[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
*G02F 1/1335 (2006.01)*
*G02F 1/1337 (2006.01)*
*G02F 1/1333 (2006.01)*

[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200610104301.4

[45] 授权公告日 2009 年 7 月 15 日

[11] 授权公告号 CN 100514144C

[22] 申请日 2006.8.4
[21] 申请号 200610104301.4
[30] 优先权
[32] 2005.10.14 [33] KR [31] 96890/05
[73] 专利权人 海帝士科技公司
地址 韩国京畿道
[72] 发明人 金完哲 徐东灒 朴荣一
[56] 参考文献
CN1680857A 2005.10.12
JP2004－94039A 2004.3.25
US2005/0179840A1 2005.8.18
CN1661442A 2005.8.31
审查员 郑 颖

[74] 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所
代理人 张 波

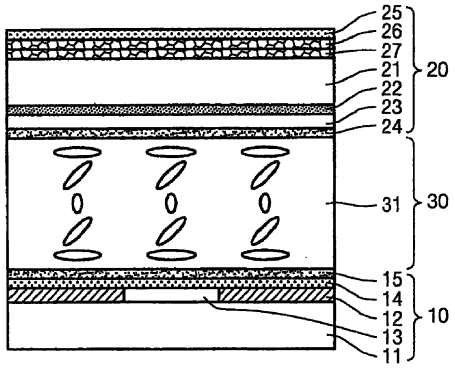
权利要求书 3 页 说明书 8 页 附图 5 页

[54] 发明名称

# 具有高透射和宽视角特性的透射反射型液晶显示装置

[57] 摘要

本发明公开一种具有高透射和宽视角特性的透射反射型 LCD 装置。 该透射反射型 LCD 装置包括：第一和第二基板，彼此相对地设置；反射和透明电极，形成在所述第一基板的一个表面上；下偏振板，形成在上述电极上；下配向层，布置在所述下偏振板上；滤色器，形成在所述第二基板的一个表面上；透明公共电极，形成在所述滤色器上；上配向层，形成在所述透明公共电极上；两延迟膜，顺序附着到所述第二基板的外部分；上偏振板，附着到所述两延迟膜；以及液晶层，包括置于所述第一和第二基板之间的多个液晶分子。



1. 一种透射反射型液晶显示装置，包括:

第一和第二基板，彼此相对地布置;

反射和透明电极，形成在所述第一基板的一个表面上同时面对所述第二基板;

下偏振板，形成在所述反射和透明电极上;

下配向层，布置在所述下偏振板上;

滤色器，形成在所述第二基板的一个表面上同时面对所述第一基板;

透明公共电极，形成在所述滤色器的面对所述第一基板的表面上;

上配向层，形成在所述透明公共电极的面对所述第一基板的表面上;

两延迟膜，顺序附着到所述第二基板的与所述第一基板相反的表面;

上偏振板，形成在所述两延迟膜上；以及

液晶层，包括置于所述第一和第二基板之间的多个液晶分子，

其中所述两延迟膜的光透射轴以 87° - 93° 角彼此交叉。

2. 如权利要求 1 所述的透射反射型液晶显示装置，其中所述下偏振板的透射轴以 90 ± 3° 角与所述上偏振板的透射轴交叉。

3. 如权利要求 1 所述的透射反射型液晶显示装置，其中所述延迟膜包括盘形液晶分子。

4. 如权利要求 1 所述的透射反射型液晶显示装置，其中所述下配向层的摩擦角为-45 ± 3°，所述上配向层的摩擦角为 45 ± 3°。

5. 如权利要求 1 所述的透射反射型液晶显示装置，其中所述下配向层的摩擦方向以 0 ± 3° 角与所述下偏振板的透射轴交叉。

6. 如权利要求 1 所述的透射反射型液晶显示装置，其中所述两延迟膜中的更接近所述上偏振板的一个延迟膜的光透射轴对应于所述下配向层的摩擦方向，所述两延迟膜中的更接近所述第二基板的一个延迟膜的光透射轴对应于所述上配向层的摩擦方向。

7. 如权利要求 3 所述的透射反射型液晶显示装置，其中当光波长为 550nm ± 10nm 时，所述延迟膜沿垂直方向的光相位延迟值为 50 至 200nm 且盘形液晶分子的平均倾角度为 0 至 30°。

8. 如权利要求 1 所述的透射反射型液晶显示装置，其中所述液晶层包

括 TN 液晶分子。

9. 如权利要求 1 所述的透射反射型液晶显示装置，其中当光波长为 550nm ± 10nm 时所述液晶分子的 dΔn 为 0.30 至 0.50μm。

10. 一种透射反射型液晶显示装置，包括:

第一和第二基板，彼此相对地布置;

反射和透明电极，形成在所述第一基板的一个表面上同时面对所述第二基板;

下偏振板，形成在所述反射和透明电极上;

下配向层，布置在所述下偏振板上;

滤色器，形成在所述第二基板的一个表面上同时面对所述第一基板;

透明公共电极，形成在所述滤色器的一个表面上同时面对所述第一基板;

上偏振板，附着到所述透明公共电极的一个表面同时面对所述第一基板;

两延迟膜，顺序附着到所述上偏振板的一个表面同时面对所述第一基板;

上配向层，布置在所述两延迟膜的一个表面上同时面对所述第一基板;以及

液晶层，包括置于所述第一和第二基板之间的多个液晶分子，

其中所述两延迟膜的光透射轴以 87° - 93° 角彼此交叉。

11. 如权利要求 10 所述的透射反射型液晶显示装置，其中所述下偏振板的透射轴以 90 ± 3° 角与所述上偏振板的透射轴交叉。

12. 如权利要求 10 所述的透射反射型液晶显示装置，其中所述延迟膜包括盘形液晶分子。

13. 如权利要求 10 所述的透射反射型液晶显示装置，其中所述下配向层的摩擦角为-45 ± 3°，所述上配向层的摩擦角为 45 ± 3°。

14. 如权利要求 10 所述的透射反射型液晶显示装置，其中所述下配向层的摩擦方向以 90 ± 3° 角与所述下偏振板的透射轴交叉。

15. 如权利要求 10 所述的透射反射型液晶显示装置，其中所述两延迟膜中的更接近所述上偏振板的一个延迟膜的光透射轴对应于所述下配向层的摩擦方向，所述两延迟膜中的更接近所述第二基板的一个延迟膜的光透射

轴对应于所述上配向层的摩擦方向。

16. 如权利要求 12 所述的透射反射型液晶显示装置，其中当光波长为 550nm ± 10nm 时，所述延迟膜沿垂直方向的光相位延迟值为 50 至 200nm 且盘形液晶分子的平均倾角为 0 至 30°。

17. 如权利要求 10 所述的透射反射型液晶显示装置，其中所述液晶层包括 TN 液晶分子，且当光波长为 550nm ± 10nm 时所述液晶分子的 dΔn 为 0.30 至 0.50μm。

18. 如权利要求 10 所述的透射反射型液晶显示装置，其中所述下配向层的摩擦角为-45 ± 3°，所述下配向层的摩擦方向以 90 ± 3° 角与所述下偏振板的透射轴交叉，所述上配向层的摩擦角为 45 ± 3°，所述上配向层的摩擦方向以 90 ± 3° 角与所述上偏振板的透射轴交叉。

# 具有高透射和宽视角特性的透射反射型液晶显示装置

## 技术领域

本发明涉及透射反射型液晶显示（LCD）装置。更特别地，本发明涉及具有高透射和宽视角特性的透射反射型 LCD 装置。

## 背景技术

如本领域所公知的，LCD 装置分为利用背光单元作为其光源的透射 LCD 装置和利用自然光作为其光源的反射 LCD 装置。由于透射 LCD 装置采用背光单元来产生光，所以它能在暗处显示亮图像。然而，这样的背光单元会增加透射 LCD 装置的功耗。相反，反射 LCD 利用自然光作为光源而没有采用背光单元，因此它能以低功耗显示图像。但是，反射 LCD 装置不能在暗处使用。

为了解决透射和反射 LCD 装置的上述问题，已经提出了透射反射型 LCD 装置。透射反射型 LCD 装置可根据环境选择性地用作透射 LCD 装置或反射 LCD 装置，从而它能在亮的地方以较低功耗显示图像，同时在暗的地方利用背光单元显示图像。

图 1 是示出传统透射反射型 LCD 装置的截面图。

如图 1 所示，传统透射反射型 LCD 装置包括阵列基板 10、与阵列基板 10 相对地布置的滤色器基板 20、以及置于阵列基板 10 与滤色器基板 20 之间包括液晶分子 32 的液晶层 30。

阵列基板 10 具有下玻璃基板 11，其上表面形成有反射电极 12 和透明电极 13。下偏振板 14 形成在包括反射电极 12 和透明电极 13 的下玻璃基板的整个表面之上。另外，下配向层 15 形成在下偏振板 14 上。

滤色器基板 20 具有上玻璃基板 21，其下表面形成有滤色器 22。透明公共电极 23 形成在滤色器 22 上，上配向层 24 形成在透明公共电极 23 上。另外，上偏振板 25 附着到上玻璃基板 21 的上表面。

根据具有上述结构的传统透射反射型 LCD 装置，下偏振板 14 容置于阵

列基板 10 中下配向层 15 与反射电极 12 之间，因此传统透射反射型 LCD 装置可以以单单元间隙(single cell gap)制造。另外，通过采用 90° TN（扭转向列）模式可以改善透射率。

一般地，延迟膜设置在透射反射型 LCD 装置的阵列基板和滤色器基板中从而改善透射反射型 LCD 装置的视角特性。然而，根据传统透射反射型 LCD 装置，下偏振板涂覆在阵列基板的下玻璃基板上，从而难以将延迟膜附着到下玻璃基板的内部部分。

当然，延迟膜可以附着到滤色器基板。但是，在该情况下，光补偿仅能沿一个方向实现。即，光补偿不能沿与所述一个方向垂直的方向实现，从而视角特性会被降低（SID 04'，PP. 1160-1109）。

发明内容

因此，进行本发明以解决发生在现有技术中的上述问题，且本发明的一个目的是提供一种即使偏振板容置于阵列基板中也能改善视角特性的透射反射型 LCD 装置。

为了实现上述目的，根据本发明的一个方面，提供一种透射反射型液晶显示（LCD）装置，包括：第一和第二基板，彼此相对地布置；反射和透明电极，形成在所述第一基板的一个表面上同时面对所述第二基板；下偏振板，形成在所述反射和透明电极上；下配向层，布置在所述下偏振板上；滤色器，形成在所述第二基板的一个表面上同时面对所述第一基板；透明公共电极，形成在所述滤色器上；上配向层，形成在所述透明公共电极上；两延迟膜，顺序附着到所述第二基板的外部部分；上偏振板，附着到所述两延迟膜的外延迟膜的外表面；以及液晶层，包括置于所述第一和第二基板之间的多个液晶分子。

根据本发明的优选实施例，所述下偏振板的透射轴以 $90 \pm 3^{\circ}$ 的角与所述上偏振板的透射轴交叉。

所述延迟膜包括盘形液晶分子，所述两延迟膜的光透射轴以 $90 \pm 3^{\circ}$ 的角彼此交叉。

所述下配向层的摩擦角为 $-45 \pm 3^{\circ}$，所述上配向层的摩擦角为 $45 \pm 3^{\circ}$。

所述下配向层的摩擦方向以 $0 \pm 3^{\circ}$ 的角与所述下偏振板的透射轴交叉。

布置在所述第二基板的外部分的上延迟膜的光透射轴对应于所述下配

向层的摩擦方向，布置在所述上偏振板上的下延迟膜的光透射轴对应于所述上配向层的摩擦方向。

当光波长为 550nm ± 10nm 时，所述延迟膜沿垂直方向的光相位延迟值为 50 至 200nm 且盘形液晶分子的平均倾斜角为 0 至 30°。

液晶层包括 TN 液晶分子，当光波长为 550nm ± 10nm 时所述液晶分子的 dΔn 为约 0.30 至 0.50μm。

根据本发明的第二方面，提供一种透射反射型液晶显示（LCD）装置，包括：第一和第二基板，彼此相对地布置；反射和透明电极，形成在所述第一基板的一个表面上同时面对所述第二基板；下偏振板，形成在所述反射和透明电极上；下配向层，布置在所述下偏振板上；滤色器，形成在所述第二基板的一个表面上同时面对所述第一基板；透明公共电极，形成在所述滤色器上；上偏振板，附着到所述透明公共电极的上表面；两延迟膜，顺序附着到所述上偏振板；上配向层，布置在所述两延迟膜的外延迟膜的外表面上；以及液晶层，包括置于所述第一和第二基板之间的多个液晶分子。

这里，所述下偏振板的透射轴以 90 ± 3° 角与所述上偏振板的透射轴交叉。

所述延迟膜包括盘形液晶分子，所述两延迟膜的光透射轴以 90 ± 3° 角彼此交叉。

所述下配向层的摩擦角为-45 ± 3°，所述上配向层的摩擦角为 45 ± 3°。

所述下配向层的摩擦方向以 90 ± 3° 角与所述下偏振板的透射轴交叉。

布置在所述上偏振板下方的上延迟膜的光透射轴对应于所述下配向层的摩擦方向，布置在所述上配向层上的下延迟膜的光透射轴对应于所述上配向层的摩擦方向。

当光波长为 550nm ± 10nm 时，所述延迟膜沿垂直方向的光相位延迟值为 50 至 200nm 且盘形液晶分子的平均倾角为 0 至 30°。

所述液晶层包括 TN 液晶分子，且当光波长为 550nm ± 10nm 时所述液晶分子的 dΔn 为约 0.30 至 0.50μm。

另外，所述下配向层的摩擦角为-45 ± 3°，所述下配向层的摩擦方向以 90 ± 3° 角与所述下偏振板的透射轴交叉，所述上配向层的摩擦角为 45 ± 3°，所述上配向层的摩擦方向以 90 ± 3° 角与所述上偏振板的透射轴交叉。

附图说明

通过下面结合附图的详细描述，本发明的上述和其它特征及优点将变得更加明显，附图中：

图 1 是示出传统透射反射型 LCD 装置的截面图；

图 2 是示出根据本发明一实施例的透射反射型 LCD 装置的截面图；

图 3 是示出在根据本发明一实施例的透射反射型 LCD 装置中使用的延迟膜的视图；

图 4 是示出根据本发明一实施例的透射反射型 LCD 装置中的延迟膜和 TN 液晶单元的结构的视图；

图 5 是透视图，示出根据本发明一实施例的透射反射型 LCD 装置中偏振板的透射轴、延迟膜的光透射轴、以及上和下配向层的摩擦方向；

图 6 是用于解释根据本发明一实施例的透射反射型 LCD 装置的视角特性的视图；

图 7 是示出根据本发明另一实施例的透射反射型 LCD 装置的截面图；以及

图 8 是透视图，示出根据本发明另一实施例的透射反射型 LCD 装置中偏振板的透射轴、延迟膜的光透射轴、以及上和下配向层的摩擦方向。

具体实施方式

现在将参照附图说明本发明的优选实施例。

首先将简要解释本发明的技术原理。根据本发明，当下偏振板容置于阵列基板中时，利用盘形(disc-shaped)液晶分子的两个延迟膜以这样的方式布置在滤色器基板的上偏振板之下，即，使两延迟膜的光透射轴以 $90 \pm 3^{o}$ 角彼此交叉。这里，两延迟膜的光透射轴通过平均化设置在延迟膜中的液晶分子的光透射轴而得到。

在该情况下，不仅沿一个方向，而且沿与所述一个方向垂直的方向也可以实现光补偿。因此，可以改善透射反射型液晶显示（LCD）装置的视角特性。

因此，根据本发明的透射反射型 LCD 装置可以表现出高透射率，因为下偏振板容置于阵列基板中，且由于具有彼此交叉的光透射轴的两延迟膜布置在滤色器基板中而能改善视角特性。

图 2 是示出根据本发明一实施例的透射反射型 LCD 装置的截面图。下面，将参照图 2 详细说明本发明。应注意，图 1 和图 2 中相同的附图标记用于指代相同的元件。

如图 2 所示，本发明的透射反射型 LCD 装置包括阵列基板 10、与阵列基板 10 相对地布置的滤色器基板 20、以及置于阵列基板 10 与滤色器基板 20 之间包括液晶分子 32 的液晶层 30。

阵列基板 10 具有下玻璃基板 11，其上表面形成有由具有卓越反射性的不透明金属构成的反射电极 12 和由透明金属例如 ITO 构成的透明电极 13。下偏振板 14 形成在包括反射电极 12 和透明电极 13 的下玻璃基板的整个表面之上。另外，下配向层 15 形成在下偏振板 14 上从而当电场未施加到液晶分子时决定液晶分子的初始配向方向。

滤色器基板 20 具有上玻璃基板 21，其下表面形成有 R、G 和 B 滤色器 22 以及黑矩阵（未示出）。公共电极 23 形成在滤色器 22 上。公共电极 23 由透明金属例如 ITO 构成，其与阵列基板 10 的反射电极 12 和透明电极 13 一起产生电场。类似于下配向层 15，上配向层 24 形成在公共电极 23 上从而当电场未施加到液晶分子时决定液晶分子的初始配向方向。另外，包括盘形液晶分子的两延迟膜 26 和 27 附着到上玻璃基板 21 的上表面。上偏振板 25 附着到延迟膜 26 的上表面。两延迟膜 26 和 27 通过利用具有盘形分子的液晶制造，其中两延迟膜的光透射轴以 $90 \pm 3^{\circ}$ 角彼此交叉，由此补偿 TN 液晶单元的上和下层产生的双折射。

液晶层 30 包括 $90^{\circ}$ TN 液晶分子从而改善其透射率。这里，当光波长是 $550nm \pm 10nm$ 时，所述液晶的 $d\Delta n$ 为约 0.30 至 0.50μm。

在上述结构中，下偏振板 14 容置于阵列基板 10 中透明电极 13 与下配向层 15 之间。这里，具有反射电极 12 的反射部分的单元间隙与具有透明电极 13 的透射部分的单元间隙相同，从而透射反射型 LCD 装置具有高透射特性。

图 3 是示出在根据本发明一实施例的透射反射型 LCD 装置中使用的延迟膜的视图，其中箭头代表通过平均化盘形液晶分子的光透射轴得到的光透射轴。

如图 3 所示，本发明的延迟膜可以通过连续改变盘形液晶分子 40 的配向而得到。即，配向盘形液晶分子 40 使得其相对于视角的相位差(phase

difference)可连续改变，由此改善视角特性。盘形液晶分子 40 在液晶层 30 的下边界区域附近水平配向，在液晶层 30 的上边界区域附近垂直配向。

图 3 右侧的图示出了用于计算沿垂直方向的相位延迟值（$R_{th}$）的公式以及盘形液晶分子的平均倾角（β）。

$R_{th} = [(Nx+Ny)/2-Nz] \times d$

例如，根据本发明，当光波长为 550nm ± 10nm 时，延迟膜沿垂直方向的相位延迟值（$R_{th}$）为 50 至 200nm。这时，盘形液晶分子 40 的平均倾角（β）为 0 至 30°。

图 4 是示出根据本发明一实施例的透射反射型 LCD 装置中的延迟膜和 TN 液晶单元的结构的视图。

如果电压施加到 TN 液晶层 30，一些液晶分子会在上和下基板附近 TN 液晶层 30 的上和下部分处水平配向且一些液晶分子在 TN 液晶层 30 的中心部分垂直配向。由于液晶分子的配向状态会根据视角而改变，TN 液晶层 30 会表现出相位差。因此，有必要通过利用延迟膜来补偿所述相位差从而改善视角特性。

为此，根据本发明的透射反射型 LCD 装置包括两延迟膜 26 和 27，其以这样的方式布置在滤色器基板的上偏振板之下，即，两延迟膜 26 和 27 的光透射轴以 90 ± 3° 角彼此交叉。这时，上延迟膜 26 的光透射轴对应于阵列基板的下配向层的摩擦方向(rubbing direction)，由此补偿 TN 液晶层 30 的下液晶层中发生的双折射。另外，下延迟膜 27 的光透射轴对应于滤色器基板的上配向层的摩擦方向，由此补偿 TN 液晶层 30 的上液晶层中发生的双折射。因此，根据本发明的透射反射型 LCD 装置具有宽视角特性。

图 5 是透视图，示出根据本发明一实施例的透射反射型 LCD 装置中偏振板的透射轴、延迟膜的光透射轴、以及上和下配向层的摩擦方向。

如图 5 所示，阵列基板的下配向层的摩擦角是-45 ± 3°，滤色器基板的上配向层的摩擦角是 45 ± 3°。这时，下配向层的摩擦方向与下偏振板 14 的光透射轴在 0 ± 3° 的容差内基本相同。

上偏振板 25 的透射轴以 90 ± 3° 角与下偏振板 14 的透射轴交叉。另外，两延迟膜 26 和 27 的光透射轴可以以 90 ± 3° 角彼此交叉。这时，上延迟膜 26 的光透射轴对应于阵列基板的下配向层的摩擦方向，从而补偿发生在 TN 液晶层 30 的下液晶层中的双折射。另外，下延迟膜 27 的光透射轴对应于滤

色器基板的上配向层的摩擦方向，从而补偿发生在 TN 液晶层 30 的上液晶层中的双折射。

图 6 示出了模拟结果，显示透射模式 LCD 装置和反射模式 LCD 装置的对比度曲线，用于解释根据本发明一实施例的透射反射型 LCD 装置的视角特性。该模拟在如下条件进行：入射光波长：550nm；液晶的 $d\Delta n$：0.38μm；延迟膜沿垂直方向的相位延迟（$R_{th}$）：137nm；盘形液晶分子的平均倾角：15.5°；基板阵列的下配向层的摩擦角：-45°；滤色器基板的上配向层的摩擦角：45°。

参照图 6，透射模式 LCD 装置在对比度为 10 的情况下表现出沿水平方向大于 110° 且沿垂直方向大于 100° 的宽视角特性。另外，反射模式 LCD 装置在对比度为 10 的情况下表现出沿水平方向大于 160° 且沿垂直方向大于 120° 的宽视角特性。

因此，通过将下偏振板容置于阵列基板中且在滤色器基板的上偏振板下面以两延迟膜的光透射轴以 90 ± 3° 角彼此交叉的方式布置两延迟膜，该透射反射型 LCD 装置能改善其视角特性以及透射率。

图 7 和 8 是示出根据本发明另一实施例的透射反射型 LCD 装置的视图，其中图 7 是该透射反射型 LCD 装置的截面图，图 8 是该透射反射型 LCD 装置的透视图，图 8 示出偏振板的透射轴、延迟膜的光透射轴、以及上和下配向层的摩擦方向。

如图 7 所示，根据本发明另一实施例，上偏振板 25 容置于与阵列基板 10 相对的滤色器基板 20 中。另外，两延迟膜 26 和 27 也容置于滤色器基板 20 中，同时在上偏振板 25 下方顺序布置以用于光补偿。

详细地，根据本发明另一实施例，滤色器基板 20 包括上玻璃基板 21，其下表面形成包括黑矩阵的滤色器 22。另外，公共电极 23 形成在滤色器 22 的下表面且上偏振板 25 附着到公共电极 23 的下表面。两延迟膜 26 和 27 在上偏振板 25 下方顺序布置使得两延迟膜 26 和 27 的光透射轴能以 90 ± 3° 角彼此交叉。上配向层 24 形成在延迟膜 27 的下表面。

阵列基板 10 具有与前面实施例的结构相同的结构，因此下面将不进行进一步说明。

参照图 8，滤色器基板的上偏振板 25 的透射轴可以以 90 ± 3° 角与容置于阵列基板 10 中的下偏振板 14 的透射轴交叉。阵列基板的下配向层的摩擦

角是-45 ± 3°，滤色器基板的上配向层的摩擦角是 45 ± 3°。

与本发明前面的实施例不同，根据本发明另一实施例下配向层的摩擦方向以 90 ± 3° 角与下偏振板的透射轴交叉。布置在上偏振板 25 下方的上延迟膜 26 的光透射轴可以以 90 ± 3° 角与上配向层的摩擦方向交叉。相反，下延迟膜 27 的光透射轴可对应于上配向层的摩擦方向。因此，发生在 TN 液晶层 30 的上和下液晶层中的双折射可借助于两延迟膜 26 和 27 被补偿。

如上所述，通过将下偏振板容置于阵列基板中且布置两延迟膜在滤色器基板的上偏振板下方使得两延迟膜的光透射轴以 90 ± 3° 角彼此交叉，根据本发明的透射反射型 LCD 装置可有效实现光补偿。因此，根据本发明的透射反射型 LCD 装置可借助于容置于阵列基板中的下偏振板表现出高透射率且借助于两延迟膜能改善视角特性。

尽管为了说明目的而描述了本发明的优选实施例，但是本领域技术人员能够理解，在不脱离本发明的权利要求所定义的精神和范围的情况下可进行各种修改、增加和替代。

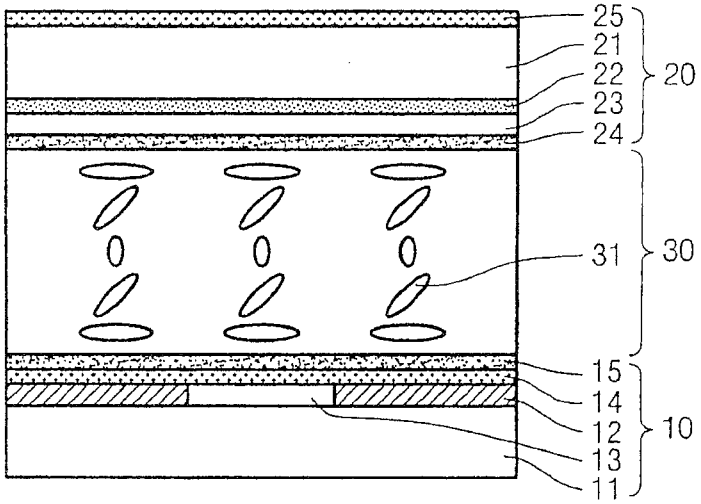

25
21
22
23
24
20
31
30
15
14
12
13
11
10

图 1

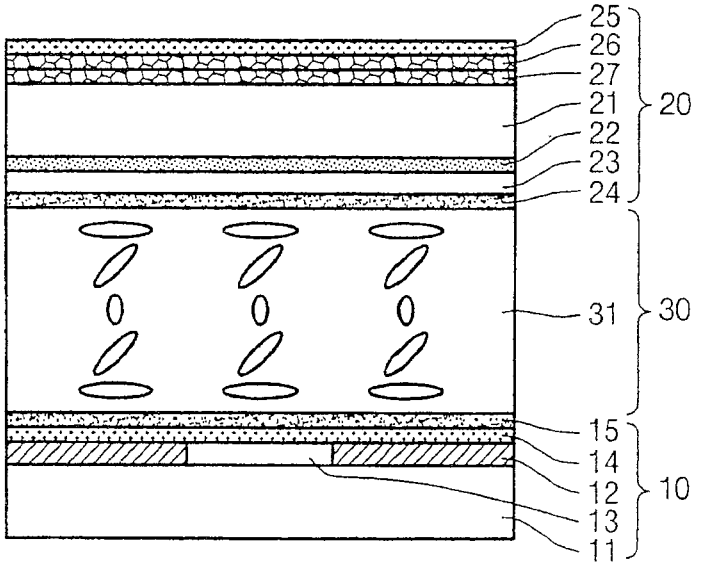

25
26
27
21
22
23
24
20
31
30
15
14
12
13
11
10

图 2

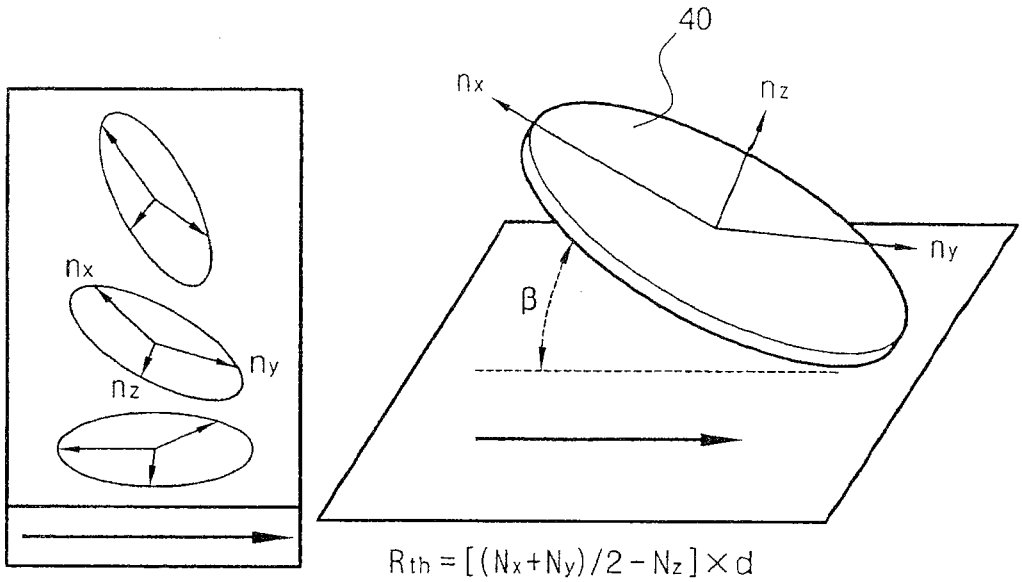



图 3

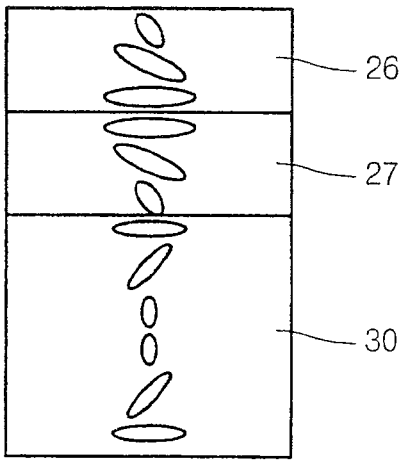



图 4

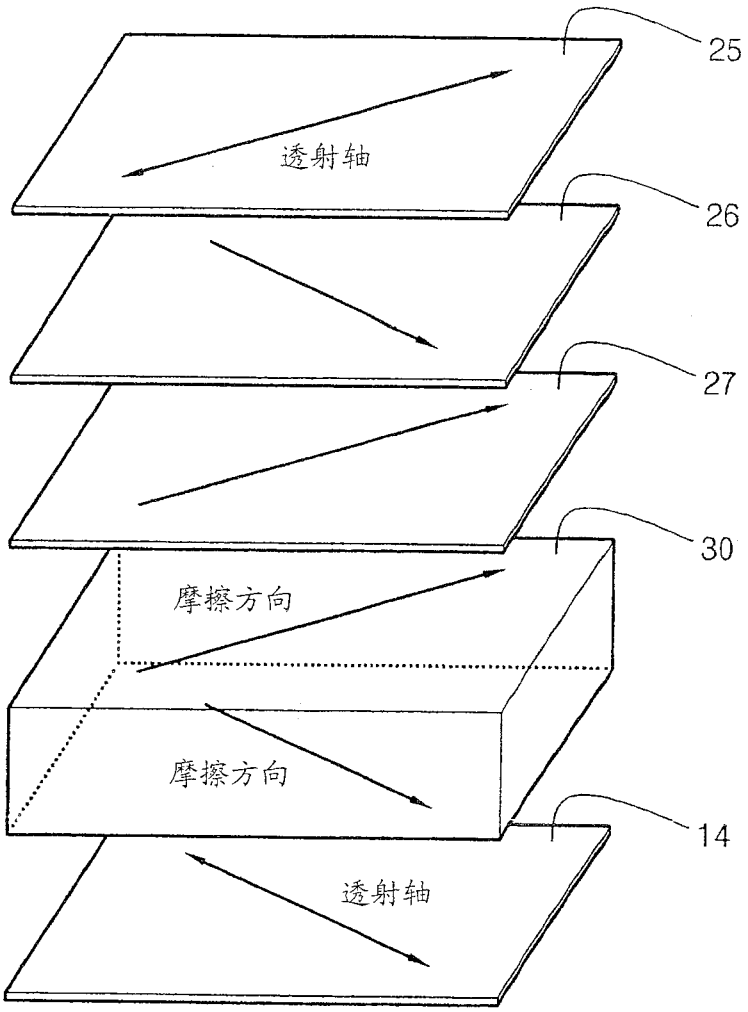



图 5

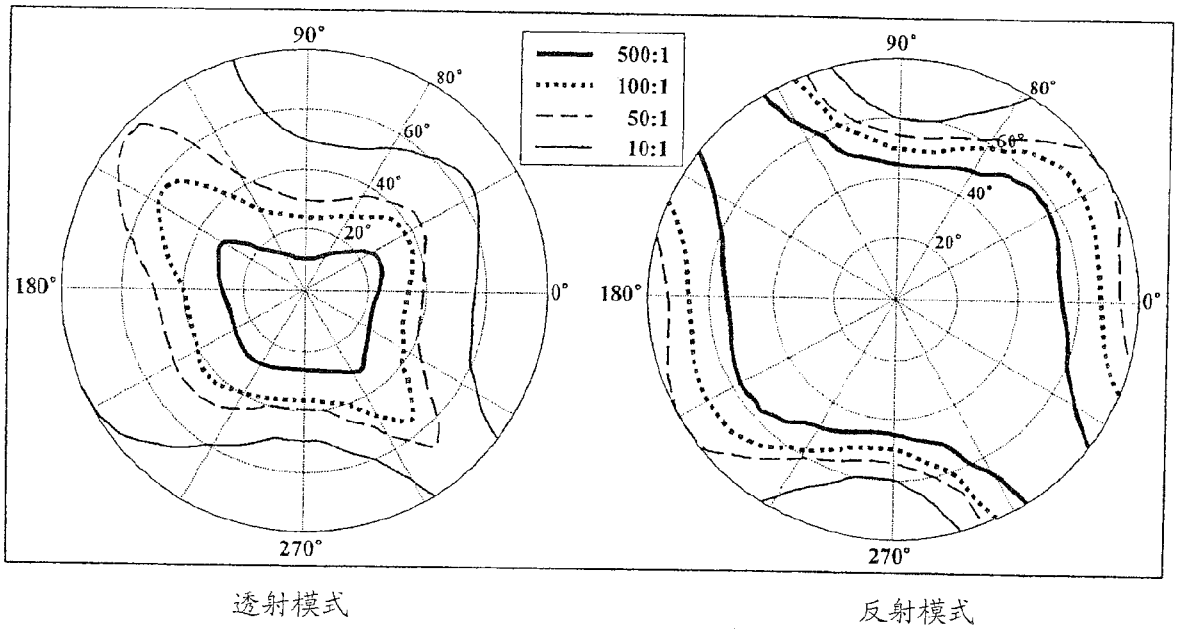

90°
80°
60°
40°
20°
180°
0°
270°
500:1
100:1
50:1
10:1
90°
80°
60°
40°
20°
180°
0°
270°
透射模式
反射模式

图 6

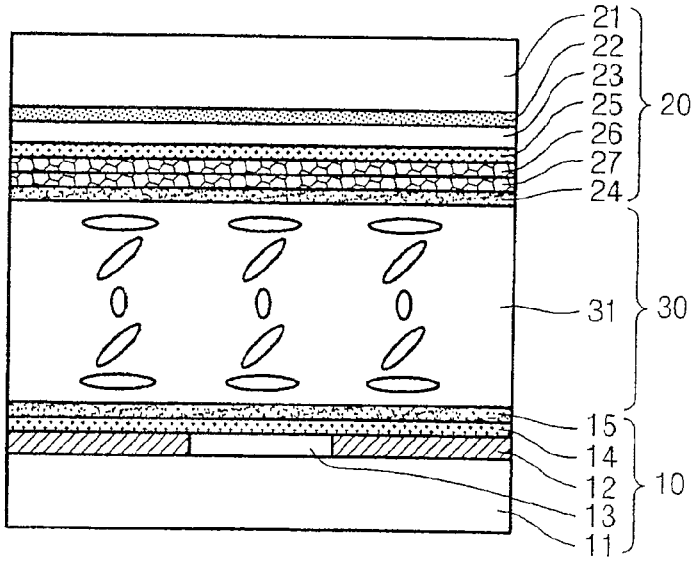

21
22
23
25
26
27
24
20
31
30
15
14
12
13
11
10

图 7

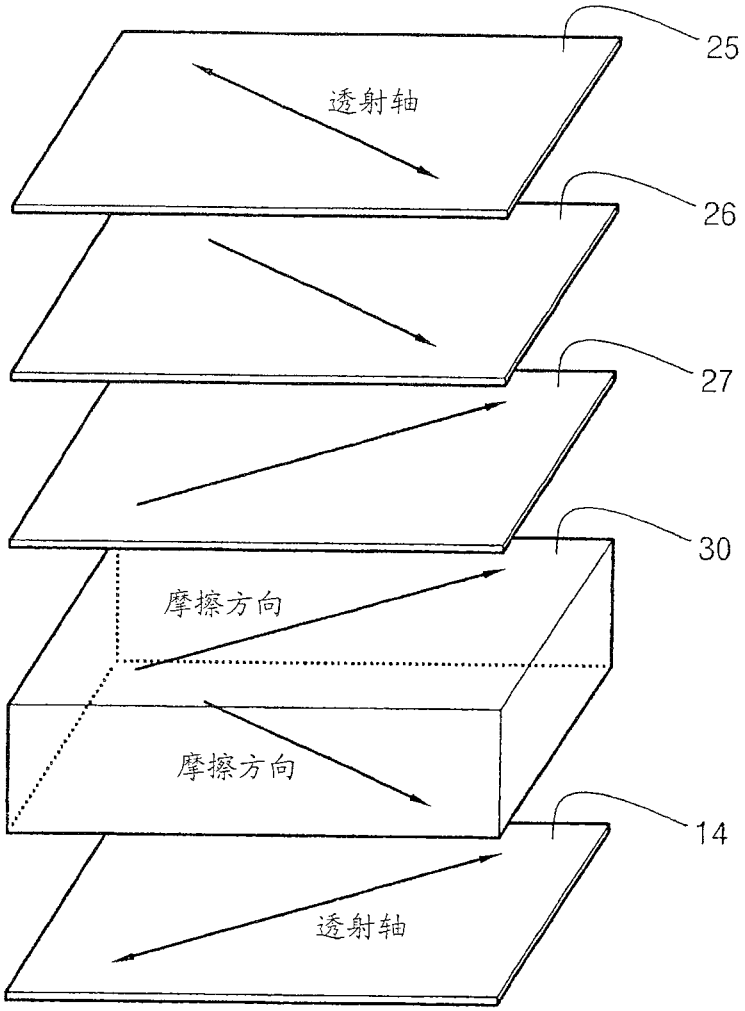



图 8