布斯自由能,微晶半导体膜处于亚稳状态中,它是非晶状态与单晶状态之间的中间状态。也就是说,微晶半导体膜处于第三状态中,它在自由能中是稳定的,并且具有短程有序和晶格畸变。柱状或针状晶体沿相对于衬底表面的法线方向生长。作为微晶半导体的典型示例的微晶硅的拉曼光谱位移到比表示单晶硅的 520cm^{-1} 更低的波数侧。换言之,微晶硅的拉曼光谱在表示非晶硅的 480cm^{-1} 与表示单晶硅的 520cm^{-1} 之间具有峰值。此外,微晶半导体膜包括至少 1 原子%的氢或卤素以终止(terminate)悬挂键。微晶半导体膜可包括例如氢、氘、氦或氖的稀有气体元素,以便进一步促进晶格畸变,由此可获得具有改进稳定性的有利微晶半导体膜。

[0438] 这种微晶半导体膜可使用高频等离子体 CVD 方法以数十兆赫兹至数百兆赫兹的频率、或者使用微波等离子体 CVD 设备以 1GHz 或更高的频率来形成。通常,微晶半导体膜可使用采用氢来稀释的例如 SiH_4 、 Si_2H_6 、 SiH_2Cl_2 、 SiHCl_3 、 SiCl_4 或 SiF_4 的硅氢化物(silicon hydride)来形成。备选的是,除了硅氢化物和氢之外,微晶半导体膜还可使用从用于稀释的氢、氘、氦和氖中所选的一种或多种稀有气体元素来形成。在这种情况下,氢的流率大于或等于 5 倍并且小于或等于 200 倍、优选地大于或等于 50 倍并且小于或等于 150 倍、更优选地为 100 倍地高于硅氢化物的流率。

[0439] 非晶半导体以氢化非晶硅为代表,而多晶半导体以多晶硅等为代表。多晶硅(多晶的硅)包括:所谓的高温多晶硅,它包含在 800°C 或更高的加工温度所形成的多晶硅作为主要成分;所谓的低温多晶硅,它包含在 600°C 或更低的加工温度所形成的多晶硅作为主要成分;通过使用例如促进晶化的元素使非晶硅结晶所形成的多晶硅;等等。不用说,半导体层中部分包含晶相的半导体或微晶半导体也可按照如上所述来使用。

[0440] 另外,作为用于半导体的材料,可使用例如 GaAs、InP、SiC、ZnSe、GaN 或 SiGe 的化合物半导体以及例如硅(Si)或锗(Ge)的元素。

[0441] 在将晶体半导体膜用于半导体层的情况下,晶体半导体膜可通过各种方法(例如激光晶化方法、热晶化方法或者使用促进晶化的元素、如镍的热晶化方法)来形成。备选的是,可通过激光照射使作为 SAS 的微晶半导体结晶,以便提高结晶度。在没有加入促进晶化的元素的情况下,在采用激光照射之前,非晶硅膜在氮气氛中以 500°C 加热 1 小时,由此将非晶半导体膜中包含的氢释放到 1×10^{20} 原子/ cm^3 或更低的浓度。这是因为,如果非晶硅

膜包含大量氢,则非晶硅膜被激光照射破坏。

[0442] 对于将金属元件加入非晶半导体层中的方法没有具体限制,只要金属元素可存在于非晶半导体膜的表面或内部。例如,可采用溅射方法、CVD 方法、等离子体处理方法(包括等离子体 CVD 方法)、吸收方法或者应用金属盐溶液的方法。其中,使用溶液的方法简单容易,并且在金属元素的简便浓度调整方面是有用的。这时,优选地通过氧气氛中的 UV 光照射、热氧化、采用臭氧水或者包含羟基的过氧化氢的处理等,来沉积氧化膜,以便改进非晶半导体膜表面的可湿性,并且在非晶半导体膜的整个表面涂敷水溶液。

[0443] 在使非晶半导体层结晶以形成晶体半导体膜的晶化步骤中,可将促进晶化的元素(也称作催化元素或金属元素)加入非晶半导体膜,并且可通过热处理(在 550℃至 750℃,对于 3 分钟至 24 小时)来执行晶化。作为促进(加速)晶化的元素,有可能使用从铁(Fe)、镍(Ni)、钴(Co)、钌(Ru)、铑(Rh)、钯(Pd)、锇(Os)、铱(Ir)、铂(Pt)、铜(Cu)和金(Au)中所选的一种或多种元素。

[0444] 为了从晶体半导体膜中去除或减少促进晶化的元素,包含杂质元素的半导体膜形成与晶体半导体膜接触,以便用作吸杂槽(gettering sink)。作为杂质元素,可使用赋予 n 型导电的杂质元素、赋予 p 型导电的杂质元素、稀有气体元素等等。例如,有可能使用从磷(P)、氮(N)、砷(As)、锑(Sb)、铋(Bi)、硼(B)、氦(He)、氖(Ne)、氩(Ar)、氪(Kr)和氙(Xe)中所选的一种或多种元素。包含稀有气体元素的半导体膜在包含促进晶化的元素的晶体半导体膜上形成,并且然后热处理被执行(在 550℃至 750℃,对于 3 分钟至 24 小时)。晶体半导体膜中包含的促进晶化的元素移入包含稀有气体元素的半导体膜中,并且因而去除或减少晶体半导体膜中促进晶化的元素。此后,去除用作吸杂槽的包含稀有气体元素的半导体膜。

[0445] 可通过热处理和激光照射的组合来使非晶半导体膜结晶。备选的是,热处理或激光照射可执行多次。

[0446] 晶体半导体膜还可通过等离子体方法在衬底之上直接形成。备选的是,晶体半导体膜可通过等离子体方法在衬底之上选择性地形成。

[0447] 这个实施例可适当地与其它实施例中所述的任何结构进行组合。

[0448] (实施例 13)

[0449] 本说明书中公开的本发明可适用于无源矩阵液晶显示装置和有源矩阵液晶显示装置。将参照图 3A 和图 3B 来描述无源矩阵液晶显示装置的一个示例。图 3A 是液晶显示装置的顶视图,以及图 3B 是沿图 3A 的线 G-H 截取的截面图。另外,图 3A 中,液晶层 1703、作为对衬底的衬底 1710、起偏振片 1714a 和 1714b 等被省略而未示出;但是,它们如图 3B 所示来提供。

[0450] 图 3A 和图 3B 示出液晶显示装置,其中提供有起偏振片 1714a 的衬底 1700 和提供有起偏振片 1714b 的衬底 1710 定位成隔着包含呈现蓝相的液晶材料的液晶层 1703 彼此相向。结构主体 1707a、1707b 和 1707c、像素电极层 1701a、1701b 和 1701c 以及第二公共电极层 1706a、1706b 和 1706c 提供在衬底 1700 与液晶层 1703 之间。第一公共电极层 1705a、1705b 和 1705c 在衬底 1710 与液晶层 1703 之间形成。结构主体 1707a、1707b 和 1707c 提供成从液晶层 1703 侧的衬底 1700 的表面伸出到液晶层 1703 中。

[0451] 在液晶显示装置中,作为液晶层的厚度的单元间隙(Dcg)小于 5 μm(优选地为

1 μm 或更大)。在本说明书中,单元间隙的厚度指的是液晶层的最厚部分的长度(膜厚度)。因此,图 3B 中的单元间隙(Dcg)是衬底 1700 与衬底 1710 之间的距离,如箭头所示。

[0452] 单元间隙的厚度(液晶层的厚度)可由保持衬底 1700 与衬底 1710 之间间隔的隔离片或密封剂来控制。为了将单元间隙的厚度(液晶层的厚度)设置成小于 5 μm ,在液晶层中提供的像素电极层、第一公共电极层、第二公共电极层和结构主体的厚度各设置成小于 5 μm 。

[0453] 像素电极层 1701a、1701b 和 1701c、第一公共电极层 1705a、1705b 和 1705c 以及第二公共电极层 1706a、1706b 和 1706c 各具有带开口图案的形状,开口图案包括液晶元件 1713 的像素区域中的矩形开口(切口)。

[0454] 第二公共电极层 1706a、1706b 和 1706c 在衬底 1700 之上形成,并且第一公共电极层 1705a、1705b 和 1705c 在衬底 1710 上形成。第二公共电极层 1706a、1706b 和 1706c 以及第一公共电极层 1705a、1705b 和 1705c 定位成隔着液晶层 1703 彼此相向。优选的是,第一公共电极层 1705a、1705b 和 1705c 以及第二公共电极层 1706a、1706b 和 1706c 至少在像素区域中具有相同形状,并且定位成使得隔着液晶层 1703 相互重叠,因为不减小像素的开口率。

[0455] 像素电极层 1701a、1701b 和 1701c 在结构主体 1707a、1707b 和 1707c 之上形成,结构主体 1707a、1707b 和 1707c 提供成从液晶层 1703 侧的衬底 1700 的表面伸出到液晶层 1703 中。在液晶层 1703 的厚度方向,像素电极层 1701a、1701b 和 1701c 定位在第一公共电极层 1705a、1705b 和 1705c 与第二公共电极层 1706a、1706b 和 1706c 之间。

[0456] 只要像素电极层定位在第一公共电极层与第二公共电极层之间,则第一公共电极层和第二公共电极层也可在结构主体上形成,结构主体提供成伸出到液晶层中,如同实施例 1 中那样。

[0457] 像素电极层 1701a、1701b 和 1701c 提供在形成为伸出到液晶层 1703 中的结构主体 1707a、1707b 和 1707c 之上,并且在液晶层 1703 中定位在第一公共电极层 1705a、1705b 和 1705c 与第二公共电极层 1706a、1706b 和 1706c 之间。倾斜电场在像素电极层 1701a、1701b 和 1701c 与提供在衬底 1710 上的第一公共电极层 1705a、1705b 和 1705c 之间以及在像素电极层 1701a、1701b 和 1701c 与提供在衬底 1700 之上的第二公共电极层 1706a、1706b 和 1706c 之间形成,使得倾斜电场可在整个液晶层 1703 中形成。

[0458] 因此,可使整个液晶层中的液晶分子、包括沿厚度方向的液晶分子进行响应,并且可改进白光透射率。相应地,作为白光透射率与黑光透射率之比的对比率也可提高。

[0459] 另外,可提供用作滤色器的着色层。滤色器可在衬底 1700 或衬底 1710 的液晶层 1703 侧上提供于衬底 1710 与起偏振片 1714b 或者衬底 1700 与起偏振片 1714a 之间。

[0460] 在液晶显示装置执行全色显示的情况下,滤色器可使用呈现红(R)、绿(G)和蓝(B)的材料来形成;而在液晶显示装置执行单色显示的情况下,着色层可被省略,或者可使用呈现至少一种颜色的材料来形成。注意,在 RGB 等的发光二极管(LED)布置在背光单元中并且使用通过时分来执行彩色显示的连续加性颜色混合方法(场序法)的情况下,不一定提供滤色器。

[0461] 像素电极层 1701a、1701b 和 1701c、第一公共电极层 1705a、1705b 和 1705c 以及第二公共电极层 1706a、1706b 和 1706c 可使用下列任何一个或多个来形成:氧化铟锡(ITO)、

将氧化锌 (ZnO) 混合到氧化铟中的氧化铟锌 (IZO)、将氧化硅 (SiO_2) 混合到氧化铟中的导电材料、有机铟、有机锡、包含氧化钨的氧化铟、包含氧化钨的氧化铟锌、包含氧化钛的氧化铟以及包含氧化钛的氧化铟锡;金属,例如钨 (W)、钼 (Mo)、锆 (Zr)、铪 (Hf)、钒 (V)、铌 (Nb)、钽 (Ta)、铬 (Cr)、钴 (Co)、镍 (Ni)、钛 (Ti)、铂 (Pt)、铝 (Al)、铜 (Cu) 和银 (Ag);它们的合金;以及它们的氮化物

[0462] 通过上述方式,在包含呈现蓝相的液晶层的液晶显示装置中,对比率可增加。

[0463] 另外,由于高白光透射率可采用较低电压来获得,所以还可实现液晶显示装置的功耗的降低。

[0464] 这个实施例可适当地与其它实施例中所述的任何结构进行组合。

[0465] (实施例 14)

[0466] 在这个实施例中,参照图 23A、图 23B 以及图 24 的时序图来描述液晶显示装置的一个实施例。

[0467] 图 23A 和图 23B 是示出液晶显示装置的结构框图。图 23A 示出显示部分 1301 和驱动部分 1302 的结构。驱动部分 1302 包括信号线驱动器电路 1303、扫描线驱动器电路 1304 等等。在显示部分 1301 中,多个像素 1305 以矩阵来提供。

[0468] 图 23A 中,扫描信号从扫描线驱动器电路 1304 提供给扫描线 1306。另外,数据从信号线驱动器电路 1303 提供给扫描线 1308。提供来自扫描线 1306 的扫描信号,使得从第一行扫描线 1306 依次选择像素 1305。

[0469] 注意,图 23A 中, n 个 (从 G_1 至 G_n) 扫描线 1306 连接到扫描线驱动器电路 1304。考虑如下情况:图像的最小单元采用三个像素 R、G 和 B (R:红色, G:绿色, 以及 B:蓝色) 来形成,信号线驱动器电路 1303 连接到总共 $3m$ 个信号线:与 R 对应的 m 个 (从 S_{R1} 至 S_{Rm}) 信号线,与 G 对应的 m 个 (从 S_{G1} 至 S_{Gm}) 信号线,以及与 B 对应的 m 个 (从 S_{B1} 至 S_{Bm}) 信号线。也就是说,如图 23B 所示,为每个彩色元件提供信号线,并且数据从信号线提供给对应于彩色元件的像素,使得像素 1305 可表达预期颜色。

[0470] 图 24 的时序图示出用于在一个帧周期中在相应行选择周期 (液晶显示装置的一行像素的扫描周期) 中选择扫描线 1306 (通常为 G_1 和 G_n) 的扫描信号,并且示出信号线 1308 的数据信号 (通常为 S_{R1})

[0471] 注意,图 23A 和图 23B 中的电路图示出其中 n 沟道晶体管用作各像素所提供的晶体管的情况。图 24 示出在控制 n 沟道晶体管导通和截止的情况下的像素的驱动。注意,当 p 沟道晶体管用于图 23A 和图 23B 的电路图时,扫描信号的电位可适当改变,使得晶体管可按照相同方式导通或截止。

[0472] 在图 24 的时序图中,与显示一屏图像的周期对应的一帧周期设置成至少 $1/120$ 秒 ($\approx 8.3\text{ms}$) (优选地为 $1/240$ 秒),使得当显示运动图像时,观众没有察觉余像。当扫描线的数量为 n 时,行选择周期对应于 $1/(120 \times n)$ 秒。例如,在液晶显示装置包括 2000 个扫描线 (假定例如 4096×2160 个像素或 3840×2160 个像素的所谓 4k2k 图像) 并且不考虑因布线等引起的信号延迟的情况下,行选择周期对应于 $1/240000$ 秒 ($\approx 4.2 \mu\text{s}$)。

[0473] 当施加电压时,蓝相液晶元件具有 1msec 或以下的响应时间 (改变液晶分子的配向的时间)。另一方面,当施加电压时,VA 模式液晶元件具有大约数毫秒的响应时间 (即使采用过驱动 (overdrive) 方法)。因此,在 VA 模式液晶元件的操作中,使一帧周期的长度不

短于响应时间,以为保持有利的显示。另一方面,在这个实施例的液晶显示装置中,使用蓝相液晶元件,并且布线使用低电阻材料来形成(如Cu布线),使得因布线等引起的信号延迟可减小;因此,可得到液晶元件的响应时间的充分余量,并且可有效地获得基于行选择周期中施加到液晶元件的电压的液晶元件的预期配向。

[0474] 类似地,在参照图 23A、图 23B 和图 24 所述的液晶显示装置中,像素电极层提供在形成为伸出到液晶层中的结构主体之上,并且在液晶层中定位在第一公共电极层与第二公共电极层之间,并且倾斜电场在像素电极层与提供于第二衬底上的第一公共电极层之间以及在像素电极层与提供于第一衬底之上的第二公共电极层之间形成,使得倾斜电场可在整个液晶层中形成。

[0475] 因此,可使整个液晶层中的液晶分子、包括沿厚度方向的液晶分子进行响应,并且可改进白光透射率。相应地,作为白光透射率与黑光透射率之比的对比率也可提高。

[0476] 通过上述方式,包括呈现蓝相的液晶层的液晶显示装置的对比率可增加。

[0477] 另外,由于高白光透射率可采用较低电压来获得,所以还可实现液晶显示装置的功耗的降低。

[0478] 这个实施例可适当地与其它实施例中所述的任何结构进行组合。

[0479] (实施例 15)

[0480] 制造晶体管,并且具有显示功能的液晶显示装置可使用像素部分中以及还在驱动器电路中的晶体管来制造。此外,驱动器电路的部分或全部通过使用晶体管在与像素部分相同的衬底之上形成,由此可获得面板上系统(system-on-panel)。

[0481] 液晶显示装置包括作为显示元件的液晶元件(也称作液晶显示元件)。

[0482] 此外,液晶显示装置包括其中密封显示元件的面板以及其中包括控制器的 IC 等安装到面板上的模块。本发明的一个实施例涉及在用于制造显示装置的过程中完成显示元件之前的一种模式的元件衬底,并且该元件衬底提供有将电流提供给多个像素的每个中的显示元件的部件。具体来说,元件衬底可处于形成显示元件的像素电极之后的一种状态、形成将要作为像素电极的导电膜之后但在蚀刻导电膜以形成像素电极之前的一种状态或者任何其它状态。

[0483] 注意,本说明书中的液晶显示装置表示图像显示装置、显示装置或者光源(包括照明装置)。此外,液晶显示装置在其类别中包括任何下列模块:例如柔性印刷电路(FPC)、带式自动接合(TAB)带或者带载封装(TCP)的连接器与其附连的模块;具有 TAB 带或 TCP 的模块,在其尖端提供了印刷布线板;以及其中集成电路(IC)通过玻璃上芯片(COG)方法直接安装到显示元件上的模块。

[0484] 参照图 12A1、图 12A2 和图 12B 来描述作为液晶显示装置的一个实施例的液晶显示面板的外观和截面。图 12A1 和图 12A2 是面板的顶视图,其中,在第一衬底 4001 之上形成的晶体管 4010 和 4011 以及液晶元件 4013 在第一衬底 4001 与第二衬底 4006 之间采用密封剂 4005 密封。图 12B 是沿图 12A1 和图 12A2 中的线 M-N 截取的截面图。

[0485] 密封剂 4005 提供成使得围绕第一衬底 4001 之上提供的像素部分 4002 和扫描线驱动器电路 4004。第二衬底 4006 在像素部分 4002 和扫描线驱动器电路 4004 之上提供。因此,像素部分 4002 和扫描线驱动器电路 4004 连同液晶层 4008 一起由第一衬底 4001、密封剂 4005 和第二衬底 4006 进行密封。

[0486] 图 12A1 中,使用单独制备的衬底之上的单晶半导体膜或多晶半导体膜所形成的信号线驱动器电路 4003 安装在与第一衬底 4001 之上的密封剂 4005 所包围的区域不同的区域中。图 12A2 示出其中信号线驱动器电路的一部分通过使用第一衬底 4001 之上提供的晶体管来形成的一个示例。信号线驱动器电路 4003b 在第一衬底 4001 之上形成,并且使用单晶半导体膜或多晶半导体膜所形成的信号线驱动器电路 4003a 安装在单独制备的衬底上。

[0487] 注意,对于单独形成的驱动器电路的连接方法没有具体限制,并且可使用 COG 方法、线接合方法、TAB 方法等等。图 12A1 示出通过 COG 方法来安装信号线驱动器电路 4003 的一个示例,以及图 12A2 示出通过 TAB 方法来安装信号线驱动器电路 4003a 的一个示例。

[0488] 提供在第一衬底 4001 之上的像素部分 4002 和扫描线驱动器电路 4004 包括多个晶体管。图 12B 作为示例示出像素部分 4002 中包含的晶体管 4010 和扫描线驱动器电路 4004 中包含的晶体管 4011。绝缘层 4020 和层间膜 4021 提供在晶体管 4010 和 4011 之上。

[0489] 实施例 2 至 12 中所述的任何晶体管可用作晶体管 4010 和 4011。晶体管 4010 和 4011 是 n 沟道薄膜晶体管。

[0490] 此外,导电层可在层间膜 4021 或者绝缘层 4020 之上提供,使得与用于驱动器电路的晶体管 4011 的半导体层的沟道形成区域重叠。导电层可具有与晶体管 4011 的栅电极层相同的电位或者不同的电位,并且可用作第二栅电极层。此外,导电层的电位可以是 GND 或 0V,或者导电层可处于浮动状态中。

[0491] 另外,在第一衬底 4001 之上,像素电极层 4030 在提供于层间膜 4021 之上以便伸出到液晶层 4008 中的第一结构主体 4037 之上形成,并且像素电极层 4030 电连接到晶体管 4010。第二公共电极层 4036 也在层间膜 4021 上形成。液晶元件 4013 包括像素电极层 4030、第一公共电极层 4031、第二公共电极层 4036 和液晶层 4008。注意,起偏振片 4032 和起偏振片 4033 分别提供在第一衬底 4001 和第二衬底 4006 的外侧。第一公共电极层 4031 提供在第二衬底 4006 侧上和提供成伸出到液晶层 4008 中的第二结构主体 4038 上,并且第一公共电极层 4031 隔着液晶层 4008 堆叠在像素电极层 4030 和第二公共电极层 4036 之上。

[0492] 作为第一衬底 4001 和第二衬底 4006,可使用具有透光性质的玻璃衬底、塑料衬底等等。作为塑料衬底,可使用玻璃纤维增强塑料 (FRP) 板、聚氟乙烯 (PVF) 膜、聚酯膜或丙烯酸树脂膜。此外,还可使用其中铝箔夹在 PVF 膜或聚酯膜之间的片。

[0493] 参考标号 4035 所表示的柱状隔离片通过选择性地蚀刻绝缘膜来获得,并且提供成以便控制液晶层 4008 的厚度(单元间隙)。注意,可使用球形隔离片。在包括液晶层 4008 的液晶显示装置中,液晶层 4008 的厚度(单元间隙)小于 $5\mu\text{m}$ (优选地为 $1\mu\text{m}$ 或更大)。

[0494] 虽然图 12A1、图 12A2 和图 12B 示出透射液晶显示装置的一个示例,但是本发明的一个实施例也可适用于半透射液晶显示装置。

[0495] 此外,图 12A1、图 12A2 和图 12B 示出液晶显示装置的示例,其中起偏振片提供在衬底的外侧(观看侧)上;但是,起偏振片可在衬底的内侧上提供。可根据起偏振片的材料和制造过程的条件适当地确定起偏振片是提供在内侧还是外侧上。此外,可提供用作黑矩阵的挡光层。

[0496] 层间膜 4021 是彩色透光树脂层,并且用作滤色器层。此外,层间膜 4021 的一部分

可用作挡光层。在图 12A1、图 12A2 和图 12B 中,挡光层 4034 在第二衬底 4006 侧上提供,使得覆盖晶体管 4010 和 4011。通过提供挡光层 4034,对比度可提高,并且可使晶体管更稳定。

[0497] 晶体管可覆盖有用作晶体管的保护膜的保护膜 4020 ;但是没有具体限制。

[0498] 注意,提供保护膜以防止空气中漂浮的例如有机物质、金属物质或水分的污染杂质进入,并且优选地是密集膜。保护膜可通过溅射方法形成为具有包括氧化硅膜、氮化硅膜、氮氧化硅膜、硅的氮化物氧化物膜、氧化铝膜、氮化铝膜、氮氧化铝膜和铝的氮化物氧化物膜中的任一个叠层结构或单层结构。

[0499] 在形成保护膜之后,半导体层可经过退火(在 300℃至 400℃)。

[0500] 此外,在进一步形成作为平面化绝缘膜的透光绝缘层的情况下,透光绝缘层可使用例如聚酰亚胺、丙烯酸、苯并环丁烯、聚酰胺或环氧树脂的具有耐热性的有机材料来形成。除了这类有机材料,还有可能使用低介电常数材料(低 k 材料)、硅氧烷基树脂、磷硅酸玻璃(PSG)、硼磷硅玻璃(BPSG)等。绝缘层可通过堆叠使用任何这些材料所形成的多个绝缘膜来形成。

[0501] 对用于形成待堆叠的绝缘层的方法没有具体限制,而是可按照材料采用任何下列方法或工具:例如溅射方法、SOG 方法、旋涂、浸涂、喷涂和液滴喷出方法(例如喷墨方法、丝网印刷或胶印)的方法;例如刮刀、辊涂机、幕涂机和刮涂机的工具(设备)等等。在绝缘层使用材料溶液来形成的情况下,半导体层可在与烘焙步骤相同的时间退火(在 200℃至 400℃)。绝缘层的烘焙步骤还用作半导体层的退火步骤,由此可高效地制造液晶显示装置。

[0502] 像素电极层 4030、第一公共电极层 4031 和第二公共电极层 4036 可使用例如包含氧化钨的氧化铟、包含氧化钨的氧化铟锌、包含氧化钛的氧化铟、包含氧化钛的氧化铟锡、氧化铟锡(ITO)、氧化铟锌或添加了氧化硅的氧化铟锡的透光导电材料来形成。

[0503] 备选的是,像素电极层 4030、第一公共电极层 4031 和第二公共电极层 4036 可使用下列任何一个或多个来形成:例如钨(W)、钼(Mo)、锆(Zr)、铪(Hf)、钒(V)、铌(Nb)、钽(Ta)、铬(Cr)、钴(Co)、镍(Ni)、钛(Ti)、铂(Pt)、铝(Al)、铜(Cu)和银(Ag)的金属;它们的合金;以及它们的氮化物。

[0504] 包含导电高分子的导电合成物(也称作导电聚合物)可用于像素电极层 4030、第一公共电极层 4031 和第二公共电极层 4036。

[0505] 另外,各种信号和电位从 FPC 4018 提供到单独形成的信号线驱动器电路 4003 以及扫描线驱动器电路 4004 或像素部分 4002。

[0506] 此外,由于晶体管易于被静电等破坏,所以用于保护驱动器电路的保护电路优选地在用于栅极线或源极线的相同衬底之上提供。保护电路优选地使用非线性元件来形成。

[0507] 在图 12A1、图 12A2 和图 12B 中,连接端电极 4015 使用与像素电极层 4030 相同的导电膜来形成,并且端电极 4016 使用与晶体管 4010 和 4011 的源电极层和漏电极层相同的导电膜来形成。

[0508] 连接端电极 4015 通过各向异性导电膜 4019 电连接到包含在 FPC4018 中的端子。

[0509] 虽然图 12A1、图 12A2 和图 12B 示出其中信号线驱动器电路 4003 单独形成并且安装到第一衬底 4001 的示例,但是本发明的实施例并不局限于这种结构。扫描线驱动器电路可单独形成然后再安装,或者只有信号线驱动器电路的一部分或者扫描线驱动器电路的一

部分可单独形成然后再安装。

[0510] 图 16 示出作为本说明书中公开的液晶显示装置所形成的液晶显示模块的一个示例。

[0511] 图 16 示出液晶显示模块的一个示例,其中,元件衬底 2600 和对衬底 2601 采用密封剂 2602 稳固地相互附连,并且包括 TFT 等的元件层 2603、包括液晶层的显示元件 2604 和包括用作滤色器的彩色透光树脂层的层间膜 2605 提供在衬底之间,以便形成显示区域。包括彩色透光树脂层的层间膜 2605 是执行彩色显示所必需的。在 RGB 系统的情况下,为相应像素提供与红、绿和蓝的颜色对应的相应彩色透光树脂层。起偏振片 2606、起偏振片 2607 和扩散板 2613 提供在元件衬底 2600 和对衬底 2601 的外侧上。光源包括冷阴极管 2610 和反射板 2611。电路板 2612 通过柔性布线板 2609 连接到元件衬底 2600 的布线电路部分 2608,并且包括例如控制电路或电源电路的外部电路。作为光源,可使用白光二极管。可堆叠起偏振板和液晶层,在它们之间插入推迟板。

[0512] 通过上述过程,可制造作为液晶显示装置的高度可靠的液晶显示面板。

[0513] 这个实施例可适当地与其它实施例中所述的任何结构进行组合。

[0514] (实施例 16)

[0515] 本说明书中公开的液晶显示装置可适用于各种电子装置(包括游戏机)。电子装置的示例包括电视机(也称作电视或电视接收器)、计算机等的监视器、例如数字摄像机或数字摄影机的摄像机、数字相框、移动电话(也称作蜂窝电话或移动电话机)、便携式游戏控制台、便携式信息终端、音频再现装置、例如弹球盘机的大型游戏机等等。

[0516] 图 13A 示出电视机的一个示例。在电视机 9600 中,将显示部分 9603 结合在外壳 9601 中。图像可在显示部分 9603 上显示。在这里,外壳 9601 由架子 9605 支承。

[0517] 电视机 9600 可通过单独的遥控器 9610 和外壳 9601 的操作开关来操作。频道和音量可采用遥控器 9610 的操作按键 9609 来控制,使得可控制显示部分 9603 上显示的图像。此外,遥控器 9610 可提供有显示部分 9607,用于显示从遥控器 9610 输出的数据。

[0518] 注意,电视机 9600 提供有接收器、调制解调器等等。通过接收器,可接收一般电视广播。此外,当电视机 9600 通过有线或无线连接经由调制解调器连接到通信网络时,可执行单向(从传送器到接收器)或双向(在传送器与接收器之间、接收器之间等等)信息通信。

[0519] 图 13B 示出数字相框的一个示例。例如,在数字相框 9700 中,将显示部分 9703 结合到外壳 9701 中。各种图像可在显示部分 9703 上显示。例如,显示部分 9703 可显示通过数字摄像机等拍摄的图像的数据,以使用作普通相框。

[0520] 注意,数字相框 9700 提供有操作部分、外部连接端子(例如 USB 端子或者可连接到例如 USB 缆线的各种缆线的端子等等)、记录媒体插入部分等等。虽然它们可在与显示部分相同的表面上提供,但对于数字相框 9700 的设计,优选的是将它们提供在侧面或背面上。例如,将存储由数字摄像机所拍摄的图像的数据的存储器插入数字相框的记录媒体插入部分,由此图像数据可被下载并且在显示部分 9703 上显示。

[0521] 数字相框 9700 可具有能够无线传送和接收数据的配置。通过无线通信,可下载预期图像数据以便显示。

[0522] 图 14A 示出包括外壳 9881 和外壳 9891 的便携式游戏机,其中外壳 9881 和外壳

9891 采用连接器 9893 联接以便开启和闭合。显示部分 9882 和显示部分 9883 分别结合在外壳 9881 和外壳 9891 中。图 14A 所示的便携式游戏机还包括扬声器部分 9884、记录媒体插入部分 9886、LED 灯 9890、输入部件（操作按键 9885、连接端子 9887、传感器 9888（具有测量力、位移、位置、速度、加速度、角速度、旋转次数、距离、光、液体、磁、温度、化学物质、声音、时间、硬度、电场、电流、电压、电力、辐射、流率、湿度、倾角、振动、气味或红外线的功能的传感器）和麦克风 9889）等等。不用说，便携式游戏机的结构并不局限于以上所述，而是可以采用提供有本说明书中公开的至少一个液晶显示装置的其它结构。便携式游戏机可适当地包括其它辅助设备。图 14A 所示的便携式游戏机具有读出记录媒体中存储的程序或数据以将它在显示部分显示的功能，以及通过无线通信与另一个便携式游戏机共享信息的功能。图 14A 中的便携式游戏机可具有各种功能，而并没有局限于以上所述。

[0523] 图 14B 示出作为大型游戏机的老虎机的一个示例。在老虎机 9900 中，将显示部分 9903 结合在外壳 9901 中。另外，老虎机 9900 包括例如起动杆或停止开关、投币口、扬声器等操作部件。不用说，老虎机 9900 的结构并不局限于以上所述，而是可以采用提供有本说明书中公开的至少一个液晶显示装置的其它结构。老虎机可适当地包括其它辅助设备。

[0524] 图 15A 示出移动电话的一个示例。移动电话 1000 提供有结合在外壳 1001 中的显示部分 1002、操作按钮 1003a 和 1003b、外部连接端口 1004、扬声器 1005、麦克风 1006 等等。

[0525] 在用手指等来触摸图 15A 所示的移动电话 1000 的显示部分 1002 时，可将数据输入到移动电话 1000 中。此外，例如发出呼叫和写邮件的操作可通过用手指等触摸显示部分 1002 来执行。

[0526] 主要存在显示部分 1002 的三种屏幕模式。第一模式是主要用于显示图像的显示模式。第二模式是主要用于输入例如文本的信息的输入模式。第三模式是显示和输入模式，其中混合了显示模式和输入模式这两种模式。

[0527] 例如，在发出呼叫或者写邮件的情况下，对显示部分选择主要用于输入文本的文本输入模式，使得可输入在屏幕上显示的文本。在这种情况下，优选的是在显示部分 1002 的屏幕的几乎所有区域上显示键盘或数字按钮。

[0528] 当包括例如陀螺仪或加速传感器的用于检测倾斜的传感器的检测装置在移动电话 1000 内部提供时，显示部分 1002 的屏幕上的显示可通过确定移动电话 1000 的方向（移动电话 1000 对于风景模式或肖像模式是水平还是垂直放置）而自动切换。

[0529] 屏幕模式通过触摸显示部分 1002 或者操作外壳 1001 的操作按钮 1003a 和 1003b 来切换。此外，屏幕模式可根据显示部分 1002 上显示的图像的种类来切换。例如，当显示部分上显示的图像的信号是运动图像的数据的信号时，屏幕模式切换到显示模式。当信号是文本数据的信号时，屏幕模式切换到输入模式。

[0530] 此外，在输入模式中，当通过触摸显示部分 1002 的输入对于某个时间段没有执行而同时显示部分 1002 中的光学传感器检测到信号时，屏幕模式可控制成使得从输入模式切换到显示模式。

[0531] 显示部分 1002 还可用作图像传感器。例如，掌纹、指纹等的图像通过用手掌或手指触摸显示部分 1002 来取得，由此可执行个人认证。此外，通过为显示部分提供发出近红外光的感测光源或背光，还可取得指静脉、掌静脉等的图像。

[0532] 图 15B 示出移动电话的另一个示例。图 15B 所示的移动电话包括：显示装置 9410，

其在外壳 9411 中具有显示部分 9412 和操作按钮 9413 ;以及通信装置 9400,其在外壳 9401 中具有操作按钮 9402、外部输入终端 9403、麦克风 9404、扬声器 9405 和在接收到呼叫时发光的发光部分 9406。具有显示功能的显示装置 9410 可在箭头所示的两个方向与具有电话功能的通信装置 9400 分离或附连。相应地,显示装置 9410 和通信装置 9400 可沿其短边或长边彼此附连。另外,当仅需要显示功能时,显示装置 9410 可与通信装置 9400 分离并且单独使用。图像或输入信息可通过通信装置 9400 与显示装置 9410 之间的无线或有线通信来传送或接收,通信装置 9400 和显示装置 9410 各具有可再充电电池。

[0533] [示例 1]

[0534] 在这个示例中,制造具有本说明书中公开的图 21 所示结构的样本 1 至 3,并且示出评估所施加电压与透射光的强度之间关系的结果。

[0535] 图 21 是样本 1 至 3 的示意图。示出一种液晶显示装置,其中,第一衬底 10 和第二衬底 11 定位成使得隔着包括呈现蓝相的液晶材料的液晶层 24 彼此相向。结构主体 23、像素电极层 20 和第二公共电极层 22a、22b 提供在第一衬底 10 与液晶层 24 之间。第一公共电极层 21a 和 21b 在第二衬底 11 与液晶层 24 之间形成。结构主体 23 提供成从液晶层 24 侧的第一衬底 10 的表面伸出到液晶层 24 中。

[0536] 像素电极层 20、第一公共电极层 21a 和 21b 以及第二公共电极层 22a 和 22b 沿衬底表面方向的宽度 (WL) 各为 $2\mu\text{m}$ 。像素电极层 20 与第二公共电极层 22a 之间沿衬底表面方向的宽度 (W_s) 为 $2\mu\text{m}$ 。第一公共电极层 21a 与第一公共电极层 21b 之间沿衬底表面方向的宽度为 $6\mu\text{m}$ 。

[0537] 在样本 1 中,结构主体 23 的厚度 (T_r) 为 $1.0\mu\text{m}$,并且单元间隙 (D_{cg}) 为 $2.0\mu\text{m}$;在样本 2 中,结构主体 23 的厚度 (T_r) 为 $1.5\mu\text{m}$,并且单元间隙 (D_{cg}) 为 $3.0\mu\text{m}$;以及在样本 3 中,结构主体 23 的厚度 (T_r) 为 $2.0\mu\text{m}$,并且单元间隙 (D_{cg}) 为 $4.0\mu\text{m}$ 。

[0538] 为了比较,还制造一个比较的样本,其中未提供结构主体 23 以及第一公共电极层 21a 和 21b,但像素电极层 20 以及第二公共电极层 22a 和 22b 提供成与第一衬底 10 接触,并且单元间隙 (D_{cg}) 为 $4.0\mu\text{m}$,如图 22 所示。

[0539] 单元间隙 (D_{cg}) 是图 21 所示的液晶层 24 的最厚部分的长度 (膜厚度),并且是图 21 中的第一衬底 10 与第二衬底 11 之间的距离。单元间隙的这种间隔可由隔离片或密封剂来控制。在这个示例中,单元间隙由密封剂来控制。

[0540] 玻璃衬底用作第一衬底 10 和第二衬底 11,并且光刻过程中通过处理光敏丙烯酸树脂所得到的树脂层用作结构主体 23。作为像素电极层 20、第一公共电极层 21a 和 21b 以及第二公共电极层 22a 和 22b,使用以使得包含氧化硅的氧化铟锡 (ITO) 的膜通过溅射方法来形成并且然后在光刻过程中被处理的方式所得到的 110nm 厚的导电层。

[0541] 图 20 示出样本 1 至 3 和比较的样本中的所施加电压 (V) 与透射光的强度之间的关系。注意,所施加电压指的是像素电极层 20 与第一公共电极层 21a 和 21b 之间以及像素电极层 20 与第二公共电极层 22a 和 22b 之间的电位差。在这个示例中,第一公共电极层 21a 和 21b 以及第二公共电极层 22a 和 22b 连接到 GND 线 (地线),并且电压施加到像素电极层 20。另外,透射光的强度指的是从光源透射过各样本并且被测量的光的强度。图 20 中,各样本的结果如下所示:黑圆圈表示比较的样本;白正方形表示样本 1 (单元间隙: $2\mu\text{m}$);白菱形表示样本 2 (单元间隙: $3\mu\text{m}$);以及白圆圈表示样本 3 (单元间隙: $4\mu\text{m}$)。

[0542] 如图 20 所示,已经证实,与比较的样本相比,其中像素电极层 20 提供在结构主体 23 之上的样本 1 至 3 甚至在低电压的情况下也具有更高的透射光强度以及具有更高的白光透射率。

[0543] 作为比较的样本的在 20V 电压的透射光的强度与在 0V 电压的透射光强度之比的对比度为 37.8,而样本 1、样本 2 和样本 3 的对比度分别高达 60.6、76.2 和 98.9。

[0544] 因此,通过沿液晶层 24 的厚度方向将像素电极层 20 提供在第一公共电极层 21a 和 21b 与第二公共电极层 22a 和 22b 之间,像素电极层 20 与第一公共电极层 21a 和 21b 之间的电场以及像素电极层 20 与第二公共电极层 22a 和 22b 之间的电场能够施加到液晶层 24,因而电场能够在整个液晶层 24 中形成。

[0545] 相应地,能够使包含厚度方向中液晶分子的整个液晶层 24 中的液晶分子有效地进行响应,并且改进白光透射率。因此,作为白光透射率与黑光透射率(黑显示中的透光率)之比的对比率能够提高。此外,由于高白光透射率(透射光的强度)能够以较低电压来获得,所以证实了可实现液晶显示装置的功耗的降低。

[0546] 本申请基于 2009 年 11 月 24 日向日本专利局提交的日本专利申请(序号 2009-266231),其完整内容通过引用结合于此。

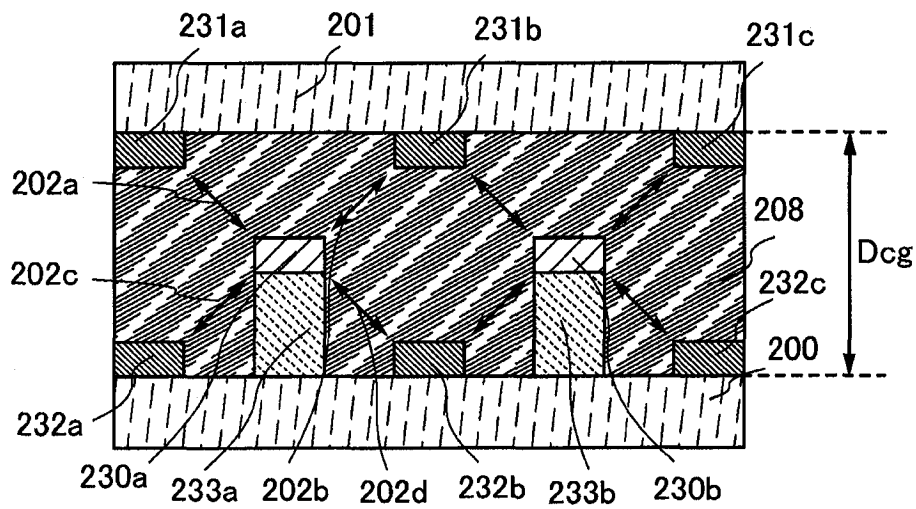


图 1A

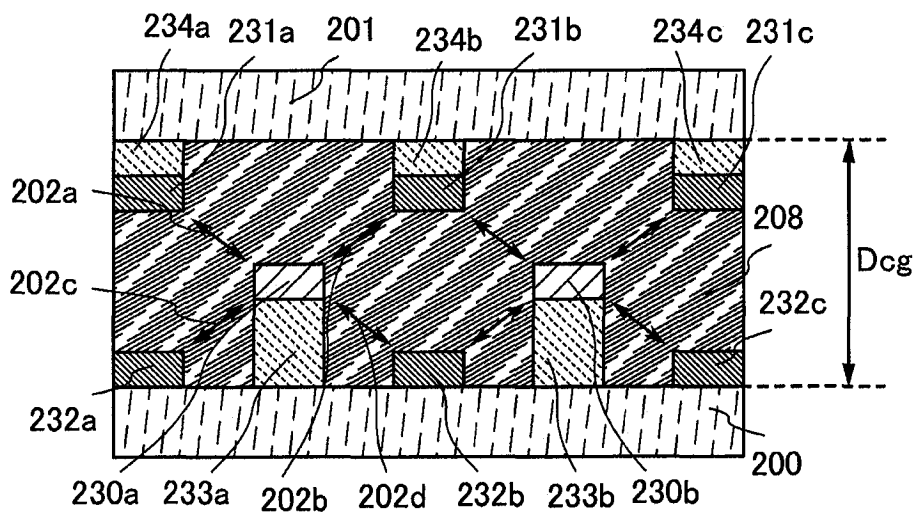


图 1B

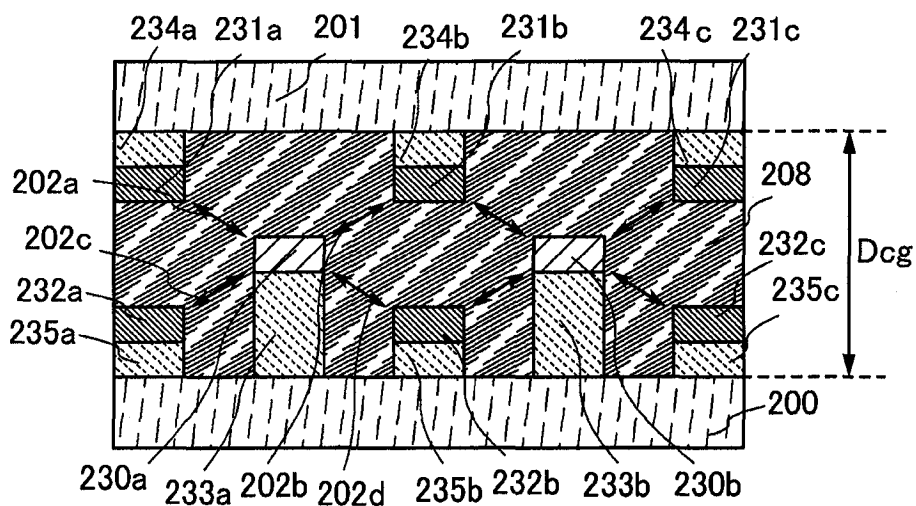


图 1C

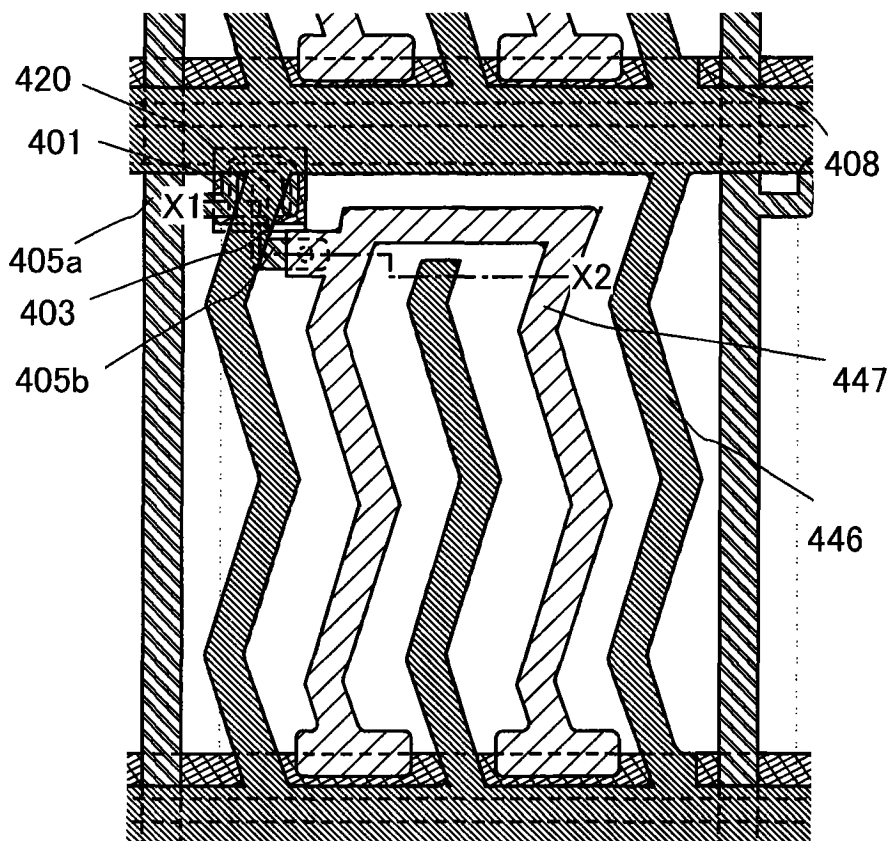


图 2A

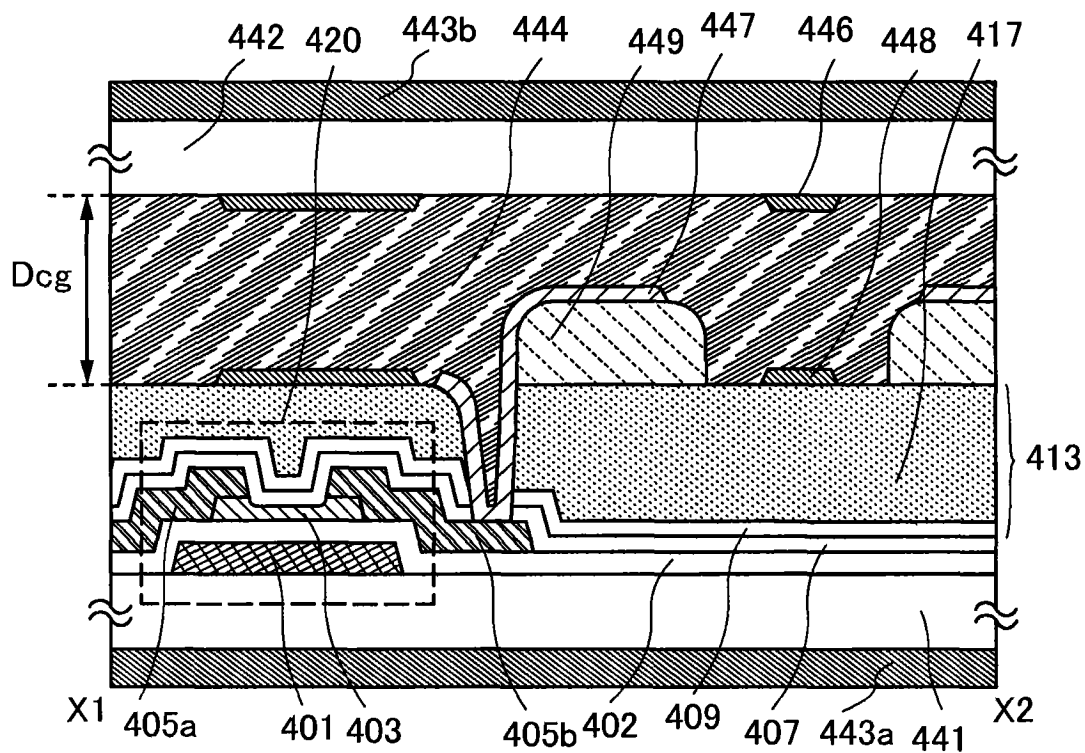


图 2B

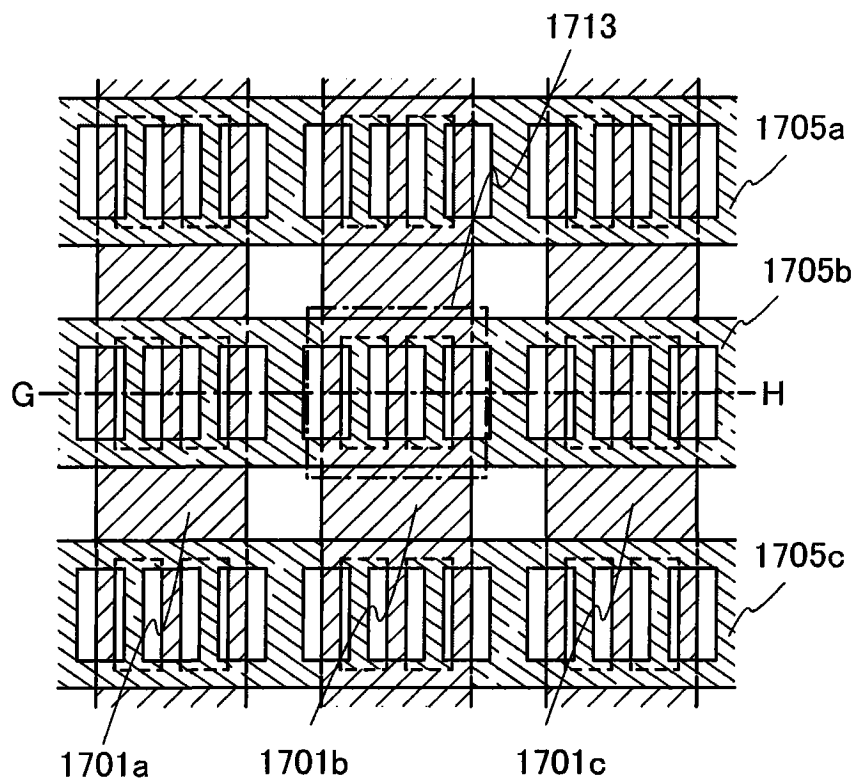


图 3A

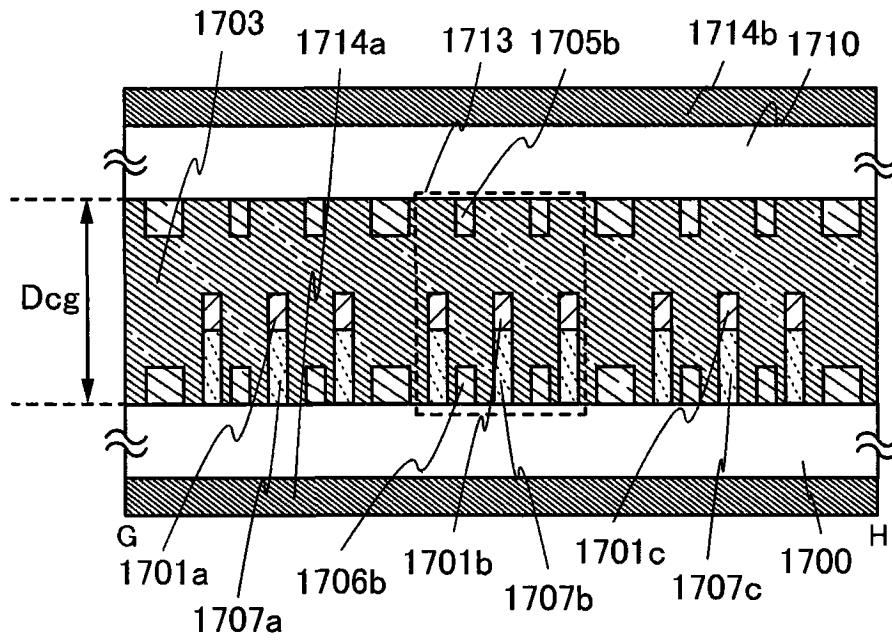


图 3B

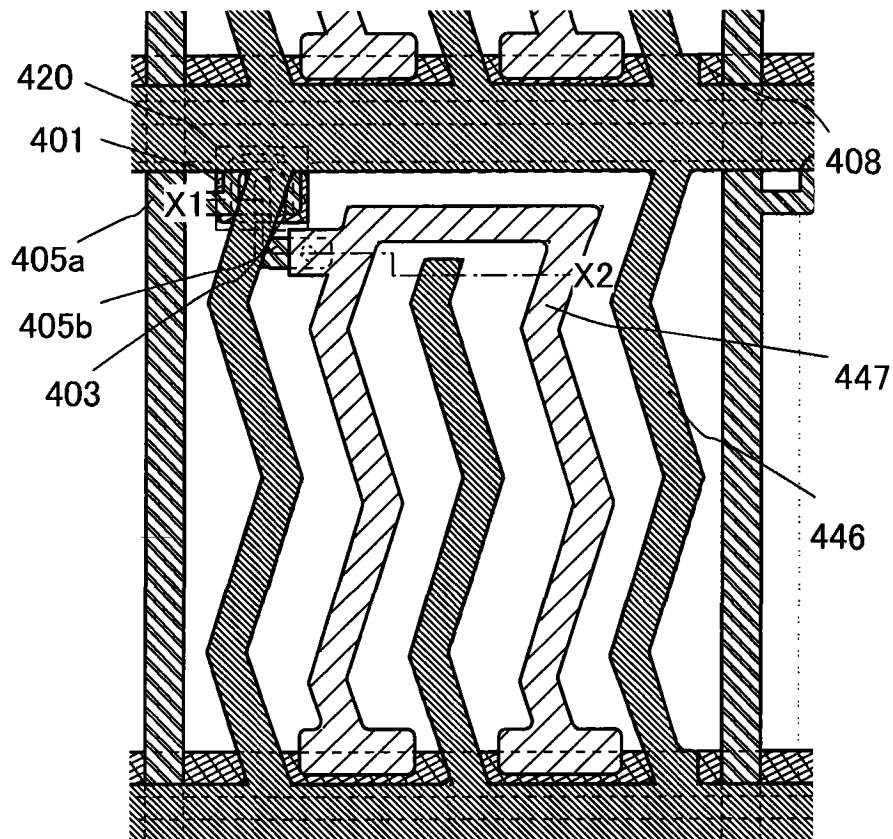


图 4A

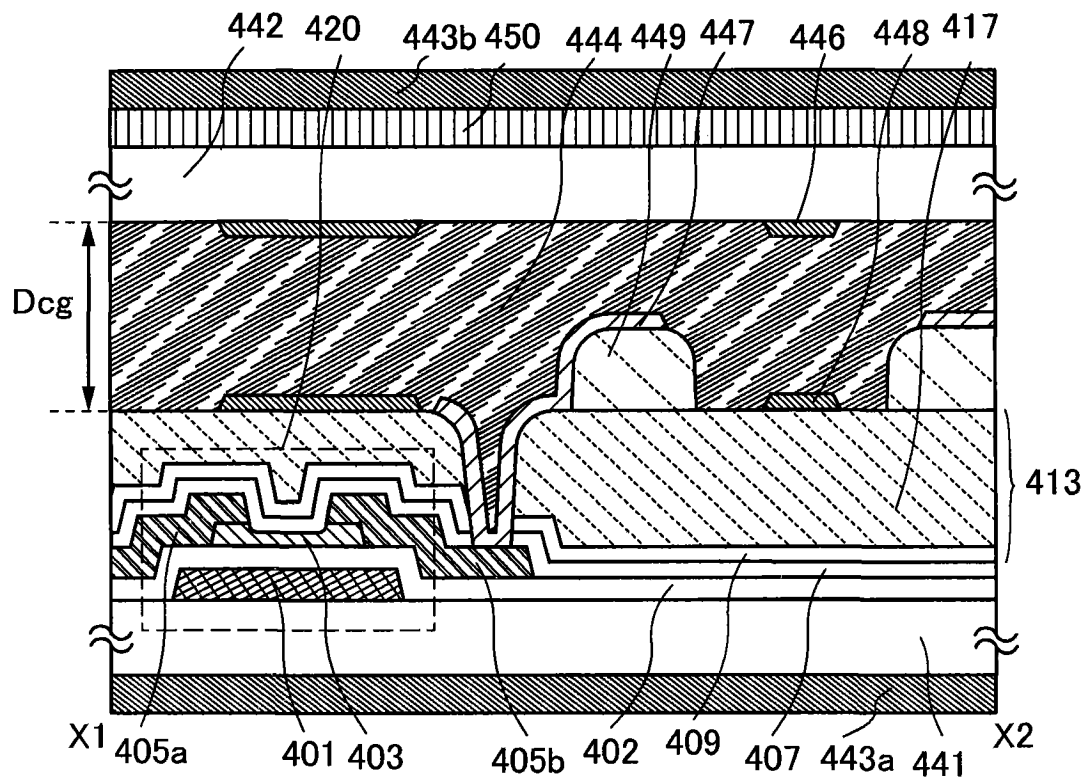


图 4B

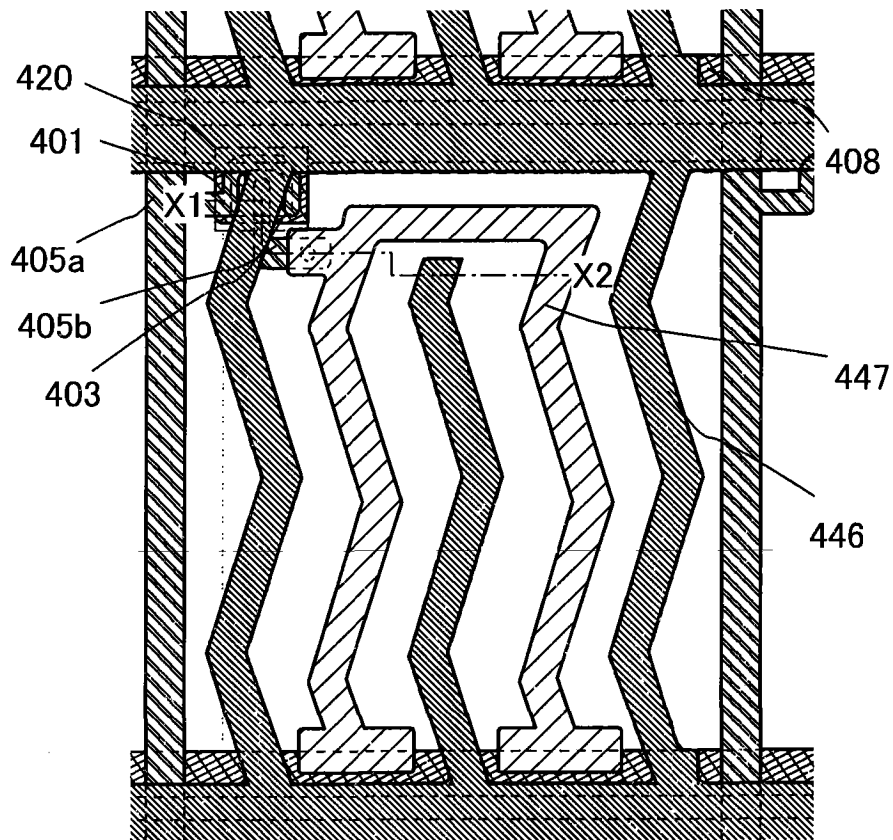


图 5A

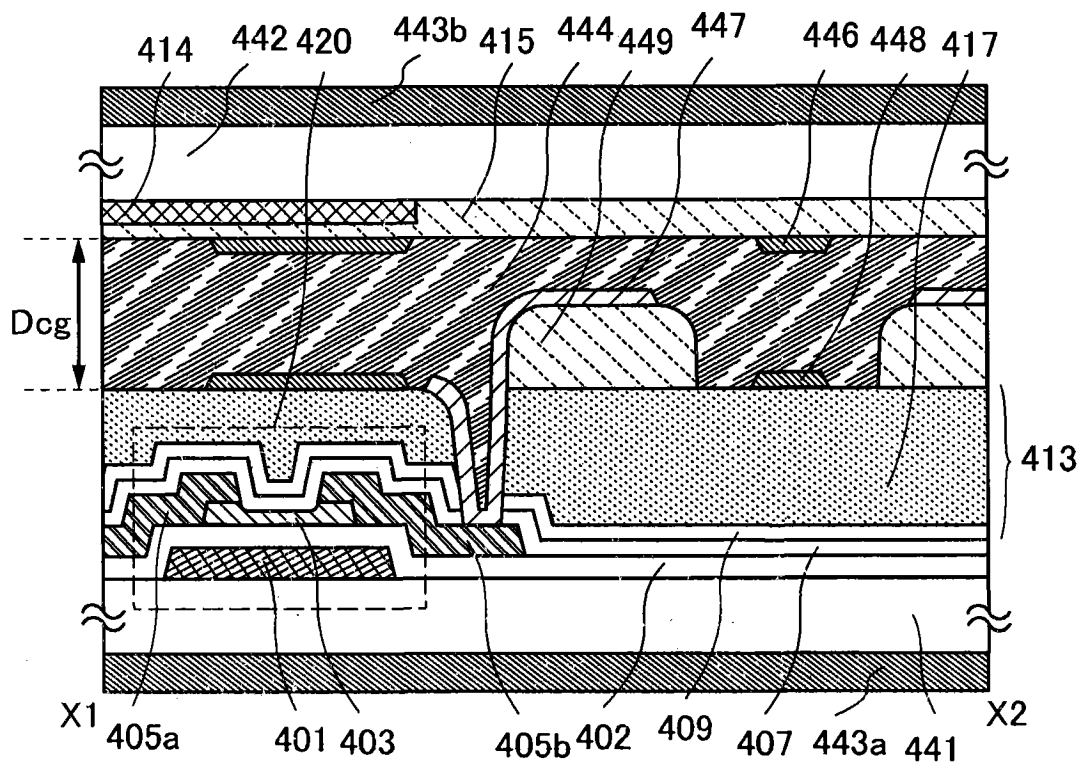


图 5B

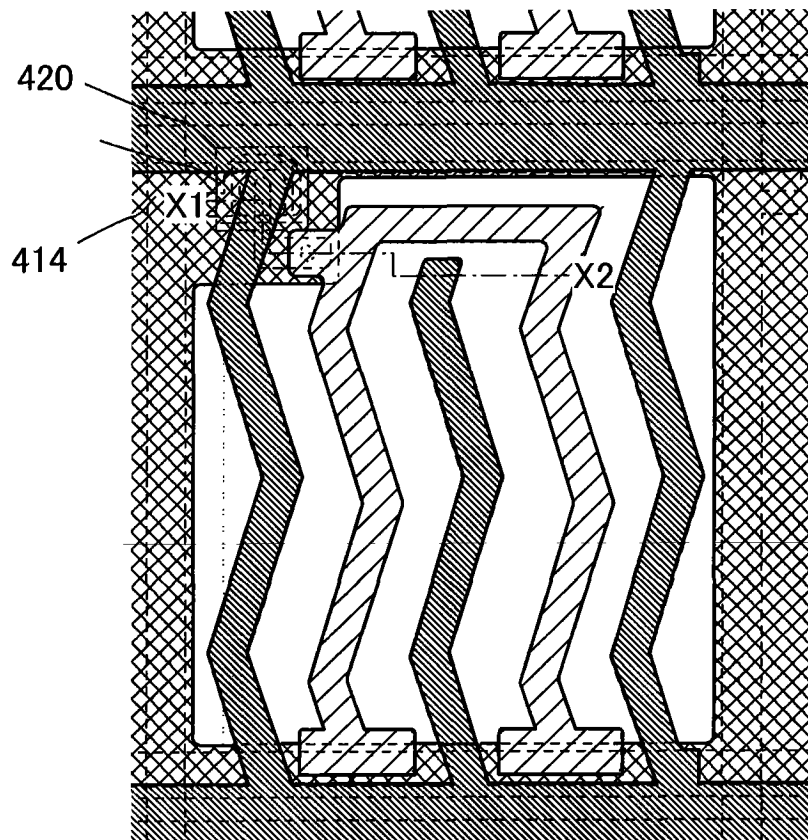


图 6A

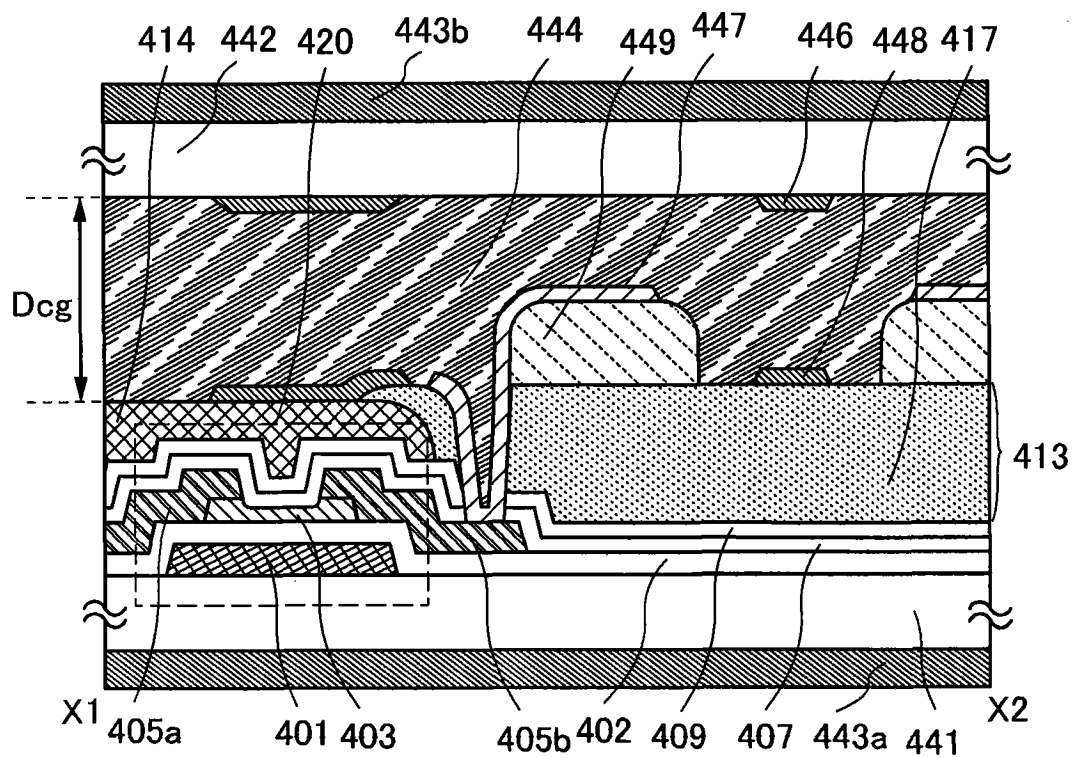


图 6B

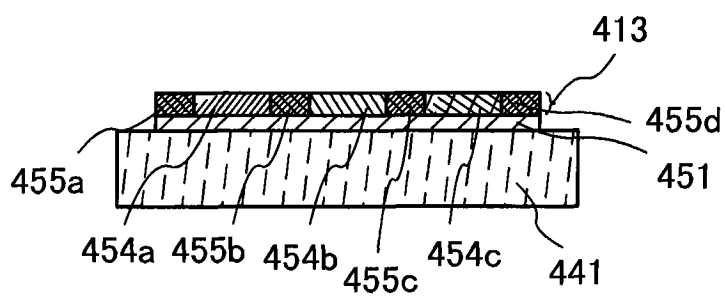


图 7A

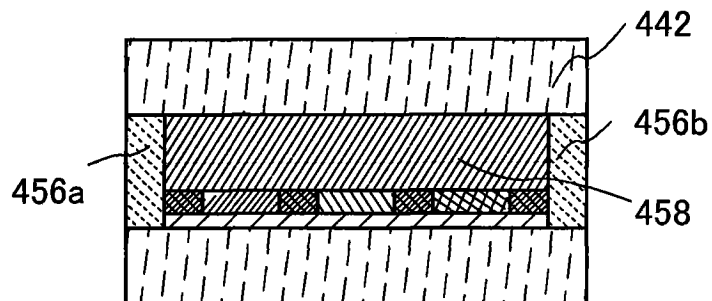


图 7B

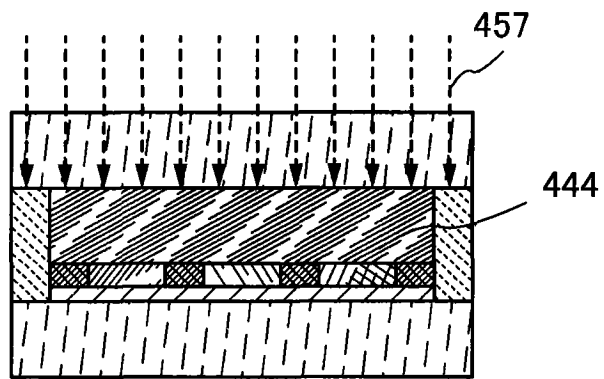


图 7C

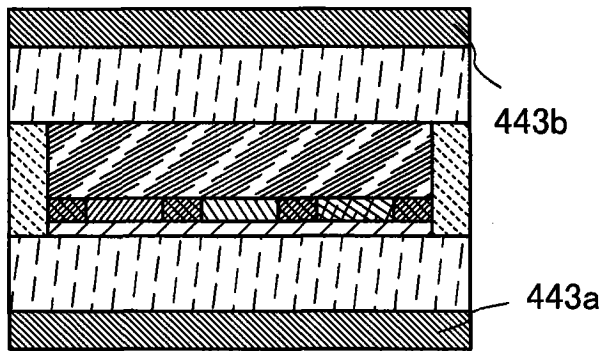


图 7D

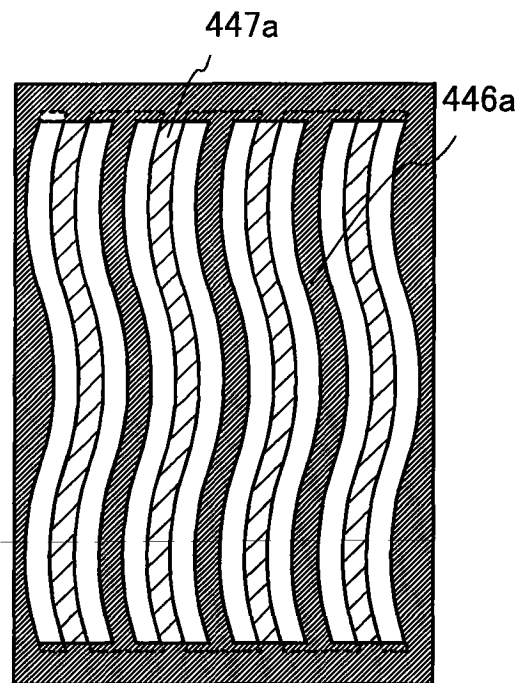


图 8A

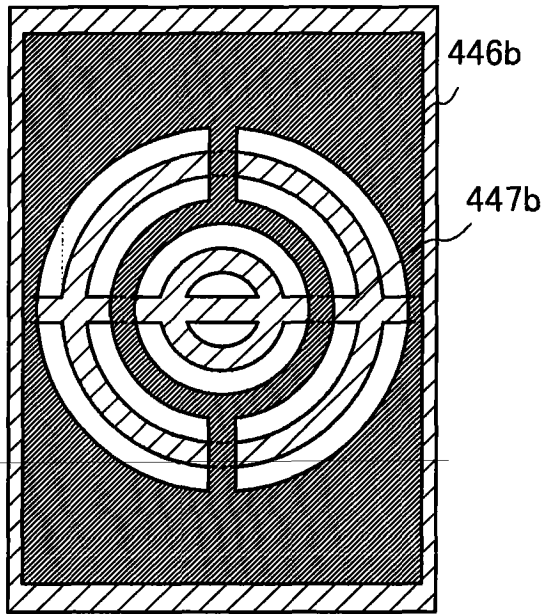


图 8B

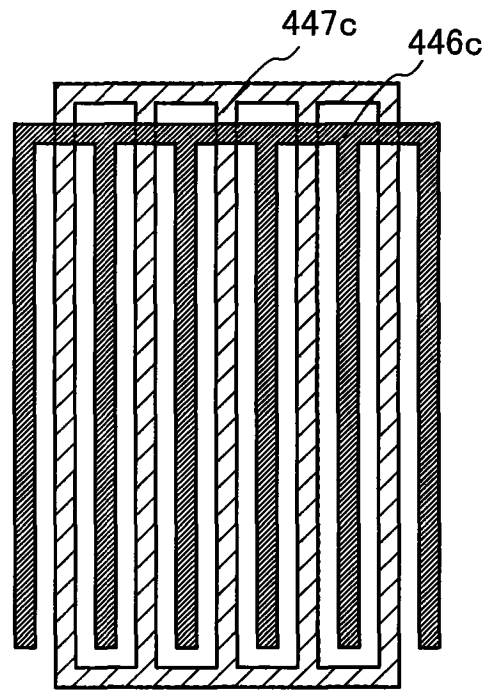


图 8C

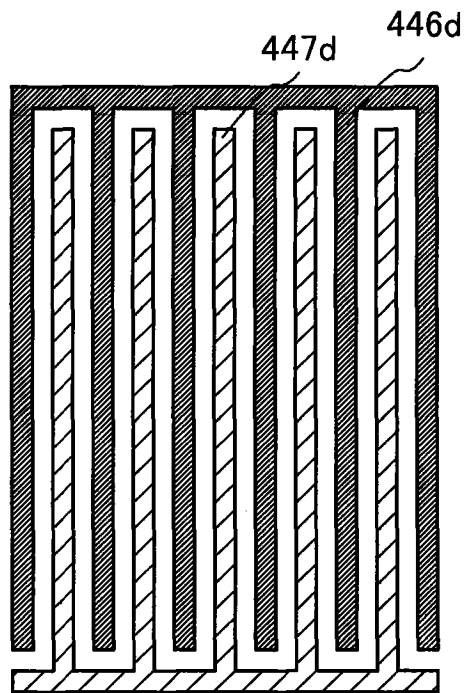


图 8D

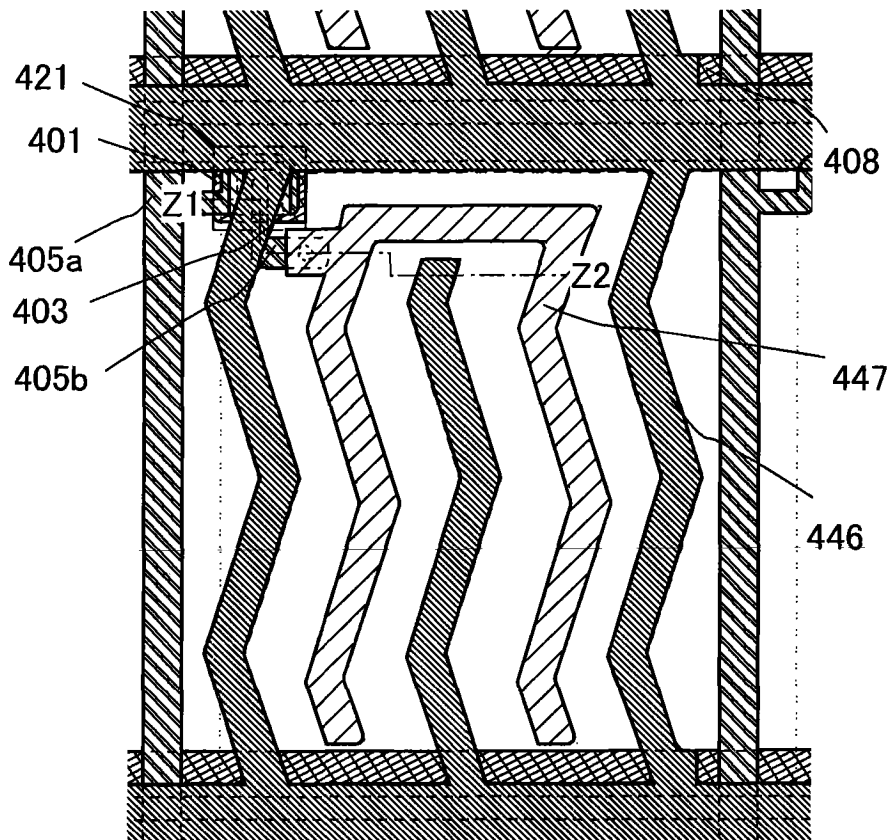


图 9A

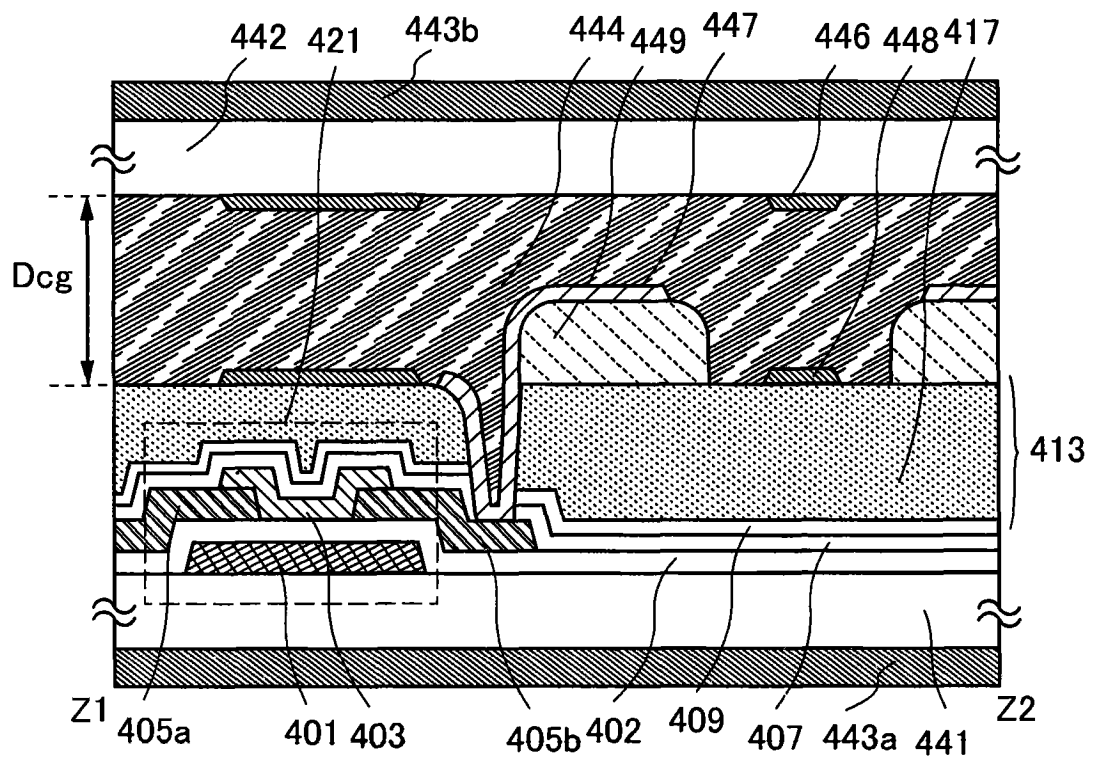


图 9B

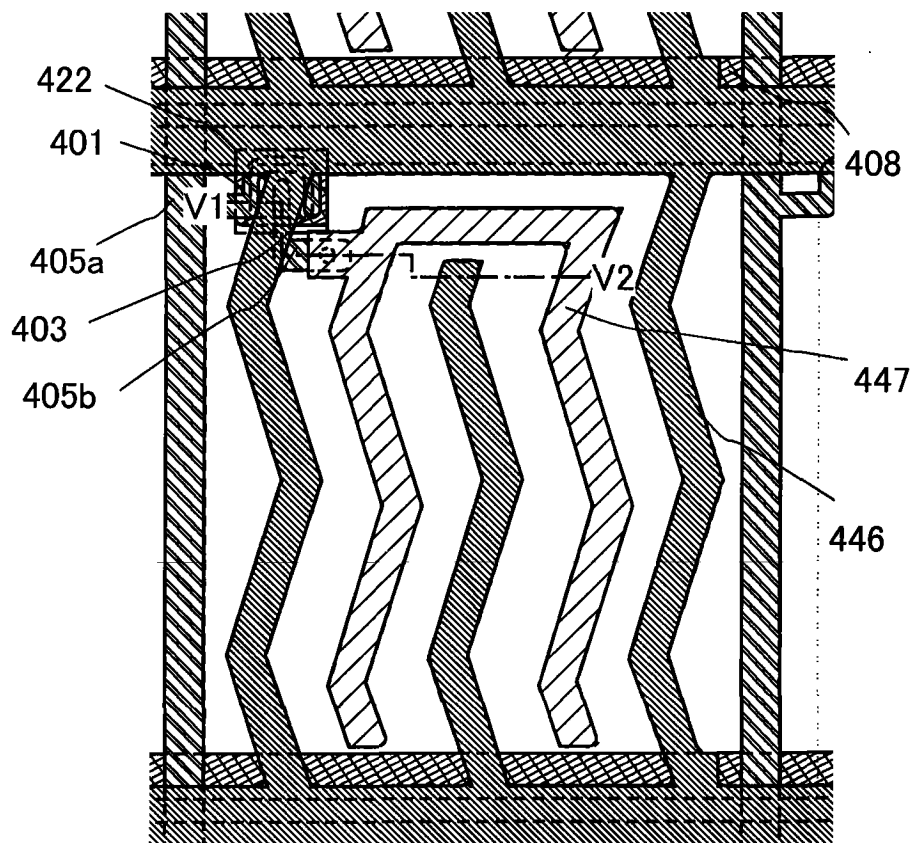


图 10A

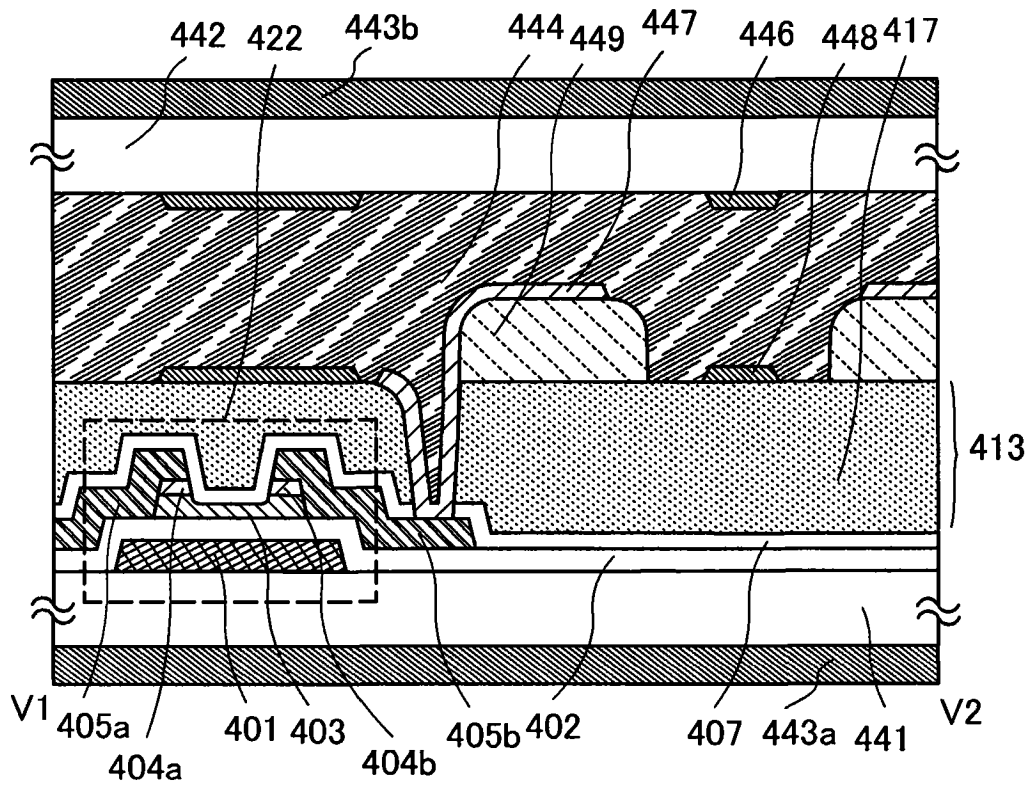


图 10B

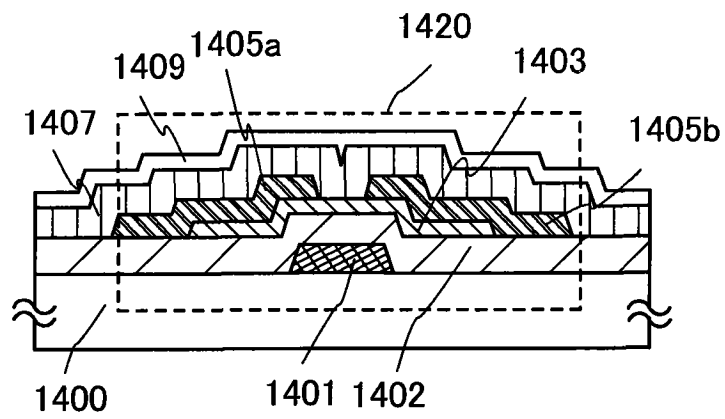


图 11A

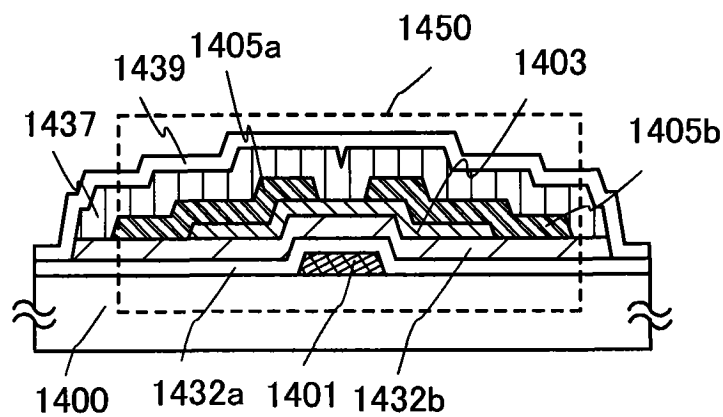


图 11B

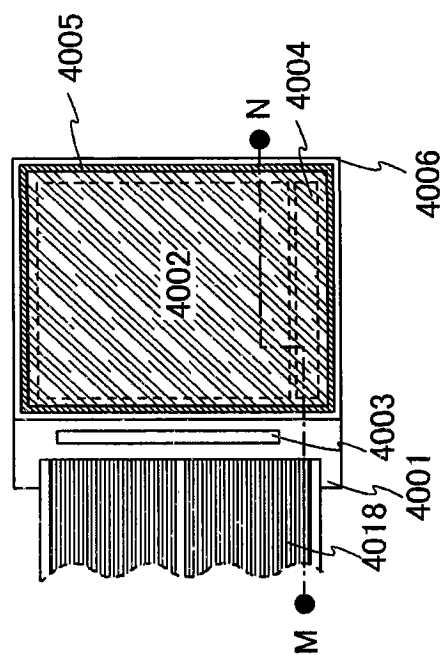


图 12A1

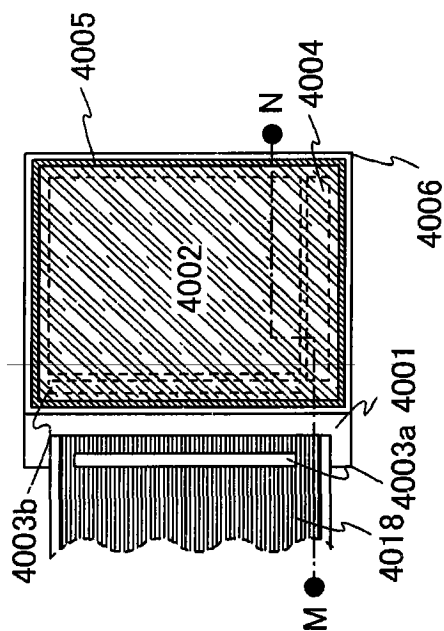


图 12A2

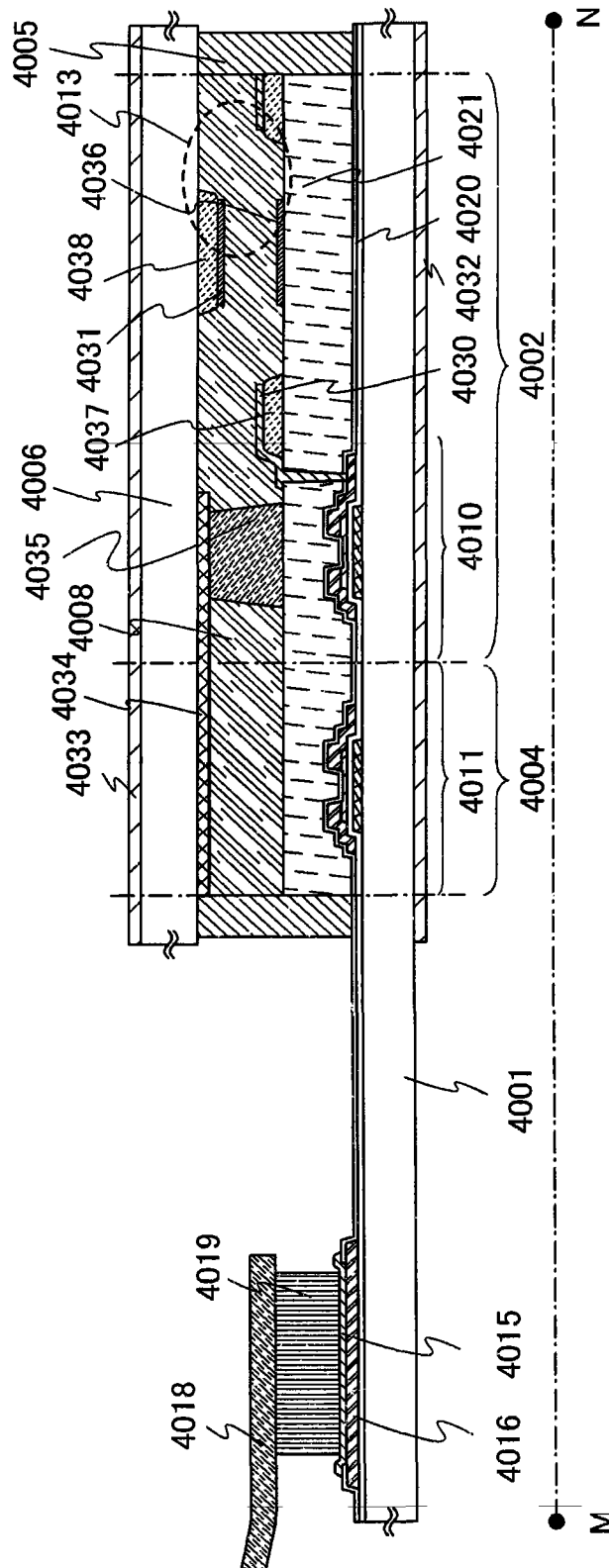


图 12B

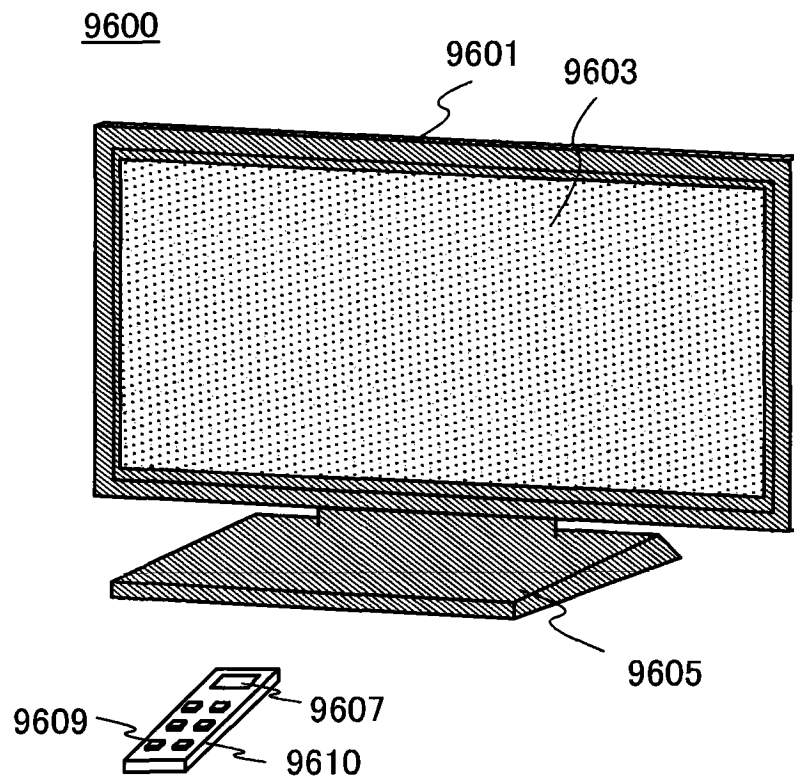


图 13A

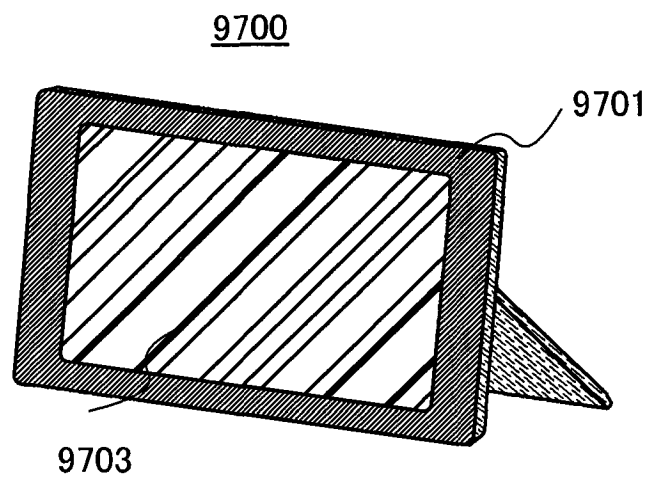


图 13B

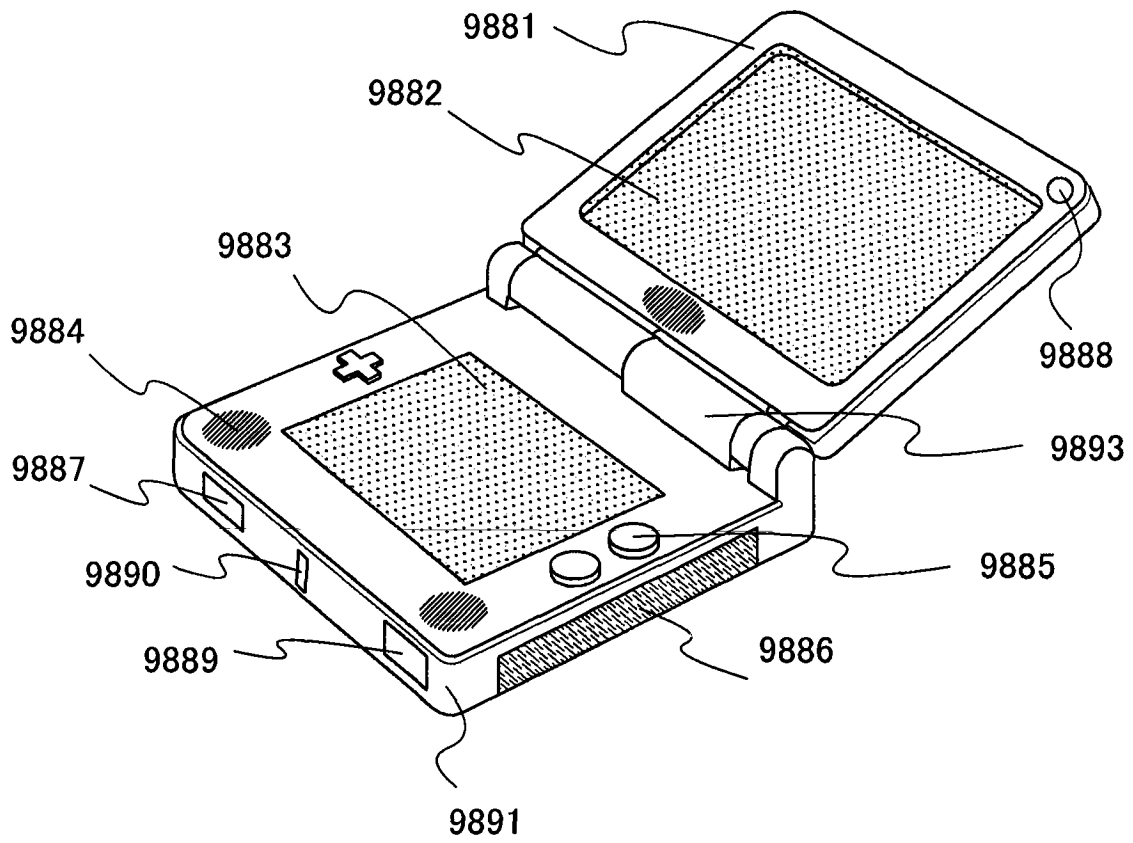


图 14A

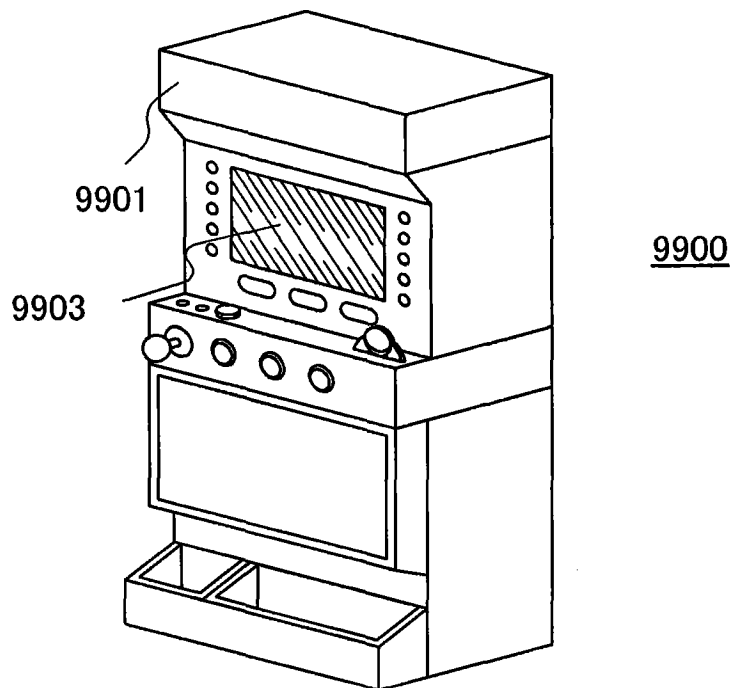


图 14B

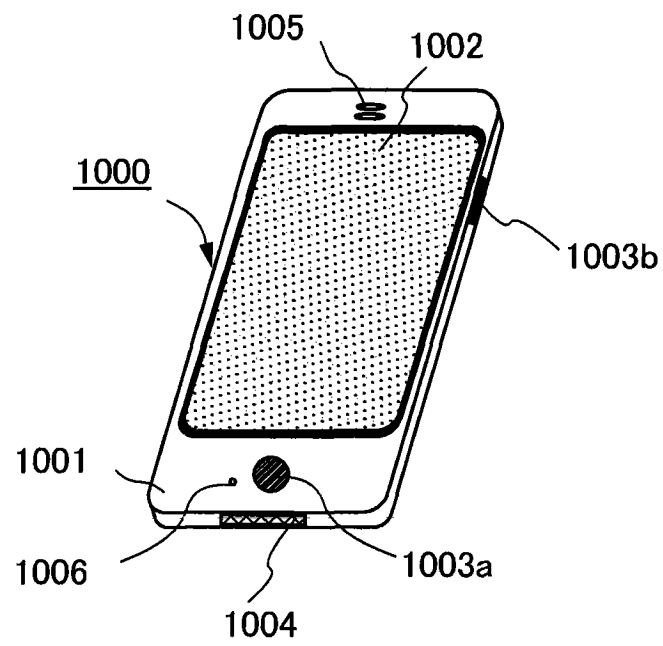


图 15A

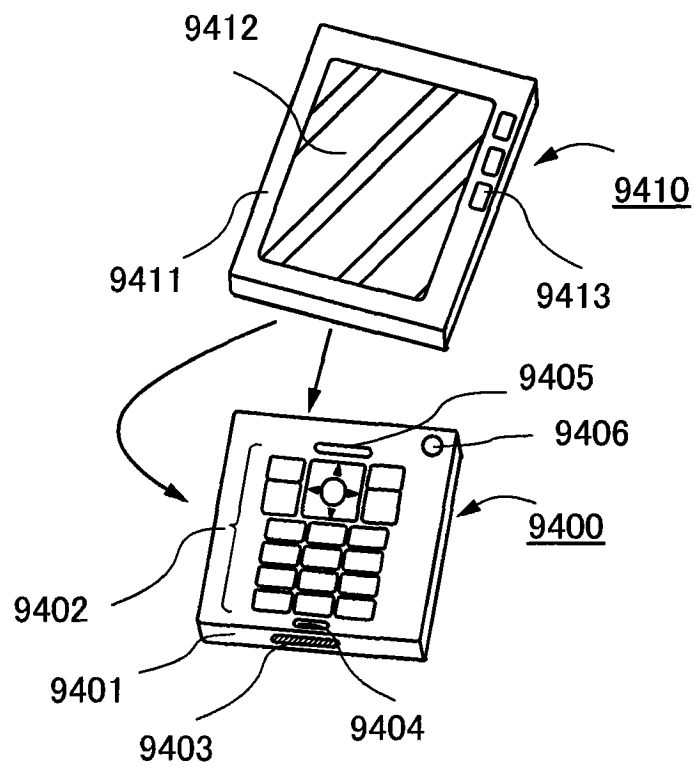


图 15B

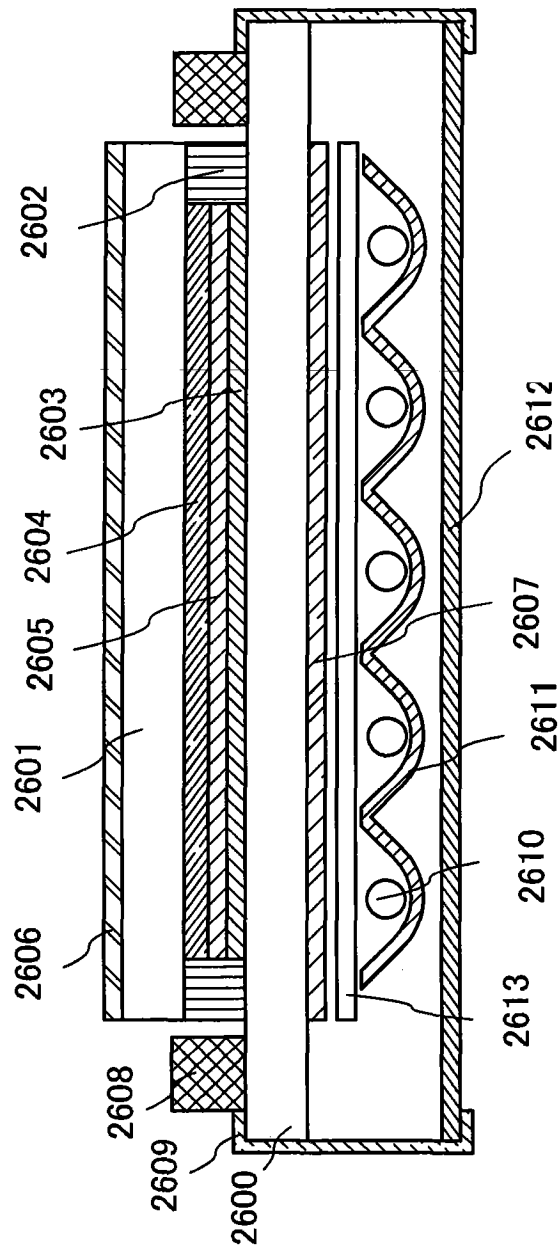


图 16

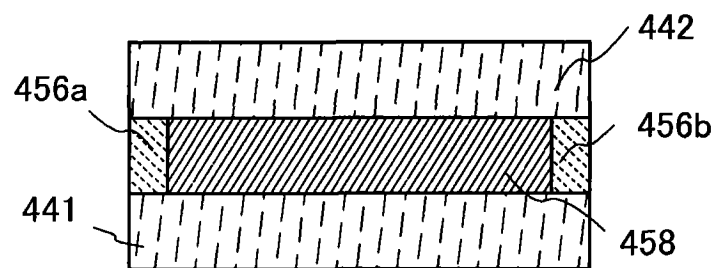


图 17A

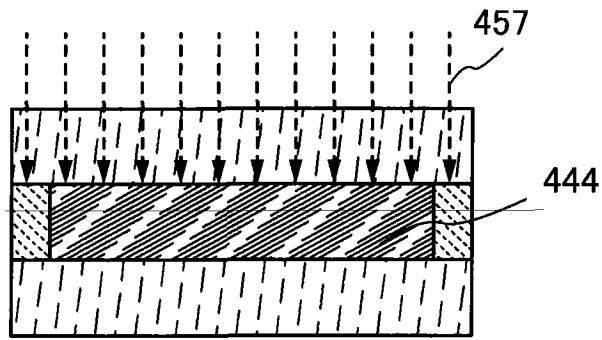


图 17B

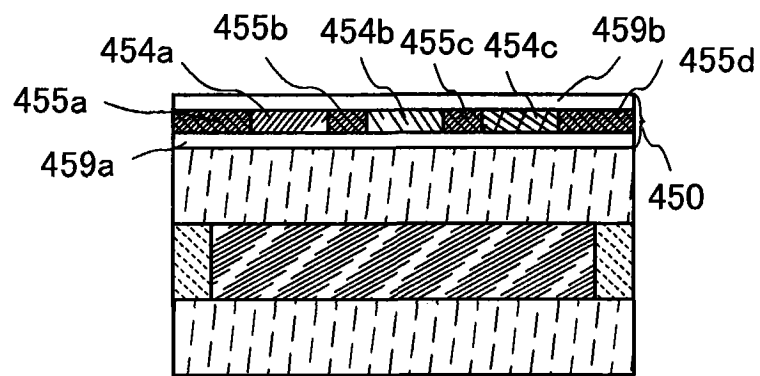


图 17C

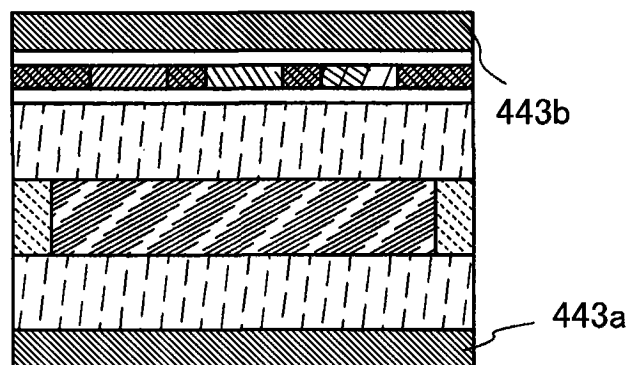


图 17D

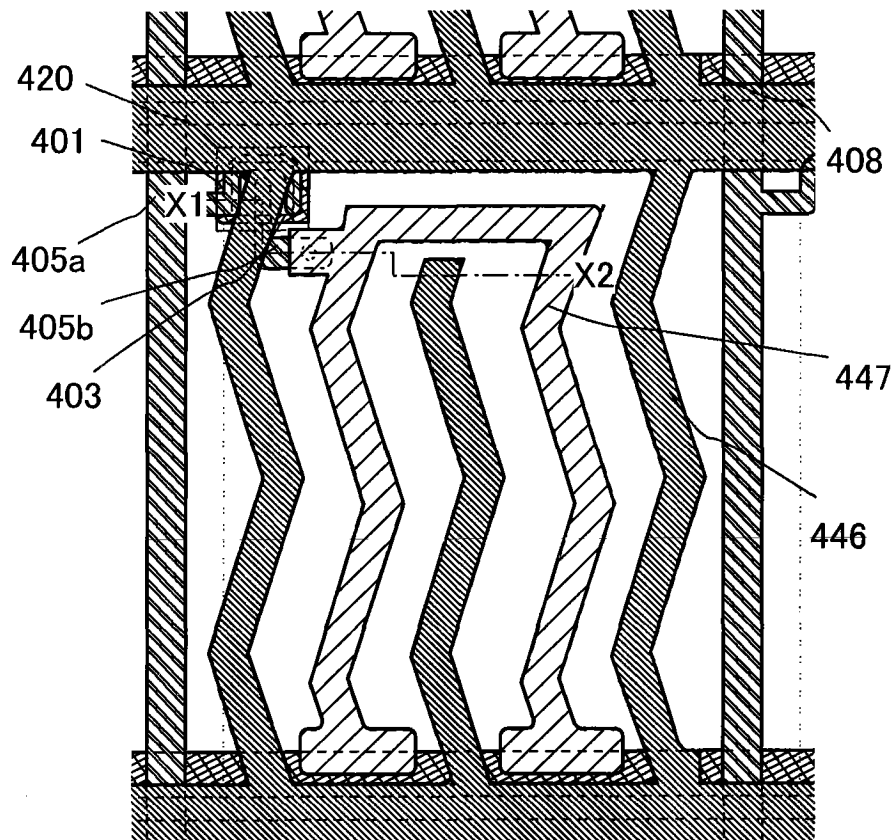


图 18A

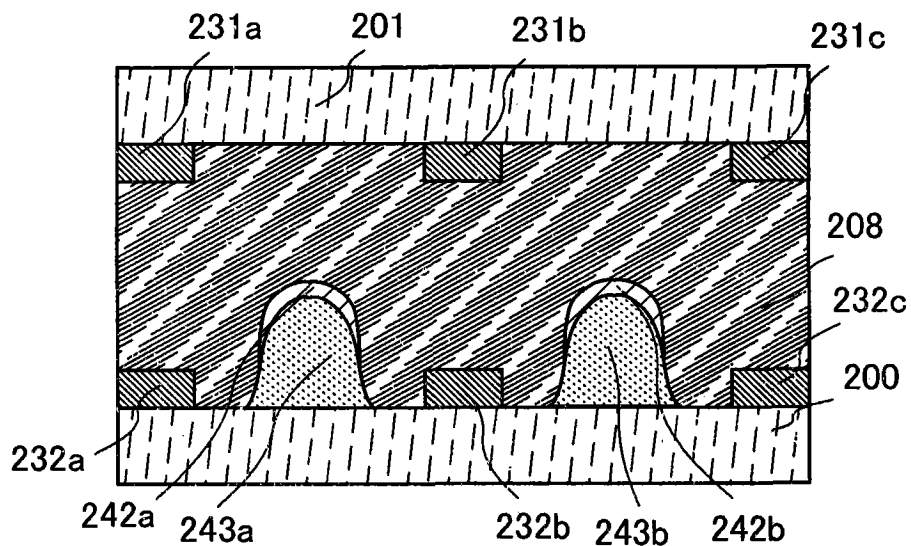


图 19B

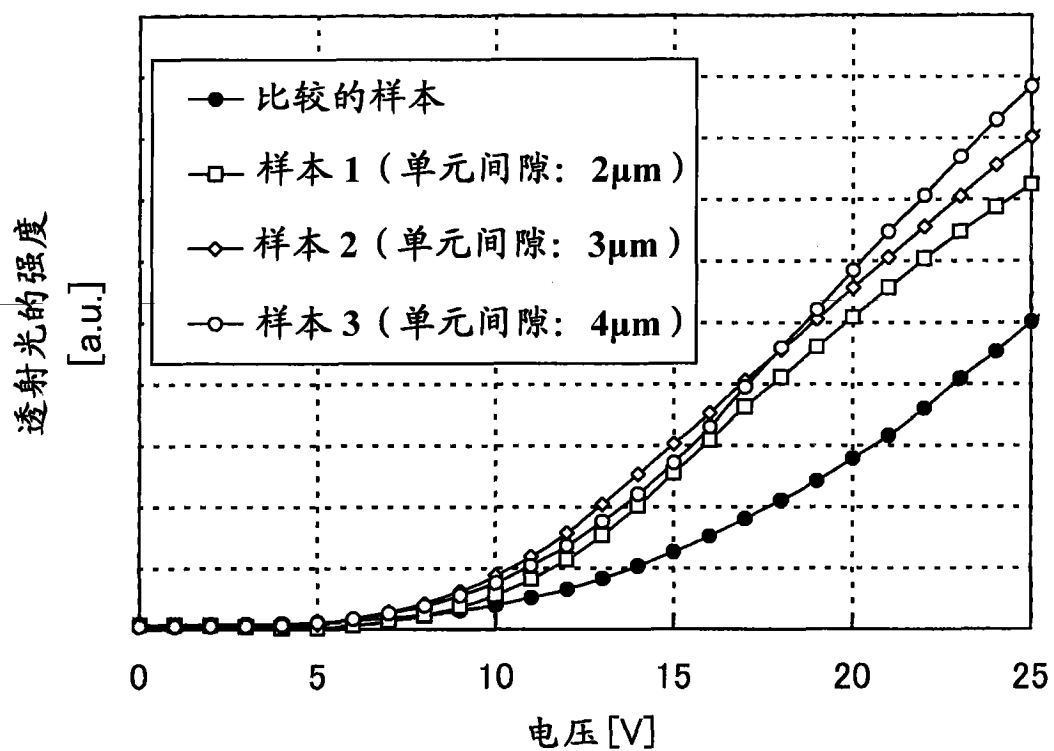


图 20

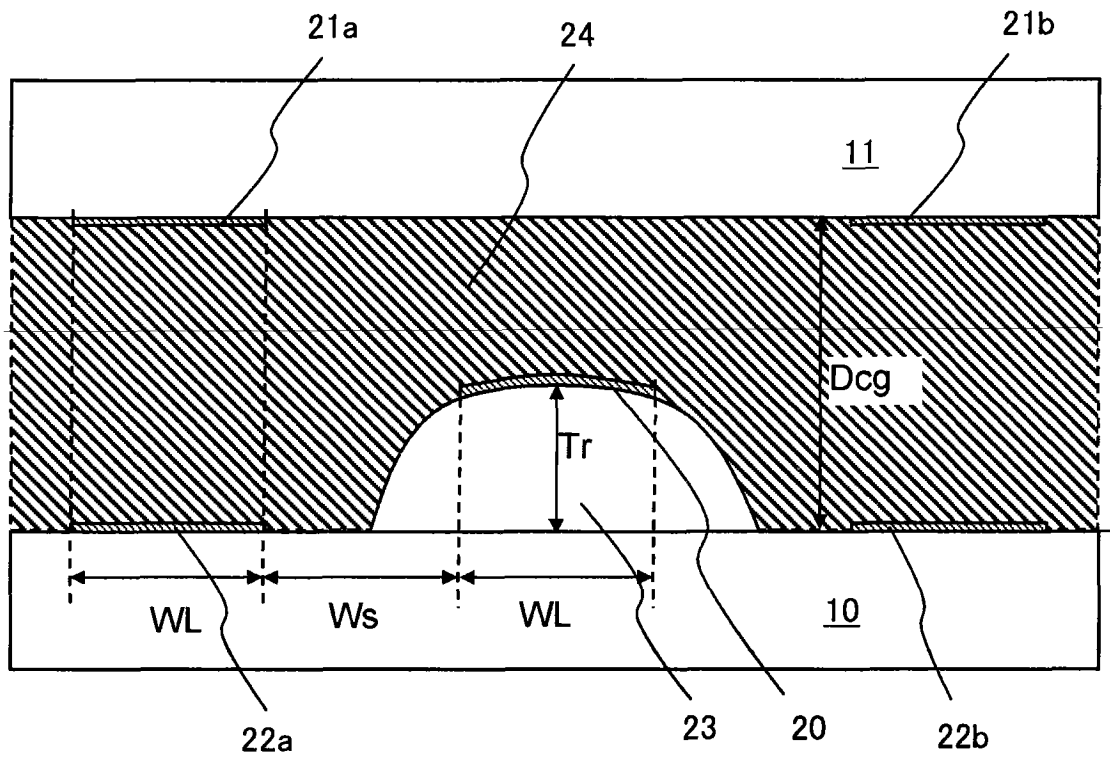


图 21

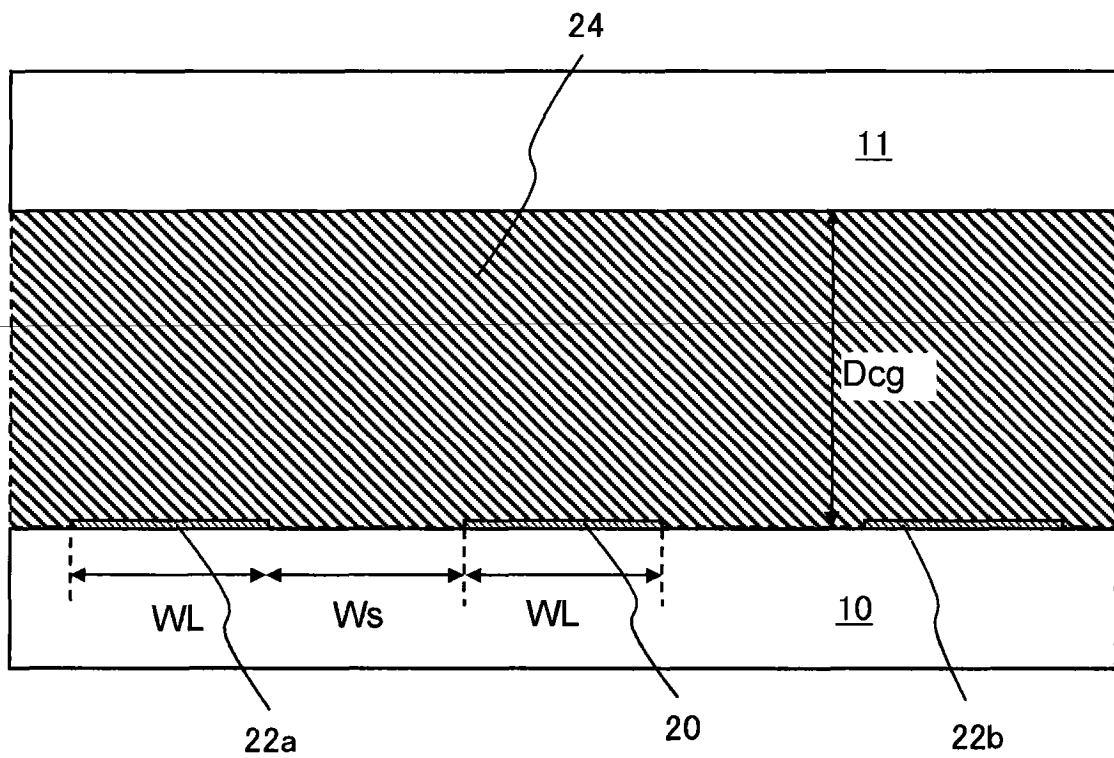


图 22

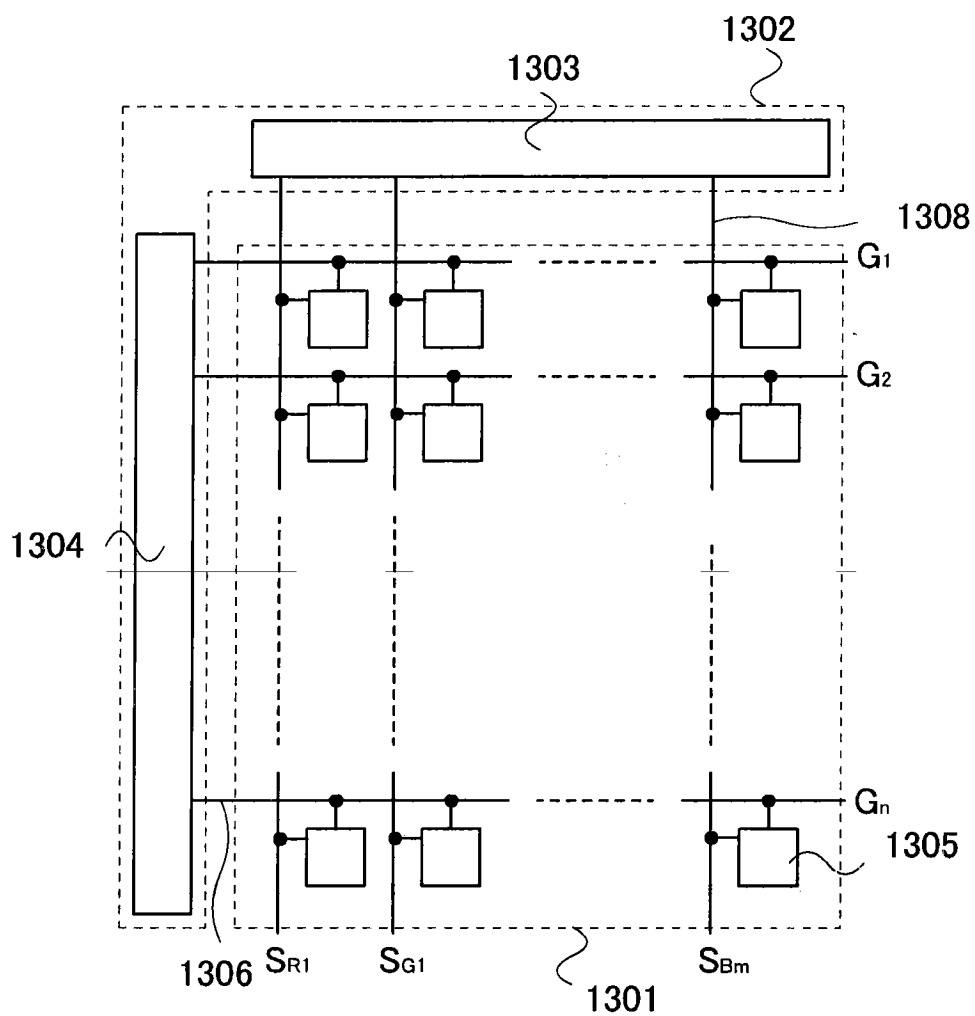


图 23A

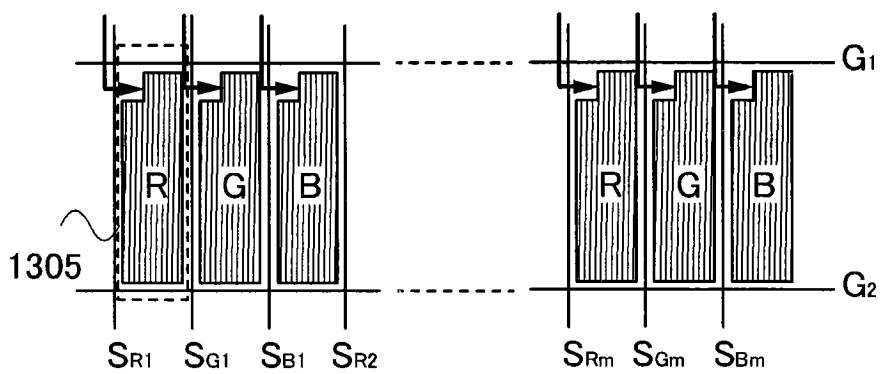


图 23B

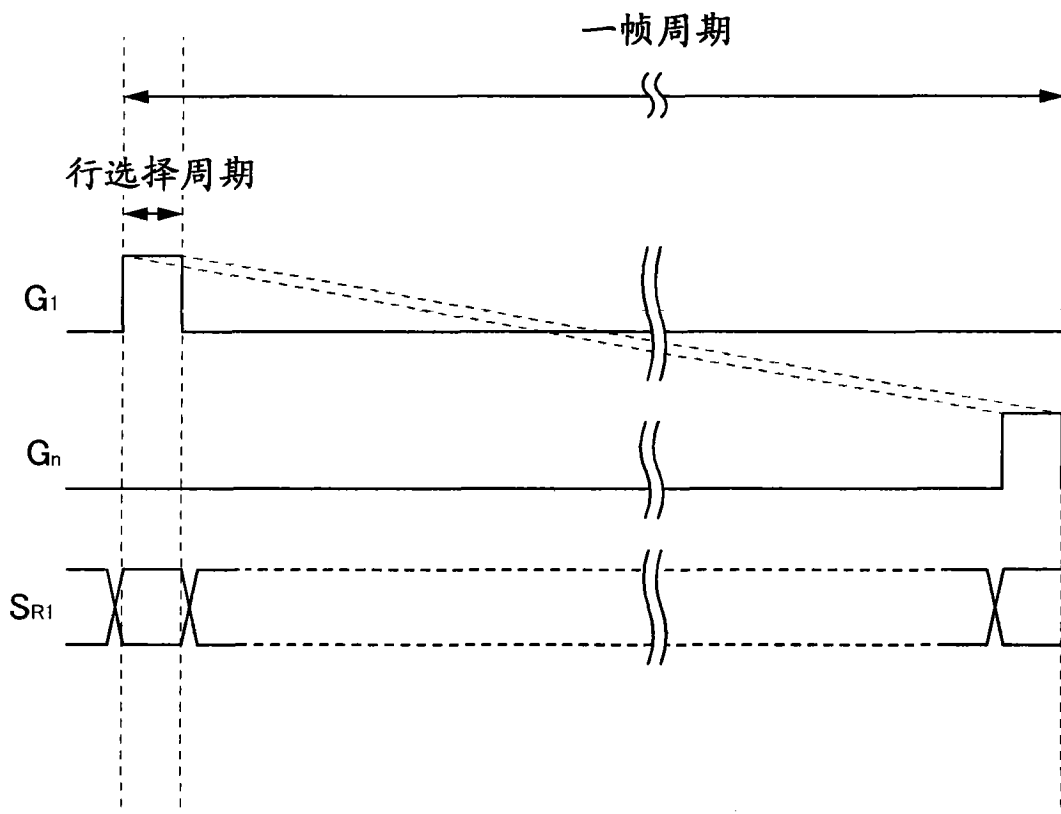


图 24

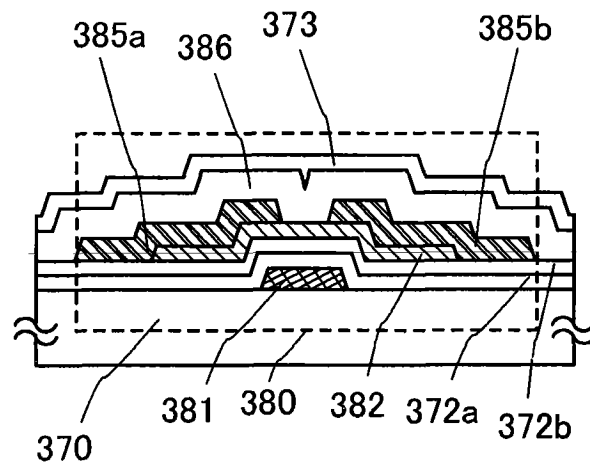


图 25

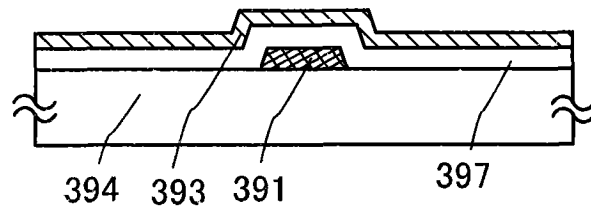


图 26A

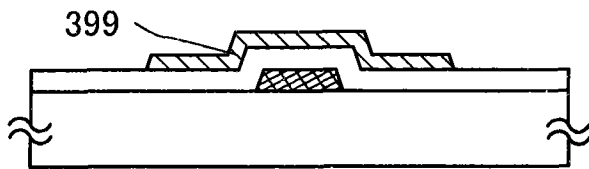


图 26B

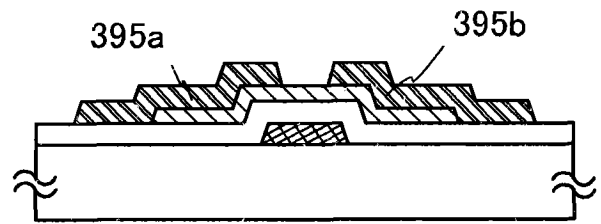


图 26C

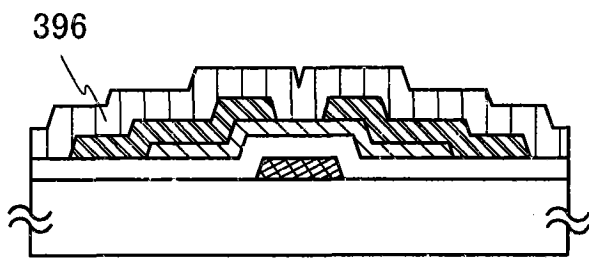


图 26D

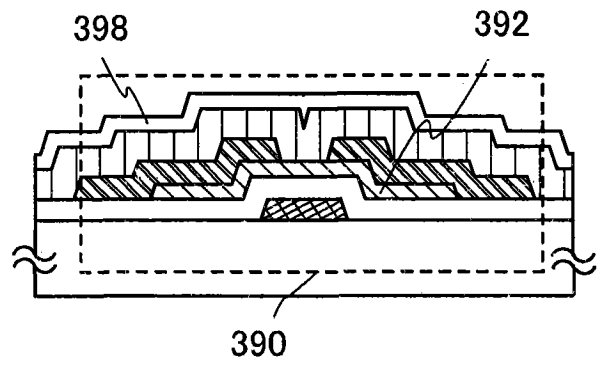


图 26E

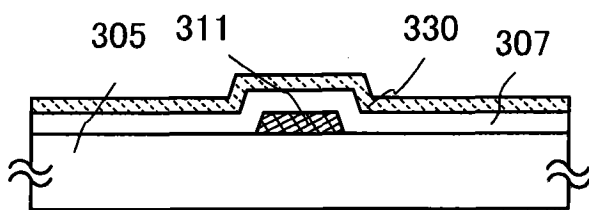


图 27A

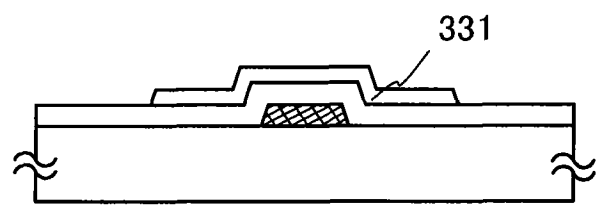


图 27B

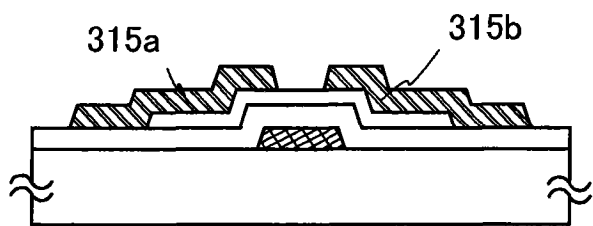


图 27C

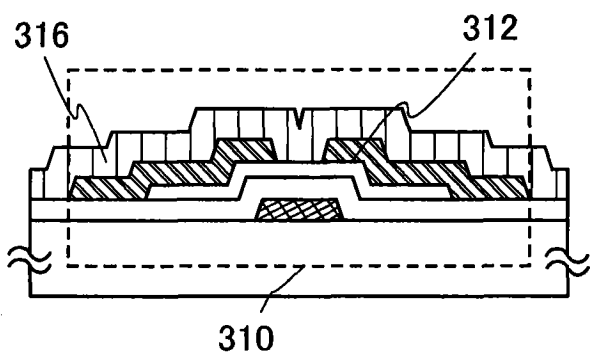


图 27D

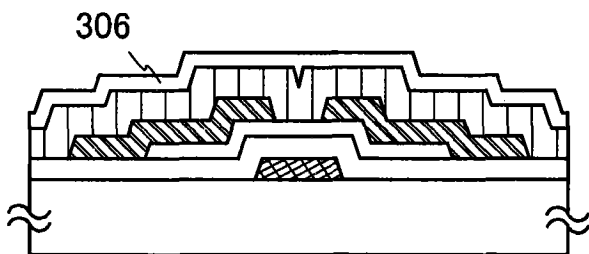


图 27E