(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 1664660 B
(45)授权公告日 2010.06.16

(21)申请号 200510067729.1

(22)申请日 2005.03.04

(30)优先权数据
061855/04 2004.03.05 JP

(73)专利权人 索尼株式会社
地址 日本东京都

(72)发明人 矶崎忠昭 桥本俊一

(74)专利代理机构 北京市柳沈律师事务所 11105
代理人 陶凤波 侯宇

(51)Int.Cl.
G02F 1/133(2006.01)
G09G 3/36(2006.01)
G03B 21/00(2006.01)
G09F 9/35(2006.01)

(56)对比文件
US 2002070911 A1,2002.06.13, 全文.
CN 1462374 A,2003.12.17, 全文.
CN 1473280 A,2004.02.04, 说明书第5页第20行至第17页第20行、附图1-17.
US 6067142 A,2000.05.23, 全文.
JP 6067173 A,1994.03.11, 全文.

审查员 焦丽宁

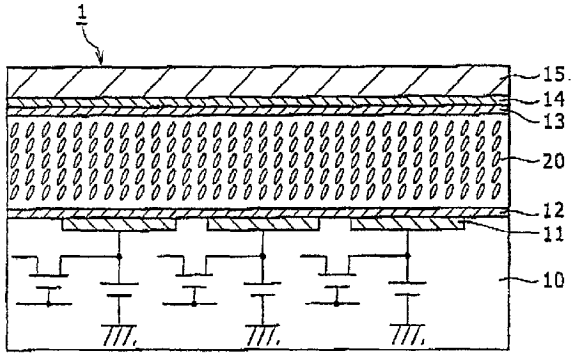
权利要求书 3 页 说明书 8 页 附图 4 页

(54)发明名称

反射型液晶显示装置、显示设备及投影系统

(57)摘要

一种反射型液晶显示装置，包括配备透明电极的玻璃基板和配备反光电极的Si驱动电路基板，所述玻璃基板和Si驱动电路基板彼此相对地布置，以便所述透明电极和所述反光电极彼此相对，由垂直配向液晶构成的液晶层插入它们之间，其中至少满足条件：$d \cdot \Delta n \cdot |\Delta \varepsilon|^2 \geq 5$，这里，d(μm)是所述液晶层的厚度，Δn是所述垂直配向液晶的折射率各向异性，|Δε|是所述垂直配向液晶的介电常数各向异性。



CN 1664660 B

1. 一种反射型液晶显示装置，包括配备透光电极的第一基板和配备反光电极的第二基板，所述第一和第二基板彼此相对地布置，以便所述透光电极和所述反光电极彼此相对，由垂直配向液晶构成的液晶层插入它们之间，其中满足条件：

$d \cdot \Delta n \cdot |\Delta \varepsilon|^2 \geq 5$，$d \leq 2.5$，以及 $|\Delta \varepsilon| \geq 5.5$，

这里，d 是以 μm 为单位的所述液晶层的厚度，Δn 是所述垂直配向液晶的折射率各向异性，$|\Delta \varepsilon|$ 是所述垂直配向液晶的介电常数各向异性；

其中所述垂直配向液晶的折射率各向异性 Δn 不小于 0.1。

2. 一种显示设备，包括：

反射型液晶显示装置，所述反射型液晶显示装置包括配备透光电极的第一基板和配备反光电极的第二基板，所述第一和第二基板彼此相对地布置，以便所述透光电极和所述反光电极彼此相对，由垂直配向液晶构成的液晶层插入它们之间，其中满足条件：

$d \cdot \Delta n \cdot |\Delta \varepsilon|^2 \geq 5$，$d \leq 2.5$，以及 $|\Delta \varepsilon| \geq 5.5$，

这里，d 是以 μm 为单位的所述液晶层的厚度，Δn 是所述垂直配向液晶的折射率各向异性，$|\Delta \varepsilon|$ 是所述垂直配向液晶的介电常数各向异性；以及

驱动电路，所述驱动电路用于在所述反射型液晶显示装置上施加预定电压；

其中所述垂直配向液晶的折射率各向异性 Δn 不小于 0.1。

3. 如权利要求 2 所述的显示设备，

其中所述驱动电路配置成这样，以便按照入射在所述反射型液晶显示装置上的光波长来设定施加在所述反射型液晶显示装置上的最大驱动电压。

4. 如权利要求 3 所述的显示设备，

其中所述驱动电路配置成这样，以便能改变施加在所述反射型液晶显示装置上的最大驱动电压。

5. 一种投影系统，包括反射型液晶显示装置，所述反射型液晶显示装置包括配备透光电极的第一基板和配备反光电极的第二基板，所述第一和第二基板彼此相对地布置，以便所述透光电极和所述反光电极彼此相对，由垂直配向液晶构成的液晶层插入它们之间，其中满足条件：

$d \cdot \Delta n \cdot |\Delta \varepsilon|^2 \geq 5$，$d \leq 2.5$，以及 $|\Delta \varepsilon| \geq 5.5$，

这里，d 是以 μm 为单位的所述液晶层的厚度，Δn 是所述垂直配向液晶的折射率各向异性，$|\Delta \varepsilon|$ 是所述垂直配向液晶的介电常数各向异性，

其中所述反射型液晶显示装置设置在从光源发射的光的光路中；

其中所述垂直配向液晶的折射率各向异性 Δn 不小于 0.1。

6. 如权利要求 5 所述的投影系统，其中，所述反射型液晶显示装置分别与多个颜色信号对应设置；以及

驱动电路，所述驱动电路用于向所述反射型液晶显示装置提供不同的最大驱动电压。

7. 一种投影系统，包括：

显示单元，所述显示单元包括分别与多种颜色光束对应设置的反射型液晶显示装置，每个所述反射型液晶显示装置包括配备透光电极的第一基板和配备反光电极的第二基板，所述第一和第二基板彼此相对地布置，以便所述透光电极和所述反光电极彼此相对，由垂直配向液晶构成的液晶层插入它们之间，其中满足条件：

$d \cdot \Delta n \cdot |\Delta \varepsilon|^2 \geq 5$ 和 $d \leq 2.5$，以及 $|\Delta \varepsilon| \geq 5.5$，

这里，d 是以 μm 为单位的所述液晶层的厚度，Δn 是所述垂直配向液晶的折射率各向异性，$|\Delta \varepsilon|$ 是所述垂直配向液晶的介电常数各向异性，以及

驱动电路，所述驱动电路用于向所述显示单元内的所述反射型液晶显示装置提供不同的最大驱动电压；

其中所述垂直配向液晶的折射率各向异性 Δn 不小于 0.1。

8. 如权利要求 7 所述的投影系统，

其中所述多种颜色是红、绿和蓝三基色，以及

所述驱动电路配置成这样，以便施加在所述反射型液晶显示装置上用于红色的所述最大驱动电压是所述最大驱动电压中最大的。

9. 如权利要求 7 所述的投影系统，

其中所述多种颜色是红、绿和蓝三基色，以及

所述驱动电路形成在单晶硅半导体基板上，并且提供给所述反射型液晶显示装置用于红色的所述最大驱动电压不大于 6V。

10. 如权利要求 7 所述的投影系统，

其中所述多种颜色是红、绿和蓝三基色，以及

所述驱动电路形成在单晶硅半导体基板上，并且提供给所述反射型液晶显示装置用于绿色的所述最大驱动电压不大于 4V。

11. 如权利要求 7 所述的投影系统，还包括：

分光系统，用于对来自光源的光进行分色并把分色光束输出给显示单元，所述显示单元分别与所述多种颜色的所述光束对应设置；

合成光学系统，用于合成由所述显示单元内的所述反射型液晶显示装置获取的图像光束；以及

投影透镜，用于把由所述合成光学系统合成的图像投影在屏幕上。

12. 如权利要求 2 所述的显示设备，

其中所述驱动电路配置成这样，以便能改变施加在所述反射型液晶显示装置上的最大驱动电压。

13. 一种投影系统，包括：

显示单元，所述显示单元包括反射型液晶显示装置，每个所述反射型液晶显示装置包括配备透光电极的第一基板和配备反光电极的第二基板，所述第一和第二基板彼此相对地布置，以便所述透光电极和所述反光电极彼此相对，由垂直配向液晶构成的液晶层插入它们之间，其中满足条件：

$d \cdot \Delta n \cdot |\Delta \varepsilon|^2 \geq 5$ 和 $d \leq 2.5$，以及 $|\Delta \varepsilon| \geq 5.5$，

这里，d 是以 μm 为单位的所述液晶层的厚度，Δn 是所述垂直配向液晶的折射率各向异性，$|\Delta \varepsilon|$ 是所述垂直配向液晶的介电常数各向异性；以及

驱动电路，所述驱动电路用于向所述显示单元内的所述反射型液晶显示装置提供驱动电压，

其中所述驱动电路配置成这样，以便能改变施加在所述反射型液晶显示装置上的最大驱动电压；

其中所述垂直配向液晶的折射率各向异性 Δn 不小于 0.1。

反射型液晶显示装置、显示设备及投影系统

技术领域

[0001] 本发明涉及一种反射型液晶显示装置(reflection type liquid crystaldisplay device),其中透光电极和反光电极彼此相对地布置,垂直配向的液晶插入它们之间,本发明还涉及一种使用所述反射型液晶显示装置的显示设备 (display apparatus),以及一种使用所述反射型液晶显示装置的投影系统。

背景技术

[0002] 在依据相关技术的反射型液晶显示装置中,垂直配向的液晶层厚度是 3-4μm,液晶透射率和驱动电压的关系曲线(下文中称为 V-T 曲线)具有这样的特征,例如,在阈值电压约为 2V 时上升,而在外加电压 (impressedvoltage) 为 4-6V 时达到最大值。这个电压称为饱和电压。通过在每帧或半帧 (field) 的基础上反转正 / 负电压来驱动液晶显示装置,实际中,以最大电压为 ±4-6V 来驱动这些装置。

[0003] 这里,液晶显示装置用在由 R(红)、G(绿)和 B(蓝)三种颜色面板构成的三面板式投影系统中,饱和电压根据颜色的波长而不同。这是因为被称为延迟 (retardation) 的光程差必须是波长的一半,以使液晶的透射率(在反射型液晶晶胞的情况下为反射率)最大化。延迟是用有效折射率各向异性的大小和晶胞厚度的乘积表示的量,并且当外加电压时,有效折射率各向异性增加。随着波长变短,它足以令有效折射率各向异性变小,因此足以令外加电压更低。具体来说,对于 450nm 的蓝色波长而言,饱和电压是最低的,而对于绿色波长区 (550nm) 而言,饱和电压是第二低的。

[0004] 在除了投影系统之外的其他系统使用的白灯中,液晶显示装置的饱和电压基本上与绿色的饱和电压相同。然而,由于红色波长是 650nm,饱和电压是最高的,通常,投影系统内的液晶显示装置的饱和电压比白灯情形下的饱和电压高约 30% -50%。因此,即使在 ±5-6V 的电压下能驱动白灯,但三面板式投影系统内用于红色的饱和电压很可能会超过 6V。

[0005] 甚至在这种情形下,只有在 4-6V 的电压下才能驱动普通 Si(硅)晶体管,这样在红色液晶显示装置(面板)的情形下,不可能显示出面板固有的最大反射比。在三面板式投影中,RGB 亮度必须匹配,以便能通过降低本质上能显示最大反射比的绿色和蓝色面板的亮度利用它们。

[0006] 另一方面,不但在反射型的情形下而且在透射型的情形下,在两个相对基板之间的电极结构和形状方面,普通液晶显示装置是不对称的,这样没有实现完美的电气对称关系。当在这种情形下电压长时间施加在装置上时,出现所谓的荧光屏图像保留现象 (sticking phenomenon),其中包含在液晶层内的离子移动并粘附到一侧上的电极上。在相同类型的液晶显示装置中,驱动电压越高,荧光屏图像保留越可能出现 ;通常,认为荧光屏图像保留的程度与驱动电压的平方成正比。即,降低饱和电压可抑制荧光屏图像保留的产生。根据这个观点,一种即使在低压驱动时也能得到高对比度的反射型液晶显示装置,在日本专利公开 No. 2003-107482 中公开了。

[0007] 然而，在依据相关技术使用垂直配向液晶的显示装置中，由于液晶层厚度降低，可以设计更高的响应速度和更高的对比度，但饱和电压上升，结果对驱动电压的降低起到负面影响。此外，当使用折射率各向异性高的液晶时，同时液晶层的厚度保持在 3-4μm，可以降低饱和电压，但难以提高响应速度，不可能获得高对比度，因此在提高性能方面出现限制。

发明内容

[0008] 因此，本发明的目的是解决上述问题，即，通过降低液晶膜的厚度来设计更高的响应速度和更高的对比度，以及通过降低饱和电压来设计更低的驱动电压。

[0009] 为了实现上述目的，依据本发明的诸方面，提供一种反射型液晶显示装置，一种显示设备，以及一种投影系统，其中配备透光电极（透明电极）的第一基板和配备反光电极的第二基板彼此相对布置，以便所述透光电极和所述反光电极彼此相对，由垂直配向液晶构成的液晶层插入它们之间，其中满足条件：$d \cdot \Delta n \cdot |\Delta\varepsilon|^2 \geq 5$，$d \leq 2.5$，以及 $|\Delta\varepsilon| \geq 5.5$，这里，d(μm) 是所述液晶层的厚度，Δn 是所述垂直配向液晶的折射率各向异性，$|\Delta\varepsilon|$ 是所述垂直配向液晶的介电常数各向异性。

[0010] 依据上述本发明，满足条件：$d \cdot \Delta n \cdot |\Delta\varepsilon|^2 \geq 5$，$d \leq 2.5$，以及 $|\Delta\varepsilon| \geq 5.5$，这里，d(μm) 是所述液晶层的厚度，Δn 是所述垂直配向液晶的折射率各向异性，$|\Delta\varepsilon|$ 是所述垂直配向液晶的介电常数各向异性，从而能够抑制饱和电压由于液晶层的变薄而上升。

[0011] 另外，依据本发明的显示设备和投影系统各自包括反射型液晶显示装置和驱动电路，所述反射型液晶显示装置满足条件：$d \cdot \Delta n \cdot |\Delta\varepsilon|^2 \geq 5$ 和 $d \leq 2.5$，而所述驱动电路用于在所述反射型液晶显示装置上施加预定电压，其中按照入射在所述反射型液晶显示装置上的光波长来设定由所述驱动电路施加在所述反射型液晶显示装置上的最大驱动电压，或者作为选择，所述驱动电路配置成这样，以便能够改变施加在所述反射型液晶显示装置上的最大驱动电压。

[0012] 因此，根据本发明，能够通过薄化液晶层来提高响应速度和对比度，并且在绿色(550nm)、蓝色 (450nm) 和白灯的情形下，能够在不大于 4V 的低压下实现驱动，甚至在红色(650nm) 的情形下，能够在 5-6V 的低压下实现驱动，在三面板式投影中，用于红色的饱和电压是最高的。简而言之，依据本发明，能够抑制饱和电压上升，甚至使用薄型液晶显示装置，也能够实现低压驱动，同时具有高速响应性能和高对比度，并且能够设计成降低功耗和防止荧光屏图像保留。

附图说明

[0013] 根据下面结合附图的说明及附属的权利要求书，本发明的上述及其他目的、特征和优点将变得显而易见，其中：

[0014] 图 1 是能应用于本实施例的液晶显示装置的结构的示意剖视图；

[0015] 图 2 是表示饱和电压与 $d \cdot \Delta n \cdot |\Delta\varepsilon|^2$ 的关系的图；

[0016] 图 3 是表示本发明实例和比较实例的表；

[0017] 图 4 是表示 R(红) 的饱和电压与 $d \cdot \Delta n \cdot |\Delta\varepsilon|^2$ 的关系的图；以及

[0018] 图 5 是表示实例的示意图，其中反射型液晶显示装置应用于投影系统。

具体实施方式

[0019] 现在，将在下文中根据附图描述本发明的实施例。图 1 是能应用于本实施例的液晶显示装置 1 的结构的示意剖视图。作为反射型液晶显示装置，该液晶显示装置包括 Si（硅）或其他单晶半导体基板 (Si 驱动电路基板 10) 和玻璃基板 15，Si 驱动电路基板 10 配备具有像素结构的反光电极 11，玻璃基板 15 配备透明电极 14 并与其相对，这两个基板彼此相对地布置，垂直配向的液晶 20 密封在它们之间。

[0020] 在反射型液晶显示装置 1 中，Si 驱动电路基板 10 具有一种结构，其中每个由晶体管 (CMOS 或 n 沟道 MOS) 和电容器构成的驱动电路都形成在单晶硅基板上，并且由 Al（铝）、Ag（银）或类似金属膜构成的反光电极 11 都形成在其上。反光电极 11 把反光膜与在液晶上施加电压的电极结合在一起。在反光电极 11 上，可以形成多层介电膜来增强反射率或作为金属表面的保护膜。另外，液晶配向膜 12 形成在反光电极 11 和垂直配向的液晶 20 之间，并且液晶配向膜 13 形成在玻璃基板 15 的透明电极 14 和垂直配向的液晶 20 之间。

[0021] 这里，如日本专利公开 No. 2003-107482 中所述，在晶胞厚度不大于 2.0μm 的垂直配向的液晶晶胞中，通过把折射率各向异性 Δn 控制在不小于 0.1 的值，可以使驱动电压为 5-6V。然而，为了进一步降低驱动电压，特别是 4V 或更低，只通过控制 Δn 进行调节会在选择材料方面产生限制。

[0022] 另一方面，本发明人已经发现，介电常数各向异性 |Δε| 的大小也与驱动电压有关系，而且详细的研究已经显示，液晶层的厚度 d(μm)、折射率各向异性 Δn 和介电常数各向异性 |Δε| 的大小都与驱动电压（饱和电压）有关系。因此，已经发现，在这些因素的相关表达式满足条件 $d \cdot \Delta n \cdot |\Delta \varepsilon|^2 \geq 5$ 的情形下，可以使驱动电压不大于 4V。

[0023] 顺便说一下，考虑到以下事实，即可以用作垂直配向液晶装置的液晶材料的 Δn 为 0.07-0.2 且 |Δε| 为 4-10，不管液晶材料是什么类型，都满足上述条件，因为液晶层的厚度 d 不小于 5μm，这与本发明的本质相反。此外，尽管当 d 是 3-4μm 时，通过使用具有高 Δn 的液晶可以降低驱动电压，但从下列公式中可以看出，从响应速度的角度来看，这样的方法缺乏实用性。即，响应时间与液晶层厚度的平方成正比，而与驱动电压的平方成反比。

[0024] 上升时间 $:\tau on = \gamma \cdot d^2 / \left[\varepsilon(0) \cdot \Delta\varepsilon \cdot \left(V^2 - V_C^{\,2}\right)\right]$

[0025] 下降时间：$\tau off = \gamma \cdot d^2 / K \cdot \pi^2$

[0026] 其中 γ 是液晶粘度，ε (0) 是真空下的介电常数，V 是施加在液晶上的电压，V_C 是阈值电压，K 是液晶的弹性常数。

[0027] 因此，为了降低驱动电压，同时保持液晶装置的实用性，必须同时减小液晶层的厚度。

[0028] 本实施例表明，在液晶层厚度比相关技术的装置更薄、不大于 2.5μm 的液晶装置中，满足 $d \cdot \Delta n \cdot |\Delta \varepsilon|^2 \geq 5$ 的条件提供了一种方法，用于实现驱动电压的降低。

[0029] 图 2 是表示饱和电压与关系式 $d \cdot \Delta n \cdot |\Delta \varepsilon|^2$ 的关系的图。顺便说一下，本图中表示的关系是假设光波长为 550nm 的前提下获得的。从本图中能看出，如果 $d \cdot \Delta n \cdot |\Delta \varepsilon|^2 \geq 5$，则饱和电压不大于 4V。

[0030] 在下文中，将与比较实例一起描述满足上述关系的本发明实例。图 3 是表示本发

明实例和比较实例的表。现在，将在下文中按顺序描述比较实例和实例。

[0031] [比较实例 A]

[0032] 按照下列方式制造垂直配向液晶显示装置。清洗配备透明电极的玻璃基板和配备 Al 电极的 Si 驱动电路基板，然后将其引入气相淀积设备，通过以范围在 45° -60° 的气相淀积角进行倾斜气相淀积，使作为液晶配向膜的 SiO_2 膜形成在它们之上。液晶配向膜的膜厚控制在 50nm，液晶的预倾斜角控制在约 2.5° 。此后，通过使用混合有玻璃珠的密封件，使形成液晶配向膜之后的两个基板以 2.5μm 的间隔彼此粘合在一起，在它们之间密封如下所述的垂直配向的液晶，以制造反射型液晶显示装置。使用的液晶 $\Delta n = 0.082$，$|\Delta \varepsilon| = 4.1$，$d \cdot \Delta n \cdot |\Delta \varepsilon|^2 = 3.45$，饱和电压（在 550nm 下测量）= 6.5V。

[0033] [比较实例 B]

[0034] 按照下列方式制造垂直配向液晶显示装置。清洗配备透明电极的玻璃基板和配备 Al 电极的 Si 驱动电路基板，然后将其引入气相淀积设备，通过以范围在 45° -60° 的气相淀积角进行倾斜气相淀积，使作为液晶配向膜的 SiO_2 膜形成在它们之上。液晶配向膜的膜厚控制在 50nm，液晶的预倾斜角控制在约 2.5° 。此后，通过使用混合有玻璃珠的密封件，使形成液晶配向膜之后的两个基板以 1.9μm 的间隔彼此粘合在一起，在它们之间密封在比较实例 A 中描述的垂直配向的液晶，以制造反射型液晶显示装置。使用的液晶 $d \cdot \Delta n \cdot |\Delta \varepsilon|^2 = 2.62$，饱和电压（在 550nm 下测量）= 10V。

[0035] [比较实例 C]

[0036] 按照下列方式制造垂直配向液晶显示装置。清洗配备透明电极的玻璃基板和配备 Al 电极的 Si 驱动电路基板，然后将其引入气相淀积设备，通过以范围在 45° -60° 的气相淀积角进行倾斜气相淀积，使作为液晶配向膜的 SiO_2 膜形成在它们之上。液晶配向膜的膜厚控制在 50nm，液晶的预倾斜角控制在约 2.5° 。此后，通过使用混合有玻璃珠的密封件，使形成液晶配向膜之后的两个基板以 1.9μm 的间隔彼此粘合在一起，在它们之间密封如下所述的垂直配向的液晶，以制造反射型液晶显示装置。使用的液晶 $\Delta n = 0.103$，$|\Delta \varepsilon| = 5.0$，$d \cdot \Delta n \cdot |\Delta \varepsilon|^2 = 4.89$，饱和电压（在 550nm 下测量）= 4.4V。

[0037] [比较实例 D]

[0038] 按照下列方式制造垂直配向液晶显示装置。清洗配备透明电极的玻璃基板和配备 Al 电极的 Si 驱动电路基板，然后将其引入气相淀积设备，通过以范围在 45° -60° 的气相淀积角进行倾斜气相淀积，使作为液晶配向膜的 SiO_2 膜形成在它们之上。液晶配向膜的膜厚控制在 50nm，液晶的预倾斜角控制在约 2.5° 。此后，通过使用混合有玻璃珠的密封件，使形成液晶配向膜之后的两个基板以 1.9μm 的间隔彼此粘合在一起，在它们之间密封如下所述的垂直配向的液晶，以制造反射型液晶显示装置。使用的液晶 $\Delta n = 0.103$，$|\Delta \varepsilon| = 4.0$，$d \cdot \Delta n \cdot |\Delta \varepsilon|^2 = 3.13$，饱和电压（在 550nm 下测量）= 6.5V。

[0039] [实例 1]

[0040] 按照与上面比较实例中相同的方式，以下列方式制造垂直配向液晶显示装置。清洗配备透明电极的玻璃基板和配备 Al 电极的 Si 驱动电路基板，然后将其引入气相淀积设备，通过以范围在 45° -60° 的气相淀积角进行倾斜气相淀积，使作为液晶配向膜的 SiO_2 膜形成在它们之上。液晶配向膜的膜厚控制在 50nm，液晶的预倾斜角控制在约 2.5° 。此后，通过使用混合有玻璃珠的密封件，使形成液晶配向膜之后的两个基板以 2.4μm 的间隔

彼此粘合在一起，在它们之间密封如下所述的垂直配向的液晶，以制造反射型液晶显示装置。使用的液晶 $\Delta n = 0.111$，$|\Delta \varepsilon| = 7.0$，$d \cdot \Delta n \cdot |\Delta \varepsilon|^2 = 13.1$，饱和电压（在 550nm 下测量）= 2.8V。

[0041] [实例 2]

[0042] 按照与上面比较实例和实例中相同的方式，以下列方式制造垂直配向液晶显示装置。清洗配备透明电极的玻璃基板和配备 Al 电极的 Si 驱动电路基板，然后将其引入气相淀积设备，通过以范围在 45° -60° 的气相淀积角进行倾斜气相淀积，使作为液晶配向膜的 SiO_2 膜形成在它们之上。液晶配向膜的膜厚控制在 50nm，液晶的预倾斜角控制在约 2.5°。此后，通过使用混合有玻璃珠的密封件，使形成液晶配向膜之后的两个基板以 1.9μm 的间隔彼此粘合在一起，在它们之间密封实例 1 中使用的垂直配向的液晶，以制造反射型液晶显示装置。结果，$d \cdot \Delta n \cdot |\Delta \varepsilon|^2 = 10.3$，饱和电压（在 550nm 下测量）= 3.4V。

[0043] [实例 3]

[0044] 按照与上面比较实例和实例中相同的方式，以下列方式制造垂直配向液晶显示装置。清洗配备透明电极的玻璃基板和配备 Al 电极的 Si 驱动电路基板，然后将其引入气相淀积设备，通过以范围在 45° -60° 的气相淀积角进行倾斜气相淀积，使作为液晶配向膜的 SiO_2 膜形成在它们之上。液晶配向膜的膜厚控制在 50nm，液晶的预倾斜角控制在约 2.5°。此后，通过使用混合有玻璃珠的密封件，使形成液晶配向膜之后的两个基板以 1.9μm 的间隔彼此粘合在一起，在它们之间密封如图 3 的表中所示的垂直配向的液晶，以制造反射型液晶显示装置。使用的液晶 $\Delta n = 0.140$，$|\Delta \varepsilon| = 6.3$，$d \cdot \Delta n \cdot |\Delta \varepsilon|^2 = 10.6$，饱和电压（在 550nm 下测量）= 2.8V。

[0045] [实例 4]

[0046] 按照与上面比较实例和实例中相同的方式，以下列方式制造垂直配向液晶显示装置。清洗配备透明电极的玻璃基板和配备 Al 电极的 Si 驱动电路基板，然后将其引入气相淀积设备，通过以范围在 45° -60° 的气相淀积角进行倾斜气相淀积，使作为液晶配向膜的 SiO_2 膜形成在它们之上。液晶配向膜的膜厚控制在 50nm，液晶的预倾斜角控制在约 2.5°。此后，通过使用混合有玻璃珠的密封件，使形成液晶配向膜之后的两个基板以 1.7μm 的间隔彼此粘合在一起，在它们之间密封实例 3 中使用的垂直配向的液晶，以制造反射型液晶显示装置。结果，$d \cdot \Delta n \cdot |\Delta \varepsilon|^2 = 9.45$，饱和电压（在 550nm 下测量）= 3.4V。

[0047] [实例 5]

[0048] 按照与上面比较实例和实例中相同的方式，以下列方式制造垂直配向液晶显示装置。清洗配备透明电极的玻璃基板和配备 Al 电极的 Si 驱动电路基板，然后将其引入气相淀积设备，通过以范围在 45° -60° 的气相淀积角进行倾斜气相淀积，使作为液晶配向膜的 SiO_2 膜形成在它们之上。液晶配向膜的膜厚控制在 50nm，液晶的预倾斜角控制在约 2.5°。此后，通过使用混合有玻璃珠的密封件，使形成液晶配向膜之后的两个基板以 1.5μm 的间隔彼此粘合在一起，在它们之间密封实例 3 和 4 中使用的垂直配向的液晶，以制造反射型液晶显示装置。结果，$d \cdot \Delta n \cdot |\Delta \varepsilon|^2 = 8.33$，饱和电压（在 550nm 下测量）= 3.9V。

[0049] [实例 6-11]

[0050] 按照与上面比较实例和实例中相同的方式，以下列方式制造垂直配向液晶显示装置。清洗配备透明电极的玻璃基板和配备 Al 电极的 Si 驱动电路基板，然后将其引入气相淀

积设备，通过以范围在 45° -60° 的气相淀积角进行倾斜气相淀积，使作为液晶配向膜的 SiO_2 膜形成在它们之上。液晶配向膜的膜厚控制在 50nm，液晶的预倾斜角控制在约 2.5° 。此后，通过使用混合有玻璃珠的密封件，使形成液晶配向膜之后的两个基板以 1.9μm 或 2.5μm 的间隔彼此粘合在一起，在它们之间密封如图 3 的表中所示的垂直配向的液晶，以制造反射型液晶显示装置。结果，$d \cdot \Delta n \cdot |\Delta \varepsilon|^2 = 6.14\text{-}10.7$，饱和电压（在 550nm 下测量）= 3.1-3.9V。

[0051] 顺便说一下，如果 $|\Delta n|$ 不小于 0.15，例如是 0.16 或 0.17 等，获得了与上面相同的效果。此外，如果 $|\Delta \varepsilon|$ 不小于 7，例如是 8 或 9 等，获得了与上面相同的效果。因此，当 $d \cdot \Delta n \cdot |\Delta \varepsilon|^2 \geq 5$ 时，可以使饱和电压不大于 4V。

[0052] 这里，在 R（红）、G（绿）和 B（蓝）的情形中，考虑到波长关系，将饱和电压最高的 R（红）的情形作为实例进行描述。图 4 是表示 R（红）的饱和电压与 $d \cdot \Delta n \cdot |\Delta \varepsilon|^2$ 的关系的图。本图中所示的关系是在假设光波长是 650nm 的前提下获得的。

[0053] 具体来说，上面实例 2 中的饱和电压（红）是 4.5V，实例 3 中的饱和电压（红）是 3.3V，实例 6 中的饱和电压（红）是 4.2V，实例 9 中的饱和电压（红）是 5.0V，实例 10 中的饱和电压（红）是 4.3V，实例 11 中的饱和电压（红）是 5.0V，比较实例 B 中的饱和电压（红）是 15V，比较实例 C 中的饱和电压（红）是 7V，比较实例 D 中的饱和电压（红）是 12V。

[0054] 如图 4 所示，对于 R（红），饱和电压（红）的阈值在 $d \cdot \Delta n \cdot |\Delta \varepsilon|^2$ 的值为 6 的位置附近。另外，在更实用的晶胞厚度 $d = 2.0\mu m$ 和 $\Delta n = 0.1$ 的条件下，为了满足 $d \cdot \Delta n \cdot |\Delta \varepsilon|^2 \geq 6$，需要 $|\Delta \varepsilon|$ 值不小于 5.5。

[0055] 这里，将更多地描述 $d \cdot \Delta n \cdot |\Delta \varepsilon|^2$ 的相互关系表达式。当反射型液晶显示装置中的反射率达到最大值时，光程差是此时波长的一半 (1/2)。由于在反射型液晶显示装置中，考虑到前进和返回，可以认为 d 变为两倍，因此 $d \cdot \Delta n(\text{eff})$ 是 $\lambda/4$。

[0056] $\Delta n(\text{eff})$ 是 Δn 的有效值，即实际折射率各向异性。Δn 是液晶材料固有的物理值，在实际的垂直配向液晶装置中，使用中的折射率各向异性 $\Delta n(\text{eff})$ 表示如下。

[0057] $$\Delta n(eff) = n(//) \cdot n(\perp) / \sqrt{(n(//)^2 \cdot \cos^2(\theta) + n(\perp)^2 \cdot \sin^2(\theta))} - n(\perp)$$

[0058] 其中 n(//) 是液晶长轴 (major axis) 方向上的折射率，n(⊥) 是液晶短轴 (minor axis) 方向上的折射率，而 θ 是液晶分子的倾角。

[0059] 通过设定使用的液晶分子的倾角 θ，即用于驱动反射型液晶装置的电压，以便满足反射型液晶装置中反射率（输出光相对入射光的比）的条件而达到最大值，可以获得高的光输出。

[0060] 此外，由于 θ 是施加电压时液晶倾斜的角度，θ 值的范围本质上可以是 0° 到 90° 。然而，考虑到实际装置中 θ 最大约为 60° 的事实，即使在液晶材料的 Δn 值例如为 0.1 的情况下，实际装置中的 $\Delta n(\text{eff})$ 最大也不大于约 0.08（Δn 的 80%）。

[0061] 基于上述考虑，概括上述关系，$d \cdot \Delta n(\text{eff}) = \lambda/4$，即 $d \cdot 0.8\Delta n = \lambda/4$，$d \cdot \Delta n = \lambda/3.2$。因此，由于对于绿色 $\lambda = 0.55\mu m$，为了使 $d \cdot \Delta n \cdot |\Delta \varepsilon|^2$ 不小于 5，必须使 $|\Delta \varepsilon|$ 不小于 5.4（优选为不小于 5.5）。因此，通过满足 $|\Delta \varepsilon| \geq 5.5$，在以不大于 4V 的饱和电压进行驱动的条件下使用时，使液晶倾角充分最大化，从而提高相对于所施加电压的图像的层次 (gradation) 特性（液晶分子倾角的可控性）。

[0062] 图 5 是表示依据本实施例的反射型液晶显示装置应用于投影系统的实例的示意图。在本图中，投影系统 100 包括灯光源 101、透镜单元 102、二色性分色滤光器 103、分色镜 110、全反射镜 108、109、分束器 104r、104g、104b、反射型液晶显示装置 1r、1g、1b、驱动电路 105r、105g、105b、棱镜 106、以及投影透镜 107。

[0063] 灯光源 101 输出包含 R（红）、G（绿）和 B（蓝）三种颜色成分的光，由例如金属卤素灯、超高压汞灯等构成。透镜单元 102 聚集从灯光源 101 输出的光，以便适当照亮反射型液晶显示装置 1r，1g，1b。透镜单元 102 可以与一对蝇眼透镜配置在一起，用于平坦化来自灯光源 101 的光输出。二色性分色滤光器 103 和分色镜 110 把输入光分成预定颜色光线。分束器 104r，104g，104b 是多个装置，用于通过传输预定偏振光（例如 P 偏振光）而分离光的偏振光成分，同时反射与预定偏振光偏振方向不同的偏振方向上的光（例如垂直于 P 偏振光的 S 偏振光）。棱镜 106 是用于合成从三个方向入射的颜色光线并发射合成光的装置，由例如所谓的交叉二色性棱镜 (cross-dichroic prism) 构成，在交叉二色性棱镜中，以交叉的方式布置二色性滤光器。

[0064] 在这个系统中，从灯光源 101 发射的光穿过透镜单元 102 发送给二色性分色滤光器 103，在这里光以不同颜色光线的形式分为两个方向。通过全反射镜 108、109，分束器 104r、104g、104b，分色镜 110 以及棱镜 106，把如此分成两个方向的颜色光线发送给显示单元，显示单元由与 R（红）、G（绿）和 B（蓝）三种颜色对应的反射型液晶显示装置 1r、1g、1b 构成。

[0065] 例如，来自灯光源 101 的光由二色性分色滤光器 103 进行分色，包含 R（红）和 G（绿）成分光线的颜色光线由全反射镜 108 反射而提供给分色镜 110，在分色镜 110 中通过分色而获得并进行传输的 R（红）成分光线，穿过分束器 104r，入射在与 R（红）对应的反射型液晶显示装置 1r 上。另一方面，来自灯光源 101 的光由二色性分色滤光器 103 进行分色，包含 R（红）和 G（绿）成分光线的颜色光线由全反射镜 108 反射而提供给分色镜 110，由分色镜 110 分色并反射的 G（绿）成分光线，穿过分束器 104g，入射在与 G（绿）对应的反射型液晶显示装置 1g 上。来自灯光源 101 的光由二色性分色滤光器 103 进行分色，包含 B（蓝）成分光线的颜色光线由全反射镜进行反射，穿过分束器 104b，入射在与 B（蓝）对应的反射型液晶显示装置 1b 上。

[0066] 分别由相应的驱动电路 105r、105g、105b 来驱动反射型液晶显示装置 1r、1g、1b。具体来说，基于分别与这些颜色对应的图像信号，电压施加在每个像素上，穿过分束器 104r、104g、104b 入射的偏振光线的偏振面通过液晶层进行光学旋转，旋转偏振光在传出之前由反光电极 11 进行反射。分束器 104r、104g、104b 向棱镜 106 输出出射光的预定偏振光成分作为图像光线。这样输出的彩色图像光线由棱镜 106 进行合成，并且把合成的光发送给投影透镜 107。结果，与 R（红）、G（绿）和 B（蓝）三种颜色对应的图像投影在屏幕上（未图示），从而复制成彩色图像。

[0067] 在本实施例的投影系统 100 中，上述反射型液晶显示装置 1r、1g、1b 与 R（红）、G（绿）和 B（蓝）颜色对应地使用，以便能以高响应速度、高对比度和低电压来驱动这些装置。另一方面，因为用于 R（红）、G（绿）和 B（蓝）的反射型液晶显示装置 1r、1g、1b 的饱和电压不同，本实施例的特征在于，用于驱动反射型液晶显示装置 1r、1g、1b 的驱动电路 105r、105g、105b 的最大驱动电压不同。

[0068] 如上所述，在本实施例的反射型液晶显示装置 1r、1g、1b 中，饱和电压依赖波长而不同。例如，由于 G（绿）的波长是 550nm，而 B（蓝）的波长是 450nm，它们的饱和电压不大于 4V，而由于 R（红色）的波长是 650nm，它的饱和电压是 5-6V。因此，根据饱和电压的差别，从驱动电路 105r，105g，105b 给出的最大驱动电压在每个反射型液晶显示装置 1r、1g、1b 的基础上进行变化。另外，每个驱动电路 105r、105g、105b 这样配置，使得能可变地设定最大驱动电压，从而使它能对应于每种颜色的饱和电压。这样，能够依据各个颜色最优地控制反射型液晶显示装置 1r、1g、1b。自然，可以固定设置最优的最大驱动电压。

[0069] 依据本发明的反射型液晶显示装置不但能应用于上述投影系统，而且能应用于各种显示设备，例如用于直接显示图像而不投影在屏幕上的电子设备的显示器。

[0070] 本发明不局限于上述优选实施例的细节。本发明的范围由附属的权利要求进行定义，并且落入权利要求范围的等价物之内的所有改变和修改因此都由本发明包含。

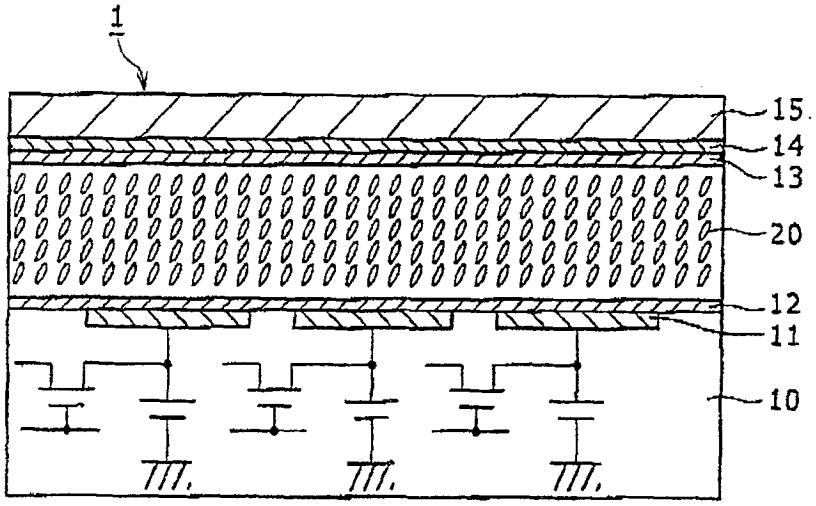


图 1

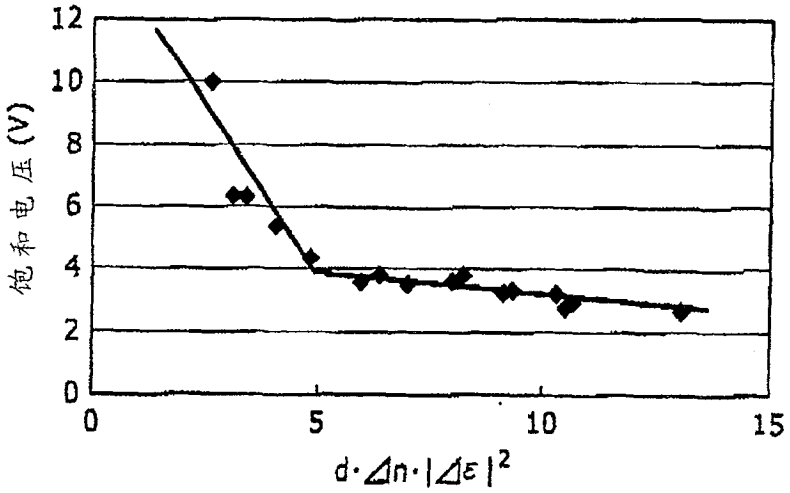


图 2

垂直配向液晶	晶胞厚度 (μm)	Δn	|Δε|	d·Δn·|Δε|²	饱和电压 (V)
实例1	2.4	0.111	7.0	13.1	2.8
实例2	1.9	〃	〃	10.3	3.4
实例3	1.9	0.140	6.3	10.6	2.8
实例4	1.7	〃	〃	9.45	3.4
实例5	1.5	〃	〃	8.33	3.9
实例6	1.9	0.115	7.0	10.7	3.1
实例7	2.5	0.103	5.0	6.44	3.9
实例8	1.9	0.150	5.0	7.13	3.6
实例9	1.9	0.115	5.3	6.14	3.7
实例10	1.9	0.118	6.4	9.18	3.3
实例11	1.9	0.104	6.4	8.09	3.8
比较实例A	2.5	0.082	4.1	3.45	6.5
比较实例B	1.9	〃	〃	2.62	10
比较实例C	1.9	0.103	5.0	4.89	4.4
比较实例D	1.9	0.103	4.0	3.13	6.5

图 3

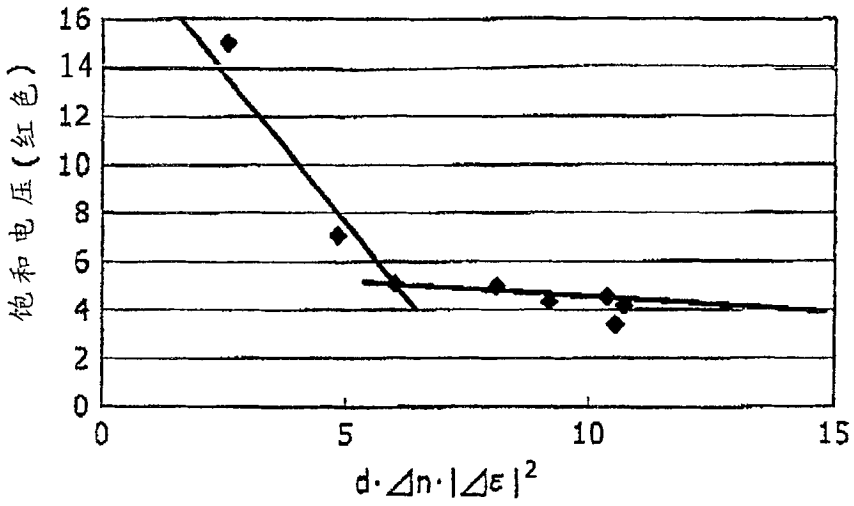


图 4

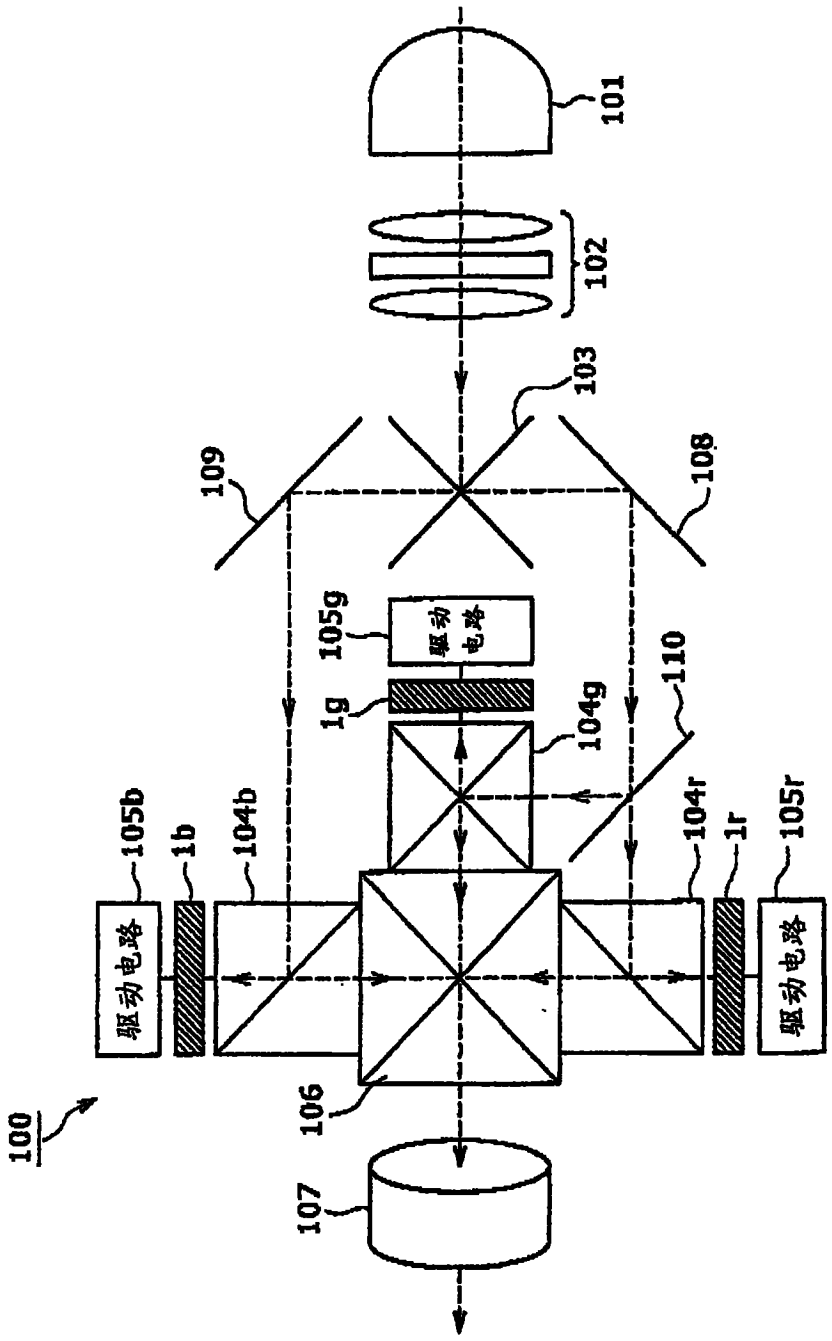

101
102
103
109
108
105g
驱动电路
1g
104g
110
105b
1b
104b
104r
1r
105r
驱动电路
驱动电路
106
100
107

图 5