



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200680046005.1

[45] 授权公告日 2009年12月16日

[11] 授权公告号 CN 100571354C

[22] 申请日 2006.12.1

[21] 申请号 200680046005.1

[30] 优先权

[32] 2005.12.8 [33] US [31] 11/297,544

[86] 国际申请 PCT/US2006/046040 2006.12.1

[87] 国际公布 WO2007/067431 英 2007.6.14

[85] 进入国家阶段日期 2008.6.6

[73] 专利权人 3M 创新有限公司

地址 美国明尼苏达州

[72] 发明人 查尔斯·L·布鲁泽

大卫·J·W·阿斯图恩

迈克尔·P·凯斯

[56] 参考文献

WO03048819A1 2003.6.12

US2004207919A1 2004.10.21

US2003227680A1 2003.12.11

KR100257609BB1 2000.6.1

US2003151723A1 2003.8.14

KR20020022370A 2002.3.27

审查员 齐经纬

[74] 专利代理机构 中原信达知识产权代理有限责
任公司

代理人 郑立 林月俊

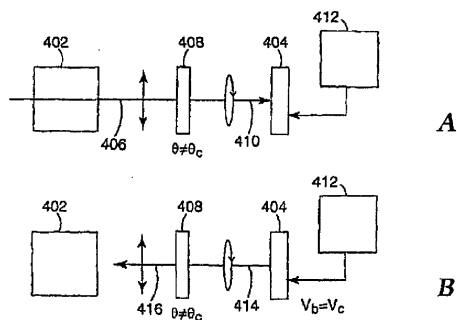
权利要求书 2 页 说明书 11 页 附图 4 页

[54] 发明名称

双折射补偿液晶显示器和使用该液晶显示器的投影系统

[57] 摘要

投影系统包括成像器件和偏振分束器。照明光通过所述第一偏振分束器照明所述成像器件。在所述成像器件和所述偏振分束器之间设置了延迟元件。偏置控制器对暗态下的成像器件的像素施加偏置，以基本上最大化从成像器件反射的图像光的对比度。在一些构造中，所述偏振分束器和所述成像器件之间的体积是密封的，所述延迟元件设置在所述密封体积内并且附接到所述偏振分束器或所述成像器件。



1. 一种投影系统，其包括：

第一成像器件；

第一偏振分束器，照明光通过所述第一偏振分束器传输到所述第一成像器件；

设置在所述第一成像器件和所述第一偏振分束器之间的第一延迟元件；

偏置控制器，其附接到所述第一成像器件并且对暗态的像素施加偏置，从而基本上最大化自所述第一成像器件穿过所述第一偏振分束器的图像光的对比度。

2. 根据权利要求 1 所述的系统，其还包括投影透镜单元，用以投影从所述第一成像器件接收的图像光。

3. 根据权利要求 2 所述的系统，其还包括合色器和至少第二成像器件，来自所述第一成像器件和所述至少第二成像器件的图像光在所述合色器中合并而产生合并的图像光束，所述合并的图像光束由所述投影透镜单元投影。

4. 根据权利要求 1 所述的系统，其还包括能够产生所述照明光的光源。

5. 根据权利要求 1 所述的系统，其还包括连接的控制器以控制由所述成像器件形成的图像。

6. 根据权利要求 1 所述的系统，其中所述第一延迟元件附接到所述第一成像器件和所述第一偏振分束器的其中之一。

7. 根据权利要求 6 所述的系统，其还包括在所述第一成像器件

和所述第一偏振分束器之间连接的防尘密封件，所述第一延迟元件设置在由所述第一成像器件、所述第一偏振分束器以及所述除尘密封件所限定的密封体积内。

8. 根据权利要求 1 所述的系统，其中所述第一延迟元件具有快轴和慢轴，并且所述延迟元件的所述快轴和所述慢轴的其中之一以角度 θ 取向， θ_c 和 θ 之间的差值小于 1° ，其中 θ_c 是所述延迟元件的所述快轴或所述慢轴的其中一个以其取向而在不施加偏置于所述第一成像器件的像素时使对比度最大的角度。

9. 根据权利要求 8 所述的系统，其中 θ 和 θ_c 之间的差值小于 0.5° 。

10. 根据权利要求 9 所述的系统，其中 θ 和 θ_c 之间的差值小于 0.25° 。

11. 一种操作投影系统的方法，其包括：

利用照明光来照明成像器件，所述照明光已穿过偏振分束器并穿过设置在所述成像器件和所述偏振分束器之间的延迟元件；

至少一些所述照明光被反射为图像光；

使用所述偏振分束器使所述图像光与非图像光基本上分开；以及
向所述成像器件的像素施加补偿偏置信号以基本上最小化所述图像光的暗态亮度。

12. 根据权利要求 11 所述的一种方法，其还包括控制所述成像器件以改变所述图像光中包含的图像。

双折射补偿液晶显示器和使用该液晶显示器的投影系统

技术领域

本发明涉及图像投影系统。更具体地讲，本发明涉及使用液晶成像面板生成图像的投影系统。

背景技术

许多图像投影系统（例如可用于投影电视的图像投影系统）是基于液晶显示器（LCD）成像器面板的使用。一些液晶显示器面板在反射模式下工作，其中，入射照明光通过用该反射型液晶显示器面板前的偏振分束器而与反射图像光分开。在这种构造中，照明光经由偏振分束器传送到液晶显示器面板。因此，在液晶显示器面板入射的照明光被偏振。该液晶显示器面板通过选择性调节该面板的多个像素的偏振调制而工作。与图像的暗区相关的那些像素不会改变光的偏振状态，而与图像的亮区相关的那些像素会改变光的偏振状态。当照明光通过偏振分束器作为反射光反射到液晶显示器面板时，其偏振已更改为与入射光的偏振状态垂直的偏振状态的光穿过偏振分束器传输。理想的是，仅对应活性调制入射光的像素的光才能透过偏振分束器传输到投影机的透镜系统，而由对应图像的暗区的像素（即不对光进行活性调制的像素）所反射的光则不能透过偏振分束器。因此，光分束器可用于将偏振调制的图像光与未调制的光分开，由此产生可投影的图像光束。

显示器的一个重要特性是对比度，其用于质量方面，是亮像素与暗像素相比的明亮程度的度量。该对比度 RC 可定量为：

$$RC = I_b/I_d,$$

其中， I_d 和 I_b 分别对应暗态和亮态下反射光的量。理想的是， I_d 的值尽可能地小，从而对比度较大。

然而,在某些类型的液晶显示器成像器件,例如扭曲向列型 (TN)、超扭曲向列型 (STN) 和垂直配向向列型 (VAN) 面板中,液晶显示残余双折射,甚至是在关闭(非调制)状态下。此残余双折射会增加暗态下光的量,从而导致图像对比度下降。

虽然具有相同但相对延迟的双折射延迟板可用于补偿这种残余双折射,四分之一波长延迟板(插入到偏振分束器和液晶显示器面板之间)也可用于补偿该残余双折射。此外,四分之一波长延迟板还可用于补偿偏振分束器的元件中的双折射。补偿延迟板不适用于补偿偏振分束器的元件中的双折射,因此使用四分之一波长延迟板更理想。

四分之一波长延迟板的取向使得慢轴或快轴被转动而不与照明光的偏振平面平行,而是偏离该平面几度。然而,此补偿技术的一个缺点是需要进行非常仔细的对齐以获得四分之一波长延迟片的最佳取向。这一对齐步骤会增加制备投影系统的成本。

发明内容

本发明的一个实施例涉及一种投影系统,该系统包括第一成像器件和第一偏振分束器。照明光经由第一偏振分束器传输到第一成像器件。第一成像器件和第一偏振分束器之间设置了第一延迟元件。偏置控制器附接到第一成像器件并对暗态下的像素施加偏置,从而基本上最大化来自第一成像器件并通过第一偏振分束器的图像光的对比度。

本发明的另一个实施例涉及一种操作投影系统的方法。该方法包括利用已通过偏振分束器并通过设置在成像器件和偏振分束器之间的延迟元件的照明光来照射成像器件。至少一些照明光被反射为图像光。使用偏振分束器图像光基本上与非图像光分开。向成像器件的像素施加补偿偏置信号以基本上最小化图像光的暗态亮度。

本发明的另一个实施例涉及一种投影器件。该器件包括第一密封单元，该单元具有与第一成像器件分开的第一偏振分束器。第一密封件连接偏振分束器和成像器件，以闭合由密封件、第一偏振分束器和第一成像器件包封的密封体积。延迟元件设置在密封体积内，并附接到第一偏振分束器和第一成像器件的其中之一。

本发明的上述概要并非意图描述本发明的每个示出的实施例或每种实施方案。下面的附图以及具体实施方式更具体地举例说明了这些实施例。

附图说明

结合附图对本发明的各个实施例所做的以下详细描述可有助于更全面地理解本发明，其中：

图 1 示意性地示出了一种投影系统的实施例，所述投影系统根据本发明的原理补偿了成像器件中的残余双折射；

图 2A 和 2B 示意性地示出了成像器件中的残余双折射效应；

图 3A-3C 示意性地示出带有补偿延迟元件的残余双折射效应；

图 4A 和 4B 示意性地示出了根据本发明原理，具有补偿延迟元件和施加到成像器件的偏置的残余双折射效应；

图 5A 和 5B 示意性地示出了根据本发明原理的密封成像单元的实施例；以及

图 6 示出了延迟元件多种取向角度的暗态亮度的坐标图，暗态亮度取决于所施加的偏置。

虽然本发明可以有多种修改形式以及替代形式，但其细节已在附图中以举例的方式示出并且将作详细描述。然而应当理解，本发明并不局限于所描述的具体实施例。相反，其目的在于涵盖落入附带的权利要求书中限定的本发明的精神和范围内的所有变化形式、等同形式和可供选择的形式。

具体实施方式

本发明可以用于多种不同类型的投影系统。图 1 示意性地示出了可整合下述本发明的多面板投影系统 100 的一个示例性实施例。投影系统 100 为三面板投影系统，其含有产生光束 104 的光源 102，所述光束包含三个不同色带中的光。光束 104 由分色元件 106（例如，二向色镜）分成包含不同颜色光的第一光束 104a、第二光束 104b 和第三光束 104c。光束 104a、104b 以及 104c 可分别为，例如，红色、绿色和蓝色。光束控制元件 108（例如反射镜或棱镜）可用于控制光束 104、104a、104b 和 104c 中的任何一个。

光束 104a、104b 和 104c 被导向至各自的成像器件 110a、110b 和 110c，所述成像器件可以为（例如）基于液晶显示器的反射成像面板，例如硅基液晶 (LCoS) 面板。光束 104a、104b 和 104c 通过各自的偏振分束器 (PBS) 112a、112b 和 112c 与各自的成像器件 110a、110b 和 110c 往返连接。成像器件 110a、110b 和 110c 偏振调制入射光束 104a、104b 和 104c，从而使各自的图像光束 114a、114b 和 114c 被 PBS 112a、112b 和 112c 分开并传输到合色器单元 116。在示出的示例性实施例中，照明光束 104a、104b 和 104c 由 PBS 112a、112b 和 112c 反射到成像器件 110a、110b 和 110c 内，所得的图像光束 114a、114b 和 114c 通过 PBS 112a、112b 和 112c 进行传输。在另一种方法（未示出）中，照明光可通过 PBS 传输到成像器件，而图像光由 PBS 进行反射。

延迟元件 111a、111b、111c（例如四分之一波长延迟元件）设置在成像器件 110a、110b、110c 和成像器件各自的 PBS 112a、112b、112c 之间。延迟元件 111a、111b、111c 可用于补偿成像器件 110a、110b、110c 中的残余双折射，同时，如下文更详细说明的那样，用于补偿 PBS 112a、112b、112c 中的双折射。如果 PBS 112a、112b、112c 为 MacNeille 类型，则延迟元件 111a、111b、111c 可用于补偿斜射光效应以及成像器件中的残余双折射。

在示出的示例性实施例中，合色器单元 116（例如）使用一个或多个二向色元件将不同颜色的图像光束 114a、114b 和 114c 合并。具体地讲，示出的示例性实施例示出了 x-cube 合色棱镜，但也可使用其它类型的合色器。三个图像光束 114a、114b 和 114c 在合色器单元 116 中合成单一的彩色图像光束 118，所述光束可由投影透镜系统 120 导向屏幕（未示出）。

控制器 130 连接到三个成像器件 110a、110b、110c 上。该控制器 130 将控制信号施加到成像器件 110a、110b、110c 上，用以控制每个成像器件形成的图像。另外，出于下文进一步描述的原因，该控制器 130 还将各自的偏置信号施加到每个成像器件 110a、110b、110c，最大化各自的图像光束 114a、114b、114c 的对比度。该控制器可以连接到视频源，例如计算机或电视调谐器，以接收视频信号。对视频信号进行处理以产生控制信号，控制信号被导向每个成像器件 110a、110b、110c。

投影系统的其它实施例可使用一个或多个 PBS。例如，投影系统可使用一个或两个成像器件，所述成像器件具有各自的 PBS，如在序列号为 10/439449 和 10/914,596 的美国专利申请中更详细描述，将该专利申请通过引用并入本文。成像器件的最大数量不限于三个，投影系统可使用多于或少于三个的成像器件。另外，可使用不同类型的光源，包括白色光源（例如高压汞灯）和彩色光源（例如发光二极管）。示出实施例的目的并不是限制到达成像器件的照明光的生成方式，也不是限制光到达成像器件之前的处理方式。

一些类型的液晶成像器件，例如垂直配向向列型 (VAN) 模式液晶显示器装置，在暗态下的残余延迟具有 5nm 的量级。这可通过用提供至多 5nm 延迟的延迟片进行补偿，所述延迟片的取向与成像器件的残余延迟的取向成 90° 。然而，使用四分之一波长延迟片补偿所述残

余双折射有一些优点。例如，四分之一波长延迟片可有效补偿偏振分束器的玻璃棱镜中的应力双折射（例如参见序列号为 11/088,153 的美国专利申请，将其通过引用并入本文），同时，如果 PBS 为 MacNeille PBS，则还可有效地补偿斜射光双折射。

现在结合图 2-4 对使用所施加的偏置控制成像器件的残余双折射进行描述。这些图中已使用任意坐标系来简化下面的说明。x-z 平面与图的平面平行，而 y 方向则与图的平面垂直。图 2A 和 2B 示出偏振分束器 202 和成像器件 204 之间没有延迟元件的情形。在图 2A 中，沿 Z 方向从偏振分束器 202 传播的光 206 假定为线性偏振，即 x 偏振，如与光 206 传播方向垂直的双箭头所示。在图 2B 中，光已被成像器件 204 反射，现在向后（即负 Z 方向）传播。由于成像器件中有一些残余双折射，因此光 210 不再是线性偏振，而是包含偏振分量的组合，即光包含 x 偏振和 y 偏振分量的组合。在图中，示出的光为椭圆偏振，而 y 偏振分量对投影系统的对比度不利。应当理解，在实际系统中，从偏振分束器传播出的光难以完全线性偏振。然而，此描述涉及平行于 x 方向进行偏振的光。

在图 3A 中，光 306 从偏振分束器 302 传出，穿过延迟元件 308，到达成像器件 304。在位置 A，光 306 线性偏振，然后穿过延迟片元件 308，在位置 B 为椭圆偏振。显示光 306 具有顺时针椭圆偏振。经过成像器件 304 的残余双折射之后，反射光 310（在图 3B 中示出）也为椭圆偏振，但现在是沿逆时针方向椭圆偏振。如果延迟元件 308 提供恰好的延迟来补偿成像器件 304 中的残余双折射，那么，已穿过延迟元件 308 的光 312 会在到达偏振分束器 302 之前线性偏振。精确补偿残余双折射的取向条件为，延迟元件为角度 θ 取向，该角度等于提供精确补偿的角度 θ_C 。在此情形下， θ 值对获得高对比度是关键：延迟元件取向的角度不同于 θ_C 可导致对比度显著下降。例如，在一些液晶显示器投影系统中，如果 θ 值与 θ_C 值相差约 $\pm 0.5^\circ$ ，则对比度可下降 30% 或更多。例如，在 JVC Corp. (Yokohama,

Japan) 提供的市售 JVC G1000 投影机中对此效应进行测试, 结果表明, 当补偿片从其预置的最佳偏转角度旋离 0.5° 时, 对比度下降 30%。在使用 Brillian 的 720p 型 VAN 模式成像器件 (由 Brillian Corp. (Tempe, Arizona) 提供) 的投影机系统中, 当补偿片从最佳设置旋离 0.7° 时, 对比度下降 40%。

根据本发明的一个实施例, 补偿成像器件的残余双折射的另一个方法是使成像器件的双折射产生偏置, 同时也使用延迟元件。这会改变成像器件的总体双折射, 并且偏置可容易地调节为使对比度最大的值: 电动调整偏置比手动调节延迟元件所耗费的时间要少很多, 同时更易于随时间维持在恒定值。从而, 装配投影器件并保持高性能的工艺会简化, 同时器件更容易制造。

图 4A 和 4B 示意性示出了执行本发明的示例性构造。在图 4A 中, 光 406 从偏振分束器 402 朝成像器件 404 传播。光 406 假定为在从偏振分束器 402 离开时为基本线性偏振。光 406 穿过延迟元件 408, 成为椭圆偏振光 410。延迟元件 408 为角度 θ 取向, 该角度不等于 θ_C 。偏置控制器 412 将偏置施加到成像器件 404 上。成像器件 404 反射出的光 414 的偏振状态可通过调节成像器件的偏置进行调节。调节偏振状态从而使离开延迟元件 408 传播到偏振分束器 402 的反射光 416 具有基本上最大的对比度, 与具有基本上线性偏振状态的光 416 的对比度相同。由控制器 412 施加的偏置电压 V_b 基本上与 V_c (获取最大对比度所需的值) 相等时可出现该状况。

理解该补偿技术的另一个方法是考虑光在偏振分束器和成像器件之间往返的过程中经历三种独立的双折射源, 即延迟元件的双折射 b_e 、残余双折射 b_r 以及偏置双折射 b_b 。残余双折射 b_r 以及偏置双折射 b_b 都会使得看到的入射偏振光线的延迟增加。当 b_e 的取向使得总体延迟最小时会出现最大对比度。

由于成像器件 404 中始终有一些杂散双折射，因此，理解此补偿技术的另一个方法是，考虑补偿片 408 可取向为其光学轴线与输入偏振成非零角度 θC ，从而使偏振光在补偿片 408 和成像器件 404 之间往返的过程中经受的延迟量最小。当将补偿片 408 偏转大于 θC 的角度 θ 时，光线 416 会得到过度补偿，并且返回至 PBS 402 的光线 416 包含的 y 偏振分量大于所需分量。然而，由成像器件 404 施加的偏置（通过施加偏置电压 Vc ）可很大程度地补偿此添加的延迟。这样，可通过电动调节而不是机械调节将投影系统调节至最佳对比度。

利用现有补偿技术，可通过下列步骤使投影系统的芯部准直：

i) 将四分之一波长延迟片附接到成像器件或偏振分束器。可能需要使用基本上折射率匹配的光学粘合剂附接四分之一波长延迟片。这减少了反射表面的数量，从而使得损耗较低并且图像重影减少。

ii) 将成像器件以及偏振分束器布置在合色器周围。

iii) 调节每个成像器件的六条轴（三个位置轴 x 、 y 、 z ；三个角度轴 $pitch$ 、 $roll$ 和 yaw ）从而使得每条轴都焦点对准，在水平方向和垂直方向正确取向，并位于光学系统和其它成像器件的中心。

iv) 对每个成像器件的暗态偏置电压 Vb 进行调节，以从由该成像器件控制的色道实现最低输出光。

除了降低制造工艺的复杂性并减少反射表面的数量，该技术产生的构造还可减少光学表面（尤其是成像器件）上的尘埃或其它有害颗粒的沉积量。成像器件上的尘埃可对成像器件的暗态和亮态产生强烈影响。在亮态下，灰尘表现为或多或少的成像器件色道的补色聚焦光斑。例如，对于三通道投影系统中绿色通道成像器件，尘埃颗粒产生洋红光斑。在暗态下，尘埃表现为与色道相同颜色的光斑。例如，对于三通道投影系统中绿色通道成像器件，尘埃颗粒产生绿色光斑。人们发现，开发成像器件和补偿片的附接方法以形成包封偏振分束器的面、成像器件和自立式补偿延迟片的两侧的防尘密封件十分复杂，并且通常费用昂贵。通过将补偿延迟片附接到成像器件或偏振分束器，

这一难题得以显著简化：现在，仅有一个需要密封的间隙而不是两个，并且减少附接点的数量有利于形成简单的密封结构。图 5A 和 5B 示意性地示出了这两种可能性。在每种情况下，偏振分束器 502 和成像器件 504 之间都形成了密封件 508，用以将尘埃排除在光学表面外。在图 5A 中，延迟元件 506 附接到偏振分束器 502，在图 5B 中，延迟元件 506 附接到成像器件 504。在成像器件 504 中施加偏置的上述补偿技术使得可简单地将延迟元件 506 附接到光分束器 502 或成像器件 504，而无需使延迟元件 506 高精度取向以获取恰好为 θ_c 的取向角度。

显然，应该理解，延迟元件 506 无需附接到偏振分束器 502 或成像器件 504，而是可以设置在偏振分束器 502 和成像器件 504 之间，并用一些其它支承体结构支承。

实例

在 720p 型 VAN 模式硅基液晶 (LCoS) 成像器件上测试上述技术，该成像器件由 Brillian Corp (Tempe, Arizona) 提供。将精确旋转台上的四分之一波长延迟片设置在偏振分束器和成像器件之间。用弧光灯 (f/2.3) 发出的绿光照明该系统。照明光被偏振分束器反射到成像器件上。装配投影透镜以投射由偏振分束器传输并被成像器件反射的光。在投影透镜前方 10cm 处放置光度计以测量投射的光通量。最佳补偿此成像器所需的四分之一波长延迟片的旋转角度为约 0.25° ，相当于残余双折射为约 0.75nm。

校直延迟片以达到最佳昏暗状态，同时成像器件设为灰度为零 (GS=0)，此时测量光强度为 7.5 勒。将这时的角度指定为 $\theta = 0^\circ$ 。当延迟片旋转角度 0.125° ，暗态亮度增加到 8 勒，相当于对比度降低约 6.5%。

接着，调节施加到成像器件的电压电平，以在延迟片取向为 $\theta =$

0.125° 时获取最低的可能亮度。对于四分之一波长延迟片最初取向为 $\theta = 0^\circ$ 的成像器件，测量灰度系数为 2.0 时的偏置电压。这组灰度为 256，相当于 8 位颜色。这样做是为了实际的便利。在实际系统中，引入的偏置电压可与参考灰度对应的电压电平相等。延迟片旋转为 0.125° 的情况下，在灰度为 20、电平为 7.7 勒时测量到最黑暗态。虽然这与在 $\theta = 0^\circ$ 时获得的暗值不完全一样暗，但是与没有偏置电压相比要好 60%，并且使得对比度比最佳值仅下降了 2.5%。

角度公差的实际考虑因素决定偏移的程度。例如，如果将偏振分束器取向控制在 $\pm 0.1^\circ$ 内，并且将延迟片的轴控制在 $\pm 0.05^\circ$ 内，则理想的是将延迟片以最小偏移角度 0.3° 放置在系统中。

为了测试其它角度放置，对延迟片偏移 0.375° 的效应进行了探讨。在这种情况下，GS = 0 暗态（零偏置）条件导致测得的输出光为 11.5 勒，对比度比 $\theta = 0^\circ$ 时获取的对比度下降了 50%。调节偏置导致 8.3 勒的最小暗态光强度，在灰度为约 47 时获得。因而，80%的对比度下降得以恢复，同时获得的对比度比 $\theta = 0^\circ$ 时获得的对比度只低了 10%。由于这类成像器件的总体对比度超过 3000:1，下降 10% 仍可使得对比度为 2700:1，这对于许多商业投影系统来说仍然是可接受的。

图 6 示出了延迟片的多种取向所表现出的暗态亮度的坐标图，所述亮度取决于施加到成像器件的偏置电压。偏置电压用灰度表示。可以看出，朝负方向旋转延迟片导致更亮的 GS=0 暗态，同时在这种情况下，施加偏置电压仅会增加亮度。

上述的所有角度都是相对于延迟片取向的最佳角度，所述的最佳角度即为成像器件无偏置时生成最低亮度暗态的取向。对于此处使用的具体成像器件，此取向对应于延迟片的快轴或慢轴，该延迟片设置为相对于入射光的偏振轴成 $0.247^\circ \pm 0.017^\circ$ 角度（一种标准偏

置)。因此，可对延迟片进行取向以使得延迟片的快轴或慢轴设为约 $0.25^\circ + 0.375^\circ = 0.625^\circ$ ，但也可选择其它角度，具体取决于所用元件的制造公差。

对于其它 VAN 模式成像器件，例如具有约 5nm 的无偏残余双折射，延迟片的快轴或慢轴设置为相对于 $\theta = 0^\circ$ 的偏振平面约 1.75° ，即 $\theta_c = 1.75^\circ$ 。因此，用于这些成像器件的延迟片的慢轴或快轴可设为成角度约 $1.75^\circ + 0.375^\circ = 2.125^\circ$ ，但也可选择其它角度。

在不同实施例中，延迟片的快轴或慢轴可设为成一角度，所述角度的值与 θ_c 的值相差小于 1° ，小于 0.5° 或小于 0.25° 。

因此，不应认为本发明局限于上述具体实例，而应当理解为涵盖如附带的权利要求书明确陈述的本发明的所有方面。在阅览本发明的说明书之后，本发明可能适用的多种修改形式、等同的工艺以及众多结构对本发明涉及的领域的技术人员是显而易见的。权利要求书旨在涵盖这些修改形式和器件。

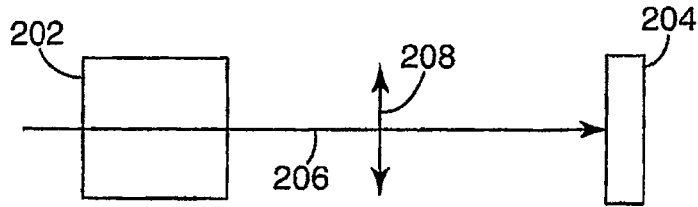


图2A

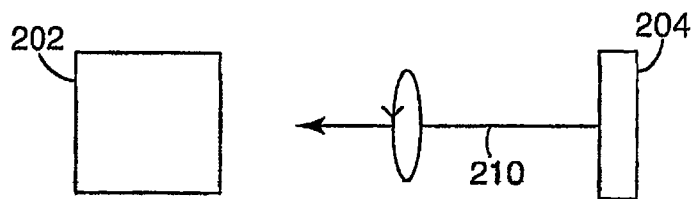


图2B

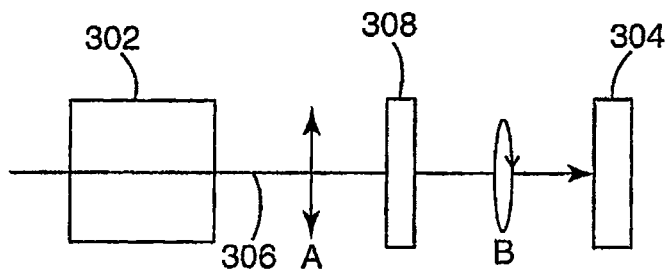


图3A

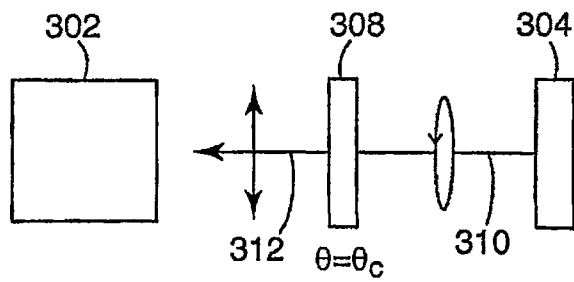


图3B

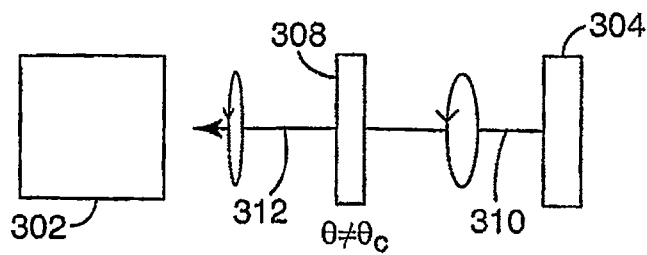
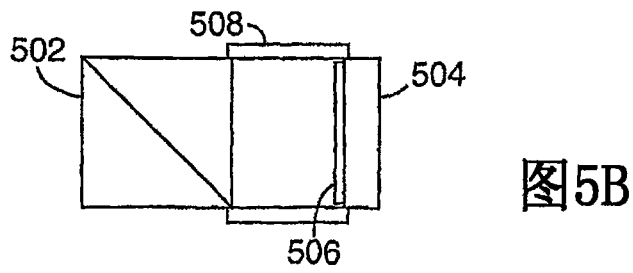
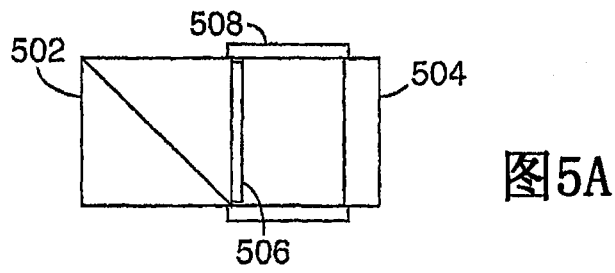
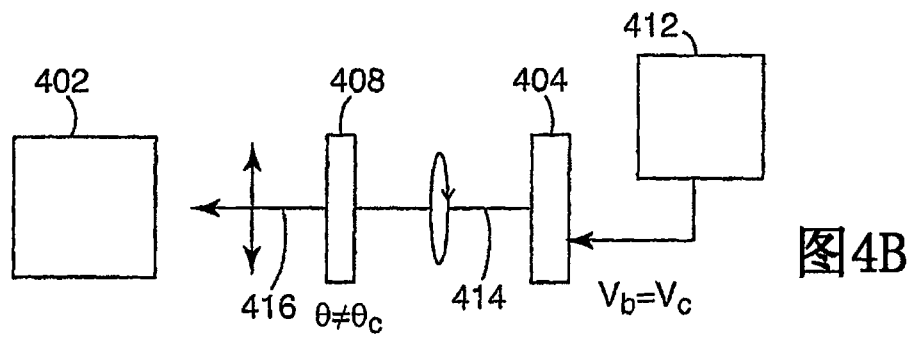
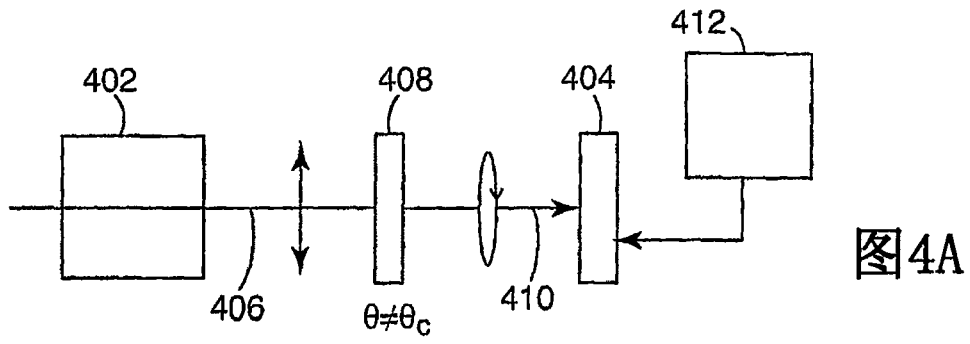


图3 C



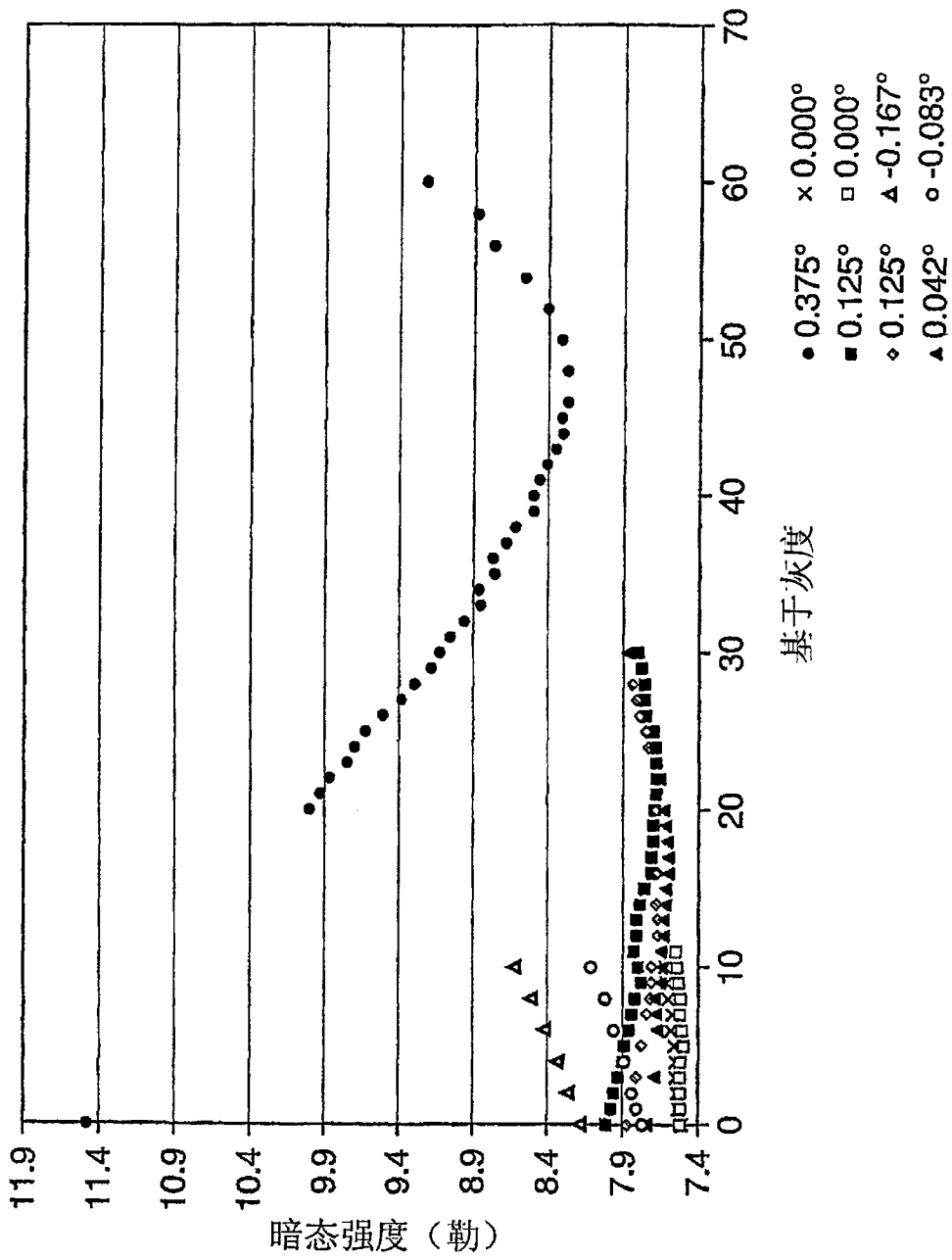


图6