

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.



[12] 发明专利说明书

G02F 1/133 (2006.01)

G02F 1/1335 (2006.01)

G02F 1/13363 (2006.01)

专利号 ZL 200410047194.7

[45] 授权公告日 2009 年 3 月 4 日

[11] 授权公告号 CN 100465705C

[22] 申请日 2004.11.29

[21] 申请号 200410047194.7

[30] 优先权

[32] 2003.11.27 [33] KR [31] 85174/03

[73] 专利权人 三星电子株式会社

地址 韩国京畿道

[72] 发明人 金宰贤 朴源祥 金尚佑 李宰瑛

车圣恩 林载翊

[56] 参考文献

CN1102712A 1995.5.17

WO03085949A2 2003.10.16

CN1281157A 2001.1.24

US6341002B1 2002.1.22

审查员 张 帆

[74] 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

代理人 李晓舒 魏晓刚

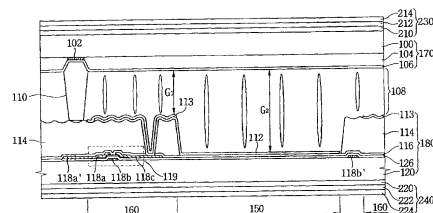
权利要求书 2 页 说明书 8 页 附图 13 页

[54] 发明名称

具有多液晶元间隙的垂直取向模式反射 - 透射液晶显示器

[57] 摘要

一种垂直取向模式反射 - 透射液晶显示器 (LCD) 包括具有上表面和下表面的第一基板, 以及具有上表面和下表面并与第一基板相对的第二基板。一液晶元形成于第一基板的上表面与第二基板的下表面之间。该液晶元具有多个液晶元间隙。垂直取向液晶层设置于液晶元中。LCD 的反射区域具有从大约 $1.8 \mu\text{m}$ 到大约 $2.2 \mu\text{m}$ 的液晶元间隙, LCD 的透射区域具有从大约 $3.6 \mu\text{m}$ 到大约 $4.0 \mu\text{m}$ 的液晶元间隙。包含第一偏振片的第一光学薄膜组件设置于第一基板的下表面上。包含第二偏振片的第二光学薄膜组件设置于第二基板的上表面上。第一偏振片的吸收轴基本垂直于第二偏振片的吸收轴。



1、一种具有反射区域和透射区域的液晶显示器 (LCD)，包括：
具有上表面和下表面的第一基板；
具有上表面和下表面且与第一基板相对的第二基板；
形成于第一基板的上表面与第二基板的下表面之间的液晶元，所述液晶元有多个液晶元间隙；

在所述液晶元中设置的垂直取向液晶层，其中所述反射区域具有从大约 $1.8\mu\text{m}$ 到大约 $2.2\mu\text{m}$ 的第一液晶元间隙，所述透射区域具有从大约 $3.6\mu\text{m}$ 到大约 $4.0\mu\text{m}$ 的第二液晶元间隙；

设置于第一基板的下表面上且包括第一偏振片的第一光学薄膜组件，一第一 $\lambda/4$ 延迟膜设置于第一基板的下表面上，一第一 $\lambda/2$ 延迟膜设置于第一 $\lambda/4$ 延迟膜上；和

设置于第二基板的上表面上且包括第二偏振片的第二光学薄膜组件，一第二 $\lambda/4$ 延迟膜设置于第二基板的上表面上，一第二 $\lambda/2$ 延迟膜设置于第二 $\lambda/4$ 延迟膜上，其中所述第二 $\lambda/4$ 延迟膜和第二 $\lambda/2$ 延迟膜的慢轴相对于第二偏振片的吸收轴沿逆时针方向分别倾斜 15° 角和 75° 角，其中第一 $\lambda/2$ 延迟膜的慢轴与第二 $\lambda/2$ 延迟膜的慢轴形成的夹角为大约 80° 到大约 100° ，并且其中所述 LCD 具有等于或小于大约 2.0V 的阈值电压和等于或小于大约 4.4V 的饱和电压。

2、如权利要求 1 所述的 LCD，其中所述第一液晶元间隙为大约 $2\mu\text{m}$ 。

3、如权利要求 1 所述的 LCD，其中所述第二液晶元间隙为大约 $3.8\mu\text{m}$ 。

4、如权利要求 1 所述的 LCD，其中所述阈值电压为大约 1.7V 。

5、如权利要求 1 所述的 LCD，其中所述饱和电压为大约 4.0V 。

6、如权利要求 1 所述的 LCD，

其中所述第一偏振片的吸收轴基本垂直于所述第二偏振片的吸收轴。

7、如权利要求 6 所述的 LCD，其中所述第一光学薄膜组件还包括：
设置于第一 $\lambda/2$ 延迟膜上的第一偏振片。

8、如权利要求 7 所述的 LCD，其中所述第二光学薄膜组件还包括：
设置于第二 $\lambda/2$ 延迟膜上的第二偏振片。

9、如权利要求 1 所述的 LCD，其中第一 $\lambda/4$ 延迟膜的慢轴与第二 $\lambda/4$ 延

迟膜的慢轴形成的夹角为大约 80° 到大约 100° 。

10、如权利要求 9 所述的 LCD，其中第一 $\lambda/4$ 延迟膜的慢轴基本垂直于第二 $\lambda/4$ 延迟膜的慢轴。

11、如权利要求 1 所述的 LCD，其中第一 $\lambda/2$ 延迟膜的慢轴基本垂直于第二 $\lambda/2$ 延迟膜的慢轴。

12、如权利要求 1 所述的 LCD，其中第二光学薄膜组件还包括形成于第二基板与第二 $\lambda/4$ 延迟膜之间的补偿膜。

13、如权利要求 12 所述的 LCD，其中所述补偿膜为 A-板或 C-板。

14、如权利要求 1 所述的 LCD，其中所述垂直取向液晶层包括预倾角等于或大于约 45° 的液晶。

15、如权利要求 1 所述的 LCD，其中还包括设置于第一基板下表面之下的背光组件。

具有多液晶元间隙的垂直取向模式 反射-透射液晶显示器

技术领域

本发明涉及一种液晶显示器 (LCD)，并具体涉及一种显示性质得到改善的反射-透射 LCD 装置。

背景技术

反射-透射 LCD 装置通过在透射模式中使用来自内部光源 (例如背光) 的光、在反射模式中使用来自外光源 (例如环境光) 的光而显示图像。

透射-反射型 LCD 装置的光学工作条件由反射模式决定，从而相对于黑色来设计所述光学工作条件的透射模式。因此，降低透射-反射型 LCD 装置的透射模式的透光率，使透射-反射型 LCD 装置的透射模式的透光率为透射型 LCD 装置的一半。

为了解决这一问题，提出了一种“多液晶元间隙(multi cell-gap)”的透射-反射 LCD 装置。

发明内容

本发明提供一种具有反射区域和透射区域的液晶显示器(LCD)。该 LCD 包括具有上表面和下表面的第一基板，和具有上表面和下表面并与第一基板相对的第二基板。第一基板的上表面与第二基板的下表面之间形成液晶元。液晶元有多个液晶元间隙。在液晶元中设有垂直取向的液晶层。LCD 的反射区域具有大约 $1.8\mu\text{m}$ 到大约 $2.2\mu\text{m}$ 的液晶元间隙，LCD 的透射区域具有大约 $3.6\mu\text{m}$ 到大约 $4.0\mu\text{m}$ 的液晶元间隙。包括第一偏振片的第一光学薄膜组件设置于第一基板的下表面上。包括第二偏振片的第二光学薄膜组件设置于第二基板的上表面上。第一偏振片的吸收轴基本上垂直于第二偏振片的吸收轴。

根据本发明，提供了一种具有反射区域和透射区域的液晶显示器 (LCD)，所述液晶显示器包括：具有上表面和下表面的第一基板；具有上

表面和下表面且与第一基板相对的第二基板；形成于第一基板的上表面与第二基板的下表面之间的液晶元，所述液晶元有多个液晶元间隙；在所述液晶元中设置的垂直取向液晶层，其中所述反射区域具有从大约 $1.8\mu\text{m}$ 到大约 $2.2\mu\text{m}$ 的第一液晶元间隙，所述透射区域具有从大约 $3.6\mu\text{m}$ 到大约 $4.0\mu\text{m}$ 的第二液晶元间隙；设置于第一基板的下表面上且包括第一偏振片的第一光学薄膜组件，一第一 $\lambda/4$ 延迟膜设置于第一基板的下表面上，一第一 $\lambda/2$ 延迟膜设置于第一 $\lambda/4$ 延迟膜上；和设置于第二基板的上表面上且包括第二偏振片的第二光学薄膜组件，一第二 $\lambda/4$ 延迟膜设置于第二基板的上表面上，一第二 $\lambda/2$ 延迟膜设置于第二 $\lambda/4$ 延迟膜上，其中所述第二 $\lambda/4$ 延迟膜和第二 $\lambda/2$ 延迟膜的慢轴相对于第二偏振片的吸收轴沿逆时针方向分别倾斜 15° 角和 75° 角，其中第一 $\lambda/2$ 延迟膜的慢轴与第二 $\lambda/2$ 延迟膜的慢轴形成的夹角为大约 80° 到大约 100° ，并且其中所述 LCD 具有等于或小于大约 2.0V 的阈值电压和等于或小于大约 4.4V 的饱和电压。

在下面的说明书中将给出本发明的附加特征和优点，并且部分可由说明书中显然看出，或者可通过本发明的实施而获悉。将通过撰写的说明书和权利要求以及附图中特别指出的结构实现和获得本发明的特征和优点。

附图说明

所包括的附图用于提供对本发明的进一步理解，并结合为和构成本说明书的一部分。

图 1 所示的分解透视图表示出根据本发明一个实施例的 LCD 装置。

图 2 为图 1 的 LCD 的剖面图。

图 3 所示的分解透视图表示出图 2 的 LCD 的上部光学薄膜组件。

图 4 所示的分解透视图表示出图 2 的 LCD 的下部光学薄膜组件。

图 5 所示的分解透视图表示出根据本发明另一个实施例的 LCD 装置。

图 6 为表示根据图 5 的 LCD 的一个 LCD 装置的剖面图。

图 7 是表示本发明实施例的 LCD 反射区域中的不同的液晶元间隙的电压 - 反射率曲线图。

图 8 是表示本发明实施例的 LCD 反射区域中的液晶元间隙 - 对比率曲线图。

图 9 是表示本发明实施例的 LCD 透射区域中不同的液晶元间隙的电压

- 透射率曲线图。

图 10 是表示本发明实施例的 LCD 透射区域中的液晶元间隙 - 对比率曲线图。

图 11 是与白色对应的色坐标的曲线。

图 12 所示的曲线表示根据数值分析, 对比率随视角的变化。

图 13 所示的曲线表示根据本发明实施例的对比率随视角的变化。

具体实施方式

图 1 所示的分解透视图表示出根据本发明一个实施例, 其具有垂直取向液晶层的反射-透射 LCD。图 2 是图 1 的反射-透射 LCD 的剖面图。该 LCD 包括 LCD 板 200、上部光学薄膜组件 230 和下部光学薄膜组件 240。LCD 板 200 包括第一基板 170、第二基板 180 以及液晶层 108。第一基板 170 包括上平板 100、黑色矩阵 102、滤色器 104、公共电极 106 和间隔物 110。第二基板 180 包括下平板 120、薄膜晶体管 (TFT) 119、栅绝缘层 126、钝化层 116、有机层 114、透明电极 112 和反射电极 113。间隔物 110 形成于第一基板 170 与第二基板 180 之间, 用于保持这两个基板之间的确定的间隙。LCD 板 200 被分成透射区域 150 和反射区域 160。在透射区域 150 中, 背光组件 (未示出) 发出的光穿过 LCD 板 200。在反射区域 160 中, 提供给 LCD 板 200 的外来光被反射。

上、下平板 100 和 120 包括透明玻璃。黑色矩阵 102 设置于上平板 100 上。滤色器 104 形成于上平板 100 上, 不过也可以形成于下平板 120 上。公共电极 106 形成于上平板 100 上, 并覆盖滤色器 104。公共电极 106 可由透明导电材料形成, 不过也可以形成于下平板 120 上。

TFT119 形成于下基板 120 上。TFT 包括源极 118a、栅极 118b、漏极 118c 和半导体层图案。驱动集成电路 (未示出) 产生的数据电压通过源线 118a' 施加给源极 118a。驱动集成电路 (未示出) 产生的栅信号通过栅线 118b' 施加给栅极 118b。存储电容 (未示出) 形成于下平板 120 上, 用以保持公共电极 106 与反射电极 113 之间或者公共电极 106 与透明电极 112 之间的电压差。

栅绝缘层 126 形成于下平板 120 上, 以覆盖栅极 118b 和栅线 118b'。可以去除栅绝缘层 126 在透射区域 150 内的部分, 以增强透射区域 150 的透射率。钝化层 116 设置于下平板 120 上, 以覆盖 TFT119。穿过钝化层 116 形

成一开口，用于露出漏极 118c。有机层 114 设置于下平板 120 上，用于使 TFT119 与透明电极 112 和反射电极 113 绝缘。有机层 114 包括形成于透射区域 150 处的开放窗口，用于暴露出钝化层 116 在透射区域 150 内的部分。

液晶层 108 占据第一基板 170 与第二基板 180 之间的空间（即液晶元）。第一基板 170 与第二基板 180 之间的距离称作液晶元间隙。由于有机层 114 的不同厚度，反射区域 160 和透射区域 150 具有不同液晶元间隙 G1 和 G2。有机层 114 使 TFT119、源线 118a'、栅线 118b' 等形成的下平板 120 的阶梯状部分平坦化。

透射电极 112 设置于透射区域 150 处的钝化层 116 和有机层 114 以及反射区域 160 处露出漏极 118c 的开口上。透射电极 112 通过开口与漏极 118c 电连接。在透明电极 112 与公共电极 106 之间形成电势，以改变液晶层 108 的透射率。反射电极 113 设置于反射区域 160 的有机层 114 上。反射电极 113 由导电材料形成，并且穿过透明电极 112 与漏极 118c 形成电接触。

驱动集成电路（未示出）通过 TFT119 将数据电压施加给透明电极 112 和反射电极 113，以便在公共电极 106 与透明电极 112 之间以及公共电极 106 与反射电极 113 之间形成电场。正如众所周知的，阈值电压为公共电极 106 与透明和反射电极 112、113 之间的驱动液晶所需的最小电势差。饱和电压为它们之间基本上不再改变液晶扭转量的电势差，即使施加大于这种电势差的电势时也不会再改变。

可以分别在第一和第二基板 170 和 180 上设置上取向层（未示出）和下取向层（未示出）。所述上、下取向层以一定的方向摩擦(rub)，以使液晶层以摩擦方向取向。上取向层的摩擦方向与下取向层的摩擦方向不同（例如相反）。通过使用上、下取向层，液晶层 108 中的液晶相对于下、上平板 100 和 120 垂直取向。

上光学薄膜组件 230 包括上 $\lambda/4$ 延迟膜 210、上 $\lambda/2$ 延迟膜 212 和上偏振片 214。下光学薄膜组件 240 包括下 $\lambda/4$ 延迟膜 220、下 $\lambda/2$ 延迟膜 222 和下偏振片 224。上偏振片 214 的吸收轴基本上垂直于下偏振片 224 的吸收轴，用于在常黑模式下使 LCD 工作。即，当公共电极 106 与透明和反射电极 112、113 之间没有形成电势时，LCD 显示黑色，从而减小光泄漏并改善显示质量。

图 3 所示的分解透视图表示出上光学薄膜组件 230。上 $\lambda/4$ 延迟膜 210 设置于上平板 100 的上表面上，其慢轴相对上偏振片 214 的吸收轴逆时针倾

斜 15° 角。上 $\lambda/2$ 延迟膜 212 的慢轴相对于上偏振片 214 的吸收轴逆时针倾斜 75° 角。对于波长为大约 550nm 的光，上 $\lambda/4$ 延迟膜 210 的 $\Delta n d$ （光程差）为大约 130nm 到大约 150nm，优选为大约 140nm。上 $\lambda/2$ 延迟膜 212 的 $\Delta n d$ 为大约 265nm 到大约 285nm，优选为大约 275nm。

图 4 所示的分解透视图表示出下光学薄膜组件 240。下 $\lambda/4$ 延迟膜 220 设置于下平板 120 的下表面上。下 $\lambda/4$ 延迟膜 220 与上 $\lambda/4$ 延迟膜 210 的慢轴之间的夹角为大约 80° 到大约 100° 。下 $\lambda/2$ 延迟膜 222 设置于下 $\lambda/4$ 延迟膜 220 下面。下 $\lambda/2$ 延迟膜 222 与上 $\lambda/2$ 延迟膜 212 的慢轴之间的夹角为大约 80° 到大约 100° 。下 $\lambda/4$ 延迟膜 220 与上 $\lambda/4$ 延迟膜 210 的慢轴基本上彼此垂直，并且下 $\lambda/2$ 延迟膜 222 与上 $\lambda/2$ 延迟膜 212 的慢轴基本上彼此垂直。对于波长大约为 550nm 的光，下 $\lambda/4$ 延迟膜 220 的 $\Delta n d$ 为大约 130nm 到大约 150nm，优选为 140nm，下 $\lambda/2$ 延迟膜 222 的 $\Delta n d$ 为大约 265nm 到大约 285nm，优选为 275nm。

图 5 所示的分解透视图表示出根据本发明另一实施例具有垂直取向液晶层的反射-透射 LCD。图 6 是图 5 的 LCD 的剖面图。由于光学各向异性，LCD 的显示质量由 LCD 的视角决定。通常，视角是指能以大约 10:1 的最小对比率下可以看到图像的角度。对比率是亮点与暗点之间的亮度比。可通过适当地挡光并增加亮度均匀性来提高对比率。由于本发明的 LCD 工作在常黑模式，因此对比率得到提高。

图 5 和 6 中所示的 LCD 与图 1 和图 2 中所示的 LCD 相似，只不过图 5 和 6 的 LCD 还包括用于提高其视角和亮度均匀性的补偿膜 216。补偿膜 216 可以为 A-板，C-板等。A-板和 C-板是单轴膜。A-板在 x-方向的折射率（ n_x ）基本上等于 A-板在 y-方向的折射率（ n_y ），并且 A-板在 z-方向的折射率（ n_z ）大于 A-板在 x-方向的折射率（ n_x ）或者 A-板在 y-方向的折射率（ n_y ）。C-板在 x-方向的折射率（ n_x ）基本等于 C-板在 y-方向的折射率（ n_y ），并且 C-板在 z-方向的折射率（ n_z ）小于 C-板在 x-方向的折射率（ n_x ）或 C-板在 y-方向的折射率（ n_y ）。

在补偿膜 216 为 C-板的情况下，C-板 216 设置于上基板 100 与 $\lambda/4$ 延迟膜 210 之间。C-板 216 改善亮度均匀性，从而改善不垂直于 LCD 表面的方向的视角显示质量。通过在 LCD 板 200 的上表面上以预定厚度涂覆和取向的胆甾醇型液晶而形成 C-板 216。随后，将紫外线（UV）照射到经过取向

的胆甾醇型液晶上,以使取向的胆甾醇型液晶固定。上光学薄膜组件 230 形成于 C-板 216 上。下光学薄膜组件 240 形成于 LCD 板 200 的下表面上。

使用德国 Autronic-MELCHERS GmbH 制造的 Dimos 模拟程序,对于图 1, 2, 5 和 6 中所示的 LCD 进行试验。图 7 是表示反射区域 160 中的不同液晶元间隙的电压-反射率曲线图。水平轴代表公共电极 106 与透明和反射电极 112、113 之间施加的电压(例如电势)。垂直轴代表 LCD 装置的反射率。图 8 是表示反射区域 160 中的液晶元间隙-对比率曲线图。水平轴代表液晶元间隙,垂直轴代表对比率。

图 7 表明当反射区域 160 的液晶元间隙 G1 不小于 $1.8\mu\text{m}$ 时, LCD 表现出高反射率。当施加给电极 106, 112 和 113 的电压不超过 3.82V 时, 反射率与液晶元间隙 G1 成正比地增大。当施加给电极 106, 112 和 113 的电压超过 3.82V 时, 反射率随电压和液晶元间隙 G1 而变。当电压为大约 4V 且液晶元间隙 G1 为大约 $2\mu\text{m}$ 时, LCD 表现出最大反射率。图 8 表示具有多个峰值的对比率。当反射区域 160 的液晶元间隙 G1 为大约 $1.65\mu\text{m}$ 时, 对比率为大约 603。当液晶元间隙 G1 为大约 $2\mu\text{m}$ 时, 对比率为大约 527。

图 9 是表示透射区域 150 中的不同液晶元间隙的电压-透射率曲线图。水平轴代表公共电极 106 与透明和反射电极 112、113 之间施加的电压(电势), 垂直轴代表 LCD 的透射率。当液晶元间隙 G2 不小于 $3.6\mu\text{m}$ 时, LCD 表现出高透射率。当施加给电极 106, 112 和 113 的电压不超过 3.7V 时, 透射率与液晶元间隙 G2 成正比地增大。当电压 V 超过 3.7V 时, 透射率基本上与液晶元间隙 G2 无关地不发生改变。当电压为大约 4V 且液晶元间隙 G2 为大约 $3.8\mu\text{m}$ 时, LCD 表现出最大透射率。

于是, 根据本发明一个实施例, 将 LCD 构造成反射区域 160 的液晶元间隙 G1 为大约 $1.8\mu\text{m}$ 到大约 $2.2\mu\text{m}$, 优选为大约 $2\mu\text{m}$ 。透射区域 150 的液晶元间隙 G2 为大约 $3.6\mu\text{m}$ 到大约 $4\mu\text{m}$, 优选为大约 $3.8\mu\text{m}$ 。G1 与 G2 之间的比值优选为大约 1:1.9。阈值电压不超过大约 2V, 优选为大约 1.7V, 并且其间的饱和电压不超过大约 4.4V, 优选为大约 4V。

图 10 是透射区域 150 中的液晶元间隙-对比率曲线图。水平轴代表透射区域 160 的液晶元间隙 G2, 垂直轴代表对比率。当液晶元间隙 G2 为大约 $3.8\mu\text{m}$ 时, 对比率为大约 10720。如上所述, 最佳液晶元间隙 G2 和液晶元间隙 G1 分别为大约 $3.8\mu\text{m}$ 和大约 $2\mu\text{m}$ 。在均匀取向的液晶层中, 透射区域

和反射区域的最佳液晶元间隙分别为 $3.3\mu\text{m}$ 和大约 $2\mu\text{m}$ 。

鉴于此,表1表示均匀取向的LCD与本发明垂直取向的LCD的反射区域光学性质之间的比较结果(均匀取向的LCD的液晶元间隙为大约 $1.6\mu\text{m}$)。

表1

反射模式					液晶层
白 (%)	黑 (%)	对比率	色坐标		
			x	y	
8.8	0.26	33.7	0.3286	0.3625	均匀取向
8.7	0.18	48.3	0.3161	0.3502	垂直取向

此处,‘白 (%)’指显示白色时的反射率,‘黑 (%)’指显示黑色时的反射率。对比率等于‘白 (%)’除以‘黑 (%)’,从而与‘白 (%)’成正比,与‘黑 (%)’成反比。垂直取向LCD的对比率为48.3,均匀取向LCD的对比率为33.7。从而本发明的LCD与均匀取向LCD相比表现为对比率显著地提高43.3%。

图11所示的曲线图表示与反射区域和透射区域中的白色相应的色坐标。对于日光D65而言色温为6500K。与日光相应的色坐标的‘x’和‘y’分别为0.31和0.329。与垂直取向LCD的反射区域发出的白色R1相应的色坐标的‘x’和‘y’分别为0.3161和0.3502。与均匀取向LCD装置的反射区域发出的白色R2相应的色坐标的‘x’和‘y’分别为0.3286和0.3625。从而,与白色R2相比,白色R1更接近于日光D65。

表2表示均匀取向LCD与本发明的LCD的透射区域光学性质之间的比较结果(均匀取向LCD的液晶元间隙为大约 $3.3\mu\text{m}$)。

表2

透射模式					液晶层
白(Cd/m^2)	黑 (Cd/m^2)	对比率	色坐标		
			x	Y	
141	0.716	198	0.3112	0.3289	均匀取向
135	0.28	482	0.3113	0.3331	垂直取向

此处，‘白 (Cd/m^2)’是指显示白色时的光强，‘黑 (Cd/m^2)’是指显示黑色时的光强。对比率等于‘白 (Cd/m^2)’除以‘黑 (Cd/m^2)’。垂直取向 LCD 的对比率为 482，均匀取向 LCD 的对比率为 198。从而垂直取向 LCD 与均匀取向 LCD 相比表现为对比率提高 143%。

返回图 11，与垂直取向 LCD 的透射区域发出的白色 T1 相应的色坐标的‘x’和‘y’分别为 0.3113 和 0.3331。与均匀取向 LCD 装置的透射区域发出的白色 T2 相应的色坐标的‘x’和‘y’分别为 0.3112 和 0.3289。从而，垂直取向 LCD 的白色 T1 基本等于均匀取向 LCD 的白色 T2。

图 12 表示根据数值分析的透射区域的对比率相对于视角的曲线。图 13 表示根据本发明的透射区域的对比率相对于视角的曲线。径向轴代表根据本实施例的视角，角向轴代表视点的角方向。等高线以 10:1 间隔对应于对比率。如此处所示，根据本发明的 LCD 的视角为大约 ± 40 度。因此，表现出良好显示质量的视角为大约 80 度。

如上所述，根据本发明，通过提高透射率和对比率来优化垂直取向 LCD 的光学工作条件（例如光学薄膜组件和反射及透射区域的液晶元间隙）。此外， $\lambda/4$ 延迟膜的慢轴、 $\lambda/2$ 延迟膜的慢轴和偏振片的吸收轴分别基本垂直于另一 $\lambda/4$ 延迟膜的慢轴、另一 $\lambda/2$ 延迟膜的慢轴和另一偏振片的吸收轴，从而简化光学薄膜组件结构。此外，反射区域的液晶元间隙大于均匀取向 LCD 的液晶元间隙。

在不偏离本发明精神或范围的条件下本领域技术人员显然可对本发明进行多种变型和改变。从而，本发明意在覆盖本发明的变型和改变，只要这些变型和改变落入所附权利要求和其等同物的范围内。

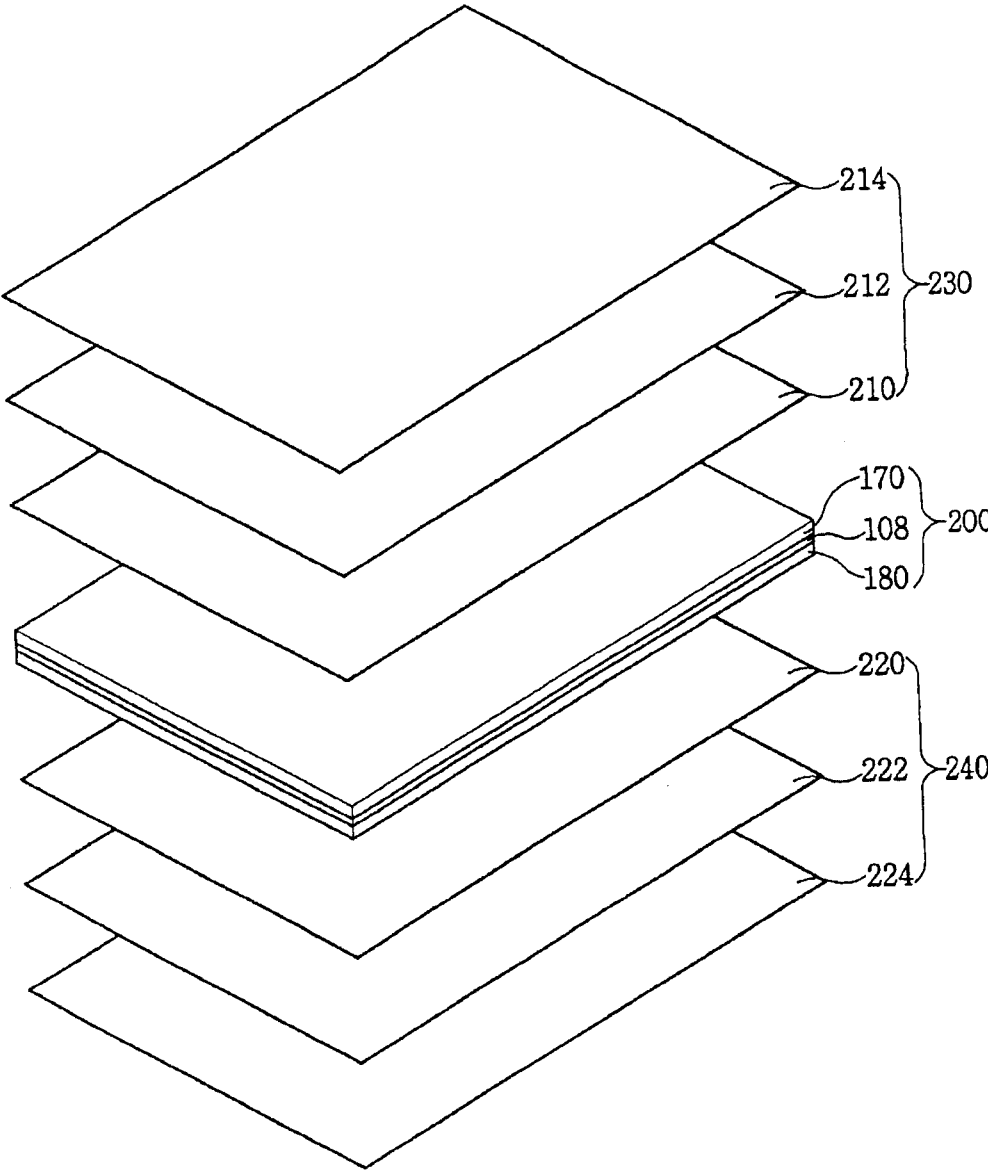


图 1

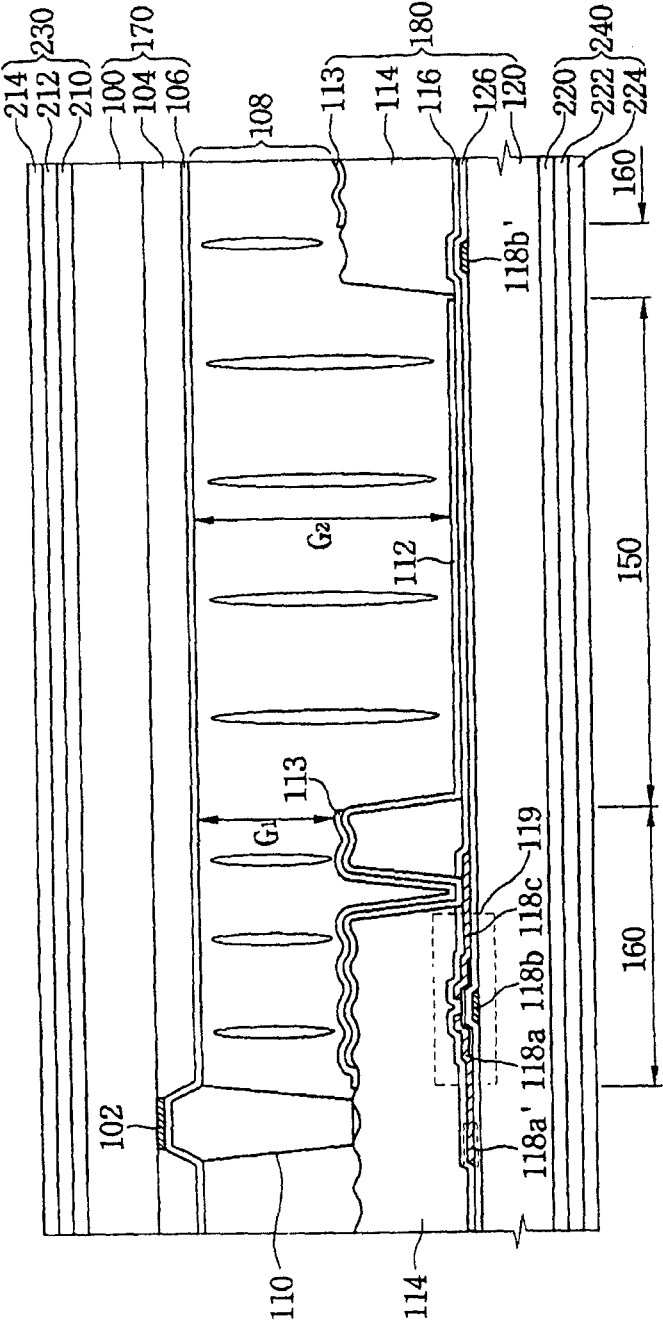


图 2

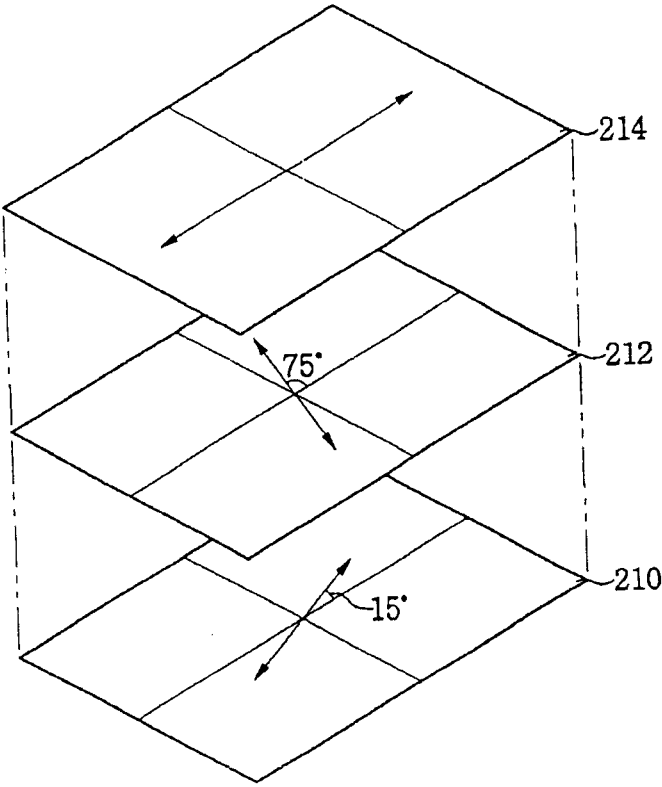


图 3

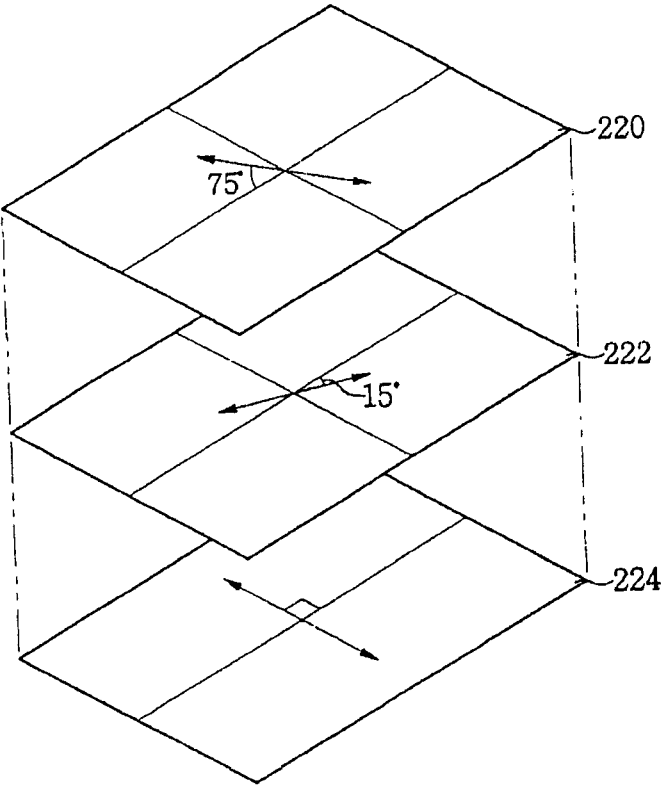


图 4

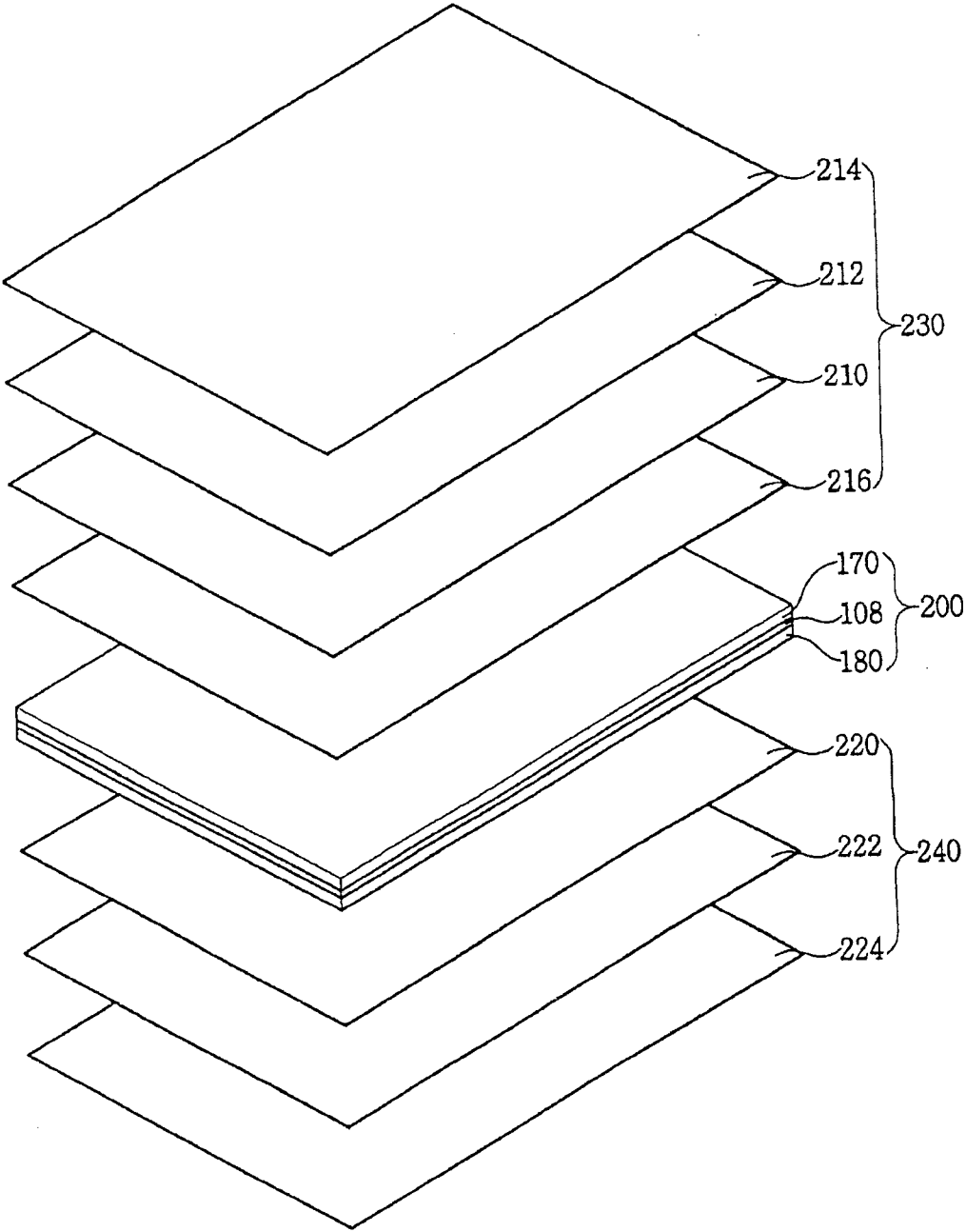


图 5

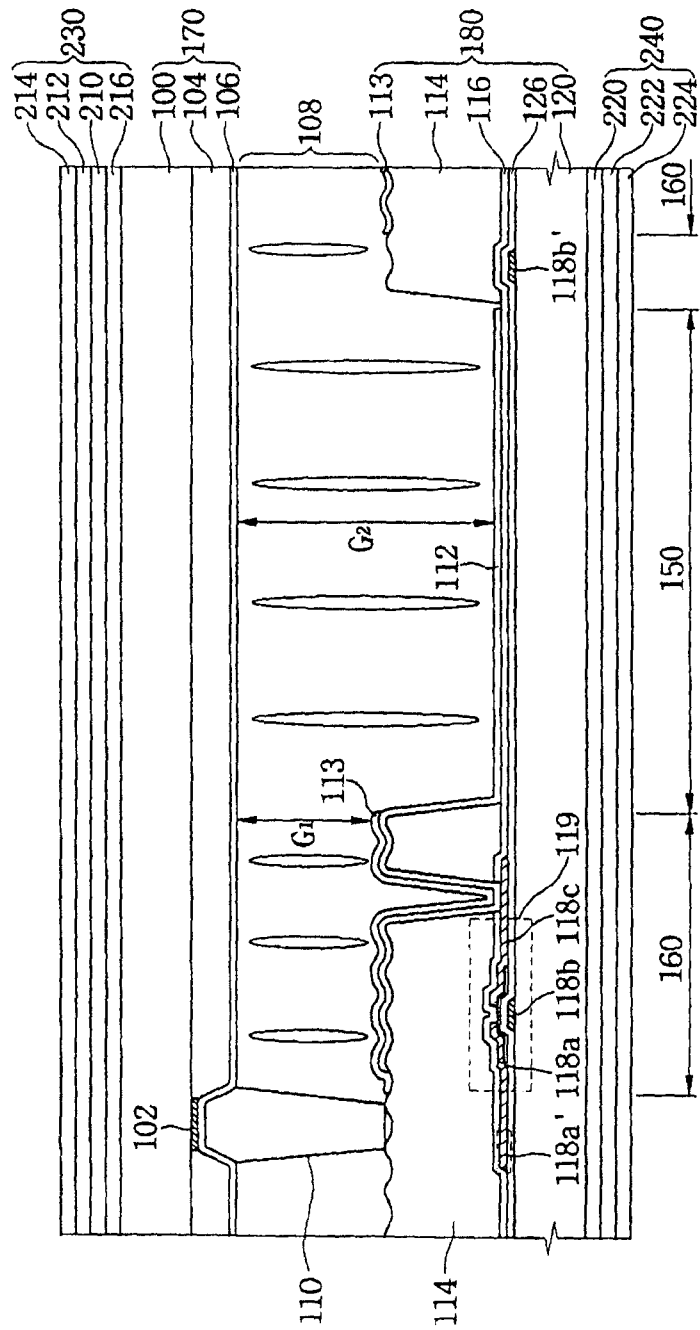


图 6

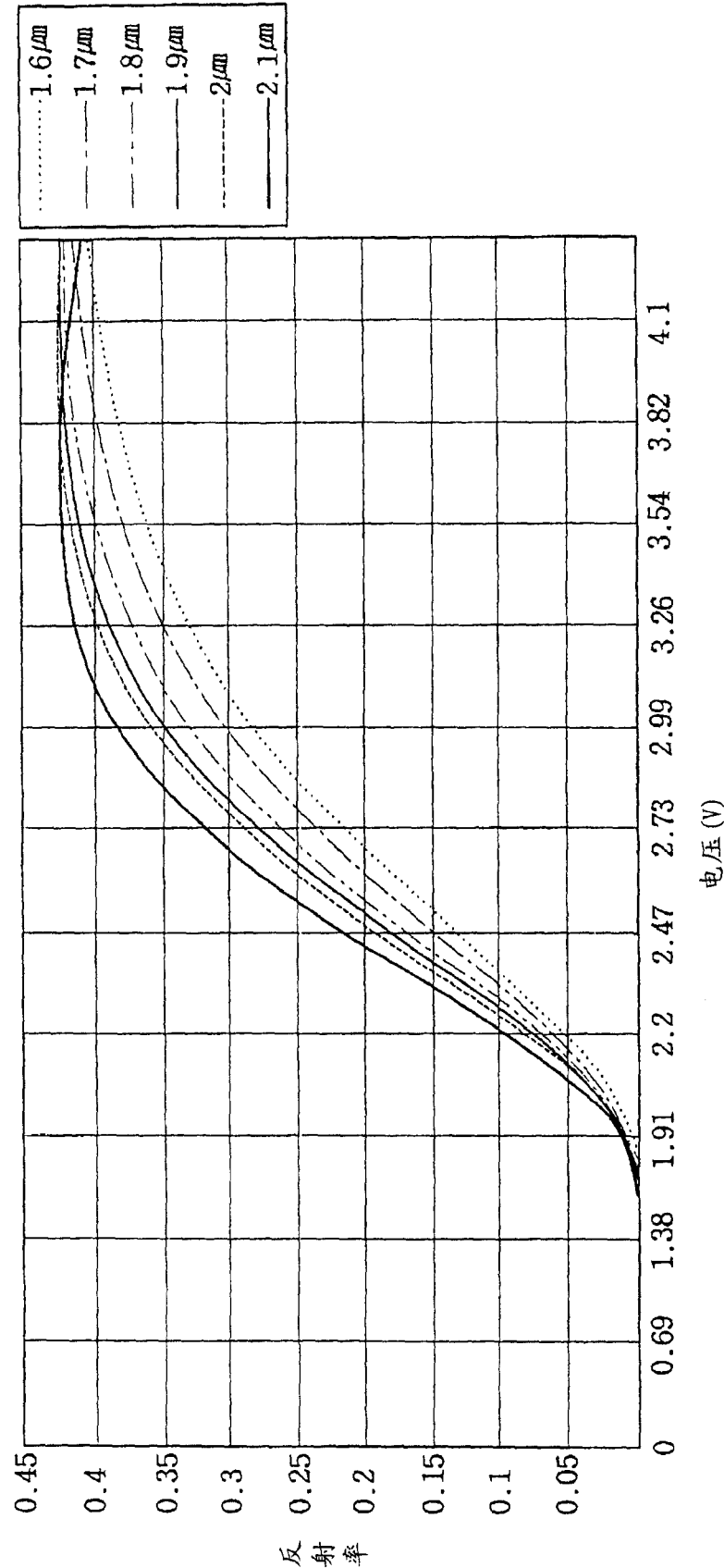


图 7

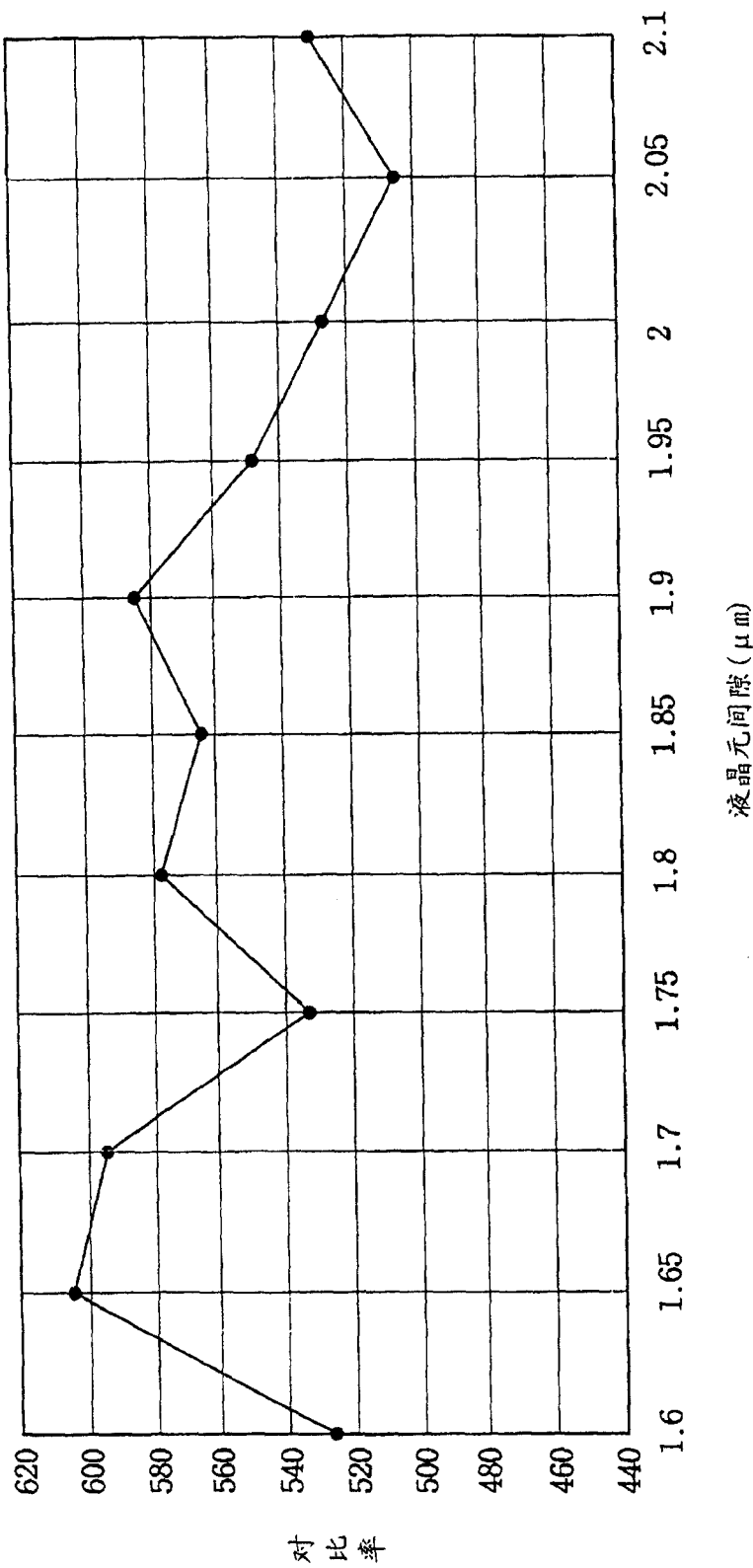


图 8

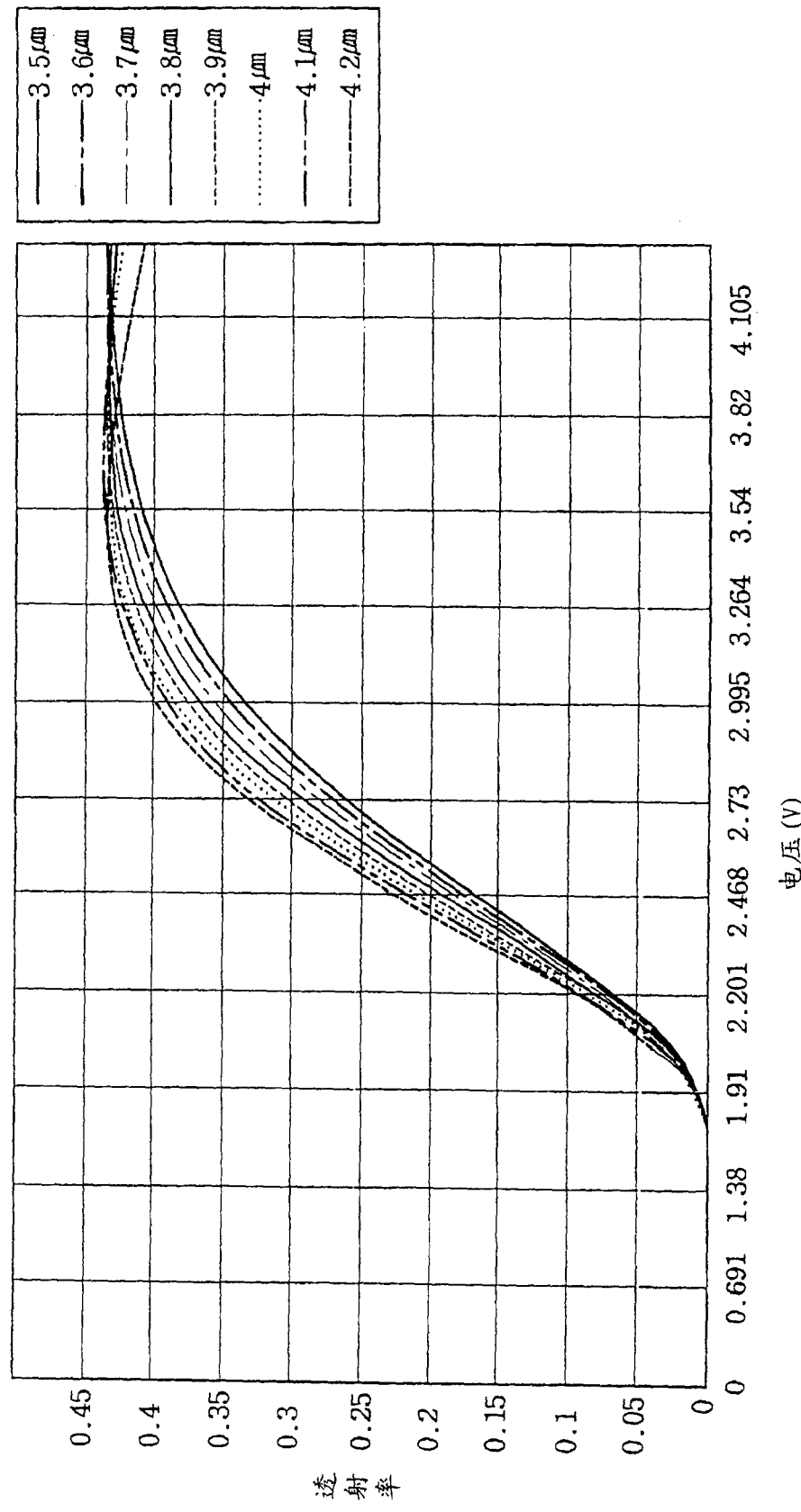


图 9

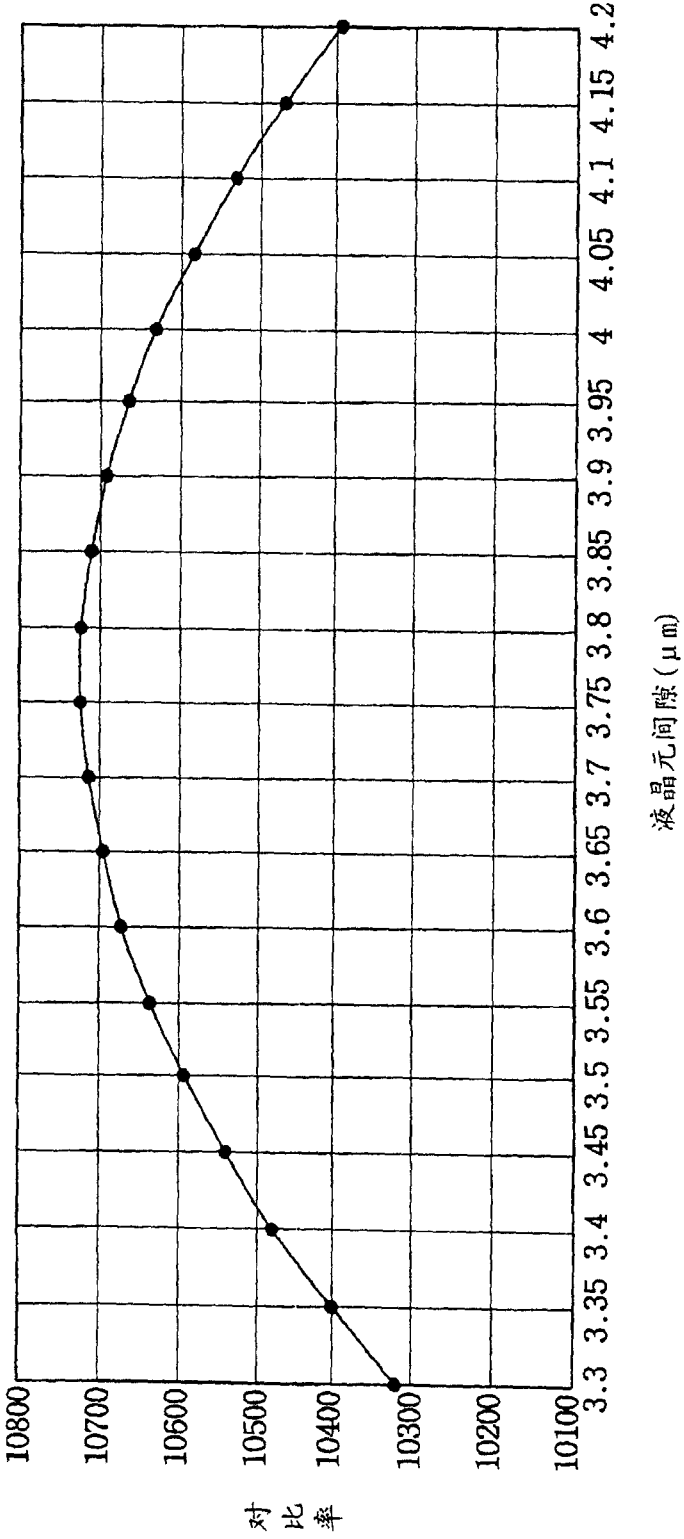


图 10

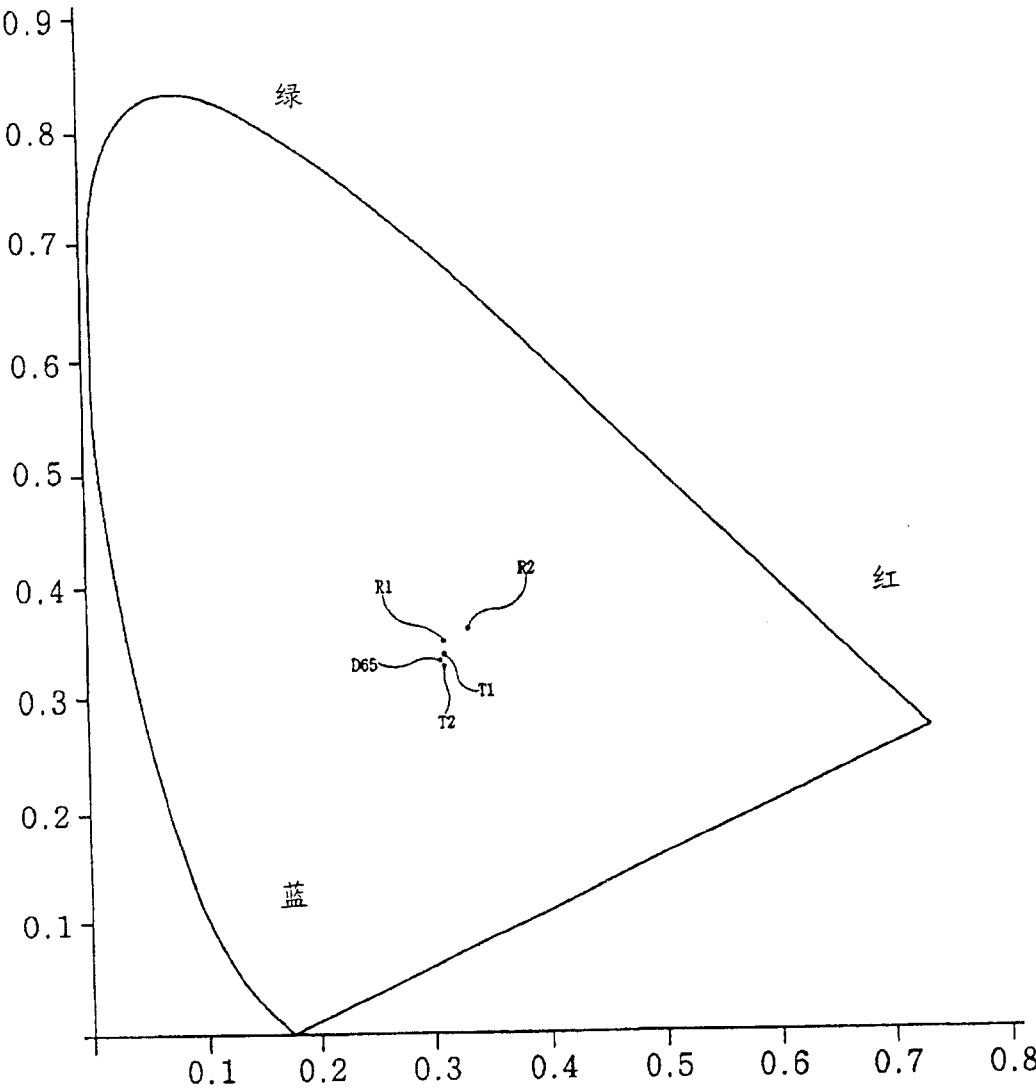


图 11

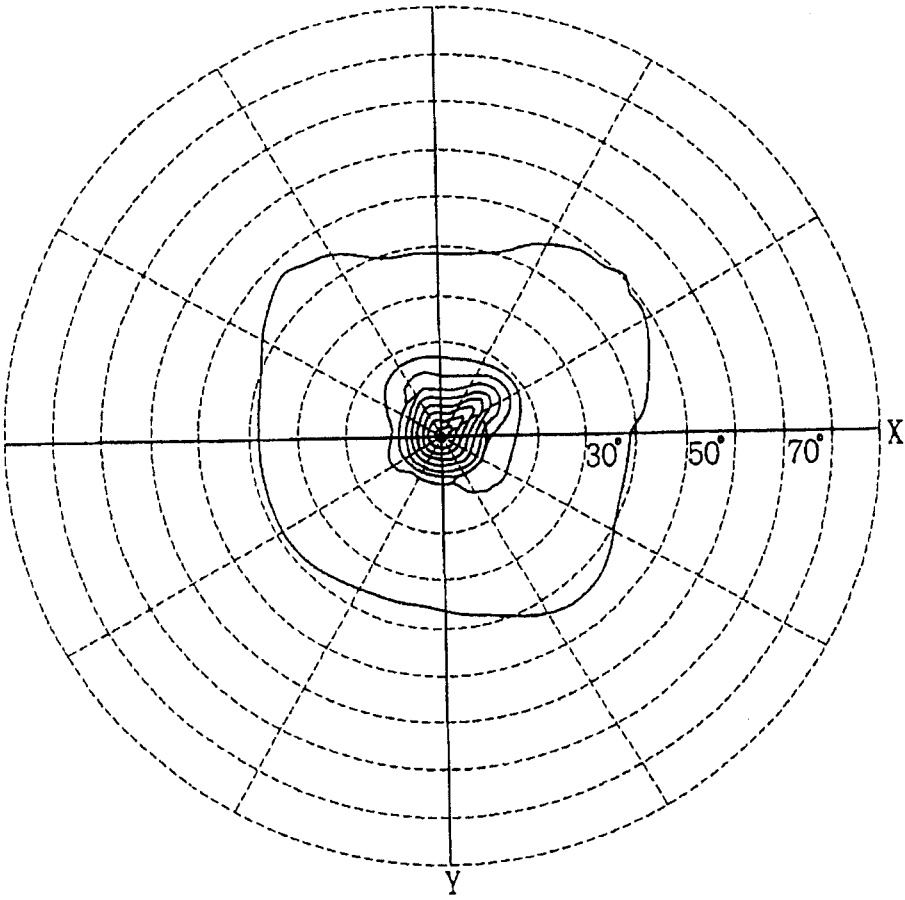


图 12

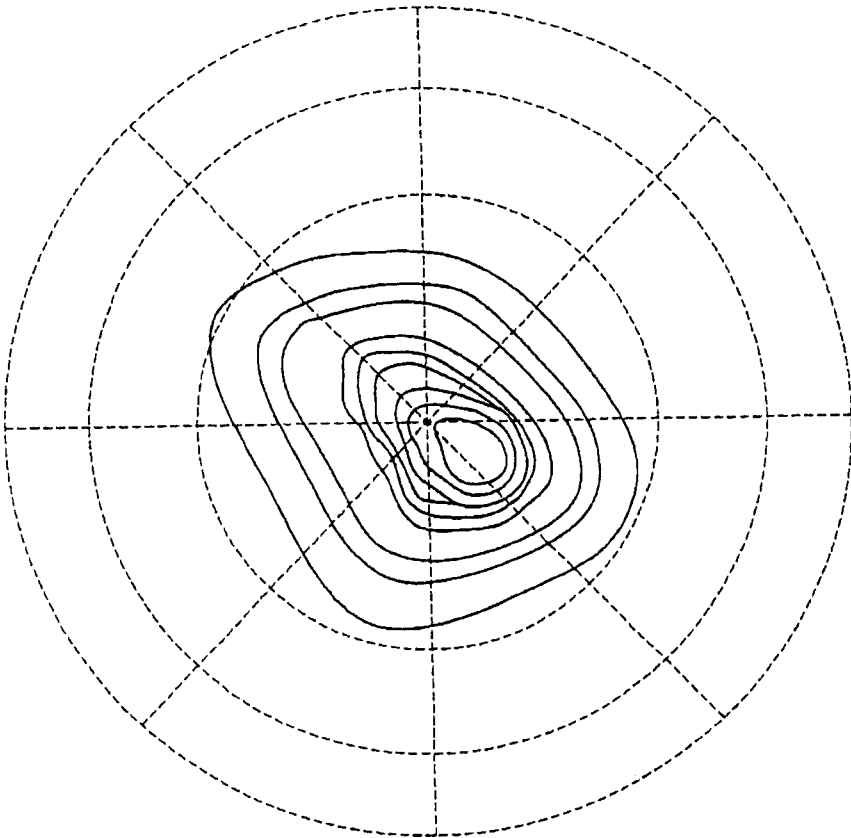


图 13