



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 1869762 B

(45) 授权公告日 2012.07.04

(21) 申请号 200610080671.9

(22) 申请日 2006.05.25

(30) 优先权数据

60/684,329 2005.05.25 US

60/715,829 2005.09.09 US

60/737,113 2005.11.16 US

(73) 专利权人 JDS 尤尼弗思公司

地址 美国加利福尼亚州苗必达麦卡锡林荫
大道 430 号

(72) 发明人 谭金良 布雷特·J·布尔扬斯

卡伦·丹尼斯·亨德里克斯

大卫·M·西蒙 托马斯·梅尔

(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.

G02B 27/18(2006.01)

G03B 21/14(2006.01)

G02F 1/13(2006.01)

(56) 对比文件

EP 1160617 A1, 2001.12.05, 全文.

US 5375006 A, 1994.12.20, 全文.

EP 1077387 A2, 2001.02.21, 全文.

EP 0621499 A1, 1994.10.26, 全文.

审查员 冯津京

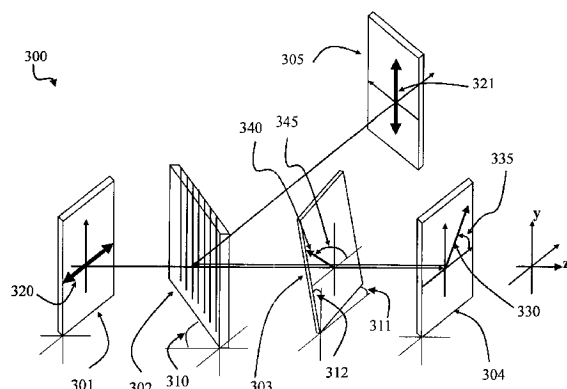
权利要求书 1 页 说明书 18 页 附图 13 页

(54) 发明名称

倾斜 C 板延迟器及包含该延迟器的显示系统

(57) 摘要

本发明公开了一种 C 板补偿器,用于在投影显示系统中补偿硅上反射液晶(LCoS)显示或透射液晶(LC)显示中剩余的 A 板和 C 板延迟。该 C 板结合成形双折射涂层,该板的延迟量可通过相对于显示板(X-Y)平面倾斜而被调整。所述倾斜板以预定的大小从显示板的慢轴绕 Z 轴旋转。标准被描述以用于选择倾斜和转动角,以使由补偿板产生的显示系统的对比度达到最优。



1. 一种液晶显示投影仪,包括:
光源;
光照明系统,其用于将所述光源发射的光会聚至要求的光路,该光路具有主轴;
液晶显示板,其被定向在板平面内且在其中具有慢轴和快轴,用于光调制由所述光照明系统会聚的光;
投影透镜,用于放大和投影由所述液晶显示板调制的光;
第一偏振装置,被设置以接收由所述光照明系统会聚的光,用于以近似法线入射将具有第一线性偏振轴的第一线性偏振光传递到所述液晶显示板上;
第二偏振装置,被设置以接收由所述液晶显示板调制的光,用于发射具有第二线性偏振轴的第二线性偏振光,以及输出所述第二线性偏振光给投影透镜;以及
具有单轴C对称的延迟补偿板,其绕旋转轴旋转一锐倾斜角离开液晶显示板的所述板平面,以及被设置在所述液晶显示板和所述第一或第二偏振装置之间,
其中所述旋转轴平行于液晶显示板的所述板平面;
其中所述延迟补偿板的慢轴或快轴与所述旋转轴对准;
其中所述旋转轴被定向于近似平行于所述液晶显示板的慢轴或快轴;以及
其中所述旋转轴不平行于所述第一和第二线性偏振轴。
2. 依据权利要求1所述的液晶显示投影仪,其中所述液晶显示板是透射式液晶显示板。
3. 依据权利要求1所述的液晶显示投影仪,其中所述液晶显示板是反射式液晶显示板;
其中所述第一和第二偏振装置被结合进偏振分光器,所述第一和第二偏振装置具有与所述主轴成大约45度定向的分束表面,且所述第一和第二偏振装置分别被设置成透射式和反射式;以及
其中第一和第二线性偏振轴是正交的。
4. 依据权利要求3所述的液晶显示投影仪,其中所述液晶显示板是硅上垂直排列的向列液晶(VAN-LCoS)板。
5. 依据权利要求1所述的液晶显示投影仪,其中所述延迟补偿板具有成形双折射抗反射涂层,该层具有多个无机透明层,沉积在入口表面和出口表面中至少一个上。
6. 依据权利要求5所述的液晶显示投影仪,其中所述成形双折射抗反射涂层具有+C板延迟或-C板延迟。
7. 依据权利要求1所述的液晶显示投影仪,其中所述倾斜角被调整以实现延迟补偿板补偿延迟的量大于液晶显示板的剩余延迟的量。
8. 依据权利要求1所述的液晶显示投影仪,其中围绕主轴的旋转轴的方位角定向被选择,以使在液晶显示板产生的图像在第二偏振装置的出口侧具有最佳对比度。
9. 依据权利要求1所述的液晶显示投影仪,其中所述延迟补偿板的慢轴与第一线性偏振轴成大约45度或大约135度角。
10. 依据权利要求1所述的液晶显示投影仪,其中所述延迟补偿板被夹在两个楔形棱镜之间,每个楔形棱镜具有约等于所述倾斜角的楔形角,使得所述两个楔形棱镜和所述延迟补偿板形成一个具有平行面的光学元件。

倾斜 C 板延迟器及包含该延迟器的显示系统

[0001] 发明领域

[0002] 本发明涉及透射式液晶显示器及硅上反射式液晶显示器 (reflective liquid crystalon silicon display), 以及基于这种显示器的图像投影系统。具体地, 它公开了一种补偿液晶显示面板的剩余延迟的改进装置。尤其, 具有适当倾斜和转动的 C 板被用作延迟补偿器, 以增强由显示面板产生的图像的图像对比度。

[0003] 发明背景

[0004] 与其它微显示投影显示器技术 (诸如透射式液晶微显示器 (xCLD) 和数字光处理器 (DLP)) 及直视显示面板相比较, 基于硅上液晶 (Liquid Crystal on Silicon, LCoS) 微显示投影系统 (MDPS) 的线栅偏振器 [C. Pentico, M. Newell 和 M. Greenberg, “Ultrahigh contrast color management system for projection displays (用于投影显示的超高对比度彩色管理系统)” SID 03 摘要, pp. 130-133, 2003; 以及 Kurtz 等人的美国专利, #6, 585, 378 和 Pentico 等人的美国专利 #6, 857, 747] 实现了高分辨率和高图像对比度。通过三个微显示板的使用来缓解屏幕上亮度的不足, 每一个微显示板用于原色带。图 1 中给出基于 WGP 的投影系统的例子。来自高压放电灯的光由长光棒 (管) 均匀化。该光还可被优先偏振或使它未用过的部分重新使用。在光管出口处空间均匀光分布由一系列透镜、折镜 (fold mirror)、二向色性频带分离器成像在一个或多个 LCoS 面板上 (以一个、两个、三个和四个面板偏振器为基础的 MDPS)。在基于 WGP 的 MDPS 中, 线栅偏振器的主要功能是从入射光束分离出射光束【D. Hansen, E. Gardner, R. Perkins, M. Lines, 和 A. Robbins, “The display applications and physics of the Proflux wiregrid polarizer (Proflux 线栅偏振器的显示应用与物理特性)”, SID 02 摘要, p. 730, 2002】。在这方面, WGP 一般在给定的 LCoS 面板照明臂 (illumination arm) 中相对于光传播的主要方向倾斜 $\pm 45^\circ$ 。然后, 从每个 LCoS 面板返回的光相对于入射的照明被导向 (偏转至) 正交的光路。WGP 也可用作偏振器件。WGP 是线栅偏振器, 即, 其透射正交于平行微线方向排列的线性偏振, 并反射平行于线方向的补偿线性偏振。当用于偏位 (off-normal) 入射时, 如果透射的线性偏振包含在入射平面 (P 平面) 内, 则将 WGP 配置为高偏振对比度模式。在图 1 的图示中, 该高对比度配置需要平行于 S 平面 (关于中心射线正交于入射面) 定向的微线。该线垂直于图 1 中图示的平面排列。由于光学系统的亮度和孔径之间的平衡 (“光学径角性 (Etendue)”), MDPS 也需要利用各光学元件的适中的数值孔径。使用 $f/2.4$ 系统 (在空气入射 (air incidence) 内大约为 $\pm 12^\circ$) 构造光学元件来实现良好的运行是非常典型的。那么, 关于各局部 WGP 元件, 偏振的 P 面和 S 面与锥形光束中的中心光线 (下文中称为主光线) 的线性偏振有关。

[0005] 在图 1 中所示的基于 3 面板 WGP 的 MDPS 中, 由 LCoS 面板 15、15a 和 15b (分别对应于红色、绿色和蓝色信道) 显示的图像由 X 立方体 19 聚集 (会聚), 然后被投影至大屏幕。各颜色信道具有 LCoS 面板、WGP 以及专用的调整延迟补偿器 (trim retarder compensator): 21、21' 和 21”, 任一 WGP 作为分束器和偏振器 / 检偏器并倾斜 $+45^\circ$ 或 -45° , 各延迟补偿器分别与面板 15、15a 和 15b 相关联。各颜色信道同样具有其自身的前置偏振器和净化 (clean-up) 检偏器; 其中, 使该前置偏振器适于透射 P 偏振 (一些 WGP 或二向色性偏振片

的一个或多个元件关于主光线正入射定向；这些并未在图 1 中示出），使净化检偏器适于透射 S 偏振（一些 WGP 或二向色性偏振片的一个或多个元件关于主光线在正入射处定向；这些并未在图 1 中示出）。

【0006】 调整延迟补偿器 (trim retarder compensator) 是 MDPS 的各颜色信道的关键光学元件。其在面板的关闭状态 (off-state) 除掉了 LCoS 面板的剩余延迟【D. Anderson 和 K. Shahzad, “Off-axis LCoS compensation for enhanced contrast (增强对比度的离轴 LCoS 补偿)” SID 03 摘要, pp. 1433-1435, 2003】。LCoS 面板的剩余延迟可被分类为面内（也作 A 板）和面外（也作 C 板）分量。除非另有说明，在此术语“延迟”意指线性延迟量。线性延迟使相差成为两个正交的线性偏振，平行于线性延迟器的常轴和非常轴排列。还有一种类型的延迟，称作“圆形延迟”，该圆形延迟引起右手和左手圆偏振光的相对相差。锥形光束中的正入射线仅经历 A 板延迟，而离轴射线（倾斜的和弯曲的，倾斜的也就是不垂直但是沿着主 S 面和 P 面；弯曲的也就是不垂直并偏离主 S 面和 P 面入射）除 A 板延迟之外经历 C 板延迟。在双折射介质中 90° 射线角的不重要的位置并不经历 A 板延迟。）

【0007】 在标准的 A 板补偿情况中，补偿器的 A 板延迟与处于关闭状态的 LCoS 面板的 A 板延迟相称。补偿器和 LCoS 面板的慢轴以正交的方位角偏差（称作“交叉轴”）配置。将同样的配置应用于两个快轴。对于正入射光线，快 / 慢轴的作用为从调整延迟补偿器元件向 LCoS 面板元件转换。两个连续的元件中，特定线性偏振的光线多然后少地交替地延时，或者反之亦然。对于入射偏振实际结果是零相对延时。因此关闭状态时从该调整延迟器和面板对的输出偏振相对于其输入偏振并未改变。这个输出光线然后被 WGP 和净化偏振器组合滤去，凭此，WGP 的高反射轴和净化偏振器的高透射轴关于入射至所述调整延迟器和面板对的入射偏振垂直定向。于是暗态面板的照明并不出现在屏幕上。调整延迟器作为补偿器的引入同样不会显著地改变面板打开状态 (on-state) 时的吞吐量。因此，连续对比度（全部开 / 全部关）是极好的。

【0008】 实践中，由于器件厚度和材料双折射控制以及操作偏差（温度、机械应力等等）中的制造公差，从而 LCoS 和补偿器的 A 板延迟给出了数值范围。当时，在补偿器中提供比名义上的 LCoS 面板延迟值更高的 A 板延迟是典型的【J. Chen, M. G. Robinson 和 G. D. Sharp, “General methodology for LCoS panel compensation (LCoS 板补偿的一般方法论)”, SID 04, 摘要, pp. 990-993, 2004】。例如，垂直排列向列 (VAN) LCoS 可展示 2nm 的 A 板延迟（在 $\lambda = 550\text{nm}$ 时），而可以制造具有 5nm（在 $\lambda = 550\text{nm}$ 时）A 板延迟的调整延迟补偿器。在 A 板中的这个失谐需要相对于调整延迟补偿器 / LCoS 面板对名义上的交叉轴配置，来偏置补偿器的光轴。由于 VAN-LCoS，面板的慢轴被典型地配置为基本上平行于 S 面和 P 面的平分线（即，慢轴在 $\pm 45^\circ$ 和 $\pm 135^\circ$ 处，此处 P 偏振平行于 $0^\circ / 180^\circ$ ，以及 S 偏振平行于 $\pm 90^\circ$ ）。这个配置对将 VAN-LCoS 面板用作有效的电控制双折射 (ECB) 器件是至关重要的，对于该反射器件的交叉偏振转化由下面的公式给出：

【0009】 $I(\text{输出交叉偏振}) = I(\text{输入交叉偏振}) \times [\sin(\Delta n d / \lambda) \times \sin(2\varphi)]^2$,

【0010】 其中， $\Delta n d$ 是 VAN-LCoS 面板的单向延迟； λ 是照明波长，以及 φ 是慢轴相对于 P 偏振的方向。作为 ECB 要求的结果，VAN-LCoS 被典型地配制为单向上近似的四分之一波板延迟器（在面板打开状态时），并且其慢 / 快轴近似地对开 S 偏振面和 P 偏振面。

【0011】 为了描述本发明的目的，将在 VAN 模式的 LCoS 微显示投影中心光学系统中参考单

色信道。该单通道的描述是一个或多个基于面板 WGP 的微显示投影系统。同样,相对于主光线传播方向,在 WGP 之前非倾斜地设置预偏振器,并在 WGP 反射之后非倾斜地设置净化偏振器。预偏振器包括基于栅格(反射性)的偏振器(例如铝线栅)或规则的二向色性(吸收性)偏振片的基本上平行的元件的一个或多个阶段(stage)。净化偏振器包括基本上平行于吸收性的偏振器元件的一个或多个阶段。

[0012] 图 2 中描绘了图 1 光引擎(light engine)中的红色信道或蓝色信道的中心光学系统 200 的图示。从前阶段的光导管(或者其它诸如蝇眼(Fly's Eye)阵列的均化器)输出的,非偏振的或部分偏振的光锥,被预偏振器 201 线性偏振。这个偏振器 220 的透射轴基本上平行于随后的 WGP 元件 202 的透射轴。这个线性偏振方向被称为关于主光线和 WGP 元件的圆锥固定件(conical mount)的“P 偏振”。WGP 元件据称已经围绕 +Y 轴并相对于 +Z 轴旋转了 +45°(或者仅仅相对于 Z 轴倾斜 +45°)。这符合使用右手 XYZ 坐标系(RH-XYZ)欧拉角旋转定律。类似地,绿色信道(未示出)的中心光学系统使得 WGP 关于 Z 轴倾斜 -45°,并将 WGP 的返回通道导向位于返回通道中的 WGP 的反射端口处的净化偏振器。

[0013] 在附图中 WGP 元件 202 的表面上的微线平行于 Y 轴排列。该线位于 WGP 基板后侧(远离输入端)以使得线性偏振光较少受到基板中由热应力或机械应力引起的双折射的影响。在完成双程(double pass)后,即在调整延迟补偿器(TR)203 和 VAN-LCoS 面板 204 的平行阶段往返移动之后,WGP 元件对该光束进行分析。由 WGP 元件的线侧反射的正交偏振,即 S 偏振偏转至净化偏振器 205,该净化偏振器 205 的透射轴正交于预偏振器。检偏器的偏振示为 221。该反射的光并不通过 WGP 基板,并因此较少受到在基板中引起的双折射的影响。

[0014] 当观察第一通道(RH-XYZ)中指向观测者的光束时,已经示出了 LCoS 面板的慢轴(SA)230,该慢轴位于 RH-XYZ 坐标系的第一象限。在描述 VAN-LCoS 面板的 SA 时,需要参考具有向着 +Z 轴的极角倾斜(正的倾斜)的 SA 的方位角取向。在所示的这个现有技术的例子中,LCoS 的 SA 由方位角 235 给定,从 X 轴逆时针方向旋转为正角。VAN-LCoS 面板的快轴(FA)定义为正交于 SA 方向(即,对 SA 有 $\pm 90^\circ$ 的方位角偏差)。该 FA 231 示为位于第 2 和第 4 象限,从 X 轴偏移 +135°/-45° 的方位角。在较大的延迟的情况下,调整延迟补偿器 203 必须被旋转或定时(clocked),以确定邻近 LCoS 的 SA 的象限中其 SA 的方向,以便使两组慢轴不交叉。一般的调整延迟补偿器的例子示为具有其慢轴 240 沿方位角 245 定向的元件 203。对于适中的更高调整延迟补偿器延迟和更慢的 VAN-LCoS 面板延迟,该调整延迟补偿器的 SA 一般能够偏离最靠近的 S 或 P 轴 30°,尽管小于 15° 的偏离是优选的。当术语 SA 和 FA 用于 VAN-LCoS 面板和调整延迟补偿器时,当在正入射处测量线性延迟时,该 SA 和 FA 在此被认为是两个正交的双折射轴。对于在非常大的入射角处的负的平面外的延迟分量,SA 和 FA 的方向根据离轴照明以及,SA/FA 角色的反向而改变。

[0015] 现有技术的披露中,最佳调整补偿器包括 A 板元件和 C 板元件(具有双折射负光性的平面外的延迟)。该调整延迟补偿器基本上平行于 LCoS 的 X-Y 平面排列。对良好的调整延迟补偿器装置的需求是众所周知的【参见例子:K. Tan 等人,“Design and characterization of a compensator for high contrast LCoS projection systems(高对比度 LCoS 投影系统的补偿器设计和特征)”SID 2005,p. 1810,2005】。存在

有多种材料,用于实现补偿 A 板和 C 板延迟的补偿器。传统上,各向同性聚合物沿着一个或两个轴延伸,结果双轴或单轴负层 (negative layer) 能够用于充分补偿 LCoS 面板的延迟【H.Mori 等人,“Novel optical compensation method based upon a discotic optical compensation film for wide-viewing-angle LCDs(基于宽观察角度的盘状光学补偿薄膜的新光学补偿方法)”,SID 03 摘要, p. 1058, 2003】。

【0016】 最近,已经示出了交联为聚合物基质 (polymer host) 的液晶混合物 (LCP),其在可靠性、均匀性和达到延迟量目标的容易性方面更加通用【Zieba 等人的 US 专利申请公开号为 20050128380】。LCP 层与无机薄膜结合起来,以实现 C 板元件【Tan 等人的 US 专利申请公开号为 20050128391】。已经示出了全部功能调整延迟补偿器以为了极好的对比度和环境上的稳定性而提供补偿【M. Duelli 等人,“High performance contrast enhancing films for VAN-mode LCoS panels (VAN 模式 LCoS 板的高性能对比度增强薄膜)”,SID 05 摘要, p. 892, 2005】。

【0017】 本发明在此公开了使用双折射薄膜结构 (form birefringent film),其倾斜一角度以补偿反射式 LCoS 或透射式 LC 器件在黑暗状态的延迟,结果对比度有显著的改进。双折射薄膜具有单轴晶体的光率体 (uniaxial indicatrix),并且其被配置为带有平行于器件法线 (device normal) 的 C 轴。

【0018】 这种双折射元件并不包含有机材料,因此避免了随着时间的流逝而导致的可靠性下降或对比度降低,这些是现有技术的延迟器应用中的有机双折射器件的固有风险。只有 C 板 (C-plate-only) 延迟器是双折射元件,在此光学对称轴沿着基本上平行的板的器件法线设置。对于正入射线, C 板延迟器并不呈现任何净余延迟。对于离轴光线,非常光线 (e 波),有效折射率能够比正交的、寻常光线 (o 波) 偏振的给定值高或者低。这意味着 C 板能够拥有正 C 延迟或者负 C 延迟。

【0019】 除了对现有技术的延迟技术的可靠性的改进之外,倾斜取向的只有 C 板延迟器的使用对于通过减少光学系统中元件的数量大大减少延迟器花费以及简化装配是有利的。

【0020】 发明概述

【0021】 本发明的目的是克服现有技术的缺陷,而提供一种补偿液晶显示面板的剩余延迟的改进装置。

【0022】 本发明涉及 C 板延迟补偿器的使用,以增强透射式及反射式液晶显示器和显示系统的图像对比度。通过为该补偿器引入相对于系统 X-Y 平面的小倾斜角度及相对于显示面板慢轴来选择倾斜板围绕 Z 轴的适当转动角,获得改良的剩余延迟补偿。

【0023】 本发明的目的是通过以下技术方案实现的:

【0024】 一种液晶显示投影仪,包括:光源;光照明系统,其用于将所述光源发射的光会聚至要求的光路,该光路具有主轴;

【0025】 液晶显示板,其被定向在板平面内且在其中具有慢轴和快轴,用于光调制由所述光照明系统会聚的光;投影透镜,用于放大和投影由所述液晶显示板调制的光;

【0026】 第一偏振装置,被设置以接收由所述光照明系统会聚的光,用于以近似法线入射将具有第一线性偏振轴的第一线性偏振光传递到所述液晶显示板上;

【0027】 第二偏振装置,被设置以接收由所述液晶显示板调制的光,用于发射具有第二线性偏振轴的第二线性偏振光,以及输出所述第二线性偏振光给投影透镜;

[0028] 以及具有单轴 C 对称的延迟补偿板,其绕旋转轴旋转一锐倾斜角离开液晶显示板的所述板平面,以及被设置在所述液晶显示板和所述第一或第二偏振装置之间,其中所述旋转轴平行于液晶显示板的所述板平面;其中所述延迟补偿板的慢轴或快轴与所述旋转轴对准;其中所述旋转轴被定向于近似平行于所述液晶显示板的慢轴或快轴;以及其中所述旋转轴不平行于所述第一和第二线性偏振轴。

[0029] 附图的简要描述

[0030] 现在将结合附图来描述本发明的示范性特征。

[0031] 图 1 是现有技术基于 Ultrex-33 面板线栅偏振器 (WGP) 的硅上液晶 (LCoS) 投影光引擎 (light engine) 的示意图。

[0032] 图 2 示出了基于线栅偏振器 (WGP) 的光引擎的现有技术子系统,该光引擎包括 LCoS 面板、WGP、调整延迟补偿器和预偏振器和后偏振器。

[0033] 图 3 示出了基于线栅偏振器 (WGP) 的反射式光引擎的子系统的实施例,该反射式光引擎包括 LCoS 面板、WGP、倾斜的只有 C 板的延迟补偿器以及预偏振器和后偏振器。

[0034] 图 4 限定使用单轴晶体的双折射光率体 (uniaxial birefringent indicatrix) 结构,在 (d) 中给定的 XYZ 坐标系用作:(a)A 板,(b)C 板以及 (c)O 板,其中器件平面平行于 XY 面,而 Z 轴平行于器件法线。

[0035] 图 5 示出了倾斜的 C 板的有效快 / 慢轴的关系,其中 C 板双折射是负的 (a) 和正的 (b)。

[0036] 图 6 示出了 LCoS 的快 / 慢轴和倾斜的 -C 板的旋转轴之间的相对方位角,其中倾斜的 C 板延迟补偿器具有的轴上延迟大于或等于 LCoS 的 A 板延迟。

[0037] 图 7 示出了 LCoS 的快 / 慢轴和倾斜的 -C 板的旋转轴之间的相对方位角,其中倾斜的 C 板延迟补偿器具有的轴上延迟小于 LCoS 的 A 板延迟。

[0038] 图 8 是在空气中入射角范围处介电 -C 板延迟器的测量的和设计的净延迟的曲线图。

[0039] 图 9 是计算出的沿倾斜的 -C 板元件的倾斜平面的第一、第二和总的双通道净延迟的曲线图。

[0040] [29] 图 10 是计算出的垂直排列向列 (VAN) LCoS 的锥光净延迟和慢轴映射 (map) 的等值线图表,其中 LCoS 的 A 板和 C 板延迟值分别为 1.4 和 250nm (@ $\lambda = 633\text{nm}$)。

[0041] 图 11 是计算出的 -110nm 的只有 C 板的延迟器的锥光净延迟和慢轴映射的等值线图表,该延迟器关于 45 度旋转轴倾斜 7 度。

[0042] 图 12 是模拟的关于 135° 的旋转轴和 VAN 模式的 LCoS 面板,层叠倾斜的 FBAR-C 板以倾斜 7° 的双通道泄漏密度的等值线图表。

[0043] 图 13 是模拟的 LCoS 的 A 板延迟值的范围内倾斜 7° 的 FBAR-C 板和未倾斜的 FBAR-C 板的性能对比的曲线图。LCoS 的慢轴在方位角 $\gamma = 135^\circ$ 处定向,并且 FBAR 板围绕 $\gamma = 45^\circ$ 的方位旋转。

[0044] 图 14 是模拟的具有旋转轴的变化和极角倾斜的倾斜的 FBAR-C 板容差的等值线图表。

[0045] 图 15 是 +C 板或 -C 板延迟器的示意图,该 +C 板或 -C 板延迟器夹在适当指数的两个楔形棱镜之间,以便制成平行于 LCoS 器件的补偿器元件排列平面。迭片范围内的 C 板延

迟器的有效旋转轴不可平行于 WGP 的 P 偏振或 S 偏振。

[0046] 图 16 是 +C 板延迟器的示意图, 该 +C 板延迟器夹在适当指数的两个楔形棱镜之间, 以便制成平行于 LCoS 器件的补偿器元件排列平面。对一个或两个外表面应用 -C 板 FBAR 涂层, 以供给总的净 -C 延迟。迭片范围内的 C 板延迟器元件的有效旋转轴不可平行于 WGP 的 P 偏振或 S 偏振。

[0047] 图 17 示出了透射式微显示投影系统, 其中一个或多个倾斜的 -C 板位于入射侧偏振器和出射的交叉偏振检偏器之间, 以便充分补偿轴上光线和离轴光线的显示元件延迟。

[0048] 图 18(a) 中, 当观察指向观察者的光束时, 对于正方位角, 限定用右手 XYZ 坐标系 (称作“RH-XYZ”), 连同逆时针方向 (CCW) 定律; 而图 18(b) 中, 当观察远离观察者的光束时, 对于正方位角, 限定用左手 XYZ 坐标系 (称作“LH-XYZ”), 连同逆时针方向 (CCW) 定律。

[0049] 图 19 是示出了在各局部极大对比度时调整延迟器慢轴的相关取向以及用于具有倾斜 -45° 的 WGP 的不同面板定向的快 / 慢轴的示意图。

[0050] 图 20 是示出了在各局部极大对比度时调整延迟器慢轴的相对排列以及对于具有倾斜 $+45^\circ$ 的 WGP 的不同面板定向的快 / 慢轴的示意图。

[0051] 图 21 是相对于主光线倾斜大约 20° 的 -C 板延迟器的实验净延迟光谱的曲线图。

[0052] 图 22 是相对于 X-Y 平面倾斜大约 20° 的 -C 板延迟器的实验净延迟映射的等值线图表。实现平面外倾斜和倾斜的 -C 板延迟器的所得的慢轴的旋转轴在 RH-XYZ 坐标系中 CCW 大约 20° 处定向。会聚于一点的观察的光锥沿着所有方位角的平面延伸 $\pm 20^\circ$ 的极角。

[0053] 优选实施例的详细说明

[0054] 本发明的优选实施例由图 3 中的例子示出。在中心光学系统 300 的图示中, 非偏振的或部分偏振的, 从在先阶段的光导管 (或者其它诸如蝇眼阵列的均化器) 输出的光锥由预偏振器 301 线性偏振。该偏振器 320 的透射轴基本上平行于随后的 WGP 元件 302 的透射轴: 这是 P 偏振轴。WGP 元件以极角 310 倾斜, 其相对于 Z 轴大约倾斜 $+45^\circ$ 。在完成双程 (double pass), 即在调整延迟补偿器 (TR) 303 和 VAN-LCoS (LCoS) 面板 304 的非平行阶段往返移动之后, 该光束由 WGP 元件 302 检测, 该面板 304 的慢轴 330 在关于 X 轴的方位角 335 处定向。由 WGP 元件的线侧反射的正交偏振, 即 S 偏振偏转至净化偏振器 305, 该净化偏振器 305 的透射轴正交于预偏振器。检偏器的偏振如 321 所示。

[0055] 光学元件 303 在几个关键方面不同于现有技术的延迟补偿器。光学元件 303 构成为 C 板延迟器, 与现有技术的光学系统 200 中更典型的 A/-C 板延迟器、只有 A 板的延迟器或双轴延迟器 203 相反。

[0056] C 板延迟器 303 与其器件平面排列成直线, 该器件平面不平行于 LCoS 304 的器件平面, 然而可以发现现有技术的光学系统 200 中的相应延迟补偿器 203 和 LCoS 204 中该平行排列是很典型的。在光学系统 300 中, C 板延迟补偿器 303 相对于系统 X 轴以极角 311 倾斜排列, 相对于系统 Y 轴以在极角 312 倾斜排列。这个二维倾斜使得出现旋转轴 340, 该旋转轴 340 关于 X 轴以方位角 345 取向。旋转轴 340 平行于 LCoS 器件平面 (也作系统 X-Y 平面) 以及 Z 轴是关于第一通道 (pass) 的主光线的传播轴。

[0057] 通过遵守欧拉角旋转定律 (关于 +X、+Y 和 +Z 轴的 CCW 旋转的正角), 关于 X 轴和

Y 轴的有效极角分量能够分别被写作： $\theta_x = \theta_t \times \sin(\phi_{ax})$ and $\theta_y = \theta_t \times \cos(\phi_{ax})$ ，其中 θ_t 是 C 板延迟器 303 的全倾斜角，围绕以方位角 ϕ_{ax} 排列的轴在平面外旋转。根据该旋转，C 板延迟补偿器 303 变得不平行于 LCoS 304。为了分辨向前对向后倾斜，旋转轴横跨从 0° 至 360° 。本发明中的倾斜的 C 板延迟补偿器必须根据在此示出的 XYZ 坐标系以二维倾斜。这表示，在中心光学系统 300 中，倾斜的 C 板的有效快轴和慢轴必须不与系统的 S 偏振轴或 P 偏振轴排列成一条线，即 $\phi_{ax} \neq 0^\circ$ ， $\phi_{ax} \neq \pm 90^\circ$ 和 $\phi_{ax} \neq 180^\circ$ 。

[0058] C 板延迟补偿器的倾斜极角 θ_t ，可在 0.1° 至 45° 的范围内变化，优选 0.1° 至 30° ，更优选 0.1° 至 15° 。倾斜极角指的是平面外倾斜的大小，正和负极角（分别从 LCoS 平面向前倾斜和向后倾斜）由旋转轴限定。考虑所设计的 C 板延迟、额外的 Z 轴间隔需求以及由倾斜板引起的视差导致的可接受的图像损伤，设置倾斜极角以产生适合大小的净延迟。

[0059] 当在正入射处使用 C 板延迟补偿器时，由于主要由基板中引起的双折射提供的剩余的净延迟非常低，因此该 C 板延迟补偿器不具有快 / 慢轴。在优选的实施例，补偿器利用 -C 板延迟器。倾斜的 -C 板的正旋转轴平行于 LCoS 面板的快轴定向（典型地关于 WGP 的入射平面、P 平面成 $\pm 45^\circ$ 的方位角）。当 C 板延迟器从平行排列向 LCoS 元件倾斜，下面给出以纳米为单位的净延迟（延迟量）：

$$[0060] \quad \Gamma_{TR}(\theta) = [\sigma_e(\theta) - \sigma_o(\theta)] \times d_{TR}, \quad (1)$$

[0061] e 波和 o 波的本征型 (σ_e , σ_o) 由以下给定：

$$[0062] \quad [50] \quad \sigma_e(\theta) = n_o \sqrt{1 - \frac{\sin^2(\theta)}{n_e^2}} \text{ 和} \quad (2)$$

[0063]

$$[51] \quad \sigma_o(\theta) = n_o \sqrt{1 - \frac{\sin^2(\theta)}{n_o^2}}; \quad (3)$$

[0064] 其中 n_e 和 n_o 分别是对于波长 λ 的入射线的非常和寻常指数；光线关于 C 板器件法线的在空气中以 θ 极角入射，以及 d_{TR} 是以纳米为单位的 C 板延迟厚度。净延迟对 +C 板具有正号，而对 -C 板具有负号。

[0065] 图 4 中示出了对于单轴双折射介质的光学对称性。图 4(a) 中，描绘了 A 板延迟器元件，凭此，光轴平行于器件平面 (X-Y 平面) 排列。器件法线平行于 Z 轴。假定元件的 X 和 Y 尺度远远大于沿着 Z 轴的厚度。图 4(b) 中示出了 C 板对称性。光轴平行于器件法线排列。注意已经描绘出了正的单轴双折射，其中非常 (e) 指数大于寻常 (o) 指数，并且 e 波方向沿着 Z 轴指向。在本发明的优选实施的 -C 板元件中，指数特征曲线是“圆盘”状的，其 e 波方向再次沿着 Z 轴指向。对于一般光轴排列，获得斜对称 (O 板)，如图 4(c) 中所示。该构造具有平面内（也称作 A 板）延迟，其快 / 慢轴平行定向并垂直于 X-Y 平面上的投影。对于一般 O 板延迟器元件，平面外（也称作 C 板）分量也呈现。器件 X 方向、Y 方向和 Z 方向如图 4(d) 中的箭头所示。

[0066] 倾斜的 C 板延迟补偿器的快 / 慢轴相对于旋转轴的配置由 C 板延迟的符号决定。这在图 5 中示出。图 5(a) 中，-C 板 55 围绕旋转轴 51 向平面外倾斜，相对于 X 轴以方位角 $54(\phi_{ax})$ 定向。旋转轴 51 平行于 X-Y 平面。在倾斜之后，该轴是光学系统 300 中的主光线

的有效慢轴。该倾斜的 -C 板的快轴 50 位于倾斜表面上,该倾斜表面偏离慢轴 $\pm 90^\circ$ 。当该轴投影至 X-Y 平面时,如果极角倾斜很小,则有效快轴仍然基本垂直于慢轴 51。图 5(b) 中,示出了 +C 板 56 中快轴 53 和慢轴 52 的配置与 -C 板 55 中的配制相反。旋转轴关于 X 轴生成方位角 54。该 -C 板的慢轴 52 位于倾斜表面上,该倾斜表面偏离快轴 $\pm 90^\circ$ 。

[0067] 在带有调整延迟器的 LCoS 延迟补偿的应用中,理想方案包括将补偿器的有效轴上延迟与 LCoS 的 A 板延迟相匹配(称作“匹配值补偿”)。延迟器和 LCoS 的快/慢轴组是在现有技术中提到的交叉轴处。在将倾斜的 -C 板延迟器用作补偿器的情况下,如果极角调节为在倾斜的 -C 板中产生与 LCoS 的 A 板中相同的延迟量,则旋转轴(还有补偿器慢轴)基本上平行于 LCoS 快轴排列。然而,高产量的 LCoS 引擎装配将需要对补偿器轴上的延迟设置比 LCoS 的 A 板延迟更高的值,并依赖相对方位角(LCoS 和延迟器)的超频(over-clocking),以最优化图像对比度性能。对延迟补偿领域的技术人员来说,在此注意倾斜的只有 C 板的补偿器的旋转轴不需要基本上平行或正交于 LCoS 的快轴排列。对于 45° 的名义上的 LCoS 快轴,如果倾斜的 C 板轴上净延迟的量大于 LCoS 的 A 板延迟,则倾斜的只有 -C 板的元件的慢轴(也作旋转轴)能够关于 PBS 的 P 平面“超频(over-clocked)”远离 LCoS 快轴。超时角(即,从 S 偏振轴和 P 偏振轴的平分线的方位偏离角)由下式近似地给出:

$$[0068] \quad \phi_{ob} \approx \cos^{-1}(\Gamma_{LC}/\Gamma_{TR})/2, \quad (4)$$

[0069] 其中, Γ_{LC} 是 LCoS 的 A 板延迟; Γ_{TR} 是由主光线入射时倾斜的 C 板元件的轴上延迟;并且 $\Gamma_{TR} \geq \Gamma_{LC}$ 。

[0070] 该“超值补偿”方案的相关方位角在图 6 中示出。“超值补偿”意指具有比 LCoS 的 A 板延迟 $65(\Gamma_{LC})$ 高的倾斜的 -C 板的轴上延迟 $64(\Gamma_{TR})$;由于该相对同位角同步(clocking),对于光往返两个阶段该补偿产生总净延迟 ~ 0 。为了计算 LCoS 图像仪的不对称特征(诸如区分 VAN 模式 LC 层的正倾斜和负倾斜以及 TN 模式 LC 层的入口至出口的扭曲跨度(twist span)),LCoS 的慢轴在 0° 至 360° 的圆周上单独定义。图 6 中的例子的 LCoS 的慢轴 66 以 135° 的方位角排列。在名义上的情况下,为得到适当的倾斜极角 60 而调整倾斜的 -C 板,其中实现了匹配的 C 板延迟器的轴上延迟和 LCoS 的 A 板延迟,旋转轴能够以 $+45^\circ$ 的方位角 63 固定。对于“超值补偿”的情况,极角倾斜比名义上的情况大。此时旋转轴从 S 偏振轴和 P 偏振轴的平分线偏转 ϕ_{ob} ,给出了四个局部最优定位,如 61 和 62 示出了其中的两个。通过选择方位角的补偿,能够获得较佳的补偿结果,其中所得的补偿器慢轴被定向为更接近 WGP 的 P 偏振而不是 S 偏振。

[0071] 因此,图 6 中的“第一最佳方案”61 相对于“第二最佳方案”62 更好。在表 1 中给出了在所有四个象限之上的任意 LCoS 慢轴方位的解空间(具体指的是 VAN 型成像器 LC 倾斜的正倾斜)。在具有方位角公差 δ 的光系统中,LCoS 慢轴名义上排列在 S 和 P 平面的平分线处,其中 δ 可以是 $\pm 20^\circ$,更优选为 $\pm 10^\circ$,进一步更优选为 $\pm 5^\circ$ 。该公差角度对由方程式(4)预测的方位角偏移量有小的影响;它是对 LCoS A 板延迟的 $\cos^2(2\delta)$ 修正,其中该函数对小角度相当不敏感。对于给定 LCoS 慢轴排列,两个优选转轴可能不会产生同等的对比效果;这两个优选方案之一对于与 $+45^\circ$ 和 -45° WGP 倾斜的两种情况配对可能是最好的(在多面板光引擎的不同颜色通道中)。

LCoS 方位		倾斜的-C板方位		
象限号	近似.慢轴 $\phi_{LC} \pm \delta$	象限号	近似.转动轴: 优选方案	近似.转动轴: 次级方案
1	$45^\circ \pm \delta$	2 和 4	$135^\circ \leq \phi_{ax} < 180^\circ$, $315^\circ \leq \phi_{ax} < 360^\circ$	$90^\circ < \phi_{ax} \leq 135^\circ$, $270^\circ < \phi_{ax} \leq 315^\circ$
2	$135^\circ \pm \delta$	1 和 3	$0^\circ < \phi_{ax} \leq 45^\circ$, $180^\circ < \phi_{ax} \leq 225^\circ$	$45^\circ \leq \phi_{ax} < 90^\circ$, $225^\circ \leq \phi_{ax} < 270^\circ$
3	$225^\circ \pm \delta$	2 和 4	$135^\circ \leq \phi_{ax} < 180^\circ$, $315^\circ \leq \phi_{ax} < 360^\circ$	$90^\circ < \phi_{ax} \leq 135^\circ$, $270^\circ < \phi_{ax} \leq 315^\circ$
4	$315^\circ \pm \delta$	1 和 3	$0^\circ < \phi_{ax} \leq 45^\circ$, $180^\circ < \phi_{ax} \leq 225^\circ$	$45^\circ \leq \phi_{ax} < 90^\circ$, $225^\circ \leq \phi_{ax} < 270^\circ$

[0072] 表 1 :LCoS 对倾斜的 -C 板延迟补偿器的方位解空间

[0073] 相反地,对于 LCoS 板,其快 / 慢轴与 $\pm 45^\circ$ 方向相排列有小方位角偏差,倾斜的 -C 板补偿器的转轴可在与 LCoS 部件的快轴相同的象限内被固定在 $\pm 45^\circ$,假定倾斜方位被控制,这样相对于 LCoS 板的 A 板延迟,该倾斜产生较小的轴上延迟。这被称为“低补偿值”方案,由于相对方位角同步 (clocking),对于往返穿过两个阶段的光,补偿产生接近零的全部净延迟。

[0074] 在图 7 中,说明了这种补偿方案的相对方位角。实质上, LCoS 板 75 的剩余延迟 Γ_{LC} 被用于补偿 -C 板轴上延迟 Γ_{TR} 74。LCoS 慢轴 76 和快轴 73 相关于 PBS 平板典型地非常接近 $\pm 45^\circ$ 方位角,因为被实施的电控制双折射 (ECB) LC 器件必须通过在灰度状态中驱动穿过 LCoS 单元的电压来产生。然而, LCoS 制造过程经常引起慢 / 快轴与理想“S”和“P”平分线准线的小偏差 72 (ϕ_{ob}) (比如,至多 $\pm 10^\circ$)。“补偿器”和“补偿的”器件的作用可以被翻转正是由于方位角偏差 72 的存在。围绕转轴 71 实施 -C 延迟器的平面外倾斜 70,基本上对开 S- 和 P- 平面对准。在将倾斜 -C 板引入 LCoS 系统的情况下,可以因较小轴上延迟要求而减少倾斜角。因倾斜光学元件的使用而可节省一些空间,也可降低图象质量损伤。倾斜 -C 板的轴上延迟与 LCoS 轴偏移量及 LCoS A- 延迟相关,可通过下列的近似式表示:

$$[0075] \quad \phi_{ob} \approx \cos^{-1}(\Gamma_{TR}/\Gamma_{LC})/2, \quad (5)$$

[0076] 其中, Γ_{TR} 和 Γ_{LC} 与前面定义的相同,只是 $\Gamma_{TR} < \Gamma_{LC}$ 。

[0077] 在匹配值补偿的情况下,双折射补偿器还可以是 +C 板延迟器,其实施倾斜的转动轴然后将基本上被定位为与面板的慢轴平行的方向。这是因为转动轴成为倾斜的 +C 板延迟器的快轴。一般而言, +C 板的转动轴接近 S 极化,而不是 P 极化,以使得到的倾斜 +C 板的慢轴对准靠近 WGP 的 P 平面。表 2 中列出了在倾斜角处具有 +C 板延迟器的超过补偿值

(over-value-compensation) 的一般情况。此外,取决于 WGP 的排列,两个优选方案不可能产生相同的对比效果,其中的一个可能优于另一个。对于使用 +C 板延迟补偿器的低于补偿值 (under-value-compensation) 的情形在这里没有示出。通常,转动轴和 LCoS 慢轴被定位在同一象限内。

LCoS 方位		倾斜的 +C 板方位		
象限号	近似.慢轴	象限号	近似.转动轴:	近似.转动轴:

	$\phi_{1c} \pm \delta$		优选方案	次级方案
1	$45^\circ \pm \delta$	1 和 3	$45^\circ \leq \phi_{ax} < 90^\circ, \quad 225^\circ \leq \phi_{ax} < 270^\circ$	$0^\circ < \phi_{ax} \leq 45^\circ, \quad 180^\circ < \phi_{ax} \leq 225^\circ$
2	$135^\circ \pm \delta$	2 和 4	$90^\circ < \phi_{ax} \leq 135^\circ, \quad 270^\circ < \phi_{ax} \leq 315^\circ$	$135^\circ \leq \phi_{ax} < 180^\circ, \quad 315^\circ \leq \phi_{ax} < 360^\circ$
3	$225^\circ \pm \delta$	1 和 3	$45^\circ \leq \phi_{ax} < 90^\circ, \quad 225^\circ \leq \phi_{ax} < 270^\circ$	$0^\circ < \phi_{ax} \leq 45^\circ, \quad 180^\circ < \phi_{ax} \leq 225^\circ$
4	$315^\circ \pm \delta$	2 和 4	$90^\circ < \phi_{ax} \leq 135^\circ, \quad 270^\circ < \phi_{ax} \leq 315^\circ$	$135^\circ \leq \phi_{ax} < 180^\circ, \quad 315^\circ \leq \phi_{ax} < 360^\circ$

[0078] 表 2 :LcoS 对倾斜的 +C 板延迟补偿器的方位解空间。

[0079] 在优选实施例中, C 板延迟器 由在透明基片上的双折射抗发射结构

(formbirefringent anti-reflection, FBAR) 涂层制造。介电涂层 C 板利用两种或多种不同折射率材料的一系列交替的薄膜层, 以及按照 LCoS 引擎的反射几何学要求而产生低反射系数的所得到的介电堆。

[0080] 在图 8 中示出了由介电形成双折射涂层可获得净延迟的例子。在 10° 入射角 (angle of incidence, AOI) 处或相当此, -C 板延迟补偿器的极化倾斜角 θ_t , 可以获得近似 2nm 轴上延迟, 以补偿 LCoS 显示器。-C 板延迟器的理论延迟曲线和实验测量值之间有相当好的一致性。延迟曲线以及因此给定倾斜角度要求的净延迟, 可以通过电介质设计任意量身定做。

[0081] 倾斜的 -C 的轴上和离轴净延迟被实现, 如图 9 所示。“D55” FBAR 设计目标是: 在 $\lambda = 633\text{nm}$ 处, C 板延迟为 -110nm。该模拟假定, 在偏离法线 7° 几何处安装 C 板延迟器。 $\lambda = 633\text{nm}$ 的主光射线以 7° 极化角入射, 以及它看到近似 1.4nm 单通道净延迟。主光线的净延迟在第二通道上加倍。对于正极性 AOI 光线, 第一通道入射 (光) 以比倾斜角高的 AOI 照射到倾斜板上, 以及净延迟数量比主光线的净延迟大得多。在离开 LCoS 板的反射情况下, 这些光线被折回到与倾斜 -C 板相对的方位, 以使第二通道 AOI 及因此相对于第一通道, 净延迟值被降低。对于第一通道中的负极性 AOI 光线, 会出现类似的双通道折回现象。结果是产生相对于转动轴的自镜像、对称延迟曲线。

[0082] 图 9 中曲线示出沿单入射平面 (对应于 -C 板延迟器的倾斜平面) 的净延迟曲线。在整个观察锥体 (例如, 在空气中在 AOI 对 LCoS 器件法线的达到 $\pm 12^\circ$ 处的 f/2.4 LCoS 系统) 上, LCoS 器件的净延迟由于极化和方位视角的作用而改变。相关的慢 / 快轴也由于视角的作用而改变。然而, 需设计具有适当 -C 延迟且倾斜适于引入合适数量的轴上延迟的倾斜 -C 板, 来匹配对于每个光线角的 LCoS 净延迟。双通道倾斜 -C 板的慢轴基本上垂直于 LCoS 器件的慢轴。

[0083] 图 10 在 (a) 中示出 LCoS 模型的模拟双通道净延迟, 及在 (b) 中示出 LCoS 模型的慢轴方位, 该 LCoS 模型在 $\lambda = 633\text{nm}$ 处具有 1.4nm A 板延迟和 250nm C 板延迟。法向入射光线的慢轴相对于 (w. r. t.) 反射观察方向被定向在近似 -45° (如图 10(b) 中所示或相对于透射观察方向为 $+45^\circ$)。这意味, 相对于主光线, FBAR-C 板的转动轴, 其也是它的慢轴必须被排列在相对于 RH-XYZ 坐标集中的透射观察方向的 135° 处。这应用于匹配值补偿的标称情形中。相应的净延迟和 7° 倾斜 FBAR-C 板中的延迟器慢轴方位分别被示出在图 11(a) 和 (b) 中。曲线中的模糊是同时对一个入射面内观察光锥采样的伪影, 且将数据转换至矩形样本栅格, 用于绘制和锥形加权对比计算。注意的是, 倾斜的 FBAR-C 板的延迟曲线匹配于靠近的 LCoS 的延迟曲线。FBAR-C 板中的慢取向相对于反射观察方向具有法向 (nominal) 45° (如图 11(b) 中所示或相对于透射观察方向为 -45°)。这意味, 在延迟补偿器和 LCoS 阶段中, 整个锥体中的每个光线被交替延迟较多然后较少, 或者反之亦然 (v. v.), 而与延迟的数量无关。所得的 LCoS 板黑暗状态是极好的。在图 12 中给出通过在全反射双通道中的一套交叉偏振光镜的黑暗状态泄漏密度。模仿了 $\sim 80,000 : 1$ 的粗略双通道对比。整个结构的反射也是非常低的。然而, 使用倾斜排列的延迟器补偿器, 杂散反射光中的仅仅部分被有限系统数值孔径所俘获。假定 $6,000 : 1$ 的基线光系统对比, 倾斜 -C 板和 VAN 模型 LCoS 的组合给出大约 $5,300 : 1$ 的完全开至完全关的对比率。

[0084] 只有 C 板补偿器相对于 LCoS 板是倾斜的。该板的倾斜引入如由主光线所见的净

延迟,其数量用来校正 LCoS 板的剩余 A 板延迟。C 板上的形成双折射涂层仍旧为 离轴性能提供合适的 C 板校正。这种结构允许仅仅单个 C 板部件提供轴上和离轴 LCoS 延迟补偿,以获得高对比度图像。

[0085] 理论模仿和经验测量都确认这种结构产生高对比度。图 13 中示出的曲线是理论计算,该计算示出由于显示板 A 板延迟的作用的期望对比率。尽管未倾斜 C 板补偿适合非常小的 LCoS A 板延迟 (例如, $< 0.5\text{nm}$), 计算的结果示出对于公共 LCoS A 板延迟值 (至多 2nm), 通过倾斜排列 C 板可以获得明显增加的对比度。在这个模仿中,转动轴被固定在 45° , 以及倾斜角还被固定在板外 7° 处。C 板 FBAR 涂层设计在 630nm 波长处具有 -110nm C 板延迟。在 7° 倾斜处的轴上延迟近似为 1.4nm 。因此,只有具有剩余 A 板延迟 $\sim 1.4\text{nm}$ 的 LCoS 板可被正确地补偿。然而,可以根据分析看出,可使用单个补偿器以固定倾斜角可明显地补偿大范围的板延迟。

[0086] 用于具有非常高或低的 A 板延迟 (例如, 大于 2.5nm 或小于 0.5nm) 的板, 倾斜必须被调整, 或者转动轴必须被改变, 或者 -C 板的值必须被调整, 或者三者的组合被调整。本领域技术人员将会意识到, 通过当 -C 板的净延迟对 LC 装置的 A 板延迟过度补偿时, 倾斜补偿器板和 / 或转动 (也就是顺时针), 固定值补偿板可被调整以匹配板延迟。

[0087] 图 14 中给出略微倾斜的将 FBAR-C 板配对到 VAN 模型 LCoS 的数值容差结果。该图示出对比度的变化, 所述对比度作为 -C 板补偿器板外倾斜度和转动轴的函数。通过调整板的转动, LCoS 板的过补偿值 (Over-value compensation) 可以以固定倾斜角度被优化。在这种 LCoS 和 FBAR 设计例子中, 使用以 7° 的板倾斜和以 45° 的转动 (绕 LCoS 板的快轴转动) 可以获得高对比度。以 9° 板倾斜并绕 LCoS 快轴的平行排列轴以 $\pm 25^\circ$ 转动时, 获得高对比度。在利用 WGP 的实际光学系统中, 近似 20° 的优化转动轴同样给出较好的对比度。

[0088] 在这里实施的数值模型中, WGP-PBS 被模制成漏偏光器, 该漏偏光器具有大约 $450 : 1$ 透射偏振常数和 $30 : 1$ 反射偏振常数。前置偏光器和净化检偏器被模制成偏振常数为 $1000 : 1$ 的部件, 该部件被用于以法向入射至圆锥轴。在这些理想情况下, 对于给定的 LCoS 慢轴排列, 在四个局部对比最大值 (倾斜的 C 板转动轴的两个方位被定位在两个相邻象限的每个) 中每个之间存在有可以忽略不计的差异。在实际光系统中, WGP 相关于 Z 轴被排列在 -45° 或 $+45^\circ$ 处, 以及除了其主要的二次衰减 (diattenuation) 功能之外, WGP 是具有寄生延迟特性的衍射部件。校验倾斜 C 板的转动轴的光学排列的快速方法是收集实验对比数据。

[0089] 这里使用的所有方位角 (经验的和数值模型) 被引用至 RH-XYZ 坐标系统。在指定装置模型时, RH-XYZ 坐标系统被定位为入射束; 在考虑到透射场时, RH-XYZ 坐标系统被定位为透射束; 在考虑到反射或双通过透射场时, RH-XYZ 坐标系统被定位为返回束。作为这种惯例的结果, 在透射和入射侧的坐标集是彼此一致的, 但是反射侧的坐标集相对入射坐标集具有左右镜像性能。在椭圆偏振和延迟的说明中, 圆本征偏振 (eigenpolarization) 的标记号被一致的使用在入射、透射和反射侧中。

[0090] RH-XYZ 坐标系统被示出在图 18(a) 中。在相对于考虑正面的入射束而指定欧拉角 (用于单轴媒质的两个角和用于双轴媒质的三个角) 时, 坐标轴表示 RH-XYZ。在该文献上下文中, 各个单轴层的偏振和方位角由 (θ_c, ϕ_c) 来表示。在从入射侧观察反射 (或双通道

透射)装置时,通过翻转 X 轴方向 RH-XYZ 系统被保持。反射观察的 RH-XYZ 坐标集等同于如定位入射束的 LH-XYZ 坐标集(也就是,考虑入射的背面)。这被示出在图 18(b)中。在 RH-XYZ 和 LH-XYZ 坐标系(整体定义,如它们均被定位为入射)中,从正向 X 轴的逆时针(CCW)转动的方位角被定义为正的。例如,这种轴方位被用于描述延迟器的快/慢轴。用于在光锥中阐明观察面,透射观察面与入射面对齐。然而,用于反射(或双通道透射)系统,观察面具有与入射面 180° 的偏移量(用于 360° 方位角范围和至 90° 极角范围)。

[0091] 在已指定的 XYZ 坐标系统的惯例情况中,倾斜 -C 板延迟器补偿器的所有可能结构和 LCoS 方位被表示在图 19(a)-(d)中,以用于 EGP 被相关于 Z 轴定位在 -45° 的情况中。光系统结构被命名为 500、520、540 和 560。这对应于 LCoS SA 分别被定位在 3 象限(504)、1 象限(524)、4 象限(544)和 2 象限(564),如被 d 定位至 LH-XYZ 坐标系统。该平面的 SA 方位被假定实质上对分系统的 S 和 P 偏振方向(例如,在平分线的 10° 内)。倾斜 C 板的 SA 对应于转动轴,以实现平面外倾斜。该轴位于 X-Y 平面中。

[0092] 类似地,在 WDP 相关于 z 轴被定位在 $+45^\circ$ 时,四种可能的 LCoS 平面 SA 方位,连同 16 个可能的倾斜 C 板 SA 方位一起被示出在图 20(a)-(d)中。结构 600、620、640 和 660 分别是结构 500、520、540 和 560 的镜像图像(关于 y 轴)。结构 600、620、640 和 660 的 LCoS 平面 SA 方位分别被定位在 4 象限(604)、2 象限(624)、3 象限(644)和 1 象限(664)。注意的是,尽管具有 CCW 正方位角规定的 LH-XYZ 坐标系统已经适用于倾斜 C 板和 LCoS 慢轴的方位的描述,但是实际上指示的方位表示 LCoS 装置的光轴相关于 RH-XYZ 坐标系统倾向 Z 方向。倾斜的 C 板延迟补偿器的倾斜面距离转轴又一 90° CCW,以及该倾斜面倾斜向 +Z 轴。

[0093] 在四种可能的倾斜 C 板方位的每处,系统对比性能已经以各个给定 LCoS SA 方位(四种之外)和各个 WGP 方位(两种之外)用实验方法估计。实验使用 $f/2.4$ 会聚光锥。有 32 种可能的结构,包括三种部件(WGP、倾斜的 C 板和 LCoS)的方位。在这些实验中,我们实现了结构 500s 和 600s 的镜像参数的使用,以及消除 16 种非独特的结构。以 $\lambda = 550\text{nm}$ 为中心的绿波带被选择。我们期望,在三种颜色波带的每个中,对比率对倾斜的 -C 板方位的相对依赖是近似相似的(可能在蓝波段略微恶化些)。

[0094] 在这些实验中使用的 VAN 模式 LCoS 具有在 $\lambda = 550\text{nm}$ 处的大约 2nm 的 A 板和 250nm 的 C 板。-C 板延迟器以大约 20° 极角倾斜。该设计以 -195nm C 板延迟单通道为目标。在 $\sim 20^\circ$ 倾斜处的净延迟在 $\lambda = 550\text{nm}$ 处为大约 10.5nm。在图 21 中示出净延迟分布。在图 22 中说明以至多 20° 束锥、在 0 至 360° 观察面上的单通道净延迟图。使用 PR-705 辐射计,收集实验对比结果。在关灯和开灯状态处的强度在绿色波段($\lambda = 490$ 至 620nm)被光适应的加权。这些结果被列举在表 3 中,用于结构 500、520、540 和 560。考虑到光设置的对称性,结构 600、620、640 和 660 的实验结果从结构 500s 中得出。这些对比结果被列表在表 4 中。对于光学结构 500s 和 600s,在绿波带,没有调整延迟补偿器的相应的板对比率的范围从 1200 : 1 到 2300 : 1。

结构 500		结构 520		结构 540		结构 560	
倾斜的 C 板 SA	对比率	倾斜的 C 板 SA	对比率	倾斜的 C 板 SA	对比率	倾斜的 C 板 SA	对比率
506	5300	526	5600	546	6800	566	5100
507	6400	527	7800	547	5700	567	4700
508	6200	528	5000	548	3400	568	3500
509	4400	529	3200	549	4300	569	4900

[0095] 表 3 :500s 系列光结构在绿波带的实验对比测量结果。

[0096]

结构 600		结构 620		结构 640		结构 660	
倾斜的 C 板 SA	对比率	倾斜的 C 板 SA	对比率	倾斜的 C 板 SA	对比率	倾斜的 C 板 SA	对比率
606	3500	626	3400	646	5000	666	6200
607	4900	627	4300	647	3200	667	4400
608	5100	628	6800	648	5600	668	5300
609	4700	629	5700	649	7800	669	6400

[0097] 表 4 :600s 系列光结构在绿波带的实验对比测量结果。

[0098] 取决于多面板 LCoS 系统如何被配置,承担倾斜 C 板慢轴的四个解中任意一个或多个的最佳拾取。作为例子,显示系统销售商想要保持 WGP 的方位在各个颜色波带中排列的弹性,从而仅仅有一种 LCoS 慢轴被选择。在这种情形中,倾斜 C 板延迟器的转动轴是最优的,此时它被排列以与 P 偏振轴最接近。延迟补偿器的慢轴基本上平行于 P 偏振轴,用于延迟器净延迟和 LCoS A 板延迟的大的失谐,这两个定位主射线。以这种方法,两种 WGP 方案中每个的对比性能的不同被最小化。在各个局部最佳状态的 1/8 周期中用于倾斜 C 板的转轴的优化排列空间被列表在表 5 中,用于所有八个光结构,其取决于 LCoS SA 方位被分组为四类。

结构	倾斜 C 板 SA[Φ_R]	LCoS SA[Φ_L]
500&640	$0^\circ \rightarrow -44.9^\circ$ 和 $135.1^\circ \rightarrow 180^\circ$	-135°
520&660	$0^\circ \rightarrow -44.9^\circ$ 和 $135.1^\circ \rightarrow 180^\circ$	45°
540&600	$-135.1^\circ \rightarrow -180^\circ$ 和 $0^\circ \rightarrow 44.9^\circ$	-45°
560&620	$-135.1^\circ \rightarrow -180^\circ$ 和 $0^\circ \rightarrow 44.9^\circ$	135°

[0099] 表 5 :层叠有倾斜 C 板延迟补偿器的 VAN-LCoS 板的最佳补偿的方位角范围,其中各个方位角范围从最接近 P 偏振轴展开为几乎 45° 。引入与 S 和 P 偏振平分线的名义上的 0.1 度偏差。

[0100] 在另一方面,如果给定的彩色信道被配置以与一个 WGP 方位一起工作,且两个 LCoS 慢轴方位被提供以用于可比较的对比度性能,将从系列 500s 和 600s 内进行选择。作为例子,如果 45° 和 -135° 。LCoS 慢轴方位均要求用于 -45° 排列的 WGP 系统,则可以从结构 500 和 540 中选择倾斜 C 板的最优慢轴定位。根据表 3 中实验对比入口,分别提供 6400 : 1

和 6800 : 1 对比度的方位 507 和 546 为分别用于结构 500 和 540 的最优拾取。类似地,可以建立在相邻象限中的用于其它两个慢轴方位的最优 C 板延迟转动轴。最优解要求 C 板慢轴被定位以实质上平行于 S 偏振的选择机会,所述 S 偏振垂直向上指向光结构 500s 和垂直向下指向光结构 600s。

[0101] 另一情形可包括在最弱对比度通道(典型的蓝通道)处加大对比以及在最优对比通道(典型的绿和红通道)处交换对比,以用于全面的无彩色的黑色状态。因为实质上的贫乏的表现光学装置,特别是交叉偏振器和 WGP 部件,蓝通道中的对比典型地是差的。在这种情况下,用于蓝通道的 C 板延迟器将围绕大致上平行于 S 偏振的轴转动,所述 S 偏振垂直地向上指向光学结构 500s 和垂直地向下指向光学结构 600s,而蓝和红通道的转动轴将实质上被排列以平行于 P 偏振(每个光学结构两个选择机会)。

[0102] 相关于 C 板转动轴的排列的非均等对比性能是 WGP 部件中双折射的结果。虽然,完整的数值模型是最终目标,但是可以容易地实现对解空间的快速实验确认。对很小的对比值为 5000 : 1 而言,这些对比数的误差和可重复性为大约 ± 200 点,也就是 $\pm 4\%$ 。相对对比值明显地超过这个容限,所相对对比值述作为被观察到的倾斜 C 板的慢轴的函数。

[0103] 其他实施例可包含无机双折射晶体的使用,该晶体被切割为 C 板。只有 C 板的延迟被利用,以这种方式还可在微显示成像器的平面内实现适当数量的净延迟,以及提供合适数量的平面外延迟。这种倾斜晶体 C 板起到与 Berek 补偿器相同的功能。具有小的负双折射的单晶体板将是合适的(例如,具有 $\Delta n = -0.01$ 的单晶体 MgF_2)。需要的板厚度将在数十微米的范围内,以传递大约 200 至 500nm 的 -C 板延迟。

[0104] 本发明的另一实施例寻求将 C 板 150(例如 FBAR 涂层板或晶体板)夹持在楔形基片之间。该实施例被示出在图 15 中。被夹持部件的外表面 153 基本上是平行的且有 AR 涂层,以及延迟器组件被排列以大致上平行于 LCoS 台阶 154。这降低了图象质量损伤,因第一通道光束 151 和第二通道光束 152 中的视差。在这种情况下,相对于夹持的 C 板,轴上延迟通过以主光线的非零入射角被引入。+C 和 -C 板可以以这种方式被利用,但是只有 -C 板能够同时地补偿 LCoS 黑色板的板内和板外延迟。倾斜 +C 板的轴上性能可与补偿 LCoS 的倾斜 -C 板一样好地被实现。然而,离轴射线将比单独的 LCoS 板看到更大净延迟。该 +C 板结构仅仅对非常有限的锥入射角是有用的。

[0105] 示出在图 16 中的另一实施例,使用嵌入在楔形基片之间的倾斜 +C 板 160,以校正剩余 A 板延迟,以及 -C 板在法线入射外表面 163 上以校正 LC 平面 164 内的 C 板延迟。第一通过束和第二通过束分别被 161 和 162 指示。

[0106] 在浸入或非浸入 C 板延迟器的所有应用中, C 板延迟器部件的有效转动轴必须既不平行 WGP 的 P 偏振又不平行 WGP 的 S 偏振。其慢 / 快轴被排列以平行于显示器系统的 S- 和 P- 面的延迟器部件(倾斜的和 not 倾斜的)具有轴上延迟效果,其被两种束传播模式的缺少而取消。

[0107] 尽管使用倾斜 FBAR-C 板的模拟和实验利用反射 VAN 模式 LCoS 成像器,所述倾斜 FBAR-C 板作为微显示投影系统的补偿器的,但倾斜板补偿器也适于透射微显示投影系统。倾斜的 -C 板延迟器从单个部件中产生轴上延迟和离轴延迟。轴上延迟可被用于取消透射式显示板的剩余 A 板延迟,诸如 TN 模式 LCD 和 VAN 模式 LCD。注意的是,透射显示板近似是其 LC 层的两倍厚,因此倾斜 C 板所要求的轴上延迟的数量是显著大的。成像器板和倾斜

的 -C 板补偿器在被用在单通道透射时,很可能面对不对称延迟曲线与锥角的问题。在 TN 模式板的情况下,在板关闭状态 (panel off-state) 中的小数量的圆周延迟没有有诸如倾斜 -C 板的线性延迟器所补偿。

[0108] 将倾斜 C 板结合在透射光系统中的本发明的实施例被说明在图 17 中。在锥光 400 中,从前级光管 (或诸如蝇眼阵列之类的其它均衡器) 输出的光锥被前置偏振器 401 线性偏振。这在中偏振器 420 的传递轴在整个选换上可被随意排列,更通常地在 $\pm 45^\circ$ 、 0° 或 90° 。该说明使用 0° 偏振入射 420。通过前置偏振器的光照射在透射 LCD 成像器 404 上。该成像器具有慢轴 430,其被排列以相对前置偏振器透射轴以 $\pm 45^\circ$ 偏离方位角 435。然后,光经后检偏器 405 进入该系统,其透射轴 421 被排列以垂直于前置偏振器轴 420。一级或多级调整延迟补偿器 403 被插入在前置偏振器 401 和后检偏器 405 之间。在成像器之前或成像器之后或两者之后,可以排列调整延迟器部件。至少一个调整延迟器部件利用倾斜安装的只有 C 板的延迟器。该倾斜的部件被示出在光系统 400 中,该光系统 400 被定位在成像器之前。411 和 412 的组合非零倾斜确定 440 方位角的转动轴。对于倾斜的 -C 板延迟器,相关联的角度 445 名义上垂直成像器慢轴 435;或者倾斜的 +C 板延迟器,相关联的角度 445 名义上平行于成像器慢轴 435。延迟补偿的公共实施为过同步 (over-clock) C 板延迟器慢轴,通过执行过补偿值方案 (over-value compensation scheme) 从平行或垂直排列至成像器慢轴。

[0109] 如果透射板是 VAN 式成像器,则必须施加 -C 板的倾斜,以使在倾斜的 -C 板处、沿给定锥入射的方位角平面的光线还经历相对正单轴 VAN-LC 材料的特定轴 (e 波) 的较大角度差,该光线比主光线看到大的 AOI。取决于补偿功效,单通道透射系统将产生一些方位角。上面要求还有助于减轻使用倾斜 -C 板延迟器和倾斜的 LC 排列的不理想的效果。

[0110] 如果透射板是扭转向列 (TN) 成像器,其中总的扭转角小于或等于大约 90° ,则围绕转动轴必须实施 -C 板延迟器的倾斜,该转动轴基本上正交于 TN 扭转角范围的平分线。倾斜的 C 板延迟的大小和极角倾斜的大小必须被调整,以使倾斜 -C 板延迟器的锥光偏振仪净延迟图的不对称和 TN 单元很好地匹配。取决于补偿功效,单通道透射系统将产生某些方位角。上面的要求有助于减轻在黑暗状态中的 TN 单元内使用倾斜的 -C 板延迟器和倾斜的 LC 排列及扭转的不理想的效果。

[0111] 在上面参考各种示范性实施例,已经描述了本发明。然而,本领域技术人员将会认识到,不脱离本发明的范围可对示范性实施例作出改变和变化。例如,多种部件可被以替换的方式来实施,诸如,例如通过提供其它光学结构或布置。取决于具体应用或考虑到与该系统的工作相关联的因素,这些替换可适当地被选择。此外,这些和其它改变或变化被用于被包含在本发明的范围内,如下面的权利要求书所表达的。

[0112] 总之,公开一种液晶显示投影仪,其包括光源,光照明系统,其用于将有光源发射的光会聚至要求的光路,该光路具有主轴;液晶显示板,其被定位在板平面内且在其中具有慢轴和快轴,用于光调制由光照明系统会聚的光;投影透镜,用于放大和投影由液晶显示板调制的光;第一偏振装置,被设置以接收由光照明系统会聚的光,用于以近似法线入射将具有第一线性偏振轴的第一线性偏振光传递在液晶显示板上;第二偏振装置,被设置以接收由液晶显示板调制的光,用于发射具有第二线性偏振轴的第二线性偏振光,以及输出相同的偏振光给投影透镜;以及具有单轴 C 对称的延迟补偿板,其相对于倾斜轴成锐角离开

板平面,以及被设置在液晶显示板和第一或第二偏振装置之间,其中倾斜轴平行于板平面;其中延迟补偿板的慢轴或快轴与倾斜轴对准;其中倾斜轴被定位于近似平行于液晶显示板的慢轴或快轴;以及其中倾斜轴没有平行于第一和第二线性偏振轴。

[0113] 该液晶显示投影仪可具有透射或反射液晶显示板,具有第一和第二偏振装置,该第一和第二偏振装置被结合进偏振分光器,具有与主轴成大约 45 度定向的分束表面,分别被设置成透射式和反射式;以及其中第一和第二线性偏振轴是正交的。

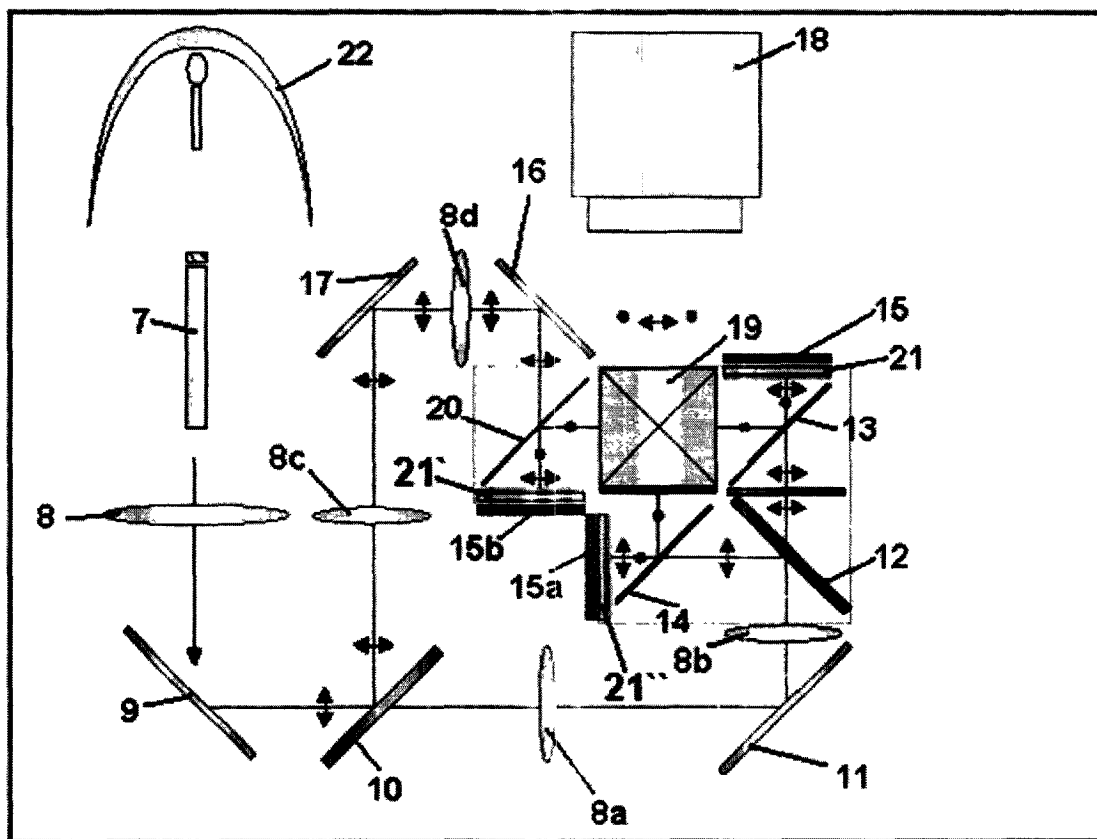
[0114] 该液晶显示投影仪可使用硅上垂直排列的向列液晶(VAN-LCoS)板。

[0115] 延迟补偿板可具有成形双折射抗反射涂层,该层具有大量无机透明层,沉积在第一表面和第二表面中至少一个上,具有+C板延迟或-C板延迟。

[0116] 延迟补偿板的倾斜角被调整以实现延迟补偿板补偿延迟的量大于液晶显示板的剩余延迟的量。

[0117] 围绕主轴的倾斜轴的方位角定位被选择,以使在液晶显示板中产生的图像在第二偏振装置的出口侧具有最佳对比度。

[0118] 优选地,延迟补偿板的慢轴与第一线性偏振轴成大约 45 度或大约 135 度角。



LCoS 投影系统

图 1

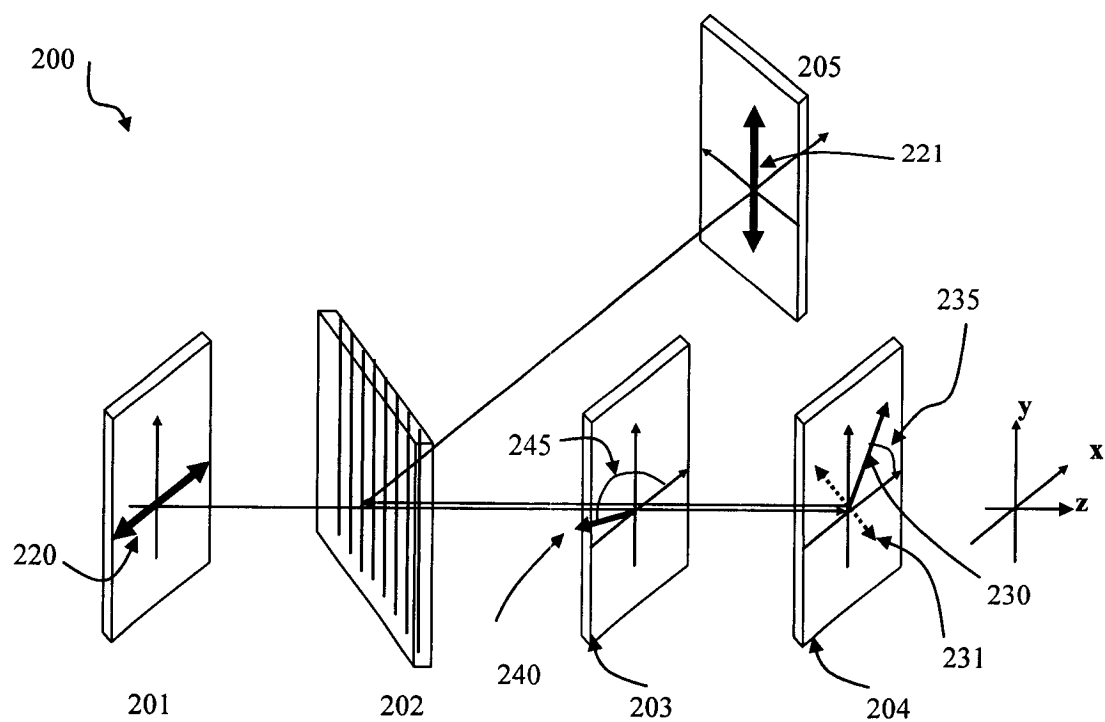


图 2

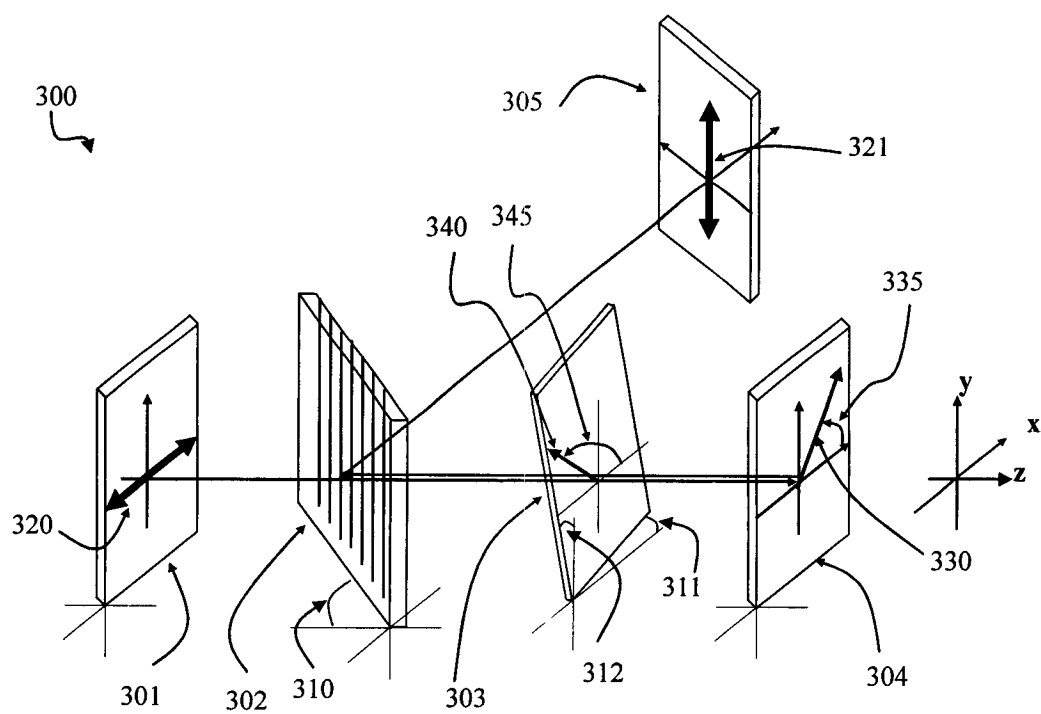


图 3

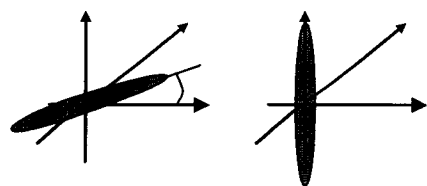


图 4(a)

图 4(b)

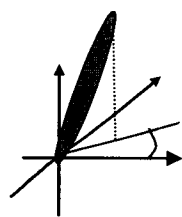


图 4(c)

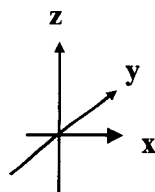


图 4(d)

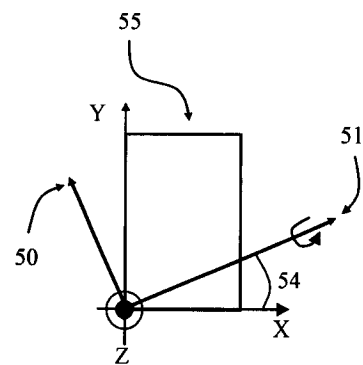


图 5(a)

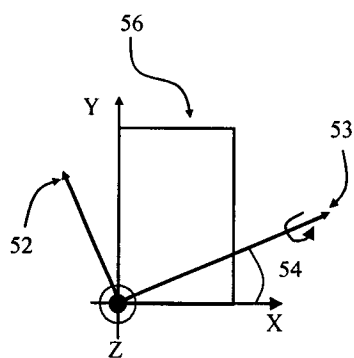


图 5(b)

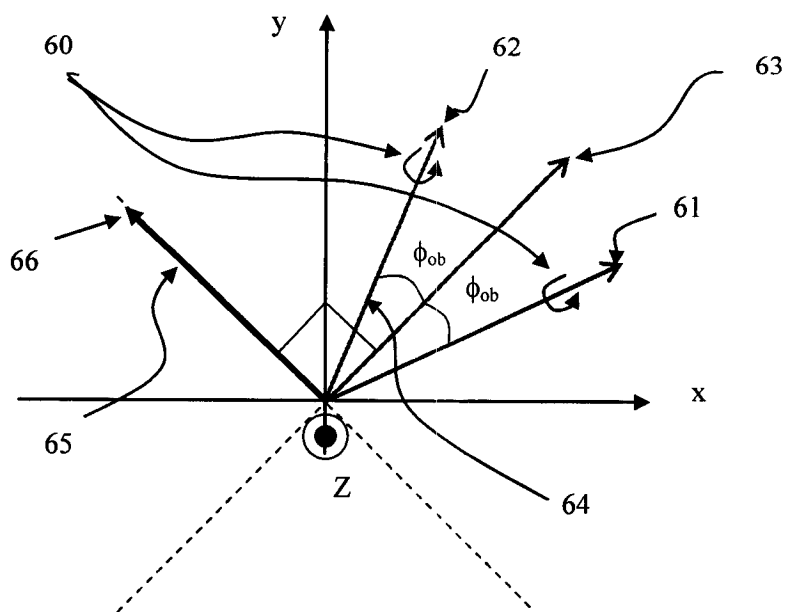


图 6

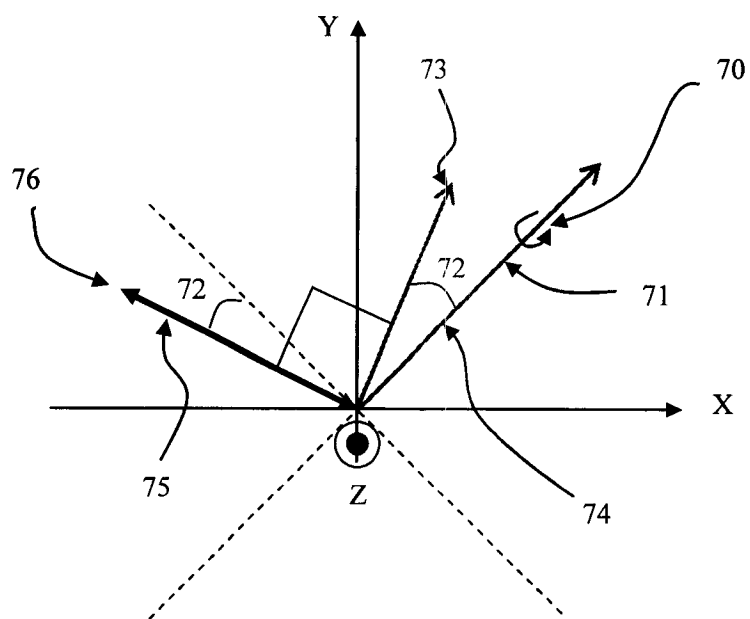


图 7

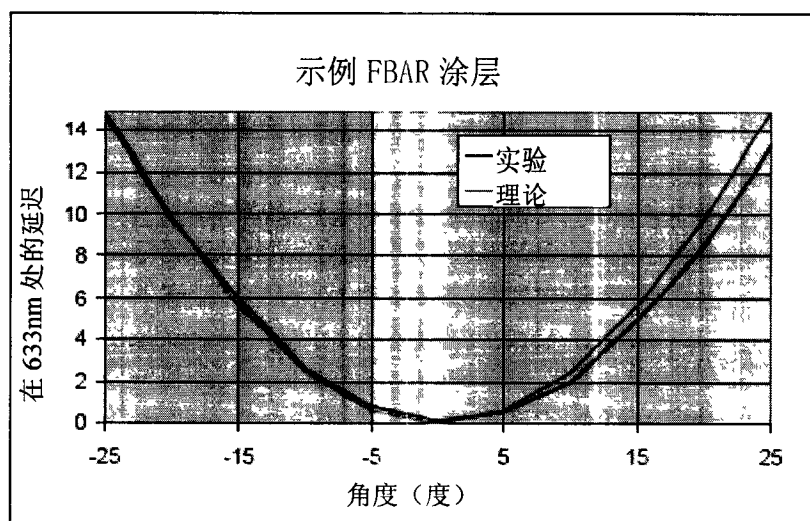


图 8

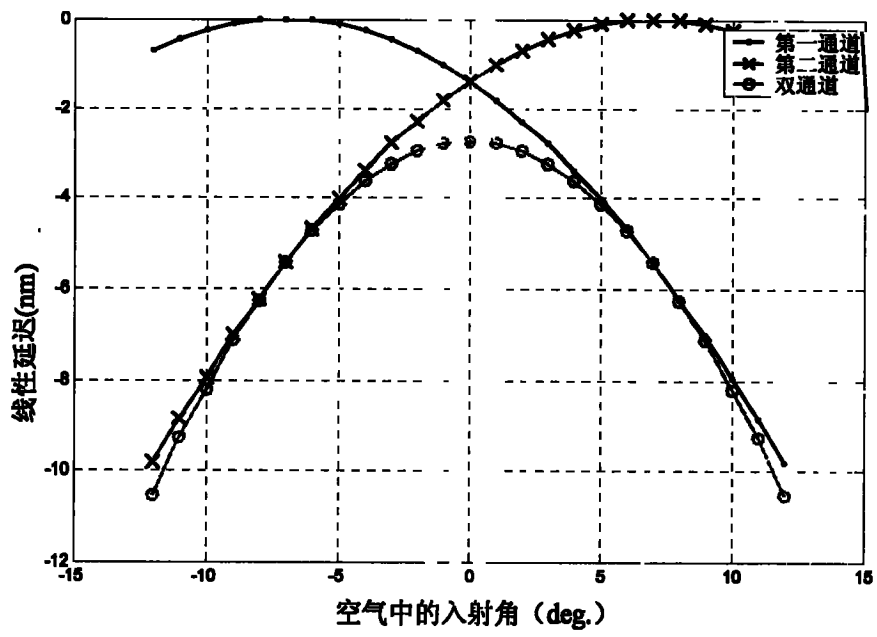


图 9

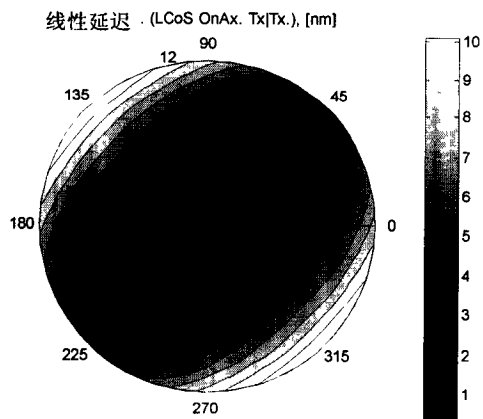


图 10(a)

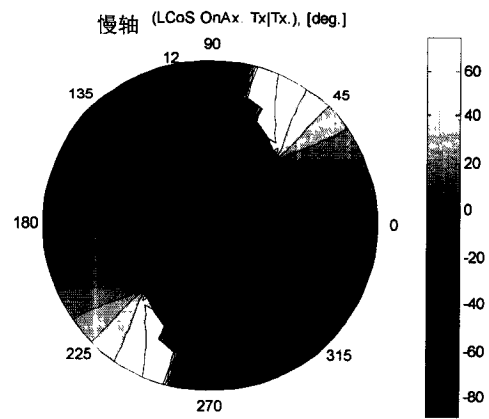


图 10(b)

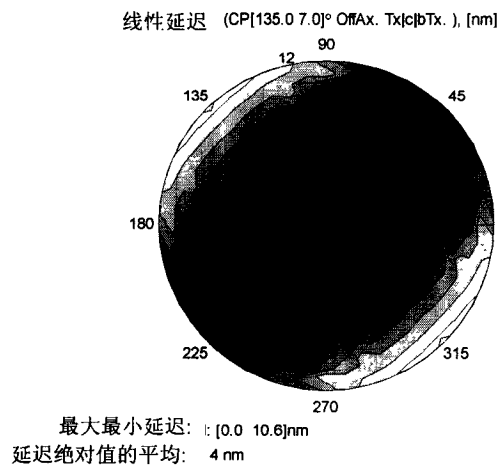


图 11(a)

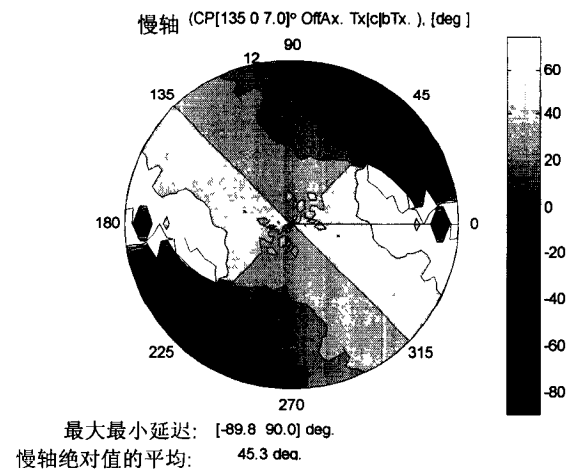


图 11(b)

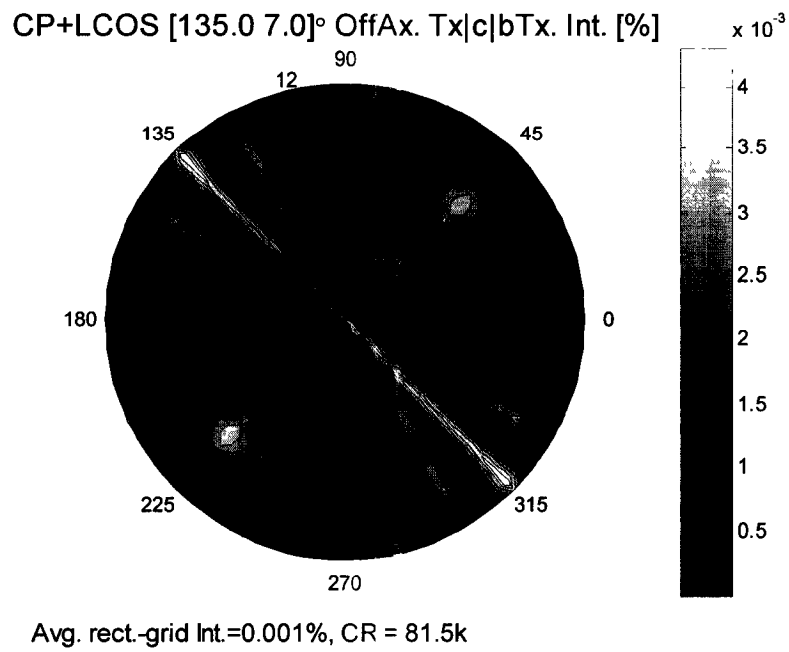


图 12

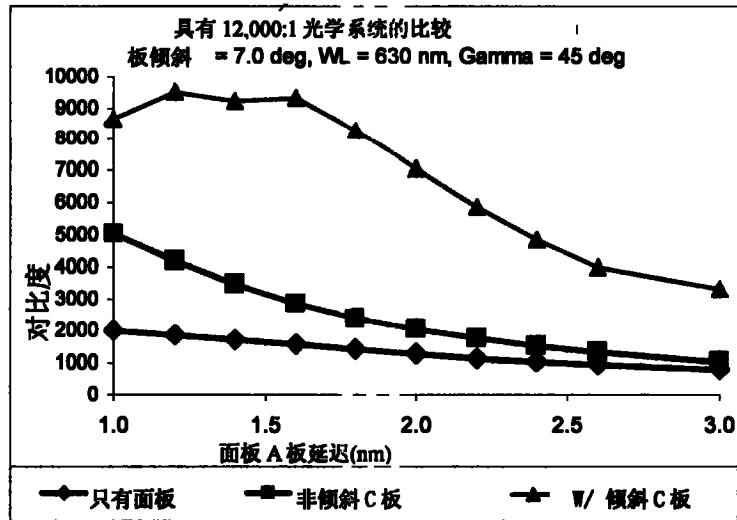


图 13

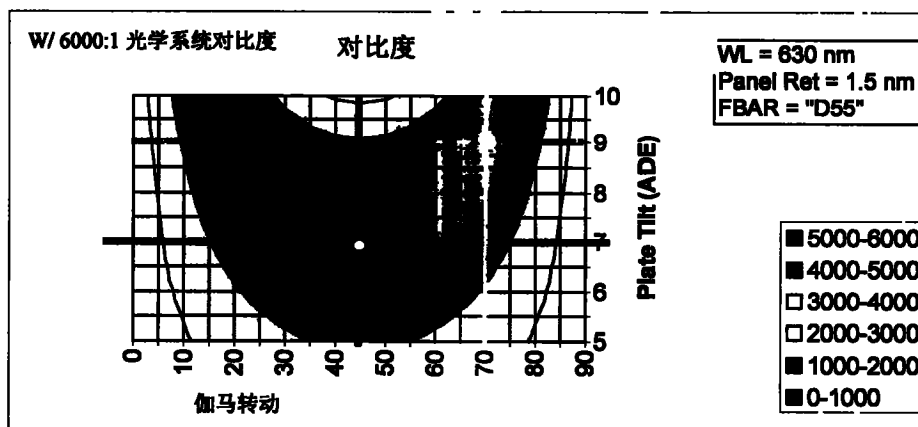


图 14

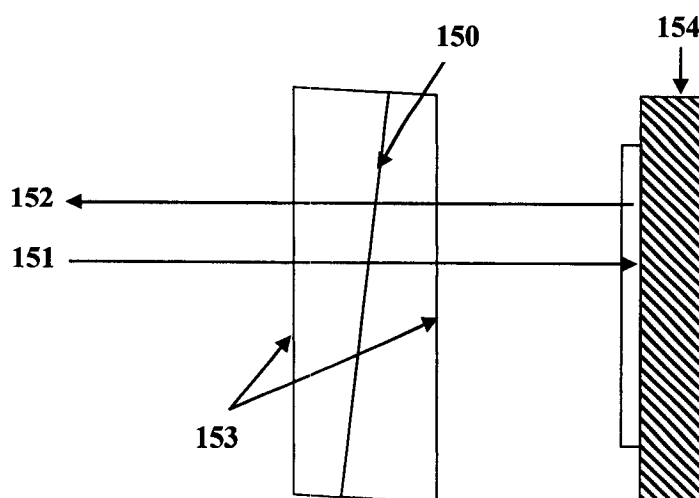


图 15

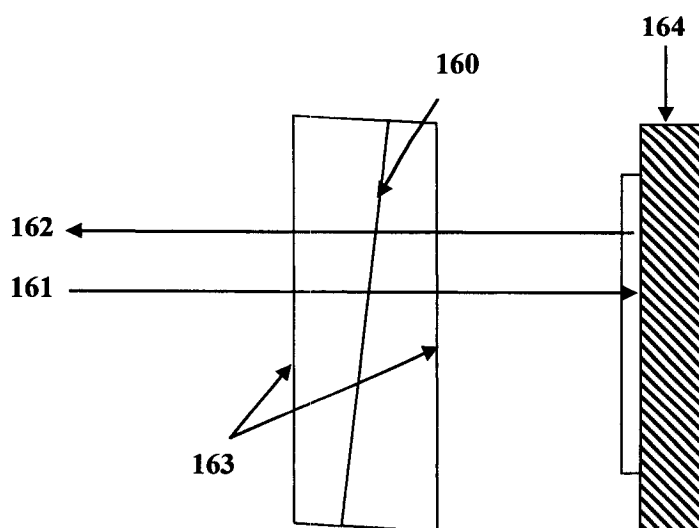


图 16

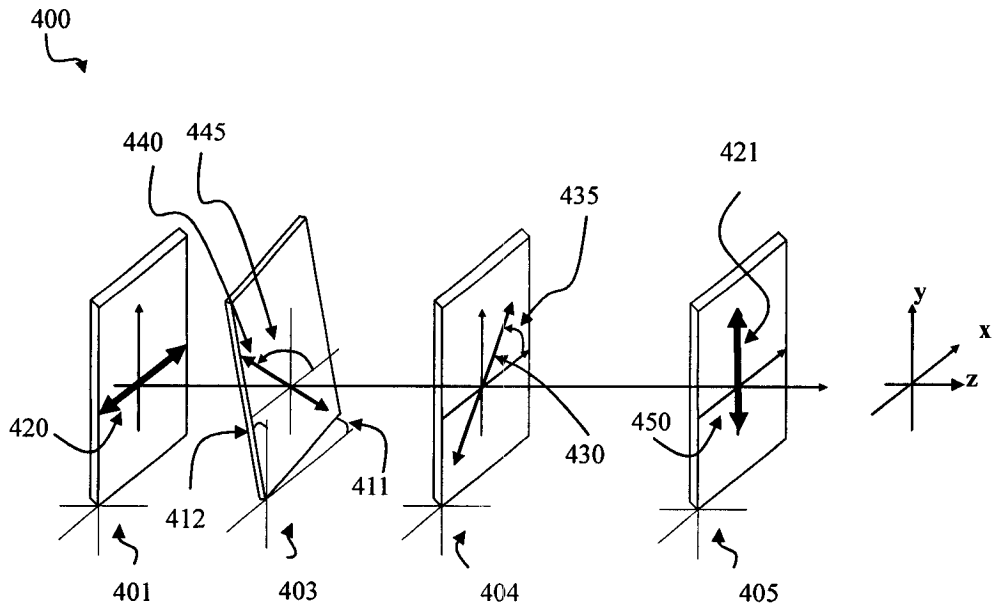


图 17

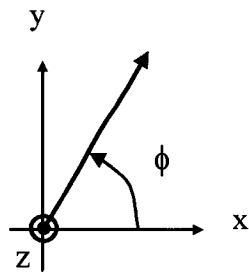


图 18(a)

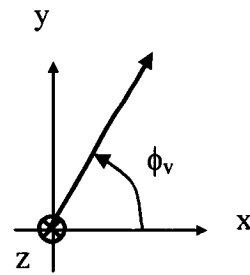


图 18(b)

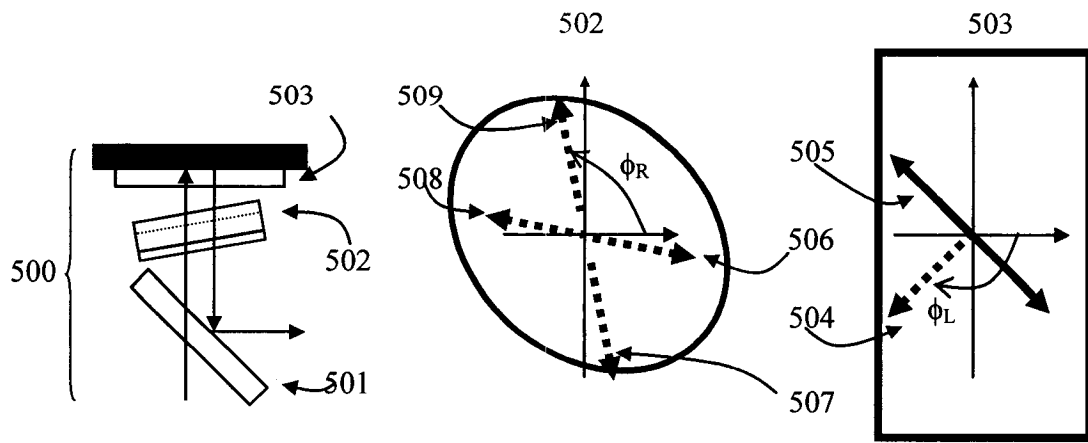


图 19(a)

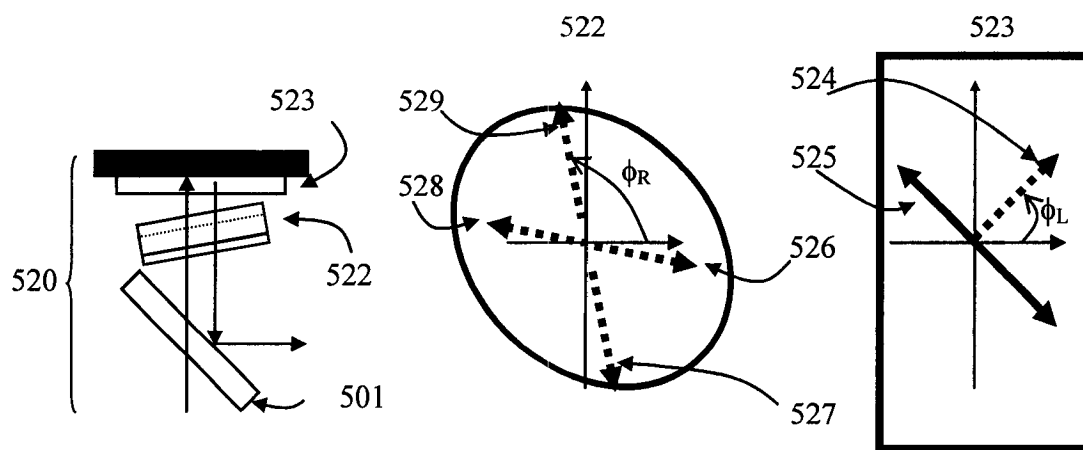


图 19(b)

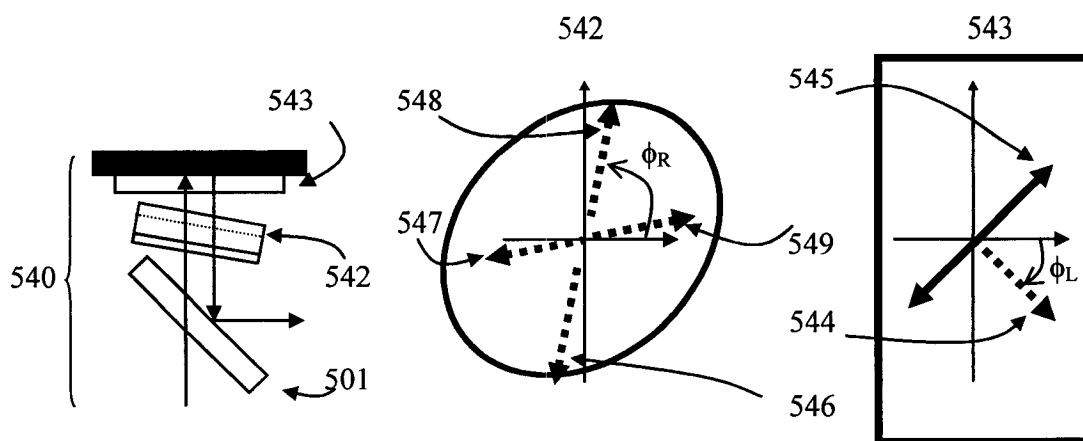


图 19(c)

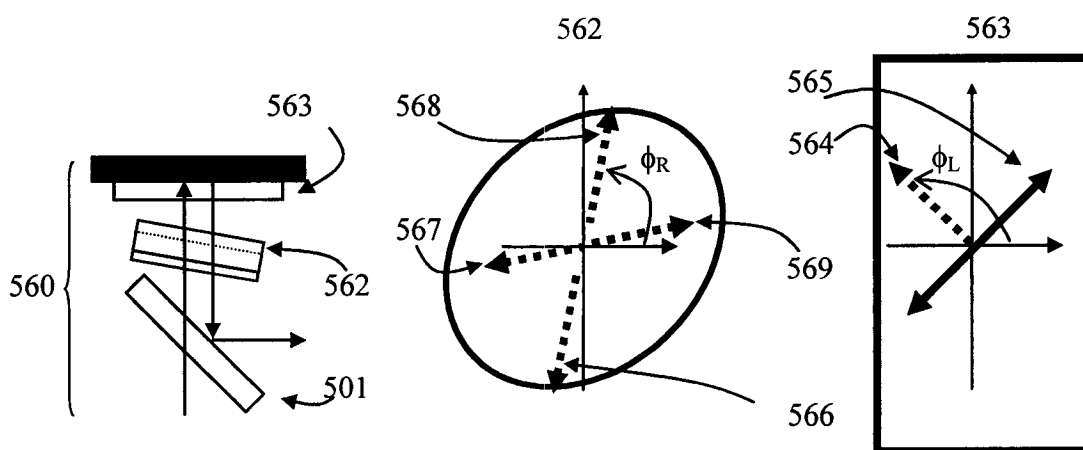


图 19(d)

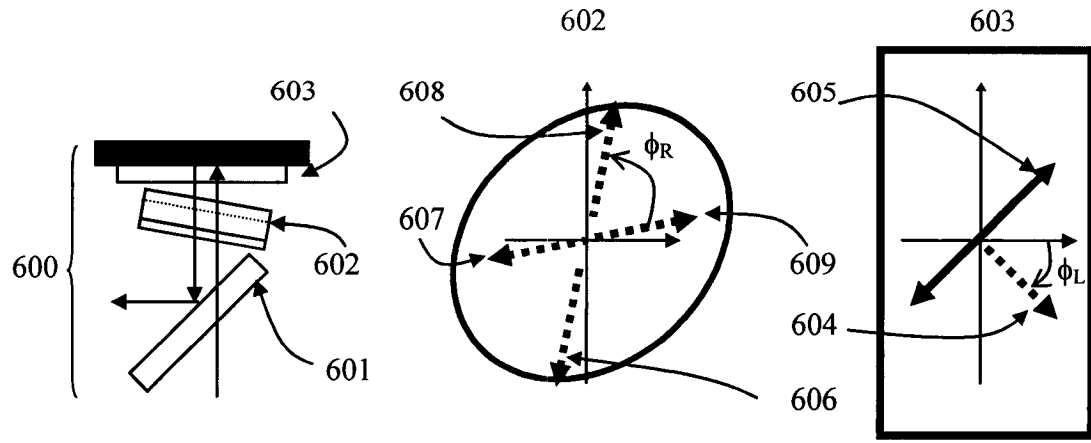


图 20(a)

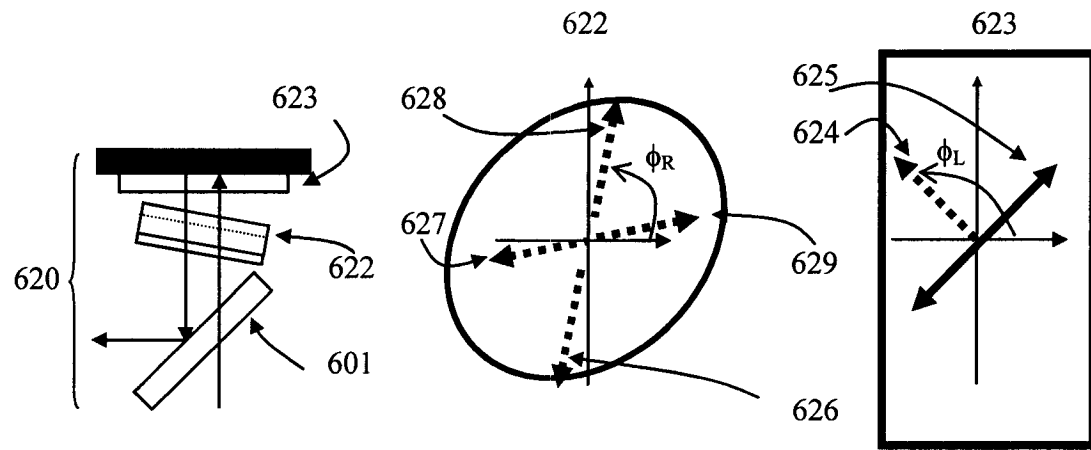


图 20(b)

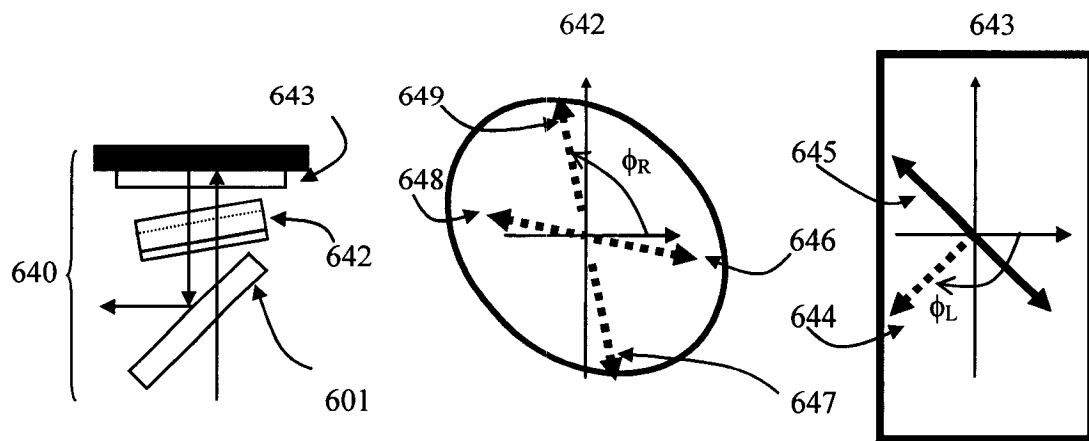


图 20(c)

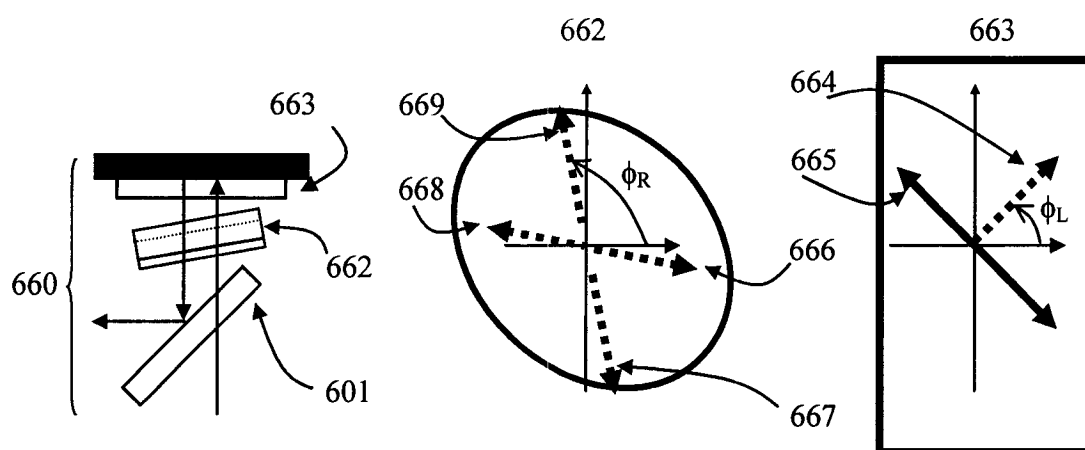


图 20(d)

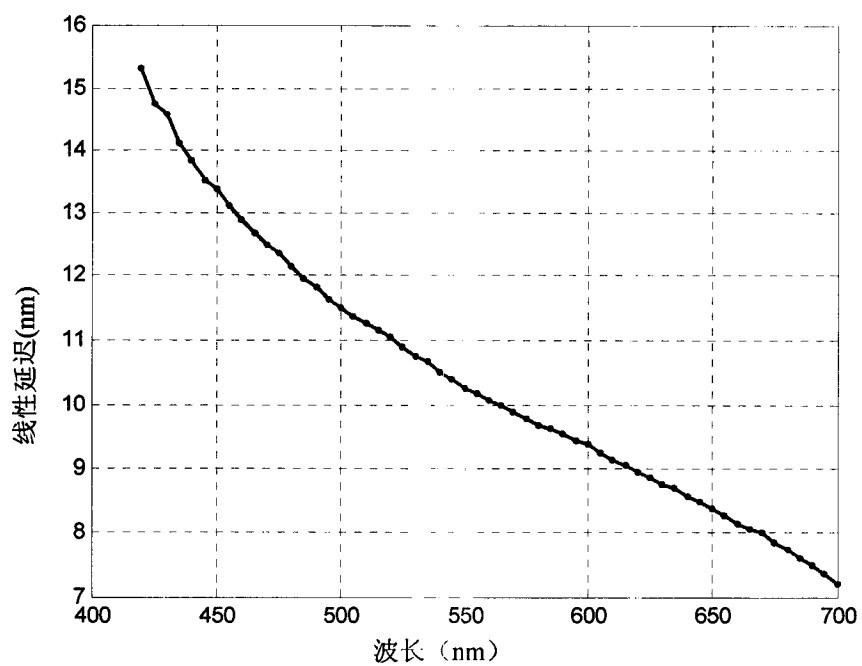


图 21

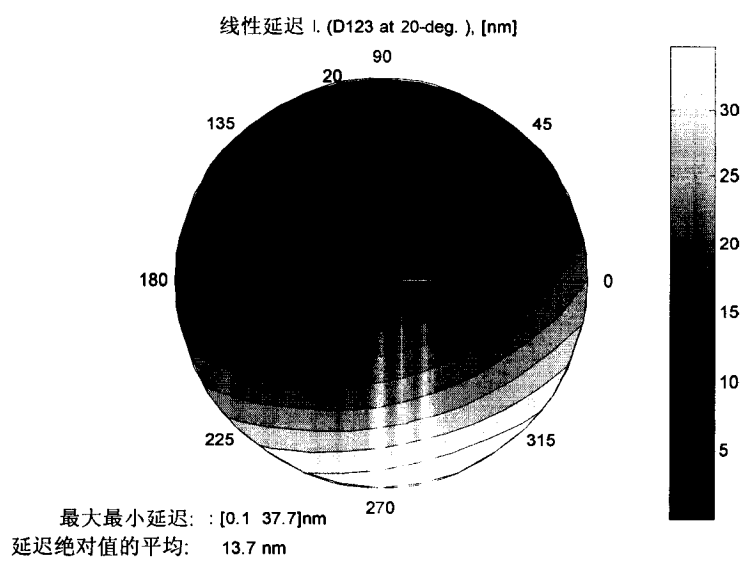


图 22