



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101685214 B

(45) 授权公告日 2014. 04. 09

(21) 申请号 200910148748. 5

审查员 焦丽宁

(22) 申请日 2009. 07. 02

(30) 优先权数据

61/077, 710 2008. 07. 02 US

(73) 专利权人 JDS 尤尼弗思公司

地址 美国加利福尼亚苗必达麦卡锡林荫大
道 430 号

(72) 发明人 谭金龙 纳达·A·奥布莱恩

(74) 专利代理机构 广州华进联合专利商标代理
有限公司 44224

代理人 郑小粤

(51) Int. Cl.

G02F 1/133(2006. 01)

G02F 1/1368(2006. 01)

G02B 5/30(2006. 01)

(56) 对比文件

W0 9610773 A1, 1996. 04. 11, 全文.

CN 1831605 A, 2006. 09. 13, 全文.

EP 0622656 B1, 1999. 07. 28, 全文.

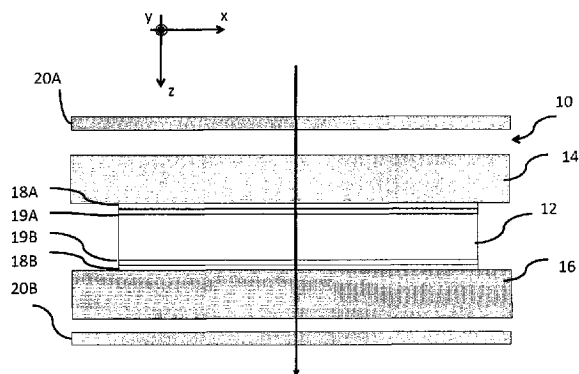
权利要求书1页 说明书11页 附图18页

(54) 发明名称

包括高级波片的液晶微型显示器

(57) 摘要

提供了用于提高液晶 (LC) 微型显示器的面板对比度的对比度补偿器, 该液晶微型显示器具有被配置为 0 板并支持薄膜晶体管层的高级波片。对比度补偿器包括被配置为 0 板的反高级波片, 其具有与薄膜晶体管衬底的双折射符号相反的双折射。



1. 一种液晶微型显示器,其包括:

液晶微型显示器面板,其包括第一衬底、第二衬底和被布置在所述第一衬底和第二衬底之间的液晶层,所述第一衬底包括被配置为 O 板并支持薄膜晶体管层的第一多级波片,其特征在于:

所述液晶微型显示器面板还包括第一延迟补偿器,其用于补偿所述第一衬底的光谱延迟色散和角线性延迟色散,所述第一延迟补偿器包括被配置为 O 板的第二多级波片,所述第二多级波片具有与所述第一多级波片的双折射符号相反的双折射。

2. 如权利要求 1 所述的液晶微型显示器,其中所述第二多级波片的厚度和 C 轴倾斜角被选择成使得所述第二多级波片的光谱延迟色散和角线性延迟色散实质上抵消所述第一多级波片的光谱延迟色散和角线性延迟色散。

3. 如权利要求 2 所述的液晶微型显示器,其中所述第一多级波片的 C 轴在与所述第二多级波片的 C 轴相同的倾斜平面内定向。

4. 如权利要求 3 所述的液晶微型显示器,其中所述液晶微型显示器面板被布置在偏振器和检偏器之间,且其中所述倾斜平面实质上平行于所述偏振器的透射轴和所述检偏器的透射轴之一。

5. 如权利要求 1 所述的液晶微型显示器,其中所述第一多级波片的 C 轴在与所述第二多级波片的 C 轴相同的倾斜平面内定向。

6. 如权利要求 1 到 5 中任一项所述的液晶微型显示器,其中所述第一多级波片包括高级蓝宝石波片。

7. 如权利要求 1 到 5 中任一项所述的液晶微型显示器,其中所述第二多级波片包括高级石英波片。

8. 如权利要求 6 所述的液晶微型显示器,其中所述第二多级波片包括高级石英波片。

9. 如权利要求 8 所述的液晶微型显示器,其中所述第一多级波片为至少 200 微米厚,且所述第二多级波片为至少 200 微米厚。

10. 如权利要求 1 到 5 中任一项所述的液晶微型显示器,还包括第二延迟补偿器,用于补偿所述液晶微型显示器面板的残余延迟,所述第二延迟补偿器被连接到所述第二多级波片。

11. 如权利要求 10 所述的液晶微型显示器,其中所述第二延迟补偿器至少包括沉积在所述第二多级波片上的薄膜双折射层和薄膜形成双折射层之一。

12. 如权利要求 11 所述的液晶微型显示器,其中所述薄膜双折射层和所述薄膜形成双折射层被配置为 A 板、C 板和 O 板之一。

13. 如权利要求 11 所述的液晶微型显示器,其中所述薄膜双折射层和所述薄膜形成双折射层被配置为单层 A 板。

14. 如权利要求 8 所述的液晶微型显示器,还包括第二延迟补偿器,用于补偿所述液晶微型显示器面板的残余延迟,所述第二延迟补偿器被连接到所述第二多级波片。

包括高级波片的液晶微型显示器

技术领域

[0001] 本发明通常涉及对比度补偿,尤其是涉及包括高级波片的液晶显示器面板的对比度补偿。

背景技术

[0002] 液晶 (LC) 微型显示器广泛存在于投影系统中,例如在商业演示和家庭娱乐 (例如大屏幕电视) 中使用的。通常,这些相对小的显示器 (例如,一般对角地测量小于 1.5") 与一个或多个光学透镜连接,这些光学透镜将所投影的图像放大到适当的显示尺寸。按照惯例,LC 微型显示器基于两种技术之一,即,反射型微型显示器 (例如,硅基液晶 (LCoS)) 或透射型微型显示器之一。

[0003] 典型的透射 LC 微型显示器包括夹在前和后透明板之间的液晶材料层 (例如,垂直排列 (VA) 模式、面内切换 (IPS) 模式、平面排列 (PA) 模式、或更普通地,扭曲向列 (TN) 模式)。后板包括图案化电极层,而前板包括公共电极层,其中每个板一般都由透明材料例如铟锡氧化物 (ITO) 形成。当使用 90 度 TN 模式 LC 时,前板和后板一般包括垂直于彼此取向的取向层,使得 LC 分子以螺旋形结构或扭曲形式布置。在没有施加的电压 (即,关闭状态) 时,扭曲布置使入射线偏振光的偏振旋转大约 180 度。在存在足够大的施加的电压 (即,开启状态) 时,LC 分子开始解开,使得线偏振入射光的偏振不旋转。该 LC 盒一般被布置在具有平行的透射轴 (即,正常黑) 或更一般地一垂直的透射轴 (即,正常白) 的偏振器和检偏器之间。

[0004] 在市场上可买到的系统中,透射 LC 微型显示器一般使用有源矩阵系统,其中薄膜晶体管 (TFT) 的矩阵控制电极所施加的电压。更具体地,每个 TFT 起开关元件的作用,该开关元件控制每个显示像素中 LC 的方位。按照惯例,有源 TFT 层通过使硅 (例如非晶、聚合或结晶的) 沉积在玻璃后板上形成。最近,使用蓝宝石作为硅层的衬底的优点被实现。例如,蓝宝石展示在可见光波段中的光学透明性,并且是促进单晶硅的生长的半导体,因而减小了制造复杂性和成本。此外,蓝宝石对 TFT 制造是理想的,因为它具有很高的电子和孔穴迁移率,这实现了高速逻辑转换。而且,它具有比在高温多晶硅 TFT 中使用的传统玻璃衬底高的导热性,因而在高亮度照明系统中提供有效的热耗散。

[0005] 不幸的是,蓝宝石作为 LC TFT 制造的衬底的使用被发现对 LC 微型显示器的面板对比度比率有负面影响。例如,在美国专利号 7,480,017 中,Fisher 等人教导,蓝宝石在 LC 微型显示器中的使用使通过液晶材料的光去偏振,减小了开 / 关对比度比率。Fisher 等人教导通过在有源硅后板上合并线栅或其它偏振器来提高对比度比率,以校正通过蓝宝石衬底的光的去偏振。虽然内部偏振器被规定为明显提高在蓝宝石衬底上建造的透明微型显示器的对比度,但该提高是在损失光强度的情况下实现的 (例如,内部偏振器过滤出通过具有椭圆偏振的蓝宝石衬底透射的光的一部分)。

[0006] 在国际公布号为 W09610773 的 PCT 申请中,Gunning 等人建议使用正双折射无机薄膜 O 板补偿器来提高液晶显示器的灰度级性能及对比度。在这种情况下,O 板补偿器只

校正了不需要的液晶显示器的角效应。Gunning 等人并未使用其中在 TFT 制造中使用了蓝宝石的微型显示器。

发明内容

[0007] 本发明涉及对比度补偿器,其例如可被用于提高具有蓝宝石板的液晶(LC)微型显示器的面板对比度。对比度补偿器包括高级波片,其具有被选择成补偿跨越存在于用于 LC TFT(例如蓝宝石)的透明半导体衬底中的有用波长波段(例如可见光)和角范围(例如锥形照明的 ± 12 度)的光谱和角线性延迟的变化的厚度和对称性。

[0008] 根据本发明的一个方面,提供了一种液晶微型显示器,其包括:包括第一衬底、第二衬底和布置在第一和第二衬底之间的液晶层的液晶微型显示器面板,第一衬底包括被配置为 0 板并支持薄膜晶体管层的第一多级波片,其特征在于:所述液晶微型显示器面板还包括第一延迟补偿器,用于补偿第一衬底的光谱和角线性延迟色散,所述第一延迟补偿器包括被配置为 0 板的第二多级波片,第二多级波片具有与第一多级波片的双折射符号相反的双折射。

附图说明

[0009] 结合附图理解,从下面的详细描述中本发明的进一步的特征和优点将变得明显,其中:

[0010] 图 1A 是透射 LC 面板的横截面;

[0011] 图 1B 示出图 1A 所示的高级蓝宝石衬底的配置;

[0012] 图 2A 示出具有高级蓝宝石衬底的实验 TN 模式 LC 面板的线性延迟图;

[0013] 图 2B 示出具有高级蓝宝石衬底的用数字表示的 TN 模式 LC 面板的线性延迟图;

[0014] 图 3 是根据本发明的一个实施方式与高级蓝宝石衬底协作的延迟补偿器的示意图;

[0015] 图 4 示出石英延迟补偿器和高级蓝宝石衬底的光谱和角线性延迟曲线配合结果;

[0016] 图 5 示出使用石英延迟补偿器和高级蓝宝石衬底的模拟延迟数据对石英延迟补偿器和高级蓝宝石衬底计算的线性延迟图的定性比较;

[0017] 图 6A 示出使用石英延迟补偿器和高级蓝宝石衬底的模拟延迟数据对与在蓝光波段中的高级蓝宝石衬底串联的石英延迟补偿器计算的净延迟和锥光泄漏;

[0018] 图 6B 示出使用石英延迟补偿器和高级蓝宝石衬底的模拟延迟数据对与在绿光波段中的高级蓝宝石衬底串联的石英延迟补偿器计算的净延迟和锥光泄漏;

[0019] 图 6C 示出使用石英延迟补偿器和高级蓝宝石衬底的模拟延迟数据对与在红光波段中的高级蓝宝石衬底串联的石英延迟补偿器计算的净延迟和锥光泄漏;

[0020] 图 7 示出使用高级蓝宝石衬底的实验延迟数据的延迟补偿器和高级蓝宝石衬底的线性延迟图的定性比较;

[0021] 图 8A 示出使用高级蓝宝石衬底的实验延迟数据的与在蓝光波段中的高级蓝宝石衬底串联的石英延迟补偿器的净延迟和锥光泄漏;

[0022] 图 8B 示出使用高级蓝宝石衬底的实验延迟数据的与在绿光波段中的高级绿宝石衬底串联的石英延迟补偿器的净延迟和锥光泄漏;

- [0023] 图 8C 示出使用高级蓝宝石衬底的实验延迟数据的与在红光波段中的高级红宝石衬底串联的石英延迟补偿器的净延迟和锥光泄漏；
- [0024] 图 9 示出对石英层厚度的范围计算出的对比度比率、C 轴极角和 C 轴方位角的曲线；
- [0025] 图 10 示出串联布置的方位角、极角和厚度公差的关系曲线；
- [0026] 图 11 是示出厚双折射晶体板中的光束走离的示意图；
- [0027] 图 12 示出高级蓝宝石和石英板的走离与 C 轴倾斜的关系曲线；
- [0028] 图 13A 是示出蓝宝石 C 轴和 TN LC 慢轴方向的 16 种可能组合的示意图；
- [0029] 图 13B 是示出当延迟匹配时微调延迟器 (trim retarder) 的慢轴方向的示意图；
- [0030] 图 13C 是示出当延迟失配时微调延迟器的可能的慢轴方向的示意图；
- [0031] 图 14 是根据本发明的一个实施方式与微调延迟器、TN 模式 LC 层和高级蓝宝石衬底协作的延迟补偿器的示意图；
- [0032] 图 15 示出当微调延迟器是单层 A 板时对比度比率与微调延迟器的可能的慢轴方向的延迟器慢轴的关系曲线；
- [0033] 图 16 示出使用模拟延迟数据对石英补偿器上的 A 板和 TN/ 蓝宝石面板计算的线性延迟图的定性比较；
- [0034] 图 17 示出使用模拟延迟数据对石英补偿器上的 A 板和蓝光、绿光和红光波段中的 TN/ 蓝宝石面板计算的净延迟和锥光泄漏；
- [0035] 图 18 示出使用 TN/ 蓝宝石面板的实验延迟数据对石英补偿器上的 A 板和蓝光、绿光和红光波段中的 TN/ 蓝宝石面板计算的净延迟和锥光泄漏；
- [0036] 图 19 示出在交叉轴配置中两个蓝宝石板以及平行配置中蓝宝石 / 石英板的线性延迟图和锥光泄漏图的比较；以及
- [0037] 图 20 示出 3 面板透射 LC 微型显示器投影系统光引擎的示意图。
- [0038] 应注意，在全部附图中，相似的部件用相似的参考数字标识。

具体实施方式

[0039] 通常表示在亮态中的光强度与在暗态中的光强度之比的面板对比度比率是 LC 微型显示器的重要特征。在传统 90 度 TN 透射型微型显示器中，当面板被倾斜地观察时，面板对比度比率明显减小。归因于观察角的对比度比率的变化一般称为观察角特征。

[0040] 为了提高透射 LC 微型显示器的面板对比度比率和 / 或观察角特征，通常使用延迟补偿器。延迟补偿器一般被放置在偏振器和 LC 盒之间和 / 或在检偏器和 LC 盒之间。可选地，延迟补偿器包括多层双折射材料，每层具有不同的物理厚度、相对于液晶和偏振器角的光轴方向、或双折射的符号。事实上，为了提供有效的对比度增强，延迟补偿器常常包括一个或多个 A 板（例如，具有平行于元件表面的光轴的单轴双折射元件）、C 板（例如，具有垂直于元件表面的光轴的单轴双折射元件）、和 / 或 O 板（例如，具有与元件表面成一倾斜角的光轴的单轴双折射元件），其中每个都可为正或负。例如，用在 VA 模式 LC 微型显示器中的延迟补偿器可包括具有面内延迟和面外延迟的倾斜 O 板，面外延迟用于视场 (FOV) 增强，而用在 TN 模式 LC 微型显示器中的延迟补偿器可展示面内延迟、面外延迟和圆周延迟。

[0041] 在每种情况下，延迟补偿器被用于补偿相对低量值的延迟（例如，常常小于大约

50nm 面内延迟),这例如通过暗态中的 LC 层展示。因此,延迟补偿器通常被称为微调延迟补偿器,或简单地称为微调延迟器。最初,微调延迟器被制造为补偿膜。例如,微调延迟器由拉伸的有机箔制成,例如 Fuji 的 Wide View(WV)film™,其由三醋酸纤维素(TAC)衬底上的碟型层组成。例如在 T.Bachels 等人的“Novel Photo-aligned LC—Polymer Wide-View Film for TN Displays”,Eurodisplay2002,10-3, p183、J.Chen 等人的“WideViewing Angle Photoaligned Plastic Films for TN-LCDs”,SID99,10-4, p and H.、Mori 等人的“Novel Optical Compensation Method Based upon a Discotic Optical Compensation Film for Wide Viewing Angle LCDs”,SID03,32.3, p.1058 中讨论了其它补偿膜。最近,在微调延迟器中使用形成双折射(fotm-birefringent)薄膜涂层的优点被实现(例如见美国专利号 7,170,574 和美国专利申请号 US20070070276,两者由此都通过引用被并入)。

[0042] 使用补偿膜和 / 或薄膜涂层来提供微调延迟允许微调延迟器被制造为真零级波片。通常,零级波片只提供所需的相位延迟(即,如果延迟器是零级四分之一波片,则只提供 0.25 波的相位延迟)。相反,多级波片提供大于所需相位延迟某个特征值(例如,全波片的 2π 的整数倍或四分之一波片的 $\pi/2$ 的奇数倍)的相对相位延迟。原则上,多级波片延迟器应与零级波片延迟器类似地运行。例如,对于给定的波长,第十级四分之一波片(例如,5.25 波)应与零级四分之一波片(例如,0.25 波)类似地运行。然而在实践中,多级波片由于其高色散和温度相关性而一般不被用作微调延迟器。特别地,导致可见光波段内的不是所有波长信道都被充分补偿的高色散在透射 LCD 投影仪中特别成问题,该投影仪通常包括多个 LC 微型显示器(例如,一个 LC 微型显示器用于每个蓝光 460nm、绿光 550nm 和红光 620nm 波段)。

[0043] 不幸的是,虽然现有技术微调延迟器被示为在相对宽的带宽内,从几百比 1 到实质上更高,来提高传统透射 TN 模式 LC 微型显示器面板的对比度,它们在 LC 微型显示器包括蓝宝石半导体衬底时,在明显提高对比度比率和 / 或观察角特征方面并不成功。

[0044] 蓝宝石半导体衬底是在可见光波段透明的双折射晶体板。即使蓝宝石板的双折射相对低(例如,在 550nm 大约 0.008),在 LC 盒夹层中提供足够的支持所需的厚度(例如在 0.4mm 到 1mm 之间的物理厚度)将产生几微米的延迟。

[0045] 此外,因为常常为 TFT 制造而选择蓝宝石的 R 平面,蓝宝石半导体衬底通常被配置为 O 板。R 平面是晶体切割,其产生相对于板法线成大约 57.6 度角的蓝宝石的光轴或 C 轴取向。该 O 板配置意味着有大延迟斜率作为在接近于 C 轴倾斜平面的观察平面处的入射角的函数。高级延迟产生交替的偶和奇延迟级数,其中在垂直入射时的有效延迟在可见光波段内从 0 到 π 多次变化。这些延迟变化降低了可实现的面板对比度,且特别劣化了观察角特征。例如,当相应的线性延迟轴不平行于 / 垂直于偏振器而取向时,劣化将通过交叉偏振器设置出现。

[0046] 参考图 1A,其示出整合了蓝宝石后板的透射 LC 面板的横截面。透射 LC 面板 10 包括夹在蓝宝石后板 14 和盖板 16 之间的 LC 层 12。LC 层 12 由 LC 材料,例如 90 度扭曲向列(TN)模式、垂直排列(VA)模式、面内切换(IPS)模式、或平面排列(PA)模式 LC 形成。蓝宝石后板 14 是双折射晶体板,其支持用于控制 LC 层 12 中 LC 指向矢的方向的有源矩阵像素处理电路(未示出)。盖板 16 是玻璃板。可选地,根据 LC 模式,透射 LC 面板 10 也包括一个或多个电极 18A、18B 以及一个或多个取向层 19A、19B。通常,透射 LC 面板 10 布置在两

个偏振器 20A、20B 之间。当两个偏振器 20A、20B 定向成使得其透射轴垂直时,则第一偏振器 20A 一般称为偏振器,而第二偏振器 20B 一般称为检偏器。参考图 1B,蓝宝石衬底 14 的 C 轴以 57.6 度的极角定向(即,其 C 轴倾斜离衬底法线 57.6 度角),而 R 平面与板的表面重合。蓝宝石后板 14 的 C 轴一般平行或垂直于偏振器 20A 的透射轴而取向。

[0047] 在图 2A 和 2B 中分别示出类似于图 1A 所示面板的 LC 面板 10 的实验和计算的 FOV 延迟数据。在每种情况下,包括 TN 模式 LC 的 LC 层在暗态中展示大约 10nm 面内延迟,而蓝宝石后板大约 600 微米厚。在用于产生计算出的数据的模型中,假定蓝宝石的寻常折射率 N_o 和非常折射率 n_e 分别为 1.7706 和 1.7650,给定 Δn 双折射在 550nm 处等于 -0.0081。在可见光波段内的全色散被应用。蓝宝石后板的厚度是 576.6 微米。在该厚度,蓝宝石后板是第 12 级波片。换句话说,蓝宝石后板为高级负 0 板。净延迟是在 530nm 处在第 12 级中的 45 度(2205 度展开的)。参考实验和计算的结果,很清楚,缠绕到零级的延迟随着入射的极角/方位角快速变化。在实验上,垂直入射时的平均线性延迟是 44.1 度。在计算中,垂直入射时的平均线性延迟是 47.4 度。

[0048] 根据本发明的一个实施方式,包括也作为高级波片的反双折射衬底的第一延迟补偿器被用于减小由蓝宝石衬底引入的延迟的波长和角色散,因而提高了包括蓝宝石后板的透射 TN 模 LC 微型显示器的对比度比率和观察角特征。

[0049] 参考图 3,由具有相对于蓝宝石衬底 14 的相反符号的双折射的材料(即,蓝宝石展示负双折射,所以双折射板 32 具有正双折射)形成的反双折射板 32 也具有相对于衬底法线的倾斜 C 轴取向(即,双折射板 32 是正 0 板)。双折射板 32 被制造成使得其 C 轴方向及其延迟级实质上补充蓝宝石衬底 14 的光谱和角线性延迟分布。因此,当第一延迟补偿器 30 被排列成使得双折射板 32 的 C 轴沿着与蓝宝石板 14 的 C 轴相同的倾斜平面取向时,两个衬底协作以在所有波长和角点处明显减小净延迟(例如,理想地到零)。

[0050] 适合于制造双折射板 32 的材料的一个例子是石英。石英晶体板具有正双折射并具有与蓝宝石晶体板大致相同的双折射色散。因此,由于 C 轴取向和石英衬底厚度的适当选择,补偿板 32 和蓝宝石衬底 14 将协作起作用,以在操作的每个射线角度和每个波长处提供大约相等的和相反符号的延迟。作为结果,系统对比度不被蓝宝石衬底 14 的大延迟负面影响。

[0051] 为了确定适当的石英层参数(例如,厚度以及 C 轴的方位角和极角),标称石英补偿板的波长和角延迟光谱适合于匹配标称蓝宝石板的波长和角延迟光谱。如上所述,假定蓝宝石板的寻常折射率 n_o 和非常折射率 n_e 分别应当为 1.7706 和 1.7650,给定 Δn 双折射在 550nm 处等于 -0.0081。标称蓝宝石板的 C 轴倾斜距衬底法线 57.6 度。蓝宝石板的厚度是 576.6 微米。对于石英补偿板,假定寻常折射率 n_o 和非常折射率 N_e 分别应当为 1.5461 和 1.5554,给定 Δn 双折射在 550nm 处等于 +0.0092。在每种情况下,在可见光波段内的全色散被应用。

[0052] 参考图 4,可确认,石英和蓝宝石板的光谱延迟色散(例如,左边图)和角延迟色散(例如,右边图)可被同时与适当的石英参数匹配。例如,数字结果表明,如果石英补偿板具有离衬底法线大约 61.1 度的 C 轴倾斜和大约 472.0 微米的物理厚度,则光谱延迟色散和/或角延迟色散实质上匹配。特别地,在此厚度,石英补偿板也是第 12 级波片。

[0053] C 轴被定向成离衬底法线 57.6 度的 576.6 微米厚的蓝宝石衬底与 C 轴定向成离板

法线 61.1 度的 472.0 微米厚的石英补偿板的定性比较也展现了极好的锥光匹配。例如,如图 5 所示,示出对蓝宝石(顶部)和石英(底部)板计算出的线性延迟(左)、慢轴(中央)和圆周延迟(右)锥光图。每个锥光图对于在 522nm 处的入射光示出在方位平面的 360 度内从 0 到 12 度的入射极角。

[0054] 图 6A、6B、6C 示出当蓝宝石衬底的 C 轴方位角平行于石英补偿板的 C 轴方位角时,分别在蓝光(例如,458nm)、绿光(例如,522nm)和红光(例如,642nm)波段内计算出的对比度。更具体地,左边图示出蓝宝石衬底/石英补偿板组合的净线性延迟(即,忽略例如来自 LC 层和/或相应的微调延迟补偿器的其它延迟影响),而右边图示出理想的交叉偏振器未处理的对比度(即,其未被系统基线加权)。参考左边图,平均垂直入射延迟对蓝光波段是 2.8 度,对绿光波段是 3.2 度,以及对红光波段是 5.9 度,指示双折射补偿几乎是完全的。参考右边图,计算出的两级对比度在蓝光波段内从大约 17k 延伸,在绿光波段内从大约 29k 延伸,以及在红光波段内从大约 28k 延伸。换句话说,由蓝宝石面板衬底和石英补偿板组成的两级系统的模拟单程对比度在绿光和红光波段内实现了大于 20,000 : 1。

[0055] 参考图 7,石英补偿板参数适合于匹配蓝宝石衬底 14 的实验延迟数据。蓝宝石板的 C 轴平面定向成平行于 X 轴而实验数据被收集。实验光谱数据用虚线显示。显然,为石英计算的且为蓝宝石在实验上得到的光谱延迟色散(例如左边图)和角延迟色散(例如右边图)也可被实质上匹配。参考图 8A、8B 和 8C,表明在蓝光(例如,458nm)、绿光(例如,522nm)和红光(例如,642nm)波段内计算出的对比度分别为 4.7k、4.0k 和 4.3k。这些从实验/模型结果的组合计算出的锥形平均对比度明显低于仅模型结果,其产生分别对蓝光、绿光和红光波段计算出的 17k、29k 和 28k 的锥形平均对比度。减小的锥形对比度可从蓝宝石衬底的数字模型中的限制和/或延迟计量中的误差产生,这不允许所有射线角完美地与石英衬底数据匹配。

[0056] 在实际投影仪系统中,光泄漏可从非理想化的交叉偏振器、LC/微调延迟器匹配度和/或蓝宝石衬底/石英补偿板匹配度产生。然而,这个较大的被补偿的蓝宝石衬底对比度增加了当 LC 层用其自己的延迟器(例如微调延迟器)补充时可得到的对比度上限,该延迟器作为单独的微调延迟器组件或作为延迟补偿器 30 的部分。

[0057] 为了确定补偿板 32 的厚度(即, d) 和 C 轴方向(即,极角 θ_c 和方位角 ϕ_c) 公差,对标称石英板计算在蓝光(例如,458nm)、绿光(例如,522nm)和红光(例如,624nm)波段内的对比度比率。参考图 9,顶部曲线示出对石英板计算出的对比度比率,其中厚度在 469.0 ± 2 微米之间变化,中间曲线示出对石英板计算出的对比度比率,其中 C 轴倾斜或极角 θ_c 在 61.0 ± 0.5 之间变化,以及底部曲线示出当石英板在板平面内从理想取向旋转 ± 1 度时计算出的对比度比率,其中石英板和蓝宝石板的 C 轴在同一倾斜平面内。假定有 5k : 1 的基线对比度,计算出的对比度比率结果表明,为了维持多于在绿光波段内峰值对比度的 50%,石英板的厚度公差应为 $\pm 1\%$,而倾斜轴公差应为 $\pm 0.5\%$ 。关于方位角公差,计算出的对比度比率表明,石英 C 轴倾斜平面应在蓝宝石倾斜平面的 ± 0.7 度内。

[0058] 参考图 10 示出的等高线图,其示出厚度 d 、极角 θ_c 和方位角 ϕ_c 误差之间的关系。在底部两条曲线中示出的方位角公差转换成一般 Bell 形对比度滚降。在顶部曲线中示出的极角和衬底厚度误差之间的关系,确认了补偿石英板的倾斜角和厚度依赖于彼此,以便提供所需的面内延迟,因而提供提高了的对比度比率。特别是,较大的倾斜角一般与较薄的

板相关,以满足面内延迟需要,而较小的倾斜角将产生较厚的板。

[0059] 在上面讨论的计算中,当石英板为大约 475 微米厚且具有大约 58 度的倾斜角的蓝宝石衬底为大约 585 微米厚时,被切成方块以便 C 轴相对于板法线为大约 61 度的石英 0 板给在 TFT 制造中使用的蓝宝石衬底提供实质上匹配的光谱和角延迟变化。在此厚度,石英补偿板也为在 $\lambda = 550\text{nm}$ 处产生大约 2,200 度的展开线性延迟的第 12 级延迟器。石英补偿板的 C 轴平面标称地与蓝宝石衬底的 C 轴平面对齐。

[0060] 除了提供实质上匹配的光谱和角延迟变化以外,该两级平行取向的布置还提供图像模糊补偿。对于包括蓝宝石后板的 TN 模式 LC,从 o 波方向走离的衬底模式非常波对于 585 微米厚的衬底为大约 2.5 微米。因此,基于 LC 盒 10 中的蓝宝石衬底 14 相对于入射光的位置,该走离可产生被传输到检偏器 20B 的两组图像。一组图像的检偏器的任何不完全的消光将导致干扰(例如,图像模糊)。将石英补偿板 32 定位成使得其 C 轴在与蓝宝石衬底 14 的 C 轴相同的倾斜平面内取向允许石英补偿板提供在相反方向上的走离。图 11 示出通过相对厚晶体板的走离(即,其中蓝宝石衬底 14 具有 585 微米的标称厚度,且石英补偿板具有 475 微米的标称厚度)。参考图 12,石英板有比蓝宝石衬底大的偏离。然而,因为石英板比蓝宝石衬底薄,侧向平移的量对两个板几乎相等。作为结果,两个图像被再次集合在一起,且对一组图像通过检偏器的完全消光的敏感度减小了。有利地,模糊补偿使得对无论从蓝宝石侧还是从玻璃衬底侧照明的微型显示器的对比度比率较不敏感。

[0061] 包括蓝宝石面板 14 和石英补偿板 32 的两级补偿系统被模拟并显示为提供增加的对比度比率。更具体地,高级石英波片被显示为移除跨越存在于透明半导体衬底,例如蓝宝石,中的有用波长波段(例如可见光)以及角范围(例如,锥形照明的 ± 12 度)的光谱和角线性延迟的变化,蓝宝石用于制造透射 LC 微型显示器中的 TFT。特别地,虽然两级补偿系统被示为提供提高了的对比度,上述计算没有专注于来自 LC 微型显示器和/或微调延迟器中 LC 材料的双折射性质的效应。

[0062] 为了提供在开启状态中的有效非常波导, TN 层 12 的慢轴一般与偏振器 20A 或检偏器 20B 的透射轴成 45 度而取向。参考图 13A,当偏振器或检偏器的透射轴分别平行于 X 和 Y 轴时,可能的 TN 慢轴方向由方向 Z、Q、P 和 M 表示。如上所讨论的,蓝宝石后板 14 的 C 轴一般平行于或垂直于检偏器 20B 的透射轴取向,产生方向 N、E、S 和 W。因此,有蓝宝石 C 轴方向和 LC 慢轴方向的 16 种可能的组合。在表 1 中模拟并示出这些组合中每个的对比度比率。意外地发现,对较少的最佳参数,有大约 120 到 130 : 1 裸 TN 面板对比度到大约 80 到 90 : 1 之间的差异。

[0063]

SPH C 轴	TN LC 扭曲角跨度和 SA 角			
	45° (Z)	135° (Q)	225° (P)	315° (M)
0° (E)	121.4	85.3	97.0	91.0
90° (N)	102.0	97.1	106.9	129.9
180° (W)	122.8	91.4	104.6	89.6
270° (S)	115.9	120.8	82.7	97.0

[0064] 表 1 : 计算出的裸面板对比度

[0065] 值得注意的, 数值结果表明, 当蓝宝石板的 C 轴以 90 度角定向时 (即, 方向 N) 且当 TN 面板慢轴实质上平分第四象限 (即, 以 -45 度角定向, 这相应于方向 M) 时, 得到在 ± 14 度锥形照明内的最高面板对比度。事实上, 当蓝宝石板的 C 轴定向成北方 (即, 以 90 度角) 时, 对慢轴在面板的第一、第二、第三和第四象限的裸 TN 面板计算出的对比度比率分别为大约 102、97、107 和 130 : 1。换句话说, 提供慢轴在第四象限的 LC 面板导致在 22% 到 34% 之间的较好的对比度。

[0066] 在用于计算裸面板对比度的模型中, 蓝宝石衬底 14 被配置为高级负 O 板, 其具有 576.6 微米厚度并具有离表面法线 57.6 度的 C 轴倾斜。假定 LC 层 12 为正常白 TN90 盒的部分, 该 TN90 盒设计成提供关闭状态 (例如, 未驱动的) 中的绝热波导作为非常波导。在没有施加的电压时, 入射光的偏振随着经历 90 度扭曲的 LC 分子的扭曲角旋转, 使得透射光以垂直于入射光的偏振的偏振被发射。在关闭状态或暗态中, 由施加的电压产生的静电场使 LC 指向矢沿着盒的透射轴取向 (例如, 垂直取向 (homeotropic alignment)), 使得入射光的偏振在穿过 LC 盒时不改变。注意, 虽然整个盒通常被描述为在关闭状态中有垂直取向, 但它一般仅是 LC 盒的真正垂直的内部或中间部分, 因为接近于盒的出口和进入部分的 LC 指向矢被取向层的锚固力影响。在模型中, 假定 TN 模式 LC 层在暗态中的该固有的双折射相应于在绿光波段 (例如, 在 550nm) 内的大约 10nm 的残余面内延迟。

[0067] 参考图 14, 其中显示了第一延迟补偿器的示意图, 其包括双折射板 32, 根据本发明的一个实施例, 所述第一延迟补偿器与第二延迟补偿器 (即微调延迟器 40) 串联。如上所述, 微调延迟器 40 常常被用于补偿在暗态中的 TN 模式 LC 层的残余面内延迟。在理论上, 微调延迟器 40 应具有 TN 面板在暗态中所展示的相同的面内延迟。因此, 当微调延迟器的慢轴 12A 以对于 LC 面板的慢轴 12A 的垂直方位角方向被配置时, 则净效应为对进入的偏振的零相对延迟。然而在实践中, 更一般地设计微调延迟器 40 为有比 LC 面板高的面内延迟, 以便适应归因于制造公差的延迟变化 (例如, 在设备厚度上等) 和 / 或操作偏差 (例如温度、机械应力等)。如本领域技术人员所知道的, 在面内延迟中的该失配需要微调延迟器的慢轴 40A 相对于标称交叉轴配置的偏移。换句话说, 微调延迟器通过将其方位角方向从远离图 13B 中示出的交叉轴配置 (例如, 其中 ϕ_r 等于大约 45 度) 旋转到四个方向 (例如 Q1P, Q1S, Q3P, Q3S) 之一而被计时 (clocked-in)。

[0068] 参考图 14-18, 包括来自 LC 面板层 12 和微调延迟器 40 的双折射效应的对比度补偿被模拟。在模型中, 蓝宝石衬底 14 被配置为高级负 O 板, 其具有 576.6 微米厚度并具有离表面法线 57.6 度的 C 轴倾斜。假定石英补偿板 32 被配置为高级正 O 板, 其具有被选择成实质上匹配蓝宝石衬底 14 的线性延迟光谱和角变化的厚度和 C 轴倾斜。通常, 术语“高级”被用于描述大于 0 的级, 且更一般地大于约 2 的级。每个 O 板延迟器 14、32 的慢轴平行于 XZ 平面而取向 (即, 蓝宝石板 14 和石英板 32 的 C 轴都以大约 0 度的方位角 ϕ_c 而取向)。假定 LC 层 12 为正常白 TN90 盒的部分, 该 TN90 盒被设计成提供开启状态 (例如, 未驱动的) 中的绝热波导作为非常波导。TN90 盒的取向层被布置成使得 LC 分子沿着从光输入侧到光输出侧的逆时针方向 (CCW)。TN 模式 LC 层的慢轴 12A 被取向成使得它大致平分 TN90 面板的第四象限。假定 TN 模式 LC 层在暗态中的固有双折射相应于在绿光波段 (例如, 在 550nm) 内的大约 10nm 的残余面内延迟。假定微调延迟器 40 为提供大约 15nm 的面内

延迟的单层 A 板或 O 板。微调延迟器的慢轴 40A 被计,以使得它离 X 轴大约 25 度,或在顺时针方向离 Y 轴 25 度。更具体地,微调延迟器的慢轴 40A 在图 13C 所示的四个方向(即, Q1P, Q1S, Q3P, Q3S, 其中 ϕ_r 等于 25 度)之一取向。

[0069] 参考图 15,对四个方向(即, Q1P, Q1S, Q3P, Q3S)中的每个示出单层 A 板和单层 O 板配置在蓝光、绿光和红光波段中计算出的对比度比率。更具体地,图 15 示出当微调延迟器的慢轴在接近于 P 轴(Q1P)的第一象限中、在接近于 S 轴(Q1S)的第一象限中、在接近于 P 轴(Q3P)的第三象限中以及在接近于 S 轴(Q3S)的第三象限中时计算出的对比度比率。在每种情况下,计算出的对比度比率对 A 板比对 O 板高。此外, P 方向(即, Q3P 和 Q1P)给出稍微更好的性能。特别地,接近于 S 轴(即, Q1S 和 Q3S)的两个解的 A 板解相等,同时接近于 P 轴(即, Q1P 和 Q3P)的两个解相等。

[0070] 参考图 16,其表明,对 A 板微调延迟器和石英板计算的光谱延迟色散(例如左边图)和角延迟色散(例如右边图)可实质上与对 TN 模式盒计算的光谱延迟色散和角延迟色散匹配(即,被模拟为 TN 层和蓝宝石面板)。角延迟色散图示出在红光、绿光和蓝光波段中心波长处沿着并垂直于 C 轴平面的延迟曲线配合。

[0071] 图 17 示出当图 16 所示的配合参数用于模拟以石英板 32 和 A 板 40 补偿的蓝宝石面板 14 的 TN 模式 LC 层 12 时,分别在蓝光(例如 460nm)、绿光(例如 550nm)和红光(例如 620nm)波段内计算出的对比度。参考附图右侧上的等高线图,对比度比率对蓝光、绿光和红光波长分别被计算为大约 340、510 和 670 : 1。虽然面板衬底 FOV 和 TN LC 层面内延迟显现为被良好地补偿,但有在第四象限周围聚集的一些光泄漏。该光泄漏被认为由于缺乏圆周延迟补偿和缺乏 TN-LC 面外延迟补偿而产生。

[0072] 在上面的计算中,石英/A 板参数适合于匹配所计算出的波长和角延迟光谱。在图 18 中,分别在蓝光(例如 460nm)、绿光(例如 550nm)和红光(例如 620nm)波段内计算出的对比度在石英/A 板参数适合于匹配实验波长和角延迟光谱时得到。参考右侧,实际面板 FOV 数据给出分别在蓝光、绿光和红光波段内计算出的大约 180、300 和 430 : 1 的 2 级对比度。明显的,最大的泄漏出现在第四象限内。

[0073] 如上所述,高级石英补偿板被示为明显提高具有蓝宝石衬底的 TN 模式 LC 微型显示器的对比度比率。例如,在上述标称设计中,对蓝宝石板/石英板组合实现了几万比 1 的对比度。当 TN LC 层的双折射效应包括有蓝宝石板的双折射效应时以及当微调延迟器的双折射效应包括有石英补偿板的双折射效应时,计算出的裸面板对比度(例如 90 : 1)被提高到在绿光波段中的大约 500 : 1。

[0074] 事实上,提供包括高级 O 板延迟器的延迟补偿器被发现提供了优于其它补偿方案的提高的对比度补偿,该高级 O 板延迟器具有比用作透射 LC 微型显示器中的后板的高级 O 板更高的但相反符号的双折射。例如,提高包括蓝宝石衬底的投影显示器的对比度比率的一种方法,是在交叉轴配置中提供具有相同的厚度和倾斜角的另一蓝宝石板。虽然该布置最后的结果为 Savart 板,因而应展示零的净延迟,但发现对比度比率提高并不与平行于蓝宝石板而取向的高级波片一样有效。图 19A 示出交叉轴蓝宝石/蓝宝石板的等高线图,而图 19B 示出平行轴蓝宝石/石英板的等高线图。清楚地,交叉轴配置的对角延迟波段减小了离轴对比度。明显的,对交叉轴配置计算出的对比度比率仅为 130 : 1,而对平行轴配置计算出的对比度比率为 33,600 : 1。

[0075] 虽然高级石英补偿板被示为明显提高利用具有蓝宝石后板的正常白 TN 模式 LC 微型显示器的投影系统（例如，包括微微投影仪）中的对比度，但可设想，高级补偿板可用其它材料制造和 / 或可基于其它 LC 模式被用在投影系统中和 / 或合并由除蓝宝石之外的材料制成的高级延迟半导体衬底。此外，可设想，高级补偿板用被在其它延迟补偿器（例如微调补偿器）上，以便进一步提高系统对比度。

[0076] 根据本发明的一个实施方式，高级延迟补偿板 32 被连接到微调延迟器 40。例如，在一个实施方式中，微调延迟器包括沉积在高级延迟补偿板上的一个或多个双折射或形成双折射（form-birefringent）的薄膜涂层，该高级延迟补偿板被配置为 A 板、C 板和 / 或 O 板。当高级延迟补偿板被用于支撑微调延迟器时，投影仪系统有利地只使用一个补偿器组件而达到高对比度。因此，只有一个补偿器需要被旋转计时，因而简化了取向。此外，只有两个抗反射涂层被使用（即，一个抗反射涂层在延迟补偿器组件的每个外表面上）。

[0077] 在本发明的另一实施方式中，高级延迟补偿板 32 和微调延迟器 40 都被用作单机的延迟器组件。在本实施方式中，高级延迟补偿板 32 被计时以匹配高级半导体衬底的 C 轴倾斜平面，而微调延迟器 40 被计时以优化对 LC 层暗态延迟的补偿。在这种情况下，四个抗反射涂层被使用。

[0078] 参考图 20，其示出包括三个透射 TN 模式 LC 面板和三个延迟补偿器的微型显示器投影系统的光学引擎。光学子系统 100 包括输入预偏振器 101a、101b、101c、延迟补偿器 103a、103b、103c、TN 模式 LC 面板 104a、104b、104c 以及出射清除偏振器 105a、105b、105c。光学子系统 100 的中央元件是 X 立方 110，其中三个分离的光束 102a、102b、102c 被聚集并作为会聚的光束 130 射出，光束 130 被投影到屏幕（未示出）上。三个分离的光束提供 RGB 通道数据。通常，绿光通道通常对应于第一光束 120a，以使得它指向 X 立方的透射口。对于每个颜色通道，LC 面板 104a/104b/104c 被置于一组交叉的偏振器之间（例如，分别在输入预偏振器 101a/101b/101c 和出射清除偏振器 105a/105b/105c 之间）。在所示示意图中，输入预偏振器 101a、101b、101c 具有其水平取向（平行于附图平面）的透射轴，而出射清除偏振器 105a、105b、105c 具有垂直取向的透射轴。相应于绿光或 `a` 通道的光学子系统 100 的臂一般包括半波片（HWP）106，以将经调制的垂直偏振光转换为水平偏振光，使得它相对于 X 立方斜边作为 P 偏振光显现，并通过 X 立方透射。可选地，如果 LC 面板 104a 在开启状态下将进入的垂直偏振光旋转到水平偏振，则 HWP106 可被置于光学子系统 100 的另一臂中。注意，为了示例的目的，每个延迟补偿器 103a、103b、103c 被示为分别布置在预偏振器 101a、101b、101c 和 LC 面板 104a/104b/104c 之间。在另一实施方式中，延迟补偿器 103a、103b、103c 分别被布置在 LC 面板 104a/104b/104c 和偏振器 105a、105b、105c 之间。在每种情况下，每个延迟补偿器 103a、103b、103c 都包括高级 O 板，其具有被选择成在被用于 TFT 制造的 LC 微型显示器中补偿透明半导体衬底的面内和面外延迟的厚度和 C 轴取向。被表示为光路长度差的面内延迟，是指两个正交面内折射率之间的差乘以光学元件的物理厚度。面外延迟是指沿着光学元件的厚度方向（z 方向）的折射率与一个面内折射率（或面内折射率的平均值）的差乘以光学元件的物理厚度。在锥形束中的垂直入射射线仅看见面内延迟，而包括倾斜射线（即，不垂直但沿着主 S 和 P 平面）和歪斜射线（即，不垂直且远离主 S 和 P 平面入射）的离轴射线经历面外延迟和面内延迟。这里描述的高级延迟补偿器提供了高级延迟透明半导体衬底的面内和面外延迟的有效补偿。结合补偿 LC 层的面内、面外和

圆周延迟的全功能微调延迟器,对比度比率明显被提高。在一个实施方式中为高级延迟蓝宝石晶体板的透明半导体衬底将被布置在 LC 面板 104a/104b/104c 的光入射侧或 LC 面板 104a/104b/104c 的光出射侧上。

[0079] 当然,上面的实施方式仅作为例子被提供。本领域技术人员应认识到,可使用各种更改、供替换的配置和 / 或等效形式,而不偏离本发明的实质和范围。相应地,本发明的范围因此被规定为仅由所附权利要求的范围限制。

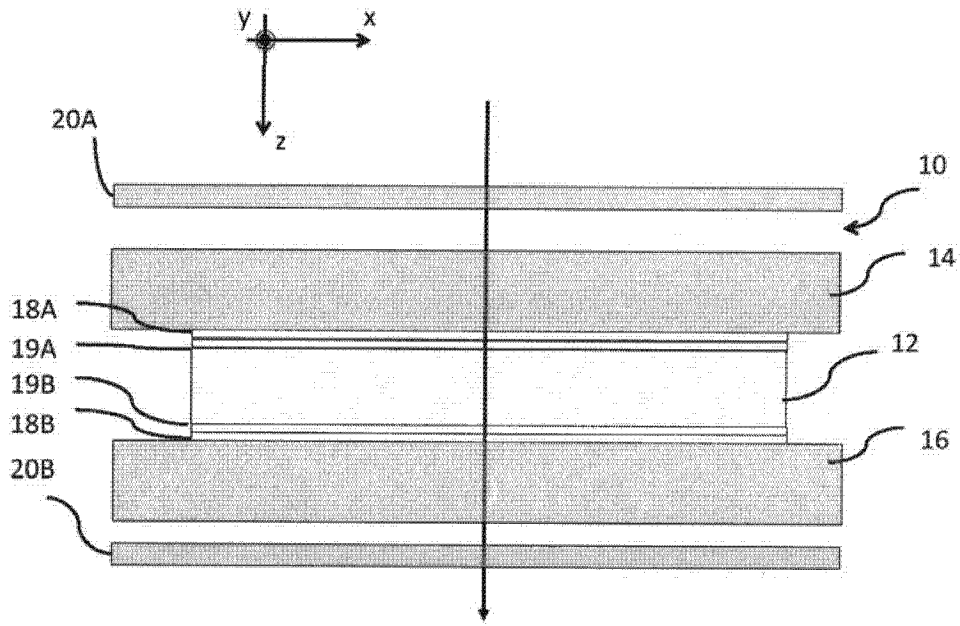


图 1A

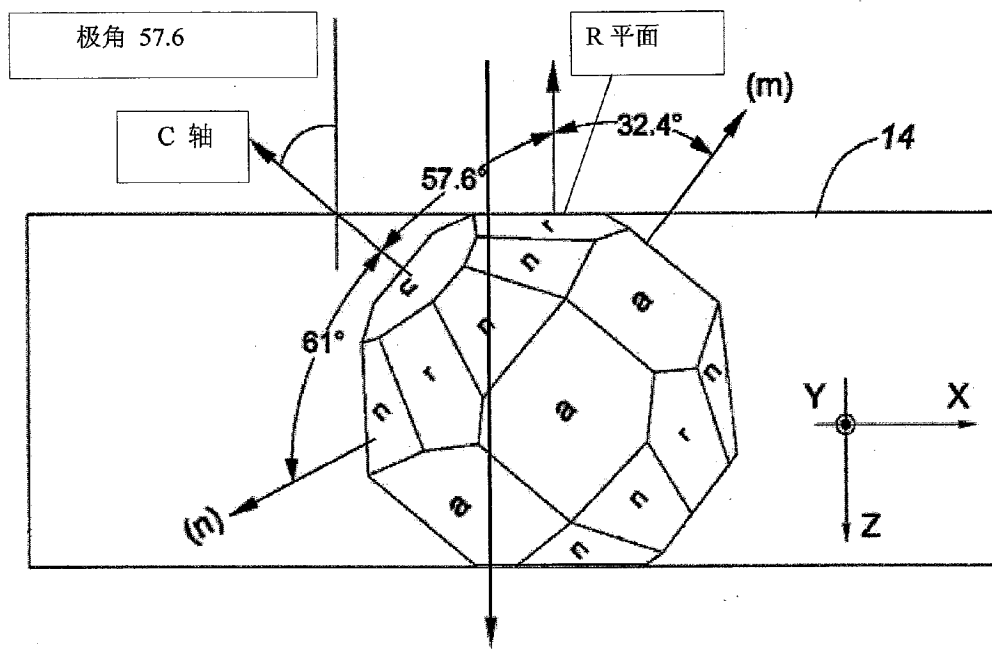


图 1B

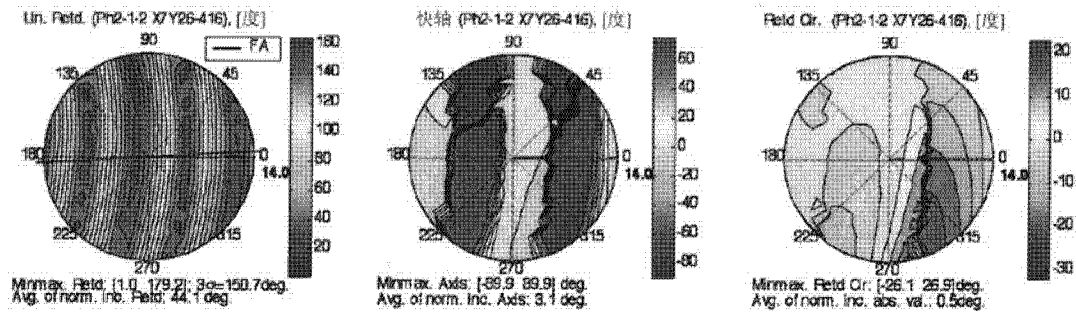


图 2A

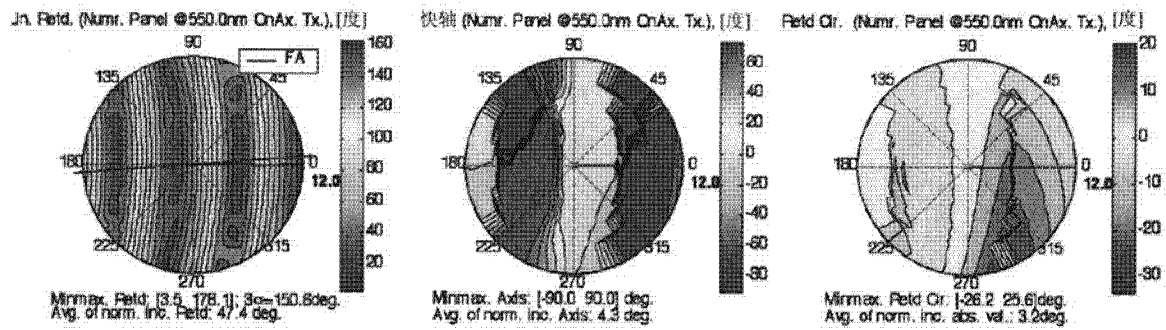


图 2B

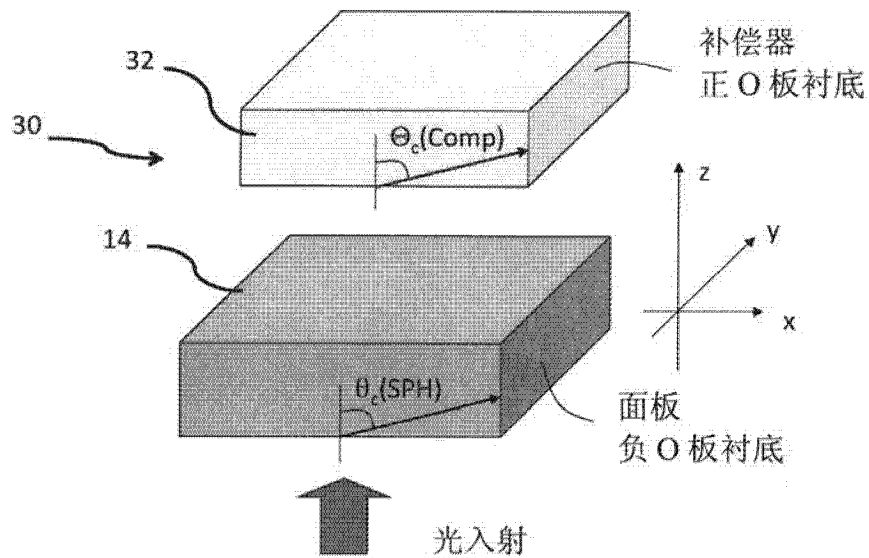


图 3

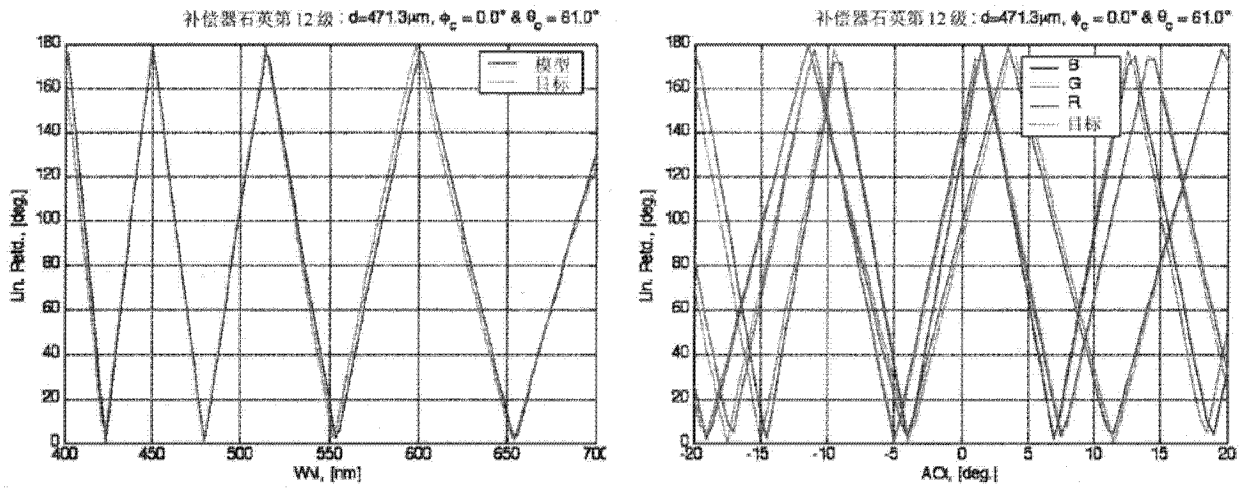


图 4

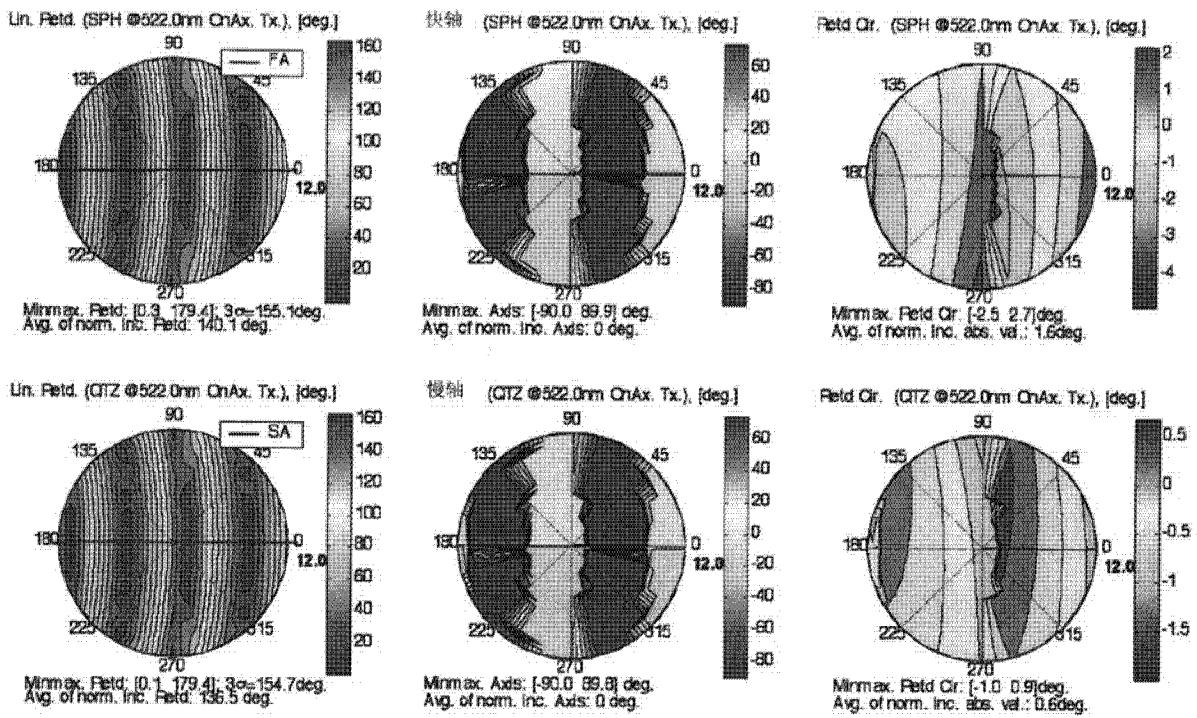


图 5

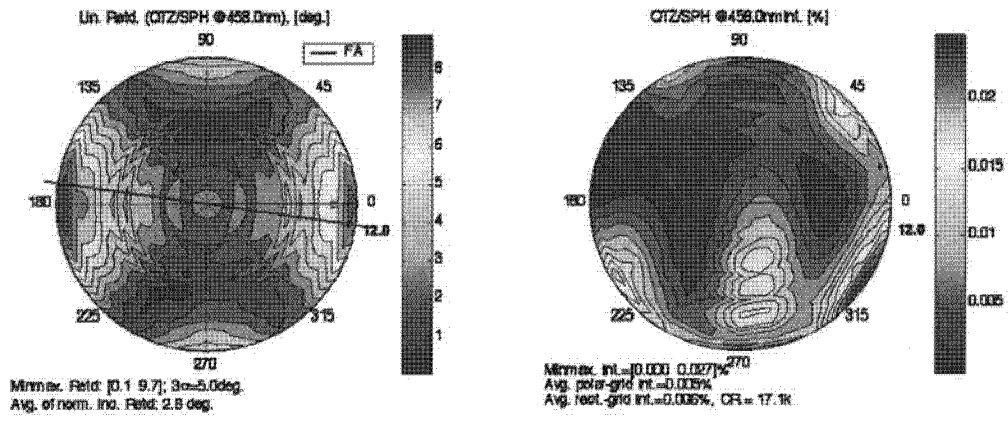


图 6A

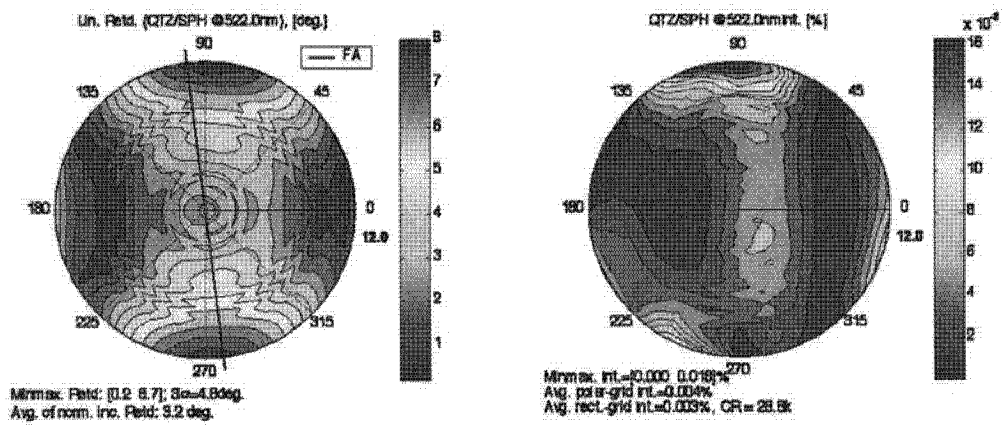


图 6B

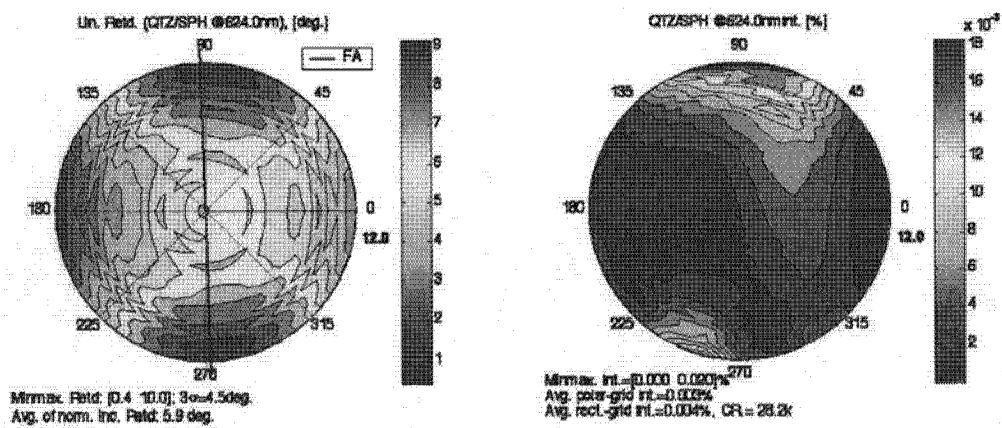


图 6C

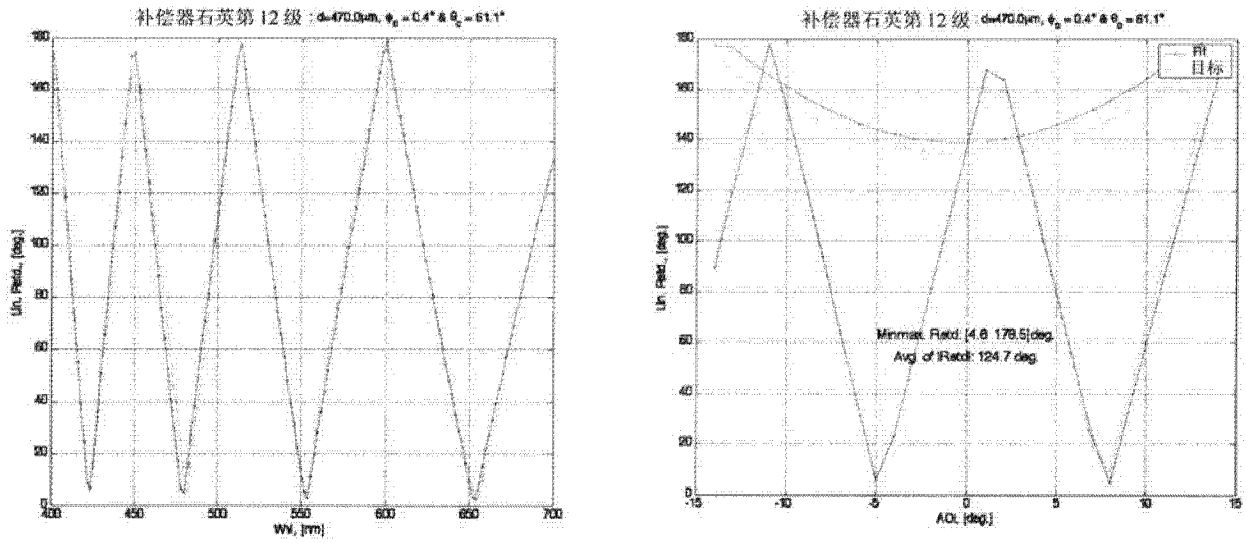


图 7

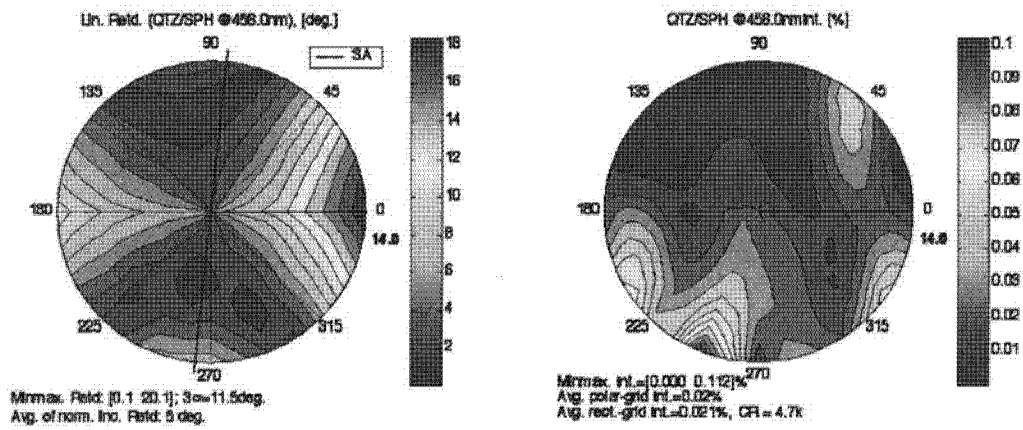


图 8A

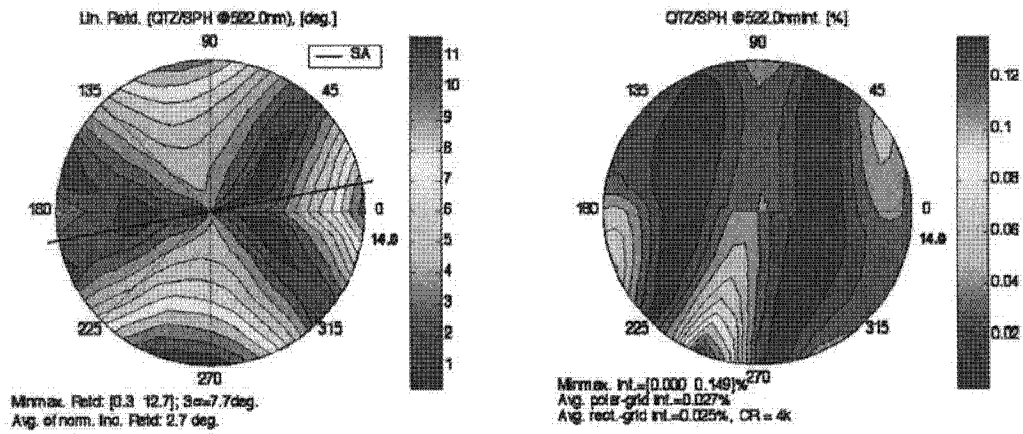


图 8B

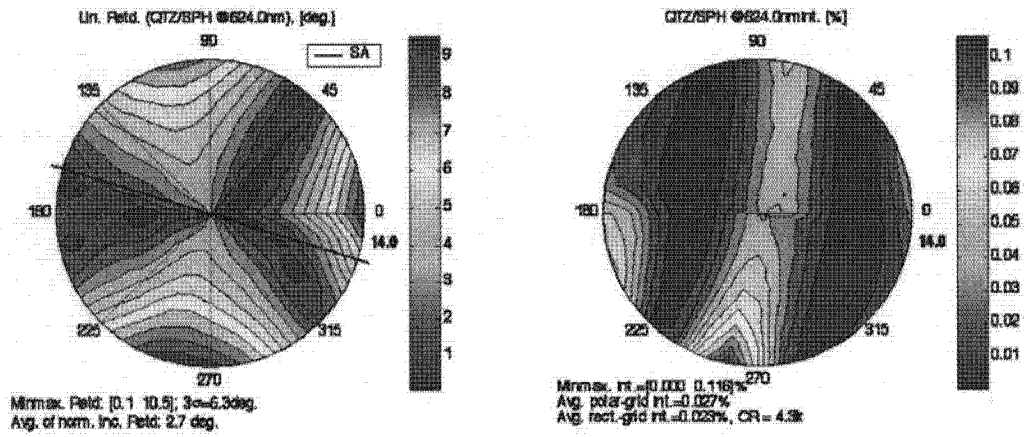


图 8C

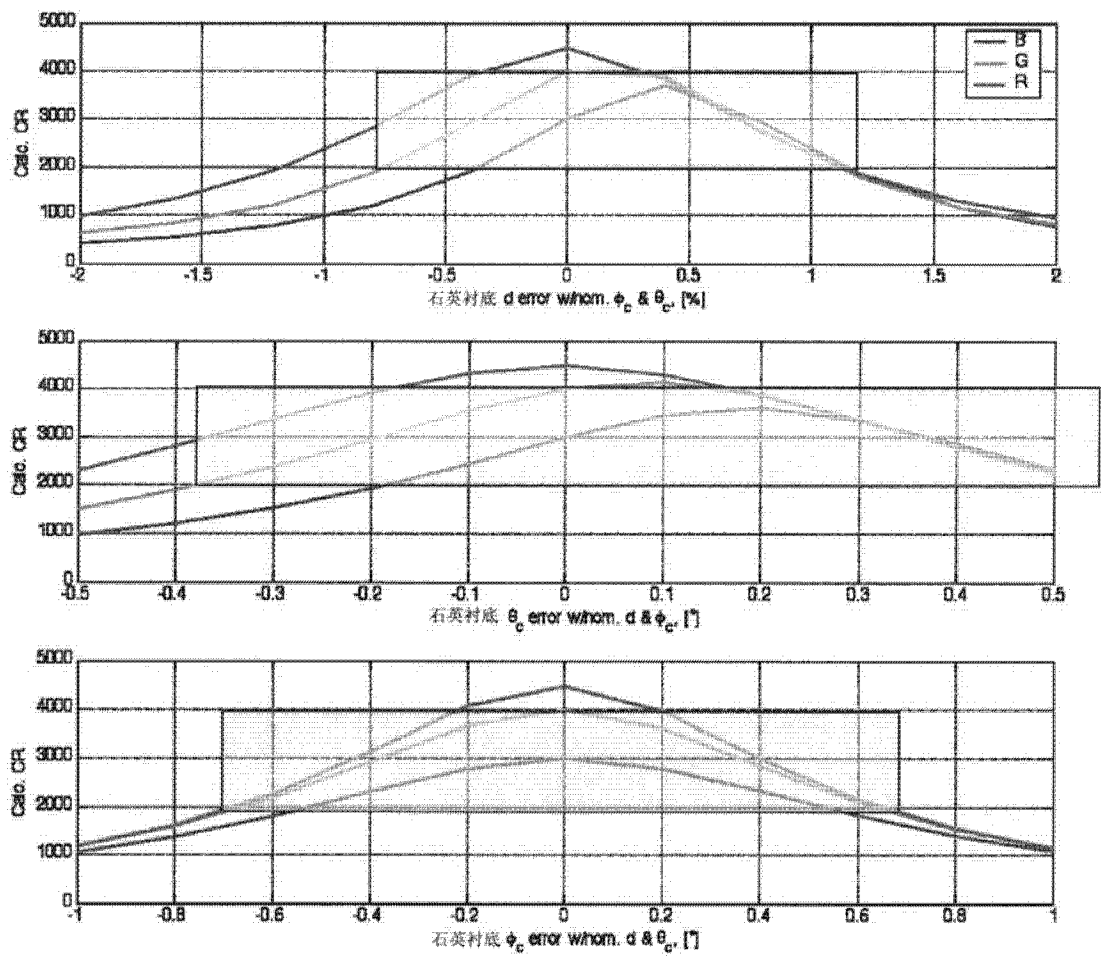


图 9

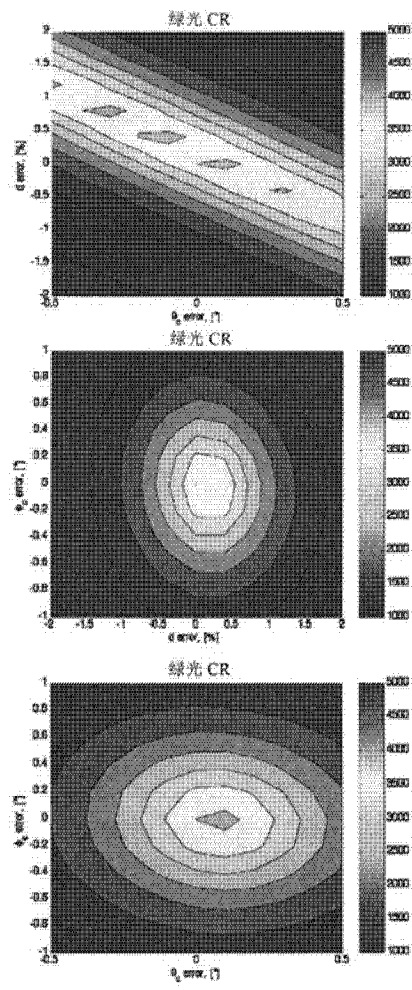


图 10

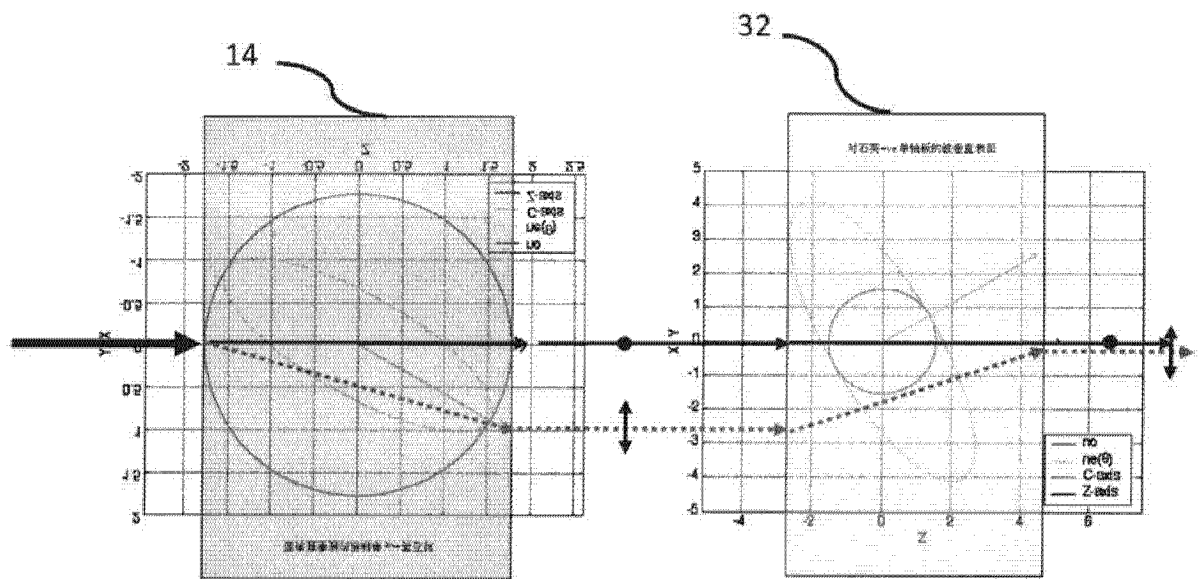


图 11

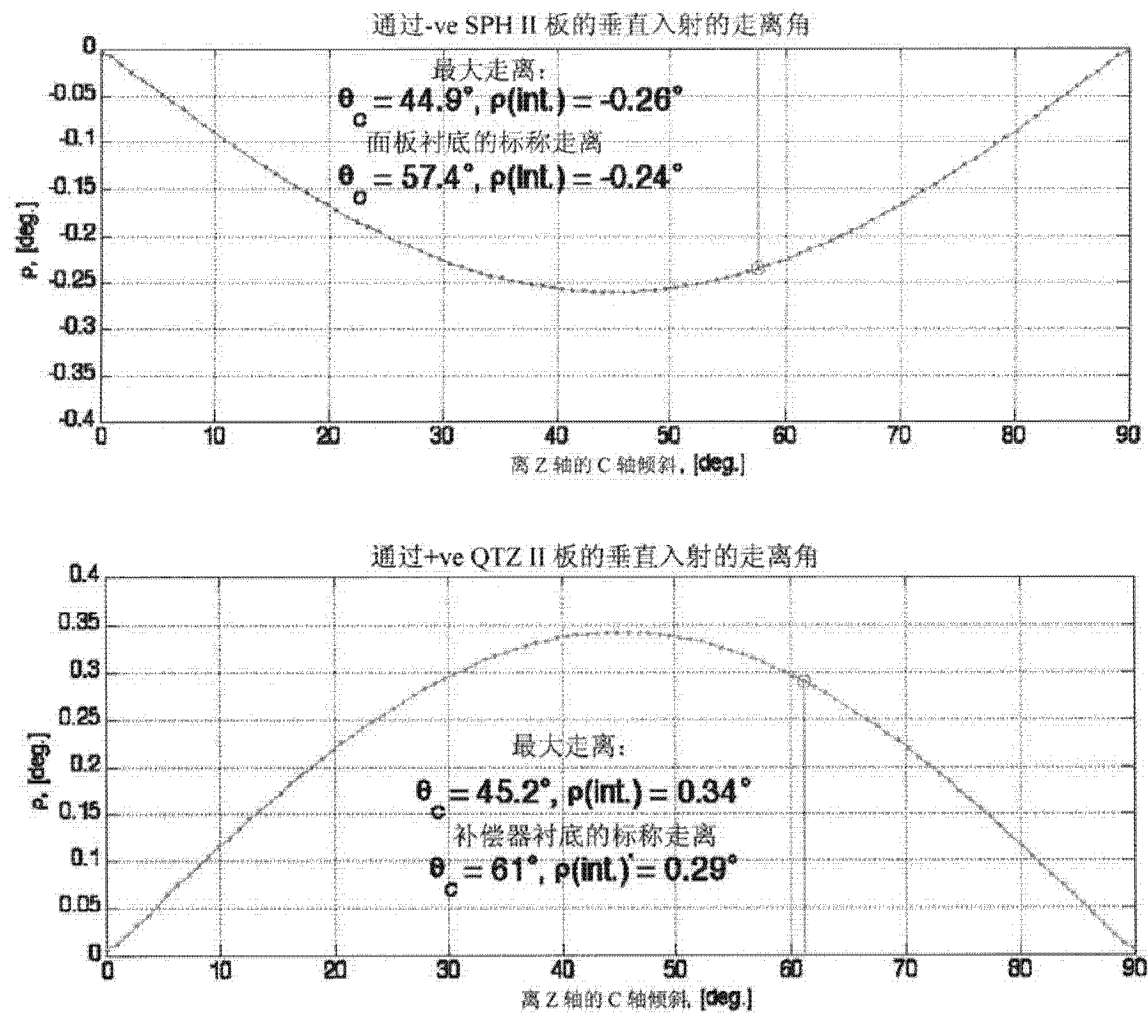


图 12

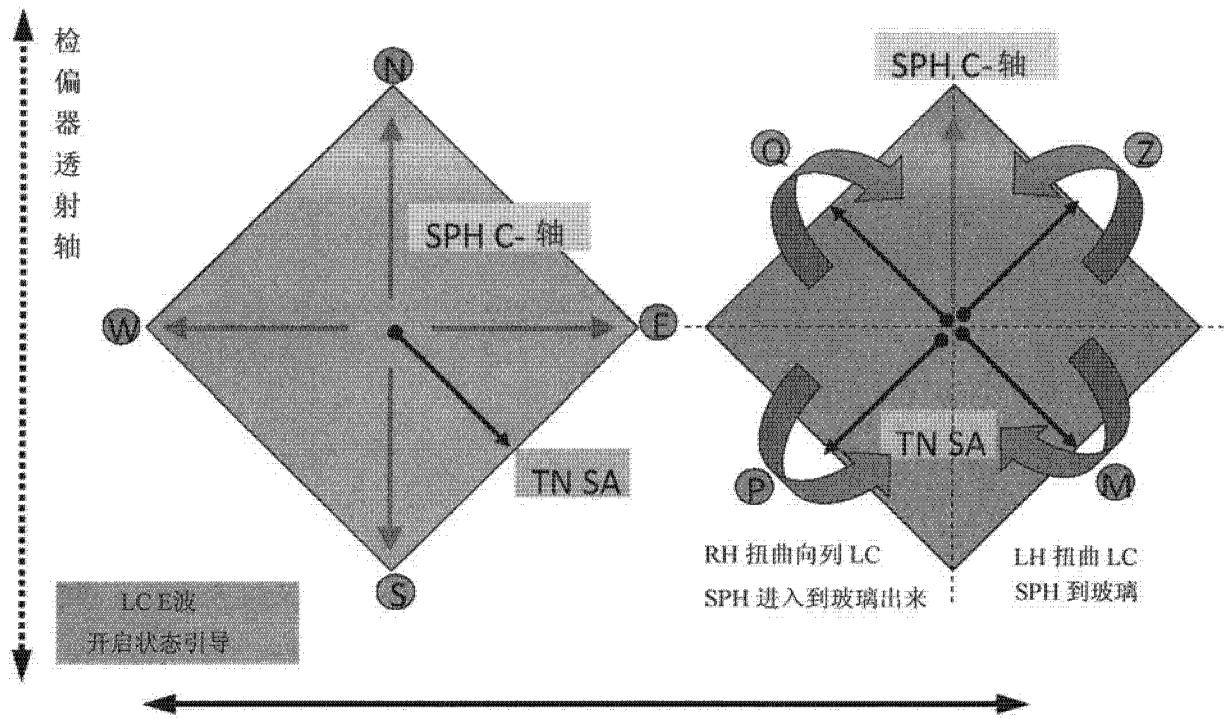


图 13A

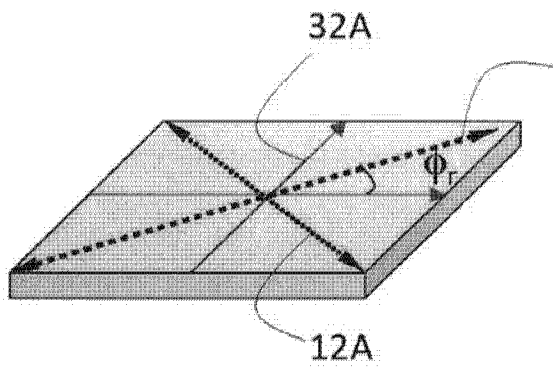


图 13B

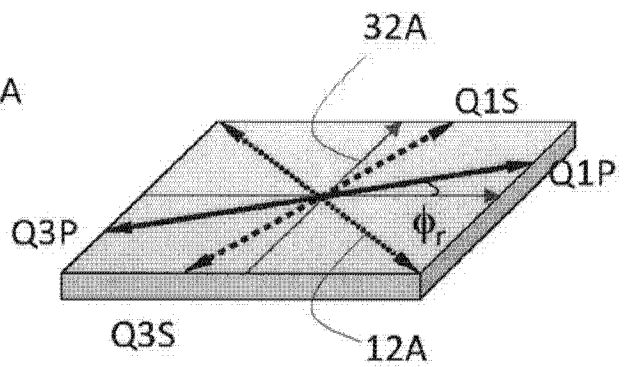


图 13C

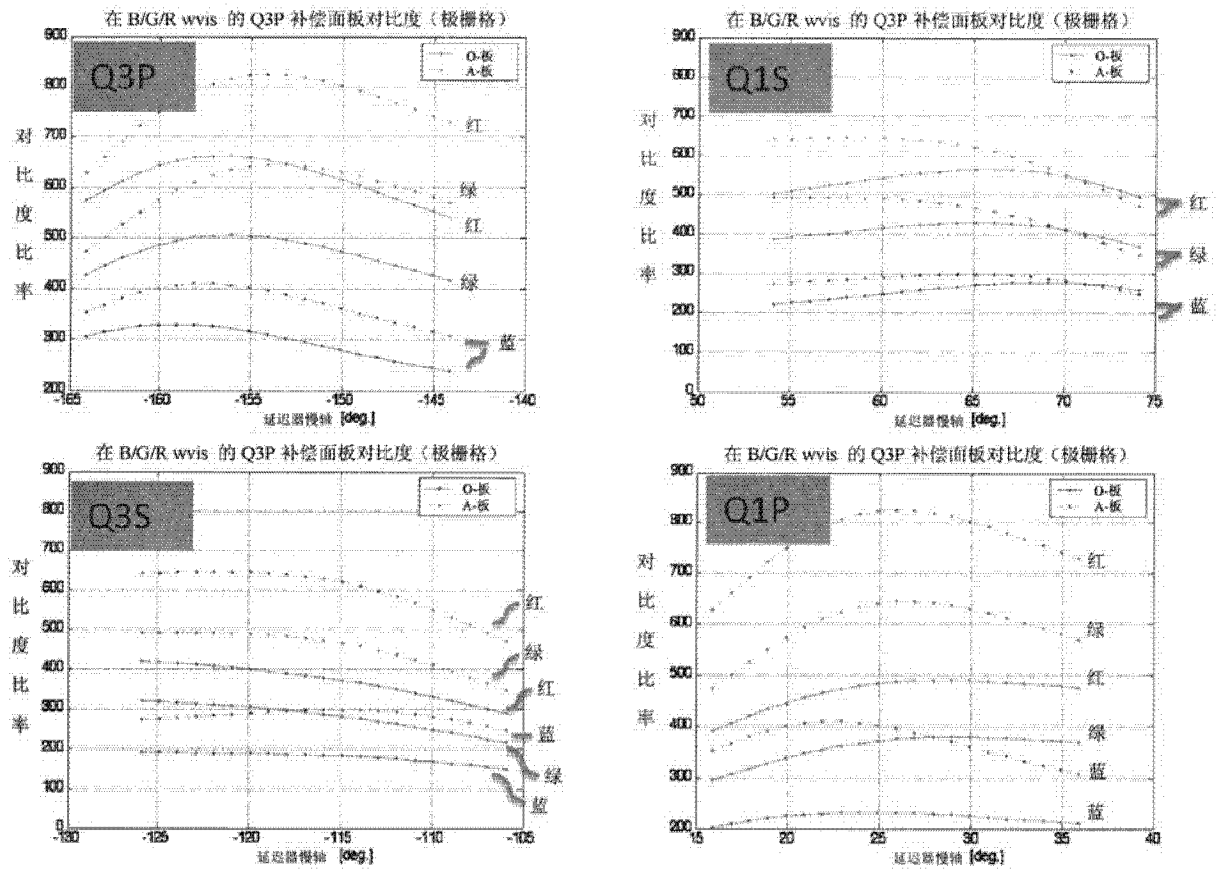


图 15

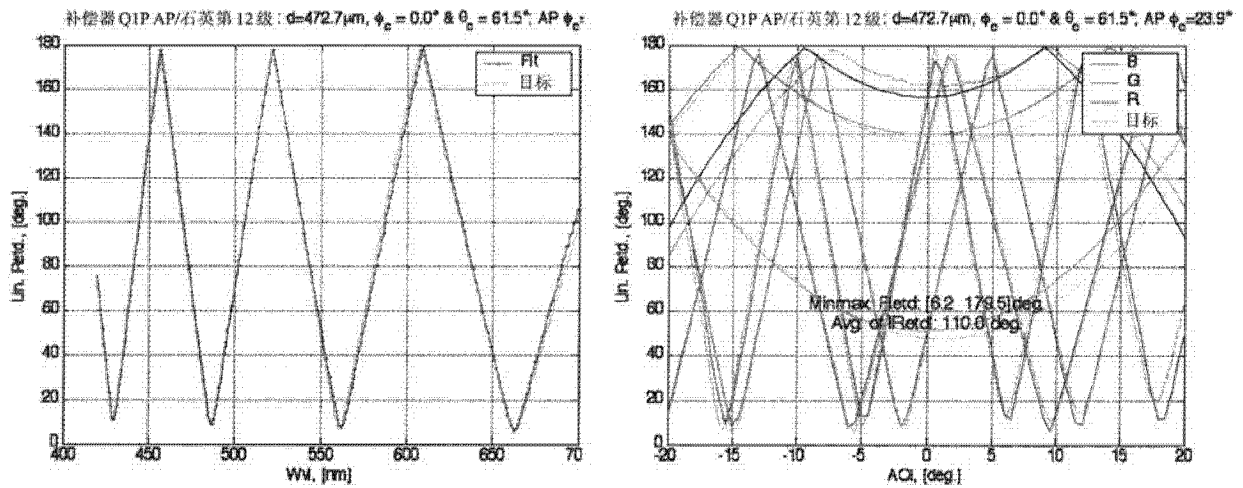


图 16

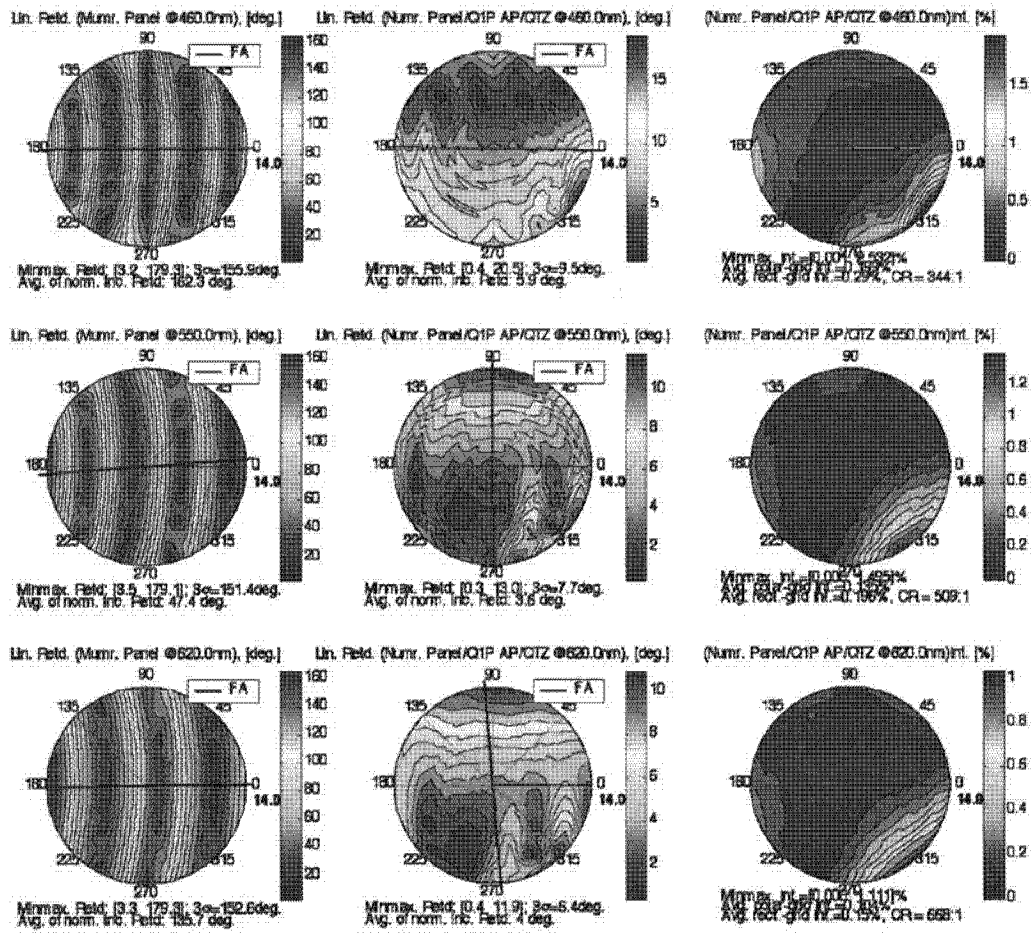


图 17

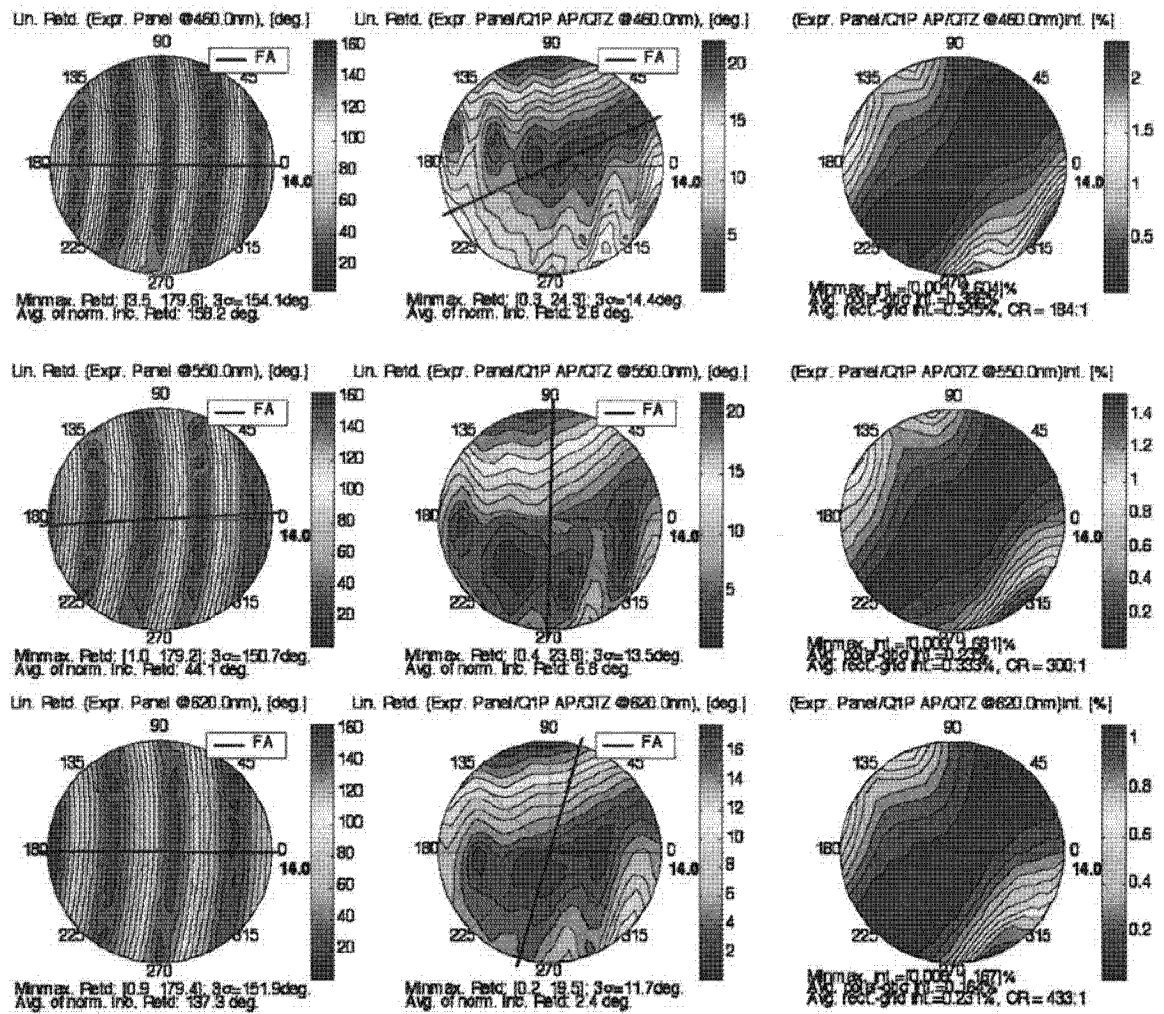


图 18

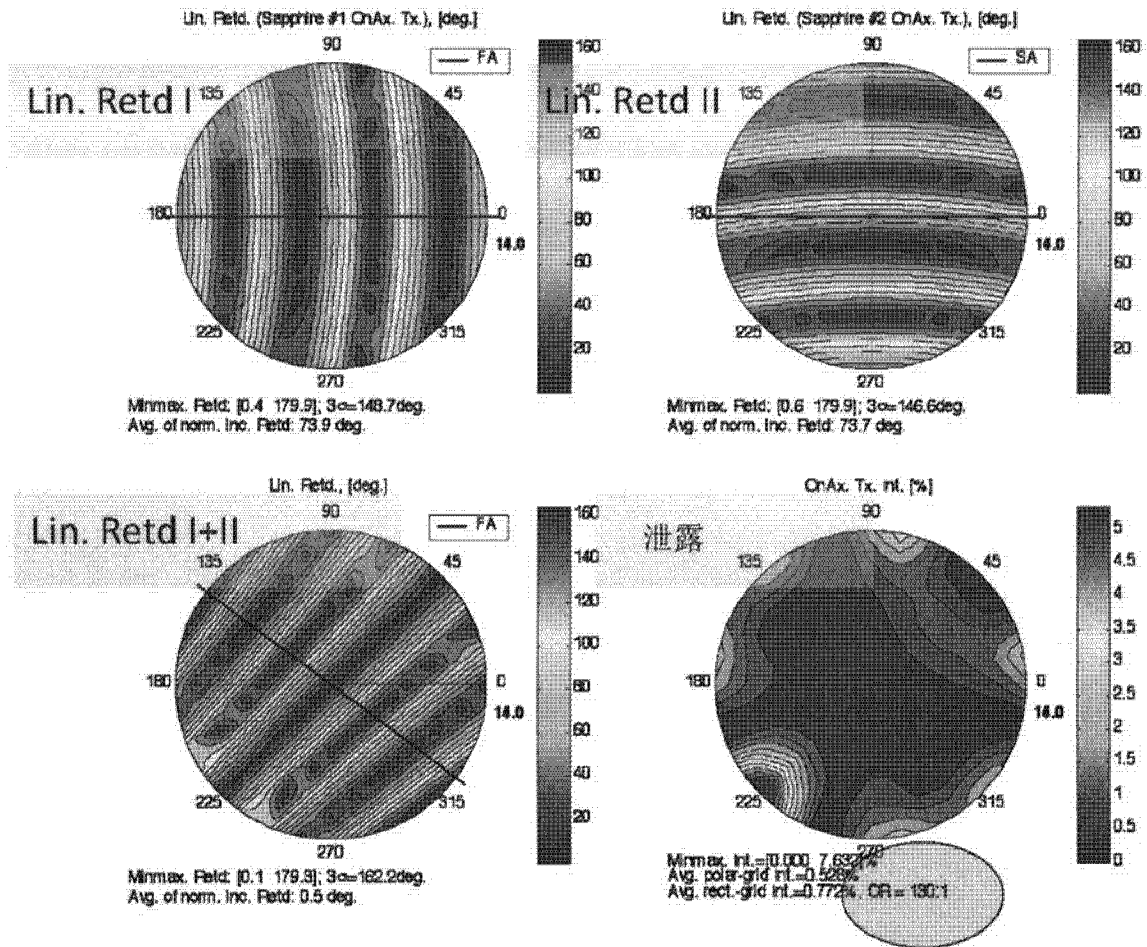


图 19A

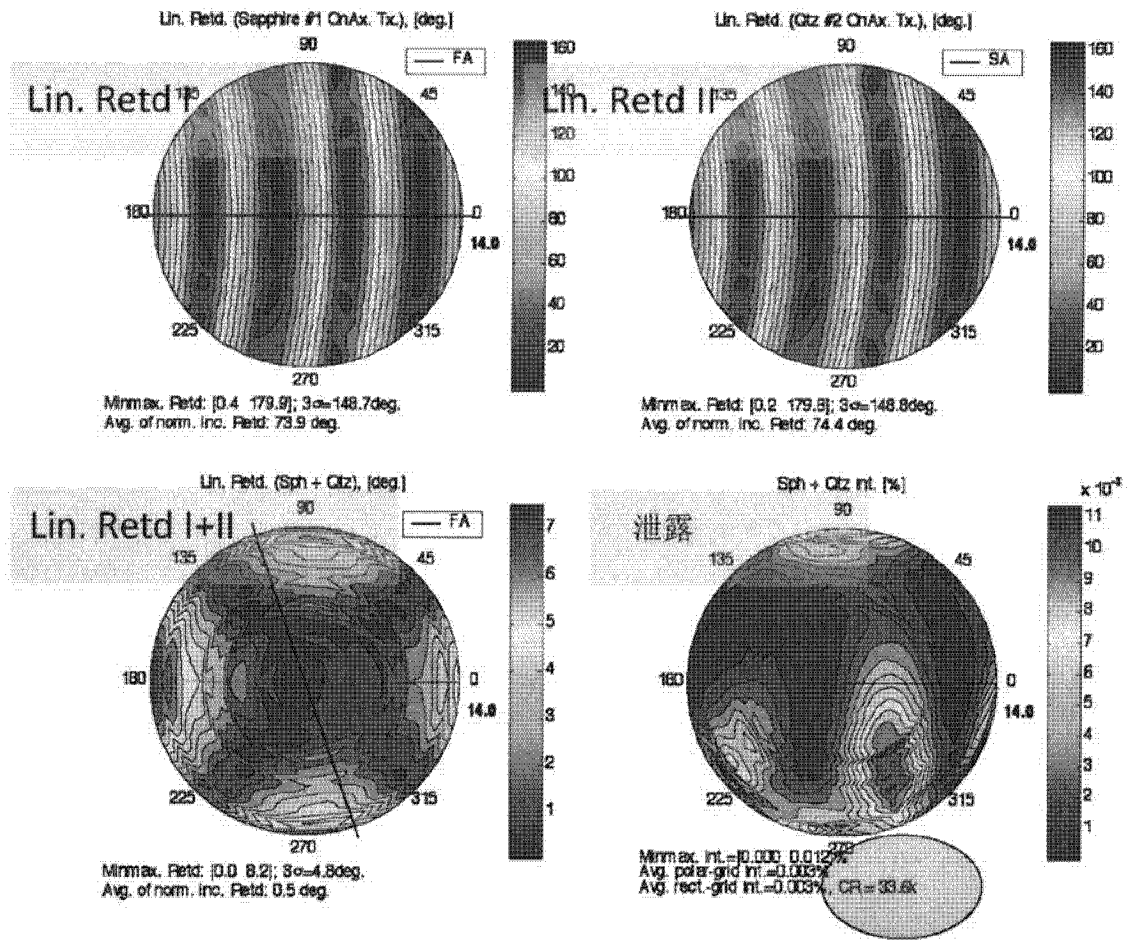


图 19B

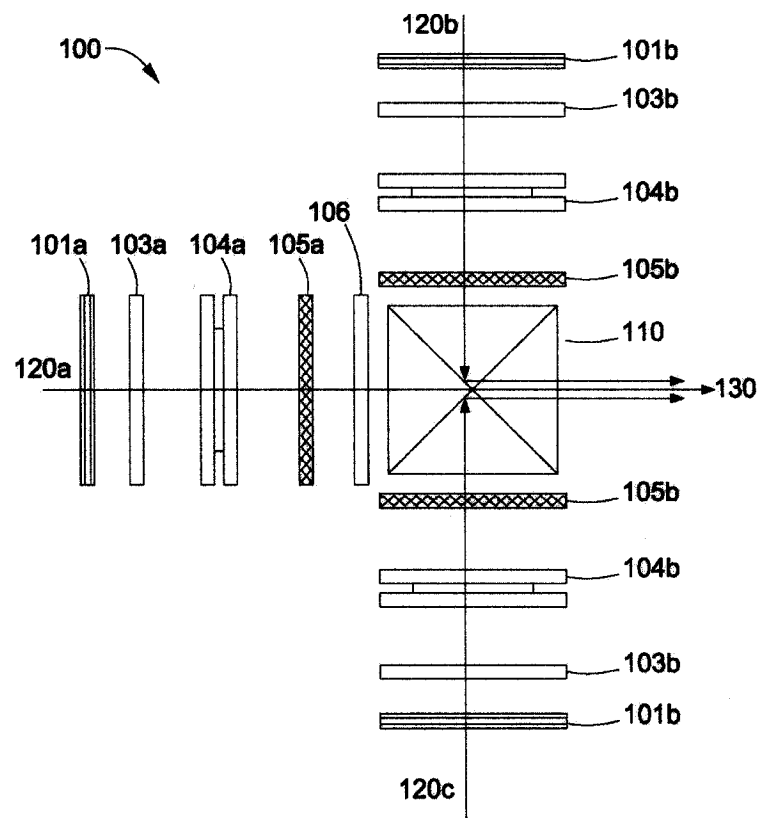


图 20

专利名称(译)	包括高级波片的液晶微型显示器		
公开(公告)号	CN101685214B	公开(公告)日	2014-04-09
申请号	CN200910148748.5	申请日	2009-07-02
[标]申请(专利权)人(译)	唯亚威通讯技术有限公司		
申请(专利权)人(译)	JDS尤尼弗思公司		
当前申请(专利权)人(译)	JDS尤尼弗思公司		
[标]发明人	谭金龙 纳达A 奥布莱恩		
发明人	谭金龙 纳达·A·奥布莱恩		
IPC分类号	G02F1/133 G02F1/1368 G02B5/30		
CPC分类号	G02F1/136277 G02F1/133632 G02F2001/133638		
优先权	61/077710 2008-07-02 US		
其他公开文献	CN101685214A		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

提供了用于提高液晶(LC)微型显示器的面板对比度的对比度补偿器，该液晶微型显示器具有被配置为O板并支持薄膜晶体管层的高级波片。对比度补偿器包括被配置为O板的反高级波片，其具有与薄膜晶体管衬底的双折射符号相反的双折射。

