



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102625944 B

(45) 授权公告日 2015. 10. 21

(21) 申请号 201080035731. X

(22) 申请日 2010. 08. 05

(30) 优先权数据

61/273, 518 2009. 08. 05 US

61/273, 536 2009. 08. 05 US

61/277, 871 2009. 09. 30 US

61/281, 046 2009. 11. 12 US

61/336, 242 2010. 01. 19 US

61/339, 273 2010. 03. 02 US

12/803, 805 2010. 07. 07 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2012. 02. 06

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2010/002171 2010. 08. 05

(87) PCT国际申请的公布数据

W02011/016860 EN 2011. 02. 10

(73) 专利权人 萤火虫绿色科技股份有限公司

地址 美国得克萨斯州

(72) 发明人 D·J·纳普 H·C·何

(74) 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司 31100

代理人 李小芳

(51) Int. Cl.

G09G 3/22(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 1573881 A, 2005. 02. 02, 全文.

CN 1396616 A, 2003. 02. 12, 全文.

CN 101331798 A, 2008. 12. 24, 全文.

US 6498440 B2, 2002. 12. 24, 全文.

US 2002047624 A1, 2002. 04. 25, 全文.

CN 1849707 A, 2006. 10. 18, 全文.

CN 1291282 A, 2001. 04. 11, 全文.

CN 1650673 A, 2005. 08. 03, 全文.

审查员 刘多多

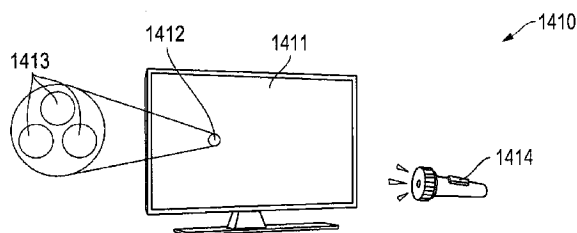
权利要求书3页 说明书99页 附图44页

(54) 发明名称

显示系统、照明设备、光通信系统及相关方法

(57) 摘要

公开了利用显示设备中的 LED 来响应光信号的显示器和光指示器系统及方法。公开了使用 LED 的光敏性来校正各 LED 之间的变化的显示器校准系统和方法。公开了使用 LED 的光敏性来校正各 LED 之间的变化的 LED 校准系统和方法。公开了包括光检测器（诸如光电二极管或 LED 或者其他光检测设备）以及一个或更多个不同颜色的 LED 的照明设备、系统和方法。公开了用于照明设备的用于可见光通信的系统和方法，其使用同步来产生通信信道。公开了用于光源的系统和方法，其使用一个或更多个彩色 LED 的光敏性来确定光谱光发射器的发射谱的至少一部分以及调节该发射谱。



1. 一种显示设备,包括:

LED 阵列,其被配置成发射光并且还被配置成响应于接收自光源的光;

控制电路,其被配置成使用所述 LED 阵列的一个或更多个 LED 的光敏性来调节来自所述 LED 阵列的一个或更多个 LED 的输出功率;

其中所述光敏性是部分地通过测量由来自所述光源的所述光在所述一个或多个 LED 上感应的开路电压或短路电流来确定的。

2. 如权利要求 1 所述的显示设备,其特征在于,所述 LED 阵列被配置成为 LCD 显示器提供背光。

3. 如权利要求 1 所述的显示设备,其特征在于,所述显示设备被配置成在测量光敏性时从所述光源接收固定光谱,其中所述固定光谱匹配一个或更多个所述 LED 的峰值发射波长。

4. 如权利要求 1 所述的显示设备,其特征在于,使用被配置成调节施加到所述一个或更多个 LED 的电流并补偿由所述一个或多个 LED 产生的光强度的校正系数来调节来自所述一个或更多个 LED 的输出功率。

5. 如权利要求 1 所述的显示设备,其特征在于,所述 LED 阵列包括无机 LED。

6. 一种用于光校准的方法,包括:

使用第一 LED 接收来自第二 LED 和第三 LED 的光;

测量由所述第二 LED 发射并被所述第一 LED 接收的所述光在所述第一 LED 中感应的光电流;

测量由所述第三 LED 发射并被所述第一 LED 接收的所述光在所述第一 LED 中感应的光电流;

确定由所述第二 LED 和第三 LED 发射并被所述第一 LED 接收的光在所述第一 LED 中感应的光电流之比;以及

基于所确定的光电流之比调节所述第一 LED、所述第二 LED、所述第三 LED 或所述三个 LED 的任意组合的输出强度。

7. 如权利要求 6 所述的方法,其特征在于,还包括使用所述第二 LED 接收由所述第一 LED 发射的光,基于由所述第二 LED 从所述第一 LED 接收的光确定所述第一 LED 的强度发射特性,使用所述第二 LED 接收由所述第三 LED 发射的光,基于由所述第二 LED 从所述第三 LED 接收的光确定所述第三 LED 的强度发射特性,以及基于所确定的强度发射特性调节所述第一 LED、所述第二 LED、所述第三 LED 或这三个 LED 的任何组合的输出强度。

8. 如权利要求 7 所述的方法,其特征在于,还包括测量由所述第一 LED 所发射的光在所述第二 LED 中感应的光电流以确定所述第一 LED 的所述强度发射特性,以及测量由所述第三 LED 所发射的光在所述第二 LED 中感应的光电流以确定所述第三 LED 的所述强度发射特性。

9. 如权利要求 6 所述的方法,其特征在于,还包括使用跨所述第一 LED 连接的电阻器从由所述第二 LED 或所述第三 LED 所发射的光在所述第一 LED 中感应的所述光电流产生电压,其中所述电阻器的电阻足够小,以使得所述光电流乘以所述电阻小于所述第一 LED 的导通电压。

10. 如权利要求 6 所述的方法,其特征在于,所述第二和第三 LED 的输出强度最初在第

一时间通过使用分开的控制设备而被校准以产生期望输出强度,所述控制设备包括具有已知输出强度的多个 LED。

11. 如权利要求 10 所述的方法,其特征在于,还包括将由所述第二和第三 LED 在所述第一 LED 中感应的光电流之比与由所述控制设备上的第二 LED 和第三 LED 在所述控制设备上的第一 LED 上感应的光电流之比作比较,所述控制设备上的所述第一、第二和第三 LED 具有已知输出强度。

12. 如权利要求 10 所述的方法,其特征在于,还包括将在第二时间由所述第二和第三 LED 在所述第一 LED 上感应的光电流之比与针对已知强度的光电流之比作比较。

13. 如权利要求 6 所述的方法,其特征在于,所述第一 LED 是红色 LED,所述第二 LED 是红色 LED,以及所述第三 LED 是绿色 LED。

14. 如权利要求 13 所述的方法,其特征在于,还包括在 LED 灯内使用所述第一、第二和第三 LED。

15. 如权利要求 13 所述的方法,其特征在于,还包括使用第四蓝色 LED 作为光源,以及使用所述第一 LED 还确定所述第四蓝色 LED 的强度发射特性,其中所述第二 LED、所述第三 LED 和所述第四蓝色 LED 位于第一像素内并且其中所述第一 LED 位于毗邻像素中。

16. 如权利要求 6 所述的方法,其特征在于,还包括提供参考光源,使用所述第一 LED 接收来自所述第二 LED 和所述参考光源的光,测量由所述参考光源在所述第一 LED 中感应的光电流以及确定由所述第二 LED 和所述参考光源在所述第一 LED 中感应的光电流之比。

17. 如权利要求 16 所述的方法,其特征在于,所述第二 LED 的输出强度在先前被调节以产生所述第二 LED 的期望输出强度。

18. 如权利要求 17 所述的方法,其特征在于,所述第二 LED 的输出强度在先前使用分开的控制设备被调节,所述控制设备包括具有已知输出强度的多个 LED。

19. 如权利要求 6 所述的方法,其特征在于,还包括提供参考光源,以及测量由所述参考光源在所述第一 LED 中感应的光电流。

20. 如权利要求 19 所述的方法,其特征在于,还包括用所述参考光源产生具有单个波长的光。

21. 如权利要求 20 所述的方法,其特征在于,所述单个波长不同于所述第一 LED 的发射波长。

22. 如权利要求 19 所述的方法,其特征在于,还包括使用所述参考光源产生具有第一波长的光,测量由所述第一波长的光在所述第一 LED 中感应的光电流,使用所述参考光源产生具有不同于所述第一波长的第二波长的光,测量由所述第二波长的光在所述第一 LED 中感应的光电流,以及确定由所述第一和第二波长的光在所述第一 LED 中感应的光电流之比。

23. 如权利要求 22 所述的方法,其特征在于,还包括使用两个或更多个参考光源来产生所述第一和第二波长的光。

24. 如权利要求 22 所述的方法,其特征在于,所述第一 LED 的所述发射波长是已知的,且所述方法还包括确定所述第一 LED 的所述发射波长与由所述第一和第二波长的光在所述第一 LED 中感应的所述光电流之比之间的关系。

25. 如权利要求 24 所述的方法,其特征在于,所述第二 LED 的发射波长是未知的,以及

还包括测量由所述第一波长的光在所述第二 LED 中感应的光电流,测量由所述第二波长的光在所述第二 LED 中感应的光电流,以及确定由所述第一和第二波长的光在所述第二 LED 中感应的光电流之比,其中所述第二 LED 的未知波长被确定为等于所述第一 LED 的所述已知波长乘以由所述第一和第二波长的光在所述第一 LED 中感应的光电流之比除以由所述第一和第二波长的光在所述第二 LED 中感应的光电流之比。

显示系统、照明设备、光通信系统及相关方法

[0001] 发明技术领域

[0002] 本发明涉及发光二极管 (LED) 以及利用 LED 的系统和方法。

[0003] 背景

[0004] 自上个世纪发明计算机以来以及现在,用户接口在持续改进。目前接受的主流办法对于不同类型的显示器、设备 and 应用而言是不同的。用于应用的手持设备和信息站(诸如 ATM 机和杂货店收银台)已变迁为触摸屏。普遍存在的鼠标以其所有变形在台式计算中占优势,而对于膝上型计算机,触摸垫已变得最流行。所有这些设备 and 应用中的共同主题是用户直接与屏上显示和图形用户界面交互的能力。

[0005] 虽然计算机 GUI 持续演进和改善,但现有家用电视仍在用手持遥控器,其具有许多混乱的按钮和红外单向通信链路。随着 TV 变得更智能,越来越多的 TV 正实现图形界面,然而,用户必须使用遥控器在菜单中滚动而非指向特定项目并点击。这使得使用遥控器变得更复杂和混乱,且可能导致用户受挫。

[0006] 随着极大地改进光输出功率并减小成本的 LED 技术的当前演进,从红色、绿色和蓝色 LED 的大型阵列制成的显示器正变得越来越流行于诸如公告板、体育场记分牌、以及通用标志等应用。然而,此类显示器通常与用户或观察者(诸如潜在顾客)没有交互。

[0007] TV 和 PC LCD 显示器正从冷阴极荧光灯 (CCFL) 转换为 LED 背光。具有相对较小显示器的 PC 具有沿一侧排列的 LED 以将光照入漫射层中,漫射层产生跨 LCD 的背面的均匀照明。新型大屏幕 TV 具有用于均匀照明以及局部调光的 LED 阵列。局部调光提供较暗的阴影,这些阴影改善对比度。一些 TV 使用白色 LED,而其他 TV 使用红色、绿色和蓝色的组合。用户接口仍是遥控器,其不能控制光标的位置以从屏上显示选择项目。遥控器上的按钮以笨拙的方式在屏幕中到处移动高亮框。需要提供解决方案。

[0008] 公告板和其他类型的广告标志正转换成 LED 阵列。此类显示器正变得流行于提供运动图像以及在一个显示器上分时共享多个广告。体育场馆的全动高清晰视频显示器也正变得越来越流行于即时重放和广告。此类显示器与爱好者或潜在顾客没有交互。通过可指向广告以获取更多信息或者订购某物或对误判提供反馈的设备,广告商可增加其收入并且标志所有者可为其标志收取更多费用。需要用于与此类显示器通信的装置。

[0009] 使用 LED 进行照明的显示器和灯在许多不同市场(包括商业和住宅环境)也正变得越来越流行。可序列通过多个广告的数字公告板正开始取代沿道路以及商店前的固定标志。类似地,用于即时重放的大型视频显示器对于大型体育场馆几乎是强制性的。LCD 电视正从其他技术(包括等离子显示器)获得市场份额,且用于 LCD 背光的冷阴极荧光灯 (CCFL) 目前正被 LED 背光取代。局限于研究实验室直至最近的有机 LED (OLED) 显示器现在正在商业产品中供应。

[0010] LED 提供胜于对于大多数应用常用的传统光源(诸如荧光灯)的多个优点,诸如低功耗、长寿命、以及无危险材料、以及不同应用的附加特有优点。例如,由于较小的形状因子和较宽的色域,LED 正快速取代冷阴极荧光灯 (CCFL) 作为 LCD 背光。用于一般照明的 LED 提供了调节彩色或白色色温以获得不同效果的机会。LED 公告板也正取代纸质公告板以使

多个广告能分时共享单个公告板。此外,使用 LED 作为光源的投影仪可在不久的将来在移动手持机(诸如智能电话)中变得流行。同样,使用多色 LED 以直接产生用于每个显示像素的光并使用在平面基底上构造的有机 LED 阵列的有机 LED 或 OLED 也可变得流行于许多类型的显示器应用。

[0011] LED 由于低成本、高能效、以及长寿命而流行于此类显示器和灯应用,然而,个体 LED 之间以及来自每个颜色分量组的 LED 之间的光输出变化可能限制性能并增加成本。例如,对于给定电流由 LED 产生的光量在一个制造批次内以及在各批次之间的各 LED 之间可变化 2 倍到 1 倍或更多,这在与由例如显示像素或 LCD 背光中的不同颜色 LED 产生的光组合时,所产生的混合颜色可极大地变化。同样,由此类 LED 产生的光的波长可变化 20nm 或更多,这产生清晰可见的色移。因此,LED 供应商通常将 LED 分类为具有较窄规格的组或级别(bin)。LED 顾客可用较高价格购买仅特定的级别,或者设计可容忍较宽容限的产品——这会限制性能。

[0012] 此外,在制造时被设计和校准成产生均匀亮度和颜色的 LED 阵列将随着使用而降级。随着 LED 老化,对于固定电流产生的光强度可在某个时间量上增大或减小,且随后将持续减小直至寿命结束。不同颜色 LED 具有不同的平均老化特性,这在个体 LED 之间可广泛变化。因此,理想地构建的 LED 阵列将随着时间产生具有不同色调的颗粒性外表。

[0013] 具有此类阵列的显示器通常可随着时间周期性地重新校准以补偿变化的 LED 特性,这可能是昂贵和耗时的。例如,体育场显示器每两年明显地重新校准,这要一队人员花几天才能完成。带有望远镜的特殊相机关注每个个体 LED 以确定被反馈给显示控制器的亮度和颜色。持续地工作的公告板应当更频繁地重新校准以维持最优性能,这是昂贵的且产生停工期的。

[0014] 例如用于 LCD 电视、计算机和移动电话的 LED 背光从涂荧光粉的蓝色 LED 或多色 LED(诸如红色、绿色和蓝色)的组合产生白光。此类光在被施加到液晶层背面之前通常穿过漫射层,漫射层组合来自 LED 的光以在液晶后面产生均匀光。较小的显示器通常具有沿显示器一侧放置的 LED 并将光注入漫射器后面专门定形的波导中,而较大的显示器具有在液晶层后面的匹配显示器的物理尺寸的 LED 阵列并通常使用薄漫射元件以从 LED 点光源产生均匀光。

[0015] 带有用于背光的 LED 阵列的显示器具有至少两个胜于带有沿一侧或更多侧的 LED 的显示器的优点。第一,照明跨显示器一般更均匀,以及第二,来自该阵列中每个 LED 的照明可被独立调节以改善对比度,这在本行业中称为“局部调光”。然而,仅在来自每个 LED 或例如用于 RGB 背光的 LED 组合的光输出相同时,照明才会较均匀。如同在 LED 公告板和体育场显示器中一样,此类阵列可在制造期间被校准,但出于先前讨论的原因,照明均匀性和颜色(尤其是在 RGB 背光的情况下)将随时间改变。

[0016] 来自多色 LED(诸如 RGB)的 LCD 背光使得显示器能产生比来自白色 LED 的背光更宽范围或色域的颜色,但更难控制。带有沿一侧或更多侧的 RGB 背光的 LCD 通常使用 3 个光传感器来检测每个颜色分量的平均强度,其被反馈给 LED 驱动器电路以维持恰当的颜色混合。由于此类显示器中的特殊光漫射层在混合来自所有 LED 的光时是有效的,因此跨整个显示器的颜色可使用单组的三个光传感器来控制。尽管此类光传感器以及相关联的反馈电路是昂贵的,但改善的色域足以表明较高的价格是正当的。

[0017] 来自红色、绿色和蓝色 LED 的 LCD 背光提供许多胜于来自白色 LED 的照明的优点，包括更宽的色域以及潜在低很多的功耗和更简单的设计。带有白色背光的常规 LCD 显示器使用滤色片层以从每个像素中的三个液晶元件产生红色、绿色和蓝色光。此类滤色片增加了显示器设计的成本和复杂性，并且对于移动设备可能更重要的是，其阻挡了由背光产生的大部分光。使用 RGB 背光的显示器可通过按序列进行使用在本行业中被称为场序色彩 (FSC) 的技术产生的颜色来免除滤色片。此类办法每像素使用一个液晶元件而非常规的三个液晶元件，且用红色、绿色和蓝色像素数据顺序地更新达 3 倍那么快。背光的每种颜色顺序地闪现以匹配当前施加于液晶元件的像素数据，而没有任何光功率被滤色片阻挡。因此，对于相同的显示亮度，RGB 背光可比白色 LED 背光使用少很多的电池功率产生少很多的光。

[0018] RGB 背光的问题在于产生和维持由每个红色、绿色和蓝色三元组产生的期望颜色和强度。带有沿一侧或更多侧的 RGB 背光的 LCD 通常使用光传感器来检测每个颜色分量的平均强度，其被反馈给 LED 驱动器电路以维持恰当的颜色混合，然而，此类光传感器和相关联的反馈电路是昂贵的。此外，由于只能测量和控制由每种颜色的所有 LED 产生的光的平均强度，个体 LED 之间的变化可能导致跨此类显示器的颜色变化。

[0019] 诸如三星和索尼等公司近期已推行带有 LED 背光的高端大屏幕 LCD 电视，其具有能进行局部调光以获得高对比度的 LED 阵列。至少一些此类三星产品具有白色 LED 阵列，而至少一些此类索尼产品具有 RGB LED 阵列，从而支持更宽色域。不清楚索尼如何维持恰当的颜色点，但此类索尼产品比此类三星产品卖得多很多。先前针对沿显示器一侧或更多侧的 RGB LED 背光描述的使用一组或更多组光传感器来检测每种颜色分量的强度的相对简单办法不可能与支持局部调光的此类索尼产品联用。

[0020] 在一种现有解决方案中，光传感器驻留在显示器边缘并检测由背光产生的白光的 RGB 分量。光导上的小漫射区捕捉由每个 LED 产生的光的一小部分并将这些光传播至显示器边缘处的传感器。随后通过关闭所有 LED 并且每次一个 LED 照明传感器来周期性地重新测量来自每个 LED 的光。由于该校准技术将中断此时正被观察的任何画面，因此这类例程不能在显示器的正常工作期间执行。因此，此类例程不能用于补偿由于可在使用期间改变很大的温度造成的 LED 输出变化。

[0021] 需要用于维持特别是由 LCD 的背光中的不同颜色 LED 的组合产生的光的精确强度和颜色的装置，但在诸如固态灯等其他应用中也是如此。进一步需要用于测量和控制由所有 LED 个体地产生的光以防止跨显示器的颜色变化的设备或技术，该设备或技术能够在显示器的正常工作期间执行且不需要昂贵并降低显示亮度的特殊波导或光学器件。此外，需要适用于在需要 RGB 背光的 FSCLCD 中使用的此类解决方案。

[0022] 用于一般照明的 LED 灯通常使用覆有荧光粉的蓝色 LED，荧光粉吸收大部分蓝色光子并重新发射具有更长波长的光子以产生白光，这产生与波长偏移成比例的能量损失。使大量光子朝光谱红色端（长波长）偏移的荧光粉产生期望的所谓“暖光”，但却是能效最低的。另外，荧光粉可能随时间降级，导致所产生的光随时间变蓝。

[0023] 为了克服与由白炽灯产生的效率相当的产生暖光的低效性，一些 LED 灯使用产生蓝光至黄光波长的涂荧光粉的蓝色 LED 与产生红光的红色 LED 的组合。此类灯一般表现良好，但由于产生来自白色 LED 相对于红色 LED 的光的恰当混合所必需的复杂电路，因此是昂贵的。任何平衡偏移会产生白色色温偏移，且当紧接在具有稍微不同色温的另一个灯之后

被查看时是尤其明显的。控制色温的电路通常包括反馈环路中的光电二极管,用于控制提供给不同彩色 LED 的电流。

[0024] 与仅有涂荧光粉的蓝色 LED 或涂荧光粉的蓝色加红色 LED 的灯相比,使用红色、绿色和蓝色 LED 的组合来产生光的灯可具有更高能效并且可产生范围宽得多的颜色,但产生和维持固定颜色点更困难。此类灯需要在制造期间以及在此类灯的工作寿命中监视和调节每个颜色分量的复杂光反馈机制。

[0025] 需要用于跨多色 LED 阵列(诸如 RGB)维持均匀亮度和颜色的手段,该多色 LED 阵列用于例如在 LED 公告板和体育场显示器的情形中直接产生图像以及在 LCD 背光的情形中间接产生图像,而在例如 LED 公告板和体育场显示器的情形中无需现场逐像素校准的开销和复杂性,以及在 LCD 背光情形中无需特殊的光传感器。

[0026] 还需要用于跨多色 LED 阵列(诸如 RGB)维持均匀亮度和颜色的手段,该多色 LED 阵列用于例如在 LED 公告板和体育场显示器的情形中直接产生图像以及在 LCD 背光的情形中间接产生图像,而在例如 LED 公告板和体育场显示器的情形中无需现场逐像素校准的开销和复杂性,以及在 LCD 背光情形中无需特殊的光传感器。同样,需要从 LED 灯产生和维持固定颜色或色温。在所有情形中,需要最小化对分级别 LED 的需求。

[0027] 就常规照明而言,常规照明过去曾使用白炽灯和荧光灯,但近来随着蓝色 LED 的发明,已经开始使用 LED 灯。LED 灯的初始成本较高,但随时间流逝,功率节省可极大地降低照明的总成本。功率高效的 LED 灯的高初始成本的一部分在于创建从功率源至 LED 的恒定电流所必需的特殊电子器件。

[0028] 现今的大多数 LED 灯由串联和/或并联在一起的多个 LED 构成,且由连接至 AC 电网的开关电源驱动。示例电路可在来自许多半导体制造商的网站上找到。

[0029] 灯中的 LED 可为任何颜色或任何颜色组合,包括白色。白色 LED 通常由覆有某种黄色荧光粉的蓝色 LED 制成。来自 LED 的大部分蓝光被荧光粉吸收且以对应于绿色、黄色和一些红色的较低频率重新发射。该办法的一些优点包括低成本和更自然的连续光谱。一些缺点包括因荧光粉中的损耗导致的低效率、来自 LED 的带蓝色的颜色、以及因荧光粉降级导致的可靠性降低。

[0030] 为了克服在光谱的红色端缺乏能量,一些制造商生产包括红色 LED 串连同涂荧光粉的蓝色 LED 串的两色悬挂 LED 灯,其对于许多应用产生良好的成本/性能折衷。

[0031] 从色谱角度而言,理想的 LED 灯应包括工作在不同功率电平的许多不同彩色 LED 以产生白炽光或日光的粗略近似。例如,红色、黄色、绿色和蓝色的组合可被用作一组颜色。尽管该办法应具有良好光谱并且更具能效和可靠,但每种颜色中的相对功率电平的控制在今实践中是困难且昂贵的。

[0032] 在一种照明解决方案中,白色加红色 LED 灯包括两串 6 个白色 LED、以及 30 个红色 LED 的一个并行/串行组合,总共 36 个 LED。该解决方案还包括光电二极管和热敏电阻以维持颜色。随着至光电二极管的反射光减少,来自红色 LED 的输出功率增加以作为补偿。该电路使用三个不同的 LED 驱动器电路并使用单个硅光电二极管来监视用于调节 LED 电流的光功率。美国公开专利申请 No. 2008-0309255 描述了光电二极管选择性地测量光谱的一部分并基于平均功率来调节红色电流,这提供对正产生的光谱的指示但具有低分辨率。

[0033] 照明控制系统在复杂性上从简单的调光开关变化至集中受控建筑物范围的网络。

像简单的调光开关一样,最复杂的照明系统也使用导线来控制每个灯。此外,复杂系统包括附连至每个灯的特殊电子模块以在灯与中央控制器之间通信。近期,无线照明控制系统已引入了对无线电的使用,以根据诸如 ZigBee 等协议来传达信息,这消除了导线的成本但增加了无线电和协议栈的成本。

[0034] 常规的调光开关使用仅允许电网 AC 电压在部分循环期间被施加到白炽灯的三端双向交流开关 (triac) 电路。例如,当设置为半功率时,传递至灯的电压信号对于正弦电压的第一个 90 度为零,对于第二个 90 度跳跃至峰值振幅并跟随正弦降至零,对于下一个 90 度停留在零,以及最后跳跃至负峰值电压并跟随正弦返回至零。该办法是消费者调暗电阻性白炽灯的便宜且有效的方式。

[0035] 尽管三端双向交流开关调光器减少了灯泡中的功率消耗,但它并不减少公共事业公司必须产生的功率。电力公司产生与电压同相的电流。随着电压增加,电流也增加。如果发电厂的整个负载由用三端双向交流开关调暗 50% 的光构成,则在正负循环的前半循环期间产生的电流将不会去往灯泡,但它将会去往别处。无论灯是全亮或变暗,公共事业必须生成相同量的功率且必须处理电网上的潜在危险瞬态。

[0036] 可通过减小驱动电流或藉由使用所谓的脉冲宽度调制 (PWM) 减少施加电流的时间来减少来自 LED 的光。电流以快于眼睛能看见的速率开启和关闭,其中占空比与光输出成比例。由于 LED 产生的光的波长随驱动电流变化,因此优选 PWM 调光。当用 LED 灯替代白炽灯时,现有的三端双向交流开关调光器仍调节对灯的供电。为了实现 PWM 调光,LED 灯电路必须过滤供电、检测供电的占空比并相应地调节 PWM 占空比,这增加了成本和复杂性。

[0037] 照明控制系统有时提供使用 RF 或红外通信的遥控器以允许调节个体灯或灯组的亮度。此类办法消除了对此类调光器开关的需求,但要求灯具有与遥控器通信所必需的电路以与照明控制系统通信。

[0038] 日光采集是照明行业用于描述响应于环境光变化而主动调节灯的亮度的术语。例如,靠近建筑物窗户的灯在白天无需产生如内部走廊里的灯那么多的光。遍及建筑物放置的光传感器通常在策略性地点测量环境光,并且照明控制系统确定从每个灯所需的亮度并将该信息传达给每个灯。

[0039] 调度是用于描述基于时间对灯亮度的调节的术语。例如,在晚上当建筑物空置时,一些灯可自动关闭或者一些灯的亮度可降低以节能。照明控制系统通常从中央位置通过向每个灯发送带有关于产生什么亮度的指令的数字控制消息来提供此类功能。

[0040] 占用性传感器或运动检测器可通过仅在有人在场时才开启灯来节省很多能量。在典型的照明控制系统中,占用性传感器可位于门附近并且将在有人在场时提醒照明控制系统。照明控制系统随后通常向灯发送指示期望亮度的消息。

[0041] 尽管实现诸如遥控、日光采集、调度和占用性感测等功能的照明控制系统可节省很多能量,但此类系统的初始成本可能过高,对于没有必需布线和基础设施的现有建筑物而言尤其如此。

[0042] 用于一般照明的 LED 灯和用于显示器的 LED 背光主要使用白色 LED,白色 LED 通常包括涂有荧光粉的蓝色 LED,荧光粉吸收来自蓝色 LED 的大部分蓝色光子并在相对宽范围的波长上重新发射较低能量的光子。来自未被荧光粉吸收的蓝色光子和经荧光粉转换的光子的所得混合谱发射可产生具有各种不同色温的白光。色温是用于描述与由具有不同温度

的黑体辐射体产生的光相关的光颜色的术语。例如,具有 2500 开氏温度(或即 2500K)色温的所谓的暖白光在蓝色范围中具有较少光功率,而具有 6000K 色温的冷白光在蓝色范围中具有较多光功率。因此,白色 LED 的色温可通过吸收更多或更少由蓝色 LED 产生的蓝色光子的荧光层的厚度来调节。此外,在不同波长范围上重新发射光子的不同类型的荧光粉也可调节白色 LED 色温。

[0043] 公知的 CIE 1931XY 色空间图以二维色空间标绘解说了人类能看见的所有颜色,其在图 70 中表示。公知的黑体辐射体曲线是在该二维色空间中穿行的曲线。不在黑体曲线上的颜色(诸如青色、绛红色、以及绿色)不能被指派色温。由于不在黑体曲线上的颜色无限地多于黑体曲线上的颜色,并且由于荧光粉厚度和发射谱不能精确控制,因此很难产生具有特定和所定义色温的白色 LED。

[0044] 由于大多数白色 LED 中的荧光粉涂层将高能蓝色光子转换成绿色、黄色和红色范围中的较低能光子,因此荧光粉吸收了能量,这降低了 LED 的光效率并且发热,这两者都是不期望的。因此,具有高色温和更多蓝色内容的白色 LED 比具有低色温和大量红色内容的白色 LED 表现得显著更好。因此,一些照明制造商生产用于一般照明的低色温灯,其包括涂荧光粉的蓝色 LED 和红色 LED 两者以产生具有在 2500K 范围中的色温的白光。同样,使用白色 LED 背光的 LCD 显示器中的滤色片通常通过包括衰减蓝色和绿色谱内容在内的各种手段来增强相对红色谱内容。此外,包括白色和红色 LED 的背光已在文献中提到过。

[0045] 尽管组合白色和红色 LED 以产生较暖色温或更多红色谱内容改善了性能参数(包括能效和散热),但控制颜色点更困难,因为红色 LED 的亮度随温度、时间、以及其他操作条件与白色 LED 不同地改变。作为示例,美国公开专利申请 No. 2008-0309255 描述了来自 Cree(科锐)的用于 LED 投光灯的办法。该申请描述了包括白色和红色 LED 以及附加的光传感器的照明设备,该光传感器仅对由白色和红色 LED 的组合产生的光谱的一部分敏感。此外,此专利还描述了用于控制所产生光的颜色的差分放大器电路和温度传感器。这些额外的组件不仅增加了成本,而且由于光传感器仅对由白色 LED 产生的较短(较蓝)波长敏感,因此由红色 LED 产生的除了因温度改变造成的变化以外的任何光强度变化均得不到补偿。最显著的未补偿变化是由 LED 老化产生的,其导致 LED 的亮度以及因此还有由照明设备产生的颜色随时间显著改变。

[0046] 包括诸如 Cree(科锐)、Philips(飞利浦)、Osram(欧司朗)、Nichia(日亚)等 LED 厂商的 LED 行业已通过引入“分级别”概念对生产具有精确颜色点的涂荧光粉的 LED 的困难性作出了响应。因此,订购具有特定色温和亮度的 LED 的 LED 顾客将收到编组在特定颜色和亮度级别内并如此标记的 LED。为了反映该问题的重要性(其跨所有 LED 厂商是非常类似的),Philips Lumileds 的 Luxeon Rebel 数据表反映了关于其冷白色 LED 产品的 19 个不同的颜色级别,且每个颜色级别在每个颜色分级内在 CIE 1931XY 色空间中变化大约 0.02 或更多。可论证地标识人类颜色辨别极限的公知的 McAdam 椭圆在其 1/10 的数量级上。此外,用于冷白色 Rebel 的 19 个颜色级别中只有 5 个级别包括黑体辐射曲线。对于想要生产具有一致颜色的产品的 LED 灯和背光生产商,分级别是主要问题。

[0047] 尽管诸如数字公告板和手持投影仪等应用通常使用红色、绿色和蓝色 LED 而非涂荧光粉的白色 LED,一些此类应用可获益于将白色 LED 与 RGB LED 组合以产生更亮的画面。在数字公告板的情形中,每个像素可包括红色、绿色、蓝色和白色 LED。在投影仪的情形中,

光源可包括一个或更多个红色、绿色、蓝色和白色 LED。公知的图像处理算法使得白色 LED 能产生像素或图像亮度或灰度,而红色、绿色和蓝色 LED 提供像素或图像颜色分量。考虑所描述的美国专利申请 2008-0309255 维持仅红色和白色 LED 的颜色平衡的复杂性,将传统办法延伸至跨红色、绿色、蓝色和白色 LED 维持颜色是过于复杂和昂贵的。

[0048] 许多有源矩阵 OLED (AMOLED) 显示器目前使用由有机红色、绿色、蓝色和白色像素构成的像素。由于此类 LED 在单个基底上一起生长,各 LED 之间的匹配比可在完全不同的位置、在不同时间以及用不同工艺制造的无机红色、绿色、蓝色和白色 LED 好得多。然而,尽管 LED 初始可能匹配良好,但有机 LED 亮度随着使用相对快速地降级,这可能导致在主要产生相同图像(诸如计算机背景或工具栏)的显示器上形成伪迹。此类伪迹是可见的并且是不期望的。

[0049] 另外,除了其他原因,为了消除或减少对白色 LED 分级别的需要、为了使红色 LED 容易地与白色 LED 组合以产生暖白光和高效显示器背光、为了使白色 LED 能容易地与 RGB LED 组合以用于公告板和投影仪、以及为了消除深印于 AMOLED 显示器中的伪迹,需要容易且成本高效地设置和维持由白色和彩色 LED 的组合产生的精确颜色点。

[0050] 发明概述

[0051] 公开了利用显示设备中的 LED 来响应光信号的显示器和光指示器系统及方法。公开了使用 LED 的光敏性来校正各 LED 之间的变化的显示器校准系统和方法。公开了使用 LED 的光敏性来校正各 LED 之间的变化的 LED 校准系统和方法。公开了包括光检测器(诸如光电二极管或 LED 或者其他光检测设备)以及一个或更多个不同颜色的 LED 的照明设备、系统和方法。公开了用于照明设备的用于可见光通信的系统和方法,其使用同步来产生通信信道。公开了用于光源的系统和方法,其使用一个或更多个彩色 LED 的光敏性来确定广谱光发射器的发射谱的至少一部分以及调节该发射谱。

[0052] 在以下阐述的第一所公开实施例中,公开了利用显示设备中的 LED 来响应来自光指示设备的光信号的显示器和光指示器系统及相关方法。以下关于附图描述各个实施例。若需要,还可实现其他特征和变化,并且也可利用相关的系统和方法。

[0053] 部分地,所公开的实施例涉及具有 LED 阵列的显示器以及使用可见光与这些阵列中的个体 LED 通信的相关联的指示设备。这些 LED 阵列可如同 LED 公告板和体育场馆记分牌中那样直接产生图像,或者可产生用于例如 LCD 屏幕的背光。指示设备使用可用数据调制或可以不用数据调制的光束与个体像素或像素群通信,该光束被该阵列中暴露于该光束的 LED 检测到。周期性地,阵列中的 LED 停止产生光并且用相关联的驱动器设备配置成检测来自指示设备的光。此类配置使得用户能很像计算机鼠标那样在屏幕显示器上指示并点击。

[0054] 如本文中所描述的一个改进系统使用光指示设备(诸如激光指示器或闪光灯)来控制例如具有 LED 背光的 LCD 显示器或由有机或常规 LED 阵列构成的显示器上的图形用户界面。由于跨此类显示器扫描图像,因此每一帧都有 LED 不产生光的时间。在此类光关闭时间期间,LED 被用于检测是否存在来自光指示设备的光。图形控制器处理一系列帧里的此类信息以检测来自指示设备的照明显示器上的特定位置的光模式并采取恰当动作。此类动作除其他事项外还可以是选择菜单中的项目、拖放项目、或弹出菜单。

[0055] 最简单的指示设备可以是具有单个开/关按钮的激光指示器或闪光灯。例如在显

显示器播放视频或电视广播的情况下,显示器可响应于在该显示器上任何地方检测到的亮点而在屏幕一部分上弹出主菜单。一旦该光点被定位在菜单中的特定项目(诸如改变电视频道)上,并且随后被关闭和再开启,则可采取恰当的动作。在显示器(诸如公告板)广告例如商品的情况下,来自指示设备的光开关模式可导致显示器提供关于特定项目的更多信息。这些仅仅是显示器与指示设备之间的交互的一些示例,有更多交互是可能的。

[0056] 在更复杂的指示设备和显示器的情况下,可从指示设备向显示器传达数据以及潜在地甚至从显示器向指示设备传达数据。例如,被专门修改以产生用数据调制的光的激光指示器可向显示器(诸如公告板)传送个人信息(诸如电子邮件地址)。在该示例中,用户可指令显示器将更多信息发送至电子邮件地址。再次,该示例仅仅是许多可能的数据通信应用之一。

[0057] 本文中针对的显示器类型包括使用 LED 进行照明的任何显示器,但通常可被分成三个类别:有机 LED(OLED)显示器、常规 LED 显示器、以及带有 LED 背光的液晶显示器(LCD)。OLED 显示器通常包括具有薄膜晶体管的玻璃片以及由在一侧生长的有机化合物构成的 LED,以产生通常包括红色、绿色、蓝色和白色子像素的像素的阵列。每个子像素通常具有由薄膜晶体管构成的电流源,该薄膜晶体管由通常坐落在该玻璃的周界两侧的列和行驱动器控制。行驱动器通常产生至一行像素或子像素的逻辑电平写信号,而列驱动器产生与期望子像素电流相对应的模拟电压。此类电压通常被存储在每个像素或子像素中的电容器上。

[0058] 视频图像通常在行驱动器按顺序发送写信号至 OLED 阵列(通常从该阵列的顶部至底部)时每次被显示一行。随时间显示一系列静止图像或帧则产生运动图像。当一个图像每次被显示一行时,先前图像每次被移除一行。为了防止公知的被称为“运动模糊”的视觉效应,LED 的每一行在显示当前帧的行之前被关闭达一段时间,这移除了先前帧。被恰当地设计成减少运动模糊的 OLED 显示器的高速快照将显示被照明的一批 LED 行,而显示器的其余部分是暗的。行驱动器通常每帧向每行像素或子像素写两次以将 LED 开启并随后关闭。

[0059] 显示器上被指示设备照明的光点每次被检测一行。根据一个实施例,行驱动器顺序地向与产生光的行有某个偏移量的每个像素或子像素行产生感测信号,以防止从产生光的行至检测光的行的光串话。当感测信号有效时,该行中的每个子像素在由入射光跨相关联的 LED 感应的电压大于某个电平的情况下可产生电流,该电流随后可由与列驱动器相关联的电流感测电路跨各列进行检测。图形控制器监视一帧里关于每一行的电流感测电路输出以确定来自指示设备的照明的位置,以及监视许多帧里关于每一行的电流感测电路输出以确定要采取的动作。

[0060] 尽管 OLED 像素通常包括多个不同的彩色 LED(诸如红色、绿色、蓝色和白色),通常仅一种颜色被用于检测来自指示设备的照明。例如,若红色激光指示器被用作指示设备,则显示器中的红色子像素被用于检测照明。若产生白光的闪光灯是指示设备,则取决于白光的光谱,显示器中的红色或绿色子像素可用于检测照明。

[0061] 由通常包括元素镓且个体地封装的常规 LED 构成的显示器通常非常大且被用于公告板或体育场中的视频显示器。如同小型 OLED 显示器一样,每个像素通常包括红色、绿色和蓝色子像素,但通常不具有白色子像素。每个子像素 LED 通常由来自 LED 驱动器 IC(集

成电路)的电流源驱动,LED 驱动器 IC 通常包括与多个子像素相关联的多个电流源。此类 IC 可串联在一起并通过网络接口 IC 连接至图形控制器,图形控制器产生像素数据,接收来自指示设备的照明的位置,并采取恰当的动作。

[0062] 每个驱动器 IC 包括由脉冲宽度调制器控制以从每个相关联的 LED 产生光的电流源、以及用于检测入射在每个 LED 上的光的比较器。不同于 OLED 显示器,每个 LED 用固定电流驱动达可变时间量,而非用可变电流驱动达固定时间量。与每个 LED 相关联的脉冲宽度调制器每帧接收来自图形控制器的数字值并开启相关联的电流源达成比例的时间量。最大数字值对应于电流源可开启的最大时间量,其应当小于帧周期以防止运动模糊。

[0063] 在各帧之间与特定 LED 相关联的电流源保证关闭的时间期间,来自指示设备的照明可被检测。若由入射光跨 LED 感应的电压大于特定值,则相关联的比较器输出走高,从而指示存在来自指示设备的光。若感应电压小于该特定量,则比较器输出为低,从而指示不存在光。所有比较器输出的状态被传回给图形控制器以进行处理。

[0064] 像 OLED 显示器一样,常规 LED 显示器通常每次被扫描一行或一列,这在任何一个时间跨显示器产生照明 LED 带。显示器的其余部分是暗的。为了防止从产生光的 LED 至检测光的 LED 的光串话,每个 LED 驱动器 IC 通常在相关联 LED 位于暗区中间附近时对比较器输出进行采样。

[0065] 液晶显示器调制由背光产生的光量以在屏幕上创建图像。包括 LED 的背光通常来自两个版本之一。对于例如膝上型计算机上的较小显示器,沿显示器一侧坐落的 LED 将光注入漫射器,漫射器产生跨显示器的均匀白光。对于使用 LED 背光的大屏幕电视,LED 通常在液晶像素阵列背后像常规 LED 显示器一样被安排成阵列。由每个 LED 或每组 LED 产生的光量可每帧被调节以按被称为“局部调光”的方式提高对比度,局部调光对于带有荧光背光或沿显示器一侧坐落的 LED 背光的 LCD 是不可能的。

[0066] 用于 LCD 的 LED 背光通常包括由带有黄色荧光粉涂层的蓝色 LED 构成的白色 LED,或例如红色、绿色和蓝色 LED 的组合。一个实施例将像常规 LED 显示器一样配置成阵列的彩色 LED 用于 LCD 背光。

[0067] 液晶像素阵列通常包括与每个液晶子像素相关联的薄膜晶体管和电容器。液晶子像素的透明度由电容器上保持的电压决定并且由相关联的行和列驱动器控制。像 OLED 显示器一样,液晶阵列通常每次在相关联的逻辑电平写信号变为有效时被写一行。来自列驱动器的模拟电压随后通过该行中每个像素元件中的晶体管被传递至电容器。通常,该模拟电压被保持达一个帧周期,直至用下一帧的数据编程该行。

[0068] 为了减少运动模糊,背光阵列可被扫描,从而显示器仅从任何给定行产生光达帧周期的一部分。由 LED 背光阵列产生的光带以固定偏移量跟随液晶行的更新以允许液晶元件有时间稳定。背光阵列中的 LED 可连接至针对常规 LED 显示器描述的相同驱动器 IC,该驱动器 IC 产生固定电流达可变时间量以从 LED 产生光,并监视由入射光跨 LED 感应的电压以检测来自指示设备的照明。

[0069] 就像常规 LED 显示器一样,LED 背光阵列可在每一行 LED 不产生光时检测来自指示设备的光。然而,若正显示的图像非常暗,则液晶元件将阻挡来自和去往背光的光。在此类场景期间,LED 阵列可能无法检测来自指示设备的光。为了改善该灵敏度,每个液晶行在用下一图像的数据编程前可被设为全透明达某个时间段,这可继来自背光的光带之后以某

个固定偏移量创建透明液晶带。在该透明带后面,不产生光的 LED 可检测来自指示设备的光。此类系统通常要求液晶阵列写平常的两倍或要求每个液晶元件中有附加电路和信号,并且可能由于从背光通过透明带的光泄漏而使对比度降级。

[0070] 一个实施例通过在各图像帧之间插入短暗帧来维持高对比度和较低液晶更新率、防止运动模糊、以及检测来自指示设备的信号。在每帧结束时,整个背光首先被关闭,然后通过同时启用所有行写信号并将所有列数据信号保持在与透明相关联的电压上来将整个液晶阵列设为全透明。在液晶为透明时,驱动器 IC 监视跨所连接的 LED 感应的电压以检测来自指示设备的照明,并将结果报告给图形控制器。最后,紧接在扫描下一帧之前,通过同时启用所有行写信号并将所有列数据信号保持在与不透明相关联的电压上来将整个液晶阵列设为不透明。

[0071] 本文中描述的改进的显示器和指示器系统解决了直接使用 LED 或将 LED 用作背光进行照明的显示器的问题。大体积和混乱的电视遥控器可被简单的激光指示器或闪光灯取代,并且广告商的效果可通过向观众提供交互式体验而得到改善。

[0072] 在一个实施例中,本发明是一种显示设备,其包括配置成发射光的 LED 阵列,其中该 LED 阵列还被配置成响应于由指示设备产生的光。在进一步实施例中,由该 LED 阵列中的个体 LED 产生的光可被配置成瞬间关闭以检测由指示设备产生的光。在进一步实施例中,可通过测量由来自指示设备的光跨该阵列中的个体 LED 感应的电压来检测由该指示设备产生的光。在进一步实施例中,可通过测量由来自指示设备的光跨该阵列中的个体 LED 感应的电压来检测由该指示设备产生的光。

[0073] 在进一步实施例中,该 LED 阵列可被配置成为 LCD 显示器提供背光。在进一步实施例中,显示器内的该 LED 阵列可由有机 LED 构成。在进一步实施例中,该 LED 阵列也可由分立 LED 组件构成。在进一步实施例中,可响应于来自指示设备的光在显示设备上产生菜单。在进一步实施例中,该 LED 阵列可响应于由指示设备产生的用数据调制的光。再进一步,该 LED 阵列可响应于来自指示设备的光开启和关闭序列。再进一步,该 LED 阵列可响应于作为指示设备的激光指示器。

[0074] 在另一实施例中,本发明是一种用于操作显示设备的方法,其包括:提供包括 LED 阵列的显示设备,该 LED 阵列响应于由指示设备产生的光;利用指示设备使光入射到显示设备内的该 LED 阵列上;以及用显示设备来响应入射光。在进一步实施例中,该方法还可包括瞬间关闭由该 LED 阵列中的个体 LED 产生的光以检测由指示设备产生的光。在进一步实施例中,该方法还可包括通过测量由来自指示设备的光跨该阵列中的个体 LED 感应的电压来检测由该指示设备产生的光。在进一步实施例中,该方法还可包括通过测量由来自指示设备的光跨该阵列中的个体 LED 感应的电压来检测由该指示设备产生的光。

[0075] 在进一步实施例中,该方法还可包括使用该 LED 阵列为 LCD 显示器提供背光。再进一步,该 LED 阵列可由有机 LED 构成。再进一步,该 LED 阵列可由常规的分立 LED 组件构成。在进一步实施例中,该方法还可包括响应于来自指示设备的光在该显示设备上产生菜单。在进一步实施例中,该方法还可包括用指示设备产生用数据调制的光。在进一步实施例中,该方法还可包括响应于来自指示设备的光开启和关闭序列。再进一步,该方法还可包括在指示设备为激光指示器时利用激光指示器。

[0076] 在另一个实施例中,本发明是一种系统,其包括:配置成输出光的指示设备;以及

包括 LED 阵列的显示设备,该 LED 阵列响应于由指示设备产生的光。在进一步实施例中,由该 LED 阵列中的个体 LED 产生的光瞬间关闭以检测由指示设备产生的光。在进一步实施例中,通过测量由来自指示设备的光跨该阵列中的个体 LED 感应的电压来检测由该指示设备产生的光。在进一步实施例中,通过测量由来自指示设备的光跨该阵列中的个体 LED 感应的电压来检测由该指示设备产生的光。在进一步实施例中,该显示设备被配置成响应于来自指示设备的光而产生菜单。此外,该指示设备可被配置成产生用数据调制的输出。再进一步,该显示设备可被配置成响应于来自指示设备的光开启和关闭序列。再进一步,该指示设备是激光指示器。

[0077] 如本文中所描述的,还可按需实现其他实施例和变化,并且也可利用相关的系统和方法。

[0078] 在以下阐述的第二所公开实施例中,还公开了显示器校准系统及相关方法,其在显示系统的初始生产期间以及寿命中使用 LED 的光敏性来校正各 LED 之间的变化。以下关于附图描述各个实施例。若需要,还可实现其他特征和变化,并且也可利用相关的系统和方法。

[0079] 部分地,所公开的实施例涉及包括 LED 阵列的显示器,其在此类显示器的初始生产期间以及寿命中使用 LED 的光敏性来校正各 LED 之间的变化。此类 LED 阵列可如同 LED 公告板和体育场馆记分牌、以及较小的有机 LED (OLED) 显示器中那样直接产生图像,或者可产生用于例如 LCD 屏幕的背光。LED 亮度和颜色的变化可被补偿以使此类显示器具有均匀颜色和亮度。在现有系统中通常通过测量每个个体 LED 的光输出功率或购买经专门测试的 LED 来完成的此类补偿在以下描述的实施例中通过简单地测量由均匀入射光在每个 LED 上感应的信号来执行。

[0080] 在一个改进实施例中,该系统通过测量例如用于 LED 公告板和体育场显示器、或 LCD 背光的 LED 阵列中的每个 LED 的光敏性、将此光敏性与此阵列中的其他 LED 的光敏性作比较、并相应地调节此类 LED 驱动电流校正因子来推断由每个此类 LED 产生的光输出功率并任选地还推断由每个此类 LED 产生的峰值波长。此类校正因子最初可在此类 LED 阵列的生产期间例如通过直接测量每个此类 LED 光输出功率和峰值波长、或通过从光敏性和其他测量推断每个此类 LED 光输出功率和峰值波长来生成。

[0081] LED 不仅在正向偏置时产生具有特定峰值波长的光,而且还在被此类峰值波长处或以上的光照明时产生正向偏置。由固定入射光功率产生的电功率随入射波长减小而减少,其中最大功率由具有此类峰值发射波长附近的波长的入射光产生。高于此类峰值发射波长的入射波长在此类 LED 中几乎不产生电功率。在特定温度下,跨恰当地照明的 LED 感应的电压和电流之间的关系取决于照明量、半导体的带隙电压、以及跨该 LED 放置的电阻性负载。随着半导体的带隙电压增大,开路电压 (V_{oc}) 增大而短路电流 (I_{sc}) 减小。由于峰值发射波长随带隙电压增大而减小,因此可测量 V_{oc} 与 I_{sc} 之比以获得对 LED 阵列中的各 LED 之间的波长变化的指示。

[0082] 一个制造批次内或各批次之间的不同 LED 在被固定电流驱动时产生的光量会变化,其主要原因在于光路差异(诸如透明度或对准)、以及 LED 的发光区域的结构中的缺陷程度差异。同样,此类差异类似地影响此类 LED 在被恰当照明时的光敏性。因此,光敏性参数(诸如 V_{oc} 和 I_{sc}) 可被监视以推断此类 LED 在被电流驱动时将产生的光量。

[0083] 来自 LED 阵列中的个体 LED 的波长和输出功率可通过校正系数来补偿以跨此类阵列产生均匀强度和颜色。在此类 LED 阵列的制造期间通过上述方法、通过直接测量由每个 LED 产生的光的强度和波长、或任何其他方法确定的此类校正系数可被存储在此类显示器的存储器中。同样,响应于具有固定参数的光源产生的光敏性参数(诸如 V_{oc} 和 I_{sc})也可被存储在此类存储器中。周期性地,在此类显示器的寿命期间,可用具有与初始光源相同或不同参数的光源来照明 LED 阵列,可测量光敏性参数,并且可使用初始的与新的光敏性参数值之间的差异来修改校正系数以校正来自此类 LED 阵列中的 LED 的照明的任何附加偏移。

[0084] 在初始生产期间用于校准 LED 阵列的光源可以是直接或漫射日光、模仿日光光谱的灯、或具有足以从每种颜色的 LED 可靠地生成可测量光敏性参数的光谱的任何光源。为了重新校准例如大型 LED 公告板或体育场显示器,可在与制造此类显示器时严格相同的条件下使用具有相同强度的相同光源来测量光敏性参数。任何光敏性参数的任何偏移可被直接用于更新相应的校正系数。若精确地控制光源强度是不可能的,则将一个 LED 中的改变与其他 LED 中的改变作比较使得能重新创建均匀的显示器强度和颜色。用户可简单地手动调节整个亮度。

[0085] 对于诸如 LCD 电视等消费者设备,用精确光源来校准或许是不可能的。紧密近似可以是漫射日光,但日光光谱随着时间日期和年份以及位置而变化。此外,此类设备可能处在具有人造照明的封闭房间中。在此类情形中,可产生跨每种颜色分量的各 LED 的均匀性,但各颜色分量之间的相对强度可能不然。用户在这种情形中可手动将整个亮度和色调调节至期望水平。

[0086] 本文中描述的改进的显示器校准系统及相关方法解决了直接使用 LED 阵列或将 LED 阵列用作背光进行照明的显示器的校准问题。并且本文描述的校准系统及相关方法极大地减少或消除了对经专门训练和装备的工作小组随时间推移保持 LED 公告板和体育场显示器在工作期间被校准的需要。

[0087] 在一个实施例中,本发明是一种显示设备,其包括:LED 阵列;以及控制电路,其被配置成使用一个或更多个 LED 的光敏性来调节来自一个或更多个 LED 的输出功率。在进一步实施例中,该显示设备可被配置成在测量光敏性时接收来自光源的光。在另一实施例中,该显示设备被配置成在测量光敏性时接收日光。在另一实施例中,该显示设备被配置成在测量光敏性时接收匹配一个或更多个 LED 的峰值发射波长的固定光谱。此外,部分地使用开路电压测量来确定光敏性。此外,可部分地使用短路电流测量来确定光敏性。在进一步实施例中,可使用被配置成调节施加到一个或更多个 LED 的电流的校正系数来调节来自一个或更多个 LED 的输出功率。此外,校正系数可被配置成补偿由被调节的 LED 产生的光强度。此外,校正系数可被配置成补偿由被调节的 LED 产生的光强度和波长。在进一步实施例中,该 LED 的阵列包括有机 LED。在进一步实施例中,该 LED 的阵列包括无机 LED。

[0088] 在另一实施例中,该 LED 阵列被配置成产生背光。此外,背光可被配置成在逐像素基础上被调制以产生图像。背光还可被配置成通过液晶来调制。在进一步实施例中,滤色片位于由该 LED 阵列提供的背光前面,以及液晶阵列位于滤色片前面。此外,漫射器和偏光器可位于滤色片与由该 LED 阵列提供的背光之间,以及偏光器还可位于液晶阵列前面。在进一步实施例中,液晶阵列位于由该 LED 阵列提供的背光前面而无居间的滤色片。对于该

进一步实施例,漫射器和偏光器也可位于液晶阵列与由该 LED 阵列提供的背光之间,以及另一偏光器可位于液晶阵列前面。在进一步实施例中,该显示设备可被配置成在公告板内操作。在另一实施例中,该显示设备可被配置成在直接发射显示器内操作。在进一步实施例中,该显示设备可被配置成在投影仪内操作。

[0089] 在进一步实施例中,该显示设备可包括被配置成存储校正系数的存储器。再进一步,校正系数可以是在该显示设备的制造期间生成的系数。再进一步,该控制电路可被配置成将当前光敏性与先前确定的光敏性作比较以生成校正系数。

[0090] 在进一步实施例中,本发明是一种用于操作显示设备的方法,其包括:在显示设备内提供 LED 阵列;测量一个或多个 LED 的光敏性;以及基于测得的光敏性来调节来自一个或多个 LED 的输出功率。此外,该测量步骤可使用光源照明该显示设备来进行。在进一步实施例中,该方法包括利用日光作为光源。在进一步实施例中,该方法包括利用匹配这些 LED 的峰值发射波长的固定光谱作为光源。在进一步实施例中,该测量步骤包括利用开路电压测量来部分地确定光敏性。在另一实施例中,该测量步骤包括利用短路电流测量来部分地确定光敏性。在进一步实施例中,该调节步骤可包括使用校正系数调节施加到一个或多个 LED 的电流来调节输出功率。此外,该方法可包括使用校正系数来补偿由这些 LED 产生的光强度。再进一步,该方法可包括使用校正系数来补偿由这些 LED 产生的光强度和波长。再进一步,该 LED 阵列可以是有机 LED。再进一步,该 LED 阵列包括无机 LED。

[0091] 在进一步实施例中,该方法可包括利用该 LED 阵列来产生背光。再进一步,该方法可包括在逐像素基础上调制背光以产生图像。再进一步,该调制步骤可包括通过液晶来调制背光。在进一步实施例中,该方法可包括对来自背光的光进行滤色并随后使用液晶阵列来调制经滤色的光。该方法还可包括在滤色步骤之前对来自背光的光进行漫射和偏光。在另一实施例中,该方法可包括使用液晶阵列对来自背光的光进行调制而无居间的滤色。该方法还可包括在调制步骤之前对来自背光的光进行漫射和偏光。在进一步实施例中,该方法可包括操作该显示设备作为公告板的一部分。在进一步实施例中,该方法可包括操作该显示设备作为直接发射显示器的一部分。在进一步实施例中,该方法可包括操作该显示设备作为投影仪的一部分。

[0092] 在再进一步实施例中,该方法可包括将校正系数存储在该显示设备内的存储器中。再进一步,校正系数可以是在该显示设备的制造期间生成的系数。此外,该方法可包括将来自该测量步骤的当前光敏性测量与先前确定的测量作比较以生成校正系数。

[0093] 如本文中所描述的,还可按需实现其他实施例和变化,并且也可利用相关的系统和方法。

[0094] 在以下阐述的第三所公开实施例中,还公开了 LED 校准系统及相关方法,其在使用 LED 的系统的初始生产期间以及寿命中使用 LED 的光敏性来校正各 LED 之间的变化。以下关于附图描述各个实施例。若需要,还可实现其他特征和变化,并且也可利用相关的系统和方法。

[0095] 部分地,所公开的实施例涉及使用 LED 的光敏性来确定诸如强度和波长等发射参数。所公开实施例的应用包括例如固态灯、LCD 背光、以及 LED 显示器。LED 亮度和波长的变化应当被补偿以使此类设备具有均匀颜色和亮度。通常通过用相机测量每个个体 LED 的光输出或购买经专门测试的 LED 来完成的此类补偿通过简单地测量由来自该设备中的其

他 LED 或来自附加光源的光在每个 LED 上感应的信号来执行。

[0096] 所公开的实施例包括用于在设备（诸如灯、LED 显示器、或 LCD 背光）的制造期间设置由一组 LED 产生的颜色或色温并在此类设备的工作寿命中维持此类颜色或色温的方法。这些方法涉及测量由一组 LED 内的每个 LED 产生的光的强度和波长并调节由每个 LED 生成的光量以从该组 LED 产生精确的颜色和强度。

[0097] 给出了以光伏或光电导模式操作一些 LED 以测量由该组中的其他 LED 产生的光强度的两种方法。使用附加光源作为参考的第一种方法确定从每个 LED 发射的相对于此类参考的光强度，而第二种方法确定从每个 LED 发射的相对于彼此的光强度。因此，第一种方法可从每组 LED 产生精确颜色和强度，而第二种方法仅能产生精确颜色。

[0098] 这两种强度测量方法通常包括两个步骤并且可用于在制造和寿命两者期间校准设备。图 25A-D 中解说的第一种方法的第一步骤和图 27A-D 中解说的第二种方法的第一步骤可在制造环境中在专用控制设备上执行，该专用控制设备使所有 LED 被手动调节成产生期望光强度。此类控制设备上的第一步骤的结果随后在产品设备上用在图 26A-D 中解说的第一种方法的第二步骤以及图 28A-D 中解说的第二种方法的第二步骤中以确定实际发射的光强度。

[0099] 这两种强度测量方法还可用于随时间推移维持由一组 LED 产生的精确颜色以及来自各组 LED 的阵列（例如 LED 显示器、LCD 背光、或 LED 灯中的像素）的均匀强度。这两种方法的第一步骤通常在一设备已在制造期间校准之后在此类设备上执行，而第二步骤以周期性间隔在现场执行。用于第一种强度测量方法的参考光源可以是环境光。

[0100] 在所有情形中通过测量由来自其他 LED 以及在第一种方法中来自附加参考光源的光在该组 LED 内的最长波长 LED 中产生的光电流来测量发射强度。例如，在用于 LED 显示器或背光的 LED 阵列中，根据关于第一种方法所示的示例，一像素中的红色 LED 测量来自同一像素中的蓝色和绿色 LED 以及来自参考光源的光。接下来，毗邻像素中的红色 LED 测量来自第一红色 LED 以及参考光源的光。此类所测量的光可在制造期间从 LED 显示器的镜面反射或者从例如 LED 背光中的波导或漫射器反射。在现场，此类光可被 LED 包装或外壳或被任何其他装置散射。

[0101] 在关于例如在 LED 灯中包括两个红色 LED 和一个白色 LED 的第二种方法所示的示例中，第一红色 LED 测量来自第二红色 LED 以及来自白色 LED 的光。接下来，来自第二 LED 的灯测量来自第一 LED 和来自白色 LED 的光。第一种和第二种强度测量方法两者皆可用于任何类型的产品中的任何 LED 组，这些方法之间的差异在于是否存在参考光源。第二种方法可用在 LED 显示器或背光中以通过跨此类 LED 阵列顺序地菊式链接各测量来从所有像素产生精确颜色和均匀强度。

[0102] 这些示例强度测量方法被分成两个步骤，其测量已知良好测量与未知测量之间的相对强度差异。例如，在制造期间，测量具有期望输出强度的控制设备以确定相对光电流应当是什么。使用第一种方法，由来自其他 LED 的光在第一 LED 中产生的光电流与由参考光源在第一 LED 中产生的光电流之比生成用于第二步骤的系数。倘若第一和第二步骤中来自参考光源的强度之比是已知的，则可确定第二步骤中的未知 LED 强度。同样，使用第二种方法，由经校准控制设备中的两个其他 LED 在一个 LED 中感应的光电流之比生成用在第二步骤中的系数。在第二步骤中，与第一步骤的比率差异确定这两个 LED 之间的相对未知强度

差异。

[0103] 在随时间推移使用第一种或第二种方法来校准设备时,第一步骤确定光电流之比应当是什么,并且随时间推移,第二步骤确定光电流之比是什么。此类比率的改变确定实际发射强度的改变。由于仅将在一个时间测量的电流之比与另一时间的电流之比作比较,因而可抵消操作条件的任何变化。例如,此类测量独立于温度差异。

[0104] 所给出的用于测量发射波长的方法用两种不同波长的光(诸如略高于和略低于预计峰值发射波长范围的光波长)来照明每个 LED,并测量所得光电流。由于 LED 的响应性对于长于峰值发射波长的入射波长极大地下降,因此感应光电流的差异直接与峰值发射波长相关。图 31A-C 提供了作为入射波长的函数的 LED 响应性以及所得光电流差异的图形解说。

[0105] 由于 LED 发射波长随时间不会显著变化,此类波长测量可仅在产品线上执行。如这两种发射强度方法中一样,此类波长测量应当首先在具有已知发射强度的控制设备上以校准生产测试设置。具有未知发射波长的设备的后续测量将相对于该控制设备结果。

[0106] 一旦知道发射波长和发射强度或一组 LED 之间的相对发射强度,就可确定颜色校正系数,其调节来自一组 LED 内的每个 LED 的光的发射强度以便从此组 LED 产生精确颜色以及任选的精确强度。图 29 解说了用于实现这些校准方法的硬件。图 30 解说用于校正发射强度变化的颜色校正系数和硬件,而图 32 解说用于校正与 LED 显示器中的像素或 LCD 背光中的三元组相关联的红色、绿色和蓝色 LED 之间的发射强度和波长变化两者的此类系数和硬件。

[0107] 尽管此类校准方法对于包含 LED 组的任何设备是恰当的,但尤其感兴趣的是使用场序色彩(FSC)的 LCD。图 33 解说常规 LCD 的简化框图,而图 34 解说 FSC LCD 的此类图示。虽然常规 LCD 具有被特殊滤色片滤成红色、绿色和蓝色分量的白色背光,但 FSC LCD 消除了高成本的滤色片并以常规帧率的三倍或以上顺序进行每种颜色分量。此类 FSC LCD 需要红色、绿色和蓝色背光,且因此是本文描述的颜色校准方法的主要应用。

[0108] 本文的改进方法解决了与直接使用不同彩色 LED 组或将其用作背光进行照明的设备相关联的问题。此类校准方法减少了对用于灯、显示器或背光生产的专门分级别的 LED 的需要,并且维持在设备的工作寿命中产生的光的颜色或色温。

[0109] 在一个实施例中,本发明是一种用于光校准的方法,其包括:提供第一 LED;使用第一 LED 接收来自光源的光;基于由第一 LED 接收的光确定来自第一 LED 或来自光源的发射特性;以及基于所确定的发射特性调节第一 LED 或光源的发射特性。此外,所确定的发射特性可以按需为强度或波长或这两者。

[0110] 在进一步实施例中,本发明是一种用于光校准的方法,其包括:提供第一 LED;使用第一 LED 接收来自光源的光;基于由第一 LED 接收的光确定来自第一 LED 或来自光源的发射特性;以及基于所确定的发射特性调节第一 LED 或光源的发射特性,其中该确定步骤确定强度作为发射特性。此外,该方法可包括基于所确定的强度发射特性调节第一 LED 或光源的输出强度。在进一步实施例中,第二 LED 作为光源。再进一步,该方法还可包括提供第三 LED 作为附加光源,使用第一 LED 还接收由第三 LED 发射的光,还基于由第一 LED 从第三 LED 接收的光确定第三 LED 的强度发射特性,以及基于所确定的强度发射特性调节第一 LED、第二 LED、第三 LED 或这三个 LED 的任何组合的输出强度。

[0111] 在另一实施例中,该方法可包括测量由第二和第三 LED 在第一 LED 中感应的光电流之比以确定第二和第三 LED 的强度发射特性。在进一步实施例中,该方法还可包括使用第二 LED 接收由第一 LED 发射的光,基于由第二 LED 从第一 LED 接收的光确定第一 LED 的强度发射特性,使用第二 LED 接收由第三 LED 发射的光,基于由第二 LED 从第三 LED 接收的光确定第三 LED 的强度发射特性,以及基于所确定的强度发射特性调节第一 LED、第二 LED、第三 LED 或这三个 LED 的任何组合的输出强度。再进一步,该方法可包括测量由第二和第三 LED 在第一 LED 中以及由第一和第三 LED 在第二 LED 中感应的光电流之比以确定强度发射特性。在进一步实施例中,该方法可包括使用跨第一 LED 连接的电阻器从光电流产生电压。再进一步,该电阻器的电阻可以足够小,以使得光电流乘以该电阻充分小于第一 LED 的导通电压。

[0112] 在进一步实施例中,第二和第三 LED 的输出强度在先前被调节以产生期望输出强度。再进一步,第二和第三 LED 的输出强度在先前使用分开的控制设备被调节,该控制设备包括具有已知输出强度的多个 LED。再进一步,该方法可包括在第二和第三 LED 的输出强度可能已改变为未知强度的第二时间进行该确定步骤。

[0113] 在附加实施例中,该方法可包括将由第二和第三 LED 在第一 LED 中感应的光电流之比与由控制设备上的第二 LED 和第三 LED 在该控制设备上的第一 LED 上感应的光电流之比作比较,该控制设备上的第一、第二和第三 LED 具有已知输出强度。再进一步,该方法可包括将在第二时间由第二和第三 LED 在第一 LED 上感应的光电流之比与针对已知强度的光电流之比作比较。

[0114] 在进一步实施例中,第一、第二和第三 LED 分别为红色 LED、红色 LED 和白色 LED。再进一步,该方法可包括在 LED 灯内使用该第一、第二和第三 LED。

[0115] 在另一实施例中,该方法包括在 LCD 背光内使用该第一、第二和第三 LED。

[0116] 在进一步实施例中,该方法可被配置成在不同应用中操作。在一个实施例中,该方法可包括在 LCD 显示器内使用第一 LED。在另一个实施例中,该方法可包括在有机 LED 显示器中使用第一 LED。在另一个实施例中,该方法可包括在数字公告板中使用第一 LED。在另一个实施例中,该方法可包括在投影仪中使用第一 LED。

[0117] 在另一实施例中,第一、第二和第三 LED 分别为红色 LED、红色 LED 和绿色 LED。在进一步实施例中,该方法包括使用第四蓝色 LED 作为光源,以及使用第一红色 LED 还确定第四蓝色 LED 的强度发射特性,其中第二红色 LED、第三绿色 LED 和第四蓝色 LED 位于第一像素内并且其中第一红色 LED 位于毗邻像素中。

[0118] 在另一个实施例中,本发明是一种用于光校准的方法,其包括:提供第一 LED;使用第一 LED 接收来自光源的光;基于由第一 LED 接收的光确定来自第一 LED 或来自光源的发射特性;以及基于所确定的发射特性调节第一 LED 或光源的发射特性,且其中该方法还包括提供第二 LED 作为该光源,提供参考光源,以及使用第一 LED 接收来自第二 LED 和参考光源的光。再进一步,该方法可包括测量由第二 LED 和参考光源在第一 LED 中感应的光电流之比以确定发射特性。

[0119] 在进一步实施例中,第二 LED 的输出强度在先前被调节以产生期望输出强度。再进一步,第二 LED 的输出强度在先前使用分开的控制设备被调节,该控制设备包括具有已知输出强度的多个 LED。在进一步实施例中,该确定步骤在第二 LED 的输出强度可能已改变

为未知强度的第二时间进行。再进一步,该方法可包括将期望光电流之比与由第二 LED 和参考光源在第一 LED 上感应的光电流之比作比较。

[0120] 在另一个实施例中,本发明是一种用于光校准的方法,其包括:提供第一 LED;使用第一 LED 接收来自光源的光;基于由第一 LED 接收的光确定来自第一 LED 或来自光源的发射特性;以及基于所确定的发射特性调节第一 LED 或光源的发射特性,其中该确定步骤确定波长作为发射特性。再进一步,该方法可包括基于所确定的波长发射特性来确定第一 LED 或光源的峰值发射波长。再进一步,该方法可包括提供参考光源作为该光源。再进一步,该方法可包括测量由参考光源在第一 LED 中感应的光电流。

[0121] 在进一步实施例中,该方法包括使用跨第一 LED 连接的电阻器从光电流产生电压。再进一步,该电阻器的电阻足够小,以使得光电流乘以该电阻充分小于第一 LED 的导通电压。

[0122] 在进一步实施例中,该方法可包括用参考光源产生具有大致为单个波长的光。在一个进一步实施例中,该单个波长比第一 LED 的发射波长要长。在另一个进一步实施例中,该单个波长比第一 LED 的发射波长要短。

[0123] 在另一个进一步实施例中,该方法包括使用参考光源产生具有大致为第一波长的光,测量由第一波长的光在第一 LED 中感应的光电流,使用参考光源产生具有大致为不同于第一波长的第二波长的光,测量由第二波长的光在第一 LED 中感应的光电流,以及确定由第一和第二波长的光在第一 LED 中感应的光电流之比。再进一步,该方法可包括使用两个或更多个参考光源来产生不同波长的光。在进一步实施例中,第一 LED 的发射波长是已知的。再进一步,该方法可包括确定发射波长与光电流之比之间的关系。再进一步,该方法可包括提供第二 LED,其中第二 LED 的发射波长是未知的。在进一步实施例中,该方法可包括用参考光源产生具有大致为第一波长的光,测量由第一波长的光在第二 LED 中感应的光电流,用参考光源产生具有大致为第二波长的光,测量由第二波长的光在第二 LED 中感应的光电流,以及确定由第一和第二波长的光在第二 LED 中感应的光电流之比,其中第二 LED 的未知波长被确定为等于第一 LED 的已知波长乘以由第一和第二波长的光在第一 LED 中感应的光电流之比除以由第一和第二波长的光在第二 LED 中感应的光电流之比。再进一步,该方法可包括使用两个或更多个参考光源来产生不同波长的光。

[0124] 在另一个实施例中,本发明是一种用于光校准的系统,其包括:第一 LED,其被配置成接收来自光源的光;以及控制电路,其被配置成基于由第一 LED 接收的光确定与第一 LED 或光源相关联的发射特性,以及被配置成基于所确定的发射特性调节第一 LED 或光源的发射特性。此外,所确定的发射特性可以按需为强度或波长或这两者。

[0125] 在另一个实施例中,本发明是一种用于光校准的系统,其包括:第一 LED,其被配置成接收来自光源的光;以及控制电路,其被配置成基于由第一 LED 接收的光确定与第一 LED 或光源相关联的发射特性,以及被配置成基于所确定的发射特性调节第一 LED 或光源的发射特性,其中所确定的发射特性是强度。再进一步,该控制电路还可被配置成基于所确定的强度发射特性调节第一 LED 或光源的输出强度。在进一步实施例中,该系统还包括第二 LED 作为光源。再进一步,该系统可包括第三 LED,其中第一 LED 被配置成接收来自第二 LED 和第三 LED 的光,且其中该控制电路还被配置成确定与第三 LED 相关联的发射特性以及被配置成基于所确定的强度发射特性调节第一 LED、第二 LED、第三 LED 或这三个 LED 的任

何组合的输出强度。

[0126] 在另一实施例中,该控制电路还被配置成确定由第二和第三 LED 在第一 LED 中感应的光电流之比。再进一步,该系统可被配置成使得第二 LED 被配置成接收来自第一 LED 和第三 LED 的光,且其中该控制电路还被配置成基于由第二 LED 从第一和第三 LED 接收的光确定与第一和第三 LED 相关联的发射特性,且其中该控制电路还被配置成基于所确定的强度发射特性调节第一 LED、第二 LED、第三 LED 或这三个 LED 的任何组合的输出强度。再进一步,该控制电路还可被配置成确定由第一和第三 LED 在第二 LED 中感应的光电流之比。在进一步实施例中,该系统可包括跨第一 LED 连接的电阻器,其中该电阻器被配置成从光电流产生电压。再进一步,该电阻器的电阻可以足够小,以使得光电流乘以该电阻充分小于第一 LED 的导通电压。

[0127] 在进一步实施例中,该控制电路可被配置成将第二和第三 LED 的强度发射特性与先前确定的期望强度发射特性作比较。再进一步,该控制电路还被配置成将在第一 LED 上感应的光电流之比与关联于期望强度发射特性的光电流之比作比较。

[0128] 在进一步实施例中,第一、第二和第三 LED 分别为红色 LED、红色 LED 和白色 LED。再进一步,第一、第二和第三 LED 可驻留在 LED 灯中。

[0129] 在另一实施例中,第一、第二和第三 LED 可驻留在 LCD 背光中。

[0130] 在进一步实施例中,该系统可被配置成在不同应用中操作。在一个实施例中,第一 LED 可驻留在 LCD 显示器中。在另一个实施例中,第一 LED 可驻留在有机 LED 显示器中。在另一个实施例中,第一 LED 可驻留在数字公告板中。在另一个实施例中,第一 LED 可驻留在投影仪中。

[0131] 在另一实施例中,第一、第二和第三 LED 分别为红色 LED、红色 LED 和绿色 LED。再进一步,该系统可包括第四蓝色 LED,其中第一红色 LED 被配置成接收来自第四蓝色 LED 的光,其中该控制电路还被配置成确定第四蓝色 LED 的强度发射特性,其中第二红色 LED、第三绿色 LED 和第四蓝色 LED 位于第一像素内并且其中第一红色 LED 位于毗邻像素中。

[0132] 在另一个实施例中,本发明是一种用于光校准的系统,其包括:第一 LED,其被配置成接收来自光源的光;以及控制电路,其被配置成基于由第一 LED 接收的光确定与第一 LED 或光源相关联的发射特性,以及被配置成基于所确定的发射特性调节第一 LED 或光源的发射特性,且其中该系统还包括第二 LED 作为该光源以及参考光源,其中第一 LED 被配置成接收来自第二 LED 和参考光源的光。再进一步,该控制电路可被配置成测量由第二 LED 和参考光源在第一 LED 中感应的光电流之比。再进一步,该控制电路可被配置成将第二 LED 的强度发射特性与先前确定的期望强度特性作比较。再进一步,该控制电路还可被配置成将期望光电流之比与由第二 LED 和参考光源在第一 LED 上感应的光电流之比作比较。

[0133] 在另一个实施例中,本发明是一种用于光校准的系统,其包括:第一 LED,其被配置成接收来自光源的光;以及控制电路,其被配置成基于由第一 LED 接收的光确定与第一 LED 或光源相关联的发射特性,以及被配置成基于所确定的发射特性调节第一 LED 或光源的发射特性,其中所确定的发射特性是波长。再进一步,该控制电路还可被配置成基于所确定的波长发射特性来确定第一 LED 或光源的峰值发射波长。再进一步,该光源可以是至少一个参考光源。再进一步,该控制电路可被配置成测量由参考光源在第一 LED 中感应的光电流。

[0134] 在进一步实施例中,该系统可包括跨第一 LED 连接的电阻器,该电阻器被配置成从光电流产生电压。再进一步,该电阻器的电阻足够小,以使得光电流乘以该电阻充分小于第一 LED 的导通电压。

[0135] 在进一步实施例中,该至少一个参考光源可被配置成产生具有大致为单个波长的光。在进一步实施例中,该单个波长可以比第一 LED 的发射波长要长。在另一个实施例中,该单个波长比第一 LED 的发射波长要短。

[0136] 在另一实施例中,该至少一个参考光源可被配置成产生第一波长以及产生不同于第一波长的第二波长,且其中该控制电路被配置成测量由第一和第二波长的光在第一 LED 中感应的光电流,以及确定由第一和第二波长的光在第一 LED 中感应的光电流之比。再进一步,第一 LED 的发射波长可以是已知的。此外,该控制电路还可被配置成确定发射波长与光电流之比之间的关系。再进一步,该系统可包括第二 LED,其中第二 LED 的发射波长是未知的。再进一步,该控制电路可被配置成测量由来自该至少一个参考光源的第一和第二波长的光在第二 LED 中感应的光电流,以及确定由第一和第二波长的光在第二 LED 中感应的光电流之比,其中第二 LED 的未知波长被确定为等于第一 LED 的已知波长乘以由第一和第二波长的光在第一 LED 中感应的光电流之比除以由第一和第二波长的光在第二 LED 中感应的光电流之比。

[0137] 在另一个实施例中,本发明是一种用于校准光源的控制器,其包括:控制电路,其被配置成耦合至第一 LED 和第二 LED,其中该控制电路还被配置成基于由第一 LED 接收的光确定与第一 LED 或第二 LED 相关联的发射特性;以及输出驱动器电路,其被配置成耦合至第一 LED 和第二 LED,并且被配置成基于所确定的发射特性调节第一 LED 或第二 LED 的发射特性。再进一步,所确定的发射特性是强度。再进一步,该控制电路还可被配置成基于所确定的强度发射特性调节第一 LED 或第二 LED 的输出强度。

[0138] 在进一步实施例中,该系统可包括第三 LED,其中该控制电路还被配置成基于由第一 LED 从第三 LED 接收的光确定与第三 LED 相关联的发射特性,以及被配置成基于所确定的强度发射特性调节第一 LED、第二 LED、第三 LED 或这三个 LED 的任何组合的输出强度。再进一步,该控制电路还可被配置成确定由第二和第三 LED 在第一 LED 中感应的光电流之比以确定强度发射特性。

[0139] 在进一步实施例中,第二 LED 可被配置成接收来自第一 LED 和第三 LED 的光,且该控制电路还可被配置成基于由第二 LED 从第一和第三 LED 接收的光确定与第一和第三 LED 相关联的发射特性,且其中该控制电路还被配置成基于所确定的强度发射特性调节第一 LED、第二 LED、第三 LED 或这三个 LED 的任何组合的输出强度。再进一步,该控制电路还可被配置成确定由第一和第三 LED 在第二 LED 中感应的光电流之比。

[0140] 在另一个实施例中,本发明是一种用于校准光源的控制器,其包括:控制电路,其被配置成耦合至第一 LED,其中该控制电路被配置成基于由第一 LED 从一个或多个参考光源接收的光确定与第一 LED 相关联的发射特性;以及输出驱动器电路,其被配置成耦合至第一 LED 以基于所确定的发射特性调节第一 LED 的发射特性。再进一步,所确定的发射特性可以是波长。此外,该控制电路可被配置成基于所确定的波长发射特性来确定第一 LED 的峰值发射波长。在进一步实施例中,该控制电路可被配置成确定基于具有第一峰值发射波长的光以及基于具有第二峰值发射波长的光在第一 LED 中感应的光电流之比,该光由该

一个或更多个参考光源发射并且第一和第二峰值发射波长是不同的。

[0141] 如本文中所描述的,还可按需实现其他实施例和变化,并且也可利用相关的系统和方法。

[0142] 在以下阐述的第四所公开实施例中,公开了可用于 LCD(液晶显示器)背光、LED 灯、或其他应用的照明设备以及相关系统和方法。照明设备可包括光检测器(诸如光电二极管或 LED 或者其他光检测设备)以及一个或更多个不同颜色的 LED。可使用这些照明设备实现相关方法以维持由来自此类 LED 的混合发射产生的精确颜色。也可按需实现用于这些照明设备的其他方法、系统和应用。照明设备的一种应用是用于 FSC(场序色彩)LCD(液晶显示器)的背光。FSC LCD 通过在面板中顺序地加载图像的红色、绿色和蓝色像素数据并闪现 RGB 背光的不同颜色来在时间上混合图像中的各颜色。通过在每种颜色闪现时持续监视由每个照明设备中的不同彩色 LED 感应的光电流之比可有利地维持跨此类显示器的精确和均匀的色温。以下关于附图描述各个实施例。若需要,还可实现其他特征和变化,并且也可利用相关的系统和方法。

[0143] 如以下进一步描述的,公开了包括具有不同发射波长的 LED 以及光检测器的照明设备的示例实施例。此外,公开了用于维持从照明设备中的 LED 组合发射的精确颜色和强度的方法。例如,所公开的实施例可用于使用 FSC 的 LCD,其中通常在任何一个时间,来自一组红色、绿色和蓝色 LED 中的仅一种颜色 LED 发射光。此类实施例还可用于常规 LCD 背光和 LED 灯,其中所有 LED 通常同时发射但周期性地顺序进行各颜色以进行测量。各实施例还可按需用在其他系统和应用中。

[0144] 在一个实施例中,如以下进一步描述的,包括红色、绿色和蓝色 LED 的照明设备中的光检测器可用于监视(例如,持续地、周期性地、等等)由每种颜色 LED 产生的光强度。例如,控制器(诸如控制器集成电路(IC))随后可使用该强度测量来维持由这些 LED 产生的固定混合颜色和强度。可由控制器 IC 执行以控制颜色的一种方法包括将由不同彩色 LED 在光检测器中感应的信号之比与期望比率作比较,例如,如本文中关于第三和第七实施例所描述的。期望比率可例如在照明设备或显示器的制造期间确定。应注意,光检测器可以是任何光检测设备,包括但不限于:硅光电二极管、分立 LED、光检测 LED 或与发光 LED 之一集成在相同管芯上的光检测 LED。因此,在以下针对光电二极管使用的讨论中,应理解,可使用其他光检测器来代替光电二极管,包括分立 LED、光检测 LED、与发光 LED 之一集成在相同管芯上的光检测 LED、或某种其他光检测设备。

[0145] 尽管该强度控制过程可如同颜色控制过程中那样持续地执行,但优选地也可响应于用户命令或上电而周期性地执行强度控制。也可按需应用其他控制时序。由于人眼对颜色变化比对强度变化敏感得多,因此较小的强度变化通常可被人眼容忍。

[0146] 尽管本发明的一种主要应用是用于 FSC LCD 的背光,但许多其他应用(诸如固态照明和常规 LCD)也可获益于所公开实施例。例如,在同一封装中将光检测器(诸如光电二极管或 LED 或其他光检测设备)与不同的彩色 LED(包括白色)组合使得由每个此类 LED 产生的光能被准确测量,即使存在显著环境光或来自毗邻封装中的 LED 的光亦然。在一个实施例中,光电二极管使得能使用将电流注入此类光电二极管、测量正向电压、并从结果计算温度的公知技术来容易且准确地测量封装的温度并因此测量 LED 的温度。通过此类测量,可针对任何应用使用本文描述的方法准确地控制由此类照明设备产生的光的颜色和强度。

光电流之比可用于控制由设备产生的光的相对强度并因此控制颜色,而针对温度进行补偿的绝对光电流可用于控制由设备产生的总体强度。

[0147] 虽然本文描述的实施例适用于各种各样的应用,但是应注意,所公开实施例对于 FSC LCD 背光尤其有用,因为各颜色顺序进行且因此光检测器(例如,光电二极管、LED 等)可监视由照明设备中的每个 LED 产生的光而无需修改显示器时序或光学器件。

[0148] 在一个实施例中,本发明是一种设备,其包括:至少两个 LED,其被配置成发射彼此不同波长的光;光检测器;以及控制器,其被配置成在第二 LED 不发射光的第一时间段期间使用第一 LED 发射光,被配置成在第一 LED 不发射光的第二时间段期间使用第二 LED 发射光,以及被配置成使用光检测器来检测在第一时间段期间由第一 LED 产生的光强度和检测在第二时间段期间由第二 LED 产生的光强度。在进一步实施例中,该控制器可被配置成使用由第一和第二 LED 在光检测器中感应的信号之比来确定由每个 LED 产生的光强度。再进一步,该控制器还可被配置成基于该强度确定来调节去往至少第一 LED 或第二 LED 的驱动电流。在进一步实施例中,该设备可包括至少三个 LED,其中这些 LED 包括至少一个红色 LED、至少一个绿色 LED 以及至少一个蓝色 LED。

[0149] 在进一步实施例中,该设备可被配置成在不同应用中操作。在一个实施例中,这些 LED 被配置成为 LED 灯提供光源。在另一个实施例中,这些 LED 被配置成为投影仪提供光源。在另一个实施例中,这些 LED 被配置成为数字公告板提供光源。在进一步实施例中,这些 LED 包括有机 LED,且这些 LED 被配置成为有源矩阵有机 LED 显示器提供光源。在进一步实施例中,这些 LED 被配置成为液晶显示器(LCD)提供背光。在又一实施例中,这些 LED 被配置成为 LCD 提供背光,这些 LCD 被配置成在时间上混合颜色。在另一实施例中,这些 LED 被配置成为 LCD 提供背光,这些 LCD 被配置成顺序进行红色、绿色和蓝色图像数据场中的颜色。在另一实施例中,这些 LED 被配置成为不具有滤色片的 LCD 提供背光。

[0150] 在进一步实施例中,该设备可包括光检测器,该光检测器包括硅光电二极管。此外,该硅光电二极管还被用于测量温度。再进一步,该硅光电二极管可以是集成电路的一部分。在集成电路上,该硅光电二极管可实现为 P 型衬底和 N 型扩散层之间的扩散结。在集成电路上,该硅光电二极管也可实现为 N 型衬底和 P 型扩散层之间的扩散结。在进一步实施例中,该硅光电二极管可通过 PCB 迹线或接合线连接至集成电路。

[0151] 在另一实施例中,该集成电路可包括该控制器,且该控制器可被配置成产生用于第一和第二 LED 的驱动电流。再进一步,该集成电路可包括该控制器,且该控制器可被配置成测量在该硅光电二极管中感应的电流。再进一步,该集成电路可包括该控制器,且该控制器可被配置成既产生用于第一和第二 LED 的驱动电流又测量在硅光电二极管中感应的电流。

[0152] 在进一步实施例中,该控制器还可被配置成在第一和第二 LED 不发射光时测量在硅光电二极管中感应的电流。再进一步,该控制器可被配置成在第一和第二 LED 不发射光时测量在该硅光电二极管中感应的电流,以及确定与在仅第一 LED 或第二 LED 发射光时测得的电流相比的差异。在再进一步实施例中,可将由第一和第二 LED 在该硅光电二极管中感应的电流之比与期望的电流之比作比较。此外,可部分地通过感应电流之比与期望的电流之比之间的差异来确定由 LED 产生的光强度。

[0153] 在进一步实施例中,该设备包括被包含在封装内的第一和第二 LED。此外,该封装

可被配置成仅允许光从该封装的一个表面进入或离开该封装。在进一步实施例中,该设备可包括包围第一和第二 LED 的设备封装,其中第一和第二 LED 的负极连接在一起并连接至该封装的一个引脚。在进一步实施例中,该设备可包括包围第一和第二 LED 的设备封装,其中第一和第二 LED 的正极各自连接至该封装的至少一个引脚。

[0154] 在进一步实施例中,该设备包括:至少两个 LED,其被配置成发射彼此不同波长的光;包括 LED 的光检测器;以及控制器,其被配置成在第二 LED 不发射光的第一时间段期间使用第一 LED 发射光,被配置成在第一 LED 不发射光的第二时间段期间使用第二 LED 发射光,以及被配置成使用光检测器来检测在第一时间段期间由第一 LED 产生的光强度和检测在第二时间段期间由第二 LED 产生的光强度。在进一步实施例中,光检测 LED 被集成在与至少第一 LED 或第二 LED 相同的管芯上。

[0155] 在另一实施例中,本发明是一种用于控制由发射不同波长上的光的至少两个 LED 产生的光的颜色的方法,其包括:从第一 LED 发射具有第一波长的光;从第二 LED 发射具有不同于第一波长的第二波长的光;响应于由第一 LED 发射的光从检测器生成第一信号;响应于由第二 LED 发射的光从检测器生成第二信号;确定第一与第二信号的比率;以及部分地基于该比率来调节去往第一和第二 LED 中的至少一个的平均驱动电流。此外,该光检测器以及第一和第二 LED 被包括在相同的封装内。再进一步,该方法可包括在第二 LED 不发射光的时间期间用第一 LED 发射光,以及在第一 LED 不发射光的时间期间用第二 LED 发射光。再进一步,该方法可包括在调节该平均驱动电流之前将该比率与期望比率作比较并基于比较步骤的结果来执行该调节步骤。

[0156] 在另一实施例中,本发明是一种用于控制由 LED 产生的光强度的方法,其包括:用光电二极管使用由 LED 在光电二极管上感应的信号来测量来自该 LED 的光;使用光电二极管作为温度传感器来测量光电二极管的温度;以及基于由该 LED 在光电二极管上感应的信号以及光电二极管的温度来调节由该 LED 产生的光。此外,该光电二极管和 LED 可被包括在相同的封装内。再进一步,该光电二极管可包括硅。再进一步,该方法可包括迫使不同电流通过该光电二极管以确定温度。

[0157] 在进一步实施例中,本发明是一种用单个电流源和多个电源来驱动多色 LED 的方法,其包括:提供多个不同颜色的 LED,每个 LED 具有负极和正极,其中这些不同颜色的 LED 的负极耦合在一起并耦合至电流源,且其中这些不同颜色的 LED 中的每一个 LED 的正极耦合至多个不同电源之一;以及对这多个不同电源定序,以使得在任何一个时间仅一个电源向这些不同颜色的 LED 之一供电。再进一步,该方法可包括提供至少三个不同颜色的 LED,这些不同颜色的 LED 被配置成发射包括红色、绿色和蓝色的颜色。再进一步,该方法可包括在用于 LCD 显示器的背光中利用这些不同颜色的 LED。再进一步,该方法可包括随 LCD 显示器利用场序色彩。

[0158] 在进一步实施例中,本发明是一种用于控制由发射不同波长上的光的至少两个 LED 产生的光的颜色的系统,其包括:配置成发射不同波长上的光的第一 LED 和第二 LED;检测器,其被配置成接收来自第一 LED 和第二 LED 的光以及基于由第一 LED 发射的光生成第一信号并基于由第二 LED 发射的光生成第二信号;以及控制电路,其被配置成确定第一与第二信号的比率并部分地基于该比率来调节去往这些 LED 中的至少一个 LED 的平均驱动电流。此外,该光检测器和这些 LED 可被包括在相同的封装内。再进一步,第一 LED 可被配

置成在第二 LED 不发射光的时间期间发射光,以及第二 LED 被配置成在第一 LED 不发射光的时间期间发射光。再进一步,该控制电路还可被配置成将该比率与期望比率作比较以确定对平均驱动电流的调节。

[0159] 在进一步实施例中,本发明是一种用于控制由 LED 产生的光强度的系统,其包括:配置成产生光的 LED;光电二极管,其被配置成接收来自该 LED 的光;以及控制电路,其被配置成利用光电二极管来确定对由来自该 LED 的光在该光电二极管上感应的信号的测量,使用光电二极管确定温度测量,以及基于由来自该 LED 的光在该光电二极管上感应的信号以及该光电二极管的温度来调节由该 LED 产生的光。再进一步,该光电二极管和 LED 可被包括在相同的封装内。此外,该光电二极管可包括硅。再进一步,可迫使不同电流通过该光电二极管以确定温度。

[0160] 在另一实施例中,本发明是一种用单个电流源和多个电源来驱动多色 LED 的系统,其包括:多个不同颜色的 LED,每个 LED 具有负极和正极,其中这些负极被耦合在一起而这些正极不被耦合在一起;电流源,其耦合至这多个不同颜色的 LED 的负极;多个不同电源,这些不同电源中的每个电源耦合至这多个不同颜色的 LED 的不同正极;以及供电电路,其被配置成对这多个不同电源定序,以使得在任何一个时间这多个不同电源中仅一个电源被配置成向这多个不同颜色的 LED 之一供电。再进一步,这多个不同颜色的 LED 包括至少三个不同颜色的 LED,其被配置成发射包括红色、绿色和蓝色的颜色。在进一步实施例中,这多个不同颜色的 LED 驻留在用于 LCD 显示器的背光中。在又一实施例中,这多个不同颜色的 LED 驻留在用于配置成使用场序色彩的 LCD 显示器的背光中。

[0161] 在另一个实施例中,本发明是一种用于控制从设备发射的光的控制器,其包括:控制电路,其被配置成在第二 LED 不发射光的第一时间段期间使用第一 LED 来发射光,并且被配置成在第一 LED 不发射光的第二时间段期间使用第二 LED 来发射光;以及测量电路,其被配置成耦合至光检测器以检测在第一时间段期间由来自第一 LED 的光在该光检测器上感应的第一信号以及检测在第二时间段期间由来自第二 LED 的光在该光检测器上感应的第二信号。在进一步实施例中,使用第一与第二信号的比率来确定由每个 LED 产生的光强度。再进一步,该控制器包括耦合至测量电路的光检测器。此外,该光检测器可以是 LED。再进一步,该光检测器可以是硅光电二极管。此外,该硅光电二极管还可被用于测量温度。再进一步,该控制电路、测量电路和硅光电二极管可被包括在相同的集成电路中。在再进一步实施例中,该控制电路可被配置成将该比率与期望比率作比较。

[0162] 在另一个实施例中,本发明是一种设备,其包括:第一 LED,其被配置成发射第一波长的光;以及光检测器,该光检测器包括与第一 LED 集成在相同管芯上的光检测 LED。在进一步实施例中,该设备包括:第二 LED,其被配置成发射与第一波长不同的第二波长上的光;以及控制器,其被配置成在第二 LED 不发射光的第一时间段期间使用第一 LED 发射光,被配置成在第一 LED 不发射光的第二时间段期间使用第二 LED 发射光,以及被配置成使用该光检测器来检测在第一时间段期间由第一 LED 产生的光强度以及检测在第二时间段期间由第二 LED 产生的光强度。再进一步,该控制器可被配置成使用由第一和第二 LED 在该光检测器中感应的信号之比来确定由每个 LED 产生的光强度。在另一实施例中,这些 LED 被配置成驻留在用于液晶显示器 (LCD) 的背光中。在另一实施例中,这些 LED 被配置成驻留在用于 LCD 的背光中,这些 LCD 被配置成在时间上混合颜色。在再进一步实施例中,这些

LED 被配置成驻留在用于 LCD 的背光中,这些 LCD 被配置成顺序进行红色、绿色和蓝色图像数据场中的颜色。在再进一步实施例中,这些 LED 被配置成驻留在用于不具有滤色片的 LCD 的背光中。在进一步实施例中,该设备包括至少三个 LED,其中这些 LED 包括至少一个红色 LED、至少一个绿色 LED 以及至少一个蓝色 LED。

[0163] 如本文中所描述的,还可按需实现其他实施例和变化,并且也可利用相关的系统和方法。

[0164] 在以下阐述的第六实施例中,公开了用于可见光通信的系统和方法。部分地,公开了可用于一般照明、照明控制系统、或其他应用的照明设备以及相关系统和方法。照明设备利用一个或更多个同步时序信号来同步(优选地同步至 AC 电网),从而产生时分复用信道,可由正产生照明的相同光源在该时分复用信道中光学地传达控制信息。此类照明设备优选地包括用于产生照明、传送数据、检测环境光、以及接收数据的 LED,但可以使用其他光源和检测器。用于此类通信的物理层可与来自媒体接入(MAC)层和更高层的各种协议(诸如 ZigBee)联用。以下关于附图描述各个实施例。若需要,还可实现其他特征和变化,并且也可利用相关的系统和方法。

[0165] 在某些实施例中,本文描述的可见光通信技术可结合用于 LED 灯的现有电子器件使用以实现各种有利的照明控制系统和特征,诸如以非常低的附加成本进行灯中的遥控、日光采集、调度、以及占用性感测是可能的。这些照明控制系统还允许多个照明设备彼此通信、与遥控器通信以及与中央控制器通信。此外,本文描述的技术也可按需由单个照明设备和控制器、或其他设备和应用使用。具体地,具有常闭光源的由 AC 电网供电的控制器可向一个或更多个 LED 灯传达信息,诸如调光水平和颜色设置。不同于本文描述的技术,常规照明的控制通常由分开的电子单元执行,这些电子单元通过导线或无线电彼此通信,这增加了成本和复杂性。

[0166] 本文描述的照明设备优选地包括锁相环(PLL),其锁相至 AC 电网并产生用于操作这些设备的同步时序信号。由于照明系统中的其他照明设备例如锁相至相同的 AC 电网信号,因此所有此类设备精确地具有相同的内部时序。通过此类同步时序,可形成所有设备能在其间通信的通信信道。同样,由于此类信道内的数据通信的比特级时序被精确地同步,并且由于收到数据时序是已知的,因而接收机内的数据恢复容易得多。

[0167] 通信信道是优选地横跨 AC 电网周期(对于 60Hz 为 16.67 毫秒)的分数的时隙,一组设备的所有成员在该时隙期间停止产生照明。通信协议(诸如 ZigBee)中的较高层可动态地指派个体设备以在不同信道上通信。在此类时隙期间,可在此类成员之间光学地传达信息,此时一个成员产生用数据调制的光。在不传达数据的此类时隙期间,可测量环境光以用于日光采集应用以及用于改善接收机灵敏度。

[0168] 优选地,照明设备包括用于照明以及用于传送和接收数据的 LED 以使成本最小化并使接收机灵敏度最大化。由于包括覆盖有荧光粉的蓝色 LED 的白色 LED 对收到光具有较差敏感度,因此照明设备优选地包括具有不同颜色的 LED 以产生期望白光。可能的组合包括白色和红色,或者红色、黄色、绿色和蓝色,但是可包括任何组合或甚至单种颜色,倘若照明设备中的至少一个 LED 优选地不涂荧光粉。优选地,照明设备包括红色 LED 以获得最佳接收机灵敏度。在将此处描述的系统和方法与本文针对使用 LED 的校准设备描述的附加实施例中描述的(诸如本文关于第二实施例、第三实施例、第七实施例和第八实施例描述的)

那些系统和方法相组合的灯中,能减少或消除控制多色 LED 的附加成本。这些实施例部分地描述了用于精确地控制由不同彩色 LED 的组合(诸如白色和红色,或者红色、黄色、绿色和蓝色)产生的光的颜色的技术,并且可以这样做而无需附加的光检测器或温度传感器,藉此使此类实现更具成本效率。

[0169] 通信信道中的消息优选地在整个物理层数据帧上在连续时隙中每次发送几个字节。此类数据帧包括 MAC 层数据帧、接着是附加物理层信息,其中物理层数据帧的大部分通过公知方法加扰以移除 DC 内容。MAC 层数据帧可遵循任何协议,包括 ZigBee。

[0170] 本文公开的系统和部分地通过以减少的成本和/或相对不明显的附加成本为照明控制系统提供物理层来解决现有系统的问题。有利地,本文描述的照明系统中的照明设备和其他设备可使用为照明已经需要的设备来通信。

[0171] 在一个实施例中,本发明是一种照明设备,其包括:光源;光检测器;以及控制器,其被配置成与第二照明设备同步地使用该光检测器来光学地接收数据。此外,该控制器还可被配置成与第二照明设备同步地光学地传送数据。再进一步,该光源可包括一个或更多个光源 LED,且这些光源 LED 中的至少一个 LED 可被配置成用于光学地传送数据。再进一步,该光检测器可以是一个或更多个检测器 LED,且这些检测器 LED 中的至少一个 LED 可被配置成用于接收数据。在进一步实施例中,这些光源 LED 中的至少一个 LED 还被配置成用作检测器 LED。

[0172] 在进一步实施例中,该照明设备耦合至 AC 电网,并且该照明设备被配置成使用 AC 电网与第二照明设备同步。再进一步,该光源可被配置成与 AC 电网同步地周期性地关闭以产生用于传达数据的时隙。另外,该光源可包括一个或更多个 LED。此外,这一个或更多个 LED 中的至少一个 LED 可用于在该时隙期间作为光检测器来接收光数据。再进一步,该照明设备还可包括硅光电二极管,且该硅光电二极管可被配置成在该时隙期间作为光检测器来接收光数据。再进一步,该控制器还可被配置成与第二照明设备同步地使用该光源来光学地传送数据,且其中这一个或更多个 LED 中的至少一个 LED 还被配置成用于在该时隙期间光学地传送数据。再进一步,该光检测器可被配置成用于在该时隙期间测量环境光。此外,可在多个时隙中作出多个环境光测量,且可从当前测量中减去来自先前时隙的环境光测量。此外,该光源的亮度可被配置成基于环境光测量来调节。

[0173] 在进一步实施例中,该照明设备还包括配置成锁相至 AC 电网的锁相环(PLL)。此外,该 PLL 可被配置成产生比特时钟,该比特时钟用于提供用于在该时隙中传达数据的时序。再进一步,该照明设备可包括配置成传送数据的物理层接口(PLI),其中该 PLI 还被配置成在该时隙期间与该比特时钟同步地传送数据比特。再进一步,该照明设备可包括配置成接收数据的物理层接口(PLI),其中该 PLI 还被配置成在该时隙期间与该比特时钟同步地接收数据比特。

[0174] 在另一实施例中,用于该照明设备的光源可被配置成以与该时隙不同的相位与 AC 电网同步地关闭以产生第二通信信道。再进一步,该光源可被配置成以与该时隙有不同相位差异地与 AC 电网同步地关闭从而产生三个或更多个相对于 AC 电网具有彼此不同的相位的不同通信信道。

[0175] 在进一步实施例中,该照明设备可包括跨该至少一个 LED 的负极和正极耦合的电阻器,以使得该电阻器被配置成从该 LED 上的入射光产生电压。再进一步,该照明设备可包

括多个串联的 LED 和电阻器,其被配置成从入射光提供比由单个 LED 和电阻器能产生的电压有更大幅度的电压。再进一步,所检测的入射光可以是环境光。再进一步,入射光可包括用数据调制的光。

[0176] 在进一步实施例中,本发明是一种系统,其包括:第一照明设备,其具有配置成光学地传达数据的控制器;以及第二照明设备,其具有配置成光学地传达数据的控制器;其中第一和第二照明设备被配置成彼此同步地光学地传达数据。此外,第一和第二照明设备可耦合至 AC 电网,第一照明设备可包括第一光源,第二照明设备可包括第二光源,且第一和第二照明设备可被配置成与 AC 电网同步地周期性地关闭第一光源和第二光源以产生用于传达数据的第一时隙。再进一步,至少第一光源或第二光源可以是 LED。再进一步,该 LED 还可被配置成传送数据。该 LED 还可被配置成使该 LED 接收光学地传送的数据。再进一步,第一照明设备或第二照明设备还可包括光电二极管,该光电二极管被配置成接收光学地传送的数据。

[0177] 在进一步实施例中,该系统包括第一照明设备内的第一锁相环 (PLL) 以及第二照明设备中的第二 PLL,其中第一和第二 PLL 被配置成锁相至 AC 电网。再进一步,第一和第二照明设备可各自被配置成将数据通信的比特时序同步至 AC 电网。

[0178] 在进一步实施例中,该系统包括配置成彼此同步地光学地传达数据的第三照明设备和第四照明设备,其中第三和第四照明设备耦合至 AC 电网,其中第三照明设备包括第三光源,其中第四照明设备包括第四光源,且其中第三和第四照明设备被配置成与 AC 电网同步地周期性地关闭第三光源和第四光源以产生与第一时隙不交迭的用于传达数据的第二时隙。再进一步,第一和第二照明设备可被配置成在第一时隙期间传达光数据,而第三和第四照明设备可被配置成在第二时隙期间传达光数据。

[0179] 在进一步实施例中,本发明是一种用于在照明设备之间进行数据通信的方法,其包括:提供第一照明设备和第二照明设备;以及在第一照明设备和第二照明设备之间彼此同步地光学地传达数据。再进一步,该方法可包括与 AC 电网同步地周期性地关闭第一照明设备内的第一光源和第二照明设备内的第二光源以产生用于在第一和第二照明设备之间传达数据的第一时隙。在进一步实施例中,第一光源或第二光源包括 LED。此外,该方法可包括用该 LED 来传送数据,并且该方法可包括使用该 LED 来接收光学地传送的数据。在进一步实施例中,至少第一光源或第二光源包括光电二极管,且该方法包括使用该光电二极管来接收光学地传送的数据。

[0180] 在另一实施例中,该方法可包括利用第一照明设备内的第一锁相环 (PLL) 来锁相至 AC 电网以及利用第二照明设备中的第二 PLL 来锁相至 AC 电网。此外,该方法可包括将第一和第二照明设备之间的数据通信的比特时序同步至 AC 电网。

[0181] 在进一步实施例中,该方法可包括提供第三照明设备和第四照明设备,在第三照明设备和第四照明设备之间彼此同步地光学地传达数据,以及与 AC 电网同步地周期性地关闭第三照明设备内的第三光源和第四照明设备内的第四光源以产生与第一时隙不交迭的用于传达数据的第二时隙。此外,该方法可包括在第一时隙期间在第一和第二照明设备之间传达光数据,以及在第二时隙期间在第三和第四照明设备之间传达光数据。

[0182] 如本文中所描述的,还可按需实现其他实施例和变化,并且也可利用相关的系统和方法。

[0183] 在以下阐述的第七所公开实施例中，公开了用于光源的系统和方法，其使用一个或更多个彩色 LED 的光敏性来确定白光源或其他广谱光发射器的发射谱的至少一部分。如本文描述的，白色 LED 或其他广谱光发射器可按需被用作光源，而相同的一个或更多个彩色 LED 或不同 LED 可按需被用于发射光并调节由该光源产生的颜色点。所公开实施例的应用包括但不限于一般照明、LCD 背光、投影仪、以及直接发射显示器，诸如 OLED 和数字公告板。以下关于附图描述各个实施例。若需要，还可实现其他特征和变化，并且也可利用相关的系统和方法。

[0184] 一个实施例包括用于在设备（诸如 LED 灯、显示器背光、投影仪、数字公告板、或 AMOLED（有源矩阵 OLED）显示器）的制造期间结合一个或更多个彩色或基本单色的 LED 来设置由基本白色的光源（诸如涂荧光粉的蓝色 LED）、或某种其他广谱光发射器产生的精确色温，以及用于随此类设备的工作寿命维持该色温的方法和系统。该方法涉及使用一个或更多个彩色 LED 作为波长选择性光传感器来分析白光源或广谱光发射器的光谱的一部分，并随后使用此类彩色 LED（或按需使用一个或更多个附加的不同 LED）来发射光，藉此调节由该白光源和彩色 LED 的组合产生的光的颜色。这些 LED 允许基于关于广谱光发射器的光谱的诸部分作出的检测按需调节光源的颜色点。各实施例还包括包含白光源和彩色 LED 的光源，其可以是例如数字公告板或 AMOLED 中的像素，或用于灯、背光、或投影仪的整个光源。

[0185] 所公开实施例适用于任何广谱光发射器和 / 或基本白色的光源以及任何数目的彩色 LED。然而，尤其感兴趣的并且以下更详细地描述的是红色、绿色、蓝色和白色 LED 的组合。在此类示例解说中，红色、绿色和蓝色 LED 通过每个 LED 作为不同波长选择性光检测器工作来分析由白色 LED 产生的光谱。蓝色 LED 测量白色 LED 光源的光谱的蓝色部分，绿色 LED 测量该白色 LED 光源的光谱的绿色加蓝色部分，而红色 LED 基本上测量该白色 LED 光源的整个光谱，重点是红色和绿色部分。在此类光谱分析之后，红色、绿色和蓝色 LED 发射光，其强度被调节成当与由该白色 LED 产生的光组合时产生期望颜色点。

[0186] 为了减少尤其是由于 LED 对入射光的响应性变化造成的光测量误差，进一步的实施例创建了由白色 LED 和其他 LED 在每个 LED 上感应的信号之比，这些信号之比被用于确定每个 LED 的相对亮度以产生期望颜色点。举例而言并且如本文的一个示例中描述的，相对于蓝色 LED 的亮度来确定由红色、绿色和蓝色 LED 过滤的白色 LED 的光谱的亮度。此外，相对于蓝色 LED 的亮度来确定绿色和红色 LED 的亮度。随后可将所有此类相对亮度水平与红色、绿色和蓝色 LED 以及由白色 LED 产生的三个不同光谱带之间的期望相对亮度水平作比较，并且红色、绿色和蓝色 LED 的亮度可被调节以从所有 4 个 LED 产生期望颜色点。

[0187] 在此处并且还关于本文描述的附加实施例（例如，关于第三实施例）公开了用于使用测得光比率的方法。所公开实施例包括对基本白色光的光谱分析以补偿在此类白光源的发射中的光谱变化。本文描述的方法与测量所发射光的比率、进一步将此类比率与期望比率作比较、以及响应于此类比率进一步调节由各 LED 产生的亮度相关联。

[0188] 具体涉及到涂荧光粉的白色 LED，所公开实施例的另一方面补偿在制造期间各白色 LED 之间的常见变化以及在特定 LED 中随时间发生的变化。由蓝色 LED 产生的不被荧光粉吸收的蓝色光的量相对于由荧光粉发射的光量在制造期间随荧光粉厚度和均匀性而变化以及随时间推移随荧光粉降级而变化。通过本文描述的方法，可确定蓝色光量相对于由

白色 LED 产生的经荧光粉转换的光量,并且可调节由相关联的红色、绿色和蓝色 LED 或例如仅红色和绿色 LED 产生的光量以补偿此类比率与期望比率之差。

[0189] 本文描述的校准方法和装置解决了直接使用各组不同彩色 LED 或将其用作照明背光的设备的问题。此类校准方法减少了对用于灯、显示器或背光生产的专门分级别的 LED 的需要,并且维持在设备的工作寿命中产生的光的颜色或色温。

[0190] 在一个实施例中,本发明是一种具有可调颜色点的光源,其包括:广谱光发射器;LED,其峰值发射波长在该广谱光发射器的光谱内;以及控制器,其被配置成使用该 LED 来测量该广谱光发射器的光谱的一部分以及使用该 LED 来产生照明以调节该光源的颜色点。在进一步实施例中,该 LED 是第一 LED,且该光源还包括第二 LED,并且该控制器被配置成将由来自该广谱光发射器的光在第一 LED 上感应的信号与由来自第二 LED 的光在第一 LED 上感应的信号作比较。在进一步实施例中,该广谱光发射器是白色 LED。白色 LED 可包括蓝色 LED,且白色 LED 可包括用于将光从一个波长转换成其他波长的材料。再进一步,用于将光从一个波长转换成其他波长的材料可与蓝色 LED 物理接触。

[0191] 在进一步实施例中,第二 LED 的峰值发射波长在该白色 LED 的光谱内。再进一步,第二 LED 的峰值发射波长可短于第一 LED 的峰值发射波长。此外,该控制器还可被配置成将由第一 LED 响应于来自白色 LED 的光产生的信号与由第一 LED 响应于来自第二 LED 的光产生的信号相组合以产生比率,且其中该控制器还被配置成将该比率与期望比率作比较。再进一步,该控制器可被配置成调节由该广谱光发射器和由第一 LED 产生的相对光强度,从而该比率和期望比率基本相等。再进一步,第一 LED 可以是绿色而第二 LED 可以是蓝色。

[0192] 在进一步实施例中,该光源可包括第三 LED,其峰值发射波长比第一 LED 的峰值发射波长要长。再进一步,该控制器还可被配置成将由第三 LED 响应于来自白色 LED 的光产生的信号与由第三 LED 响应于来自第一 LED 或第二 LED 的光产生的信号相组合以产生比率,且其中该控制器还可被配置成将该第二比率与期望比率作比较。再进一步,该控制器还可被配置成调节由该光源以及第一 LED 或第三 LED 或者第一 LED 和第三 LED 两者产生的相对光强度,以使得该比率和期望比率基本相等。

[0193] 在另一个实施例中,本发明是一种用于调节光源的颜色点的方法,其包括:用广谱光发射器发射光的光谱;使用 LED 来测量该广谱光发射器的光谱的一部分,该 LED 的峰值发射波长在该广谱光发射器的光谱内;以及使用该 LED 来产生照明以调节该光源的颜色点。此外,该方法可包括将由来自该广谱光发射器的光在第一 LED 上感应的信号与由来自第二 LED 的光在第一 LED 上感应的信号作比较。再进一步,该广谱光发射器是白色 LED。白色 LED 可包括蓝色 LED,且白色 LED 可包括用于将光从一个波长转换成其他波长的材料。再进一步,用于将光从一个波长转换成其他波长的材料可与蓝色 LED 物理接触。

[0194] 在进一步实施例中,该方法可包括使用具有在该白色 LED 的光谱内的峰值发射波长的第二 LED。再进一步,第二 LED 的峰值发射波长可短于第一 LED 的峰值发射波长。在进一步实施例中,该方法可包括将由第一 LED 响应于来自该白色 LED 的光产生的信号与由第一 LED 响应于来自第二 LED 的光产生的信号相组合以产生比率,以及将该比率与期望比率作比较。再进一步,该方法可包括调节由该光源和由第一 LED 产生的相对光强度,从而该比率和期望比率基本相等。在进一步实施例中,第一 LED 可以是绿色而第二 LED 可以是蓝色。

[0195] 在另一实施例中,该方法可包括提供第三 LED,其峰值发射波长比第一 LED 的峰值

发射波长要长。此外,该方法可包括将由第三 LED 响应于来自该白色 LED 的光产生的信号与由第三 LED 响应于来自第一 LED 或第二 LED 的光产生的信号相组合以产生比率,以及将该第二比率与期望比率作比较。再进一步,该方法可包括调节由该光源和第一 LED 或者由该光源和第三 LED 或者由该光源和第一和第三 LED 产生的相对光强度,以使得该比率和期望比率基本相等。

[0196] 在进一步实施例中,本发明是一种用于具有可调颜色点的光源的控制器,其包括:控制电路,其被配置成耦合至广谱光发射器和 LED,该 LED 的峰值发射波长在该广谱光发射器的光谱内,其中该控制电路被配置成使用该 LED 来测量该广谱光发射器的光谱的一部分;以及输出驱动器电路,其被配置成耦合至该广谱光发射器和该 LED 以及使用调节 LED 来调节来自该广谱光发射器和该调节 LED 的光的颜色点。在进一步实施例中,该 LED 是第一 LED,且该控制电路还被配置成耦合至第二 LED,其中该控制电路还被配置成将由来自该广谱光发射器的光在第一 LED 上感应的信号与由来自第二 LED 的光在第一 LED 上感应的信号作比较。

[0197] 在进一步实施例中,该控制电路还可被配置成将由第一 LED 响应于来自该广谱光发射器的光产生的信号与由第一 LED 响应于来自第二 LED 的光产生的信号相组合以产生比率,且其中该控制电路还被配置成将该比率与期望比率作比较。再进一步,其中该控制器还被配置成调节由该广谱光发射器和由第一 LED 产生的相对光强度,从而该比率和期望比率基本相等。

[0198] 如本文中所描述的,还可按需实现其他实施例和变化,并且也可利用相关的系统和方法。

附图说明

[0199] 在阅读不同的相关实施例的以下详细描述并参照附图时,其他目的和优点将变得明显。应注意,关于附图描述了多个不同的相关实施例。

[0200] 图 1(指示器和显示器系统)是显示器和指示器的示例性系统图。

[0201] 图 2(系统通信协议)是示例性系统通信协议。

[0202] 图 3(OLED 显示器框图)是有机 LED(OLED)显示器的示例性框图。

[0203] 图 4(OLED 像素框图)是 OLED 像素的示例性框图。

[0204] 图 5(OLED 子像素和电流感测电路图)是 OLED 子像素和电流感测电路的示例性电路图。

[0205] 图 6(OLED 显示器时序)是示例性 OLED 显示器时序图。

[0206] 图 7(LED 显示器架构)是示例性 LED 显示器架构。

[0207] 图 8(驱动器 IC 框图)是示例性 LED 驱动器 IC 框图。

[0208] 图 9(LED 显示器时序)是示例性 LED 显示器时序图。

[0209] 图 10(LED 驱动器 IC 时序)是示例性 LED 驱动器 IC 时序图。

[0210] 图 11(带有 LED 背光的 LCD 显示器框图)是带有 LED 背光的示例性 LCD 框图。

[0211] 图 12(LCD 像素和驱动器电路图)是示例性 LCD 像素和驱动器电路图。

[0212] 图 13(LCD 和背光时序)是示例性 LCD 和背光时序解说。

[0213] 图 14(显示器校准系统)是显示器校准系统的示例性系统图。

- [0214] 图 15(OLED 显示器框图)是 OLED 显示器的示例性框图。
- [0215] 图 16(OLED 像素框图)是 OLED 像素的示例性框图。
- [0216] 图 17(OLED 子像素和电流感测电路图)解说了示例性 OLED 子像素和电流感测电路图。
- [0217] 图 18(LED 显示器架构)是示例性 LED 显示器架构。
- [0218] 图 19(驱动器 IC 框图)是示例性驱动器 IC 框图。
- [0219] 图 20(强度校正矩阵框图)是示例性强度校正矩阵框图。
- [0220] 图 21(强度和波长校正矩阵框图)是示例性强度和波长校正矩阵框图。
- [0221] 图 22(IV 感测框图)是示例性电流和电压感测框图。
- [0222] 图 23(带有 LED 背光的 LCD 显示器框图)是带有 LED 背光的示例性 LCD 显示器框图。
- [0223] 图 24(LCD 像素和驱动器电路图)是示例性 LCD 像素和驱动器电路图。
- [0224] 图 25A-D 解说了用于使用一组 LED 的光敏性和附加光源来确定从此类 LED 发射的光功率的示例性方法中的第一步骤。
- [0225] 图 26C-D 解说了用于使用一组 LED 的光敏性和附加光源来确定从此类 LED 发射的光功率的示例性方法中的第二步骤。
- [0226] 图 27A-D 解说了用于使用一组 LED 的光敏性但不用附加光源来确定从此类 LED 发射的相对光功率的示例性方法中的第一步骤。
- [0227] 图 28A-D 解说了用于使用一组 LED 的光敏性但不用附加光源来确定从此类 LED 发射的相对光功率的示例性方法中的第二步骤。
- [0228] 图 29 是用于实现图 25A-D、26A-D、27A-D 和 28A-D 中解说的方法的电路的示例性框图。
- [0229] 图 30 是补偿 LED 强度变化的颜色校正矩阵的示例性框图。
- [0230] 图 31A-C 解说了用于通过测量 LED 的光敏性来确定由该 LED 产生的光的峰值发射波长的示例性方法。
- [0231] 图 32 是补偿 LED 强度和波长变化的颜色校正矩阵的示例性框图。
- [0232] 图 33 是典型 LCD 的简化示例框图。
- [0233] 图 34 是场序色彩(FSC)LCD 的简化示例框图。
- [0234] 图 35 是使用集成到 LED 控制器中的硅光电二极管或其他光检测设备来测量由红色、绿色和蓝色 LED 产生的光的照明设备的机械绘图。
- [0235] 图 36 是带有集成光电二极管的示例性 LED 控制器的框图。
- [0236] 图 37 是使用集成光电二极管的示例性温度和光电二极管电流测量电路的框图。
- [0237] 图 38 是显示器背光中具有集成光电二极管的多个照明设备的示例性连接图。
- [0238] 图 39 描绘了对具有集成光电二极管的照明设备的供电以及从该照明设备的光输出的时序图。
- [0239] 图 40 是使用分立的硅光电二极管或其他光检测设备来测量由红色、绿色和蓝色 LED 产生的光的照明设备的机械绘图。
- [0240] 图 41 是使用分立的光电二极管来测量来自 LED 的光的示例性 LED 控制器的框图。
- [0241] 图 42 是使用分立光电二极管的示例性温度和光电二极管电流测量电路的框图。

- [0242] 图 43 是显示器背光中具有分立光电二极管的多个照明设备的示例性连接图。
- [0243] 图 44 描绘了对具有分立光电二极管的照明设备的供电以及从该照明设备的光输出的时序图。
- [0244] 图 45 是示例性颜色调节电路的框图。
- [0245] 图 46 是示例性矩阵乘法电路的框图。
- [0246] 图 47 是典型 LCD 的简化示例框图。
- [0247] 图 48 是场序色彩 (FSC) LCD 的简化示例框图。
- [0248] 图 49 是照明设备和遥控器的示例性系统图。
- [0249] 图 50 是可由示例性照明设备执行的功能的示例性列表。
- [0250] 图 51 是照明设备和遥控器之间的数据通信的示例性时序图。
- [0251] 图 52 是用于在照明设备和遥控器之间传递数据的比特时序和编码方案的示例性时序图。
- [0252] 图 53 是示例性照明设备框图。
- [0253] 图 54 是包括照明设备和遥控器的照明系统的示例性图示。
- [0254] 图 55 是在照明系统内通信的示例性时序图。
- [0255] 图 56 是用于与照明系统传达数据的示例性数据帧的图示。
- [0256] 图 57 是照明设备的示例性框图。
- [0257] 图 58 是照明设备内的接收机模块的示例性框图。
- [0258] 图 59 是照明设备内的 PLL 和时序模块的示例性框图。
- [0259] 图 60 是示例性的详细接收时序图。
- [0260] 图 61 是用于设置和维持由红色、绿色、蓝色和白色 LED 发射的精确颜色的颜色校准电路的示例性框图。
- [0261] 图 62 是用于感测来自 LED 的光电流的电路的示例性框图。
- [0262] 图 63 解说了红色、绿色、蓝色和白色 LED 的示例性发射谱。
- [0263] 图 64 解说了白色 LED 发射谱中的示例性差异。
- [0264] 图 65 解说了红色、绿色和蓝色 LED 在作为光检测器操作时的示例性光谱特性。
- [0265] 图 66A-D 解说了用于设置和维持由红色、绿色、蓝色和白色 LED 发射的精确颜色的示例性方法中的示例性第一步骤。
- [0266] 图 67A-D 解说了用于设置和维持由红色、绿色、蓝色和白色 LED 发射的精确颜色的示例性方法中的替换示例性第一步骤。
- [0267] 图 68A-D 解说了用于设置和维持由红色、绿色、蓝色和白色 LED 发射的精确颜色的示例性方法中的替换示例性第二步骤。
- [0268] 图 69A-D 解说了用于设置和维持由红色、绿色、蓝色和白色 LED 发射的精确颜色的示例性方法中的替换示例性第三步骤。
- [0269] 图 70 是解说用于设置和维持由红色、绿色、蓝色和白色 LED 发射的精确颜色的示例性方法中的示例性颜色调节步骤的颜色图。
- [0270] 图 71 是用于测量从 LED 发射的光功率的示例性框图。
- [0271] 图 72 是用于用另一 LED 测量从一 LED 发射的光功率的示例性电路图。
- [0272] 图 73A-C 解说了用于使用一组 LED 的光敏性来近似地确定从此类 LED 发射的光功

率的示例性方法。

[0273] 图 74A-D 解说了用于使用光源作为参考来确定从一组 LED 发射的光功率的示例性方法。

[0274] 图 75A-F 解说了用于提高图 3 中解说的方法的准确性的示例性方法。

[0275] 图 76A-D 解说了用于相对于彼此确定从一组 LED 发射的光功率的示例性方法。

[0276] 图 77 是用于实现图 73A-C、74A-D、75A-F 和 76A-D 中解说的方法的电路的示例性框图。

[0277] 图 78 是补偿 LED 强度变化的颜色校正矩阵的示例性框图。

[0278] 图 79A-C 解说了用于通过测量 LED 的光敏性来确定由该 LED 产生的光的峰值发射波长的示例性方法。

[0279] 图 80 是补偿 LED 强度和波长变化的颜色校正矩阵的示例性框图。

[0280] 虽然各实施例容许各种修改和替换形式,但其具体实施例作为示例在附图中示出且将在本文中详细描述。然而应理解,附图及其详细描述并不旨在将本发明限制为所公开的特定形式,相反,本发明意在覆盖落在本发明实施例的精神和范围内的所有修改、等效方案以及替换方案。

[0281] 实施例详细描述

[0282] 本文中描述利用发光二极管(LED)来发射光、接收来自光源的光、检测光发射以及用于各种其他目的和应用的各种实施例。虽然以下 8 个实施例描述了关于 LED 使用的不同方面,但它们也是相关的。因此,所公开的实施例可按需彼此组合和联用。例如,关于第二、第三、第七和第八实施例描述的校准和检测系统及方法可与本文中关于所有实施例描述的各种照明设备联用。还应注意,各种所公开的实施例可用在各种各样的应用中,包括液晶显示器(LCD)、LCD 背光、数字公告板、有机 LED 显示器、AMOLED(有源矩阵 OLED)显示器、LED 灯、照明系统、常规插座连接内的灯、投影系统、便携式投影仪和 / 或其他显示器、灯或照明相关应用。还应注意,本文中使用的“r”指定和下标通常是指红色,“g”指定和下标通常是指绿色,“b”指定和下标通常是指蓝色,而“w”指定和下标通常是指白色。

[0283] 还应注意,如本文中所使用的,照明设备一般旨在包括使用一个或更多个光源(包括使用一个或更多个 LED 实现的光源)来产生光的各种设备、系统或其他装置或组装件中的任一种。可在本文中描述的实施例中使用的 LED 包括常规 LED、有机 LED(OLED)、以及任何其他期望 LED。照明设备可实现为任何期望形式和 / 或应用,包括用在显示设备、LCD、LCD 背光、数字公告板、有机 LED 显示器、AMOLED(有源矩阵 OLED)显示器、LED 灯、照明系统、常规插座连接内的灯、投影系统、便携式投影仪和 / 或利用光源(包括 LED 光源)以及 LED 和 / 或用于检测所发射光的其他光检测器的任何其他期望应用中。因此,应理解,以下描述的实施例提供示例应用和实现而不应被认为是限制。确切而言,本文中描述的用于发射光、检测光发射和调节光发射的技术、方法和结构可用在其中光被发射、检测或调节的任何期望设备、系统或应用中,尤其是结合 LED 的使用来发射光、检测光发射和 / 或调节光发射。此外,集成电路和 / 或集成电路与其他电路(无论是分立的还是集成的)的组合可用于按需实现本文中描述的技术、方法和结构。集成电路和 / 或其他电路可与光源(诸如 LED)组合以形成与本文中描述的用于发射光、检测光发射和 / 或调节光发射的技术、方法和结构联用的照明设备。还应注意,如本文中所描述的,取决于期望应用和实现,LED 可按需实

现为分立 LED、集成 LED、一组串联 LED、串联 LED 的并联组或其他 LED 组合。

[0284] 还应注意,如本文中所使用的照明设备一般旨在包括发射光以用可见光来照明一区域或另一物体以便例如由人眼观察或看到的任何设备或装置,诸如将在灯、照明系统、显示系统、OLED 面板、LCD 面板、投影仪、公告板和 / 或产生可见光以便由人眼观察或某种其他观察系统作为可见光观察的任何其他设备或装置中提供或由其提供的。在这种意义上,仅将光用于通信目的的设备或装置很可能不是如本文中一般地描述的照明系统。

[0285] 现在将关于附图描述示例实施例。第一实施例关于显示设备和光指示系统来描述本文中描述的技术、方法和结构的使用。第二实施例关于显示系统的校准来描述本文中描述的技术、方法和结构的使用。第三实施例关于 LED 校准来描述本文中描述的技术、方法和结构的使用。第四实施例关于各种照明设备来描述本文中描述的技术、方法和结构的使用。第五实施例关于智能 LED 灯来描述本文中描述的技术、方法和结构的使用。第六实施例关于可见光通信的同步来描述本文中描述的技术、方法和结构的使用。第七实施例关于包括白光发射器的广谱光发射器的校准来描述本文中描述的技术、方法和结构的使用。而第八实施例提供用于 LED 校准的技术、方法和结构的替换描述。如上所述,这些实施例可按需单独或彼此结合地使用,以利用本文中描述的用于发射光、检测光发射以及调节光发射的技术、方法和结构,尤其是使用 LED 的技术、方法和结构。

[0286] 还应注意,关于本文中例如在图 3、7、8、11、15、18、19、20、21、22、23、29、30、32、36、37、38、41、42、43、45、46、53、57、58、59、61、62、77、78 和 80 中描绘的框图来示出和描述的操作框和电路可按需使用任何期望电路来实现,包括集成电路、非集成电路或者集成电路与非集成电路的组合。此外,应注意,还可关于这些框使用可编程或已编程电路,诸如数字信号处理器 (DSP)、微处理器、微控制器和 / 或其他可编程或已编程电路。此外,可连同该电路按需使用软件、固件或其他代码以实现本文中描述的功能。

[0287] 第一实施例

[0288] 公开了利用显示设备中的 LED 来响应来自光指示设备的光信号的显示器和光指示器系统及相关方法。以下关于附图描述各个实施例。若需要,还可实现其他特征和变化,并且也可利用相关的系统和方法。

[0289] 部分地,所公开的实施例涉及具有 LED 阵列的显示器以及使用可见光与这些阵列中的个体 LED 通信的相关联指示设备。这些 LED 阵列可如同 LED 公告板和体育场馆记分牌中那样直接产生图像,或者可产生用于例如 LCD 屏幕的背光。指示设备使用可用数据调制或可以不用数据调制的光束与个体像素或像素群通信,该光束被该阵列中暴露于该光束的 LED 检测。周期性地,阵列中的 LED 停止产生光并且用相关联的驱动器设备配置成检测来自指示设备的光。此类配置使得用户能很像计算机鼠标那样在屏幕显示器上指示并点击。

[0290] 如本文中所描述的一个改进系统使用光指示设备(诸如激光指示器或闪光灯)来控制例如具有 LED 背光的 LCD 显示器或由有机或常规 LED 阵列构成的显示器上的图形用户界面。由于跨此类显示器扫描图像,因此每一帧都有 LED 不产生光的时间。在此类光关闭时间期间,LED 被用于检测是否存在来自光指示设备的光。图形控制器处理一系列帧里的此类信息以检测来自指示设备的照明显示器上的特定位置的光模式并采取恰当动作。此类动作除其他事项外还可以是选择菜单中的项目、拖放项目、或弹出菜单。

[0291] 最简单的指示设备可以是具有单个开 / 关按钮的激光指示器或闪光灯。例如在显

显示器播放视频或电视广播的情况下,显示器可响应于在该显示器上任何地方检测到的亮点而在屏幕一部分上弹出主菜单。一旦该光点被定位在菜单中的特定项目(诸如改变电视频道)上,并且随后被关闭和再开启,则可采取恰当的动作。在显示器(诸如公告板)广告例如商品的情况下,来自指示设备的光开关模式可导致显示器提供关于特定项目的更多信息。这些仅仅是显示器与指示设备之间的交互的一些示例,有更多交互是可能的。

[0292] 在更复杂的指示设备和显示器的情况下,可从指示设备向显示器传达数据以及潜在地甚至从显示器向指示设备传达数据。例如,被专门修改以产生用数据调制的光的激光指示器可向显示器(诸如公告板)传送个人信息(诸如电子邮件地址)。在该示例中,用户可指令显示器将更多信息发送至电子邮件地址。再次,该示例仅仅是许多可能的数据通信应用之一。

[0293] 本文中针对的显示器类型包括使用 LED 进行照明的任何显示器,但通常可被分成三个类别:有机 LED(OLED)显示器、常规 LED 显示器、以及带有 LED 背光的液晶显示器(LCD)。OLED 显示器通常包括具有薄膜晶体管的玻璃片以及由在一侧生长的有机化合物构成的 LED,以产生通常包括红色、绿色、蓝色和白色子像素的像素的阵列。每个子像素通常具有由薄膜晶体管构成的电流源,该薄膜晶体管由通常坐落在该玻璃的周界两侧的列和行驱动器控制。行驱动器通常产生至一行像素或子像素的逻辑电平写信号,而列驱动器产生与期望子像素电流相对应的模拟电压。此类电压通常被存储在每个像素或子像素中的电容器上。

[0294] 视频图像通常在行驱动器按顺序发送写信号至 OLED 阵列(通常从该阵列的顶部至底部)时每次被显示一行。随时间显示一系列静止图像或帧则产生运动图像。当一个图像每次被显示一行时,先前图像每次被移除一行。为了防止公知的被称为“运动模糊”的视觉效应,LED 的每一行在显示当前帧的行之前被关闭达一段时间,这移除了先前帧。被恰当地设计成减少运动模糊的 OLED 显示器的高速快照将显示被照明的一批 LED 行,而显示器的其余部分是暗的。行驱动器通常每帧向每行像素或子像素写两次以将 LED 开启并随后关闭。

[0295] 显示器上被指示设备照明的光点每次被检测一行。根据一个实施例,行驱动器顺序地向与产生光的行有某个偏移量的每个像素或子像素行产生感测信号,以防止从产生光的行至检测光的行的光串话。当感测信号有效时,该行中的每个子像素在由入射光跨相关联的 LED 感应的电压大于某个电平的情况下可产生电流,该电流随后可由与列驱动器相关联的电流感测电路跨各列进行检测。图形控制器监视一帧里关于每一行的电流感测电路输出以确定来自指示设备的照明的位置,以及监视许多帧里关于每一行的电流感测电路输出以确定要采取的动作。

[0296] 尽管 OLED 像素通常包括多个不同的彩色 LED(诸如红色、绿色、蓝色和白色),通常仅一种颜色被用于检测来自指示设备的照明。例如,若红色激光指示器被用作指示设备,则显示器中的红色子像素被用于检测照明。若产生白光的闪光灯是指示设备,则取决于白光的光谱,显示器中的红色或绿色子像素可用于检测照明。

[0297] 由通常包括元素镓且个体地封装的常规 LED 构成的显示器通常非常大且被用于公告板或体育场中的视频显示器。如同小型 OLED 显示器一样,每个像素通常包括红色、绿色和蓝色子像素,但通常不具有白色子像素。每个子像素 LED 通常由来自 LED 驱动器 IC(集

成电路)的电流源驱动,LED 驱动器 IC 通常包括与多个子像素相关联的多个电流源。此类 IC 可串联在一起并通过网络接口 IC 连接至图形控制器,图形控制器产生像素数据,接收来自指示设备的照明的位置,并采取恰当的动作。

[0298] 每个驱动器 IC 包括由脉冲宽度调制器控制以从每个相关联 LED 产生光的电流源、以及用于检测入射在每个 LED 上的光的比较器。不同于 OLED 显示器,每个 LED 用固定电流驱动达可变时间量,而非用可变电流驱动达固定时间量。与每个 LED 相关联的脉冲宽度调制器每帧接收来自图形控制器的数字值并开启相关联的电流源达成比例的时间量。最大数字值对应于电流源可开启的最大时间量,其应当小于帧周期以防止运动模糊。

[0299] 在各帧之间与特定 LED 相关联的电流源保证关闭的时间期间,来自指示设备的照明可被检测。若由入射光跨 LED 感应的电压大于特定值,则相关联的比较器输出走高,从而指示存在来自指示设备的光。若感应电压小于该特定量,则比较器输出为低,从而指示不存在光。所有比较器输出的状态被传回给图形控制器以进行处理。

[0300] 像 OLED 显示器一样,常规 LED 显示器通常每次被扫描一行或一列,这在任何一个时间跨显示器产生照明 LED 带。显示器的其余部分是暗的。为了防止从产生光的 LED 至检测光的 LED 的光串话,每个 LED 驱动器 IC 通常在相关联的 LED 位于暗区中间附近时对比较器输出进行采样。

[0301] 液晶显示器调制由背光产生的光量以在屏幕上创建图像。包括 LED 的背光通常来自两个版本之一。对于例如膝上型计算机上的较小显示器,沿显示器一侧坐落的 LED 将光注入漫射器,漫射器产生跨显示器的均匀白光。对于使用 LED 背光的大屏幕电视,LED 通常在液晶像素阵列背后像常规 LED 显示器一样被安排成阵列。由每个 LED 或每组 LED 产生的光量可每帧被调节以按被称为“局部调光”的方式提高对比度,局部调光对于带有荧光背光或沿显示器一侧坐落的 LED 背光的 LCD 是不可能的。

[0302] 用于 LCD 的 LED 背光通常包括由带有黄色荧光粉涂层的蓝色 LED 构成的白色 LED,或例如红色、绿色和蓝色 LED 的组合。一个实施例将像常规 LED 显示器一样配置成阵列的彩色 LED 用于 LCD 背光。

[0303] 液晶像素阵列通常包括与每个液晶子像素相关联的薄膜晶体管和电容器。液晶子像素的透明度由电容器上保持的电压决定并且由相关联的行和列驱动器控制。像 OLED 显示器一样,液晶阵列通常每次在相关联的逻辑电平写信号变为有效时被写一行。来自列驱动器的模拟电压随后通过该行中每个像素元件中的晶体管被传递至电容器。通常,该模拟电压被保持达一个帧周期,直至用下一帧的数据编程该行。

[0304] 为了减少运动模糊,背光阵列可被扫描,从而显示器仅从任何给定行产生光达帧周期的一部分。由 LED 背光阵列产生的光带以固定偏移量跟随液晶行的更新以允许液晶元件有时间稳定。背光阵列中的 LED 可连接至针对常规 LED 显示器描述的相同驱动器 IC,该驱动器 IC 产生固定电流达可变时间量以从 LED 产生光,并监视由入射光跨 LED 感应的电压以检测来自指示设备的照明。

[0305] 就像常规 LED 显示器一样,LED 背光阵列可在每一行 LED 不产生光时检测来自指示设备的光。然而,若正显示的图像非常暗,则液晶元件将阻挡来自和去往背光的光。在此类场景期间,LED 阵列可能无法检测来自指示设备的光。为了改善该灵敏度,每个液晶行在用下一图像的数据编程前可被设为全透明达某个时间段,这可继来自背光的光带之后以某

个固定偏移量创建透明液晶带。在该透明带后面,不产生光的 LED 可检测来自指示设备的光。此类系统通常要求液晶阵列写平常的两倍或要求每个液晶元件中有附加电路和信号,并且可能由于从背光通过透明带的光泄漏而使对比度降级。

[0306] 一个实施例通过在各图像帧之间插入短暗帧来维持高对比度和较低液晶更新率、防止运动模糊、以及检测来自指示设备的信号。在每帧结束时,整个背光首先被关闭,然后通过同时启用所有行写信号并将所有列数据信号保持在与透明相关联的电压上来将整个液晶阵列设为全透明。在液晶为透明时,驱动器 IC 监视跨所连接的 LED 感应的电压以检测来自指示设备的照明,并将结果报告给图形控制器。最后,紧接在扫描下一帧之前,通过同时启用所有行写信号并将所有列数据信号保持在与不透明相关联的电压上来将整个液晶阵列设为不透明。

[0307] 本文中描述的改进的显示器和指示器系统解决直接使用 LED 或将 LED 用作背光进行照明的显示器的问题。大体积和混乱的电视遥控器可被简单的激光指示器或闪光灯取代,并且广告商的效果可通过向观众提供交互式体验而得到改善。

[0308] 如上所述,该第一实施例还可与关于本文所述的其他实施例描述的技术、方法和结构联用。例如,关于第二、第三、第七和第八实施例描述的校准和检测系统及方法可按需与该第一实施例中描述的显示器系统和方法联用。此外,本文描述的各种照明设备、光源、光检测器、显示器、和应用以及相关的系统及方法可按需与该第一实施例中描述的显示器系统和方法联用。此外,如上所述,关于该第一实施例描述的结构、技术、系统和方法可用在本文描述的其他实施例中,并且可用在任何期望的照明相关应用中,包括液晶显示器(LCD)、LCD 背光、数字公告板、有机 LED 显示器、AMOLED(有源矩阵 OLED)显示器、LED 灯、照明系统、常规插座连接内的灯、投影系统、便携式投影仪和 / 或其他显示器、灯或照明相关应用。

[0309] 现在转到附图,图 1 是包括显示器 11 和指示器 12 的指示器及显示器系统 10 的一个示例。显示器 11 包括发光二极管(LED),该 LED 用于在 OLED 或常规 LED 显示器的情形中直接进行图像照明,或者在液晶显示器(LCD)的情形中用于背光。优选不同颜色(例如,红色、绿色和蓝色)的 LED 产生在 OLED 或 LED 显示器的情形中为直接准确地表示图像通常所必需的、或由 LCD 调制的宽色域的颜色。

[0310] 指示器 12 优选地包括按钮 15,其在被按压时使指示器 12 产生光束 16 以及在释放时移除光束 16。光束 16 优选地由红色激光指示器产生,但可以是任何颜色或颜色组合,包括白色。另外,光束 16 可由一个 LED 或多个 LED、白炽闪光灯、或任何其他可能的光源产生。在指示器 12 瞄准显示器 11 并且按钮 15 被按压时,光束 16 在显示器 11 上产生光点 14。显示器 11 检测光点 14 并且优选地产生交互式菜单 13。通过在显示器 11 中到处移动光点 14 并在恰当的时间按压和释放按钮 15,系统 10 可以很像计算机和计算机鼠标那样操作。

[0311] 光点 14 优选地在构成像素或背光的 LED 关闭时的在视觉上察觉不到的时间期间被显示器 11 检测。光束 16 在光点 14 下被恰当波长照明的那些 LED 上感应电压,该电压被显示器检测和处理。按钮 15 点击的序列结合光点 14 的位置使得用户能弹出菜单、在图形用户界面中导航、和拖放项目以及还有许多其他事项。

[0312] 图 1 是许多可能的显示器及指示器系统 10 的一个示例。例如,指示器 12 可具有多个按钮或没有按钮。光束 16 可以是例如计算机生成和控制的,并且可用数据调制以向显

示器 11 传达更多信息。显示器 11 可调制来自个体像素的光以反过来向指示器 15、向另一显示器 11、或某个其他电子设备通信。

[0313] 图 2 是用于系统 10 的简单通信协议的示例,其根据时间示出了按钮 15 的按钮状态 26、光束 16 的光输出状态 27、以及显示器 11 的状态 28。按钮 15 的高状态表示按钮被释放,而低状态表示按钮被按压。光束 16 的高状态表示指示器 12 正产生光,而低状态表示没有光。显示器 11 状态 S0 至 S6 表示光点 14 的许多可能的时间和空间组合之一以从主菜单 20 选择项目。

[0314] 显示器 11 状态 S0 表示显示器例如在显示视频或电视广播时的正常操作。在按钮 15 被按压了时间 $T_{开1}$ 后,进入状态 S1,按压按钮 15 产生光束 16 和光点 14。在状态 S1 中,主菜单 20 覆盖在例如正播放的视频上。状态 S2 解说光点 14 被用户定位在要选择的恰当主菜单 20 项目上。当按钮 15 被释放并且光束 16 关闭时,显示器 11 进入状态 S3。倘若按钮 15 在时间 $T_{选择}$ 内被按压并产生光束 16,则显示器 11 进入状态 S4。显示器 11 检测光束 16 的短关闭时间并在时间 $T_{开2}$ 后在状态 S5 中例如用子菜单 21 作出响应。在该示例中,不需要来自子菜单 21 的项目,并且当按钮 15 被释放且光束 16 关闭时,进入状态 S6。在时间 $T_{关}$ 之后,显示器 11 返回正常操作状态 S0。

[0315] 图 2 中解说的示例协议是用于通信或控制显示器 11 的许多可能的不同手段之一。例如,按钮 15 可被双击以拖放项目,或者不同的按钮可产生不同代码或颜色的光以指示不同事项。作为另一种可能性,指示器 12、另一显示器 11、或另一电子设备可同步至周期性的光关闭周期并传达跨显示器 11 的高带宽数据。

[0316] 图 3 是包括 LED 阵列 33 的 OLED 显示器 11 的示例框图,OLED 显示器 11 有 R 行和 C 列通常安排在有一个红色、一个绿色、一个蓝色和一个白色子像素 LED 的像素中的子像素 LED。LED 阵列 33 包括 R/2 行和 C/2 列此类子像素。每个子像素 LED 被配置成通过由行驱动器 32 产生的特定 WR(写)信号和由列驱动器 31 产生的数据信号上的电压的组合来产生特定量的光。当 WR 信号为高时,每个数据信号上的模拟电压被编程到由该特定 WR 信号激活的这行 LED 中。

[0317] 电源 35 产生用于 LED 阵列 33 的主功率 V_{dd} 以及用于优选地在红色子像素上检测光点 14 的参考电压 V_r 和 V_c 。当来自行驱动器 32 的 SNS(感测)信号之一走高时,对于由特定 SNS 信号激活的该行中的红色子像素在被光点 14 照明时,来自 LED 阵列 33 的 IOUT(电流输出)信号发起进入电流感测 34 的电流。与未被光点 14 照明的红色子像素相关联的 IOUT 信号上不存在电流。电流感测 34 响应于每个 IOUT 输入而产生 SOUT(信号输出)逻辑电平信号,其被图形及时序控制电路 30 检测和处理。还产生用于行驱动器 32 的时序和用于列驱动器 31 的数据的图形及时序控制电路 30 将 SOUT 输入与时序相组合以精确地确定哪些子像素被光点 14 照明。

[0318] 图 3 仅仅是显示器 11 的许多可能框图之一,显示器 11 可使用包括但不限于分立无机 LED 阵列或液晶的各种技术中的任何技术来构建。同样,用 OLED 构建的显示器 11 的框图可能基本上不同。例如,若 LED 阵列 33 包括更复杂的像素和子像素电路,则此类子像素可由附加的外部电路来校准以消除 LED 光输出和驱动电流的变化,或者由一组启用信号复用以减少子像素电路。此类 LED 显示器 11 的框图可能基本上不同。

[0319] 图 4 是 LED 阵列 33 中由行坐标 I 和 I+1 以及列坐标 J 和 J+1 引用并且包括红色

子像素 41、绿色子像素 42、蓝色子像素 43、白色子像素 44 和比较器 45 的 OLED 像素 40 的示例框图。所有子像素中的电路是相同的,除了所包括的 LED 的颜色。红色子像素 41 的不同之处仅在于 V_{led} 信号被连接至比较器 45,在红色子像素 41 被光点 14 照明且 $SNS(i/2)$ 有效时,比较器 45 将红色 LED 的正极上的电压与 V_r 作比较并发起去往 $IOUT(j/2)$ 的电流。

[0320] 信号 $WR(i)$ 和数据 (j) 编程由红色子像素 41 产生的光,信号 $WR(i)$ 和数据 $(j+1)$ 编程由白色子像素 44 产生的光,信号 $WR(i+1)$ 和数据 (j) 编程由绿色子像素 42 产生的光,而信号 $WR(i+1)$ 和数据 $(j+1)$ 编程由蓝色子像素 43 产生的光。所有子像素都由 VDD 供电。

[0321] 图 4 仅仅是许多可能的像素 40 框图之一。例如,可以使用任何颜色组合或者仅一种颜色。此外,任何颜色或所有颜色的 LED 可被用于检测光点 14 的一个或更多个实例、或者一个或更多个数据通信光通道。若两个启用信号在各子像素之间进行选择,则所有子像素可通过一个 WR 信号和一个数据信号来访问。

[0322] 图 5 是红色子像素 41、比较器 45 和电流感测 34 中由坐标 J 引用的个体电流感测元件的示例电路图。在产生光时,LED 56 由通过晶体管 50 的电流驱动,该电流由存储在电容器 55 和晶体管 50 的栅极上的电压设置。电容器 55 上的电压在 $WR(i)$ 信号为高时被设为数据 (j) 上的电压。当 $WR(i)$ 走低时,电容器 55 保持该电压,从而在其他 WR 信号走高时,数据 (j) 可用于编程其他行的子像素中的电流。在 $WR(i)$ 为高时,连接至 $WR(i)$ 的所有子像素同时被所有数据信号编程。

[0323] 为了检测来自光点 14 的光,首先通过将跨电容器 50 的电压编程为 0 伏或小于晶体管 50 阈值电压的某个值来关闭晶体管 50。随后 $SNS(i/2)$ 信号走低以产生通过晶体管 52 的电流,该电流被操纵成在跨 LED 56 的电压小于参考电压 V_r 时通过晶体管 54 接地以及在跨 LED 56 的电压大于 V_r 时通过晶体管 53 至 $IOUT(j/2)$ 。 $SNS(i/2)$ 连接至 LED 阵列 33 的 $I/2$ 行中的所有红色子像素 41 中的晶体管 52。VDD 连接至所有子像素,而 V_r 连接至 LED 阵列 33 中的各比较器 45。像素 40 中的所有组件通常使用薄膜技术来加工。

[0324] 由红色子像素 41 发起进入电流感测 34 元件 J 的电流被电阻器 57 和放大器 58 转换成电压,并且该电压通过比较器 59 与参考电压 V_c 作比较。由光点 14 在 LED 56 上感应的电压可从几毫伏变化到几伏。参考电压 V_4 被设为足够高的值以防止环境光导致比较器 45 在 $IOUT$ 上发起电流,但又足够低以使显示器 11 以低光功率来检测光点 14。 V_r 的电压设置可基于入射在显示器 11 上的环境光水平来动态地调节,但通常将在 500mV 到 1V 的范围中。由于信号 V_r 连接至放大器 58 的正输入端,因此 $IOUT$ 的电压通过反馈电阻器 57 被保持为非常接近 V_r 。在该电流由比较器 45 发起时,放大器 58 的输出下降至参考电压 V_r 以下。参考电压 V_c 连接至比较器 59 的正端。当放大器 58 的输出下降至 V_c 以下时,电流感测 34 输出 $SOUT(j)$ 走高。参考电压 V_c 应设置成比参考电压 V_r 小足以抑制噪声的量。 V_c 通常是 V_r 的约一半。

[0325] 图 5 是用于子像素和光点 14 检测的许多可能电路图之一。例如,子像素电路可包括用于校准晶体管 50 阈值电压或 LED 56 输出光的变化能力。比较器 45 可包括附加晶体管以输出电压而非电流,或者可检测光生电流而非来自 LED 56 的电压。可使用附加信号来关闭进入 LED 56 的电流而非使用 $WR(i)$ 信号。许多其他电路配置是可能的。

[0326] 图 6 是用于具有 1080 行像素的高清晰 (HD) TV 的显示器 11 时序的示例解说,其示出如何扫描图像以及检测光点 14。图 6 包括显示器 11 在一帧周期内的时间 T_0 、 T_1 、 T_2 和

T3 的 4 个快照 60。帧是产生视频或运动画面的序列中的单个图像,而帧周期是从第一帧的呈现开始至第二帧的呈现开始的时间。快照 60 下方是具有坐标 (1080, j) 的被照明的红色子像素 41 和具有坐标 (1082, j) 的未被照明的红色子像素 41 的输入和输出信号的详细时序图 61。

[0327] 在时间 T0, 帧 N 开始被显示, 其中 WR(0) 走高且数据 (j) 信号包含与 LED 阵列 33 中的第一行子像素中的每个子像素的期望输出光功率相对应的模拟电压。刚好在 WR(0) 走高之前, WR(200) 走高, 其中所有数据 (j) 信号被短路至 VDD 以关闭行 200 中的所有子像素中的所有 LED。标为“黑”且在快照 60 中在 T0 处在 WR(0) 与 WR(200) 之间、在 T1 处在 WR(540) 与 WR(740) 之间、在 T2 处在 WR(1080) 与 WR(1280) 之间以及在 T3 处在 WR(1620) 与 WR(1820) 之间示出的框表示显示器 11 的不发射光的区域。正是在沿显示器 11 重复向下行进的该区域中检测光点 14。在 T0, 在该暗区下方从行 201 起仍在显示帧 N-1。

[0328] 时间 T1 发生在帧 N 开始后的四分之一帧周期处, 此时仅显示了帧 N 顶部的 25%。WR(740) 走高以清除帧 N-1 的另一行, 且 WR(540) 走高以显示帧 N 的另一行。在时间 T2, 显示了上半帧 N, 其中 WR(1080) 走高以显示帧 N 的另一行且 WR(1280) 走高以清除帧 N-1 的另一行。在时间 T3, 显示了帧 N 的四分之三, 其中 WR(1620) 走高以显示帧 N 的另一行且 WR(1820) 走高以清除帧 N-1 的另一行。

[0329] 时序图 61 解说了写和感测信号对 WR(0) 和 SNS(0)、WR(540) 和 SNS(270)、WR(1080) 和 SNS(540)、以及 WR(1280) 和 SNS(640) 在两个帧周期 N 和 N+1 上作为时间函数的状态。如图 4 中所示, 每个像素 40 具有两个输入写信号 WR(i) 和 WR(i+1) 以及一个输入感测信号 SNS(i/2)。详细时序图 62 展开了从 WR(1280) 清除帧 N-1 的行时的 T2 至 WR(1280) 再次走低以显示帧 N 的另一行的时间的时间区域。

[0330] 在详细时序图 62 中的时间 T4, WR(1280) 走低, 同时所有数据 (j) 信号为高, 这通过将电容器 55 放电并关闭晶体管 50 来关闭来自行 1280 中的任何子像素的光。在 WR(1280) 走高之前, 跨连接至 WR(1280) 的红色子像素 41 中的红色 LED 的电压由每个红色子像素 41 中的晶体管 50 发起的电流决定并且可在从 0 到 2 或 3 伏中任一处。详细时序图 62 解说了跨被光点 14 照明的一个特定红色 LED 的电压。在 WR(1280) 走高之前, $V_{led}(1280, j)$ 可在从 0 到 2 或 3v 中任一处。当 WR(1280) 走高时, 该电压相对缓慢地朝由光点 14 的光功率决定的中间值漂移。

[0331] 在时间 T5, WR(1280) 返回高且 WR(1080) 走低, 其中数据 (j) 由列驱动器 31 用要编程到行 1080 中的子像素中的模拟电压来驱动。在时间 T6, WR(1282) 走低, 其中所有数据 (j) 信号为高, 这关闭去往连接至 WR(1280) 的行之下的下一行像素 40 中的所有红色子像素 41 的电流。详细时序图 62 还解说了跨连接至 WR(1282) 的未被光点 14 照明的特定红色子像素 41 中的红色 LED 的电压。 $V_{led}(1282, j)$ 在 WR(1282) 走高后很快走低。

[0332] 在时间 T7, 与 WR(1280) 连接至同一行像素 40 的感测信号 SNS(640) 走低。这开启比较器 45, 比较器 45 将 $V_{led}(1280, j)$ 与参考电压 V_r 作比较。由于 $V_{led}(1280, j)$ 处于中间电压且假定 V_r 被恰当地设置成低于该中间电压, 因此来自电流感测 34 的 SOUT(j) 走高。在时间 T8, SNS(640) 走高且 SNS(641) 走低, 这关闭连接至 WR(1280) 的像素 40 行中的比较器 45 并开启连接至 WR(1282) 的像素行 40 中的比较器 45。将 $V_{led}(1282, j)$ 与 V_r 作比较且由于 $V_{led}(1282, j)$ 为低, 因此 SOUT(j) 将走低。

[0333] 在时间 T₉, WR(1280) 再次走低,但这次数据 (j) 信号被列驱动器 31 驱动至显示帧 N 中的图像的第 640 行中的红色子像素 41 和白色子像素 44 的恰当电平。V_{led}(1280, j) 相应地改变。在时间 T₁₀, WR(1282) 走低,其中数据 (j) 信号被列驱动器 31 驱动至显示帧 N 中的图像的第 641 行中的红色子像素 41 和白色子像素 44 的恰当电平。V_{led}(1282, j) 相应地改变。

[0334] WR(1280) 在 T₄ 第一次走低与在 T₉ 第二次走低之间的时间等于显示帧 N 中的图像的 100 个像素 40 行所花的时间。由于该示例解说了具有 1080 行的 HD 显示器的时序,因此从 T₄ 到 T₉ 的时间等于帧周期的大约 10%。在 60Hz 帧率下,该时间为大约 1.7 毫秒,其足以使 V_{led}(1280, K) 到达其最终值。

[0335] 时序图 61 和详细时序图 62 仅示出了 OLED 显示器 11 中的信号的较小子集,因为存在数千个此类信号。具体而言,未示出 WR(1281),因为其未连接至红色子像素 41 且因此在检测光点 14 时不被涉及。

[0336] 图 6 解说了 OLED 显示器 11 时序的许多可能性之一。由于框图和电路图可以基本上不同于图 3、4 和 5,因此相关联的信号可能基本上不同于图 6 中所示的那些信号,且因此时序图可以完全不同。对于图 3、4 和 5 中所示的框图和电路图,图中所示的时序也可以显著不同。例如,从 T₄ 至 T₉ 的时间可以更短或长得多,或者 WR(i) 信号的序列可以清除前一帧的多行并随后写当前帧的多行。

[0337] 图 7 是使用常规分立半导体 LED 的显示器 11 的示例架构图,其包括具有相关联 LED 71 的彼此串联且连接至网络接口 (I/F) IC 72 的阵列 LED 驱动器 IC 70。网络接口 IC 72 通过控制和数据总线连接至图形控制器 73。该阵列在此示例中具有 N 列和 M 行驱动器 IC 70,其各自连接至 P 个 LED 71。在 P 等于 16 且每像素有三个 LED 的情况下,对于具有 1920x 1080 分辨率的 HD 显示器,N 和 M 将分别等于 120 和 3240。对于每像素有 3 个 LED 的标准 48 英寸 × 14 英寸公告板且 P 等于 16, N 将等于 48 且 M 将等于 672。

[0338] LED 71 可以全部是相同颜色的,或者可分成例如红色、绿色和蓝色。对于 RGB 显示器,不同颜色可按不同方式安排。一个示例是将显示器组织成各有 3 行的组,每组中的每一行为不同颜色。

[0339] 图形控制器 73 产生要数字地显示的数据,其被转发给网络接口 IC 72。网络接口 IC 72 串行化该数据,其在时分复用数据帧中在链式驱动器 IC 70 中发送。每个驱动器 IC 被指派用于接收图像数据以及发送关于光点 14 的信息的特定时间隙。该数据帧以视频帧率重复,这使得每个驱动器 IC 70 能在每个视频帧将驱动电流更新至每个 LED 71 以及向图形控制器 73 报告光点 14 的存在。图形控制器 73 处理来自所有驱动器 IC 72 的响应以确定精确的光点 14 位置并采取恰当的动作。

[0340] 图 7 是许多可能的架构图之一。例如,每个驱动器 IC 70 可串联地或并联地通过复用器直接连接至图形控制器 73。LED 驱动器可由分立组件而非由驱动器 IC 70 构成。用于 LED 驱动器的数据甚至可用模拟电压而非数字值来传达。

[0341] 图 8 是驱动器 IC 70 的示例框图,驱动器 IC 70 在此示例中驱动 16 个 LED 71 并且包括网络接口 81、时序和控制电路 82、16 个输出驱动器 84、数模转换器 (DAC) 85、缓冲器放大器 86 以及电流偏置 (I_{bias}) 87。时序和控制电路 82 还包括寄存器 83。输出驱动器 84 还包括脉冲宽度调制器 (Mod) 89、电流源 90 和比较器 88。

[0342] 如图 7 中所示,网络接口 81 接受来自上游的串行输入数据并为下游驱动器 IC 70 产生串行数据。网络接口 81 还从数据恢复时钟 (CK),并且检测和同步至输入数据帧时序。然而,大多数收到串行数据被重传,因此所指派时隙中的数据被转发给时序和控制电路 82。时序和控制电路 82 除其他事项外还产生关于是否存在光点 14 的信息并将其转发给网络接口 81 以在移除了 LED 71 照明数据的所指派时隙中传输。

[0343] 时序和控制电路 82 管理驱动器 IC 70 的功能。用于 LED 71 的照明数据被缓冲、处理、延迟并在恰当的时间转发给 16 个输出驱动器 84。时序和控制电路 82 还在恰当的时间提供恰当的数字值以供 DAC 85 连同缓冲器 86 和电流偏置 (ibias)87 一起产生分别由比较器 88 和电流源 90 使用的电压参考信号 VREF 和偏置电流 IBIAS。寄存器 83 还在恰当的时间被捕捉 (CAP) 信号时钟控制以存储 16 个比较器 88 输出 (CMP)。

[0344] 输出驱动器 84 产生去往 LED 71 的脉冲宽度调制电流并监视例如由来自光点 14 的入射光感应的 LED 71 电压。调制器 89 接收来自时序和控制电路 82 的数字并产生将电流源 90 开启和关闭的逻辑电平信号 (PWM)。PWM 的频率通常等于串行数据帧率和视频帧率,其中占空比与来自时序和控制电路 82 的数字值有关。电流源 90 在 PWM 为高的时间期间产生与 IBIAS 成比例的电流,该电流通过 LED 71 被汲取以产生光。

[0345] PWM 的最大占空比由来自时序和控制电路 82 的数字的最大值设置,并且通常是视频帧周期的某个分数,例如四分之一。一旦自从 PWM 上的脉冲开始已流逝了该最大时间量,时序和控制电路 82 就改变提供给 DAC 85 的值以产生 VREF,并且在 CAP 上生成脉冲以在某个时间之后将 16 个比较器 88 输出存储在寄存器 83 中。若例如光点 14 正照明 LED 71 之一,则该 LED 71 将生成大于 VREF 的电压,这将导致来自相关联比较器 88 的 CMP 输出走高。未被照明的 LED 71 将不会产生大于 VREF 的电压,这将导致来自相关联比较器 88 的 CMP 输出为低。

[0346] 图 8 仅仅是许多可能的驱动器 IC 70 框图的一个示例。例如,若图 7 中的每个驱动器 IC 70 直接连接至图形控制器 73,则将不需要网络接口 81。在图 7 中所示的串行配置下,若另一输入被用于接受时钟输入,则网络接口 81 将无需从数据恢复时钟。同样,若提供了帧时钟输入,则网络接口 81 将无需同步至串行输入帧时序。此外,每个输出驱动器 84 可包括电流 DAC 而非调制器 89 和电流源 90。此类 DAC 将提供可变量的电流达固定时间量,而非提供固定电流达可变时间量。另外,光点 14 可通过测量由光点 14 感应的 LED 71 电流而非 LED 71 电压来检测。

[0347] 图 9 解说了使用常规分立半导体 LED 的 LED 显示器 11 的时序的示例,其包括快照 91 和时序图 92。快照 91 解说了显示器 11 在一个视频帧 N 内的 4 个不同时间 T0、T1、T2 和 T3 的状态。每个快照被标记为“帧 n”的区域表示图像,而每个快照被标记为“黑”的区域表示不产生光的行。例如,在 T0,仅行 1 至 M/4 正在产生光;在 T1,仅行 M/4 至 M/2 正在产生光;在 T2,仅行 M/2 至 3M/4 正在产生光;而在 T3,仅行 3M/4 至 m 正在产生光。

[0348] 时间 T0 发生在贯穿帧 N 的路途的四分之一处,其中该图像顶部的四分之一被显示。在 T0,第 M/4 行中的所有驱动器 IC 70 中的所有 PWM 信号刚刚开启,并且第一行中的所有驱动器 IC 70 中的所有 PWM 信号保证被关闭。第一行中的大多数 PWM 信号将由于经调制亮度而在 T0 之前关闭,但 T0 是该行中所有 PWM 信号保证被关闭的第一时间。

[0349] 时间 T1 发生在贯穿帧 N 的路途的一半处,其中该图像从行 M/4 至 M/2 的第二个四

分之一被显示。时间 T2 发生在贯穿帧 N 的路途的四分之三处,其中该图像的第三个四分之一被显示。时间 T3 发生在帧 N 的末尾,其中该图像底部的四分之一被显示。在快照 91 表示的那些时间之间的时间,在该示例中,该图像的四分之一将被显示,但将位于显示器 11 上的不同位置。所显示的四分之一在帧周期期间从显示器顶部前进至底部。

[0350] 时序图 92 解说了位于沿显示器 11 向下的路途的顶部、以及四分之一、一半和四分之三处的 4 个不同行 1、M/4、M/2、和 3M/4 中的驱动器 IC 70 中的 PWM 和 CAP 信号的可能时序。索引 J 指示此类行中的所有列。在时间 T4——其为帧 N 的开头,第一行驱动器 IC 70 中的 PWM 信号开启。截至 T0,所有此类信号保证被关闭。在时间 T5——其距 T0 和帧 N 末尾 T3 同样远,第一行中的所有驱动器 IC 70 中的 CAP 信号产生脉冲以捕捉来自比较器 88 的 CMP 信号输出。CAP 相对于 PWM 的该时序使来自开启的 LED 的光耦合对光点 14 检测的干扰最小化。

[0351] 时间 T6、T7 和 T8 解说了在沿显示器 11 向下的路途的四分之一、一半和四分之三处在驱动器 IC 70 中产生脉冲 CAP 的可能时间。CAP 信号上的脉冲以比图像的正被显示的部分晚显示器的八分之三的方式沿显示器 11 向下前进。

[0352] 图 9 解说了许多可能的 LED 显示图之一。例如,任一行中的 LED 71 关闭的时间量可以短得多或长得多,且 LED 71 被采样以进行光点 14 检测的时间也可以变化。行和列也可被扫描,从而每次仅一个驱动器 IC 70 开启,而非整行开启。显示器 11 可在列基础上而非在行基础上被扫描,或者完全不扫描。整个图像可闪现且随后关闭。若驱动器 IC 70 使用可变电流达固定时间量而非使用固定电流达可变时间量,则启用至 LED 71 的电流的 PWM 信号将全部为高电平达固定时间量而非如时序图 92 中所示的可变时间量。

[0353] 图 10 解说了位于显示器 11 顶部附近的行中的一个驱动器 IC 70 内的信号的示例时序图,该行部分地被光点 14 照明。在该示例中,驱动器 IC 70 具有连接至 16 个 LED 71 的 16 个输出驱动器 84。第一个 LED 71 被光点 14 照明而第 16 个 LED 71 未被光点 14 照明。在时间 T0,帧 N 开始。在时间 T1,PWM 信号变为有效。在时间 T2,所有 PWM 信号保证为低且电流源 90 保证关闭。与被光点 14 照明的第一个 LED 71 和驱动器 IC 70 中的输出驱动器 84 相关联的 VLED(1) 信号朝由入射光感应的电压移动。VLED(16) 简单地走高,因为相关联的 LED 71 未被照明。

[0354] 在时间 T3,时序和控制电路 82 用 VREF 的恰当值来加载 DAC 85。截至时间 T4,所有 VLED 信号和 VREF 已稳定。CAP 由时序和控制电路 82 产生脉冲并且比较器 88 输出 CMP 被采样。此信息被传达给图形控制器 73,图形控制器 73 确定光点 14 位置并采取恰当动作。

[0355] 图 10 仅仅是许多可能的驱动器 IC 70 时序图的一个示例。输出驱动器 84 可不具有脉冲宽度调制器,从而 PWM 信号将是不同的。CAP 产生脉冲的时间可以不同并且不一定需要存在。若比较器 88 由模数转换器 (ADC) 取代,则数字采样值流可被处理器分析。VREF 可以是固定值或由专用 DAC 控制的可变值。

[0356] 图 11 是用液晶显示器 (LCD) 和 LED 背光实现的显示器 11 的示例框图,其包括 LCD 阵列 100、LED 阵列 101、图形和时序控制器 102、行驱动器 103、列驱动器 104、以及背光驱动器网络 105。在此示例中,LCD 阵列 100 具有 R 行和 C 列元件,其中行驱动器 103 产生 R 个 WR 信号而列驱动器 104 产生 C 个数据信号。图形和时序控制电路 102 以与图 3 中描述的 OLED 显示器相似的方式向行驱动器 103 和列驱动器 104 两者提供数据和时序。

[0357] 在该示例中,LED 阵列 101 包括 M 行和 N 列由背光驱动器网络 105 驱动的 LED,背光驱动器网络 105 包括如图 7 中解说的 LED 显示器中那样连接在一起的多个 LED 驱动器 IC。LCD 阵列 100 包括控制能穿过的光量的像素元件。LED 阵列 101 产生选择性地穿过 LCD 阵列 100 的光。LCD 阵列 100 和 LED 阵列 101 两者可被扫描以使运动模糊最小化。在各帧之间,LED 阵列 101 的所有元件被关闭且 LCD 阵列 100 的所有元件透明,从而光点 14 可由 LED 阵列 101 结合背光驱动器网络 105 以及图形和时序控制电路 102 来检测。

[0358] 图 11 仅仅是基于 LCD 和 LED 背光技术的显示器 11 的许多可能框图之一。例如,LED 阵列 101 中的所有 LED 元件可通过复用器而非背光驱动器网络 105 直接连接至图形和时序控制电路 102。

[0359] 图 12 是 LCD 阵列 100 中的 LCD 像素元件以及相关联的行驱动器 103 和列驱动器 104 的示例电路图,其包括晶体管 120、电容器 121、液晶 122、缓冲器放大器 123 以及反相器 124。此类像素元件水平重复 C 次且垂直重复 R 次以产生 LCD 阵列 100,其中每一行像素元件由来自行驱动器 103 中的反相器 124 的 WR 信号控制,且每一列像素元件连接至来自列驱动器 104 中的缓冲器放大器 123 的单个数据信号。

[0360] 液晶 122 的透明度由跨电容器 121 的电压控制,该电压通过用期望电压驱动数据(j) 并随后使 WR(i) 产生高脉冲以使晶体管 120 导通来设置。在 WR(i) 为高时,电容器 121 被充电至由缓冲器放大器 123 驱动的数据(J) 上的电压。

[0361] 图 12 仅仅是许多可能的 LCD 阵列 100、行驱动器 103 和列驱动器 104 电路图之一。例如,一些像素元件包含多个晶体管以补偿晶体管 120 变化并加速写过程。

[0362] 图 13 是用于具有 1080 行像素的 60Hz 高清晰 (HD)TV 的显示器 11 时序的示例解说,其示出如何扫描图像和背光以及检测光点 14。在该示例中,背光包括 64 行 LED 71。图 13 包括显示器 11 在一帧周期内的时间 T1、T2、T3、T4、T5、T6 和 T7 的 7 个快照 130。快照 130 下方是去往 LCD 阵列 100 的 WR 信号以及背光驱动器网络 105 中的驱动器 IC 70 中的 PWM 信号的时序图 131。时序图 131 下方是详细时序图 132,其以展开细节解说了帧的最后百分之十,在此时检测光点 14。详细时序图 132 解说了用于被光点 14 照明的 LED 71 的驱动器 IC 70 内部的信号 VLED(1)、以及用于未被照明的 LED 71 的驱动器 IC 70 内部的信号 VLED(16)。

[0363] 帧在时间 T0 开始,其中图像数据被 WR(1) 脉冲高电平写至 LCD 阵列 100 的顶行。在时间 T1,如快照 130 中所示,由标记为“已加载”的区域表示的显示器 11 顶部已加载图像数据,而由标记为“黑”的区域表示的底部尚未加载图像数据。在时间 T2 到 T5,标记为“已加载”的区域也表示已加载图像数据的区域,而标记为“黑”的区域也表示尚未加载数据的区域。在时间 T1,LED 阵列 101 的第一行也因 PWM(1,j) 走高而开启。索引 J 表示一行(其在该情形中为第一行)中的所有 PWM 信号。由 Td1y 表示的从 T0 至 T1 的时间在此示例中为 3.3 毫秒,且通常是液晶 122 在被写之后且在被 LED 71 照明之前稳定所必需的。

[0364] 在时间 T2,WR(540) 产生脉冲高电平,其指示图像的上半部分已被加载到 LCD 阵列 100 中。此时,LED 阵列 101 的第一行中的 LED 71 也在 PWM(1,j) 走低时关闭。在时间 T2 到 T5 的快照 130 中偏移的未标记框表示 LED 阵列 101 中正发射光的区域。该框是偏移的以表示这些行也被加载图像数据。由 Tb1 表示的从 T1 至 T2 的时间在该示例中为 1.7 毫秒且为 LED 阵列 101 中的每一行开启的时间长度。

[0365] 在时间 T3, 随着 PWM(32, j) 走高, LED 阵列 101 的被照明区域到达显示器 11 中心。在时间 T4, LCD 阵列 100 的最后一行被加载数据, 从而完成在时间 T0 开始的图像扫描。由 Tscn 表示的在时间 T0 与 T4 之间的时间在此示例中为 10 毫秒。在 3.3 毫秒的附加 Tdly 之后, 随着 PWM(64, j) 在时间 T5 走高, LED 阵列 100 的被照明区域到达显示器 11 底部。在 1.7 毫秒的另一 Tb1 时间之后, 随着 PWM(64, j) 在时间 T6 走低, LED 阵列 101 完全关闭。

[0366] 在时间 T6, 通过将所有数据信号设置为使液晶 122 透明的电平 (其在此示例中为高电平) 并同时使所有 WR 信号产生脉冲来将 LCD 阵列 100 的所有像素元件配置成透明。在 LCD 阵列 100 清空时, 光点 14 可被背光驱动器网络 105 检测。在足以进行此类检测的时间之后, 在时间 T7, 通过将所有数据信号设置为使液晶 122 不透明的电平 (其在此示例中为低电平) 并第二次同时使所有 WR 信号产生脉冲来使 LCD 阵列 100 不透明。

[0367] 详细时序图 132 是从 T6 至 T7 的时间的展开版本并且示出了驱动器 IC 70 用于检测光点 14 的相关信号。刚好在 T6 之前, PWM(64, j) 走低, 这将 LED 阵列 101 完全关闭。在 T6, 由 WR(1:1080) 表示的所有 WR 信号产生脉冲, 同时由数据 (1:5760) 表示的所有数据信号为高, 这清空 LCD 阵列 100。在该示例中有 5760 个数据信号, 其为每种颜色分量提供 1920 个信号。在时间 T6, 由信号 VLED(1) 表示的跨被光点 14 照明的 LED 71 的电压开始朝中间电平漂移, 而由 VLED(16) 表示的连接至未被照明的 LED 71 的信号 VLED 的电压走高, 因为 LED 71 连接至 VDD。

[0368] 在时间 T8, 背光驱动器网络 105 中的每个驱动器 IC 70 中的时序和控制电路 82 用恰当值更新 DAC 85 以生成恰当的 Vref。所有驱动器 IC 70 中的 Vref 用 Vre(i, j) 表示。在 Vref 被恰当地设置的某段时间之后, CMP(16) 稳定在低电平上以指示无光点 14, 而 CMP(1) 稳定在高电平上以指示存在光点 14。在时间 T9, 由 CAP(i, j) 表示的在背光驱动器网络 105 中的所有驱动器 IC 70 中的 CAP 信号产生脉冲, 其将 CMP 信号的状态存储在寄存器 83 中。此光点 14 信息被传达给图形和时序控制电路 102, 图形和时序控制电路 102 采取恰当动作。在时间 T7, 由 WR(1:1080) 表示的所有 WR 信号产生脉冲, 同时由数据 (1:5760) 表示的所有数据信号为低, 这在该示例中使得 LCD 阵列 100 不透明。从 T6 至帧结束的时间可以是 1.7 毫秒的附加 Tsns。

[0369] 图 13 仅解说了使用 LCD 和 LED 背光技术构建的显示器 11 的许多可能时序图之一。LCD 阵列 100 和 LED 阵列 101 可用许多不同方式来扫描。此外, LED 阵列 101 可以闪现而非扫描, 其中所有闪现是相同颜色的或者顺序通过各颜色分量, 诸如红色、绿色和蓝色。不同扫描或闪现方法的时序图可以基本上不同于图 13。

[0370] 本领域技术人员一旦完全领会以上公开, 则多种变型和修改将变得显而易见。

[0371] 第二实施例

[0372] 还公开了显示器校准系统及相关方法, 其在显示系统的初始生产期间以及寿命中使用 LED 的光敏性来校正各 LED 之间的变化。以下关于附图描述各个实施例。若需要, 还可实现其他特征和变化, 并且也可利用相关的系统和方法。

[0373] 部分地, 所公开的实施例涉及包括 LED 阵列的显示器, 其在此类显示器的初始生产期间以及寿命中使用 LED 的光敏性来校正各 LED 之间的变化。此类 LED 阵列可如同 LED 公告板和体育场馆记分牌、以及较小的有机 LED (OLED) 显示器中那样直接产生图像, 或者可产生用于例如 LCD 屏幕的背光。LED 亮度和颜色的变化可被补偿以使此类显示器具有均

匀颜色和亮度。在现有系统中通常通过测量每个个体 LED 的光输出功率或购买经专门测试的 LED 来完成的此类补偿在以下描述的实施例中通过简单地测量由均匀入射光在每个 LED 上感应的信号来执行。

[0374] 在一个改进实施例中,该系统通过测量例如用于 LED 公告板和体育场显示器、或 LCD 背光的 LED 阵列中的每个 LED 的光敏性、将此光敏性与此阵列中的其他 LED 的光敏性作比较、并相应地调节此类 LED 驱动电流校正因子来推断由每个此类 LED 产生的光输出功率并任选地还推断由每个此类 LED 产生的峰值波长。此类校正因子最初可在此类 LED 阵列的生产期间例如通过直接测量每个此类 LED 光输出功率和峰值波长、或通过从光敏性和其他测量推断每个此类 LED 光输出功率和峰值波长来生成。

[0375] LED 不仅在正向偏置时产生具有特定峰值波长的光,而且还在被此类峰值波长处或以上的光照明时产生正向偏置。由固定入射光功率产生的电功率随入射波长减小而减少,其中最大功率由具有此类峰值发射波长附近的波长的入射光产生。高于此类峰值发射波长的入射波长在此类 LED 中几乎不产生电功率。在特定温度下,跨恰当地照明的 LED 感应的电压和电流之间的关系取决于照明量、半导体的带隙电压、以及跨该 LED 放置的电阻性负载。随着半导体的带隙电压增大,开路电压 (V_{oc}) 增大而短路电流 (I_{sc}) 减小。由于峰值发射波长随带隙电压增大而减小,因此可测量 V_{oc} 与 I_{sc} 之比以获得对 LED 阵列中的各 LED 之间的波长变化的指示。

[0376] 一个制造批次内或各批次之间的不同 LED 在被固定电流驱动时产生的光量会变化,其主要原因在于光路差异(诸如透明度或对准)、以及 LED 的发光区域的结构中的缺陷程度差异。同样,此类差异类似地影响此类 LED 在被恰当照明时的光敏性。因此,光敏性参数(诸如 V_{oc} 和 I_{sc})可被监视以推断此类 LED 在被电流驱动时将产生的光量。

[0377] 来自 LED 阵列中的个体 LED 的波长和输出功率可通过校正系数来补偿以跨此类阵列产生均匀强度和颜色。在此类 LED 阵列的制造期间通过上述方法、通过直接测量由每个 LED 产生的光的强度和波长、或任何其他方法确定的此类校正系数可被存储在此类显示器的存储器中。同样,响应于具有固定参数的光源产生的光敏性参数(诸如 V_{oc} 和 I_{sc})也可被存储在此类存储器中。周期性地,在此类显示器的寿命期间,可用具有与初始光源相同或不同参数的光源来照明 LED 阵列,可测量光敏性参数,并且可使用初始的与新的光敏性参数值之间的差异来修改校正系数以校正来自此类 LED 阵列中的 LED 的照明的任何附加偏移。

[0378] 在初始生产期间用于校准 LED 阵列的光源可以是直接或漫射日光、模仿日光光谱的灯、或具有足以从每种颜色的 LED 可靠地生成可测量光敏性参数的光谱的任何光源。为了重新校准例如大型 LED 公告板或体育场显示器,可在与制造此类显示器时严格相同的条件下使用具有相同强度的相同光源来测量光敏性参数。任何光敏性参数的任何偏移可被直接用于更新相应的校正系数。若精确地控制光源强度是不可能的,则将一个 LED 中的改变与其他 LED 中的改变作比较使得能重新创建均匀的显示器强度和颜色。用户可简单地手动调节整个亮度。

[0379] 对于诸如 LCD 电视等消费者设备,用精确光源来校准或许是不可能的。紧密近似可以是漫射日光,但日光光谱随着时间日期和年份以及位置而变化。此外,此类设备可能处在具有人造照明的封闭房间中。在此类情形中,可产生跨每种颜色分量的各 LED 的均匀性,

但各颜色分量之间的相对强度可能不然。用户在这种情形中可手动将整个亮度和色调调节至期望水平。

[0380] 本文中描述的改进的显示器校准系统及相关方法解决了直接使用 LED 阵列或将 LED 阵列用作背光进行照明的显示器的校准问题。并且本文描述的校准系统及相关方法极大地减少或消除了对经专门训练和装备的工作小组随时间推移保持 LED 公告板和体育场显示器在工作期间被校准的需要。

[0381] 如上所述,该第二实施例还可与关于本文所述的其他实施例描述的技术、方法和结构联用。例如,关于该实施例描述的校准和检测系统及方法可按需用在其他所描述实施例中。此外,本文描述的各种照明设备、光源、光检测器、显示器、和应用以及相关的系统及方法可按需与该第二实施例中描述的校准和检测系统及方法联用。此外,如上所述,关于该第二实施例描述的结构、技术、系统和方法可用在本文描述的其他实施例中,并且可用在任何期望的照明相关应用中,包括液晶显示器 (LCD)、LCD 背光、数字公告板、有机 LED 显示器、AMOLED (有源矩阵 OLED) 显示器、LED 灯、照明系统、常规插座连接内的灯、投影系统、便携式投影仪和 / 或其他显示器、灯或照明相关应用。

[0382] 现在转到附图,图 14 是包括显示器 1411 和光源 1414 的显示器校准系统 1410 的一个示例。显示器 1411 包括被安排成像素 1412 的发光二极管 (LED) 的阵列,其在 OLED 或常规 LED 显示器的情形中用于直接进行图像照明,或者在液晶显示器 (LCD) 的情形中用于背光。像素 1412 优选地包括不同颜色子像素 1413 (例如,红色、绿色和蓝色),以产生在 OLED 或 LED 显示器的情形中直接用于准确表示图像通常所必需的、或如 LCD 中被调制的宽色域的颜色。子像素 1413 包括 LED。

[0383] 光源 1414 可以是直接或漫射日光、或来自具有精确发射光谱的灯的人造光。在显示器 1411 的制造期间,光源 1414 均匀地照明显示器 1411 以校准从每个像素 1412 发射的光的强度和波长以及测量和存储光敏性参数 (诸如 V_{oc} 和 I_{sc}),或者简单地测量和存储光敏性参数,在这种情形中,所有像素 1412 的强度和波长通过诸如测量由每个此类像素产生的光并相应地调节某些补偿系数等某种其他手段来校准。在某个时段的使用之后,优选地,相同的光源 1414 再次照明显示器 1411,并且再次测量构成每个子像素 1413 的 LED 的光敏性参数 (诸如 V_{oc} 和 I_{sc}) 并优选地将其与此类显示器 1411 的制造期间存储的那些光敏性参数作比较。此类光敏性参数的任何偏移或者优选地一个像素 1412 中的此类参数的偏移相对于优选地所有像素 1412 的平均偏移的任何差异导致在这一个像素 1412 中成反比地调节此类补偿系数。

[0384] 若例如构成红色子像素 1413 的 LED 的 I_{sc} 下降超过所有红色子像素 1413 的平均下降,则增大此类红色子像素补偿系数以向此红色子像素 1413 产生增加了优选地与此红色子像素 1413 的 I_{sc} 改变与来自显示器 1411 中的所有红色子像素 1413 的平均 I_{sc} 改变之间的百分比差异成反比的量的更大电流。由于从制造时间到此类重新校准时间,显示器 1411 上来自光源 1414 的照明强度相对难以控制,因此用于例如红色子像素 1413 的补偿系数中的任何改变优选地被标准化为来自所有红色子像素 1413 的平均 I_{sc} 。

[0385] 图 14 是许多可能的显示器校准系统 1410 的一个示例。例如,像素 1412 可包括更多或更少子像素 1413,而此类子像素 1413 可包括更多或更少不同的彩色 LED,包括仅一种颜色。显示器 1411 可以是 LCD、OLED 显示器、或常规 LED 显示器或仅是此类显示器的部分。

光源 1414 可以是单个光源或具有相同或不同光谱的许多光源。

[0386] 图 15 是包括 LED 阵列 1523 的 OLED 显示器 1411 的示例框图, OLED 显示器 1411 有 R 行和 C 列通常安排在有一个红色、一个绿色、一个蓝色和一个白色子像素 LED 的像素 1412 中的子像素 1413。LED 阵列 1523 包括 R/2 行和 C/2 列此类子像素 1413。每个子像素 1413 被配置成通过由行驱动器 1522 产生的特定 WR(写)信号和由列驱动器 1521 产生的数据信号上的电压的组合来产生特定量的光。当 WR 信号为高时,每个数据信号上的模拟电压被编程到由该特定 WR 信号激活的这行子像素 1413 中。

[0387] 电源 1525 产生用于 LED 阵列 1523 的主功率 Vdd 和接地 Vg。此类 Vg 信号上的电压在正常工作期间以及在每个子像素 1413 的 Voc 测量期间等于 0 伏,且在 Isc 测量期间被抬升为略高于显示器 1411 接地。

[0388] 在校准期间,图形和时序控制电路 1520 通过使每个 SNS(感测)信号产生高脉冲来使行驱动器 1522 顺序驱动 LED 阵列 1523 的各行。当来自行驱动器 1522 的 SNS 信号之一走高时,对于由特定 SNS 信号激活的该行中的子像素 1413,来自 LED 阵列 1523 的 IVOUT(IV 输出)信号发起进入 IV 感测 1524 的电流或电压。取决于电压模式启用信号 Ven 的状态,IV 感测 1524 将 IVOUT 信号上的电压传递至 ADC 1526,或者将 IVOUT 信号短路至 Vg、将所得电流转换成电压、并将所得电压转发给 ADC 1526。ADC 1526 连同来自图形和时序控制电路 1520 的时序信息一起顺序地将由 IV 感测 1524 转发来的电压转换成数字值,该数字值被转发给图形和时序控制电路 1520 以进行处理。

[0389] 图形和时序控制电路 1520 可接收来自子像素 1413 的 Voc 和 Isc、以及其他校准信息,并且可将此类信息与先前存储的此类值作比较以确定校正系数所必需的任何改变。图形和时序控制电路 1520 可使用此类校正系数来调节编程到子像素 1413 中的电压以补偿来自每个子像素 1413 的光输出相对于其他子像素 1413 的变化。

[0390] 图 15 仅仅是显示器 1411 的许多可能框图之一,显示器 1411 可使用包括但不限于分立无机 LED 阵列或液晶的各种技术中的任何技术来构建。同样,用 OLED 构建的显示器 1411 的框图可能基本上不同。例如,在子像素 1413 中有附加电路的情况下,可通过在校准期间使用 WR 和数据信号来消除 SNS 信号或 IVOUT 信号。此外,倘若 IV 感测 1524 电路不同,则 Vg 可以简单地为系统接地。

[0391] 图 16 是 LED 阵列 1523 中由行坐标 I 和 I+1 以及列坐标 J 和 J+1 引用并且包括红色、绿色、蓝色和白色子像素 1413 的 OLED 像素 1412 的示例框图。所有子像素中的电路是相同的,除了所包括的 LED 的颜色。

[0392] 信号 WR(i) 和数据(j)编程由红色子像素 1413 产生的光,信号 WR(i) 和数据(j+1)编程由白色子像素 1413 产生的光,信号 WR(i+1) 和数据(j)编程由绿色子像素 1413 产生的光,而信号 WR(i+1) 和数据(j+1)编程由蓝色子像素 1413 产生的光。所有子像素都由 Vdd 与 Vg 之间的电压差供电。

[0393] 图 16 仅仅是许多可能的像素 1412 框图之一。例如,可以使用任何颜色组合或者仅一种颜色。此外,若两个启用信号在各子像素之间进行选择,则所有子像素可通过一个 WR 信号和一个数据信号来访问。

[0394] 图 17 是子像素 1413 和 IV 感测 1524 中由坐标 J 引用的个体电流和电压感测元件的示例电路图。在产生光时,LED 1744 由通过晶体管 1740 的电流驱动,该电流由存储在电

容器 1743 和晶体管 1740 的栅极上的电压设置。电容器 1743 上的电压在 WR(i) 信号为低时被设为数据 (j) 上的电压。当 WR(i) 走高时, 电容器 1743 保持该电压, 从而在其他 WR 信号走低时, 数据 (j) 可用于编程其他行的子像素 1413 中的电流。在 WR(i) 为低时, 连接至 WR(i) 的所有子像素 1413 同时被所有数据信号编程。

[0395] 在通过将 WR(i) 设为低以及将数据 (j) 设为高来使电容器 1743 放电之后, 当 SNS(i) 走高时, 由入射光跨 LED 1744 感应的 Voc 和 Isc 可被 IV 感测 1524 测量。在图形和时序控制电路 1520 将 Ven 信号设为高电平时——这使得放大器 1746 的输出为三态且使电源 1525 将 Vg 保持在 0 伏, 检测 Voc。IVOUT(j) 上的电压传递通过电阻器 1745 并到达 ADC 1526 的高阻抗输入端, ADC 1526 将此电压转换成数字值并将此值转发给图形和时序控制电路 1520。

[0396] 在图形和时序控制电路 1520 将 Ven 信号设为低电平时——这启用放大器 1746 并迫使 IVOUT(j) 上的电压为 Vg 上的电压, 检测 Isc。所得电流流过电阻器 1745, 从而在 Sout(j) 上产生与由入射光在 LED 1744 上感应的 Isc 成比例的电压。由于 Sout(j) 上的电压低于 Vg 和 IVOUT(j) 上的电压, 因此对 IV 感测 1524 和 ADC 1526 的负供电被设为低于 Vg。电源 1525 可将 Vg 上的电压提升到某个较小电压, 诸如比用于显示器 1411 的负供电高 1 伏 (例如, 接地)。

[0397] 尽管与 LED 1744 的光敏性无关, 但晶体管 1740 的特性可通过此类子像素 1413、IV 感测 1524 和 ADC 1526 电路来测量并通过图形和时序控制电路 1520 来补偿。在跨电容器 1743 编程电压之后, 在 SNS(i) 为高且 Ven 为低时, 可测量由晶体管 1740 产生的相应电流。放大器 1746 和电阻器 1745 迫使 IVOUT(j) 上的电压为 Vg 上的电压, 其中所得电流流经电阻器 1745, 这在 SOUT(j) 上产生与晶体管 1740 电流成比例的电压。此电压可被 ADC 1526 数字化并由图形和时序控制电路 1520 处理, 图形和时序控制电路 1520 可补偿所有子像素 1413 中各晶体管 1740 之间的变化。

[0398] 图 17 是用于子像素 1413 和 IV 感测 1524 的许多可能电路图之一。例如, 子像素 1413 可包括附加电路以补偿晶体管 1740 变化而不涉及图形和时序控制电路 1520。此外, 为了检测 LED 1744 响应于入射光的 Voc 和 Isc, 子像素 1413 可包括更复杂的电路以在此类信号离开此子像素 1413 之前缓冲此类信号。

[0399] 图 18 是使用常规分立半导体 LED 的显示器 1411 的示例架构图, 其包括具有相关联 LED 1851 的彼此串联且连接至网络接口 (I/F) IC 1852 的 LED 驱动器 IC 1850 的阵列。网络接口 IC 1852 通过控制 and 数据总线连接至图形控制器 1853。该阵列在此示例中具有 N 列和 M 行各自连接至 P 个 LED 1851 的驱动器 IC 1850。在 P 等于 16 且每像素有三个 LED 的情况下, 对于具有 1920x1080 分辨率的 HD 显示器, N 和 M 将分别等于 120 和 3240。对于每像素有 3 个 LED 的标准 48 英尺 × 14 英尺公告板且 P 等于 16, N 将等于 48 且 M 将等于 672。

[0400] LED 1851 可以全部是相同颜色的, 或者可分成例如红色、绿色和蓝色。对于 RGB 显示器, 不同颜色可按不同方式安排。一个示例是将显示器组织成每组有 3 行的组, 每组中的每一行为不同颜色。

[0401] 图形控制器 1853 产生要数字地显示的数据, 其被转发给网络接口 IC 1852。网络接口 IC 1852 串行化该数据, 其在时分复用数据帧中在驱动器 IC 1850 链中发送。每个驱

驱动器 IC 1850 被指派用于接收图像数据以及可发送校准信息的特定时隙。该数据帧以视频帧率重复,这使得每个驱动器 IC 1850 能将驱动电流更新至每个 LED 1851。

[0402] 驱动器 IC 1850 可进一步用校正系数来处理要显示的数据,该校正系数调节去往每个 LED 1851 的驱动电流以使得亮度和颜色跨显示器 1411 是均匀的。此类校正系数可被存储在图形控制器 1853 中,在每次开启显示器 1411 时通过网络接口 IC 1852 下载至驱动器 IC 1850,以及由图形控制器 1853 周期性地更新。此类校正系数可在显示器 1411 的寿命中通过图形控制器 1853 使用由驱动器 IC 1850 例如基于来自图形控制器 1853 的命令而测量的个体 LED 光敏性参数(诸如 V_{oc} 和 I_{sc})来周期性地创建和更新。

[0403] 图 18 是许多可能的架构图之一。例如,每个驱动器 IC 1850 可串联地或并联地通过复用器直接连接至图形控制器 1853。LED 驱动器可由分立组件而非由驱动器 IC 1850 构成。用于 LED 驱动器的数据甚至可用模拟电压而非数字值来传达。此外,例如,校正系数的创建和更新可由驱动器 IC 1850 执行,或者用校正系数来处理要显示的数据可由图形控制器 1853 执行。

[0404] 图 19 是驱动器 IC 1850 的示例框图,驱动器 IC 1850 在此示例中驱动 16 个 LED 1851 并且包括网络接口 1960、时序和控制电路 1961 以及 16 个输出驱动器 1964。时序和控制电路 1961 还包括 IV 感测块 1962 和校正矩阵 1963。输出驱动器 1964 还包括脉冲宽度调制器 (Mod) 1965 和电流源 1966。

[0405] 如图 18 中所示,网络接口 1960 接受来自上游的串行输入数据并为下游驱动器 IC 1850 产生串行数据。网络接口 1960 还从数据恢复时钟 (CK),以及检测和同步至输入数据帧时序。然而,大多数收到串行数据被重传,因此所指派时隙中的数据被转发给时序和控制电路 1961。时序和控制电路 1961 除其他事项外还产生校准信息(诸如 V_{oc} 和 I_{sc})并将其转发给网络接口 1960 以在移除了 LED 1851 照明数据的所指派时隙中传输。

[0406] 时序和控制电路 1961 管理驱动器 IC 1850 的功能。用于 LED 1851 的照明数据被缓冲、处理、延迟并在恰当的时间转发给 16 个输出驱动器 1964。此类处理除其他事项外还可包括调节照明数据以补偿各 LED 之间的变化,从而跨显示器 1411 产生均匀亮度和颜色。矩阵 1963 可包括校正系数,其在与照明数据组合时产生被转发给输出驱动器 1964 的数据,输出驱动器 1964 具有脉冲宽度调制器 1965,该脉冲宽度调制器 1965 产生将 LED 1851 的电流源 1966 开启和关闭的逻辑电平信号。此类 PWM 信号的频率通常等于串行数据帧率和视频帧率,其占空比与来自矩阵 1963 的数字值有关。

[0407] 时序和控制电路 1961 能通过 IV 感测块 1962 访问连接至驱动器 IC 1850 的所有(在此示例中为 16 个)LED 的两端,此举除其他事项外还可测量响应于入射光跨 LED 1851 产生的 V_{oc} 和 I_{sc} 。此示例中的所有 16 个 LED 的正极可一起绑定至单个电源电压 V_d ,或者可连接至不同的电源电压。在所有 16 个 LED 1851 为一种颜色的情形中,所有正极优选地可连接在一起。在此类 16 个 LED 1851 为不同颜色的情形中,每个此类不同颜色 LED 1851 将优选地连接至每个此类不同电源电压。

[0408] 图 19 仅仅是许多可能的驱动器 IC 1850 框图的一个示例。例如,若图 18 中的每个驱动器 IC 1850 直接连接至图形控制器 1853,则将不需要网络接口 1960。在图 18 中所示的串行配置下,若另一输入被用于接受时钟输入,则网络接口 1960 将无需从数据恢复时钟。同样,若提供了帧时钟输入,则网络接口 1960 将无需同步至串行输入帧时序。此外,矩

阵 1963 的功能可由图形控制器 1853 执行,这将消除驱动器 IC 1850 中对此类矩阵 1963 的需要。若 LED 1851 用例如可变电电流驱动达固定时间量,则将不需要调制器 1965。

[0409] 图 20 是校正矩阵 1963 的示例框图,校正矩阵 1963 可校正由包括红色、绿色和蓝色 LED 1851 的像素 1412 产生的光强度变化以跨显示器 1411 产生相对均匀的亮度和颜色。矩阵 1963 包括可存储校正系数 C_r 、 C_g 和 C_b 的存储器 2070,乘法器 2071 将校正系数 C_r 、 C_g 和 C_b 分别与来自图形控制器 1853 的红色、绿色和蓝色照明数据组合以产生被转发给调制器 1965 的分别控制红色、绿色和蓝色 LED 1851 的照明数据。此类校正系数通常相对较大,这在照明数据中产生调节以补偿各 LED 1851 之间的变化。

[0410] 存储器 2070 可由 SRAM、DRAM、闪存、寄存器、或任何其他形式的可读写半导体存储器构成。此类校正系数可由图形控制器 1853、驱动器 IC 1850、或显示器 1411 中的任何其他处理元件周期性地修改以针对 LED 1851 特性例如随温度或寿命的改变而进行调节。通常,此类校正系数在每次开启显示器 1411 时从图形控制器 1853 下载到存储器 2070 中。此类校正系数通常在某个固定数目的使用小时之后、在每次使用之后、或按需由图形控制器 1853 或驱动器 IC 1850 修改以补偿 LED 1851 老化效应。

[0411] 乘法器 2071 通过将每个颜色分量乘以相应的校正系数来缩放来自图形控制器 1853 的照明数据。此类乘法可由分立硬件以比特并行形式或比特串行形式、在嵌入式微控制器中、或通过任何其他手段来执行。优选地,包括移位器和加法器的一种硬件乘法器在每个视频帧执行所有三次乘法。因此,图 20 仅仅是校正矩阵 1963 的许多可能框图之一。

[0412] 图 21 是校正矩阵 1963 的示例框图,校正矩阵 1963 可校正由包括红色、绿色和蓝色 LED 1851 的像素 1412 产生的光强度和波长两者的变化以跨显示器 1411 产生均匀亮度和颜色。矩阵 1963 包括存储器 2070,其可存储 9 个校正系数,其中 3 个此类系数用于所产生的每种颜色分量。系数 C_{rr} 、 C_{gg} 和 C_{bb} 将通常有效地与来自图 20 的 C_r 、 C_g 和 C_b 相同,以调节 LED 1851 的强度变化,而其余系数 (C_{rg} , C_{rb} , C_{gr} , C_{gb} , C_{br} , C_{bg}) 补偿波长变化。

[0413] 例如,若来自图形控制器 1853 的红色照明数据旨在用于具有波长 650nm 的 LED 1851 且所连接 LED 1851 波长准确地为 650nm,则系数 C_{gr} 和 C_{br} 将为 0,且 C_{rr} 将接近 1。若此类所连接 LED 1851 波长为 640nm 且具有与前一示例相同的强度,则 C_{rr} 将略小于前一示例中的 C_{rr} ,且 C_{gr} 和 C_{br} 将为非零,这将从此类绿色和蓝色 LED 1851 产生一些光。来自此类红色、绿色和蓝色 LED 1851 的光的组合的波长将被感知为与来自精确地在 650nm 处发射的单个红色 LED 1851 的单色光相同。

[0414] 存储器 2070 和乘法器 2071 可如关于图 20 所描述地那样操作和实现。加法器 2180 将来自三个所连接乘法器 2071 的乘法结果求和以产生被转发给调制器 1965 的照明数据。此类加法器 2080 可在硬件或软件中实现,或者以比特并行或比特串行来执行。优选地,此类三个加法器 2080 用在每个视频帧顺序地执行此类三次加法的常见比特串行硬件来实现。因此,图 21 仅仅是许多可能的强度和波长校正矩阵 1963 框图之一。

[0415] 图 22 是驱动器 IC 1850 的时序和控制块 1961 中的 IV 感测块 1962 的示例框图,IV 感测块 1962 可在电流源 1966 关闭时测量 LED 1851 光敏性参数,诸如 V_{oc} 和 I_{sc} 。继续图 18 中的示例,由信号 $V_{led}(1:16)$ 表示的 16 个 LED 1851 的正极连接至复用器 2294,其中一个此类 V_{led} 信号被选择成通过。复用器 2294 的此类输出被连接至复用器 2291 的输入并连接至放大器 2292 的负端和电阻器 2293。此类复用器 2291 和 2294 包括将输入连接至

输出并针对所选输入允许电流在两个方向上流动的开关。放大器 2292 的输出也连接至复用器 2291, 复用器 2291 的输出连接至模数转换器 (ADC) 2290。

[0416] 放大器 2292 和电阻器 2293 形成跨阻放大器, 其迫使被复用器 2294 选择的 LED 1851 的正极为与连接至放大器 2292 的正端的信号 V_d 相同的电压。所得电流流经电阻器 2293, 从而产生与所选 LED 1851 短路电流 I_{sc} 成比例的电压, 该电压若被复用器 2291 选择则可被 ADC 2290 数字化。替换地, 若复用器 2291 选择被复用器 2294 选择的 LED 1851 的开路电压 V_{oc} , 则此类信号可被 ADC 2290 数字化。可使用于 IV 感测块 1962 的电源高于 V_d , 因为放大器 2292 的输出可能高于 V_d 。

[0417] 图 22 仅仅是用于测量 LED 1851 的光敏性参数的电路的许多可能框图之一。例如, 可通过用数模转换器 (DAC) 控制至放大器 2292 的正输入来测量某一范围的 LED 1851 电流和电压特性。若每个 LED 1851 具有专用 IV 感测块 1962, 则将不需要复用器 2294。此外, 可通过调节放大器 2292 的正端上的电压直至没有电流流过电阻器 2293 来测量 V_{oc} 。此外, 可实现开关电容器和采样保持技术, 其将具有完全不同的架构。

[0418] 图 23 是用液晶显示器 (LCD) 和 LED 背光实现的显示器 1411 的示例框图, 其包括 LCD 阵列 2300、LED 阵列 2301、图形和时序控制电路 2302、行驱动器 2303、列驱动器 2304、以及背光驱动器网络 2305。在此示例中, LCD 阵列 2300 具有 R 行和 C 列元件, 其中行驱动器 2303 产生 R 个 WR 信号而列驱动器 2304 产生 C 个数据信号。图形和时序控制电路 2302 以与图 15 中描述的 OLED 显示器相似的方式向行驱动器 2303 和列驱动器 2304 两者提供数据和时序。

[0419] 在该示例中, LED 阵列 2301 包括 M 行和 N 列由背光驱动器网络 2305 驱动的 LED, 背光驱动器网络 2305 包括如图 18 中解说的 LED 显示器中那样连接在一起的多个 LED 驱动器 IC。LCD 阵列 2300 包括控制能穿过的光量的像素元件。LED 阵列 2301 产生选择性地穿过 LCD 阵列 2300 的光。在测量 LED 阵列 2301 中的 LED 1851 的光敏性参数 (诸如 V_{oc} 和 I_{sc}) 时, 行驱动器 2303 和列驱动器 2304 将 LCD 阵列 2300 配置成透明的。

[0420] 图 23 仅仅是基于 LCD 和 LED 背光技术的显示器 1411 的许多可能框图之一。例如, LED 阵列 2301 中的所有 LED 元件可通过复用器而非背光驱动器网络 2305 直接连接至图形和时序控制电路 2302。

[0421] 图 24 是 LCD 阵列 2300 中的 LCD 像素元件以及相关联的行驱动器 2303 和列驱动器 2304 的示例电路图, 其包括晶体管 2410、电容器 2411、液晶 2412、缓冲器放大器 2413 以及反相器 2414。此类像素元件水平重复 C 次且垂直重复 R 次以产生 LCD 阵列 2300, 其中每一行像素元件由来自行驱动器 2303 中的反相器 2414 的 WR 信号控制, 且每一列像素元件连接至来自列驱动器 2304 中的缓冲器放大器 2413 的单个数据信号。

[0422] 液晶 2412 的透明度由跨电容器 2411 的电压控制, 该电压通过用期望电压驱动数据 (j) 并随后使 WR(i) 产生高脉冲以使晶体管 2410 导通来设置。在 WR(i) 为高时, 电容器 2411 被充电至由缓冲器放大器 2413 驱动的数据 (J) 上的电压。在测量 LED 阵列 2301 中的 LED 1851 的光敏性参数 (诸如 V_{oc} 和 I_{sc}) 时, 通过优选地同时将所有 WR 信号设为高电平并将所有数据信号上的电压设为使液晶 2412 透明的值来使 LCD 阵列 2300 中的每个像素元件的液晶 2412 透明。

[0423] 图 24 仅仅是许多可能的 LCD 阵列 2300、行驱动器 2303 和列驱动器 2304 电路图之

一。例如,一些像素元件包含多个晶体管以补偿晶体管 2410 变化并加速写过程。

[0424] 本领域技术人员一旦完全领会以上公开,则多种变型和修改将变得显而易见。

[0425] 第三实施例

[0426] 还公开了 LED 校准系统及相关方法,其在使用 LED 的系统的初始生产期间以及寿命中使用 LED 的光敏性来校正各 LED 之间的变化。以下关于附图描述各个实施例。若需要,还可实现其他特征和变化,并且也可利用相关的系统和方法。

[0427] 部分地,所公开的实施例涉及使用 LED 的光敏性来确定诸如强度和波长等发射参数。所公开实施例的应用包括例如固态灯、LCD 背光、以及 LED 显示器。LED 亮度和波长的变化应当被补偿以使此类设备具有均匀颜色和亮度。通常通过用相机测量每个个体 LED 的光输出或购买经专门测试的 LED 来完成的此类补偿通过简单地测量由来自该设备中的其他 LED 或来自附加光源的光在每个 LED 上感应的信号来执行。

[0428] 所公开的实施例包括用于在设备(诸如灯、LED 显示器、或 LCD 背光)的制造期间设置由一组 LED 产生的颜色或色温并在此类设备的工作寿命中维持此类颜色或色温的方法。这些方法涉及测量由一组 LED 内的每个 LED 产生的光的强度和波长并调节由每个 LED 生成的光量以从该组 LED 产生精确的颜色和强度。

[0429] 给出了以光伏或光电导模式操作一些 LED 以测量由该组中的其他 LED 产生的光强度的两种方法。使用附加光源作为参考的第一种方法确定从每个 LED 发射的相对于此类参考的光强度,而第二种方法确定从每个 LED 发射的相对于彼此的光强度。因此,第一种方法可从每组 LED 产生精确颜色和强度,而第二种方法仅能产生精确颜色。

[0430] 这两种强度测量方法通常包括两个步骤并且可用于在制造和寿命两者期间校准设备。图 25A-D 中解说的第一种方法的第一步骤和图 27A-D 中解说的第二种方法的第一步骤可在制造环境中在专用控制设备上执行,该专用控制设备使所有 LED 被手动调节以产生期望光强度。此类控制设备上的第一步骤的结果随后在产品设备上用在图 26A-D 中解说的第一种方法的第二步骤以及图 28A-D 中解说的第二种方法的第二步骤中以确定实际发射的光强度。

[0431] 这两种强度测量方法还可用于随时间推移维持由一组 LED 产生的精确颜色以及来自各组 LED 的阵列(例如 LED 显示器、LCD 背光、或 LED 灯中的像素)的均匀强度。这两种方法的第一步骤通常在一设备已在制造期间校准之后在此类设备上执行,而第二步骤以周期性间隔在现场执行。用于第一种强度测量方法的参考光源可以是环境光。

[0432] 在所有情形中通过测量由来自其他 LED 以及在第一种方法中来自附加参考光源的光在该组 LED 内的最长波长 LED 中产生的光电流来测量发射强度。例如,在用于 LED 显示器或背光的 LED 阵列中,根据关于第一种方法所示的示例,一像素中的红色 LED 测量来自同一像素中的蓝色和绿色 LED 以及来自参考光源的光。接下来,毗邻像素中的红色 LED 测量来自第一红色 LED 以及参考光源的光。此类所测量的光可在制造期间从 LED 显示器的镜面反射或者从例如 LED 背光中的波导或漫射器反射。在现场,此类光可被 LED 包装或外壳或被任何其他装置散射。

[0433] 在关于例如在 LED 灯中包括两个红色 LED 和一个白色 LED 的第二种方法所示的示例中,第一红色 LED 测量来自第二红色 LED 以及来自白色 LED 的光。接下来,来自第二 LED 的灯测量来自第一 LED 和来自白色 LED 的光。第一种和第二种强度测量方法两者皆可用于

任何类型的产品中的任何 LED 组,这些方法之间的差异在于是否存在参考光源。第二种方法可用在 LED 显示器或背光中以通过跨此类 LED 阵列顺序地菊式链接各测量来从所有像素产生精确颜色和均匀强度。

[0434] 这些示例强度测量方法被分成两个步骤,其测量已知良好测量与未知测量之间的相对强度差异。例如,在制造期间,测量具有期望输出强度的控制设备以确定相对光电流应当是什么。使用第一种方法,由来自其他 LED 的光在第一 LED 中产生的光电流与由参考光源在第一 LED 中产生的光电流之比生成用于第二步骤的系数。倘若第一和第二步骤中来自参考光源的强度之比是已知的,则可确定第二步骤中的未知 LED 强度。同样,使用第二种方法,由经校准控制设备中的两个其他 LED 在一个 LED 中感应的光电流之比生成用在第二步骤中的系数。在第二步骤中,与第一步骤的比率差异确定这两个 LED 之间的相对未知强度差异。

[0435] 在随时间推移使用第一种或第二种方法来校准设备时,第一步骤确定光电流之比应当是什么,并且随时间推移,第二步骤确定光电流之比是什么。此类比率的改变确定实际发射强度的改变。由于仅将在一个时间测量的电流之比与另一时间的电流之比作比较,因而可抵消操作条件的任何变化。例如,此类测量独立于温度差异。

[0436] 所给出的用于测量发射波长的方法用两种不同波长的光(诸如略高于和略低于预计峰值发射波长范围的光波长)来照明每个 LED,并测量所得光电流。由于 LED 的响应性对于长于峰值发射波长的入射波长极大地下降,因此感应光电流的差异直接与峰值发射波长相关。图 31A-C 提供了作为入射波长的函数的 LED 响应性以及所得光电流差异的图形解说。

[0437] 由于 LED 发射波长随时间不会显著变化,此类波长测量可仅在产品线上执行。如这两种发射强度方法中一样,此类波长测量应当首先在具有已知发射强度的控制设备上以校准生产测试设置。具有未知发射波长的设备的后续测量将相对于该控制设备结果。

[0438] 一旦知道发射波长和发射强度或一组 LED 之间的相对发射强度,就可确定颜色校正系数,其调节来自一组 LED 内的每个 LED 的光的发射强度以便从此组 LED 产生精确颜色以及任选的精确强度。图 29 解说了用于实现这些校准方法的硬件。图 30 解说用于校正发射强度变化的颜色校正系数和硬件,而图 32 解说用于校正与 LED 显示器中的像素或 LCD 背光中的三元组相关联的红色、绿色和蓝色 LED 之间的发射强度和波长变化两者的此类系数和硬件。

[0439] 尽管此类校准方法对于包含 LED 组的任何设备是恰当的,但尤其感兴趣的是使用场序色彩(FSC)的 LCD。图 33 解说常规 LCD 的简化框图,而图 34 解说 FSC LCD 的此类图示。虽然常规 LCD 具有被特殊滤色片滤成红色、绿色和蓝色分量的白色背光,但 FSC LCD 消除了高成本的滤色片并以常规帧率的三倍或以上顺序进行每种颜色分量。此类 FSC LCD 需要红色、绿色和蓝色背光,且因此是本文描述的颜色校准方法的主要应用。

[0440] 本文的改进方法解决了与直接使用不同彩色 LED 组或将其用作背光进行照明的设备相关联的问题。此类校准方法减少了对用于灯、显示器或背光生产的专门分级别的 LED 的需要,并且维持在设备的工作寿命中产生的光的颜色或色温。

[0441] 如上所述,该第三实施例还可与关于本文所述的其他实施例描述的技术、方法和结构联用。例如,关于该实施例描述的校准和检测系统及方法可按需用在其他所描述实施

例中。此外,本文描述的各种照明设备、光源、光检测器、显示器、和应用以及相关的系统及方法可按需与该第三实施例中描述的校准和检测系统及方法联用。此外,如上所述,关于该第三实施例描述的结构、技术、系统和方法可用在本文描述的其他实施例中,并且可用在任何期望的照明相关应用中,包括液晶显示器 (LCD)、LCD 背光、数字公告板、有机 LED 显示器、AMOLED (有源矩阵 OLED) 显示器、LED 灯、照明系统、常规插座连接内的灯、投影系统、便携式投影仪和 / 或其他显示器、灯或照明相关应用。

[0442] 现在转到附图,图 25A-D 结合图 26A-D 解说了用于校准由一组 LED 内的每个 LED 产生的光强度以产生特定混合颜色的一种可能方法。此组 LED 可以是任何颜色组合,但作为示例包括红色、绿色和蓝色 LED。具体地,在此示例中,LED 2510、2520 和 2530 可分别包括 LED 显示器像素或 LCD 背光三元组中的红色、绿色和蓝色光源。LED 2540 包括毗邻 LED 显示器像素或背光三元组中的红色光源。

[0443] 图 25A-D 解说了此类校准方法中的第一步骤,其可在包括此组 LED 的一个特殊设备上执行,该特殊设备代表例如在生产线上生产的许多此类设备。替换地,此类第一步骤可在将于某个时间之后使用图 26A-D 中解说的此类校准方法中的第二步骤来重新校准的设备上执行。

[0444] 以下等式与图 25A-D 相关联。具体而言,等式 1 和 2 与图 25A 相关联。等式 3A 和 3B 与图 25B 相关联。等式 4A 和 4B 与图 25C 相关联。并且等式 5A 和 5B 与图 25D 相关联。

[0445] $V_{r0n} = E_0 R_{r0}$ [等式 1]

[0446] $V_{r1n} = E_0 R_{r1}$ [等式 2]

[0447] $V_{r0gn} = E_{gd} R_{r0} C_{r0g} = E_{gd} (V_{r0n}/E_0) C_{r0g}$ [等式 3A]

[0448] $C_{r0g} = (V_{r0gn}/V_{r0n}) (E_0/E_{gd})$ [等式 3B]

[0449] $V_{r0bn} = E_{bd} R_{r0} C_{r0b} = E_{bd} (V_{r0n}/E_0) C_{r0b}$ [等式 4A]

[0450] $C_{r0b} = (V_{r0bn}/V_{r0n}) (E_0/E_{bd})$ [等式 4B]

[0451] $V_{r1r0n} = E_{r0d} R_{r1} C_{r1r0} = E_{r0d} (V_{r1n}/E_0) C_{r1r0}$ [等式 5A]

[0452] $C_{r1r0} = (V_{r1r0n}/V_{r1n}) (E_0/E_{r0d})$ [等式 5B]

[0453] 通过如图 25B-D 中所示地改变电流源 2511、2521 和 2531 以分别从绿色、蓝色和红色 LED 2520、2530 和 2510 产生期望光强度 E_{gd} 、 E_{bd} 和 E_{r0d} 来调节从 LED 2510 (红色)、2520 (绿色) 和 2530 (蓝色) 发射的光。如图 25A 中所示地调节光源 2550 以产生固定强度 E_0 , 其照明 LED 2510 和 2540, 感应与入射光强度成比例的光电流, 并分别产生跨电阻器 2512 和 2542 的标称电压 V_{r0n} 和 V_{r1n} 。同样, LED 2520 和 2530 如图 25B-C 中所示地照明 LED 2510, 而 LED 2510 如图 25D 中所示地照明 LED 2540, 以分别产生跨电阻器 2512 和 2542 的标称电压 V_{r0gn} 、 V_{r0bn} 和 V_{r1r0n} 。优选地, 电阻器 2512 和 2542 的电阻应当足够小, 以使得感应电压不会显著地正向偏置 LED 2510 和 2540。

[0454] 等式 1 和 2 中所示的 LED 2510 和 2540 对来自光源 2550 的入射光的响应性 R_{r0} 和 R_{r1} 分别等于感应电压 V_{r0n} 和 V_{r1n} 与入射光强度 E_0 之比。如等式 3A-B 中所示, 由来自 LED 2520 的光跨电阻器 2512 感应的电压 V_{r0gn} 等于光强度 E_{gd} 乘以此响应性 R_{r0} 乘以校正系数 C_{r0g} 。同样, 如等式 4A-B 中所示, 由来自 LED 2530 的光跨电阻器 2512 感应的电压 V_{r0bn} 等于光强度 E_{bd} 乘以此响应性 R_{r0} 乘以校正系数 C_{r0b} 。此类校正因子 C_{r0g} 和 C_{r0b} 计及来自光源 2550、LED 2520 和 LED 2530 的光以及入射在 LED 2510 上的光之间的发射光波长和光衰减

中的差异。例如,光源 2550 可产生红色光,而 LED 2520 和 2530 分别产生绿色和蓝色。此外,光源 2550 可直接照射 LED 2510,而来自 LED 2520 和 2530 的光可能是间接的,因为此类 LED 可彼此毗邻地安装。替换地,来自 LED 2510、2520 和 2530 的光在 LED 显示器的情形中可被镜面反射或者在 LCD 背光的情形中可被光漫射膜反射。如等式 3B 中所示,当等式 3A 与等式 1 组合时,此类校正系数 C_{r0g} 等于测得电压 V_{r0gn} 与 V_{r0n} 之比乘以已知光强度 E_0 与 E_{gd} 之比。同样,当等式 1 被代入等式 4A 时, C_{r0b} 被表达为测得电压和已知光强度的函数,如等式 4B 中所示。

[0455] 如同等式 3A-B 和 4A-B 中一样,等式 5A-B 涉及由来自 LED 2510 的具有期望强度 E_{r0d} 的光跨电阻器 2542 感应的标称电压 V_{r1r0n} 。将等式 2 代入等式 5A 导致校正因子 C_{r1r0} 被表达为测得电压和已知光强度的函数,如等式 5B 中所示。

[0456] 在有来自设备(诸如 LED 显示器或 LCD 背光)的此类校正系数的已知值、在发射强度被调节到期望值的情况下,此类设备的颜色点可在生产线上被调节至固定点并在现场通过遵循图 26A-D 中解说的校准过程中的第二步骤而得以维持。在不同设备上执行图 26A-D 中解说的规程,其中 LED 2510、2520 和 2530 分别发射未知强度 E_{r0} 、 E_g 和 E_b ,而光源 2550 发射例如在生产线上的相同或已知强度或者在现场来自例如环境光的未知强度。

[0457] 以下等式与图 26A-D 相关联。具体而言,等式 6 和 7 与图 26A 相关联。等式 8A、8B 和 8C 与图 26B 相关联。等式 9A、9B 和 9C 与图 26C 相关联。并且等式 10A、10B 和 10C 与图 26D 相关联。

$$[0458] \quad V_{r0} = E_1 R_{r0} \text{ [等式 6]}$$

$$[0459] \quad V_{r1} = E_1 R_{r1} \text{ [等式 7]}$$

$$[0460] \quad V_{r0g} = E_g R_{r0} C_{r0g} = E_g (V_{r0}/E_1) C_{r0g} \text{ [等式 8A]}$$

$$[0461] \quad V_{r0g} = E_g (V_{r0}/E_1) (V_{r0gn}/V_{r0n}) (E_0/E_{gd}) \text{ [等式 8B]}$$

$$[0462] \quad E_g/E_{gd} = (V_{r0g}/V_{r0}) (V_{r0n}/V_{r0gn}) (E_1/E_0) \text{ [等式 8C]}$$

$$[0463] \quad V_{r0b} = E_b R_{r0} C_{r0b} = E_b (V_{r0}/E_1) C_{r0b} \text{ [等式 9A]}$$

$$[0464] \quad V_{r0b} = E_b (V_{r0}/E_1) (V_{r0bn}/V_{r0n}) (E_0/E_{bd}) \text{ [等式 9B]}$$

$$[0465] \quad E_b/E_{bd} = (V_{r0b}/V_{r0}) (V_{r0n}/V_{r0bn}) (E_1/E_0) \text{ [等式 9C]}$$

$$[0466] \quad V_{r1r0} = E_{r0} R_{r1} C_{r1r0} = E_{r0} (V_{r1}/E_1) C_{r1r0} \text{ [等式 10A]}$$

$$[0467] \quad V_{r1r0} = E_{r0} (V_{r1}/E_1) (V_{r1r0n}/V_{r1n}) (E_0/E_{r0d}) \text{ [等式 10B]}$$

$$[0468] \quad E_{r0}/E_{r0d} = (V_{r1r0}/V_{r1}) (V_{r1n}/V_{r1r0n}) (E_1/E_0) \text{ [等式 10C]}$$

[0469] 等式 6 和 7 涉及 LED 2510 和 2540 分别对由光源 2550 发射的强度 E_1 的响应性 R_{r0} 和 R_{r1} 。等式 8A 示出了由来自 LED 2520 的未知光强度 E_g 跨电阻器 2512 感应的电压 V_{r0g} 等于 E_g 乘以 R_{r0} 乘以校正系数 C_{r0g} 。将等式 6 代入等式 8A 并用等式 3 来代替 C_{r0g} 导致实际发射强度 E_g 与期望发射强度 E_{gd} 之比等于测得电压 V_{r0g} 与 V_{r0} 之比乘以如图 25A-D 中解说地测得的标称电压 V_{r0n} 与 V_{r0gn} 之比乘以由光源 2550 发射的强度 E_1 与 E_0 之比,如等式 8B 和 8C 中所示。同样,等式 9A-C 和 10A-C 将未知强度 E_b 和 E_{r0} 与期望强度 E_{bd} 和 E_{r0d} 之比分别表达为测得电压和从光源 2550 发射的已知光强度的函数。

[0470] 由于由 LED 产生的光强度随时间变化,因此诸如具有红色、绿色和蓝色 LED 的 LED 显示器或 LCD 背光等设备应当在某个时间之后被重新校准以维持在此类设备的生产期间校准的精确颜色。在此类现场重新校准中,光源 2550 可以是未知强度的日光或办公室环境

光。在此类情形中，E1 与 E0 之比是未知的，但对于等式 8A-C、9A-C 和 10A-C 是相同的，因此能够维持由 LED 2510、2520 和 2530 产生的光的相对强度并因此维持颜色。同样，由所有此类像素或背光三元组产生的光强度可保持均匀，因为 E1 与 E0 之比对于所有此类像素或三元组应当是相同的。

[0471] 图 27A-D 结合图 28A-D 解说了类似于图 25A-D 和 26A-D 中解说的此类方法但没有参考光源 2550 的用于校准由一组 LED 2510、2520 和 2540 产生的光以产生固定颜色的方法。在图 27A-D 和 28A-D 中解说的方法中，可控制由每个 LED 产生的光的相对强度而非该组 LED 2510、2520 和 2540 的绝对强度。在该示例中，LED 2510 和 2540 被示为是红色的，而 LED 2520 被示为是白色 LED。这样一组 LED 的示例应用是发射类似于白炽灯泡的具有低色温的白光的灯。

[0472] 以下等式与图 27A-D 相关联。具体而言，等式 11、12、13A 和 13B 与图 27A-B 相关联。并且等式 14、15、16A 和 16B 与图 27C-D 相关联。

$$[0473] \quad V_{r0wn} = E_{wd} R_{r0} C_{r0w} \quad [\text{等式 11}]$$

$$[0474] \quad V_{r0r1n} = E_{r1d} R_{r0} C_{r0r1} \quad [\text{等式 12}]$$

$$[0475] \quad V_{r0wn}/V_{r0r1n} = (E_{wd}/E_{r1d}) (C_{r0w}/C_{r0r1}) \quad [\text{等式 13A}]$$

$$[0476] \quad C_{r0w}/C_{r0r1} = (V_{r0wn}/V_{r0r1n}) (E_{r1d}/E_{wd}) \quad [\text{等式 13B}]$$

$$[0477] \quad V_{r1wn} = E_{wd} R_{r1} C_{r1w} \quad [\text{等式 14}]$$

$$[0478] \quad V_{r1r0n} = E_{r0d} R_{r1} C_{r1r0} \quad [\text{等式 15}]$$

$$[0479] \quad V_{r1wn}/V_{r1r0n} = (E_{wd}/E_{r0d}) (C_{r1w}/C_{r1r0}) \quad [\text{等式 16A}]$$

$$[0480] \quad C_{r1w}/C_{r1r0} = (V_{r1wn}/V_{r1r0n}) (E_{r0d}/E_{wd}) \quad [\text{等式 16B}]$$

[0481] 以下等式与图 28A-D 相关联。具体而言，等式 17、18、19A 和 19B 与图 28A-B 相关联。并且等式 20、21、22A、22B 和 23 与图 28C-D 相关联。

$$[0482] \quad V_{r0w} = E_w R_{r0} C_{r0w} \quad [\text{等式 17}]$$

$$[0483] \quad V_{r0r1} = E_{r1} R_{r0} C_{r0r1} \quad [\text{等式 18}]$$

$$[0484] \quad V_{r0r1}/V_{r0w} = (E_{r1}/E_w) (C_{r0r1}/C_{r0w}) \quad [\text{等式 19A}]$$

$$[0485] \quad E_{r1}/E_w = (V_{r0r1}/V_{r0w}) (C_{r0w}/C_{r0r1}) = (V_{r0r1}/V_{r0w}) (V_{r0wn}/V_{r0r1n}) (E_{r1d}/E_{wd}) \quad [\text{等式 19B}]$$

$$[0486] \quad V_{r1w} = E_w R_{r1} C_{r1w} \quad [\text{等式 20}]$$

$$[0487] \quad V_{r1r0} = E_{r0} R_{r1} C_{r1r0} \quad [\text{等式 21}]$$

$$[0488] \quad V_{r1r0}/V_{r1w} = (E_{r0}/E_w) (C_{r1r0}/C_{r1w}) \quad [\text{等式 22A}]$$

$$[0489] \quad E_{r0}/E_w = (V_{r1r0}/V_{r1w}) (C_{r1w}/C_{r1r0}) = (V_{r1r0}/V_{r1w}) (V_{r1wn}/V_{r1r0n}) (E_{r0d}/E_{wd}) \quad [\text{等式 22B}]$$

$$[0490] \quad E_{r0}/E_{r1} = (E_{r0}/E_w) / (E_{r1}/E_w) \quad [\text{等式 23}]$$

[0491] 如图 27A-D 中所示的此类校准方法中的第一步骤是调节电流源 2511、2521 和 2541 以分别从 LED 2510、2520 和 2540 产生期望光强度 E_{r0d} 、 E_{wd} 和 E_{r1d} ，如图 27A-D 中所示。随后来自 LED 2520 和 LED 2540 的光被 LED 2510 测量，LED 2510 分别产生跨电阻器 2512 的标称电压 V_{r0wn} 和 V_{r0r1n} ，如图 27A 和 27B 中所示。等式 11 和 12 解说了此类电压、发射功率、响应性和校正因子之间的关系。等式 13A-B 取等式 11 与 12 之比以产生校正系数 C_{r0w} 与 C_{r0r1} 之比，其被表达为标称电压 V_{r0wn} 与 V_{r0r1n} 之比乘以期望发射强度 E_{r1d} 与 E_{wd} 之比。

[0492] 接下来，如图 27C 和 27D 中所示，来自 LED 2520 和 2510 的光被 LED 2540 测量，LED 2540 分别产生跨电阻器 2542 的标称电压 V_{r1wn} 和 V_{r1r0n} 。等式 14 和 15 将此类电压与发

射功率、响应性和校正因子相关。等式 16A-B 取等式 14 与 15 之比以产生校正系数 C_{r1w} 与 C_{r1r0} 之比。一旦此类校正系数之比是已知的,由生产线上的相似此类设备产生的光的相对强度就可被确定和调节以产生期望颜色。同样,此类设备可在使用后在现场被重新校准以维持该期望颜色。

[0493] 图 28A-D 解说了用于在没有参考光源的情况下校准颜色的方法中的第二步骤。在此类第二步骤中,LED 2520 和 2540 分别用未知光强度 E_w 和 E_{r1} 顺序地照明 LED 2510,这分别产生跨电阻器 2512 的电压 V_{r0w} 和 V_{r0r1} ,如图 28A 和 28B 中所示。等式 17 和 18 分别将感应电压 V_{r0w} 和 V_{r0r1} 与发射功率 E_w 和 E_{r1} 、响应性 R_{r0} 、以及校正系数 C_{r0w} 和 C_{r0r1} 相关。等式 19A-B 取等式 18 与 17 之比并代入关于校正系数 C_{r0w} 与 C_{r0r1} 之比的等式 13B 以将发射强度 E_{r1} 与 E_w 之比表达为测得电压和期望发射强度的函数。

[0494] 接下来,LED 2520 和 2510 分别用未知光强度 E_w 和 E_{r0} 顺序地照明 LED 2540,这分别产生跨电阻器 2542 的电压 V_{r1w} 和 V_{r1r0} ,如图 28A-D 中所示。等式 20 和 21 分别将感应电压 V_{r1w} 和 V_{r1r0} 与发射功率 E_w 和 E_{r0} 、响应性 R_{r1} 、以及校正系数 C_{r1w} 和 C_{r1r0} 相关。等式 22A-B 取等式 21 与 20 之比并代入关于校正系数 C_{r1w} 与 C_{r1r0} 之比的等式 16B 以将发射强度 E_{r0} 与 E_w 之比表达为测得电压和期望发射强度的函数。等式 23 将 E_{r0} 与 E_{r1} 之比表达为等式 22B 与等式 19B 之比。一旦从每个 LED 2510、2520 和 2540 发射的此类相对强度是已知的,就可调节此类强度以产生期望颜色。

[0495] 图 25A-D、26A-D、27A-D 和 28A-D 仅解说了用于使用此类 LED 作为光检测器来校准从一组不同彩色 LED 发射的颜色点的许多方法中的两种。可使用此类方法或其他方法来校准任何数目的 LED (在一些情形中从两个到许多个)。倘若用作光检测器的 LED 测量由具有大约相等或更短波长的 LED 产生的光,则可使用任何颜色 LED。尽管图 25A-D 和 26A-D 使用 LED 面板中常用的以及 LED 背光中越来越常用的红色、绿色和蓝色 LED,但此类方法等同地适用于包括有机 LED (OLED) 的灯或任何其他类型的照明或显示设备。尽管图 27A-D 和 28A-D 在灯中使用白色和红色 LED 作为示例,但此类校准方法等同地适用于包括 OLED 的 LED 显示器、背光或任何其他类型的照明设备。此类方法可在生产线上执行以确保设备的一致颜色,或者可随时间推移在相同设备上执行以维持颜色。

[0496] 图 29 是实现图 25A-D、26A-D、27A-D 和 28A-D 中解说的方法的电路的示例框图,该电路包括集成电路 (IC) 2980、LED 2510、2520、2540 和可任选的 2530、以及电阻器 2512 和 2542。集成电路 (IC) 2980 还包括时序和控制电路 2981、系数矩阵 2982、数模转换器 (DAC) 2983、模数转换器 (ADC) 2984、以及取决于是否包括任选的 LED 2530 的三个或四个用于产生用于 LED 2510、2520、2530 (任选的) 和 2540 的电流的输出驱动器 2985。输出驱动器 2985 还包括脉冲宽度调制器 (PWM) 2987 和电流源 2986。

[0497] 时序和控制电路 2981 管理驱动器 IC 2980 的功能。用于 LED 2510、2520、2530 和 2540 的照明数据被硬连线至时序和控制电路 2981 中或者通过某种手段传达给时序和控制电路 2981,并在恰当的时间被转发给颜色校正矩阵 2982。颜色校正矩阵 2982 除其他事项外还可调节用于 LED 2510、2520、2530 和 2540 的照明数据以补偿各 LED 之间的变化,从而跨显示器或从灯产生均匀亮度和颜色。矩阵 2982 可包括校正系数,其在与照明数据组合时产生被转发给输出驱动器 2985 的数据,输出驱动器 2985 具有脉冲宽度调制器 2987,该脉冲宽度调制器 2987 产生将 LED 2510、2520、2530 和 2540 的电流源 2986 开启和关闭的逻辑

电平信号。

[0498] ADC 2984 能访问 LED 2510 和 2540 的两端,并且除其他事项外还可测量响应于入射在 LED 2510 和 2540 上的光跨电阻器 2512 和 2542 产生的电压。此示例中取决于是否使用任选的 LED 2530 的所有 3 个或 4 个 LED 的正极可一起绑定至单个电源电压 V_d 2988,或者可连接至不同的电源电压。在所有 LED 2510、2520、2530 (任选的) 和 2540 为一种颜色的情形中,所有正极优选地可连接在一起。在此类 LED 2510、2520、2530 (任选的) 和 2540 为不同颜色的情形中,每个此类不同颜色 LED 2510、2520、2530 (任选的) 和 2540 将优选地连接至每个此类不同电源电压。

[0499] 图 29 仅仅是许多可能的驱动器 IC 2980 框图的一个示例。例如,若 LED 2510、2520、2530 和 2540 用可变电流驱动达固定时间量,则将不需要 PWM 2987。若 ADC 2984 测量来自 LED 2510 和 2540 的开路电压、短路电流、或电流与电压的某种其他组合,则将不需要电阻器 2512 和 2542。若可变电流是不期望的,则 DAC 2983 可以是固定电流源。颜色校正矩阵 2982 可驻留在设备中其他地方。

[0500] 图 30 是校正矩阵 2982 的示例框图,校正矩阵 2982 可校正由红色、绿色和蓝色 LED 2510、2520 和 2530 的组合产生的光强度变化以跨显示器或从灯产生相对均匀的亮度和颜色。矩阵 82 包括可存储校正系数 C_r 、 C_g 和 C_b 的存储器 3090,乘法器 3091 将校正系数 C_r 、 C_g 和 C_b 分别与来自时序和控制电路 2981 的例如红色、绿色和蓝色照明数据组合以产生被转发给调制器 2987 的分别控制红色、绿色和蓝色 LED 2510、2520 和 2530 的照明数据。此类校正系数通常相对大,这在照明数据中产生调节以补偿 LED 2510、2520 和 2530 之间的变化。

[0501] 存储器 3090 可由 SRAM、DRAM、闪存、寄存器、或任何其他形式的可读写半导体存储器构成。此类校正系数可由驱动器 IC 2980 或例如显示器或灯中的任何其他处理元件周期性地修改以针对 LED 2510、2520 和 2530 特性例如随温度或寿命的改变而进行调节。

[0502] 乘法器 3091 通过将每个颜色分量乘以相应的校正系数来缩放来自时序和控制电路 2981 的照明数据。此类乘法可由分立硬件以比特并行形式或比特串行形式、在嵌入式微控制器中、或通过任何其他手段来执行。优选地,包括移位器和加法器的一种硬件乘法器执行所有三次乘法。因此,图 30 仅仅是校正矩阵 2982 的许多可能框图之一。同样,校正矩阵 2982 可驻留在设备中其他地方,诸如图形控制器中的软件。

[0503] 图 31A-C 解说了用于通过确定 LED 的作为入射在此类 LED 上的光波长的函数的光敏性来确定来自此类 LED 的峰值发射波长 λ_p 的一种可能方法。此类测量系统可包括如图 25A-D 中解说的光源 2550、LED 2510 和电阻器 2512,其中由光源 2550 发射的光波长在分别比 LED 2510 的期望峰值发射波长 λ_p 略短和略长的波长 λ_- 和 λ_+ 之间切换。

[0504] 图 31A 中的标绘 3100 表示具有标称峰值发射波长 λ_{pn} 的 LED 2510 的作为入射波长的函数的光敏性,其中纵轴表示跨电阻器 2512 感应的电压。在长于 λ_{pn} 的波长处,光敏性显著下降,而在短于 λ_{pn} 的波长处,光敏性随波长线性地下降。还示出了具有波长 λ_- 的入射光跨电阻器 2512 产生电压 V_- ,而具有波长 λ_+ 的入射光跨电阻器 2512 产生电压 V_+ 。连接点 (λ_-, V_-) 和 (λ_+, V_+) 的线 3103 具有斜率 $M = (V_- - V_+) / (\lambda_- - \lambda_+)$ 。

[0505] 图 31B 中的标绘 3101 解说了具有比标称峰值发射波长 λ_{pn} 略短的峰值发射波长 λ_p 的 LED 2510 的光敏性。当此类 LED 2510 由光源 2550 用波长 λ_- 和 λ_+ 照明时,跨电

阻器 2512 分别产生电压 V_- 和 V_+ 。此类 V_- 和 V_+ 之间的电压差对于具有略短于标称峰值发射波长 λ_{pn} 的峰值发射波长 λ_{p-} 的此类 LED 2510 而言要大于具有标称峰值发射波长 λ_{pn} 的此类 LED 2510。此外,线 3104 的斜率 M 对于发射峰值波长 λ_- 的 LED 2510 而言要比发射标称峰值波长 λ_{pn} 的 LED 2510 负得更多。

[0506] 图 31C 中的标绘 3102 解说了具有比标称峰值发射波长 λ_{pn} 略长的峰值发射波长 λ_{p+} 的 LED 2510 的光敏性。当此类 LED 2510 由光源 2550 用波长 λ_- 和 λ_+ 照明时,跨电阻器 2512 分别产生电压 V_- 和 V_+ 。此类 V_- 和 V_+ 之间的电压差对于具有略长于标称峰值发射波长 λ_{pn} 的峰值发射波长 λ_{p+} 的此类 LED 2510 而言要小于具有标称峰值发射波长 λ_{pn} 的此类 LED 2510。此外,线 3105 的斜率 M 对于发射峰值波长 λ_+ 的 LED 2510 而言要比发射标称峰值波长 λ_{pn} 的 LED 2510 负得更少。

[0507] 由于图 31A、31B 和 31C 中的线 3103、3104 和 3105 的斜率直接与 LED 2510 的峰值发射波长相关,因此此类斜率可用于确定此类峰值发射波长。例如,此类关系可以是线性的。图 31A-C 解说了用于通过测量 LED 的光敏性来确定由此类 LED 产生的光的峰值发射波长的许多可能方法中的一种。例如,可测量 LED 光感应的电流而非电压,或者可测量电流和电压的某种其他组合。此外,具有较宽光谱的灯可感应此类电压或电流而非图 31A-C 中解说的单色源。

[0508] 图 32 是校正矩阵 2982 的示例框图,校正矩阵 2982 可校正例如由红色、绿色和蓝色 LED 2510、2520 和 2530 的组合产生的光强度和波长两者的变化以从 LED 阵列产生均匀亮度和颜色。矩阵 2982 包括存储器 3090,其可存储 9 个校正系数,其中 3 个此类系数用于所产生的每种颜色分量。系数 C_{rr} 、 C_{gg} 和 C_{bb} 将通常有效地与来自图 30 的 C_r 、 C_g 和 C_b 相同,以调节 LED 2510、2520 和 2530 的强度变化,而其余系数 (C_{rg} , C_{rb} , C_{gr} , C_{gb} , C_{br} , C_{bg}) 补偿波长变化。

[0509] 例如,若来自时序和控制电路 2981 的红色照明数据旨在用于具有波长 650nm 的 LED 2510 且所连接 LED 2510 波长准确地为 650nm,则系数 C_{gr} 和 C_{br} 将为 0,且 C_{rr} 将接近 1。若此类所连接 LED 2510 波长为 660nm 且具有与前一示例相同的强度,则 C_{rr} 将略小于前一示例中的 C_{rr} ,且 C_{gr} 和 C_{br} 将为非零,这将分别从此类绿色和蓝色 LED 2520 和 2530 产生一些光。来自此类红色、绿色和蓝色 LED 2510、2520 和 2530 的光的组合将被感知为等同于就像红色 LED 2510 在 650nm 处发射一样。

[0510] 存储器 3090 和乘法器 3091 可如关于图 6 所描述地那样操作和实现。加法器 3210 将来自三个所连接乘法器 3091 的乘法结果求和以产生被转发给调制器 2987 的照明数据。此类加法器 3210 可在硬件或软件中实现,或者以比特并行或比特串行来执行。图 32 仅仅是许多可能的强度和波长校正矩阵 2982 框图之一。

[0511] 图 33 是包括背光 3321、漫射器 3322、偏光器 3323 和 3326、滤色片 3324、以及液晶阵列 3325 的 LCD 显示器的示例简化框图。图像像素 3330 被展开以解说液晶子像素元件 3331,其调制来自滤色片像素元件 3332 的红色、绿色和蓝色光的量以便从此类图像像素 3330 产生特定颜色和强度。背光 3321 从一个或许多光源 (诸如 LED 3333) 产生白光,由漫射器 3322 使该白光跨显示器均匀。偏光器 3323 仅让特定偏振的光通过以到达滤色片 3324,滤色片 3324 产生红色、绿色和蓝色光。液晶阵列 3325 选择性地旋转此类光的偏振,该光随后被偏光器 3326 过滤以产生像素 3330 的彩色图像。背光 3321 通常包括一个或更

多个白色 LED 3333,但可包括红色、绿色和蓝色 LED 的经颜色校准的组合。

[0512] 图 34 是通过为 LCD 3320 三倍那么快地使红色、绿色和蓝色顺序通过单个液晶像素元件 3331 来消除滤色片 3324 的 LCD 3440 的示例简化框图。此类显示器通常被称为场序色彩 (FSC) LCD, 其比 LCD 3320 的成本显著要少且消耗的功率要少得多, 因为消除了滤色片。由于通常顺序进行红色、绿色和蓝色, 因此白色 LED 3333 被红色、绿色和蓝色 LED 2510、2520 和 2530 取代。电流源 3334 用驱动器 IC 2980 取代, 驱动器 IC 2980 藉由顺序地通过启用信号 enr 3441、eng 3442 和 enb 3443 汲取电流来分别顺序地启用 LED 2510、2520 和 2530。为了建立和维持由来自 LED 2510、2520 和 2530 的光的组合产生的精确平均颜色, 可由驱动器 IC 2980 或其他电路执行图 25A-D、26A-D、27A-D、28A-D 和 31A-C 中解说的方法。

[0513] 本领域技术人员一旦完全领会以上公开, 则多种变型和修改将变得显而易见。

[0514] 第四实施例

[0515] 公开了可用于 LCD (液晶显示器) 背光、LED 灯、或其他应用的照明设备以及相关系统和方法。照明设备可包括光检测器 (诸如光电二极管或 LED 或者其他光检测设备) 以及一个或更多个不同颜色的 LED。可使用这些照明设备实现相关方法以维持由来自此类 LED 的混合发射产生的精确颜色。也可按需实现用于这些照明设备的其他方法、系统和应用。照明设备的一种应用是用于 FSC (场序色彩) LCD (液晶显示器) 的背光。FSC LCD 通过在面板中顺序地加载图像的红色、绿色和蓝色像素数据并闪现 RGB 背光的的不同颜色来在时间上混合图像中的各颜色。通过在每种颜色闪现时持续监视由每个照明设备中的不同彩色 LED 感应的光电流之比可有利地维持跨此类显示器的精确和均匀的色温。以下关于附图描述各个实施例。若需要, 还可实现其他特征和变化, 并且也可利用相关的系统和方法。

[0516] 如以下进一步描述的, 公开了包括具有不同发射波长的 LED 以及光检测器的照明设备的示例实施例。此外, 公开了用于维持从照明设备中的 LED 组合发射的精确颜色和强度的方法。例如, 所公开的实施例可用于使用 FSC 的 LCD, 其中通常在任何一个时间, 来自一组红色、绿色和蓝色 LED 中的仅一种颜色 LED 发射光。此类实施例还可用于常规 LCD 背光和 LED 灯, 其中所有 LED 通常同时发射但周期性地顺序进行各颜色以进行测量。各实施例还可按需用在其他系统和应用中。

[0517] 在一个实施例中, 如以下进一步描述的, 包括红色、绿色和蓝色 LED 的照明设备中的光检测器可用于监视 (例如, 持续地、周期性地、等等) 由每种颜色 LED 产生的光强度。例如, 控制器 (诸如控制器集成电路 (IC)) 随后可使用该强度测量来维持由这些 LED 产生的固定混合颜色和强度。可由控制器 IC 执行以控制颜色的一种方法包括将由不同彩色 LED 在光检测器中感应的信号之比与期望比率作比较, 例如, 如本文中关于第三和第七实施例所描述的。期望比率可例如在照明设备或显示器的制造期间确定。应注意, 光检测器可以是任何光检测设备, 包括但不限于: 硅光电二极管、分立 LED、光检测 LED 或与发光 LED 之一集成在相同管芯上的光检测 LED。因此, 在以下针对光电二极管使用的讨论中, 应理解, 可使用其他光检测器来代替光电二极管, 包括分立 LED、光检测 LED、与发光 LED 之一集成在相同管芯上的光检测 LED、或某种其他光检测设备。

[0518] 尽管该强度控制过程可如同颜色控制过程中那样持续地执行, 但优选地也可响应于用户命令或上电而周期性地执行强度控制。也可按需应用其他控制时序。由于人眼对颜

色变化比对强度变化敏感得多,因此较小的强度变化通常可被人眼容忍。

[0519] 尽管本发明的一种主要应用是用于 FSC LCD 的背光,但许多其他应用(诸如固态照明和常规 LCD)也可获益于所公开实施例。例如,在同一封装中将光检测器(诸如光电二极管或 LED 或其他光检测设备)与不同的彩色 LED(包括白色)组合使得由每个此类 LED 产生的光能被准确测量,即使存在显著环境光或来自毗邻封装中的 LED 的光亦然。在一个实施例中,光电二极管使得能使用将电流注入此类光电二极管、测量正向电压、并从结果计算温度的公知技术来容易且准确地测量封装的温度并因此测量 LED 的温度。通过此类测量,可针对任何应用使用本文描述的方法准确地控制由此类照明设备产生的光的颜色和强度。光电流之比可用于控制由设备产生的光的相对强度并因此控制颜色,而针对温度进行补偿的绝对光电流可用于控制由设备产生的总体强度。

[0520] 虽然本文描述的实施例适用于各种各样的应用,但是应注意,所公开实施例对于 FSC LCD 背光尤其有用,因为各颜色顺序进行且因此光检测器(例如,光电二极管、LED 等)可监视由照明设备中的每个 LED 产生的光而无需修改显示器时序或光学器件。

[0521] 如上所述,该第四实施例还可与关于本文所述的其他实施例描述的技术、方法和结构联用。例如,关于第二、第三、第七和第八实施例描述的校准和检测系统及方法可按需与该第四实施例中描述的系统和方法联用。此外,本文描述的各种照明设备、光源、光检测器、显示器、和应用以及相关的系统及方法可按需与该第四实施例中描述的系统和方法联用。此外,如上所述,关于该第四实施例描述的结构、技术、系统和方法可用在本文描述的其他实施例中,并且可用在任何期望的照明相关应用中,包括液晶显示器(LCD)、LCD 背光、数字公告板、有机 LED 显示器、AMOLED(有源矩阵 OLED)显示器、LED 灯、照明系统、常规插座连接内的灯、投影系统、便携式投影仪和/或其他显示器、灯或照明相关应用。

[0522] 如以下描述的,在一些实施例中,照明设备可包括如图 35 和 40 中所示地封装在一起的一个或更多个彩色 LED(诸如红色 LED、绿色 LED 和蓝色 LED)、以及硅光电二极管或其他光检测器(例如,LED 等)。图 35 解说了优选照明设备,其包括集成在图 36 中解说的控制器 IC 上的光检测器(诸如硅光电二极管或其他光检测设备),其测量此类 LED 输出光和温度并执行用于维持由此类 LED 产生的精确颜色和强度的方法。图 40 解说了包括用于测量 LED 输出光和照明设备温度的光检测器(诸如分立硅光电二极管或其他光检测设备)的替换照明设备。图 41 中解说的外部控制器 IC 可用于实现用于任何数目的照明设备的颜色和强度控制方法。尽管以下讨论主要使用硅光电二极管作为光检测器,但是再次应注意,光检测器可以是任何光检测设备,包括但不限于:硅光电二极管、分立 LED、光检测 LED 或与发光 LED 之一集成在相同管芯上的光检测 LED。

[0523] 图 37、38 和 39 分别解说了包括集成在控制器 IC 上的光电二极管的优选照明设备的可能的光电二极管电流和温度测量电路、简化系统连接图、以及时序图。同样,图 42、43 和 44 解说了包括分立光电二极管的照明设备的可能的光电二极管电流和温度测量电路、简化系统连接图、以及时序图。由于 LCD 背光通常需要许多照明设备来跨显示器提供均匀和足够的亮度,因此这些系统连接图解说了在照明设备包括分立光电二极管的情况下此类照明设备可如何连接在一起并连接至控制器 IC。

[0524] 由于 LCD 背光通常具有许多照明设备,因此将光电二极管与每组红色、绿色和蓝色 LED 一起封装有助于使来自毗邻 LED 的光对由第一照明设备中的 LED 在此第一照明设备

中感应的光电二极管电流的影响最小化。此外,照明设备封装可包括不透明体以阻挡毗邻照明设备之间的直接光并且包括透明塑料填充以允许光被直接发射到显示器波导或漫射器中。来自毗邻照明设备的一些光可从此类波导或漫射器散射到此类第一照明设备中,但倘若光电二极管驻留在该照明设备中,则此类散射光的量通常足够小从而不会影响测量。

[0525] 如图 39 和 44 中解说的示例时序图中所示,在用于 FSC LCD 的背光中,在一个时间,红色、绿色和蓝色 LED 中仅一种颜色正在发射,这使得每个照明设备中的光电二极管能连续地测量由每种此类 LED 产生的光。此外,由于来自毗邻照明设备的散射光足够小,因此由 FSC LCD 背光中的所有照明设备中的所有 LED 产生的光可同时被测量,而无需修改显示器时序并且无需常规 RGB 背光所必需的特殊波导。用于其他应用(诸如常规 LCD 背光或用于一般照明的 LED 灯)的时序图未示出,但是在大部分时间将优选地使所有 LED 同时发射。周期性地,每种颜色 LED 将独立发射以进行测量。

[0526] 图 39 和 44 还解说了用于驱动照明设备中的 LED 的两种不同方法,其减少了在分别使用集成光电二极管和分立光电二极管时所需的封装引脚数目。如图 36 中所示,用于红色 LED 的电源还为控制器 IC 供电。由于用于绿色和蓝色 LED 的正向电压通常是相近的,因此用于这两种 LED 的电源被示为相同的。此外,如图 39 中所示,此类绿色和蓝色 LED 电源优选地在此类红色 LED 电源之后走高,这在控制器 IC 上产生复位脉冲。

[0527] 如图 41 中所示,用于红色、绿色和蓝色 LED 的电源是分开的,但所有三个负极都连接至控制器 IC 上的一个引脚。如图 44 中所示,此类 LED 电源顺序地开启,其中在一个时间仅有一个正开启。因此,控制器 IC 上的一个 LED 驱动器可用于驱动一个照明设备中的所有三个 LED。

[0528] 图 45 解说了用于实现用于照明设备的 LED 颜色和强度控制方法的控制器 IC 中的可能电路,该方法可按需包括三个步骤或过程,包括工厂校准、颜色控制和 / 或强度控制。

[0529] 在可发生在制造照明设备或背光或显示器时的工厂校准期间,可测量每个照明设备的红色、绿色和蓝色 LED 的强度和波长,可生成用于补偿此类变化的系数,并且可测量每个 LED 在产生期望光量时的温度和所感应的光电二极管电流。此类校正系数、光电二极管电流和温度测量随后可被存储在相应的控制器 IC 上——若此类 IC 具有非易失性存储器,并被直接使用;或者它们可被存储在用于显示器中的所有照明设备的某种共用存储器中并例如在此类显示器每次上电时被加载。

[0530] 在正常工作期间,通过将由照明设备中的各 LED 感应的光电二极管电流之比与在工厂校准期间测量的期望光电二极管电流之比作比较,可精确地维持由来自红色、绿色和蓝色 LED 的光组合产生的颜色。由于由蓝色 LED 产生的光强度随温度保持相对恒定,因此颜色控制过程可使用由蓝色 LED 感应的光电流作为参考。可将由红色和绿色 LED 感应的光电二极管电流除以由蓝色 LED 感应的光电二极管电流以产生红色与蓝色和绿色与蓝色的实际测得比率以及红色与蓝色和绿色与蓝色的工厂期望比率。随后可对实际比率与期望比率之差进行低通滤波,然后调节去往红色和绿色 LED 的平均驱动电流。该颜色控制过程随后可比较光电二极管电流之比以消除随操作条件(诸如温度和电源电压)以及随寿命发生的任何测量变化。由于由不同彩色 LED 的组合产生的光的颜色是由每个此类 LED 产生的相对强度决定的,因此比较光电二极管电流之比非常适合颜色控制过程。

[0531] 为了维持由照明设备产生的相对精确的强度,强度控制过程可被配置成将在工作

期间由蓝色 LED 感应的测得光电二极管电流与在工厂校准期间测得的由蓝色 LED 感应的期望光电二极管电流作比较。由于此类测得光电二极管电流可随温度变化,因此还测量光电二极管的温度——其应当与同一封装中的 LED 几乎相同,并且测得光电二极管电流在与期望光电二极管电流比较之前可被恰当地补偿。经温度补偿的光电二极管电流与期望光电二极管电流之差可被存储在寄存器中,该差相应地调节平均蓝色 LED 驱动电流。

[0532] 现在转到附图,图 35 解说了照明设备 3510,其包括具有光检测器 3512 和三个 LED 的集成电路 3511,其中一个 LED 对应于红色 3513、绿色 3514 和蓝色 3515 中的每种颜色。光检测器 3512 可以是例如硅光电二极管,并且以下讨论主要使用光电二极管作为光检测器。然而,如以上指出的,根据需要,光检测器 3512 也可以是任何其他光检测设备。包装该 IC 和 LED 的封装包括 4 引脚引线框 3516、不透明塑料体 3517、以及允许来自 LED 的光从该封装垂直发射的透明塑料填充 3518。引线框 3516 包括用于信号 Vr 3519、Vbg 3520、Din(D_{输入})3521 和 Dout(D_{输出})3522 的 4 个引脚。信号 Vr 3519 向红色 LED3513 和控制器 IC 3511 供电,信号 Vbg 3520 向绿色 LED 3514 和蓝色 LED 3515 供电,而 Din 21 和 Dout 22 信号向控制器 IC 11 传达数据和控制信息以及从控制器 IC 11 传达状态。该照明设备的背侧是常用的暴露垫,其提供至印刷电路板的良好导热性以及电接地连接。还应注意,在集成电路上,若需要,硅光电二极管可实现为 P 型衬底和 N 型扩散层之间的扩散结。此外,若需要,硅光电二极管也可实现为 N 型衬底和 P 型扩散层之间的扩散结。

[0533] 在一些应用的校准期间以及在 FSC LCD 背光应用的正常工作期间,集成电路 3511 顺序地向不同的彩色 LED 提供电流,这导致每次仅一个 LED 产生光。硅光电二极管 3512 和相关联的检测电路持续地监视由每个 LED 产生的光。控制电路调节提供给每个 LED 的平均电流以维持精确的照明强度和颜色。蓝色 LED 3515 和绿色 LED 3514 通常具有两个表面触点并且被示为倒装在集成电路 3511 上。红色 LED 3513 通常具有一个表面触点和一个背侧触点并且被示为直接附连至集成电路 3511,其中顶部的表面触点通过导线接合至 Vr 3519。

[0534] 图 35 是在同一封装中将带有集成光检测器(诸如硅光电二极管或其他光检测设备)的 LED 控制器 IC 3511 与一组不同的彩色 LED 组合的许多可能照明设备之一。图 35 中解说的示例示出了红色、绿色和蓝色 LED 的组合,但此类照明设备可包括任何颜色 LED,包括用于一般照明的白色和红色 LED 的组合或常规 LCD 背光应用。照明设备 3510 还被示为具有 4 个引脚和用于接地(gnd)的背侧触点,但是可具有各种各样的引脚组合。这些 LED 还被示为直接附连至集成电路 3511,但是可用各种方式附连,包括安装到引线框 3516 或安装到某种其他形式的衬底以及通过导线接合至 IC 3511。此外,如上所述,被描绘为光电二极管的光检测器可以按需为任何光检测设备,包括但不限于:硅光电二极管、分立 LED、光检测 LED 或与发光 LED 之一集成在相同管芯上的光检测 LED。

[0535] 图 36 解说了可能的 LED 控制器 IC 3511,其向红色 LED 3513、绿色 LED 3514 和蓝色 LED 3515 提供驱动电流并使用硅光电二极管 3512 和测量块 3630 来监视由此类 LED 产生的光并测量照明设备 3510 温度。网络接口 3634 接收来自信号 Din 3521 的照明和控制数据并在信号 Dout 3522 上产生状态信息。此类照明数据可调节由每个照明设备 3510 产生的光的强度以及可任选地调节颜色以支持局部调光。振荡器(OSC)3635 向网络接口 3634 提供参考时钟,网络接口 3634 可从 Din 3521 上接收到的数据恢复时钟,该时钟可用于对集

成电路 3511 的其余部分进行时钟控制。时序和控制电路 3633 使用所恢复的时钟来管理集成电路 3511 的操作和功能。

[0536] 颜色调节电路 3636 执行用于维持由 LED 产生的精确 LED 照明强度和颜色所必需的任务。此类任务包括监视由光电二极管产生的电流并调节转发给脉冲宽度调制器 (PWM) 3638、3639 和 3640 的数字值, 脉冲宽度调制器 3638、3639 和 3640 控制电流源 3641、3642 和 3643 分别通过连接至 LED 3513、3514 和 3515 的信号 PWM_r(红色) 3647、PWM_g(绿色) 3648 和 PWM_b(蓝色) 3649 汲取电流的时间量。还示出了从 V_r 3519 产生用于 IC 3511 的电源电压 VDD 3645 的低压差 (LDO) 稳压器 3637 以及从 V_{bg} 3520 产生用于 IC 3511 的主复位信号 /RST 3646 的复位电路 3644。V_r 3519、V_{bg} 3520 和 VDD 3645 的示例电压值可以分别为 2.5v、3.5v 和 1.8v。

[0537] 图 36 是包括光电二极管或其他光检测设备 (诸如 LED) 并向任何数目的 LED 产生驱动电流的控制器 IC 的许多可能框图之一。例如, 可通过调节由电流源产生的电流而非使用脉冲宽度调制器控制此类电流源产生电流的时间量来控制由此类 LED 产生的照明强度。此外, 进出控制器 IC 的控制和数据信号可以完全不同。例如, 照明数据和控制数据可具有分开的输入引脚。同样, 时钟可以随数据一起输入而非从数据恢复时钟。

[0538] 图 37 解说了控制 IC 3511 内包含的测量块 3630 的可能框图。在该示例中, 放大器 3750 被配置为跨阻放大器, 其通过放大器 3750 在光电二极管负极上维持相对固定的电压来迫使由光电二极管 3512 产生的电流通过电阻器 3751。跨电阻器 3751 产生的电压被转发给复用器 3756 和 ADC 3757。

[0539] 温度传感器包括发起进入二极管 3754 和 3755 中的电流 I₀ 的电流源 3752 和 3753。二极管 3755 包括具有与二极管 3754 相同的物理和电特性的 10 个并联二极管以产生具有二极管 3754 的 10 倍面积的二极管 3755。二极管 3754 和 3755 的正极之间的电压差与绝对温度成比例并且通过复用器 3756 被转发给 ADC 3757。

[0540] 图 37 是测量块 3630 的许多可能框图之一。例如, 可通过迫使两个不同电流在正向偏置方向上通过光电二极管 3512 并测量所得的两个电压之差来测量温度。光电二极管 3512 的极性可以颠倒, 并且放大器可被配置成迫使跨光电二极管 3512 为 0 伏。此外, 可消除放大器 3750, 并且电阻器 3751 可跨光电二极管 3512 连接以产生与由光电二极管 3512 产生的电流成比例的电压。因此, 图 37 仅仅是用于光电流和温度测量的许多可能框图的一个示例。

[0541] 图 38 解说了显示器背光中具有集成光电二极管的多个照明设备的可能连接图。照明设备 3510 解说了通过将一个照明设备 3510 的 Dout 信号 3522 连接至下一个串联照明设备 3510 的 Din 信号 3521 而串联在一起的一组任何数目个照明设备 3510 的实例。最后一个照明设备 3510 的 Dout 信号 3522 连接至视频控制器 3861, 视频控制器 3861 还向第一个照明设备 3510 提供 Din 信号 3521 并完成视频控制器 3861 和所有照明设备之间的通信环。视频控制器 3861 可产生用于每个照明设备 3510 的照明强度和颜色数据并且可控制和监视所有此类设备的功能。

[0542] 电源 3860 分别向所有照明设备 3510 的红色、以及绿色和蓝色 LED 提供 V_r 3519 和 V_{bg} 3520 供电。此类供电可以是静态的或者可如图 39 中解说地切换。电源 3860 还被示为向视频控制器 3861 供电, 其通常将为固定电压。

[0543] 在显示器背光中,照明设备 3510 可沿所谓的侧光式 LCD 中的液晶面板的一个或更多个边缘串联或在所谓的直下式 LCD 中的液晶面板后面的阵列中串联。在侧光式 LCD 中以及在一些直下式 LCD 中,照明设备应在液晶面板后面提供均匀强度和颜色,其中该面板中的像素通过使或多或少不同彩色光通过来产生图像。一些直下式 LCD 实现局部调光,其中可针对每个图像帧独特地控制每个照明设备 3510 或各组照明设备的亮度以及有时还有颜色。

[0544] 图 38 是用于显示器中的照明设备 3510 的许多可能连接图之一。例如,视频控制器 3861 可连接至照明设备 3510 的多个链。此外,视频控制器 3861 可以是例如图形或 I/O 控制器。照明设备链可以是任何数目,包括仅一个链。Vr 3519 和 Vbg 3520 供电可连接起来或者如图所示是分开的,或者对于不同的照明设备引脚分布可以完全不同。同样,可按需不同地实现 LED 灯或其他应用中的连接图。

[0545] 图 39 解说了 FSC LCD 背光中的电源 Vr 3519 和 Vbg 3520、以及 LED 电流源输出 PWMr (红色) 3647、PWMg (绿色) 3648 和 PWMb (蓝色) 3649 的许多可能时序图之一。在启动时, Vr 3519 首先走高并且随后 Vbg 3520 走高,这使得控制器 IC 3511 中的复位发生器 3644 产生有效 /RST 信号 3646 以启动控制器 IC 3511 从已知状态进行操作。控制器 IC 3511 随后通过启用每个相应的 PWM 和电流源来顺序地驱动红色 LED 3513、绿色 LED 3514 和蓝色 LED 3515。当此类 PWM 信号被示为高时,不通过相应的 LED 汲取电流并且该 LED 不产生光。当此类 PWM 信号被示为启用时 (附图中标记为 EN),启用相应的 PWM 并且在每个此类 LED 中产生脉冲电流。

[0546] 由于在一个时间仅一种颜色 LED 正在发射,因此光电二极管 3512 可在连续基础上监视由每个此类 LED 产生的光,并且控制器 IC 3511 可持续地调节针对每个此类 LED 产生的驱动电流以维持精确的颜色点和强度。

[0547] 图 39 中所示的光颜色的先后顺序适用于 FSC LCD 及其他应用,其在时间上而非在空间中混合红色、绿色和蓝色像素数据。常规 LCD 具有白色背光和为每个像素产生红色、绿色和蓝色光的滤色片,每个像素包括用于每种颜色的液晶子像素元件。红色、绿色和蓝色像素数据随后允许不同量的光通过每个红色、绿色和蓝色子像素。FSC LCD 具有一个液晶像素元件,其操作达至少三倍那么快以允许顺序地呈现每种颜色,其在时间上被眼睛混合。

[0548] 图 39 是电源和 LED 驱动信号的许多可能时序图之一。对于例如常规显示器和灯,所有 LED 将通常同时产生光以生成必需的白光。可使用不同的时序图来启用光电二极管 3512 以监视由每个此类 LED 产生的光。对于 FSC LED,为了减少诸如颜色分裂等可见伪迹,不同彩色 LED 的序列可以是不同的。例如,颜色序列可在多个视频帧上重复而非如图所示的仅一个视频帧。此外,诸如所谓的模印 (stenciling) 等方法通过在每组红色、绿色和蓝色场之间插入所有三种颜色都被照明的第四场来减少颜色分裂。对于常规和 FSC 显示器两者,电源和 LED 驱动信号两者的时序可以显著不同。图 39 仅是一个示例。

[0549] 图 40 解说了照明设备 4080,其包括光检测器 4081 和三个 LED,如照明设备 3510 中那样其中一个 LED 对应于红色 4082、绿色 4083 和蓝色 4084 中的每种颜色,但不包括控制器 IC 3511。光检测器 4081 可以是例如硅光电二极管,并且以下讨论主要使用光电二极管作为光检测器。然而,如以上指出的,光检测器 4081 也可以是任何光检测设备,包括但不限于:硅光电二极管、分立 LED、光检测 LED 或与发光 LED 之一集成在相同管芯上的光检测

LED。因此,在一些实施例中,光检测器 4081 可按需被实现为与一个或更多个发光 LED 集成在相同管芯上的光检测 LED。包装此类光检测器和 LED 的封装包括 6 引脚引线框 4085、不透明塑料体 4086、以及允许来自 LED 的光从该封装垂直发射的透明塑料填充 4087。引线框 4085 包括用于分别连接至此类红色、绿色和蓝色 LED 的正极的信号 Vr 4088、Vg 4089 和 Vb 4090 以及用于信号 LC 4091、PDC 4092 和 PDA 4093 的 6 个引脚。LC 信号 4091 连接至所有此类 LED 的负极,而 PDC 4092 和 PDA 4093 分别连接至光电二极管 4081 负极和正极。照明设备 4080 的背侧在此示例中应当保持电隔离。

[0550] 光电二极管 4081 以及绿色 LED 4083 和蓝色 LED 4084 可在每个此类管芯的顶侧上具有两个触点,其中所有正极直接通过导线接合至相应的引脚。LED 负极向下接合至引线框,引线框随后通过导线接合至 LC 4091 引脚。光电二极管 4081 上的表面正极连接通过导线接合至 PDC 4093 引脚。红色 LED 4082 被示为具有通过导线接合至 Vr 4088 引脚的用于正极的表面触点以及电学和机械地连接至引线框的用于负极的背侧触点。

[0551] 图 40 是包括 LED 和用于监视每个 LED 的相对输出功率以维持精确的颜色点和强度的光检测器的许多可能照明设备 4080 之一。例如,照明设备可包括更多或更少 LED 或附加的光检测器。LED 的负极可具有专用引脚而非如图所示地连接在一起,或者所有正极可以是共用的,而负极分开地引出。光电二极管负极或正极可与一个或更多个 LED 共享共用连接。封装在机械上可以完全不同。引脚可以是例如表面安装或者穿孔。此外,如上所述,被描绘为光电二极管的光检测器可以按需为任何光检测设备,包括但不限于:硅光电二极管、分立 LED、光检测 LED 或与发光 LED 之一集成在相同管芯上的光检测 LED。

[0552] 图 41 解说了可能的 LED 控制器 IC 4100,其驻留在照明设备外部并向红色 LED 4082、绿色 LED 4083 和蓝色 LED 4084 提供驱动电流并且使用光电二极管 4081 和测量块 4101 来监视由此类 LED 产生的光和温度。此类控制器 IC 4100 连接至 N 个照明设备 4080 并随操作条件和寿命维持由所有所连接照明设备 4080 产生的恰当照明颜色和强度。在此示例中,来自照明设备 4080 的所有 PDA 4093 信号被一起绑定至控制器 IC 4100 的 PDA 4114 引脚。每个照明设备 PDC 4092 引脚被连接至控制器 IC 4100 上标记为 PDC1 4115 至 PDCn 4116 的独特 PDC。

[0553] 网络接口 4102、时序和控制电路 4103、振荡器 (OSC) 4104 和颜色调节块 4105 应当非常类似于或等同于构成控制器 IC 3511 的此类块。同样,PWM 块 4106 至 4107 和电流源 4108 至 4109 应当非常类似于或等同于构成控制器 IC 3511 的此类块。控制器 IC 3511 和控制器 IC 4100 之间的主要差别包括测量块 4101、可驱动的 LED 数量、以及如何驱动 LED 的时序。照明设备 4080 的所有三个 LED 4082、4083 和 4084 的负极通过信号 PWM1 4110 连接至一个电流源 4108。最多达 N 个照明设备 4080 可连接至等同于电流源 4108 的 N 个电流源,其中连接至 PWMn 4111 的电流源 4109 表示至第 N 个照明设备 4080 的连接。控制器 IC 3511 中所示的 LDO 3637 和复位电路 3644 被输入引脚 VDD 4112 和 /RST 4113 取代。Din 4117 和 Dout 4118 具有与控制器 IC 3511 上的 Din 3521 和 Dout 3522 相似的功能。

[0554] 图 41 是连接至并控制照明设备 4080 的控制器 IC 的许多可能框图之一,照明设备 4080 包括光电二极管或其他光检测设备(诸如 LED)和 LED,其中光电二极管或其他光检测设备(诸如 LED)监视由此类 LED 产生的光量。例如,控制器 IC 可具有单独用于每种颜色 LED 的 LED 驱动器电路而非用一个驱动器控制所有三个 LED。若照明设备 4080 包括不同数

目个 LED, 则控制器 IC 4100 将连接至每个照明设备中的该数目的 LED。

[0555] 图 42 是测量块 4101 的一种可能框图, 其测量由所有所连接照明设备 4100 中的 LED 4082、4083 和 4084 产生的光电二极管 4081 电流并使用此类光电二极管 4081 来测量每个此类所连接照明设备 4080 中的温度。当控制开关 4220 的光启用 (LightEn) 信号 4228 为高且控制开关 4221 的温度启用 (TempEn) 信号 4229 为低时, 测量块 4101 被配置成通过将光电二极管 4081 正极短路接地并使所选光电二极管 4081 负极由放大器 4224 控制来测量光电二极管 4081 中的电流。所选光电二极管 4081 中的电流被迫通过电阻器 4225, 从而产生通过复用器 4226 转发给 ADC 4227 的电压。

[0556] 当光启用信号 4228 为低且温度启用信号 4229 为高时, 测量块 4101 被配置成通过将所选光电二极管 4081 负极短路接地并迫使来自电流源 4223 的不同电流通过所选光电二极管来测量所选照明设备 4080 中的光电二极管的温度。电流源 4223 提供两个不同电流 I_0 和 $10 \times I_0$ 通过由复用器 4222 选择的光电二极管 4081, 并且复用器 4226 将所得电压转发给 ADC 4227。两个所得电压之差与绝对温度成比例。

[0557] 图 42 是测量块 4101 的许多可能框图之一。如关于图 37 描述的, 由 LED 在光电二极管中感应的电流可用各种方式来测量。同样, 温度可用各种方式来测量。例如, 两个不同大小的光电二极管可驻留在照明设备 4080 中, 并且可测量在向这两个光电二极管应用相同电流时的电压差。

[0558] 图 43 解说了显示器背光中具有分立光电二极管的多个照明设备的可能连接图。照明设备 4080 的许多实例连接至一个控制器 IC 4100 上的 N 个 LED 驱动器和光电二极管测量块。电源 4331 向所有照明设备 4080 提供 V_r 4088、 V_g 4089 和 V_b 4090 并向视频控制器 4330 提供固定供电以及为控制器 IC 4100 提供 VDD 4112 供电。视频控制器 4330 向控制器 IC 4100 提供 Din 4117 和 /RST 4113 信号并从控制器 IC 4100 接受 Dout 4118 信号。来自所有照明设备 4080 的 PDA 4093 信号被连接至控制器 IC 4100 的 PDA 4114 引脚。

[0559] 如关于图 38 所描述的, 照明设备 4080 可驻留在沿侧光式 LCD 的边缘或在直下式 LCD 中液晶面板后面的阵列中。视频控制器 4130 可传达用于每个照明设备的照明数据并且可管理控制器 IC 4100。由于所有 LED 4082、4083 和 4084 的负极都一起连接至控制器 IC 4100 上的一个驱动器, 因而此类连接图仅允许控制来自彩色 LED 的光强度。通过每次启用 V_r 4088、 V_g 4089 和 V_b 4090 供电之一来个体地控制每个颜色分量。

[0560] 图 43 是用于照明设备 4080 和控制器 IC 4100 的许多可能连接图之一。在需要比一个控制器 IC 4100 能支持的照明设备更多的照明设备的显示器中, 多个控制器 IC 4100 可通过网络接口 4102 串联或者视频控制器 4330 可直接连接至多个控制器 IC 4100。对于常规显示器, 照明设备 4080 和控制器 IC 4100 可被配置成通过将驱动器数目增至三倍来使所有 LED 颜色同时发射, 并且连接图将相应地不同。

[0561] 图 44 解说了 FSC LCD 背光中的电源 VDD 4112、 V_r 4088、 V_g 4089 和 V_b 4090、/RST 信号 4113、以及 LED 电流源输出 PWM1 4110 的许多可能时序图之一。在启动期间, VDD 4112 首先走高并且随后 /RST 4113 走高, 这启动控制器 IC 4100 从已知状态操作。控制器 IC 4100 随后向视频控制器 4330 和电源 4331 发信号以开始序列进行 LED 供电 V_r 4088、 V_g 4089 和 V_b 4090。在每个此类 LED 供电为高时, 控制器 IC 4100 驱动恰当的平均电流通过每个此类 LED。例如, 当 V_r 4088 为高时, 控制器 IC 4100 将用于红色 LED 4082 的恰当照明

信息转发给 PWM 4106 和电流源 4108 以从红色 LED 产生恰当的光强度。由于去往绿色 LED 4083 和蓝色 LED 4084 的供电 V_g 4089 和 V_b 4090 在该时间期间为低,因此没有电流流过此类 LED 并且不产生光。

[0562] 由于在一个时间仅一种颜色 LED 正在发射,因此光电二极管 4081 或其他光检测设备(诸如 LED)可在连续基础上监视由每个此类 LED 产生的光,并且控制器 IC 4100 可持续地调节针对每个此类 LED 产生的驱动电流以维持精确的颜色点和强度。测量块 4101 顺序地并且重复地监视连接至引脚 PDC1 4115 至 PDCn 4116 的光电二极管 4081。

[0563] 图 44 是 FSC 显示器中的供电和 LED 驱动信号的许多可能时序图之一。例如,颜色序列对于不同视频帧可以不同并且可在多个视频帧上重复而非如图所示的一个视频帧。图 44 仅是一个示例。同样,可按需类似地或以不同方式实现常规显示器或 LED 灯中的时序图。在此类应用中,照明设备封装可为 LED 负极提供独立引脚,从而所有 LED 可同时发射达某个时间段且在测量发射功率时可独立发射。也可按需实现其他技术。

[0564] 图 45 解说了控制器 IC 3511 中的颜色调节块 3636 的可能框图,其在控制器 IC 4100 中的颜色调节块 4105 中实质上重复 N 次。出于简单起见,本讨论的其余部分将仅引述照明设备 3510 而不引述照明设备 4080 以及控制器 IC 4100;然而,本讨论也适用于这些其他实施例。此外,出于简单起见,本讨论假设使用光电二极管作为光检测器。然而,如以上指出的,光检测器可以按需为任何光检测设备,包括但不限于:硅光电二极管、分立 LED、光检测 LED 或与发光 LED 之一集成在相同管芯上的光检测 LED。

[0565] 颜色调节块 3636 从时序和控制电路 3633 接收用于红色 LED 3513、绿色 LED 3514 和蓝色 LED 3515 的强度数据,在矩阵 4540 中调节此类值,并将它们转发给 PWM 3638、3639 和 3640。矩阵 4540 包括在照明设备 3510 的制造期间确定的系数,这些系数用于补偿 LED 强度和波长变化以在一个温度上从红色 LED 3513、绿色 LED 3514 和蓝色 LED 3515 的组合产生期望颜色和强度。在正常工作期间通过持续地将由红色 LED 3513 和绿色 LED 3514 在光电二极管 3512 中感应的电流与由蓝色 LED 3515 在光电二极管 3512 中感应的电流之比同在制造期间确定的此类电流的期望比率作比较、并通过包括乘法器 4541 和 4543 的反馈环路调节转发给 PWM 3638 和 3639 的值来维持恰当的光颜色。通过将由蓝色 LED 3515 在光电二极管 3512 中感应的经温度调节的电流与制造期间确定的期望的此类电流作比较、并用乘法器 4542 调节转发给 PWM 3640 的值来周期性地控制由红色 LED 3513、绿色 LED 3514 和蓝色 LED 3515 的组合产生的光的恰当平均强度。

[0566] 在照明设备 3510 的制造期间确定矩阵 4540 的系数时,测量由每个 LED 3513、3514 和 3515 在光电二极管 3512 中感应的电流并将其分别存储在寄存器 4544、4546 和 4545 中。同样,测量并保存温度。在工作期间,由红色 LED 3513、绿色 LED 3514 和蓝色 LED 3515 感应的光电二极管电流被持续地测量、数字化并分别存储在寄存器 4547、4549 和 4548 中。分别由除法器 4550 和 4551 确定由红色 LED 3513 和绿色 LED 3514 感应的实际光电二极管电流与由蓝色 LED 3515 感应的此类电流之比。将此类实际光电二极管电流之比与制造期间确定并由除法器 4552 和 4553 产生的此类期望光电二极管电流之比作比较。由于在制造期间测量的光电二极管电流对应于来自时序和控制电路 3633 的特定强度数据,因此除法器 4554 和 4555 以及乘法器 4556 和 4558 先调节此类期望光电二极管电流之比,然后再通过加法器 4559 和 4561 将其与除法器 4550 和 4551 的输出作比较。由加法器 4559 和 4561 确定

的期望光电二极管电流之比与实际光电二极管电流之比之间的差分别被低通滤波器 4562 和 4564 滤波,然后分别被应用于乘法器 4541 和 4543。低通滤波器 (LPF) 4562 和 4564 被配置成确保反馈环路是稳定的。

[0567] 颜色调节块 3636 参考由红色 LED 3513 和绿色 LED 3514 感应的光电二极管电流与由蓝色 LED 3515 感应的光电二极管电流之比的原因在于由蓝色产生的光强度通常随温度变化很小。颜色调节块 3636 比较光电二极管电流之比而非个体光电二极管电流的原因在于光电二极管响应随温度和其他条件而变化。通过比较同时测得的光电二极管电流之比,任何此类变化抵消并且可维持精确的颜色。

[0568] 随着蓝色 LED 3515 老化,针对给定平均驱动电流产生的光强度会变化。颜色调节块 3636 通常偶尔(例如,在上电期间或基于命令)补偿蓝色 LED 中的此类变化,但是可以持续地补偿。在此类补偿期间,测量单元 3630 测量由蓝色 LED 3515 感应的实际光电二极管电流并且结果被存储在寄存器 4548 中。测量单元 3630 还测量温度,温度补偿块 4565 使用其结果将实际光电二极管电流缩放至制造期间测量存储在寄存器 4545 中的期望光电二极管电流时的温度。乘法器 4557 将来自寄存器 4545 的输出缩放来自时序和控制电路 3633 的蓝色数据,除法器 4560 产生乘法器 4557 输出与来自温度补偿块 4565 的输出之比,并且其结果被存储在寄存器 4563 中。乘法器 4542 调节来自矩阵 4540 的蓝色输出,然后将其转发给 PWM 3640。

[0569] 图 45 是维持由照明设备 3510 产生的光的精确颜色和强度的颜色调节块 3636 的许多框图之一。尽管优选地通过将不同彩色 LED 在一个时间(例如在制造期间)感应的光电二极管电流之比与相同 LED 在不同时间感应的光电二极管电流之比作比较来控制颜色,但可通过将实际光电二极管电流与期望光电流作比较来控制颜色。此类优选颜色和强度控制电路可用许多不同形式(包括软件)来实现。图 45 中解说的功能不补偿 LED 发射波长变化,这可以通过调节矩阵 4540 中的系数来进行。同样,由乘法器 4541、4542 和 4543 执行的强度调节可通过调节矩阵 4540 中的系数来进行。

[0570] 图 46 是矩阵 4540 的示例框图,矩阵 4540 可校正例如由红色、绿色和蓝色 LED 3513、3514 和 3515 的组合产生的光强度和波长两者的变化以从 LED 阵列产生均匀亮度和颜色。矩阵 4540 包括存储器 4670,其可存储 9 个校正系数,其中 3 个此类系数用于所产生的每种颜色分量。系数 C_{rr} 、 C_{gg} 和 C_{bb} 将通常调节 LED 3513、3514 和 3515 中的强度变化,而其余系数 (C_{rg} , C_{rb} , C_{gr} , C_{gb} , C_{br} , C_{bg}) 补偿波长变化。

[0571] 存储器 4670 可包括 SRAM、DRAM、闪存、寄存器、或任何其他形式的可读写半导体存储器。此类校正系数通常在制造期间确定并且在工作期间保持不变,然而,此类系数可由控制器 IC 3511 或例如显示器或灯中的任何其他处理元件周期性地修改以调节 LED 3513、3514 和 3515 特性例如随温度或寿命的改变。若存储器 4670 不包括非易失性存储器(诸如闪存),则应在上电时将校正系数加载到此类存储器中。

[0572] 乘法器 4671 通过将每个颜色分量乘以相应的校正系数来缩放来自时序和控制电路 3633 的照明数据。此类乘法可由分立硬件以比特并行形式或比特串行形式、在嵌入式微控制器中、或通过任何其他手段来执行。优选地,包括移位器和加法器的一种硬件乘法器执行所有九次乘法。加法器 4672 将来自三个所连接乘法器 4671 的乘法结果求和以产生被转发给调制器 3638、3639 和 3640 的照明数据。此类加法器 4672 可在硬件或软件中实现,或

者以比特并行或比特串行来执行。

[0573] 图 46 仅仅是校正矩阵 4540 的许多可能框图之一。同样,校正矩阵 4540 可驻留在显示器中其他地方,诸如图形控制器中的软件。

[0574] 图 47 是包括背光 4781、漫射器 4782、偏光器 4783 和 4786、滤色片 4784、以及液晶阵列 4785 的 LCD 显示器 4780 的示例简化框图。图像像素 4790 被展开以解说液晶子像素元件 4791,其调制来自滤色片像素元件 4792 的红色、绿色和蓝色光的量以便从此类图像像素 4790 产生特定颜色和强度。背光 4791 从一个或许多光源(诸如 LED 4793)产生白光,由漫射器 4782 使该白光跨显示器均匀。偏光器 4783 仅让特定偏振的光通过以到达滤色片 4784,滤色片 4784 产生红色、绿色和蓝色光。液晶阵列 4785 选择性地旋转此类光的偏振,该光随后被偏光器 4786 过滤以产生像素 4790 的彩色图像。背光 4781 通常包括一个或更多个白色 LED 4793,但可包括红色、绿色和蓝色 LED 的经颜色校准的组合。

[0575] 图 48 是通过通常为 LCD 4780 三倍那么快地使红色、绿色和蓝色顺序通过单个液晶像素元件 4791 来消除滤色片 4784 的 FSC LCD 4800 的示例简化框图。此类显示器通常比 LCD 4780 的成本显著要少且消耗的功率要少得多,因为消除了滤色片。由于必须顺序进行红色、绿色和蓝色,因此在照明设备 3510 中,白色 LED 4793 被红色、绿色和蓝色 LED 3513、3514 和 3510 取代。电流源 4794 用驱动器 IC 3511 取代,驱动器 IC 3511 藉由顺序地通过 PWM 信号 PWM_r(红色)3647、PWM_g(绿色)3648 和 PWM_b(蓝色)3649 汲取电流来分别顺序地启用 LED 3513、3514 和 3515。为了建立和维持由来自 LED 3513、3514 和 3515 的光的组合产生的精确的平均颜色和强度,照明设备 3510 可包括本文描述的电路并实现本文描述的方法。图 48 中解说的照明设备 3510 照明许多像素 4791。

[0576] 本领域技术人员一旦完全领会以上公开,则多种变型和修改将变得显而易见。

[0577] 第五实施例

[0578] 在某些示例性实施例中,改进的照明设备使用 LED 灯中的组件以非常低的成本执行各种功能。产生光的 LED 可周期性地瞬间关闭,例如达人眼不能感知的持续时间,以使该灯能光学地接收命令。光学传送的命令可例如使用遥控设备发送至灯。照明设备可使用当前关闭的 LED 来接收数据并随后相应地配置光、或者测量光。此种光可为用于光电传感器功能的环境光,或来自照明设备中的其他 LED 以调节颜色混合的光。以下关于附图描述各个实施例。若需要,还可实现其他特征和变化,并且也可利用相关的系统和方法。

[0579] 在某些示例性实施例中,照明设备使用 LED 来产生光并提供至控制器的双向通信,该控制器实现常规照明不可能的功率节省特征。照明设备例如可来自遥控器的经调制光编程以开启或关闭、调节亮度或颜色、以及响应于环境光变化或定时器计数值而开启或关闭。在正常工作期间产生照明的 LED 被周期性地用于在人眼不能检测的短间隔期间接收来自控制器的经调制光。响应于来自遥控器的命令,照明设备能产生用数据调制的光。另外,当遥控器被关闭且暴露于日光时,该控制器中的 LED 可提供涓流充电电流以维持全电池功率。

[0580] 在某些方面,本发明提供一种智能照明设备的系统且在某些情况下,提供一种遥控器。通常连接至 AC 电网电源的照明设备能经由光接收来自通常是电池供电的遥控器的命令。遥控器随后对灯进行编程以用于定时器或光敏操作。例如,在黄昏,灯可开启并随后关闭、光在功率接通时出现并在固定时间后消失、光可在固定时间出现和消失、或者光可在

黄昏出现而在黎明消失。也可启用或禁用调光,或基于环境光自动调节调光。

[0581] 在开启时,照明设备周期性关闭 LED 以确定是否有任何命令正在发送或测量环境光。遥控器同步至这些瞬间“光关闭”周期并在用户指示的情况下发送命令。这些命令可为开/关、调光、定时器、光电池、颜色等。当光被遥控器关闭时,ac 功率仍是有效的。该设备进入低功率模式。当遥控器开启光时,入射光可为 LED 供电并使光开启。也可通过移除 AC 功率来关闭光以及通过开启 AC 功率来开启光。某些序列中的循环功率可将光复位至默认状态。

[0582] 在某些实施例中,照明设备在光输出被瞬间关闭的间隔期间使用光敏 LED(即,红色 LED)来检测收到数据或 DC 光。对于多色光,照明设备可使用最长波长 LED(即,红色 LED)链来检测其他颜色的输出功率。在两个最长波长 LED 链的情况下,每个链可测量另一个链的输出功率,由此使得反馈环路能控制每种颜色的输出功率和混合颜色混合。

[0583] 一旦照明设备(即,“灯”)被安装在可连接至或可不连接至调光开关的现有插座中,照明设备就可由遥控器调光。遥控器在短“关闭”时段期间发送命令以递增或递减输出光水平。调光功能可通过以优选锁定至开关稳压器频率的开关频率对 LED 驱动电流进行脉冲宽度调制或简单地通过调节 LED 驱动电流来执行。

[0584] 若启用光电感测,则在这些短的光关闭时段期间,最长波长 LED 链可用于测量环境光。为此,LED 可被配置成光伏模式,并产生与入射光成比例的电压。若该电压高于通过命令指定的水平,则作为响应,灯可关闭。若该电压回落至该指定水平以下,则灯可开启。此种机制使得光能在夜间开启并在日间关闭。结合定时器,光可在黄昏开启并在指定的时间量后关闭。

[0585] 当启用定时器时,灯可在每天的不同时间开启和关闭,或在开启后的指定时间量之后关闭。灯可由遥控器、由通过开关施加的功率、或由光电传感器功能开启。在电网连接应用中,定时器被同步至用于精确频率参考的 AC 频率。

[0586] 当由电池供电时,光敏 LED 链可提供涓流电流以对电池再充电。30 个红色 LED 的链(例如,在 CREE 灯中)可产生近 1mW 的功率,该功率可使不常用的应用(诸如应急灯)中的可再充电电池保持有电。对于诸如发展中世界常用的太阳能供电的离网发电系统等应用,灯的充电能力可扩增太阳能电池板的充电能力。

[0587] 如上所述,该第五实施例还可与关于本文所述的其他实施例描述的技术、方法和结构联用。例如,关于第二、第三、第七和第八实施例描述的校准和检测系统及方法可与该第五实施例中描述的智能 LED 灯联用。此外,关于该第五实施例描述的通信技术可按需与其他实施例联用。

[0588] 现在转向附图,图 49 是包括照明设备 4911 和遥控器 4912 的智能照明设备系统 4910 的一个示例。遥控器 4912 优选地像闪光灯或 TV 遥控器一样由电池供电且被用于用经调制光来编程照明设备 4911。当照明设备 4911 优选地由电插座(例如,爱迪生基插座)的 AC 电网供电时,照明设备 4911 可由遥控器 4912 控制。当启用照明设备 4911 以产生光时(即,“开启”或“产生光”),照明设备 4911 短暂且周期性地停止发射光以检测来自遥控器 4912 的命令或检测来自环境的环境光,或校准多色照明设备 4911 中的颜色。当照明设备 4911 由 AC 电网供电但不被启用以产生光(即,“关闭”)时,照明设备进入低功率状态。在该状态下,来自遥控器 4912 的命令仍能被照明设备 4911 检测。照明设备 4911 通过瞬间

产生用数据调制的光来响应遥控器 4912。为了将照明设备 4911 复位至默认状态,至照明设备 4911 的功率以特定序列循环。

[0589] 图 49 仅仅是许多可能的智能照明设备系统的一个示例。例如,照明设备 4911 可用电池供电,或者遥控器 4912 可由 AC 电网供电。在另一示例中,若照明设备在其被设计或生产时被编程,则不需要遥控器 4912。预编程设备的示例包括预先配置的夜灯,以及在开启或许 1 小时(或其他延迟)之后自动关闭的灯。在此情形中,可减少照明设备的功能。

[0590] 在另一示例中,来自遥控器 4912 的光可在编程的同时用光来为没电的照明设备 4911 供电。例如,消费者可购买包括该遥控器的灯泡替代品。消费者随后可将该灯泡保持对着遥控器并将其配置为在开启 35 分钟后关闭,随后取走经编程的灯泡并将其拧入某处的插座中。没有这种自供电变型,灯泡将需要被拧入供能的插座以便对其编程,这或许是可能的,但仍然可能较不方便。

[0591] 在又一示例中,遥控器电池可在不使用时通过日光或环境光充电。此外,多个照明设备 4911 可彼此通信。例如,各个政府近来已经提出了某些建筑物必须具有基于是否有人在场而自动开启和关闭的智能灯的命令。一些大型照明公司提供由具有运动检测器和 900MHz RF 收发机的灯构成的系统。当室内的一个灯检测到运动时,它告知其余灯开启。该办法的两个主要问题在于:(1) 这些灯是昂贵的,以及(2) RF 信号穿过墙至其他没有人的房间。本文描述的设备可经由符合下述条件的光彼此通信:(1) 不需要 RF 电路的花销,以及(2) 不会穿过墙。此外,类似调光或颜色控制之类的功能可获益于灯彼此通信。例如,用户可对一个灯进行编程,且该灯随后重新配置其他的灯。在两个灯不断彼此通信的情况下,附加的应用可能是安全性。若入侵者在这些灯之间经过并瞬间阻挡光,则这些灯检测该情形并以某种至中央安全系统的菊花链方式将信息广播给建筑物中的其他灯。

[0592] 图 50 提供了包括用于照明设备 4911 的命令 5014 的示例列表的表 2,这些命令使得遥控器 4912 能开启和关闭照明设备 4911、调节输出功率、以及将颜色改变为三种不同设置之一。此外,照明设备 4911 可被配置为响应于时辰计数器到达特定计数或环境光降至特定水平之下而自动开启,以及在定时器自照明设备 4911 开启时起到达特定计数或环境光上升至高于特定水平后自动关闭。在此示例中,颜色混合始终被自动测量并被调节至特定设置。示例命令 5014 集合可使用 4 比特来产生十六进制码 5013。

[0593] 优选地,十六进制码 5013 之前有同步模式,且之后有奇偶校验以产生 8 比特传递序列。此外,设定时间的命令必须跟有实际时间。由于一天有 1440 分钟,因此具有 1 分钟分辨率的时间需要 11 比特,这可在命令后在两个连续传递中发送。

[0594] 表 2 仅仅是命令 5014 和十六进制码 5013 的许多可能集合的一个示例。例如,在多色光中,每个单独分量可被调光或者颜色校准可被启用或禁用。作为另一示例,时辰计数器还可计数星期几。照明设备 4911 可具有这些功能的子集或可具有各种其他功能,诸如选通或连续颜色变化。此外,可读取照明设备 4911 状态和寄存器内容。另外,十六进制码 5013 至命令 5014 的指派可完全不同,且取决于命令 5014 的数量可包含更多或更少比特。

[0595] 图 51 是照明设备 4911 正产生光时用于在照明设备 4911 和遥控器 4912 之间传达命令 5014 的示例时序图。来自照明设备 4911 的经脉冲宽度调制光 PWM 5120 周期性地被不产生光的间隙 5121 中断。间隙周期 5122 在该示例中为 1 秒。间隙时间 5123 等于电网周期的一半或在 60Hz 下为 8.33 毫秒。遥控器 4912 同步至来自照明设备 4911 的 PWM 5120

光中的间隙 5121,并能在间隙 5121 期间发送命令 CMD 5124。当从遥控器 4912 发送并由照明设备 4911 恰当地接收 CMD 5124 时,照明设备 4911 在 CMD 5124 后立即提供响应 RSP 5125。遥控器 4912 可优选地被狭窄地聚焦(与闪光灯很类似)以辅助用户将远程命令定向至具有多个此类照明设备的房间中的特定照明设备。用户可看到光束并将其直接照射到一个灯上。这将使来自遥控器的光聚焦到照明设备上并使来自照明设备的光聚焦到遥控器中的检测器上。

[0596] 在此示例中,来自照明设备 4911 的光以电网频率的 16 倍或对于 60Hz AC 为 960Hz 进行脉冲宽度调制以启用调光而不必改变 LED 波长。在全亮度处,关闭时间非常短或不存在,而在较低亮度水平,开启时间短。脉冲的频率保持固定。为了防止遥控器 4912 丢失与照明设备 4911 的同步,间隙 5121 之前来自照明设备 4911 的最后一个脉冲优选地不被减少至遥控器 4912 能检测的最小宽度之下。

[0597] 在另一示例中,1 秒间隙周期 5122 可在照明设备 4911 和遥控器 4912 传达第一个 CMD 5124 之后被缩短至例如 200 毫秒,以使得相继的命令可以更快地传达。这对于调光是重要的,因为低功率和高功率之间可能存在许多功率电平级别。一旦遥控器 4912 停止发送命令,间隙周期 5122 就变宽回到 1 秒间隔。

[0598] 当照明设备 4911 不产生光时,遥控器 4912 不检测间隙 5121 且能在任何时间发送命令 CMD 5124。图 51 中所示的协议保持相同,除了照明设备 4911 在该事务前后不输出 PWM 5120 光。

[0599] 在不发送命令 CMD 5124 或在照明设备 4911 不产生光的间隙 5121 期间,照明设备 4911 可测量环境光。在启用光电传感器功能时,从在发送命令 CMD 5124 时收到的光中减去环境光水平,并且该环境光水平用于确定何时开启或关闭照明设备 4911。更具体地,当照明设备正接收命令时,背景光或环境光在跨 LED(或光电二极管)的光学感应电压中产生 DC 偏移。该 DC 偏移可通过在不发送命令的间隙 5121 期间测量光学感应电压并将其从接收命令时的感应电压中减去除以消除。替换地,照明设备中的接收机可对感应电压进行高通滤波以移除 DC 偏移。由于数据率较低,因此接收机可使用数字滤波器进行 DC 阻断(和均衡)。若 DC 偏移在接收命令前已知,则数字滤波器的初始状态可被相应设定,并减少稳定时间。在启用光电传感器功能时,当照明设备产生光时在间隙 5121 期间测量环境光,而在不产生光时始终测量环境光。

[0600] 另外,在多色照明设备 4911 中,可在间隙 5121 期间或在照明设备 4911 不产生光时测量每个单独颜色的强度。例如,当照明设备 4911 开启时,照明设备 4911 可在产生期望光之前短暂测量每种颜色的强度。随后例如随照明设备变暖可周期性地在间隙 5121 期间测量诸颜色分量。

[0601] 图 51 仅仅是许多可能的时序图的一个示例。间隙周期 5122 和间隙时间 5123 可取决于应用有很大不同。响应 RSP 5125 可在不同时间被发送或根本不被发送。命令 CMD 5124 甚至可在 PWM 循环的关闭时间期间被发送,且响应 RSP 5125 可以是 PWM 占空比变化。为了提供附加的差错保护,命令 CMD 5124 可在生效前重复一次或更多次。可实现许多不同的时序图和通信协议。对于由来自遥控器 4912 的光供电而非由电池或 AC 电网供电的照明设备 4911,该协议可包括显著的照明持续时间以便例如在电容器上存储足够电荷以向照明设备 4911 供电和传达数据。

[0602] 图 52 是解说照明设备 4911 正产生光时在照明设备 4911 和遥控器 4912 之间的比特级通信的示例时序图。通信始于照明设备 4911 停止 PWM 5120 输出。照明设备同步 IDSYNC 5230 脉冲是照明设备 4911 在间隙 5121 之前产生的最后一个 PWM 脉冲。IDSYNC 5230 的宽度大于遥控器 4912 能检测的最小脉冲宽度。也可在每个间隙 5121 之前产生诸如短脉冲序列等其他同步序列。来自遥控器 4912 的 CMD 5124 包括双相编码的有 3 个“1”的同步模式 SYNC 5231、十六进制码 5013、以及偶校验比特 P 5232。在该示例中,命令 5014 为“光关闭”。若照明设备 4911 正确地接收 CMD 5124,则响应 RSP 5125 包括构成 CMD 5124 的相同的双相编码的 SYNC 5231、十六进制码 5013、以及奇偶校验 P 5232。

[0603] 当照明设备 4911 不产生光时,图 52 中所示的协议保持相同,除了照明设备在该事务前后不输出 PWM 5120 光(也无 IDSYNC 5230)。

[0604] 图 52 仅仅是许多可能的比特时序图的一个示例。代替双相编码,该协议可使用许多公知编码方案中的任一种,诸如 4b5b、8b10b 或 NRZ。SYNC 5231 可具有各种长度和序列,包括根本不存在。十六进制码 5013 可具有更多或更少比特,而奇偶校验 P 5232 可为偶数或奇数、多于 1 个比特,或根本没有。CRC 码可用于检错。对于由来自遥控器 4912 的光供电的照明设备 4911,该协议可以有很大不同。具体而言,可能必须从照明设备 4911 向遥控器 4912 每次 1 个比特地传送数据,其中遥控器 4912 例如在从照明设备 4911 发送的各比特之间发射光以对照明设备 4911 上的电容器进行再充电。用于这样做的有用收发机技术在由 David J. Knapp 于 2009 年 1 月 27 日提交的题为“Fault Tolerant Network Utilizing Bi-Directional Point-to-Point Communications Links Between Nodes(利用节点间的双向点对点通信链路的容错网络)”的美国专利申请 No. 12/360,467 中、以及在由 David J. Knapp 于 2009 年 9 月 1 日提交的题为“Optical Communication Device, Method and System(光通信设备、方法和系统)”的美国专利申请 No. 12/584,143 中描述,其每一篇申请通过引用完整结合于此。

[0605] 图 53 是包括 EMI 滤波器和整流器 5341、AC-DC 转换器、分压器、集成电路 IC 5354 以及 LED 链 5353 的示例性照明设备 4911 的示例框图。EMI 滤波器和整流器 5341 产生 AC 电网 VAC 5340 的全波整流版本,并将电网上的瞬态扰动最小化以避免影响经整流功率,以及将照明设备 4911 中的开关噪声最小化以避免影响电网。分压器包括电阻器 R 5342 和 R 5343 并产生信号 S 5357,信号 S 5357 是用于 IC 5354 的经整流电网信号的降压版本。AC-DC 转换器包括电感器 5344 和 5345(本文也称为电感器 L 5344 和 L 5345)、电容器 5346 和 5347(也称为“电容器 C 5346 和 C 5347”)、二极管 5348(也称为“二极管 D 5348”)、N 沟道开关晶体管 5349(也称为“开关 N 5349”)以及集成电路 5354(IC 5354)上的功率控制器 5362。本示例示出 LED 链 5353 包括 LED 5350、LED 5351 和 LEDn 5352,其中 LED 5352 和 LEDn 5353 之间的虚线指示 LED 链 5353 可包括许多 LED。该架构典型地用于单色光或由具有荧光粉涂层的蓝色 LED 产生的白光。多色照明设备通常将具有用于每种颜色的分开的 LED 链。

[0606] IC 5354 包括存储器和控制 5360、PLL 和时序 5361、功率控制 5362、接收机 5363 以及输出驱动器 5364。存储器和控制 5360 包括用于存储诸如启用定时器或光电传感器等的配置信息的非易失性存储器、以及用于诸如调光等设置的易失性(或非易失性)存储器。存储器和控制 5360 还包括管理与遥控器 4912 的数据传递、产生脉冲宽度调制(PWM)LED 驱

动信号 S 5359、以及实现控制 IC 5354 和照明设备 4911 的总体功能的定时器和状态机的逻辑。

[0607] PLL 和时序 5361 包括在照明设备上电时产生锁相至 S 5357 的高频时钟的锁相环。包括 R 5342 和 R 5343 的分压器提供经整流电网电压的低压版本 S 5357, S 5357 不超过 IC 5354 的额定电压并且 PLL 锁定至 S 5357。IC 5354 上的所有其他电路同步至 PLL 和时序 5361 输出 (未示出)。

[0608] PLL 和时序 5361 使照明设备 4911 能通过锁定至电网频率来维持用于时辰定时器功能的精确时基。同样,间隙周期 5122 和间隙时间 5123 可精确地与 VAC 5340 时序对准。此种时序可使多个照明设备 4911 同步并用光在彼此之间直接通信。例如,多个照明设备 (即“ID”) 能通过紧接在产生光之前先寻找间隙 (例如间隙 5121) 来彼此同步。若发现合适间隙,则照明设备与这些间隙同步。若没有发现间隙,则没有什么可同步且该照明设备有效地变为其他照明设备在开启时锁定至的时序主机。此种照明设备优选地也应当能检测同步是否丢失并且能重新锁定。还应注意,还关于本文所述的第四和第六实施例描述了照明设备和系统以及可见光通信设备和方法的附加实施例。还应注意,还关于本文所述的第一、第二、第三、第七和第八实施例描述了显示器相关系统和方法、显示器校准系统和方法、以及 LED 校准系统和方法。

[0609] 当 VAC 5340 关闭时,电容器 C 5347 能向 IC 5354 维持功率达某段时间。若 VAC 5340 关闭并在该时间内开启,则 IC 5354 可保持上电。为了将照明设备 11 复位至默认状态,VAC 5340 可被关闭和开启数次达指定时间量。例如,复位序列可为 3 个短的“关闭”和“开启”区间,随后是 3 个更长的“关闭”和“开启”区间,以及最后为 3 个更短的“关闭”和“开启”区间。PLL 和时序 5361 监视信号 S 5357、在信号 S 5357 保持低电平时发信号给 IC 5354 以进入低功率状态,并测量短 VAC 5340 关闭和开启时段之间的时间。当 PLL 和时序 5361 检测到恰当的 VAC 5340 关闭和开启序列时,IC 5354 被复位至默认状态。

[0610] 功率控制 5362 连同外部组件电感器 L 5344 和 L 5345、电容器 C 5346 和 C 5347、二极管 D 5348 和开关 N 5349 以及来自输出驱动器 5364 的电流感测反馈实现 AC-DC 转换器功能。所实现的配置是公知的单端主电感器转换器 (SEPIC)。开关 N 5349 由功率控制 5362 以诸如 1MHz 等相对高的频率开启和关闭,其中占空比变化以产生通过 LED 链 5353 的期望电流。当开关 N 5349 闭合时,来自 L 5344 和 L 5345 的电流被牵引通过开关 N 5349 且电容器 C 5346 上存储的电荷向 LED 链 5353 提供电流。当开关 N 5349 断开时,通过电感器 L 5344 和 L 5345 的电流流经二极管 D 5348 并流至 LED 链 5353 和 C 5347。

[0611] 功率控制 5362 将来自输出驱动器 5364 的电压反馈信号 Vfb 5365 与内部参考电压作比较以产生误差信号,该误差信号调节耦合至开关 N 5349 的控制信号 S 5358 的占空比。信号 Vfb 5365 由流经输出驱动器 5364 中的小电阻器 (未示出) 的 LED 链 5353 电流产生。当 LED 链 5353 关闭时,Vfb 5365 变为 V+5355 的降压版本,这在接收数据时以及在 PWM 调光关闭时间期间发生。控制环路调整反馈分压器以使 V+5355 维持在与 LED 链 5353 开启时相同的电压上。

[0612] 当输出驱动器 5364 开启或关闭至 LED 链 5353 的电流时,在功率控制 5362 能调整至信号 S 5358 的新占空比之前可能在 V+5355 上发生较大的电压瞬变。当 LED 链 5353 电流关闭时,V+5355 将走高直至 S 5358 的占空比减小,且当 LED 链 5353 电流开启时,V+5355

将走低直至 S 5358 的占空比增大。为了使此类瞬变最小化,功率控制 5362 在将发生此类变化之前从存储器和控制 5360 接收信息并在需要此变化时立刻调整 S 5358 占空比。紧临输出驱动器 5364 将 LED 链 5353 电流关闭之前,功率控制 5362 测量 S 5358 占空比并存储结果。在下次 LED 链 5353 电流关闭时立即恢复该占空比以防止 V+5355 冲至很高。同样,在 LED 电流开启时测量 S 5358 占空比并存储结果,且随后恢复该占空比以防止 V+5355 冲至较低。

[0613] 输出驱动器 5364 用接地的开关(未示出)来开启或关闭 LED 链 5353 电流。当该开关接通时,电流从 V+5355 通过 LED 链 5353 和该开关流至接地(GND),而当该开关断开时,没有电流流过。当该开关接通时,与该开关串联的小电阻器产生 Vfb 5365。当该开关接通时,控制环路将来自 V+5355 的可变分压器输出与 Vfb 5365 进行比较并调整分压器直至输出等于 Vfb 5365。当 LED 链 5353 电流关闭时,V+5355 分压器环路也关闭且分压器保持固定。当 LED 链 5353 电流关闭时,V+5355 的该分压版本通过 Vfb 5365 被转发至功率控制 5362。

[0614] 当 LED 链 5353 电流被输出驱动器 5364 关闭时,接收机 5363 能接收来自遥控器 4912 的数据。来自遥控器 4912 的经调制光由像在太阳能电池板中一样以光伏模式工作的 LED 链 5353 转换为电压信号 S 5359。接收机 5363 对 S 5359 进行高通滤波以阻挡来自环境光的 DC 内容并消除光伏 LED 链 5353 的低带宽。此带宽通常支持最高达每秒 1k 比特(1kbps),但通过恰当的均衡滤波器,数据率可增大 10 倍或更多。为了支持图 51 和 52 中的协议,需要 2kbps。接收机 5363 包括 A/D 转换器和数字滤波器以均衡信号 S 5359。不需要时序恢复,因为数据是从同步至 IC 5354 锁定到的 AC 电网频率的遥控器 4912 发送的。数字滤波器的输出在恰当时间被简单采样。

[0615] 当照明设备 4911 不产生光时,遥控器 4912 检测到不存在间隙 5121。由于遥控器 4912 不同步至来自照明设备 4911 的间隙 5121,且由于遥控器 4912 是电池供电的,因此来自遥控器 4912 的数据与照明设备 4911 中的时序异步。倘若遥控器 4912 具有精确振荡器(诸如石英晶体),则遥控器 4912 和照明设备参照时钟通常将在彼此的百万分之几百的范围内。照明设备 4911 在第三个 SYNC 5231 脉冲的下降沿上复位以高频率进行时钟控制的定时器并使用该定时器来采样收到数据和产生所传送数据。两个参照时钟之间在一个传递的 16 毫秒周期上的偏移是不显著的。

[0616] 照明设备 4911 在间隙 5121 期间并且还在照明设备 4911 不产生光时通过用接收机 5363 中的 A/D 转换器测量信号 S 5359 的平均电压来测量环境光。A/D 转换器应被构筑成具有小 DC 误差(诸如公知的斩波稳定架构)以测量非常低的光水平。

[0617] 图 53 仅仅是许多可能的照明设备 4911 框图的一个示例。例如,用于多色光的照明设备 4911 架构可包括用于每种分量颜色的 LED 链 5353 和输出驱动器 5364。示例颜色组合可包括红色、绿色和蓝色,或者红色、黄色、绿色和蓝色,或者红色和白色。在间隙 5121 期间并且也在照明设备 4911 不产生光时,较低光频率 LED 可测量彼此的光强度以及较高光频率 LED 的光强度。例如,在红色和白色照明设备中,例如在间隙 5121 期间,白色 LED 链可产生光而红色 LED 链可连接至接收机并且可测量光功率。若红色 LED 被组织在具有分开的输出驱动器的两个分开链中,则在例如间隙 5121 期间,一个红色 LED 链可测量另一个红色 LED 链的光功率。通过测量来自每个 LED 链的光功率,照明设备可调整去往不同 LED 链的电流

以例如随 LED 变化、温度变化和 LED 寿命维持特定颜色点。单个接收机 5363 可被共享并在不同时间连接至不同的 LED 链,或可实现多个接收机 5363。

[0618] 在配置期间可由遥控器 4912 供电的照明设备的另一个示例照明设备 4911 框图可包括非常低功率的第二接收机。该第二接收机可由接收经调制光的 LED 链供电并可配置信息存储在非易失性存储器中。由光跨 LED 链感应的平均电压通常显著低于从相同 LED 链产生光所需的电压。感应电压可跨电容器 C 5347 存储,且 LED 链 5353 的较小段可被连接至输出驱动器 5364 以向遥控器 4912 发射响应。用于在照明设备 4911 不被供电时配置照明设备 4911 的通信协议可不同于图 51 以使得电容器 C 5347 可在每个发射的光脉冲之后被再充电。用于这样做的有用技术在前述美国申请 No. 12/360,467 和 No. 12/584,143 中描述。

[0619] 由电池而非 AC 电网供电的照明设备 4911 的框图将具有电池以及潜在的不同类型的开关电源,诸如公知的降压式、升压式、降压-升压式、或反激式。在可再充电电池的情况下,入射在 LED 上的环境光或日光可产生用于对电池进行再充电的功率。此种照明设备 4911 的框图可具有管理电池充电器的第二功率控制 5362。由 AC 电网供电的照明设备也可具有各种不同的 AC-DC 转换器中的任一种,诸如升压-降压式或反激式。此种照明设备也可具有备用的可再充电电池,其在电力断开时使照明设备维持时辰计数器。用于照明设备 4911 的时序也可例如基于本地晶体振荡器而非电网频率。

[0620] 作为再一示例,例如,使用硅光电二极管而非 LED 来接收数据的照明设备的框图将具有连接至光电二极管而非 LED 链 5353 的接收机 5363。此类架构对于仅使用在光伏模式下不能很好地工作的涂荧光粉的白色 LED 的照明设备尤其有用。硅光电二极管可接收来自遥控器 4912 的命令 5124、测量环境光、以及测量从 LED 链发射的光。

[0621] 多个照明设备也可彼此通信。在此示例中,照明设备 4911 可执行协议以同步至其他照明设备并仲裁传输带宽。当开启时,照明设备 4911 可监视环境光、搜索具有恰当间隙周期 5122 和间隙时间 5123 的间隙 5121、以及若发现间隙 5121 则与之同步。若所有照明设备都连接至 AC 电网,则非常精确的同步是可能的。照明设备可根据许多公知的仲裁协议中的任何一种来仲裁带宽。例如,若两个照明设备同时发射,则这两个照明设备检测到冲突并在尝试再次通信前等待随机的时间量。作为另一种可能性,CMD 5124 可包括优先级代码,该优先级代码指示在冲突的情形中哪个照明设备停止发射。

[0622] 如本文中所使用的,假定照明设备产生通常具有人类可感知性质的一般光,但也可能产生红外或某种其他波长。被启用以产生光(即,“开启”)的照明设备可被构想为被设为“开启状态”(即,将其照明状态设为开启状态),即使如上所述可能存在光源瞬间“关闭”且实际上不发射光的非常短的时间段,诸如在间隙期间、以及在 PWM 信号中的关闭时间期间。照明设备的开启状态和关闭状态在以上描述的上下文中应该是清楚的,且不会与实际光源的开启和关闭状态混淆。

[0623] 照明设备可通过若干事件中的任一事件(诸如施加/移除至照明设备的功率,诸如通过对照明设备所插入的光插座供能)、通过定时器事件、通过环境光控制以及通过远程命令被设定为开启状态或关闭状态。

[0624] 本文描绘了示例性框图。然而,也可提供照明设备的其他框划分。如本文所使用的,照明设备属性可表示照明设备的工作状态或配置参数。示例包括照明状态、定时器设

置、延迟设置、用于照明设备内的一个或更多个光源中的每个光源的颜色设置、光感测模式设置、调光器设置、时辰等。

[0625] 本领域技术人员一旦完全领会以上公开,则多种变型和修改将变得显而易见。

[0626] 第六实施例

[0627] 公开了用于可见光通信的系统和方法。部分地,公开了可用于一般照明、照明控制系统、或其他应用的照明设备以及相关系统和方法。照明设备利用一个或更多个同步时序信号来同步(优选地同步至AC电网),从而产生时分复用信道,可由正产生照明的相同光源在该时分复用信道中光学地传达控制信息。此类照明设备优选地包括用于产生照明、传送数据、检测环境光、以及接收数据的LED,但可以使用其他光源和检测器。用于此类通信的物理层可与来自媒体接入(MAC)层和更高层的各种协议(诸如ZigBee)联用。以下关于附图描述各个实施例。若需要,还可实现其他特征和变化,并且也可利用相关的系统和方法。

[0628] 在某些实施例中,本文描述的可见光通信技术可结合用于LED灯的现有电子器件使用以实现各种有利的照明控制系统和特征,诸如以非常低的附加成本进行灯中的遥控、日光采集、调度、以及占用性感测是可能的。这些照明控制系统还允许多个照明设备彼此通信、与遥控器通信以及与中央控制器通信。此外,本文描述的技术也可按需由单个照明设备和控制器、或其他设备和应用使用。具体地,具有常闭光源的由AC电网供电的控制器可向一个或更多个LED灯传达信息,诸如调光水平和颜色设置。不同于本文描述的技术,常规照明的控制通常由分开的电子单元执行,这些电子单元通过导线或无线电彼此通信,这增加了成本和复杂性。

[0629] 本文描述的照明设备优选地包括锁相环(PLL),其锁相至AC电网并产生用于操作这些设备的同步时序信号。由于照明系统中的其他照明设备例如锁相至相同的AC电网信号,因此所有此类设备精确地具有相同的内部时序。通过此类同步时序,可形成所有设备能在此期间通信的通信信道。同样,由于此类信道内的数据通信的比特级时序被精确地同步,并且由于收到数据时序是已知的,因而接收机内的数据恢复容易得多。

[0630] 通信信道是优选地横跨AC电网周期(对于60Hz为16.67毫秒)的分数的时隙,一组设备的所有成员在该时隙期间停止产生照明。通信协议(诸如ZigBee)中的较高层可动态地指派个体设备以在不同信道上通信。在此类时隙期间,可在此类成员之间光学地传达信息,此时一个成员产生用数据调制的光。在不传达数据的此类时隙期间,可测量环境光以用于日光采集应用以及用于改善接收机灵敏度。

[0631] 优选地,照明设备包括用于照明以及用于传送和接收数据的LED以使成本最小化并使接收机灵敏度最大化。由于包括覆盖有荧光粉的蓝色LED的白色LED对收到光具有较差敏感度,因此照明设备优选地包括具有不同颜色的LED以产生期望白光。可能的组合包括白色和红色,或者红色、黄色、绿色和蓝色,但是可包括任何组合或甚至单种颜色,倘若照明设备中的至少一个LED优选地不涂荧光粉。优选地,照明设备包括红色LED以获得最佳接收机灵敏度。在将此处描述的系统和方法与本文针对使用LED的校准设备描述的附加实施例中描述的(诸如本文关于第二实施例、第三实施例、第七实施例和第八实施例描述的)那些系统和方法相组合的灯中,能减少或消除控制多色LED的附加成本。这些实施例部分地描述了用于精确地控制由不同彩色LED的组合(诸如白色和红色,或者红色、黄色、绿色和蓝色)产生的光的颜色的技术,并且可以这样做而无需附加的光检测器或温度传感器,

藉此使此类实现更具成本效率。

[0632] 通信信道中的消息优选地在整个物理层数据帧上在连续时隙中每次发送几个字节。此类数据帧包括 MAC 层数据帧、接着是附加物理层信息，其中物理层数据帧的大部分通过公知方法加扰以移除 DC 内容。MAC 层数据帧可遵循任何协议，包括 ZigBee。

[0633] 本文公开的系统和部分地通过以减少的成本和 / 或相对不明显的附加成本为照明控制系统提供物理层来解决现有系统的问题。有利地，本文描述的照明系统中的照明设备和其他设备可使用为照明已经需要的设备来通信。

[0634] 如上所述，该第六实施例还可与关于本文所述的其他实施例描述的技术、方法和结构联用。例如，关于第二、第三、第七和第八实施例描述的校准和检测系统及方法可与该第六实施例中描述的可见光通信系统和方法联用。此外，关于该第六实施例描述的通信和同步技术可按需与其他实施例联用。

[0635] 现在转向附图，图 54 是包括照明设备 5411、AC 电网 5413、以及可任选的遥控器 5412 的照明系统 5410 的一个示例，该照明系统 5410 使用可见光进行照明和通信两者。照明设备 5411 优选地包括用于产生用于照明和通信两者的光的 LED，并且优选地连接和同步至 AC 电网 5413。照明设备 5411 中的时序电路锁定至 AC 电网 5413 频率并产生周期性间隔，所有照明设备 5411 在这些周期性间隔期间不发射用于照明的光并且可传达数据。周期性间隔率足够高以使人简单地感知到连续光。所传达的数据优选地包括用于控制照明设备的信息，但是可包括任何数字信息。

[0636] 可任选的遥控器 5412 可以由 AC 电网 5413 或电池供电的，并且优选地包括至少一个 LED 以用于产生可见光以与照明设备 5411 通信。若遥控器 5412 是由 AC 电网供电的，则时序电路锁定至 AC 电网 5413，这使遥控器 5412 与照明设备 5411 同步并且使能光通信。若遥控器 5412 不连接至 AC 电网 5413，则遥控器 5412 监视由照明设备 5411 产生的光并锁定至周期性光关闭间隔以使能通信。若照明设备关闭并且不产生光，则遥控器 5412 可在任何时间与照明设备 5411 通信。

[0637] 用于传达信息的网络协议栈（物理层除外）优选地遵循公知的 Zigbee 标准，但是可遵循许多不同协议。虽然 Zigbee 物理层可使用多个不同射频通信信道，但本文描述的实施例可在多个在时间上相对于彼此以及相对于 AC 电网信号偏移的可见光通信信道上通信。物理层皆可接口至 Zigbee 媒体接入或 MAC 层。

[0638] 图 54 仅仅是使用可见光进行同步通信的照明系统的一个示例。例如，可支持任何数目的照明设备 5411。一些照明设备 5411 可以由 AC 电网 5413 供电的，而其他照明设备 5411 可以由电池供电的。可支持更多或更少遥控器 5412。各种其他由 AC 电网 5413 或电池供电的设备（诸如开关、调光器、器具、以及甚至计算机）可在本文描述的技术下通信。同样，照明和其他设备可用许多不同方式来同步。例如，专用导线、RF 信道、或某种其他通信信道可提供此类同步信号。此外，设备可通过监视由已在通信的其他设备正产生的光并锁定至此类光中的通信间隙来同步至此类其他设备。

[0639] 图 55 是用于在照明系统 5410 中的照明设备 5411 之间通信的示例时序图，其解说了通常为 50 或 60Hz 的 AC 电网 5413、包括 PWM 时间 5520 和通信间隙时间 5521 的标记为信道 0 到信道 3 的 4 个不同通信信道 5524、以及包括标记为字节 0 到字节 3 的 4 个数据字节 5522 的间隙时序之间的关系。在 PWM 时间 5520 期间，照明设备 5411 可产生用于照明的

光,而在间隙时间 5521 期间,照明设备 5411 可通信。在该示例中,信道 0 到 3 提供相对于 AC 电网时序具有不同非交迭相位的间隙时间 5521,这提供 4 个独立通信信道。

[0640] 每个信道 0 到 3 的间隙周期在该示例中等于 1 除以 AC 电网频率并且包括交替的 PWM 5520 和间隙 5521 时间。在 PWM 5520 时间期间,来自照明设备 5411 的光可持续开启以产生最大亮度或被脉冲宽度调制 (PWM) 以产生较小亮度。在重复性间隙 5521 时间期间,可从任何设备向任何或所有其他设备发送数据。在该示例中,间隙时间为 AC 电网 5413 周期的四分之一并使得能以 60Hz 乘以 4 乘以 32 或即 7.68K 比特每秒的瞬时比特率以及 1.92K 比特每秒的平均比特率来传达 4 个数据字节 5522。

[0641] Zigbee 或其他协议栈中的较高层选择使用哪个信道来在哪些设备之间通信。例如,在物理上位于充分宽区域上以使得一些照明设备 5411 不能彼此直接通信的一群照明设备 5411 可被划分成多组照明设备 5411,其中每一组被配置成在不同的通信信道上通信。这些组之间的通信可经过例如在两个信道上通信的照明设备。

[0642] 图 55 仅仅是照明系统 5410 的许多可能时序图之一。例如,间隙 5521 可每个 AC 电网 5413 周期发生多次或者多个 AC 电网 5413 周期发生一次。间隙 5521 时间可包括 AC 电网 5413 周期的更大或更小百分比,并且在间隙 5521 时间内传达的字节 5522 的数目可以大于或小于 4,包括字节的分数。信道数目取决于间隙 5521 时间和周期与 AC 电网 5413 时序之间的关系可以大于或小于 4。

[0643] 图 56 解说了数据帧 5630 的内容,包括 4 字节前置码 5631、开始字节 5632、帧长度字节 5633、以及最多达 128 字节的 MAC 帧 5634。数据帧 5630 遵循 Zigbee 物理层规范并且可用于在照明系统 5410 中的设备之间传达信息。数据帧 5630 根据图 55 中解说的时序在每个间隙 5521 中每次发送 4 个字节,直至整个数据帧 5630 已被传送。

[0644] 前置码 5631 包括 4 字节的交替的 1 和 0,所有设备中的接收机能检测这些 1 和 0 并相应地调节接收机参数(诸如增益)。开始字节 5632 是所有接收机检测并将字节边界时序同步至的唯一性代码。长度字节 5633 标识 MAC 帧 5634 以字节计的长度。MAC 帧 5634 包含如由 Zigbee MAC 层规范定义的数据。

[0645] 图 56 是许多可能的物理层数据帧 5630 格式之一。倘若 MAC 帧 5634 正确地从传送设备的 MAC 层传达至接收设备的 MAC 层,则前置码 5631、开始 5632 和长度 5633 可完全不同并且仍与 Zigbee MAC 层规范兼容。为了支持不同的较高层协议,甚至 MAC 帧 5634 可以完全不同。取决于接收电路的能力,在任何 MAC 层协议下,前置码 5631 可能是必需的或者可能不是必需的。

[0646] 图 57 是包括电源 5741、控制器 IC 5742 和 LED 链 5743 的照明设备 5411 的示例框图。LED 链 5743 优选地包括串联的红色 LED 5754,其中电阻器 5755 与每个红色 LED 5754 并联。通常,照明设备 5411 可包括例如附加的白色 LED 链,但这些链出于简化而未示出。因此,所绘的图 57 是例如产生红色光的照明设备 5411 的框图。

[0647] 电源 5741 接受 AC 电网 5413 并产生 DC 电压 5744,DC 电压 5744 为控制器 IC 5742 和 LED 链 5743 供电。DC 电压 5744 的幅度取决于 LED 链 5743 中的 LED 5754 的数目。电源 5741 还产生供控制器 IC 5742 同步至的同步信号 5745。信号 5745 优选地是 PLL 和时序电路 5748 能接受并锁相至的 AC 电网 5413 电压的低压版本。

[0648] 控制器 IC 5742 包括 PLL 和时序电路 5748、控制电路 5749、PLI(物理层接

口) 5750、接收机 5751、PWM 5752、复用器 5753 和电流源 5756。PLL 和时序电路 5748 锁定至 AC 电网 5413 频率和相位并产生图 55 中解说的时序。在 PWM 时间 5520 期间, 复用器 5753 使能 PWM 5752 以控制电流源 5756, 电流源 5756 可取决于 PWM 5752 输出的状态使 LED 链 5743 产生照明。在间隙时间 5521 期间, 复用器 5753 使能 PLI 5750 以控制电流源 5756。在传送数据 5522 时, PLI 5750 用优选经加扰的不归零码 (NRZ) 数据来调制电流源 5756, 而在不传送数据 5522 时, PLI 5750 禁用电流源 5756。

[0649] 接收机 5751 在 PLI 5750 不传送数据的间隙时间 5521 期间监视 LED 链 5743 并在存在所恢复数据的情况下将其转发给 PLI 5750。PLI 5750 与控制电路 5749 接口, 控制电路 5749 实现用于照明设备 5411 的 MAC 层协议和更高层以恰当地通信。在传送时, PLI 5750 接受来自控制电路 5749 的 MAC 帧 5634, 生成前置码 5631、开始字节 5632 和长度字节 5633, 用公知技术加扰长度字节 5633 和 MAC 帧 5634, 并将所得数据转发给电流源 5756。同样, 在接收时, PLI 5750 接受来自接收机 5751 的串行收到数据, 解扰长度字节 5633 和 MAC 帧 5634, 移除前置码 5631、开始字节 5632 和长度字节 5633, 并将 MAC 帧 5634 转发给控制电路 5749。

[0650] 图 57 仅仅是许多可能的照明设备 5411 框图的一个示例。例如, 照明设备 5411 优选地应当包括不同颜色 LED (诸如白色、或者绿色和蓝色) 的附加链以产生白光。图 57 出于简单化起见未示出此类链。此类附加链将在 PWM 时间 5520 期间启用并在接收数据时的间隙时间 5521 期间禁用。在传送数据时, 此类附加链将优选地用与 LED 链 5743 相同的数据来调制。

[0651] 此外, 接收机 5751 可连接至硅光电二极管或其他光检测设备以接收数据。图 57 优选地解说了 LED 链 5743 感测收到光, 因此此类 LED 也用于产生照明。若照明设备 5411 不需要是可调光的, 则 PWM 5752 可被移除。控制电路 5749 可驻留在别处, 例如在外部微控制器中。控制器 IC 5742 功能可用各种电子组件来实现而非全集成解决方案。

[0652] 图 58 是包括开关 5860、放大器 5861、低通滤波器 5862、ADC 5863 和 DSP 5864 并与 LED 链 5743 接口的接收机 5751 的许多可能框图之一。用数据调制并入射在 LED 5754 上的光在每个 LED 5754 中感应电流, 该电流在通过每个电阻器 5755 的环路中流动。因此跨每个电阻器 5755 感应的电压基本上求和以产生跨信号 5744 和 5747 的较大电压, 该电压随后由放大器 5861 进行增益放大。低通滤波器 5862 基本上消除可能进入信号带宽的在 A/D 时钟 5867 频率附近及以上的任何噪声或干扰。

[0653] ADC 5863 优选地具有过采样 $\Delta \Sigma$ 架构, 其以高频率 (在该示例中为 9.44MHz) 和低分辨率对模拟输入进行采样, 并随后对结果进行数字低通滤波以在低很多的频率 (在该示例中为 7.68kHz) 上产生高分辨率采样。高分辨率 ADC 5863 输出优选地进一步由 DSP 5864 处理以使用公知的判决反馈均衡技术来增大信道带宽。

[0654] 在每个间隙周期 5521 开头, 开关 5860 在 CLR (清除) 5865 走低时立即接通以紧临接收数据之前将信号 5744 和 5747 短路在一起, 这对收到信号产生低频影响。DSP 5864 通过优选地在不接收数据时监视和存储 ADC 5863 输出采样并在接收数据时从 ADC 5863 结果减去此类采样的平均值来消除该低频影响和其他低频影响 (诸如来自环境光的低频影响) 以及 60Hz 干扰。DSP 5864 替换地可实现高通滤波器以移除此类影响。

[0655] 图 58 仅仅是可使用硅光电二极管而非 LED 链 5743 来接收数据的接收机 5751 的许

多可能框图之一。放大器 5861 可被配置成跨阻放大器以检测来自 LED 链 5743 的电流而非电压。ADC 5863 架构可以是公知的 FLASH(闪速式) 或 SAR(逐次逼近型), 或者取决于放大器 5861 输出的质量可以完全消除。同样, 取决于性能, 可能需要或可能不需要 DSP 5864。此外, 可以实现各种不同的信道均衡技术而非判决反馈。因此, 图 58 仅是示例。

[0656] 图 59 是 PLL 和时序电路 5748 的示例框图, 其包括比较器 5970、PLL 5971、分频器 5972 和 5973、以及分频器 / 解码 5974 并产生用于供控制器 IC 5442 操作的同步至 AC 电网 5413 的时钟。来自电源 5741 的信号 5745 被比较器 5970 转换成 AC 电网时钟 5975, 其频率和相位等于 AC 电网 5413。AC 电网 5413 频率在该示例中假定为 60Hz。AC 电网时钟 5975 频率被 PLL 5971 乘以 1, 572, 864 以产生 A/D 时钟 5867, 其频率约等于 9.44MHz。A/D 时钟 5867 由分频器 5972 除以 12288 以产生比特时钟 5866, 其频率等于 7.68kHz 并且还精确地等于字节 5522 的瞬态比特速率。分频器 5973 将比特时钟 5866 除以 32 并且还产生脉冲信号 CLR 5865。分频器 5973 的输出进一步被分频器 / 解码 5974 除以 4 并解码以产生信道时钟 5524。

[0657] 图 59 解说了将控制器 IC 5742 的时序同步至 AC 电网 5413 频率和相位的许多可能的 PLL 和时序电路 5748 框图之一。取决于如前所述的控制器 IC 5742 的架构, PLL 和时序电路 5748 可以完全不同。例如, PLL 5971 可以直接锁定至 AC 电网 5413 而无需比较器 5970。

[0658] 图 60 是解说在信道一 (1) 5524 上在间隙 5521 开头正接收的数据时序的示例图示。在该示例中, 间隙 5521 周期是比要在该间隙 5521 内传达的总比特数目长的一个比特时钟 5866。间隙 5521 时间始于时间 6080, 此时比特时钟 5866 和 CLR 5865 走高。同样在时间 6080, 复用器 5753 将对电流源 5756 的控制切换至 PLI 5750, PLI 5750 在此示例中被配置成接收数据并因此确保电流源 5756 被禁用。从 AC 电网时钟 5413 和信道一 5524 时钟走高时的时间 6081 开始, 数据字节 5522 可开始每次传达一个比特。

[0659] 迹线 6082 和 6083 分别表示不存在收到数据时 (Vled 5747 环境) 和存在收到数据时 (Vled 5747 接收) 在 LED 链 5743 底部的 Vled 5747 上的电压。在 CLR 5865 为高时, Vled 5747 被短路至供电 5744。紧临 CLR 5865 走高之前, 电流源 5756 可能被启用或禁用, 从而 Vled 5747 上的电压是未知的。在 CLR 5865 走低之后, 环境光感应跨 LED 链 5743 的电压, 其导致迹线 6082 和 6083 呈指数地下降。如迹线 6082 上所示, 若没有数据正被接收, 则 Vled 5747 上的电压可在许多比特时钟 5866 周期之后稳定并且可能在接收数据时导致数据误差 (如迹线 6083 上所示)。因此, DSP 5864 优选地从接收数据时的间隙 5521 时间期间的 Vled 5747 减去迹线 6082 的平均版本。

[0660] 由于照明设备 5411 同步至相同的 AC 电网 5413 信号, 因此所有此类设备中的比特时钟 5866 也在频率和相位两者上同步。迹线 6083 解说了在第二照明设备 5411 正在时间 6081 后的三个比特时钟 5866 周期期间发送以 1、0 和 1 开始的序列时, 接收照明设备 5411 中的 Vled 5747 上的电压。“1”在该示例中由光开启表示, 其在 Vled 5747 上产生比供电 5744 低的电压。ADC 5863 在比特时钟 5866 走高时 (其精确地在 Vled 5747 具有最大信号的时间 6084、6085 和 6086 处) 对 Vled 5747 进行采样。若照明设备 5411 未通过 AC 电网 5413 或其他手段彼此同步, 则接收照明设备 5411 中的接收机 5751 在恢复数据之前将需要从收到信号 Vled 5747 恢复时钟, 这将极大地增加接收机 5751 的复杂度并潜在地使性能降

级。

[0661] 图 60 仅仅是许多可能的时序图的一个示例。例如,若接收机 5751 连接至专用硅光电二极管,则将不需要 CLR 5865 和开关 5860。同样,在有或无专用硅光电二极管的情况下,间隙 5521 周期本应在时间 6081 而非 6080 开始。取决于应用所需的数据速率和灵敏度,迹线 6082 和 6083 可以完全不同。因此,图 60 仅是一个示例。

[0662] 本领域技术人员一旦完全领会以上公开,则多种变型和修改将变得显而易见。

[0663] 第七实施例

[0664] 还公开了用于光源的系统和方法,其使用一个或更多个彩色 LED 的光敏性来确定白光源或其他广谱光发射器的发射谱的至少一部分。如本文描述的,白色 LED 或其他广谱光发射器可按需被用作光源,而相同的一个或更多个彩色 LED 或不同 LED 可按需被用于发射光并调节由该光源产生的颜色点。所公开实施例的应用包括但不限于一般照明、LCD 背光、投影仪、以及直接发射显示器,诸如 OLED 和数字公告板。以下关于附图描述各个实施例。若需要,还可实现其他特征和变化,并且也可利用相关的系统和方法。

[0665] 一个实施例包括用于在设备(诸如 LED 灯、显示器背光、投影仪、数字公告板、或 AMOLED(有源矩阵 OLED)显示器)的制造期间结合一个或更多个彩色或基本单色的 LED 来设置由基本白色的光源(诸如涂荧光粉的蓝色 LED)、或某种其他广谱光发射器产生的精确色温,以及用于随此类设备的工作寿命维持该色温的方法和系统。该方法涉及使用一个或更多个彩色 LED 作为波长选择性光传感器来分析白光源或广谱光发射器的光谱的一部分,并随后使用此类彩色 LED(或按需使用一个或更多个附加的不同 LED)来发射光,藉此调节由该白光源和彩色 LED 的组合产生的光的颜色。这些 LED 允许基于关于广谱光发射器的光谱的诸部分作出的检测按需调节光源的颜色点。各实施例还包括包含白光源和彩色 LED 的光源,其可以是例如数字公告板或 AMOLED 中的像素,或用于灯、背光、或投影仪的整个光源。

[0666] 所公开实施例适用于任何广谱光发射器和/或基本白色的光源以及任何数目的彩色 LED。然而,尤其感兴趣的并且以下更详细地描述的是红色、绿色、蓝色和白色 LED 的组合。在此类示例解说中,红色、绿色和蓝色 LED 通过每个 LED 作为不同波长选择性光检测器工作来分析由白色 LED 产生的光谱。蓝色 LED 测量白色 LED 光源的光谱的蓝色部分,绿色 LED 测量该白色 LED 光源的光谱的绿色加蓝色部分,而红色 LED 基本上测量该白色 LED 光源的整个光谱,重点是红色和绿色部分。在此类光谱分析之后,红色、绿色和蓝色 LED 发射光,其强度被调节成当与由该白色 LED 产生的光组合时产生期望颜色点。

[0667] 为了减少尤其是由于 LED 对入射光的响应性变化造成的光测量误差,进一步的实施例创建了由白色 LED 和其他 LED 在每个 LED 上感应的信号之比,这些信号之比被用于确定每个 LED 的相对亮度以产生期望颜色点。举例而言并且如本文的一个示例中描述的,相对于蓝色 LED 的亮度来确定由红色、绿色和蓝色 LED 过滤的白色 LED 的光谱的亮度。此外,相对于蓝色 LED 的亮度来确定绿色和红色 LED 的亮度。随后可将所有此类相对亮度水平与红色、绿色和蓝色 LED 以及由白色 LED 产生的三个不同光谱带之间的期望相对亮度水平作比较,并且红色、绿色和蓝色 LED 的亮度可被调节以从所有 4 个 LED 产生期望颜色点。

[0668] 在此处并且还关于本文描述的附加实施例(例如,关于第三实施例)公开了用于使用测得光比率的方法。所公开实施例包括对基本白色光的光谱分析以补偿在此类白光源

的发射中的光谱变化。本文描述的方法与测量所发射光的比率、进一步将此类比率与期望比率作比较、以及响应于此类比率进一步调节由各 LED 产生的亮度相关联。

[0669] 具体涉及到涂荧光粉的白色 LED, 所公开实施例的另一方面补偿在制造期间各白色 LED 之间的常见变化以及在特定 LED 中随时间发生的变化。由蓝色 LED 产生的不被荧光粉吸收的蓝色光的量相对于由荧光粉发射的光量在制造期间随荧光粉厚度和均匀性而变化以及随时间推移随荧光粉降级而变化。通过本文描述的方法, 可确定蓝色光量相对于由白色 LED 产生的经荧光粉转换的光量, 并且可调节由相关联的红色、绿色和蓝色 LED 或例如仅红色和绿色 LED 产生的光量以补偿此类比率与期望比率之差。

[0670] 本文描述的校准方法和装置解决了直接使用各组不同彩色 LED 或将其用作照明背光的设备的问题。此类校准方法减少了对用于灯、显示器或背光生产的专门分级别的 LED 的需要, 并且维持在设备的工作寿命中产生的光的颜色或色温。

[0671] 如上所述, 该第七实施例还可与关于本文所述的其他实施例描述的技术、方法和结构联用。例如, 关于该实施例描述的校准和检测系统及方法可按需用在其他所描述实施例中。此外, 本文描述的各种照明设备、光源、光检测器、显示器、和应用以及相关的系统及方法可按需与该第七实施例中描述的校准和检测系统及方法联用。此外, 如上所述, 关于该第七实施例描述的结构、技术、系统和方法可用在本文描述的其他实施例中, 并且可用在任何期望的照明相关应用中, 包括液晶显示器 (LCD)、LCD 背光、数字公告板、有机 LED 显示器、AMOLED (有源矩阵 OLED) 显示器、LED 灯、照明系统、常规插座连接内的灯、投影系统、便携式投影仪和 / 或其他显示器、灯或照明相关应用。

[0672] 现在转到附图, 图 61 是光源 6110 的示例框图, 光源 6110 使用广谱光发射器和多色 LED 来产生由此类光源发射的固定混合颜色。在该示例中, 此类广谱光发射器为白色 LED 6124 和 6128, 而多色 LED 为红色 LED 6121 和 6125、绿色 LED 6122 和 6126、以及蓝色 LED 6123 和 6127, 然而, 可以使用产生基本上白色的光的任何类型的发射器以及不同彩色 LED 的任何组合。此类光源 6110 可用在任何应用中, 包括但不限于一般照明、LCD 背光、投影仪、以及直接发射显示器, 诸如 OLED 和数字公告板。因此, 如本文使用的广谱光发射器一般意在包括包含单独或一起发射跨多个颜色区域的光谱的一个或更多个光源 (诸如两个或更多个不同的彩色光源和 / 或白光源) 的任何光发射器。例如, 操作于产生白光的白色 LED 可以是本文使用的广谱光发射器。作为另一示例, 一起操作于产生混合蓝色 / 绿色光的蓝色 LED 和绿色 LED 也可以是本文使用的广谱光发射器。不同彩色 LED 的其他组合也可被用于同时产生跨多个颜色区域的光, 从而作为广谱光发射器操作。简言之, 广谱光发射器是同时在多个颜色区域中产生或发射光的光发射器。

[0673] 在该示例图 61 中, 光源 6110 包括控制器 6111 和 RGBW (红色、绿色、蓝色、白色) LED 封装 6112 和 6113。LED 封装 6112 包括红色 LED 6121、绿色 LED 6122、蓝色 LED 6123 和白色 LED 6124。LED 封装 6113 包括红色 LED 6125、绿色 LED 6126、蓝色 LED 6127 和白色 LED 6128。此类红色、绿色、蓝色和白色 LED 并非必然组合在 RGBW LED 封装 6112 和 6113 中, 但由于此类封装是通常可用的, 因而对于某些应用而言, 此类封装可能是优选的。

[0674] 在该示例图 61 中, 控制器 6111 包括 8 个输出驱动器 6118、控制电路 6116、和电流感测 6117。每个输出驱动器 6118 包括电流源 6120 和调制器 (Mod) 6119, 电流源 6120 和调制器 6119 控制去往每个 LED 6121 至 6128 的电流并且可任选地控制此类电流的占空比,

以控制由每个此类 LED 6121 至 6128 产生的光强度。电流感测 6117 可如图 66A-D、67A-D、68A-D 和 69A-D 中描述地测量由其他 LED 6121 至 6128 在红色 LED 6121 和 6125、绿色 LED 6122 和 6126、以及蓝色 LED 6123 和 6127 中感应的光电流。LED 6121 至 6128 的正极被示为绑定在一起并绑定至电源 Vd 6114。LED 6121 至 6128 的负极被示为连接至信号总线 VC[7:0]6115, 信号总线 VC[7:0]6115 将每个负极连接至控制器 6111 中不同的输出驱动器 6118 和电流感测 6117 输入。

[0675] 图 61 仅仅是光源 6110 的许多可能框图的一个示例。例如, 可使用任何广谱发射器结合不同彩色 LED 的组合。广谱发射器一般意在包括发射跨多个颜色区域的光谱的发射器, 诸如白光光源。此外, 可组合任何数目的广谱发射器和 LED 以产生具有任何发射功率的光源 6110。当广谱光源为白色 LED 时, 任何数目的此类白色和彩色 LED 可与任何数目的驱动器电路串联或并联。控制器 6111 可包括单个或多个集成电路和分立组件。驱动器 6118 可包括或者可不包括调制器 6119, 在此情形中, 可调节电流源 6120 以改变由每个附连的 LED 产生的光强度。同样, 电流感测 6117 可测量电压而非电流, 或者可测量两者的某种组合。因此, 图 61 仅是光源 6110 的示例框图。

[0676] 图 62 是电流感测 6117 的示例框图, 其包括 ADC(模数转换器)6232、电阻器(R)6231 以及复用器(mux)6230。如图 61 和图 62 两者中所示, 至电流感测 6117 的输入包括 Vd 6114 和 VC[7:0]6115 信号, Vd 6114 在该示例中连接至 LED 6121 至 6128 的正极, 而 VC[7:0]6115 信号连接至每个 LED 6121 至 6128 的负极。ADC 6232 的输出被转发给控制电路 6116, 控制电路 6116 处理该信息并控制驱动器 6118。为了测量在任何 LED 6121 至 6128 上感应的光电流, 复用器 6230 将来自所选 LED 的负极的 VC[7:0]6115 的所选信号传递至电阻器 6231 和 ADC 6232。由于 Vd 6114 连接至电阻器 6231 的相反侧并连接至所选 LED 的正极, 因而在所选 LED 中感应的任何电流通过电阻器 6231 并感生小电压, 该小电压被 ADC 6232 测量。优选地, 电阻器 6231 的电阻应当被选择成在测量光电流时不会产生高到足以使 LED 正向偏置的电压。例如, 典型的电阻器值 100k 欧可产生 10-100mV 的典型 ADC 6231 输入电压。

[0677] 图 62 仅仅是电流感测 6117 的许多可能框图的一个示例。例如, 若移除电阻器 6231, 则 ADC 6232 可测量跨每个 LED 6121 至 6128 感应的开路电压。复用器 6230 被示为在所有 8 个 LED 之间进行选择, 但白色 LED 6124 和 6128 通常不被测量且因此无需连接至电流感测 6117。若 ADC 6232 直接连接至每个 LED 负极, 则根本不需要复用器 6230。因此, 图 62 仅仅是许多可能的电流感测 6117 框图的一个示例。

[0678] 图 63 是由光源 6110 中的红色、绿色、蓝色和白色 LED 6121 至 6128 产生的示例性发射谱的解说。发射谱 6340 解说了由白色 LED 6124 和 6128 发射的一种可能光谱。由于白色 LED 通常包括具有荧光粉涂层的蓝色 LED, 因此发射谱 6340 示出了由蓝色 LED 产生的在 450nm 周围的尖峰、以及由荧光粉产生的在 550nm 周围的宽得多的尖峰。该混合光谱看似白光, 但此类白光的颜色或色温可能变化很大。

[0679] 发射谱 6341(蓝色)、6342(绿色)和 6343(红色)分别表示由蓝色 LED 6123 和 6127、绿色 LED 6122 和 6126 以及红色 LED 6121 和 6125 产生的典型光谱。典型的峰值发射波长对于蓝色为 450nm, 对于绿色为 530nm, 以及对于红色为 625nm, 它们分别由发射谱 6341(蓝色)、6342(绿色)和 6343(红色)中的最高强度点表示。绿色 LED 6122 和 6126

的峰值发射波长通常刚好短于由白色 LED 6124 和 6128 中的荧光粉产生的峰值发射波长,而红色 LED 6121 和 6125 的峰值发射波长通常长于由白色 LED 6124 和 6128 产生的大部分光功率。

[0680] 图 63 是来自光源 6110 中的个体发光元件的许多可能发射谱的一个示例。例如,光源 6110 可具有用于通常产生白光的非 LED 广谱发射器。在此类情形中,发射谱通常将与发射谱 6340 基本上不同。同样,光源 6110 可包括更多或更少彩色 LED 并且此类 LED 可以是任何颜色。因此,光源 6110 中的 LED 可具有比图 63 中所示的光谱 6341、6342 和 6343 更多或更少的发射谱,并且每个光谱可具有基本上不同的峰值发射波长和其他光谱特性。图 63 仅仅是许多可能的光谱标绘的一个示例。

[0681] 图 64 解说了来自白色 LED 6124 或 6128 的产生两个不同白色色温的两个示例发射谱。在该示例中,两个发射谱都是由包括涂荧光粉的蓝色 LED 的白色 LED 6124 或 6128 产生的。此类荧光粉可与此类蓝色 LED 接触或分开某个距离。这两个光谱的差异可能是在生产线末尾处由两个不同 LED 的不同荧光粉厚度产生的,或者可能是由相同 LED 在两个不同时间或在两个不同温度产生的。公知的是,LED 荧光粉涂层会随温度改变特性并且随时间降级。同样,还公知的是,由白色 LED 6124 或 6128 中的蓝色 LED 发射的光功率会随工作条件和寿命而改变。图 64 仅仅是来自两个白色 LED 或在不同条件下来自相同 LED 的光谱发射的许多可能差异的一个示例。

[0682] 图 64 解说了由白色 LED 6124 或 6128 中的此类蓝色 LED 产生的光谱尖峰 6446、以及由白色 LED 6124 或 6128 中的此类荧光粉产生的宽得多的光谱尖峰 6444 和 6445。在该示例图 64 中,光谱尖峰 6444 可表示白色 LED 6124 或 6128 在制造时由其中的此类荧光粉产生的发射,而较低的光谱尖峰 6445 可表示在某个时间之后由白色 LED 6124 或 6128 中的此类荧光粉产生的发射。因此,在该示例中,由白色 LED 6124 或 6128 产生的光的白色色温被示为随时间改变。

[0683] 图 65 分别是光源 6110 中的红色 LED 6121 和 6125、绿色 LED 6122 和 6126、以及蓝色 LED 6123 和 6127 的光谱响应性 6552(红色)、6551(绿色)、和 6550(蓝色)的一个示例。光谱响应性是由固定入射光功率在 LED 上感应的作为入射波长的函数的相对电流量。如该示例图 65 中所示,光谱响应性 6550(蓝色)、6551(绿色)和 6552(红色)解说了蓝色 LED 6123 和 6127、绿色 LED 6122 和 6126、以及红色 LED 6121 和 6125 响应于具有大约等于或短于发射谱 6341(蓝色)、6342(绿色)和 6343(红色)中所示的此类蓝色、绿色和红色 LED 峰值发射波长的入射波长的光而产生电流。因此,此类红色 LED 可检测来自此类红色、绿色和蓝色 LED 的光,此类绿色 LED 可检测来自此类绿色和蓝色 LED 的光,而此类蓝色 LED 可检测来自此类蓝色 LED 的光。同样,此类红色、绿色和蓝色 LED 可检测由这些 LED 过滤的来自广谱光发射器发射的光谱的不同部分或区段的光,诸如例如图 63 中所示的来自白色 LED 6124 或 6128 的光谱 6340 的经过滤部分。

[0684] 由于光源 6110 可包括不同数目的不同彩色 LED,因此图 65 解说了光源 6110 中的仅一组示例 LED 的光谱响应性。同样,响应性 6550(蓝色)、6551(绿色)和 6552(红色)仅仅分别是此类蓝色、绿色和红色 LED 的光谱响应性的粗略近似。实际响应性可能变化很大。因此,图 65 仅是一个示例。

[0685] 以下等式与图 66A-D 相关联。具体而言,等式 24 与图 66A-B 相关联。等式 25 与

图 66C-D 相关联。而等式 26 使用等式 24 和 25 提供比率。

$$[0686] \quad V_{b1w0} = E_{w0b} R_{b1} C_{b1w0} \text{ [等式 24]}$$

$$[0687] \quad V_{b1b0} = E_{b0} R_{b1} C_{b1b0} \text{ [等式 25]}$$

$$[0688] \quad E_{w0b}/E_{b0} = (V_{b1w0}/V_{b1b0}) C_0 \text{ [等式 26]}$$

[0689] 图 66A-D 提供了用于设置和维持由光源 6110 中的红色、绿色、蓝色和白色 LED 6121 至 6128 的组合产生的精确色温的示例性方法中的示例性第一步骤。在此类第一步骤中,将如图 66A-B 中所示的由白色 LED 6124 在蓝色 LED 6127 中感应的电流与如图 66C-D 中所示的由蓝色 LED 6123 在蓝色 LED 6127 中感应的电流作比较。通过在电流源 6120 中产生电流 I_{w0} 来照明白色 LED 6124,并且通过跨 LED 6127 连接电阻器 6231 并由 ADC 6232 测量所得电压 V_{b1w0} 来测量在蓝色 LED 6127 中感应的电流。等式 24 解说了感应电压 V_{b1w0} 等于由 LED 6124 发射的功率 E_{w0b} 乘以 LED 6127 的响应性 R_{b1} 乘以常数 C_{b1w0} 。光谱标绘 6660 解说了蓝色 LED 6127 的响应性 6550 重叠在白色 LED 6124 的光谱 6340 上、连同可能因白色 LED 6124 老化而造成的由荧光粉产生的替换光谱 6445。如图 66B 的光谱标绘 6660 中所示,由白色 LED 6124 在蓝色 LED 6127 中感应的所得电流应独立于由此类荧光粉产生的光的变化。

[0690] 随后,通过在电流源 6120 中产生电流 I_{b0} 来照明蓝色 LED 6123,并且通过跨 LED 6127 连接电阻器 6231 并测量所得电压来再次测量在蓝色 LED 6127 中感应的电流。等式 25 解说了感应电压 V_{b1b0} 等于由 LED 6123 发射的功率 E_{b0} 乘以 LED 6127 的响应性 R_{b1} 乘以常数 C_{b1b0} 。图 66D 中所示的光谱标绘 6661 解说了蓝色 LED 6127 的响应性 6550 重叠在蓝色 LED 6123 的光谱 6341 上。如图所示,发射功率 E_{b0} 的显著部分在 LED 6127 中感应电流。

[0691] 等式 26 解说了将等式 24 除以等式 25 并组合 C_{b1w0} 和 C_{b1b0} 以产生常数 C_0 的结果。如等式 26 以及光谱标绘 6660 和 6661 中所示,在该示例中在大约短于 450nm 的波长情况下,发射功率 E_{w0b} 与 E_{b0} 之比同感应电压 V_{b1w0} 与 V_{b1b0} 之比成比例。蓝色 LED 6127 的响应性抵消。

[0692] 以下等式与图 67A-D 相关联。具体而言,等式 27 与图 67A-B 相关联。等式 28 与图 67C-D 相关联。而等式 29 使用等式 27 和 28 提供比率。

$$[0693] \quad V_{g0w0} = E_{w0g} R_{g0} C_{g0w0} \text{ [等式 27]}$$

$$[0694] \quad V_{g0b0} = E_{b0} R_{g0} C_{g0b0} \text{ [等式 28]}$$

$$[0695] \quad E_{w0g}/E_{b0} = (V_{g0w0}/V_{g0b0}) C_1 \text{ [等式 29]}$$

[0696] 图 67A-D 提供了用于设置和维持由红色、绿色、蓝色和白色 LED 6121 至 6128 的组合产生的精确色温的示例性方法中的示例性第二步骤。此类第二步骤等同于图 66A-D 中解说的此类第一步骤,不同之处在于使用绿色 LED 6122 来测量由白色 LED 6124 和蓝色 LED 6123 产生的光。通过分别如图 67A-B 和 67C-D 中所示地分别在电流源 6120 中产生电流 I_{w0} 和 I_{b0} 来再次照明白色 LED 6124 和蓝色 LED 6123。如等式 27 和 28 中所示,由白色 LED 6124 和蓝色 LED 6123 分别在绿色 LED 6122 上感应的所得电压 V_{g0w0} 和 V_{g0b0} 等于白色 LED 6124 发射功率 E_{w0g} 和蓝色 LED 6123 发射功率 E_{b0} 乘以绿色 LED 6122 响应性乘以常数。

[0697] 等式 29 解说了将等式 27 除以等式 28 的结果,其示出在该示例中在大约短于

550nm 的波长情况下,发射功率 E_{w0g} 与 E_{b0} 之比同感应电压 V_{g0w0} 与 V_{g0b0} 之比成比例。绿色 LED 6122 的响应性抵消。如图 67B 中所示的光谱标绘 6770 解说了来自蓝色尖峰的光以及来自经荧光粉转换的尖峰的一些光在绿色 LED 6122 中感应电流,而如图 67D 中所示的光谱标绘 6771 解说了来自蓝色 LED 6123 的所有光在绿色 LED 6122 中感应电流。

[0698] 以下等式与图 68A-F 相关联。具体而言,等式 30 与图 68A-B 相关联。等式 31 与图 67C-D 相关联。等式 32 与图 68E-F 相关联。而等式 33 和 34 使用等式 30、31 和 32 提供比率。

$$[0699] \quad V_{r0w0} = E_{w0r} R_{r0} C_{r0w0} \text{ [等式 30]}$$

$$[0700] \quad V_{r0b0} = E_{b0} R_{r0} C_{r0b0} \text{ [等式 31]}$$

$$[0701] \quad V_{r0g0} = E_{g0} R_{r0} C_{r0g0} \text{ [等式 32]}$$

$$[0702] \quad E_{w0r}/E_{b0} = (V_{r0w0}/V_{r0b0}) C_2 \text{ [等式 33]}$$

$$[0703] \quad E_{g0}/E_{b0} = (V_{r0g0}/V_{r0b0}) C_3 \text{ [等式 34]}$$

[0704] 图 68A-F 解说了用于设置和维持由红色、绿色、蓝色和白色 LED 6121 至 6128 的组合产生的精确色温的示例性方法中的示例性第三步骤。图 66A-D 中解说的第一步骤确定由蓝色 LED 6127 过滤的由白色 LED 6124 和蓝色 LED 6123 产生的光比率而图 67A-D 中解说的第二步骤确定由绿色 LED 6122 过滤的由白色 LED 6124 和蓝色 LED 6123 产生的光比率,而第三步骤确定由红色 LED 6121 过滤的由白色 LED 6124 和蓝色 LED 6123 产生的光比率。此外,在第三步骤中,还由红色 LED 6121 确定由绿色 LED 6122 和蓝色 LED 6123 产生的光比率。分别如图 68A、68C 和 68E 中所示地通过电流源 6120 产生电流 I_{w0} 、 I_{b0} 和 I_{g0} 来照明白色 LED 6124、蓝色 LED 6123 和绿色 LED 6122。由白色 LED 6124、蓝色 LED 6123 和绿色 LED 6122 跨红色 LED 6121 感应的电压分别为 V_{r0w0} 、 V_{r0b0} 和 V_{r0g0} 。等式 30、31 和 33 解说了此类感应电压 V_{r0w0} 、 V_{r0b0} 和 V_{r0g0} 等于分别由白色 LED 6124、蓝色 LED 6123 和绿色 LED 6122 产生的光功率 E_{w0r} 、 E_{b0} 和 E_{g0} 乘以红色 LED 6121 的响应性乘以常数。等式 33 和 34 解说了分别将等式 30 和 32 除以等式 31,并且示出了由红色 LED 6121 过滤的由白色 LED 6124 和蓝色 LED 6123 发射的光功率之比与 V_{r0w0} 和 V_{r0b0} 之比成比例,而由红色 LED 6121 过滤的由绿色 LED 6122 和蓝色 LED 6123 发射的光功率之比与 V_{r0g0} 和 V_{r0b0} 之比成比例。

[0705] 图 68B 中所示的光标绘 6880 解说了红色 LED 6121 响应于白色 LED 24 的几乎整个发射谱,包括由于荧光粉转换造成的几乎整个光谱发射尖峰,这意味着荧光粉效率的任何改变或降级都将影响由白色 LED 6124 在红色 LED 6121 中感应的电流。图 68D 中所示的光谱标绘 6881 和图 68F 中所示的光谱标绘 6882 解说了红色 LED 6121 也响应于来自蓝色 LED 6123 和绿色 LED 6122 的基本上整个光谱发射,但红色 LED 6121 对蓝色 LED 6123 的响应性减小。

[0706] 以下等式与图 69A-D 相关联。具体而言,等式 35 与图 69A-B 相关联。等式 36 与图 69C-D 相关联。而等式 37 使用等式 35 和 36 提供比率。

$$[0707] \quad V_{r1g0} = E_{g0} R_{r1} C_{r1g0} \text{ [等式 35]}$$

$$[0708] \quad V_{r1r0} = E_{r0} R_{r1} C_{r1r0} \text{ [等式 36]}$$

$$[0709] \quad E_{g0}/E_{r0} = (V_{r1g0}/V_{r1r0}) C_4 \text{ [等式 37]}$$

[0710] 图 9A-D 中解说了用于设置和维持由红色、绿色、蓝色和白色 LED 6121 至 6128 的

组合产生的精确色温的示例性方法中的示例性第四步骤,其中确定由绿色 LED 6122 和红色 LED 6121 在红色 LED 6125 中感应的电流之比。电流源 6120 通过分别产生电流 I_{g0} 和 I_{r0} 来照明绿色 LED 6122 和红色 LED 6121,这分别跨红色 LED 6125 感应电压 V_{r1g0} 和 V_{r1r0} ,如图 69A 和 69C 中所示。等式 35 和 36 解说了电压 V_{r1g0} 和 V_{r1r0} 分别与绿色 LED 6122 发射功率 E_{g0} 和红色 LED 6121 发射功率 E_{r0} 乘以红色 LED 6125 的响应性 R_{r1} 成比例。等式 37 解说了等式 35 除以 36,其示出 E_{g0} 与 E_{r0} 之比同感应电压 V_{r1g0} 与 V_{r1r0} 之比成比例。红色 LED 6125 的响应性抵消。

[0711] 关于图 66A-D、67A-D、68A-F 和 69A-D 描述的以下等式可用于表示可如何达成颜色匹配。

$$[0712] \quad E_{w0b}/E_{b0} = (V_{b1w0}/V_{b1b0}) C_0 \text{ [等式 26]}$$

$$[0713] \quad E_{w0g}/E_{b0} = (V_{g0w0}/V_{g0b0}) C_1 \text{ [等式 29]}$$

$$[0714] \quad E_{w0r}/E_{b0} = (V_{r0w0}/V_{r0b0}) C_2 \text{ [等式 33]}$$

$$[0715] \quad E_{g0}/E_{b0} = (V_{r0g0}/V_{r0b0}) C_3 \text{ [等式 34]}$$

$$[0716] \quad E_{g0}/E_{r0} = (V_{r1g0}/V_{r1r0}) C_4 \text{ [等式 37]}$$

$$[0717] \quad E_{r0}/E_{b0} = (V_{r0g0}/V_{r0b0}) (V_{r1r0}/V_{r1g0}) (C_3/C_4) \text{ [等式 38]}$$

$$[0718] \quad E_{w0b}/E_{w0r} = (V_{b1w0}/V_{b1b0}) (V_{r0b0}/V_{r0w0}) (C_0/C_2) \text{ [等式 39]}$$

$$[0719] \quad E_{w0g}/E_{w0r} = (V_{g0w0}/V_{g0b0}) (V_{r0b0}/V_{r0w0}) (C_1/C_2) \text{ [等式 40]}$$

[0720] 具体而言,关于图 66A-D、67A-D、68A-F 和 69A-D 描述的等式 26、29、33、34 和 37 可用于生成等式 38、39 和 40。这些等式提供了描述用于设置和维持由红色、绿色、蓝色和白色 LED 发射的精确颜色的示例性方法的示例性方程组。等式 26、29、33 和 34 将由蓝色 LED 6123 发射的光功率分别与由蓝色 LED 6127、绿色 LED 6122 和红色 LED 6121 过滤的由白色 LED 6124 发射的光功率以及由绿色 LED 6122 发射的光功率相关。等式 38 将等式 34 除以等式 37 以将由蓝色 LED 6123 发射的光功率与由红色 LED 6121 发射的光功率相关。等式 26、29、33、34 和 38 将红色 LED 6121、绿色 LED 6122 以及白色 LED 6124 的三个不同的经过滤版本的发射功率与蓝色 LED 6123 的发射功率相关。可将此类光功率之比与本文描述的(例如,关于第三实施例描述的)期望比率作比较,并使得能通过该示例中解说的此类红色、绿色、蓝色和白色 LED 的组合来设置和维持精确色温的光。将 LED 6121 至 6124 与 LED 6125 至 6128 交换并重复图 66A-D、67A-D、68A-F 和 69A-D 中解说的步骤提供了由 LED 6125 至 6128 发射的光功率之比以平衡由在该示例光源和校准方法中解说的光源 6110 中的所有 LED 产生的颜色。

[0721] 等式 39 解说了等式 26 与等式 33 之比,其示出由白色 LED 6124 在蓝色 LED 6127 可检测的光谱上产生的光除以由白色 LED 6124 在红色 LED 6121 可检测的光谱上产生的光之比。同样,等式 40 解说了等式 29 与等式 33 之比,其示出由白色 LED 6124 在绿色 LED 6122 可检测的光谱上产生的光除以由白色 LED 6124 在红色 LED 6121 可检测的光谱上产生的光之比。还可将等式 39 和 40 解说的此类比率与本文描述的(例如,关于第三实施例描述的)期望比率作比较,并且可在生产线末尾处、以及随工作条件和寿命相对于白色 LED 调节红色、绿色和蓝色 LED 的强度以补偿白色 LED 的光谱变化。

[0722] 图 70 解说了 XY 色空间的公知 CIE 1931 色空间图 7010。理论上可产生的颜色的范围位于边界 7011 内,而由红色、绿色、蓝色和白色 LED 6121 至 6128 的组合可产生的实际

颜色的范围位于三角形 7012 内。在该示例中,由红色、绿色和蓝色 LED 独立产生的颜色点分别是该三角形的被标记为 7013、7014 和 7015 的角。在该示例中,由红色、绿色、蓝色和白色 LED 6121 至 6128 的组合产生的期望颜色点被标识为 7016,而在该示例中,在校准时的实际颜色点被标识为 7017。

[0723] 颜色点 7016 和 7017 的此类差异表示例如随基于荧光粉的白色 LED 老化可能产生的变化。随着荧光粉降级并将较少的蓝色光转换成其他波长,此类经荧光粉转换的尖峰 6444 相对于蓝色尖峰 6446 从图 64 改变为尖峰 6445,且作为示例,颜色点从 7016 偏移至 7017。等式 39 随后在校准时提供蓝色尖峰 6446 中的光功率与经荧光粉转换的尖峰 6445 中的大致光功率的实际比率。等式 39 还在制造该设备时提供蓝色尖峰 6446 中的光功率与经荧光粉转换的尖峰 6444 中的光功率的相同近似的期望比率。此类实际比率除以此类期望比率之比指定了从白色 LED 光谱的经荧光粉转换的范围向该白色 LED 光谱的蓝色 LED 范围偏移了多少相对光功率。以产生颜色点 7018 的比例将由红色 LED 6121 和 6125 以及绿色 LED 6122 和 6126 产生的光功率增大由此类实际比率与此类期望比率之比所决定的量能将由光源 6110 产生的颜色点从实际颜色 7017 调回到期望颜色点 7016。

[0724] 由于红色 LED 6121 和 6125 的响应性通常在典型的蓝色 LED 发射波长附近随入射波长减小而快速下降,因此由白色 LED 6124 和 6128 在红色 LED 6121 和 6125 中感应的电流由典型的白色 LED 的经荧光粉转换的范围中的光功率占优势。由白色 LED 光谱的蓝色 LED 范围在红色 LED 6121 和 6125 中感应的小量电流通过取此类实际比率与此类期望比率之比而从计算结果中被有效地移除。

[0725] 图 70 及相关联的在前描述仅仅解说了可如何应用本文的系统和方法的一个示例。存在许多其他可能应用,包括但不限于在生产线末尾处校准光源 6110 的颜色。在此类情形中,可从产生期望颜色点的控制设备测量此类期望比率并将其与在产品设备上测量的实际比率作比较。在此类情形中,在产生期望颜色点所需的附加红色、绿色和蓝色 LED 光的不同组合下,实际颜色点可与期望颜色点呈任何关系。在另一示例中,在光源 10 包括此类白色 LED 连同仅蓝色和红色 LED 的情况下,白色 LED 的颜色点可被故意偏移至颜色图的绿色区域。因此,由于蓝色和红色 LED 可总是测量并将来自呈绿色的白色 LED、以及蓝色和红色 LED 的组合光调节至期望颜色点,因此将不需要绿色 LED。同样,基本上白色的光源可以是除 LED 以外的其他事物,在这种情形中可能需要不同的 LED 组合。此外,可使用三种以上不同彩色 LED(诸如红色、绿色、蓝色和琥珀色,或者红色、绿色、蓝色、青色和绛红色,或者任何其他颜色组合)来分析宽带光源的光谱发射并补偿变化以设置和维持精确颜色点。因此,图 61 至 70 仅解说了一个示例。

[0726] 本领域技术人员一旦完全领会以上公开,则多种变型和修改将变得显而易见。

[0727] 第八实施例

[0728] 注意,以上已关于第三实施例和第七实施例针对 LED 校准系统和方法提供了详细讨论。还提供关于 LED 校准系统和方法的以下讨论作为校准系统和方法的替换但相关的讨论。该替换讨论并非旨在改变或更改以上讨论,而仅仅被包括作为可能的校准技术、系统和方法的附加讨论。

[0729] 公开了 LED 校准系统及相关方法,其在使用 LED 的系统的初始生产期间以及寿命中使用 LED 的光敏性来校正各 LED 之间的变化。以下关于附图描述各个实施例。若需要,

还可实现其他特征和变化,并且也可利用相关的系统和方法。

[0730] 部分地,所公开实施例涉及 LED 组,这些 LED 使用彼此的光敏性以及任选的光源来确定由此类组中的每个 LED 产生的光强度并调节此类强度以创建和维持由该 LED 组产生的精确颜色。这些 LED 校准系统和方法的应用包括例如固态灯、LCD 背光、以及 LED 显示器。LED 亮度和颜色的变化应当被补偿以使此类设备具有均匀颜色和亮度。通常通过测量每个个体 LED 的光输出功率或购买经专门测试的 LED 来完成的此类补偿通过简单地测量由来自该设备中的其他 LED 或任选地来自附加光源的光在每个 LED 上感应的信号来执行。

[0731] 所公开的实施例包括用于在设备(诸如灯、LED 显示器、或 LCD 背光)的制造期间设置由一组 LED 产生的颜色或色温并在此类设备的工作寿命中维持此类颜色或色温的数种方法。这些方法以光伏或光电导模式操作这些 LED 中的一些以测量由该组中的其他 LED 产生的光以及可任选地来自光源的光,并调节由此组 LED 中的每个 LED 产生的光以从此类组产生精确颜色或色温。

[0732] 图 73A-C 中解说的第一种方法依赖于由 LED 从固定电流产生的光与由此类 LED 从固定光强度产生的光电流之间的关系。由于此类关系不是理想的,因此该第一种方法是近似的。然而,此类第一种方法是最简单的,并且尽管不限于此,此类第一种方法旨在使得具有较大强度变化的具有红色、绿色和蓝色 LED 的组合的设备能在生产期间以及在工作寿命中自行校准成相对接近期望颜色或色温以及输出强度。

[0733] 图 74A-D 中解说的第二种方法使用与第一种方法相同的基本机制来产生固定颜色或色温和输出强度,但使用通常具有已知强度的光源作为参考且通常要求在此组 LED 中有两个 LED 发射相同颜色的光。此类第二种方法在由 LED 从固定电流产生的光与从固定光强度产生的光电流之间引入了误差因子,且数学地解说了此类第二种方法独立于此类误差因子且因此比此类第一种方法准确得多。尽管不限于此,第二种方法旨在用于设备的制造期间使用以创建由设备中的一组不同彩色 LED 产生的精确颜色或色温和总体光强度,但倘若光源是可用的,也可在工作寿命中使用。

[0734] 尽管不限于此,图 75A-F 中解说的第三种方法旨在将在包括此类 LED 组的设备的制造期间使用的第二种方法与在此类设备的工作寿命中使用的第一种、第二种或第四种方法的结果相组合。由 LED 从固定电流产生的光与从固定光强度产生的光电流之间的关系中的初始误差被移除。仅此类误差在工作寿命中的改变引入了对由设备中的此类 LED 组产生的颜色、色温和光强度的影响。

[0735] 图 76A-D 中解说的第四种方法使用与第一种和第二种方法相同的基本机制,但仅能够维持由一组 LED 产生的光的颜色或色温。只能确定所发射强度之比,因此不能精确地控制总体发射强度。尽管不限于此,第四种方法旨在用于此类 LED 组的工作寿命中使用以维持由此类设备产生的光的颜色或色温。不需要外部光源,但在 LED 组内通常有两个 LED 发射相同颜色的光。

[0736] 图 79A-C 中解说的第五种方法使用 LED 的作为入射波长的函数的光敏性来确定此类 LED 的峰值发射波长。光源产生具有通常刚好在此类 LED 的期望峰值发射波长范围之上和之下的至少两个不同波长的光,其中感应光电流中的差异直接与此类 LED 的实际峰值发射波长相关。

[0737] 一旦已知由一组不同彩色 LED 内的各 LED 产生的光的相对强度或者相对强度和波

长两者,就可在此类 LED 组的工作寿命中通过调节由每个此类 LED 产生的光的相对强度来固定、调节和维持由此类 LED 组产生的组合光的颜色或色温。具有通过本文描述的校准方法确定的系数的颜色校正矩阵可向用于每个此类 LED 的驱动器电路提供经补偿强度。

[0738] 图 74A-D 和 76A-D 中分别描述的第二种和第四种方法通常要求此类 LED 组内有两个 LED 发射相同颜色的光。例如,包括红色、绿色和蓝色 LED 的灯或 LCD 背光将具有至少两个独立控制的红色 LED 或串联的红色 LED 串。作为另一示例,具有白色和红色 LED 的灯也将具有两个独立控制的红色 LED 或串联的红色 LED 串。在包括红色、绿色和蓝色 LED 的像素阵列的 LED 显示器或 LCD 背光中,此类 LED 组可包括例如来自两个毗邻像素的两个红色 LED。这两个红色 LED 可相继地与例如其余两个蓝色和两个绿色 LED 中的每一个编组在一起以确定由两个像素中的所有 LED 产生的强度或相对强度。此外,均匀光源(诸如日光)可照明此类像素阵列以使得图 74A-D 中解说的第二种方法能跨该阵列产生均匀强度。

[0739] 这些方法解决了与直接使用各组不同彩色 LED 或将其用作背光进行照明的设备相关联的问题。此类校准方法减少了对用于灯、显示器或背光生产的专门分级别的 LED 的需要,并且维持在设备的工作寿命中产生的光的颜色或色温。

[0740] 如上所述,该第八实施例还可与关于本文所述的其他实施例描述的技术、方法和结构联用。例如,关于该实施例描述的校准和检测系统及方法可按需用在其他所描述实施例中。此外,本文描述的各种照明设备、光源、光检测器、显示器、和应用以及相关的系统及方法可按需与该第八实施例中描述的校准和检测系统及方法联用。此外,如上所述,关于该第八实施例描述的结构、技术、系统和方法可用在本文描述的其他实施例中,并且可用在任何期望的照明相关应用中,包括液晶显示器(LCD)、LCD 背光、数字公告板、有机 LED 显示器、AMOLED(有源矩阵 OLED)显示器、LED 灯、照明系统、常规插座连接内的灯、投影系统、便携式投影仪和/或其他显示器、灯或照明相关应用。

[0741] 现在转到附图,图 71 是用于测量由 LED 7120 产生的标记为 E_{a20} 的实际发射光功率的示例电路,LED 7120 由具有标称电流 I_0 安培的恒定电流源 7121 驱动。实际发射功率由光功率计 7128 测量。以下等式与图 71 相关联。

[0742] 实际发射功率/标称发射功率 = $E_{a20}/E_{n20} = E_{20}$ [等式 41]

[0743] 等式 41 将由 LED 7120 发射的实际光功率 E_{a20} 与由代表 LED 7120 的 LED 组发射的标称光功率 E_{n20} 相关。标称或期望发射光功率 E_n 可以是任何光功率,但通常是由代表 LED 7120 的 LED 组产生的平均或均值光功率。由 LED 7120 发射的实际功率与由代表 LED 7120 的 LED 组发射的标称功率之比是等式 41 的标记为 E_{20} 的结果,其独立于由电流源 7121 产生的电流以及 LED 7120 与光功率计 7128 之间的光损耗——倘若此类条件在代表 LED 7120 且包括 LED 7120 的 LED 组内的所有 LED 的光功率测量期间是相同的。

[0744] 代表 LED 7120 的 LED 组可以是专门制造的用于 LED 7120 设计的所谓表征批次,以在 LED 7120 设计的大规模生产期间生产具有代表预计发射特性范围的发射特性的 LED。

[0745] 图 72 是产生由关于图 71 描述且由 LED 7120 发射的标称光功率 E_{n20} 跨 LED 7230 感应的电压 V_{a30} 的示例电路。LED 7120 被配置成通过将电流源 7121 产生的电流调节至量 I_1 来发射如由光功率计 7128 测量的标称光功率 E_{n20} 。倘若 LED 7230 的峰值发射波长大约等于或长于 LED 7120 的峰值发射波长,则来自 LED 7120 的光在 LED 7230 中感应跨 LED 7230 的正极 7233 和负极 7234 之间的电阻器 7232 产生电压 V_{a30} 的电流。以下等式与图 72 相关

联。

[0746] 实际电压 / 标称电压 = $V_{a30}/V_{n3020} = V_{3020} \sim = E_{a30}/E_{n30} = E_{30}$ [等式 42]

[0747] 等式 42 将由 LED 7230 响应于来自 LED 7120 的标称发射功率 E_{n20} 而产生的实际电压 V_{a30} 与由代表 LED 7230 的 LED 组响应于标称发射功率 E_{n20} 而产生的标称电压 V_{n3020} 相关。除其他事项以外,由于 LED 有源区与 LED 封装表面之间的光路经中的变化大致等同地影响进入和离开 LED 的光并且由于有源区的量子效率的变化大致等同地影响电流至光转换以及光至电流转换,所以此类电压之比大致等于由 LED 7230 发射的实际光功率 E_{a30} 与由代表 LED 7230 的 LED 组发射的标称光功率 E_{n30} 之比。作为等式 7238 结果的此类比率被称为 LED 7230 的 E_{30} 。

[0748] 图 73A-C 解说了使用图 72 中解说的关系相对于由代表 LED 7120、7230 和 7340 的 LED 组产生的标称光功率来确定由此类 LED 7120、7230 和 7340 产生的实际光功率的方法。LED 7120、7230 和 7340 可以是任何颜色组合或者可以是一种颜色。两种常见配置包括分别用于 LED 7340、7230 和 7120 的红色、绿色和蓝色,以及红色、红色和白色。在此类方法中,LED 7120 照明 LED 7230 和 LED 7340 两者,并且随后 LED 7230 照明 LED 7340。从对感应电压 V_{a30} 和 V_{a40} 的测量,可针对每个 LED 7120、7230 和 7340 计算所发射的实际光功率与所发射的标称光功率之比。

[0749] 以下等式与图 73A-C 相关联。具体而言,等式 43A-B 与图 73A 相关联。等式 44A-B 与图 73B 相关联。等式 45A-B 与图 73C 相关联。而等式 46-51 利用其他等式。

[0750] $V_{a30} \sim = (V_{n3020}) (E_{30}) (E_{20})$ [等式 43A]

[0751] $V_{a30}/V_{n3020} = V_{3020} \sim = (E_{30}) (E_{20})$ [等式 43B]

[0752] $V_{a40} \sim = (V_{n4020}) (E_{40}) (E_{20})$ [等式 44A]

[0753] $V_{a40}/V_{n4020} = V_{4020} \sim = (E_{40}) (E_{20})$ [等式 44B]

[0754] $V_{a40} \sim = (V_{n4030}) (E_{30}) (E_{40})$ [等式 45A]

[0755] $V_{a40}/(V_{n4030}) = V_{4030} \sim = (E_{30}) (E_{40})$ [等式 45B]

[0756] 重新安排 43B 提供了:

[0757] $E_{20} \sim = (V_{3020}) (E_{30})$ [等式 46]

[0758] 将 46 代入 44B 提供了:

[0759] $V_{4020} \sim = (E_{40}) (V_{3020}) / (E_{30})$

[0760] $E_{30} \sim = (E_{40}) (V_{3020}) / (V_{4020})$ [等式 47]

[0761] 将 47 代入 45B 提供了:

[0762] $V_{4030} \sim = (E_{40}) (E_{40}) (V_{3020}) / (V_{4020})$

[0763] $(V_{4030}) (V_{4020}) / (V_{3020}) \sim = (E_{40})^2$ [等式 48]

[0764] $E_{40} \sim = \text{平方根} [(V_{4030}) (V_{4020}) / (V_{3020})]$ [等式 49]

[0765] 根据 45B,

[0766] $E_{30} \sim = (V_{4030}) / (E_{40})$ [等式 50]

[0767] 根据 44B

[0768] $E_{20} \sim = (V_{4020}) / (E_{40})$ [等式 51]

[0769] 电流源 7121 产生标称电流 I_0 , 其使 LED 7120 发射光功率 E_{a20} , 光功率 E_{a20} 分别跨电阻器 7232 和 7342 感应电压 V_{a30} 和 V_{a40} 。等式 43A-B 将 V_{a30} 与如图 73A 中所示地由 LED

7120 发射的标称功率在代表 LED 7230 的 LED 组上感应的电压 V_{n3020} 相关。实际电压 V_{a30} 大致等于标称电压 V_{n3020} 被缩放分别对应 LED 7230 和 LED 7120 的实际发射功率与标称发射功率之比 E_{30} 和 E_{20} 。参数 V_{3020} 被定义为实际电压 V_{a30} 与标称电压 V_{n3020} 之比。

[0770] 等式 44A-B 和 45A-B 与等式 43A-B 相同,除了等式 44A-B 是针对如图 73B 中所示的入射在 LED 7340 上的来自 LED 7120 的光,而等式 45A-B 是针对如图 73C 中所示的入射在 LED 7340 上的由电流源 7331 产生的来自 LED 7230 的光。这三个等式包含了三个独立变量 E_{20} 、 E_{30} 和 E_{40} ,它们通过等式 46-51 来求解。等式 49 将 E_{40} 与已知参数 V_{4030} 、 V_{4020} 和 V_{3020} 相关。 E_{40} 的计算出的值随后被应用于等式 45 和 44 以形成分别确定 E_{30} 和 E_{20} 的等式 50 和 51。

[0771] 图 73A-C 提供了用于通过测量 LED 光敏性来确定由 LED 组产生的光强度的许多可能方法中的一种。例如,可测量光生电流而非电压,或者可测量电流和电压的某种组合。在测量光生电流时,LED 可例如被反向偏置或短路。用于确定发射功率的 LED 的数目可以是 2——倘若两个 LED 峰值发射波长相似,或者可以大于 3。LED 的颜色可以是任何颜色组合或者是单种颜色。这些 LED 可并排安排,其中散射光被毗邻 LED 检测或者光被例如镜面反射。包括这些 LED 的产品可以是例如灯、显示器、或显示器背光。

[0772] 图 74A-D 解说了使用固定光源 60 作为已知参考的用于确定由 LED 20、30 和 40 产生的光强度的更精确方法,其消除了 LED 发射功率与光敏性之间的关系中的变化。在该示例中,LED 30 和 40 具有大致相等的峰值发射波长,而 LED 20 具有较短的峰值发射波长。

[0773] 以下等式与图 74A-D 相关联。具体而言,等式 52A-B 和 53A-B 与图 74A 相关联。等式 54A-B 与图 74B 相关联。等式 55A-B 与图 74C 相关联。等式 58A-B 与图 74D 相关联。而等式 56、57 和 59 利用其他等式。

$$[0774] \quad V_{a30}/V_{n30} = V_{30} = (C_{30}) (E_{a30}/E_{n30}) = C_{30}E_{30} \text{ [等式 52A]}$$

$$[0775] \quad E_{30} = V_{30}/C_{30} \text{ [等式 52B]}$$

$$[0776] \quad V_{a40}/V_{n40} = V_{40} = (C_{40}) (E_{a40}/E_{n40}) = C_{40}E_{40} \text{ [等式 53A]}$$

$$[0777] \quad E_{40} = V_{40}/C_{40} \text{ [等式 53B]}$$

$$[0778] \quad V_{a30} = (V_{n3040}) (C_{30}) (E_{30}) (E_{40}) \text{ [等式 54A]}$$

$$[0779] \quad V_{a30}/V_{n3040} = V_{3040} = (C_{30}) (E_{30}) (E_{40}) \text{ [等式 54B]}$$

$$[0780] \quad V_{a40} = (V_{n4030}) (C_{40}) (E_{40}) (E_{30}) \text{ [等式 55A]}$$

$$[0781] \quad V_{a40}/V_{n4030} = V_{4030} = (C_{40}) (E_{40}) (E_{30}) \text{ [等式 55B]}$$

[0782] 将 52B 代入 54B 提供了：

$$[0783] \quad V_{3040} = (C_{30}) (V_{30}/C_{30}) (E_{40})$$

$$[0784] \quad E_{40} = (V_{30})/(V_{3040}) \text{ [等式 56]}$$

[0785] 将 53B 代入 55B 提供了：

$$[0786] \quad V_{4030} = (C_{40}) (V_{40}/C_{40}) (E_{30})$$

$$[0787] \quad E_{30} = (V_{40})/(V_{4030}) \text{ [等式 57]}$$

$$[0788] \quad V_{a30} = (V_{n3020}) (C_{30}) (E_{30}) (E_{20}) \text{ [等式 58A]}$$

$$[0789] \quad V_{a30}/V_{n3020} = V_{3020} = (C_{30}) (E_{30}) (E_{20}) \text{ [等式 58B]}$$

[0790] 将 52B 代入 58B 提供了：

$$[0791] \quad V_{3020} = (V_{30}) (E_{20})$$

[0792] $E_{20} = V_{3020}/V_{30}$ [等式 59]

[0793] 光源 7460 发射固定且已知量的光 E_1 到 LED 7230 和 7340 上, 这分别跨电阻器 7232 和 7342 感应电压 V_{a30} 和 V_{a40} 。如图 74A 中所示, 等式 52A-B 将实际电压 V_{a30} 与由代表 LED 7230 的 LED 组响应于光源 7460 生成的标称电压 V_{n30} 之比与由 LED 7230 在用固定电流驱动时发射的实际光功率 E_{a30} 与由代表 LED 7230 的 LED 组在用固定电流驱动时发射的标称光功率 E_{n30} 之比相关。由于 LED 发射的光功率并非理想地与此类 LED 的光敏性相关, 因此等式 52A-B 引入了精确地定义这两个比率之间的关系的校正系数 C_{30} 。等式 53A-B 与等式 52A-B 相同, 除了是针对 LED 7340 而非 LED 7230, 如图 74A 中所示。

[0794] 在光源 7460 照明 LED 7230 和 7340 达足以测量电压 V_{a30} 和 V_{a40} 的时间之后, 光源 7460 关闭。随后, LED 7340 使用电流源 7441 来开启并用实际光功率 E_{a40} 照明 LED 7230, 这跨电阻器 7232 感应电压 V_{a30} , 如图 74B 中所示。等式 54A-B 将 V_{a30} 与由代表 LED 7230 的 LED 组响应于由代表 LED 7340 的 LED 组发射的标称光功率 E_{n40} 而生成的标称电压 V_{n3040} 之比 V_{3040} 同分别由 LED 7230 和 7340 在用固定电流驱动时发射的实际光功率与由代表 LED 7230 和 7340 的 LED 组在由相同的此类固定电流驱动时发射的标称光功率之比 E_{30} 和 E_{40} 相关。如同等式 52A-B 中一样, 常数 C_{30} 确定 V_{3040} 与 E_{30} 和 E_{40} 的乘积之间的关系。

[0795] 在 LED 7340 照明 LED 7230 之后, LED 7230 随后用实际输出功率 E_{a30} 照明 LED 7340, 这跨电阻器 7342 感应电压 V_{a40} , 如图 74C 中所示。等式 55A-B 与等式 54A-B 相同, 除了 LED 7230 和 7340 被颠倒。将等式 52B 代入等式 54B 产生等式 56, 其中 E_{40} 表达为测得值 V_{30} 和 V_{3040} 的函数。同样, 将等式 53B 代入等式 55B 产生等式 57, 其中 E_{30} 表达为测得值 V_{40} 和 V_{4030} 的函数。

[0796] 在确定由 LED 7230 和 7340 发射的实际光功率之后, 可通过用来自 LED 7120 的光照明 LED 7230——其如图 74D 中所示地跨电阻器 7232 产生电压 V_{a30} ——来确定由 LED 7120 发射的实际光功率 E_{a20} 。等式 58A-D 与等式 54A-B 和 55A-B 相同, 除了用 LED 7120 照明 LED 7230 而非分别用 LED 7340 照明 LED 7230 以及用 LED 7230 照明 LED 7340。将等式 52B 代入等式 58B 产生等式 59, 其中 E_{20} 由 V_{3020} 与 V_{30} 之比确定。

[0797] 如图 73A-C 中一样, 图 74A-D 表示用于通过测量 LED 光敏性来确定由 LED 组产生的光强度的许多可能方法中的一种。可测量光生电流而非电压或者可测量电流和电压的任何组合以确定输出强度。LED 的数目可以是 2 或者是大于 2 的任何数目。这些 LED 可以是任何颜色组合或者是任何单种颜色, 倘若该组中的两个 LED 具有近似等于或长于光源在为单色的情况下的峰值发射波长的大致相同的峰值发射波长。可以使用单色或广谱光源并且可以使用具有不同光谱的多个光源。具有大致相等的峰值发射波长 (相同颜色) 的两个 LED 可以是例如来自 RGB 显示器中的毗邻像素的两个红色 LED 或者灯中的两串红色 LED。

[0798] 图 75A-C 和图 75D-F 结合图 73A-C 中解说的方法表示近似地确定由 LED 7120、7230 和 7340 随寿命发射的实际输出功率的两种可能方法。在包括 LED 7120、7230 和 7340 的设备的制造期间使用例如图 74A-D 中描述的方法进行强度校准以后, 测量电压 V_{n3020} 、 V_{n4020} 和 V_{n4030} 并将其存储在某种形式的非易失性存储器中。根据图 75A-C 中解说的方法, 电流源 7121 和 7331 产生例如在图 74A-D 中描述的校准方法期间使用的标称电流 I_0 , 以及根据图 75A-C 中解说的方法, 电流源 7121 和 7331 被调节以输出标称光功率。通过使用公知的脉冲宽度调制 (PWM) 技术将图 75A-C 中的 LED 7120、7230 和 7340 关闭达不同时间百分

比来调节此类 LED 产生的光的颜色点和强度,而通过改变由电流源 7121、7331 和 7441 产生的电流来调节图 75D-F 中由此类 LED 产生的光的颜色点和强度。

[0799] 在操作包括 LED 7120、7230 和 7340 的设备达某个时间之后,来自每个此类 LED 7120、7230 和 7340 的实际光输出强度可能改变并且可使用所存储的开路电压 V_{n3020} 、 V_{n4020} 和 V_{n4030} 作为标称电压根据图 73A-C 中解说的方法来重新测量。此类方法从电压改变确定所发射输出强度改变,其近似成比例。此类测量在理想情况下应当在环境光与由 LED 7120 和 7230 产生并入射在 LED 7230 和 7340 上的光强度相比较小时执行。此类环境光的强度可通过在所有 LED 7120、7230 和 7340 都关闭时测量跨任何 LED 7120、7230 或 7340 的开路电压来确定。在存在环境光的情况下,此类光的效应可通过计算由此类环境光感应的电流并移除此类电流对图 73A-C 中解说的 V_{3020} 、 V_{4020} 和 V_{4030} 测量的影响来移除。

[0800] 图 75A-C 和 75D-F 解说了通过测量 LED 的光敏性来确定由此类 LED 随寿命发射的光功率改变的许多可能方法中的两种。例如,可测量由入射光感应的电流而非电压。此类 LED 的数目和配置可不同于图 75A-C 和 75D-F 中解说的 3 个,图 75A-C 和 75D-F 表示用于三个红色、绿色和蓝色 LED 的组合的可能光功率测量方法。例如,具有大致相同的峰值发射波长的两个 LED 可测量彼此的发射强度改变。此外,固定强度光可照明这些 LED 并且可根据例如图 74A-D 中解说的方法来确定 LED 发射强度。

[0801] 图 76A-D 解说了确定由 LED 7120、7230 和 7340 发射的光的相对强度的示例方法,其中两个此类 LED 7230 和 7340 具有大致相等的峰值发射波长,而 LED 7120 具有大致等于或短于 LED 7230 和 7340 的峰值发射波长。作为示例,LED 7230 和 7340 可以是红色,而 LED 7120 可以是白色、绿色或蓝色。作为另一示例,在红色、绿色和蓝色 LED 组或像素的阵列中,红色、绿色和蓝色 LED 的两个毗邻组或像素中的红色 LED 可被用作 LED 7340 和 7230,而 LED 7120 可顺序地为这两个毗邻组或像素中的两个绿色和两个蓝色 LED,每次有一个用作 LED 7120。

[0802] 以下等式与图 76A-D 相关联。具体而言,等式 60 和 61 与图 76A 相关联。等式 62 与图 76B 相关联。等式 63 与图 76C 相关联。等式 64 与图 76D 相关联。而等式 65、66 和 67 利用其他等式。

[0803] $R_x = (C_x) (E_{ax}/E_{nx})$ [等式 60]

[0804] $V_{a30}/V_{n3040} = V_{3040} = (R_{30}) (E_{40})$ [等式 61]

[0805] $V_{a40}/V_{n4030} = V_{4030} = (R_{40}) (E_{30})$ [等式 62]

[0806] $V_{a30}/V_{n3020} = V_{3020} = (R_{30}) (E_{20})$ [等式 63]

[0807] $V_{a40}/V_{n4020} = V_{4020} = (R_{40}) (E_{20})$ [等式 64]

[0808] 61 与 63 之比提供了:

[0809] $V_{3040}/V_{3020} = (R_{30}) (E_{40}) / (R_{30}) (E_{20}) = (E_{40}) / (E_{20})$ [等式 65]

[0810] 62 与 64 之比提供了

[0811] $V_{4030}/V_{4020} = (R_{40}) (E_{30}) / (R_{40}) (E_{20}) = (E_{30}) / (E_{20})$ [等式 66]

[0812] 65 与 66 之比提供了:

[0813] $(V_{3040}/V_{3020}) / (V_{4030}/V_{4020}) = (E_{40}/E_{20}) / (E_{30}/E_{20})$

[0814] $(V_{3040}) (V_{4020}) / (V_{4030}) (V_{3020}) = E_{40}/E_{30}$ [等式 67]

[0815] 在此类方法中,LED 7340 首先如图 76A 中所示地照明 LED 7230 以创建等式 61,

等式 61 将电压 V_{a30} 与在 LED 7230 用标称光功率照明时产生的标称 V_{n3040} 之比 V_{3040} 同实际发射光功率 E_{a40} 与此类标称光功率之比 E_{40} 相关。 V_{3040} 和 E_{40} 之间的比例因子是 LED 7230 的归一化响应性,其使用阐述为等式 60 的通用响应性等式被定义为 R_{30} 。随后,LED 7230 如图 76B 中所示地照明 LED 7340,并且随后 LED 7120 如图 76C 和 76D 中所示地照明 LED 7230 和 7340 两者以分别形成等式 62、63 和 64。

[0816] 如等式 65 中所示,等式 61 与 63 之比提供了 LED 7340 和 7120 之间的相对发射功率。同样,等式 66 和 67 分别提供了 LED 7230 和 7120 之间、以及 LED 7340 和 7230 之间的相对功率发射功率。此类等式从感应电压测量提供了由所有三个 LED 发射的相对光功率,从而补偿电路可调节来自每个 LED 的发射强度以在这些 LED 的寿命中提供精确颜色或维持固定颜色。

[0817] 图 77 是可实现图 73A-C、74A-D、75A-C、75D-F 和 76A-D 中解说的方法的电路的示例框图,该电路包括驱动器集成电路 7780、LED 7120、7230 和 7340、以及电阻器 7232 和 7342。集成电路 7780 还包括时序和控制电路 7781、系数矩阵 7782、数模转换器 (DAC) 7783、模数转换器 (ADC) 7784、以及用于产生用于 LED 7120、7230 和 7340 的电流的三个输出驱动器 7785。输出驱动器 7785 还包括脉冲宽度调制器 (PWM) 7787 和电流源 7786。

[0818] 时序和控制电路 7781 管理驱动器 IC 7780 的功能。用于 LED 7120、7230 和 7340 的照明数据被硬连线至时序和控制电路 7781 中或者通过某种手段传达给时序和控制电路 7781,并在恰当的时间被转发给颜色校正矩阵 7782。颜色校正矩阵 7782 除其他事项外还可调节用于 LED 7120、7230 和 7340 的照明数据以补偿各 LED 之间的变化,从而跨显示器或从灯产生均匀亮度和颜色。矩阵 7782 可包括校正系数,其在与照明数据组合时产生被转发给输出驱动器 7785 的数据,输出驱动器 7785 具有脉冲宽度调制器 7787,该脉冲宽度调制器 7787 产生将 LED 7120、7230 和 7340 的电流源 7786 开启和关闭的逻辑电平信号。

[0819] ADC 7784 能访问连接至驱动器 IC 7780 的所有 (在该示例中为 3 个) LED 的端子,并且除其他事项外还可测量响应于入射在 LED 7230 和 7340 上的光跨电阻器 7232 和 7342 产生的电压。此示例中的所有 3 个 LED 的正极可一起绑定至单个电源电压 V_d 7788,或者可连接至不同的电源电压。在所有 3 个 LED 7120、7230 和 7340 为一种颜色的情形中,所有正极优选地可连接在一起。在此类 3 个 LED 7120、7230 和 7340 为不同颜色的情形中,每个此类不同颜色 LED 7120、7230 和 7340 将优选地连接至每个此类不同的电源电压。

[0820] 图 77 仅仅是许多可能的驱动器 IC 7780 框图的一个示例。例如,若 LED 7120、7230 和 7340 用可变电流驱动达固定时间量,则将不需要 PWM 7787。若 ADC 7784 测量来自 LED 7120、7230 和 7340 的开路电压、短路电流、或电流与电压的某种其他组合,则将不需要电阻器 7232 和 7342。若可变电流是不期望的,则 DAC 7783 可以是固定电流源。

[0821] 图 78 是校正矩阵 7782 的示例框图,校正矩阵 7782 可校正由红色、绿色和蓝色 LED 7120、7230 和 7340 的组合产生的光强度变化以跨显示器或从灯产生相对均匀的亮度和颜色。矩阵 82 包括可存储校正系数 C_r 、 C_g 和 C_b 的存储器 7890,乘法器 7891 将校正系数 C_r 、 C_g 和 C_b 分别与来自时序和控制电路 7781 的例如红色、绿色和蓝色照明数据组合以产生被转发给调制器 7787 的分别控制红色、绿色和蓝色 LED 7120、7230 和 7340 的照明数据。此类校正系数通常相对大,这在照明数据中产生调节以补偿 LED 7120、7230 和 7340 之间的变化。

[0822] 存储器 7890 可由 SRAM、DRAM、闪存、寄存器、或任何其他形式的可读写半导体存储器构成。此类校正系数可由驱动器 IC 7780 或例如显示器或灯中的任何其他处理元件周期性地修改以针对 LED 7120、7230 和 7340 特性例如随温度或寿命的改变而进行调节。

[0823] 乘法器 7891 通过将每个颜色分量乘以相应的校正系数来缩放来自时序和控制电路 7781 的照明数据。此类乘法可由分立硬件以比特并行形式或比特串行形式、在嵌入式微控制器中、或通过任何其他手段来执行。优选地,包括移位器和加法器的一种硬件乘法器执行所有三次乘法。因此,图 78 仅仅是校正矩阵 7782 的许多可能框图之一。

[0824] 图 79A-C 解说了用于通过确定 LED 作为入射在此类 LED 上的光波长的函数的光敏性来确定来自此类 LED 的峰值发射波长 λ_p 的一种可能方法。此类测量系统可包括如图 74A 中解说的光源 7460、LED 7230 和电阻器 7232,其中由光源 7460 发射的光波长在分别比 LED 7230 的期望峰值发射波长 λ_{pn} 略短和略长的波长 λ_- 和 λ_+ 之间切换。

[0825] 图 79A 中的标绘 7900 表示具有标称峰值发射波长 λ_{pn} 的 LED 7230 作为入射波长的函数的光敏性,其中纵轴表示跨电阻器 7232 感应的电压。在长于 λ_{pn} 的波长处,光敏性显著下降,而在短于 λ_{pn} 的波长处,光敏性随波长线性地下降。还示出了具有波长 λ_- 的入射光跨电阻器 7232 产生电压 V_- ,而具有波长 λ_+ 的入射光跨电阻器 7232 产生电压 V_+ 。连接点 (λ_-, V_-) 和 (λ_+, V_+) 的线 7903 具有斜率 $M = (V_- - V_+) / (\lambda_- - \lambda_+)$ 。

[0826] 图 79B 中的标绘 7901 解说了具有比标称峰值发射波长 λ_{pn} 略短的峰值发射波长 λ_p 的 LED 7230 的光敏性。当此类 LED 7230 被光源 7460 用波长 λ_- 和 λ_+ 照明时,跨电阻器 7232 分别生成电压 V_- 和 V_+ 。此类 V_- 和 V_+ 之间的电压差对于具有略短于标称峰值发射波长 λ_{pn} 的峰值发射波长 λ_p 的此类 LED 7230 而言要大于具有标称峰值发射波长 λ_{pn} 的此类 LED 7230。此外,线 7904 的斜率 M 对于发射峰值波长 λ_- 的 LED 7230 而言要比发射标称峰值波长 λ_{pn} 的 LED 7230 负得更多。

[0827] 图 79C 中的标绘 7902 解说了具有比标称峰值发射波长 λ_{pn} 略长的峰值发射波长 λ_p 的 LED 7230 的光敏性。当此类 LED 7230 被光源 7460 用波长 λ_- 和 λ_+ 照明时,跨电阻器 32 分别生成电压 V_- 和 V_+ 。此类 V_- 和 V_+ 之间的电压差对于具有略长于标称峰值发射波长 λ_{pn} 的峰值发射波长 λ_p 的此类 LED 7230 而言要小于具有标称峰值发射波长 λ_{pn} 的此类 LED 7230。此外,线 7905 的斜率 M 对于发射峰值波长 λ_+ 的 LED 7230 而言要比发射标称峰值波长 λ_{pn} 的 LED 7230 负得更少。

[0828] 由于线 7903、7904 和 7905 的斜率直接与 LED 7230 的峰值发射波长相关,因此此类斜率可用于确定此类峰值发射波长。图 79A-C 解说了用于通过测量 LED 的光敏性来确定由此类 LED 产生的光的峰值发射波长的许多可能方法中的一种。例如,可测量 LED 光生电流而非电压,或者可测量电流和电压的某种其他组合。此外,具有较宽光谱的灯可感应此类电压或电流而非图 79 中解说的单色源。

[0829] 图 80 是校正矩阵 7782 的示例框图,校正矩阵 7782 可校正例如由红色、绿色和蓝色 LED 7340、7230 和 7120 的组合产生的光强度和波长两者的变化以从 LED 阵列产生均匀亮度和颜色。矩阵 7782 包括存储器 7890,其可存储 9 个校正系数,其中 3 个此类系数用于所产生的每种颜色分量。系数 C_{rr} 、 C_{gg} 和 C_{bb} 将通常有效地与来自图 78 的 C_r 、 C_g 和 C_b 相同,以调节 LED 7120、7230 和 7340 的强度变化,而其余系数 (C_{rg} 、 C_{rb} 、 C_{gr} 、 C_{gb} 、 C_{br} 、 C_{bg}) 补偿波长变化。

[0830] 例如,若来自时序和控制电路 7781 的红色照明数据旨在用于具有波长 650nm 的 LED 7340 且所连接 LED 7340 波长准确地为 650nm,则系数 C_{gr} 和 C_{br} 将为 0,且 C_{rr} 将接近 1。若此类所连接 LED 7340 波长为 640nm 且具有与前一示例相同的强度,则 C_{rr} 将略小于前一示例中的 C_{rr} ,且 C_{gr} 和 C_{br} 将为非零,这将分别从此类绿色和蓝色 LED 7230 和 7120 产生一些光。来自此类红色、绿色和蓝色 LED 7340、7230 和 7120 的光的组合的波长将被感知为与来自精确地在 650nm 处发射的单个红色 LED 7340 的单色光相同。

[0831] 存储器 7890 和乘法器 7891 可如关于图 78 所描述地那样操作和实现。加法器 8010 将来自三个所连接乘法器 7891 的乘法结果求和以产生被转发给调制器 7887 的照明数据。此类加法器 8010 可在硬件或软件中实现,或者以比特并行或比特串行来执行。图 80 仅仅是许多可能的强度和波长校正矩阵 7782 框图之一。

[0832] 本领域技术人员一旦完全领会以上公开,则多种变型和修改将变得显而易见。

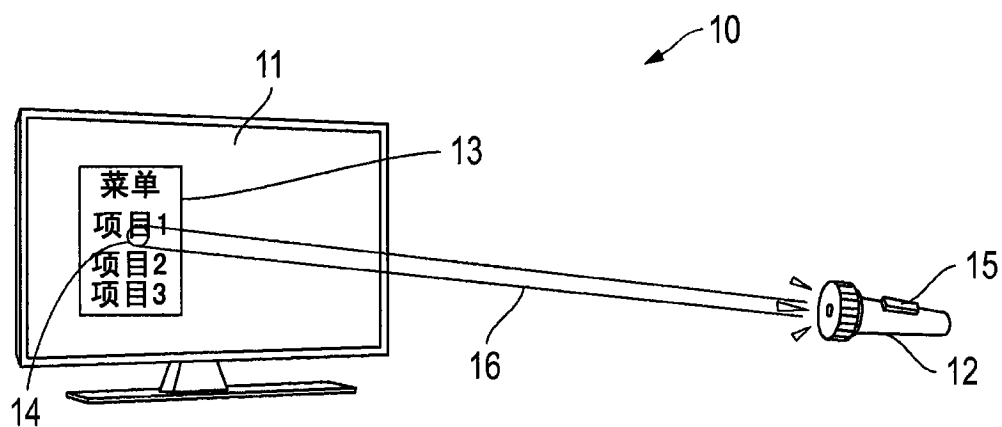


图 1

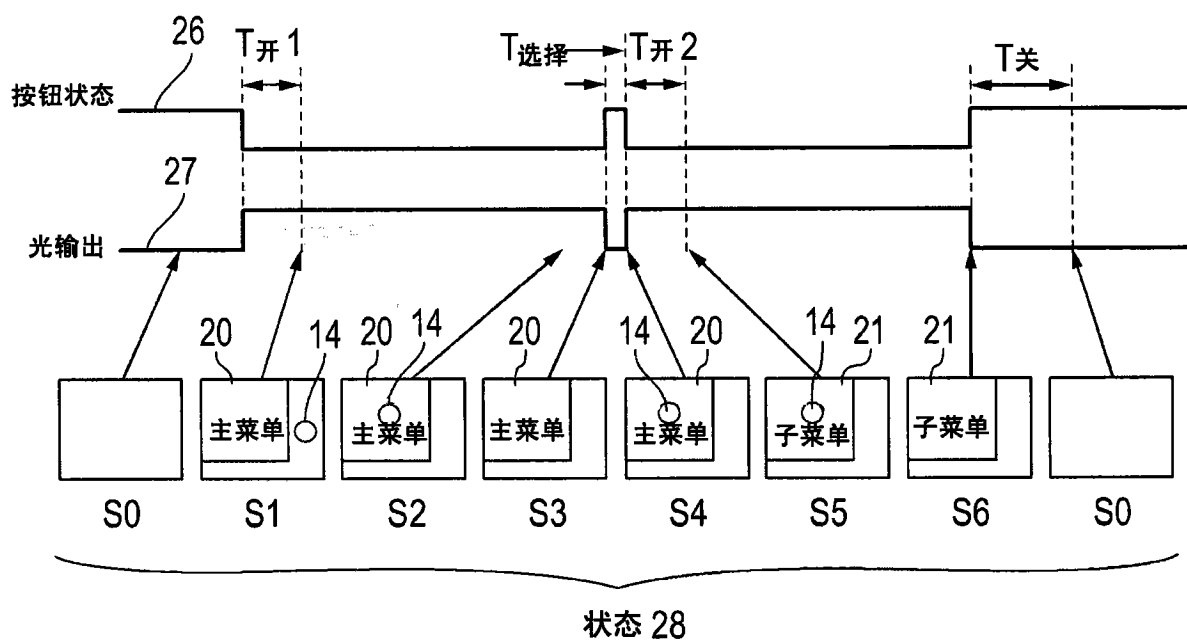


图 2

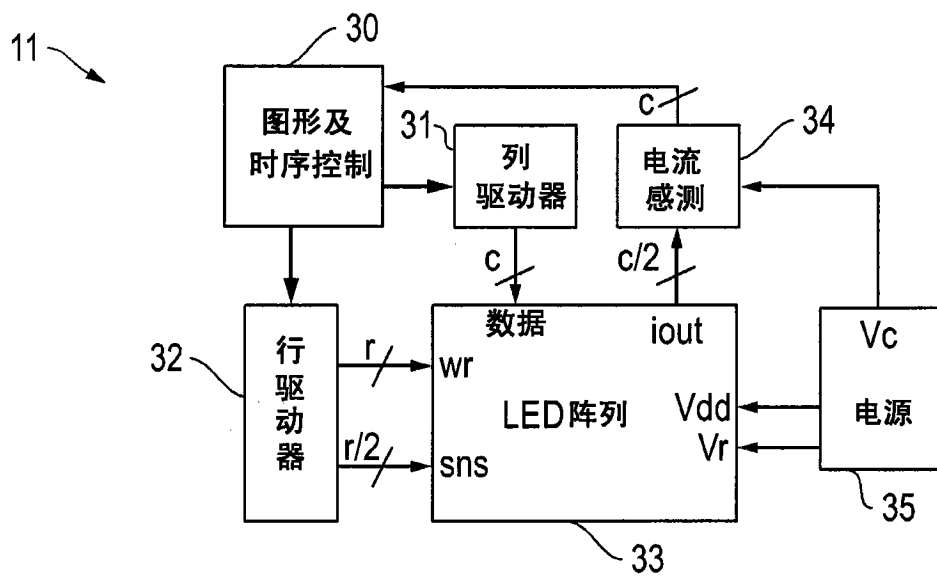


图 3

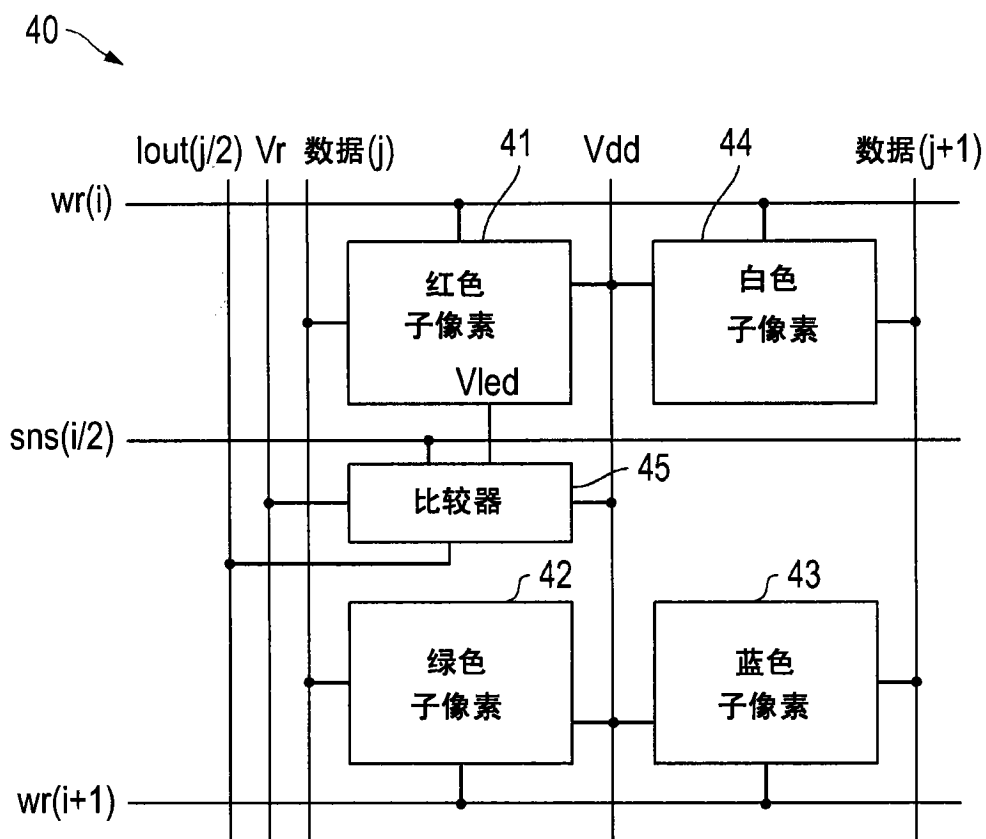


图 4

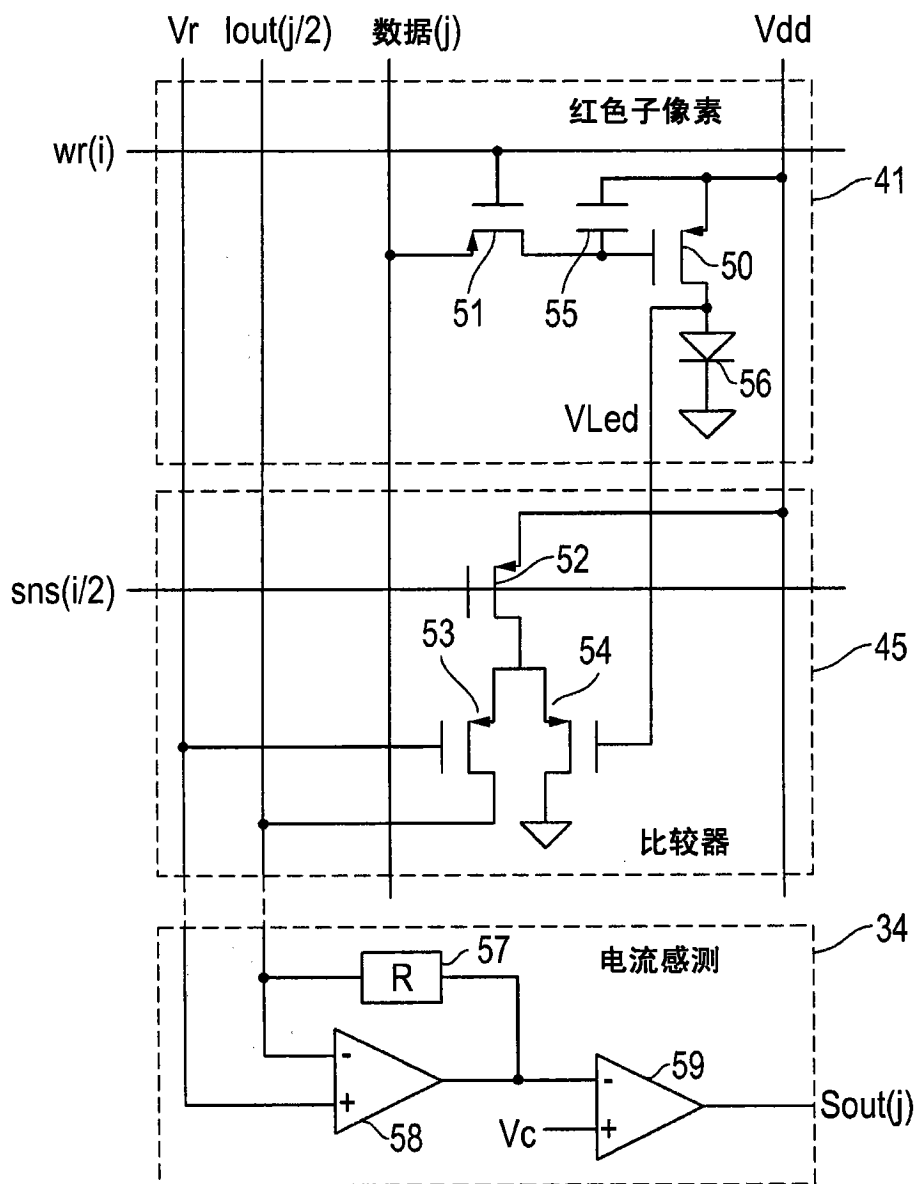


图 5

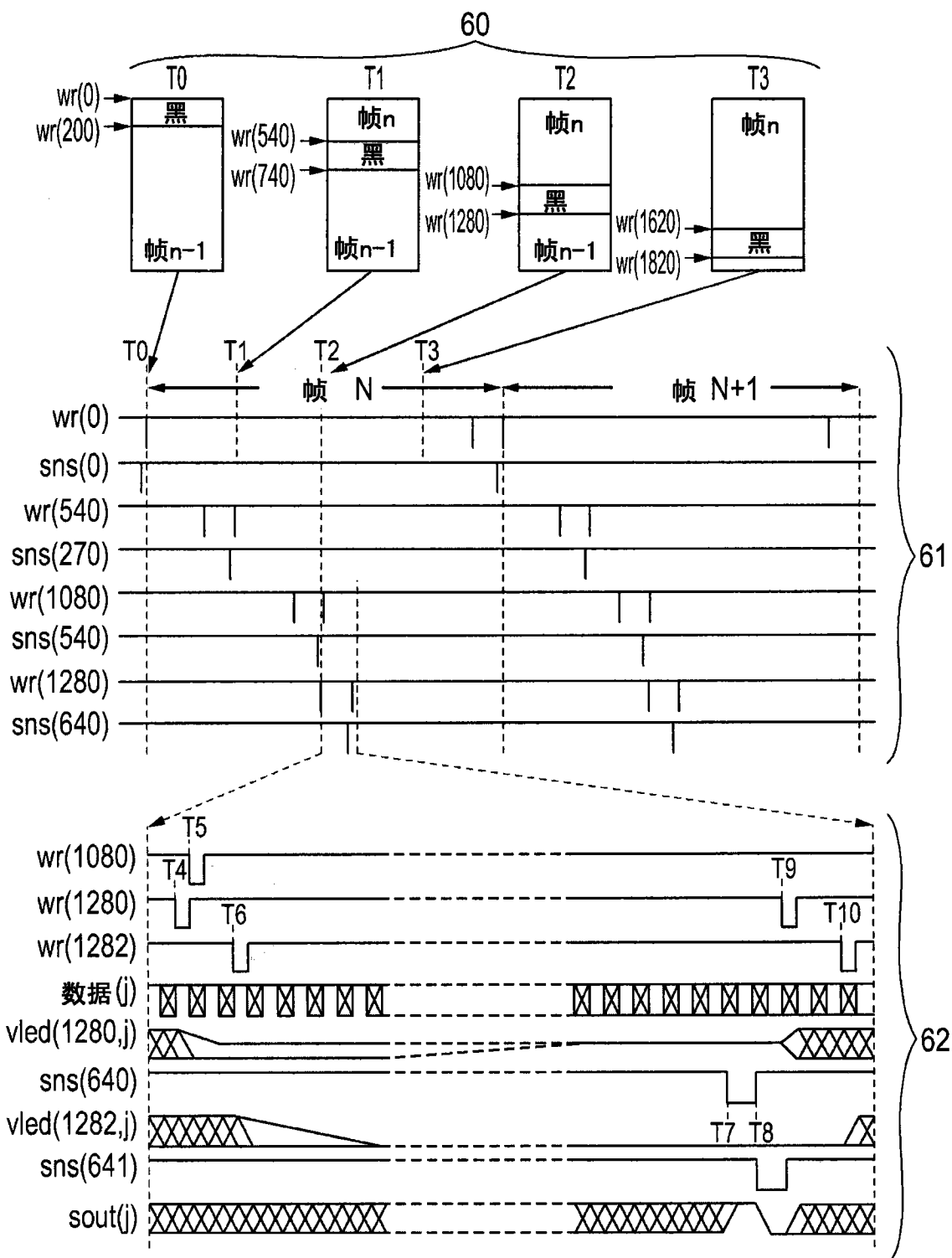


图 6

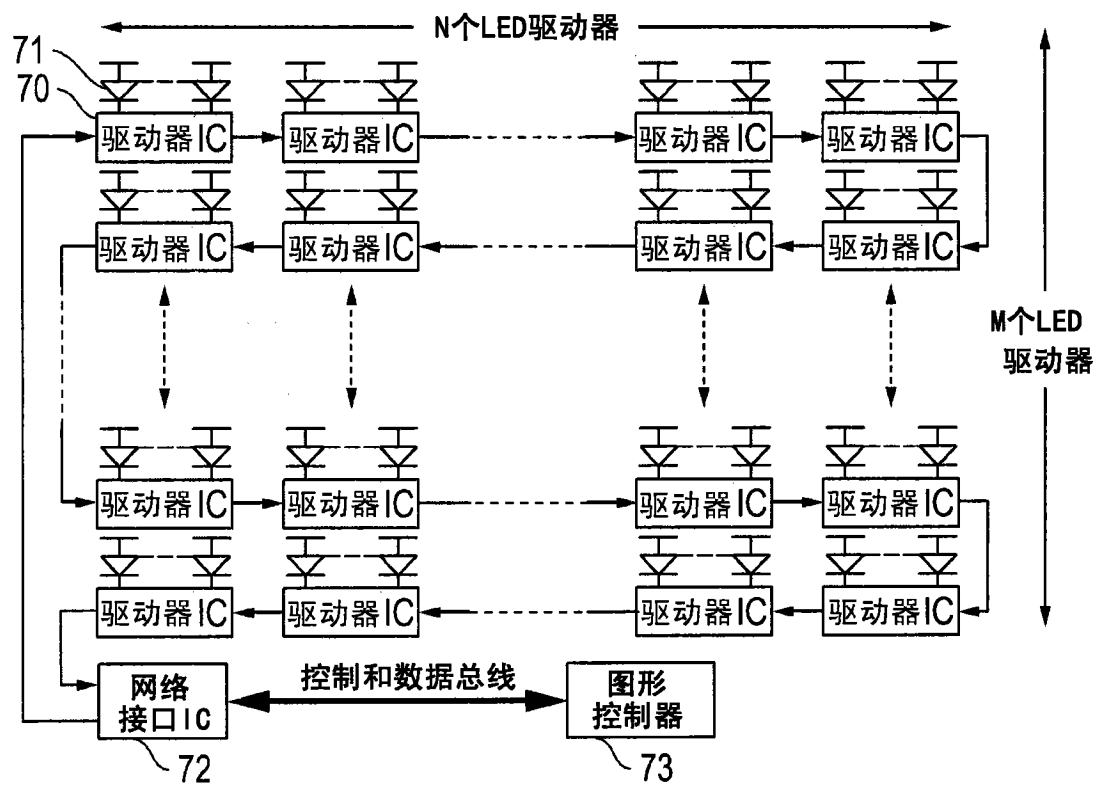


图 7

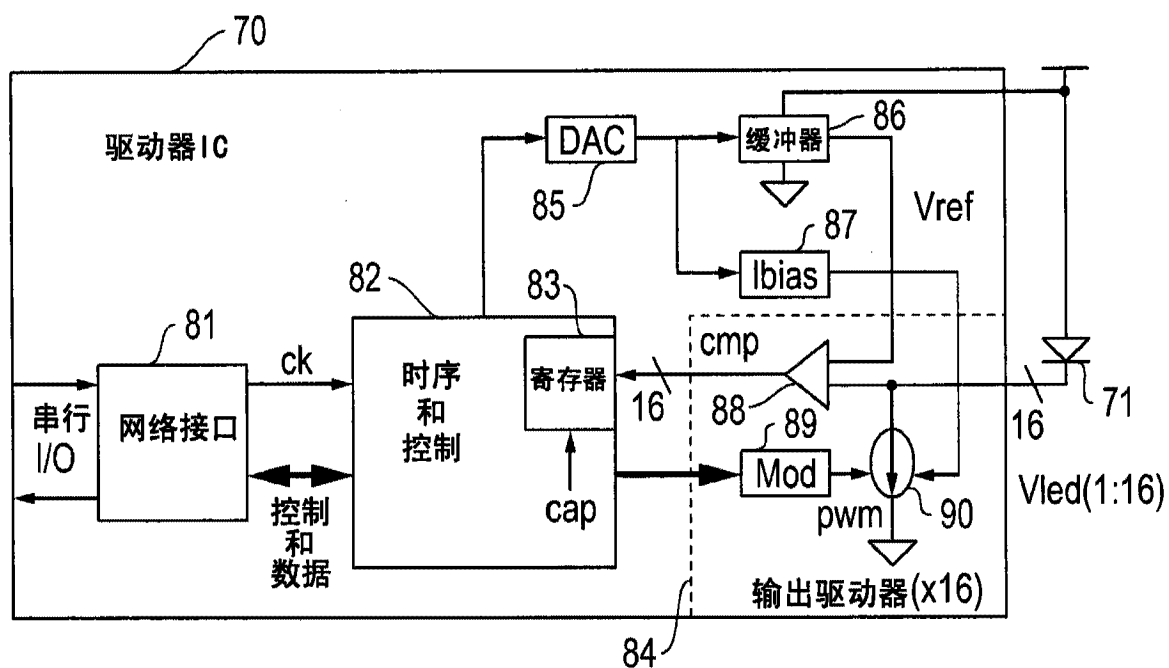


图 8

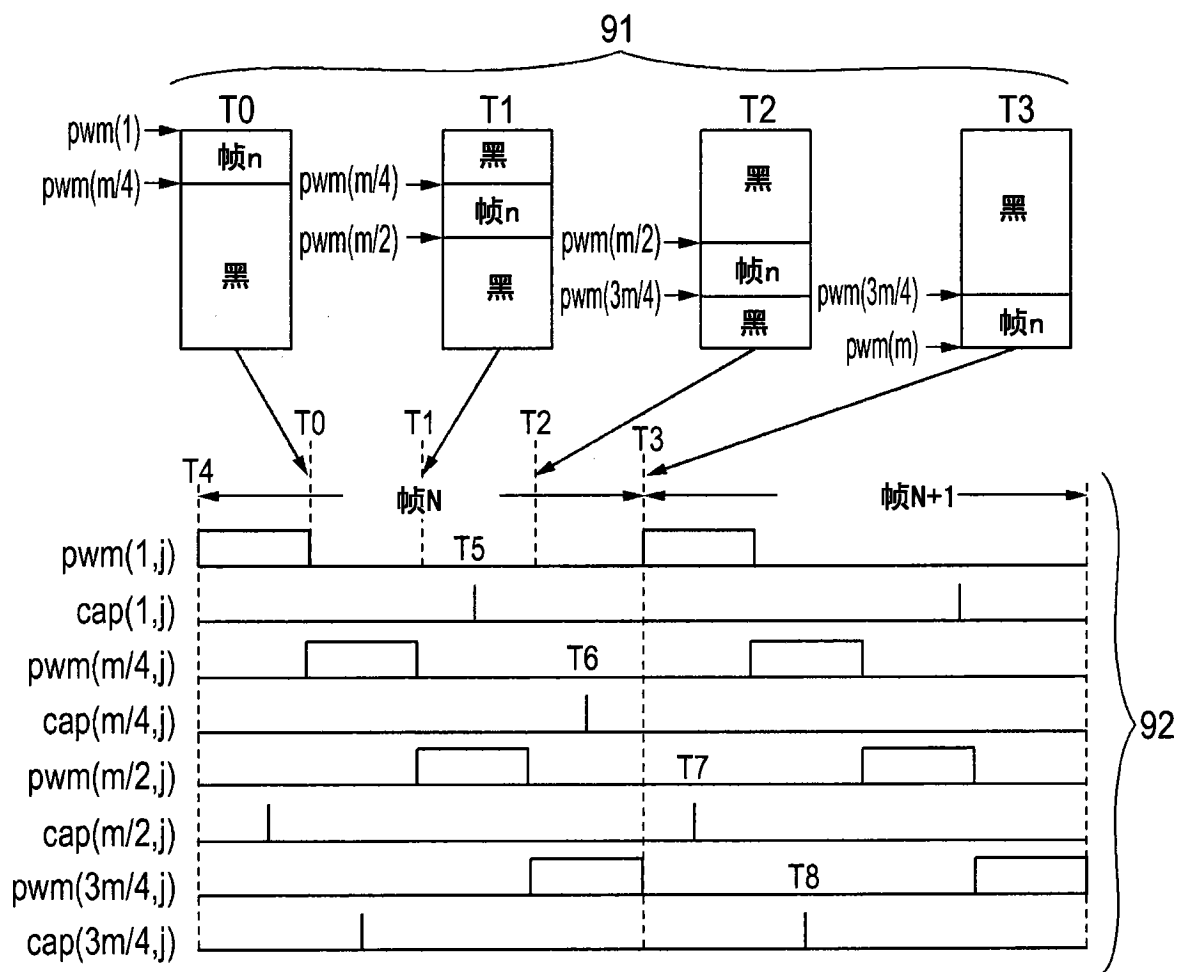


图 9

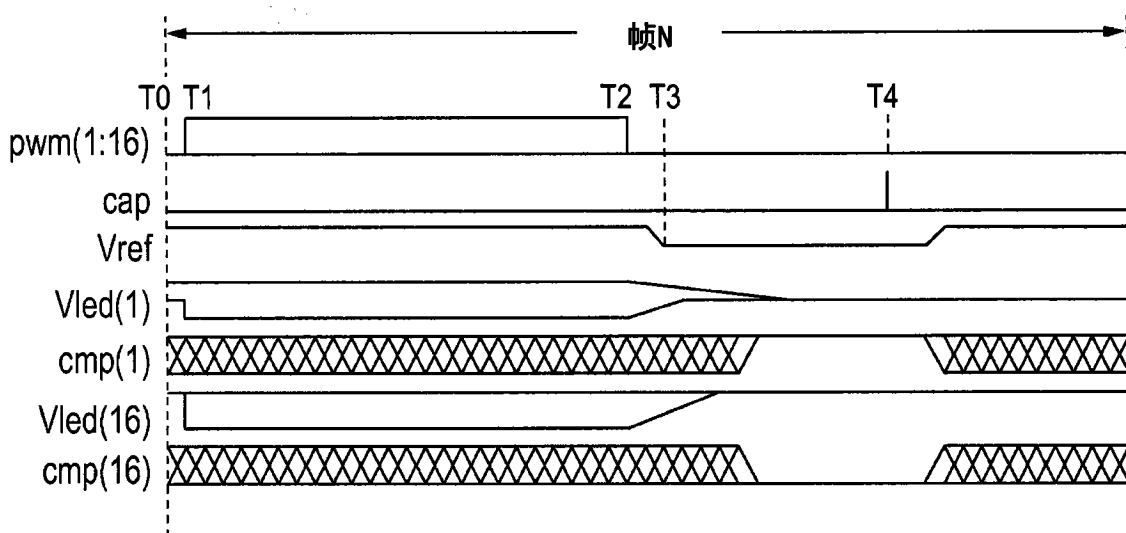


图 10

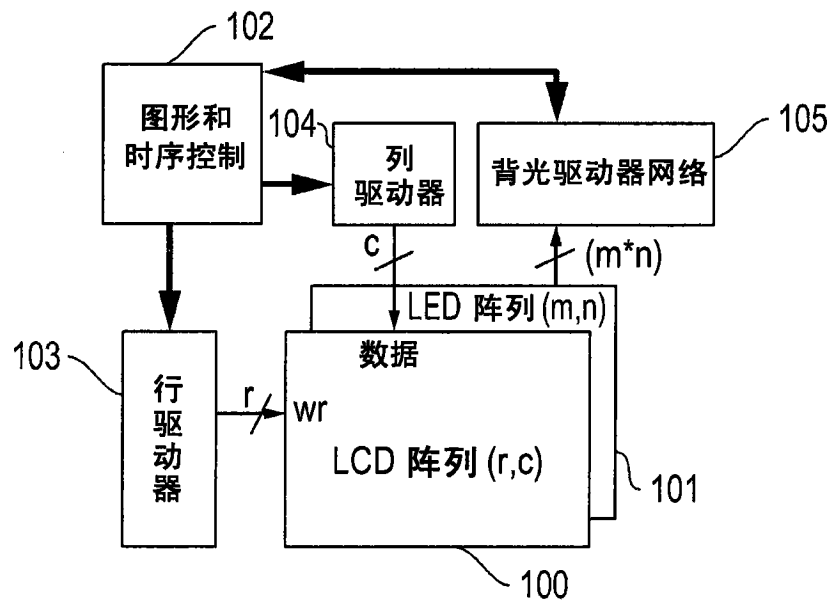


图 11

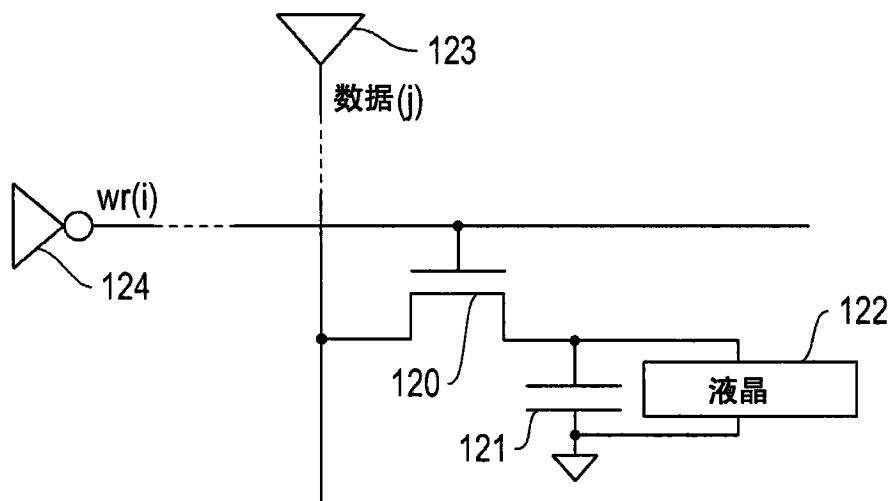


图 12

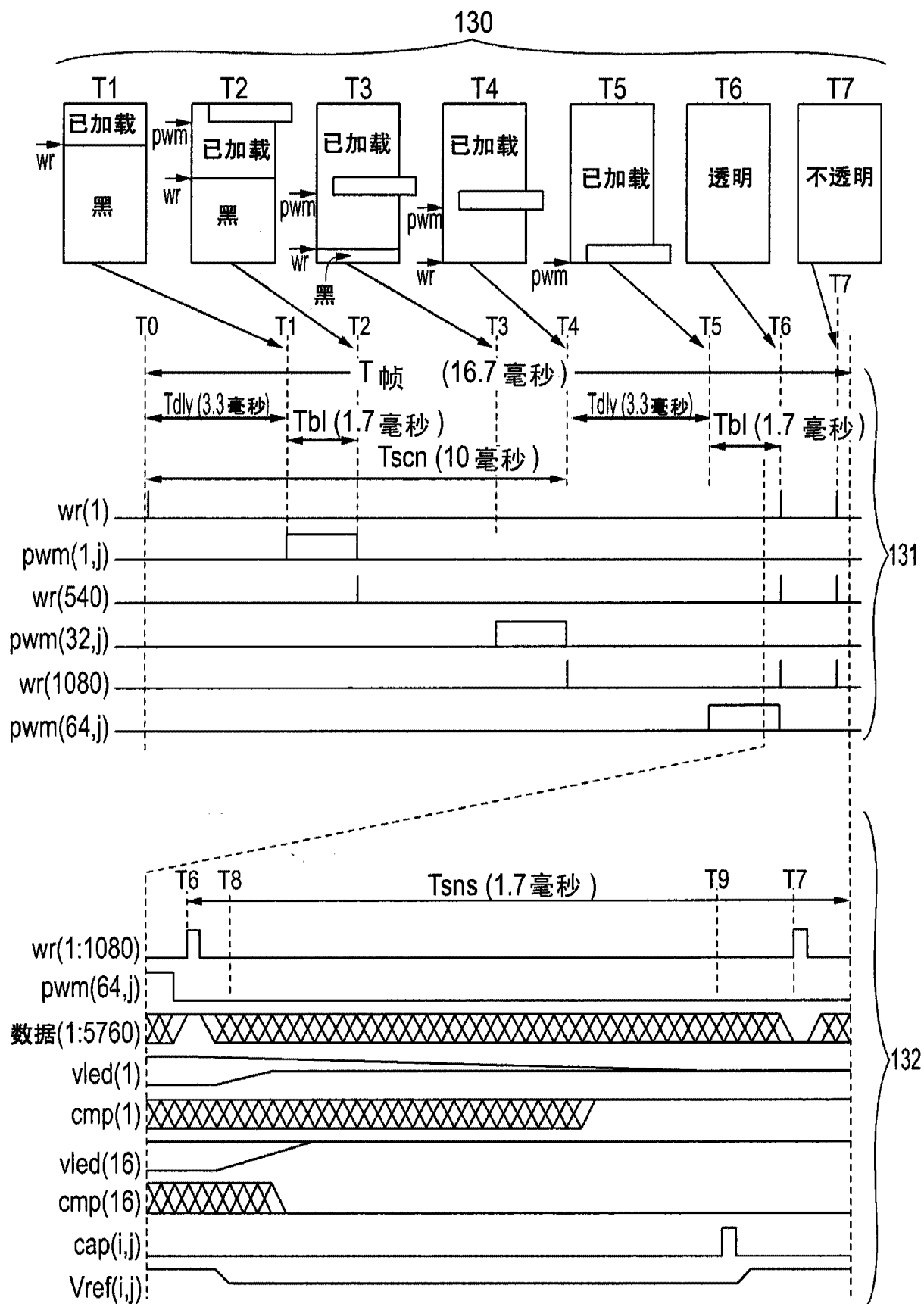


图 13

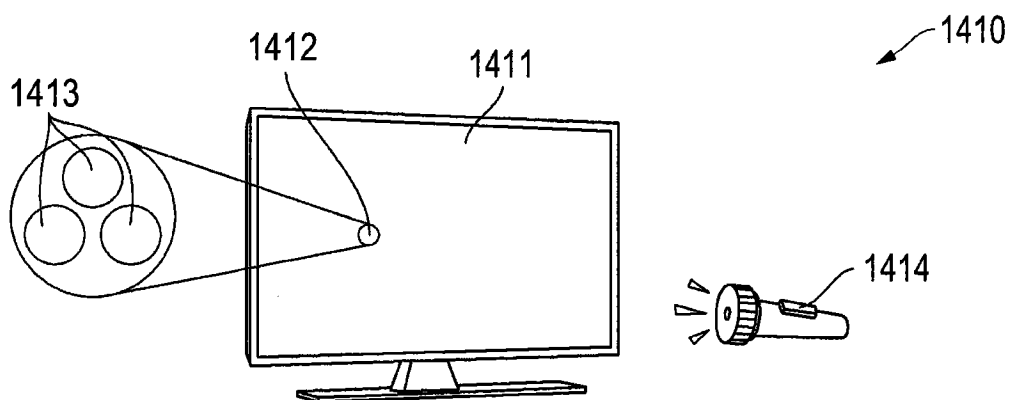


图 14

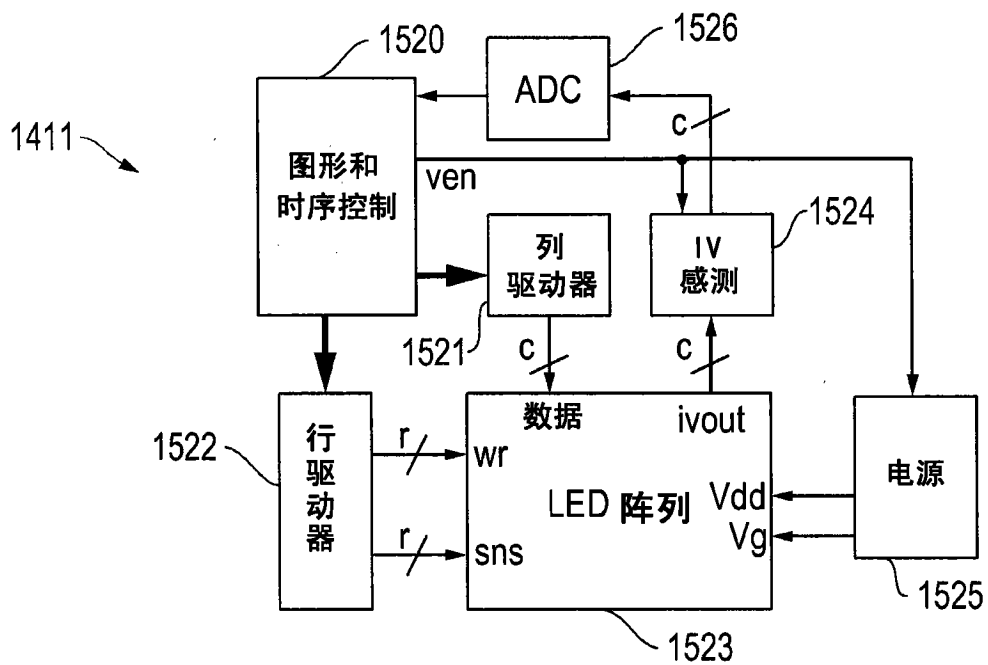


图 15

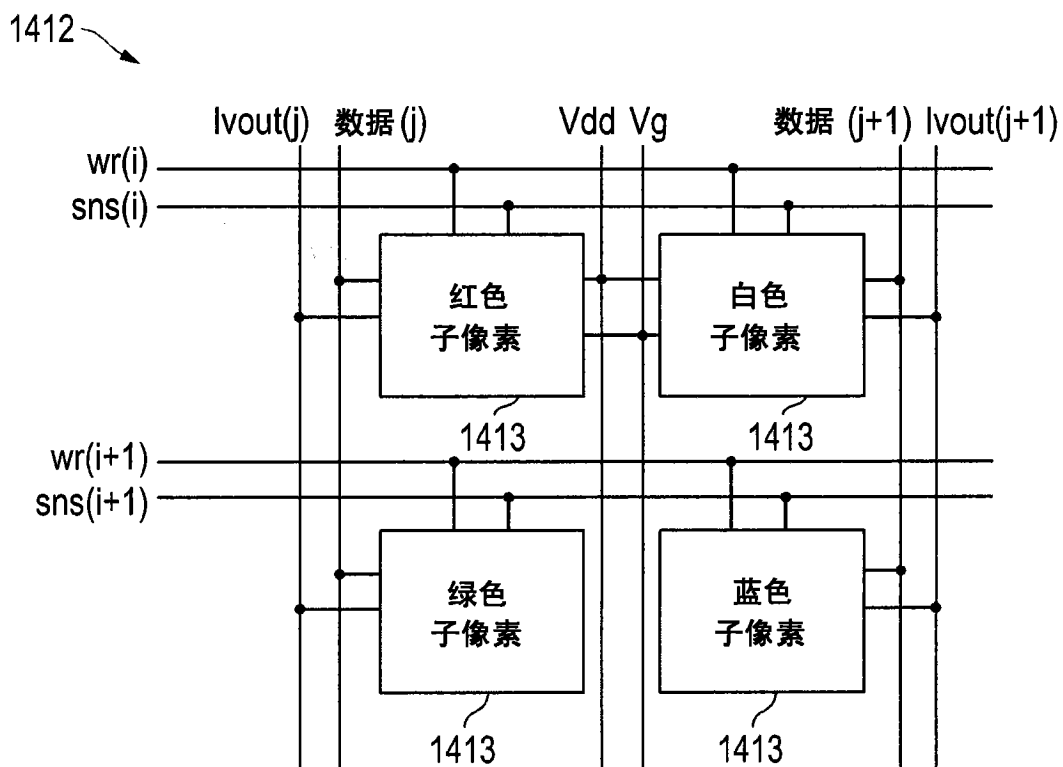


图 16

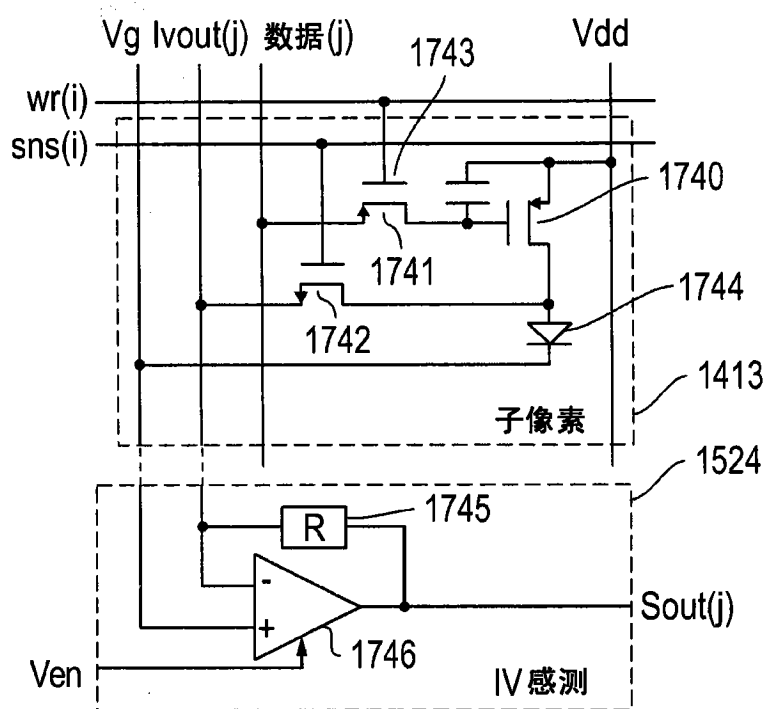


图 17

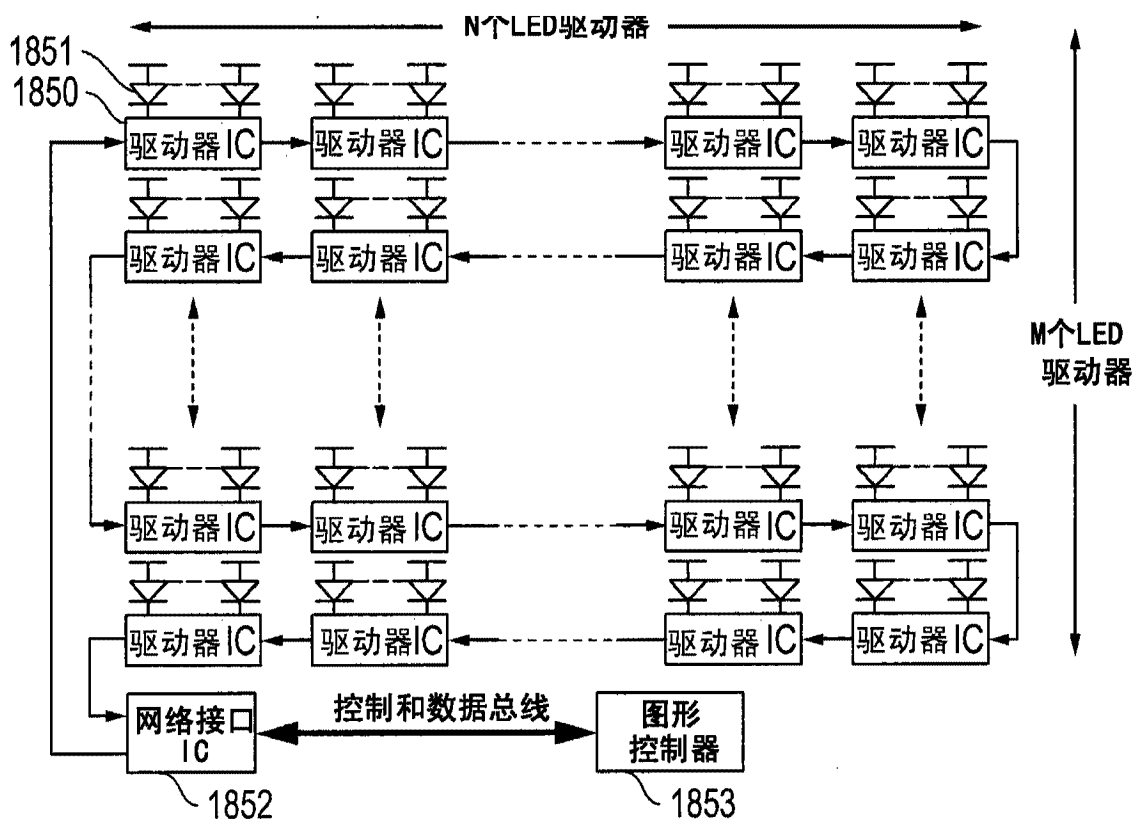


图 18

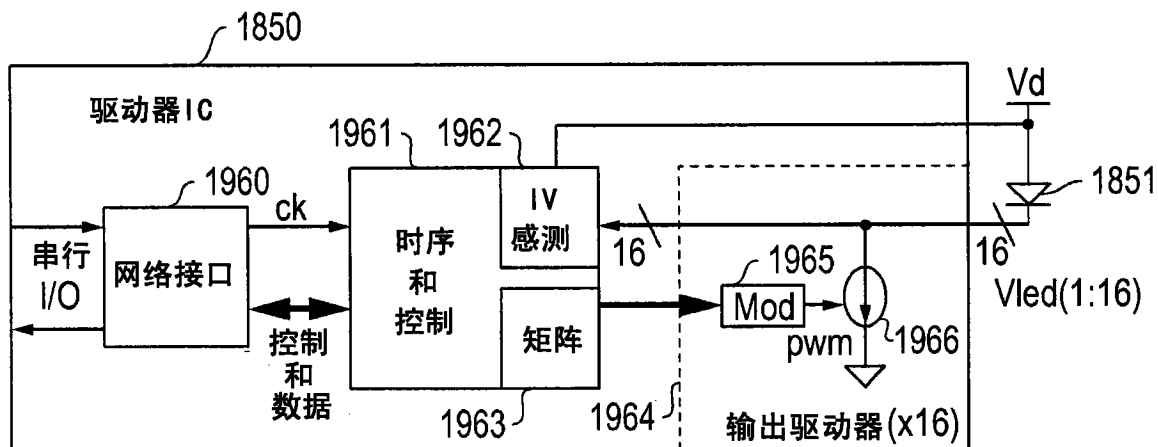


图 19

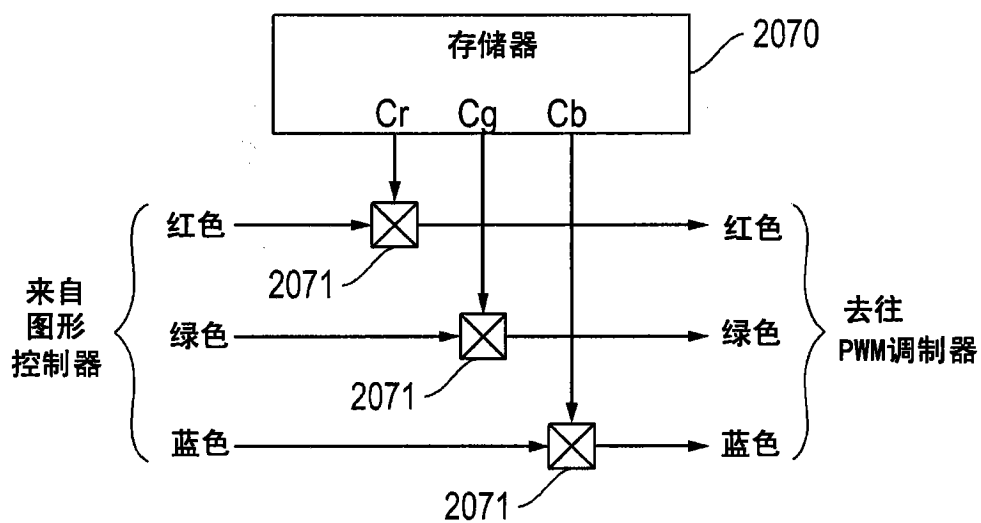


图 20

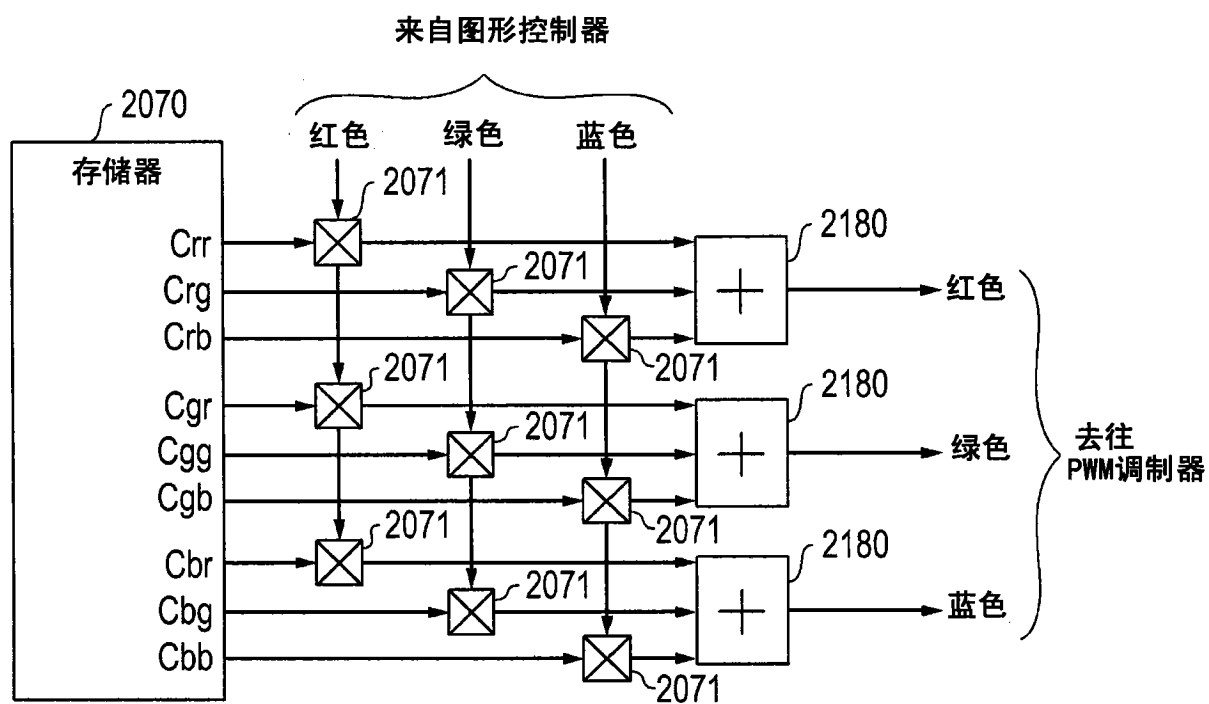


图 21

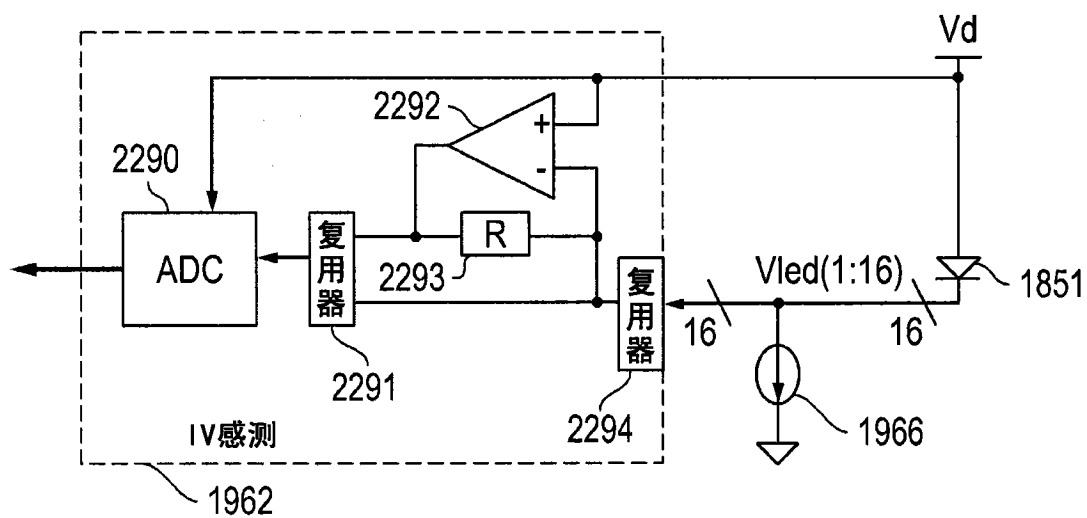


图 22

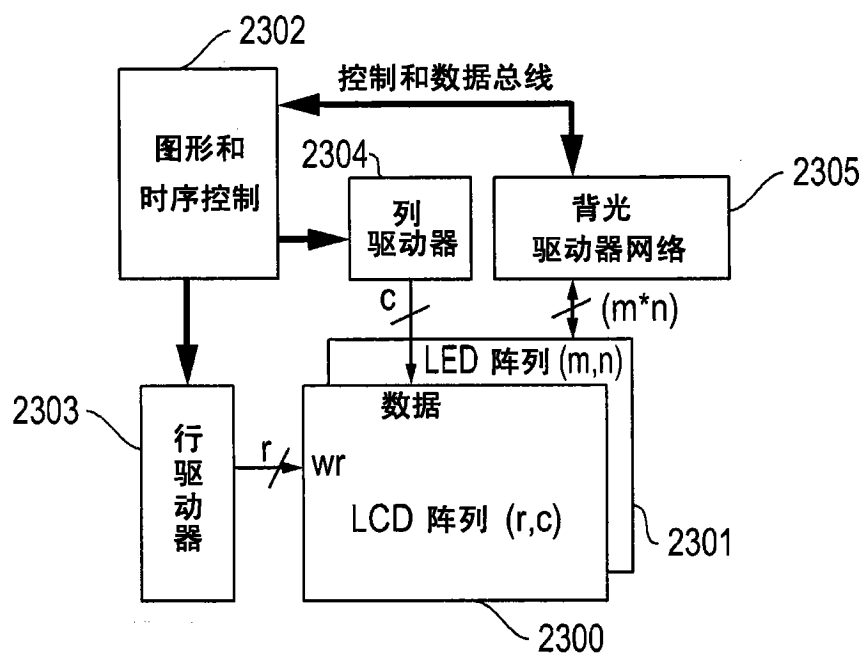


图 23

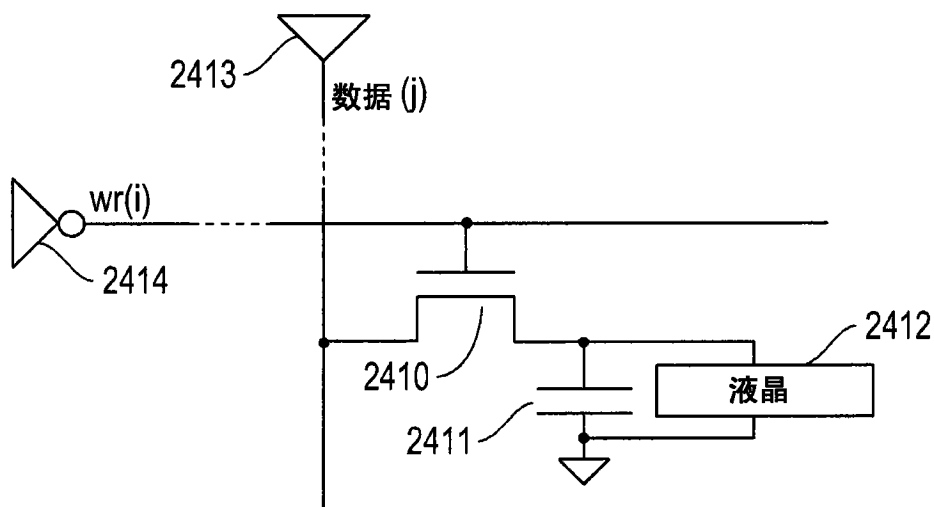


图 24

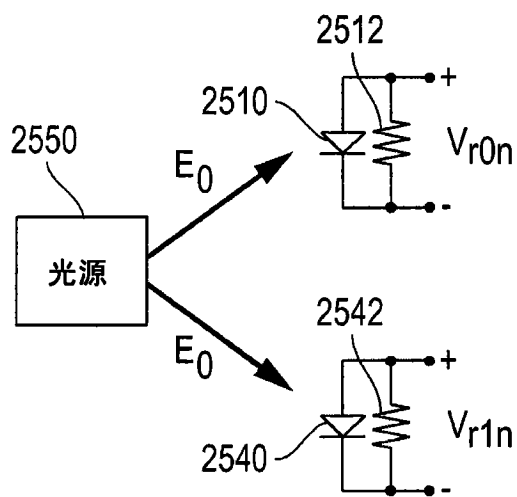


图 25A

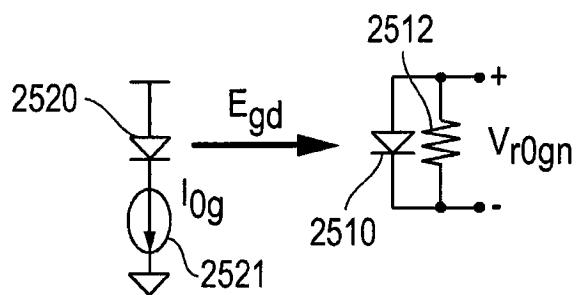


图 25B

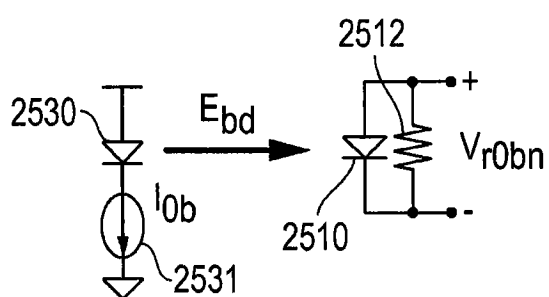


图 25C

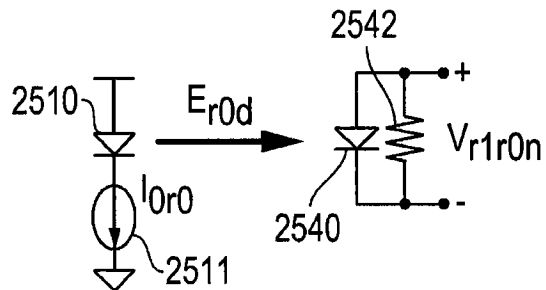


图 25D

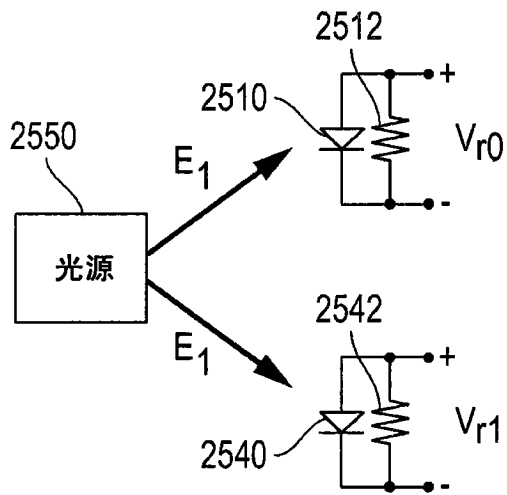


图 26A

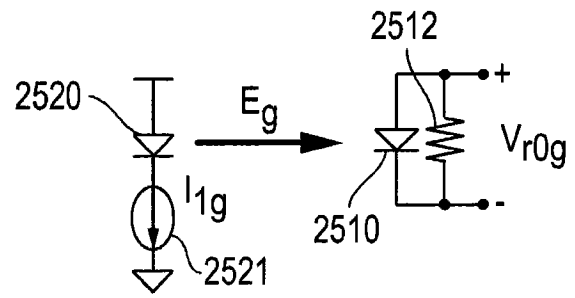


图 26B

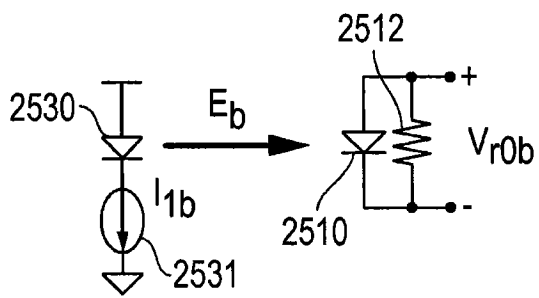


图 26C

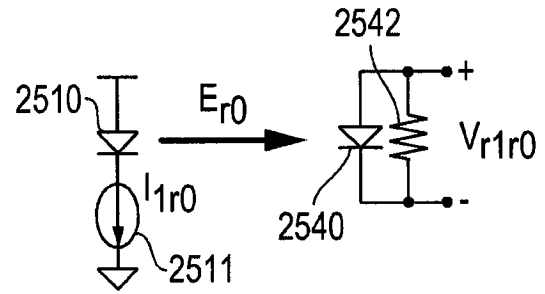


图 26D

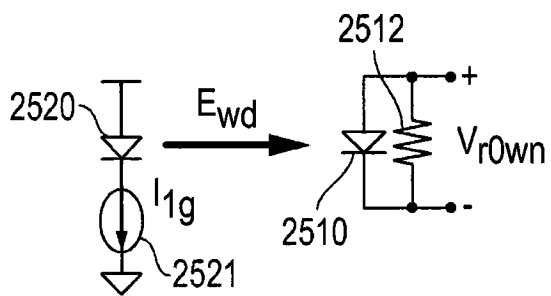


图 27A

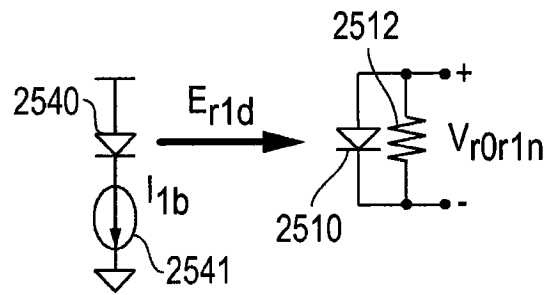


图 27B

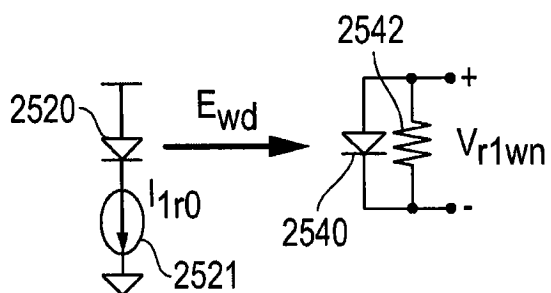


图 27C

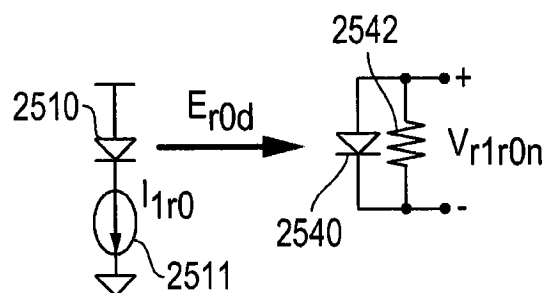


图 27D

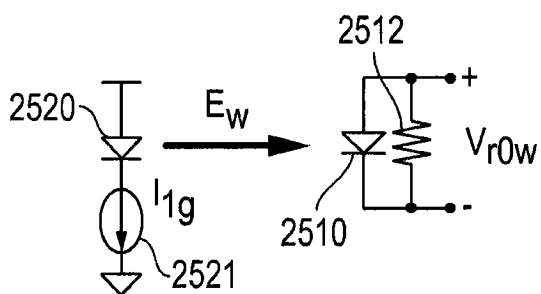


图 28A

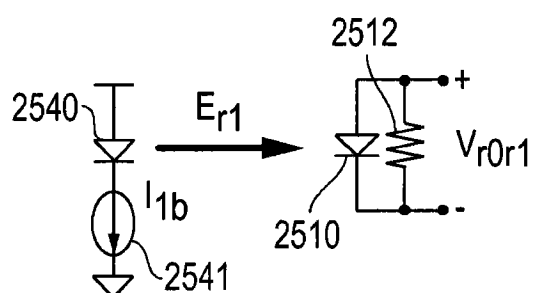


图 28B

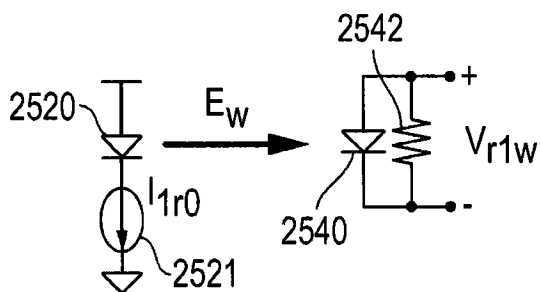


图 28C

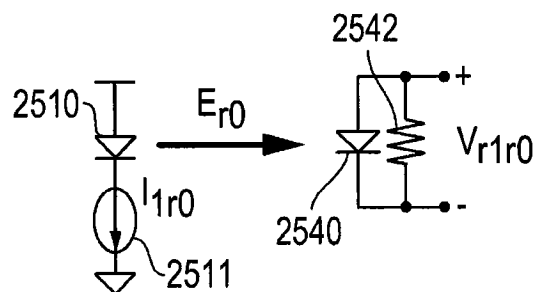


图 28D

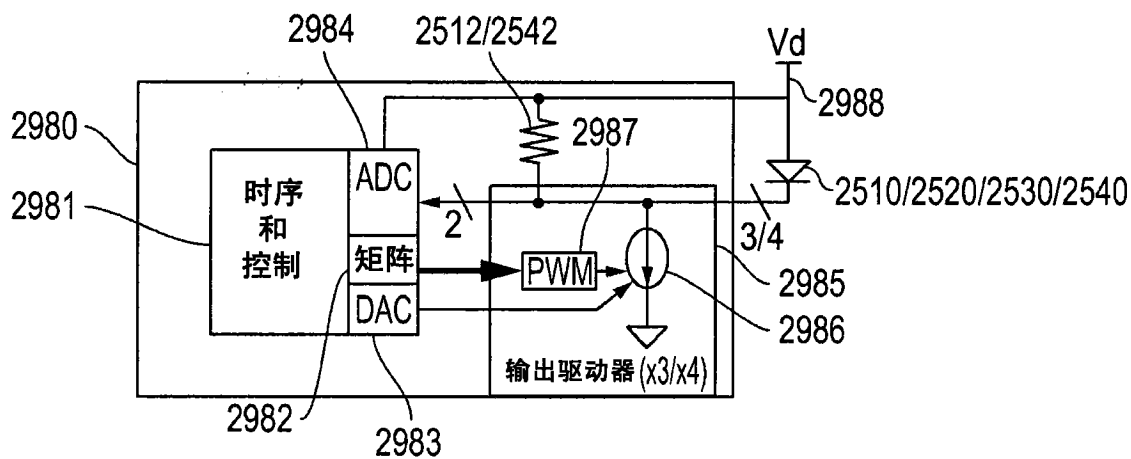


图 29

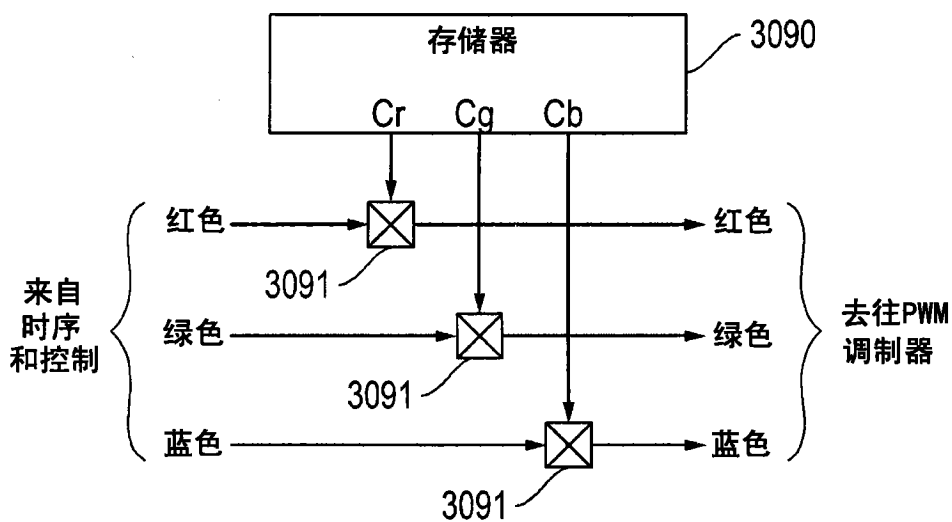


图 30

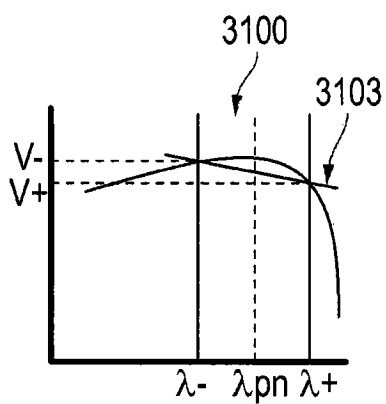


图 31A

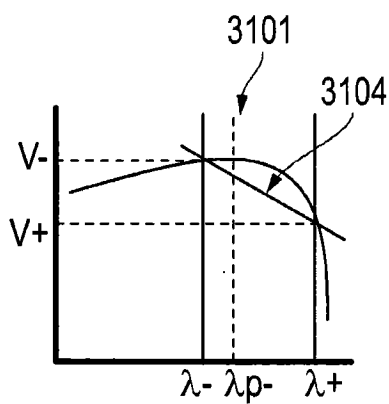


图 31B

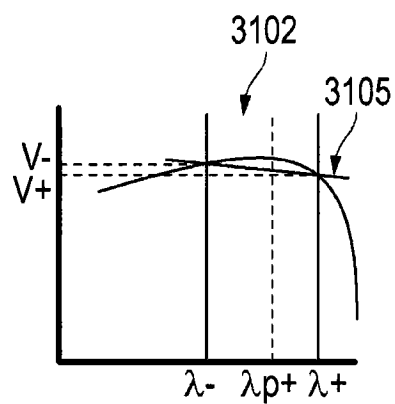


图 31C

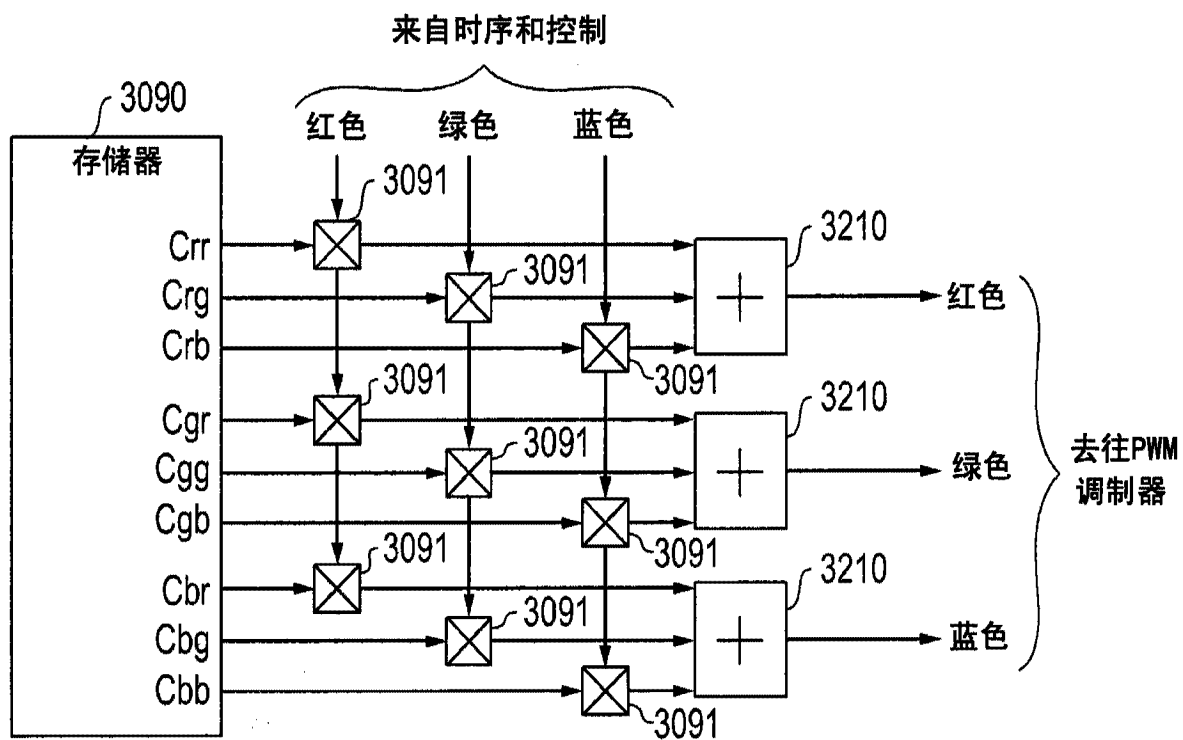


图 32

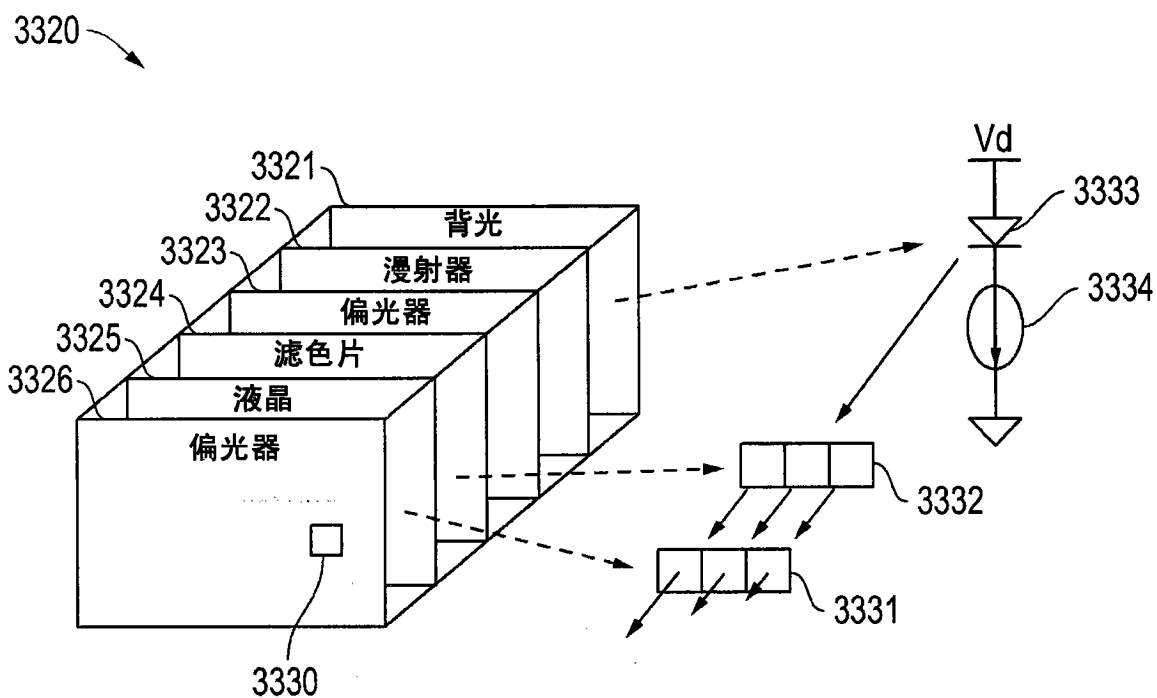


图 33

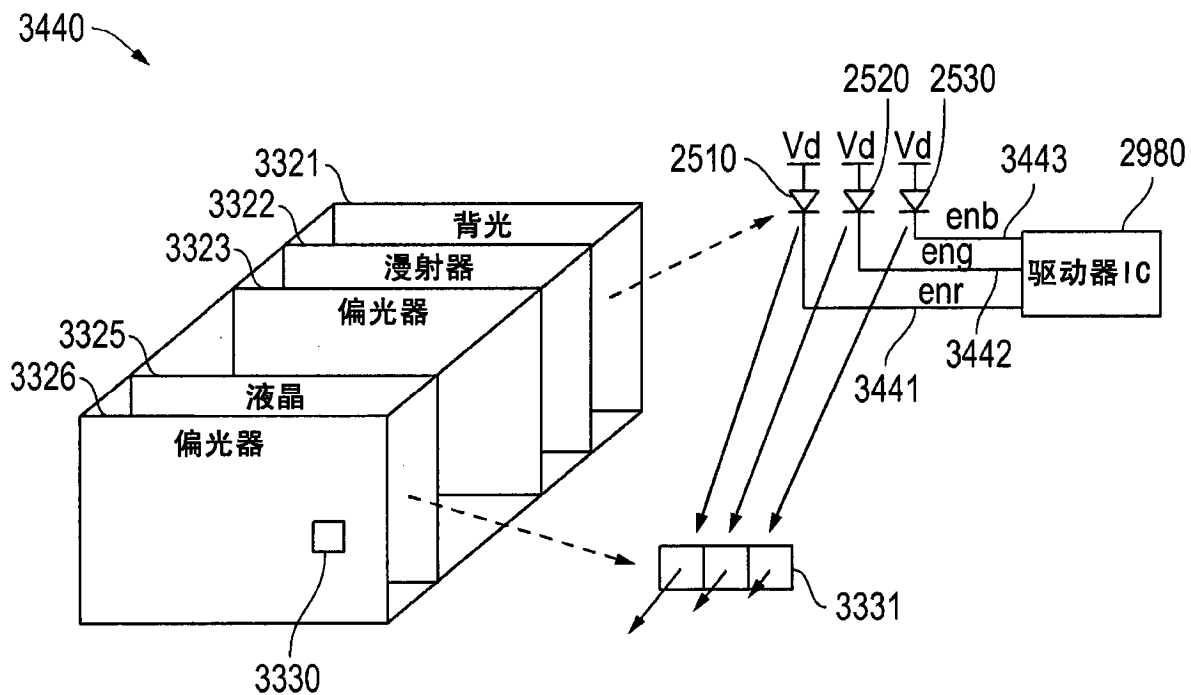


图 34

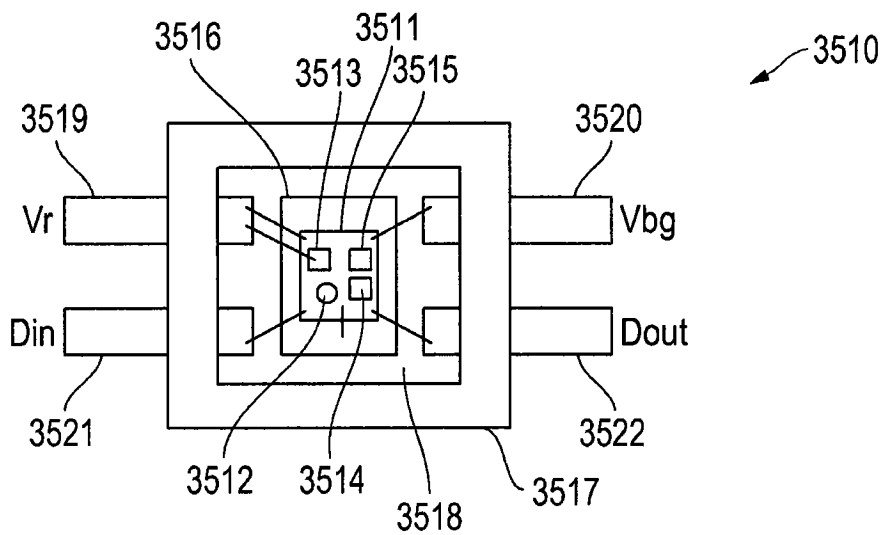


图 35

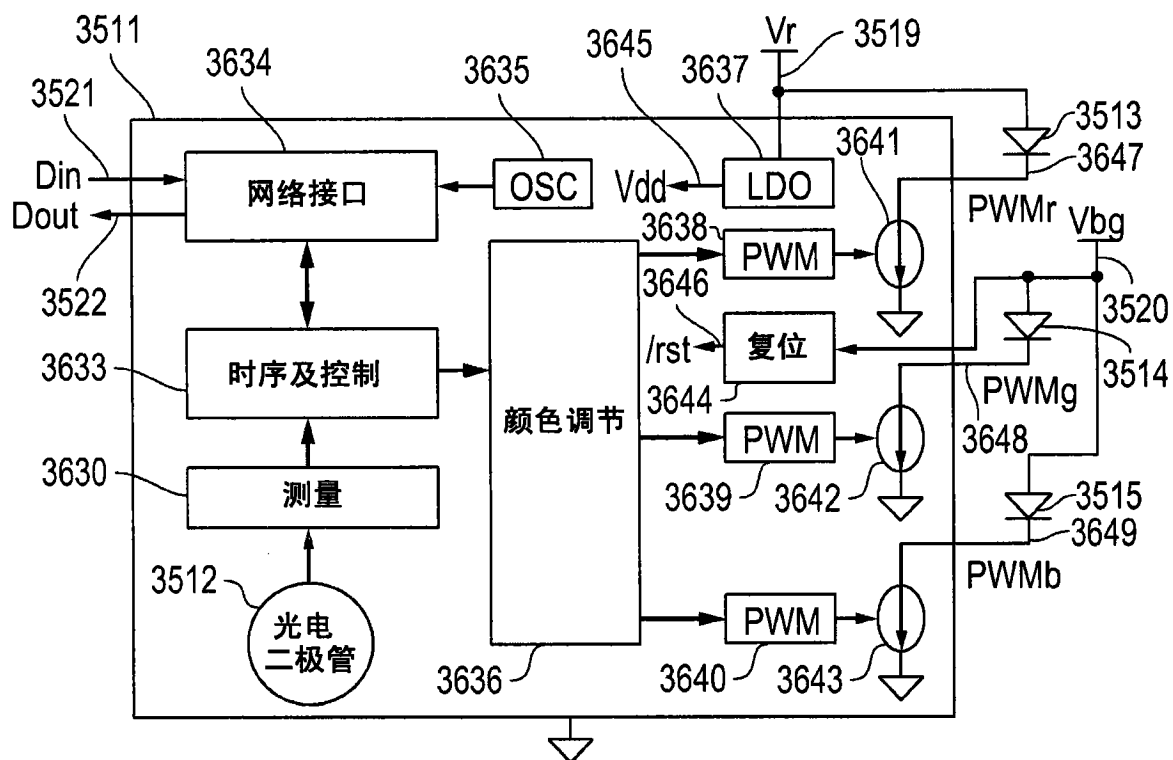


图 36

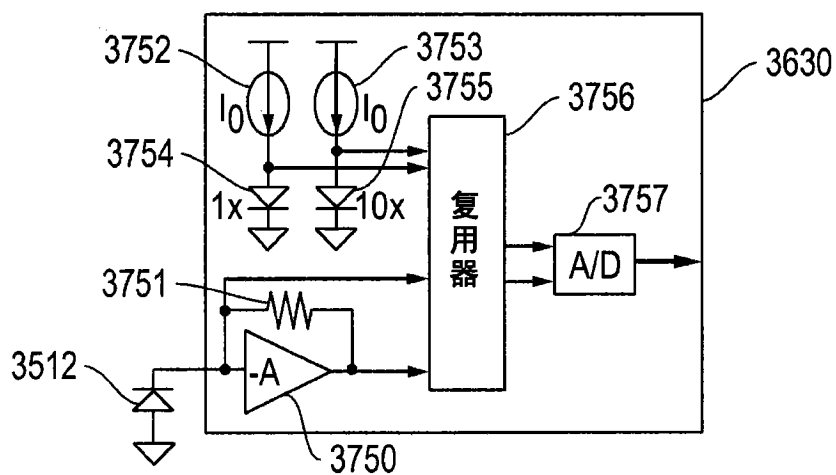


图 37

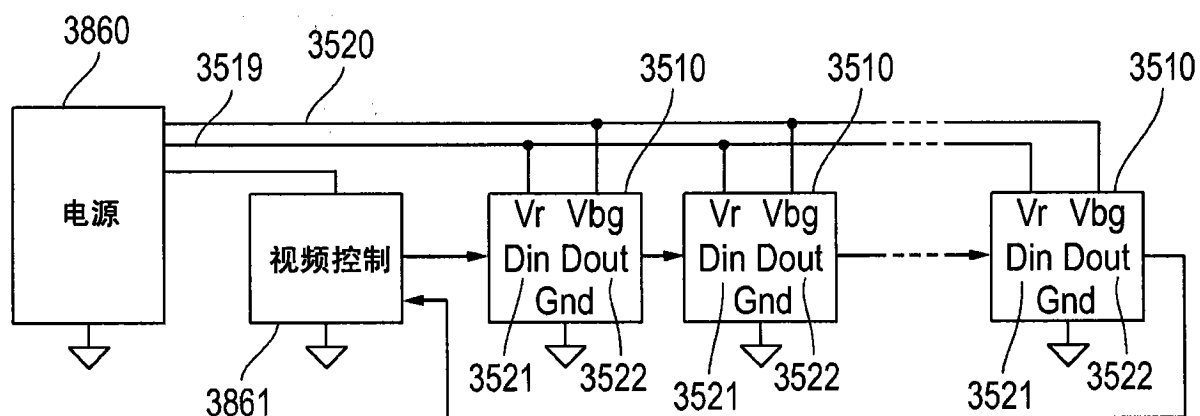


图 38

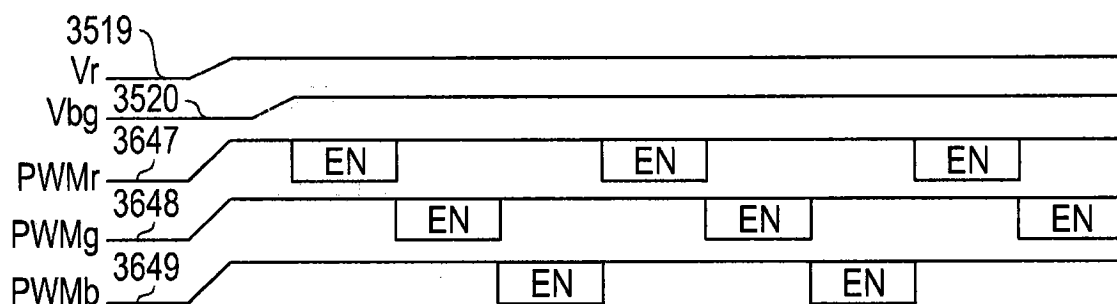


图 39

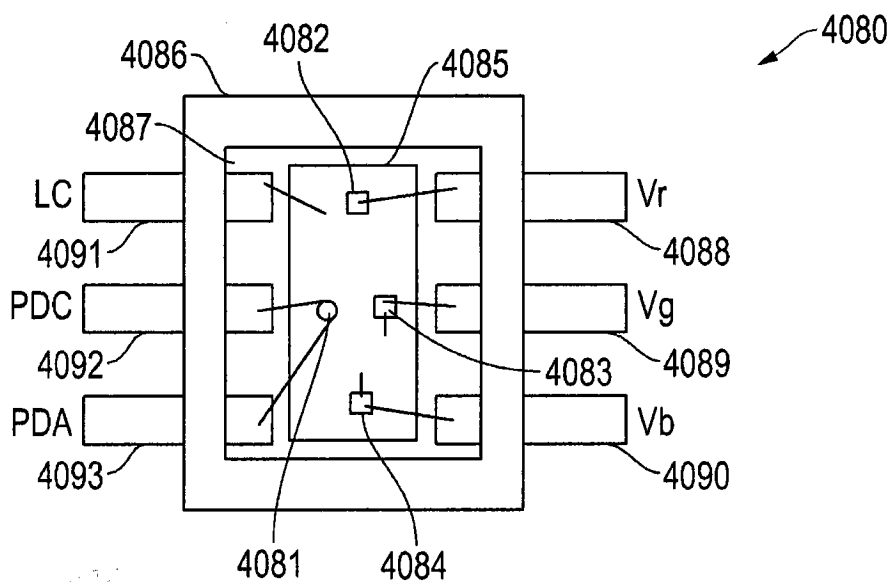


图 40

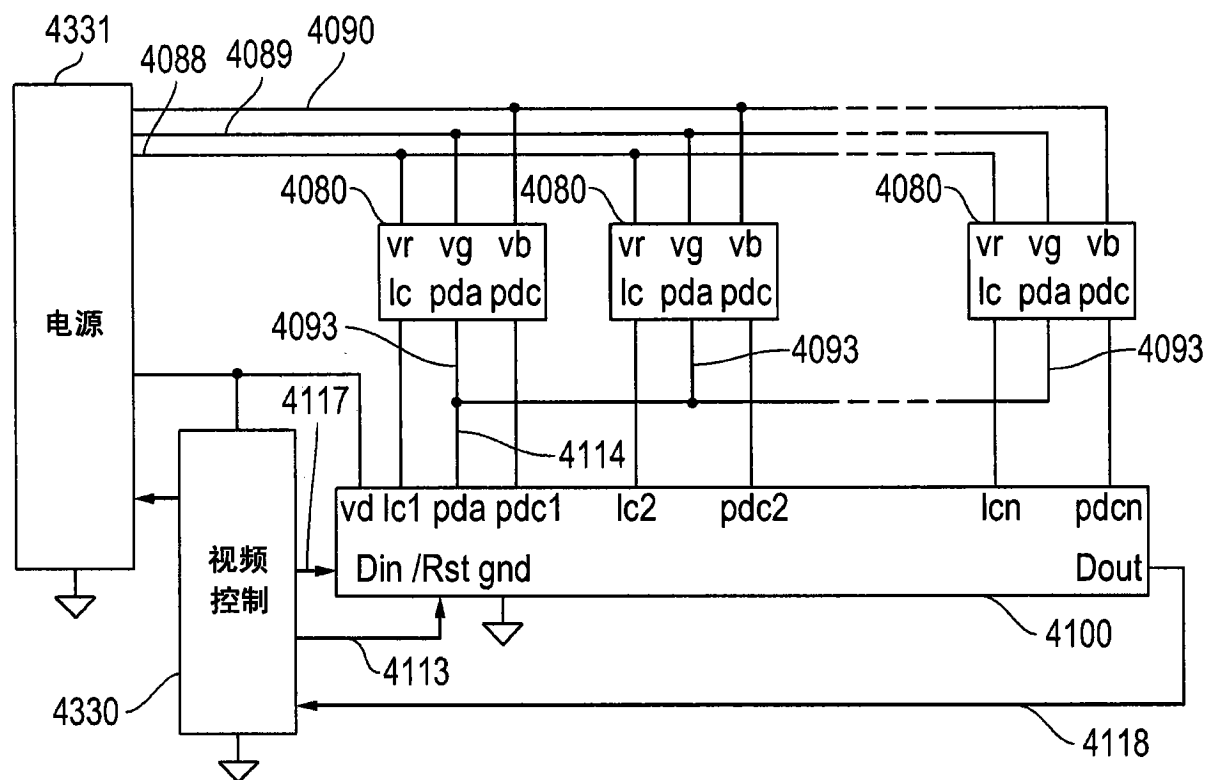


图 43

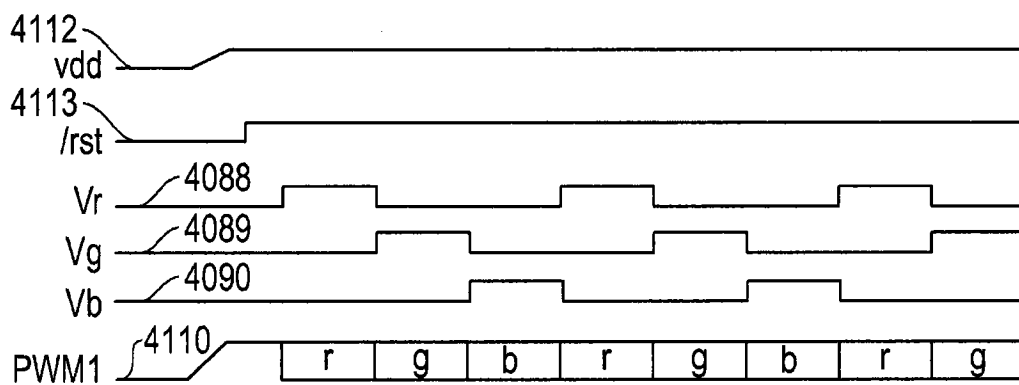


图 44

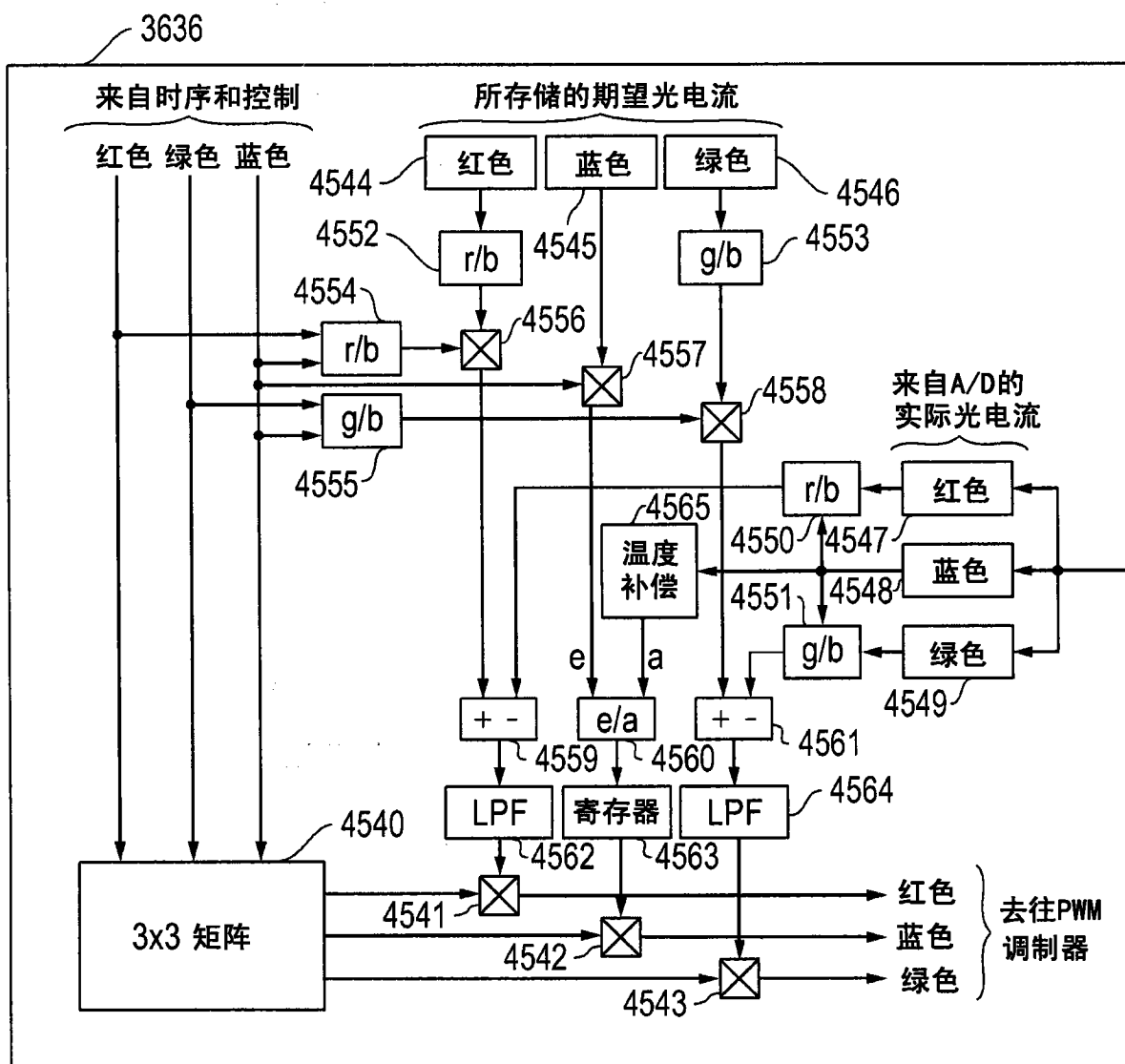


图 45

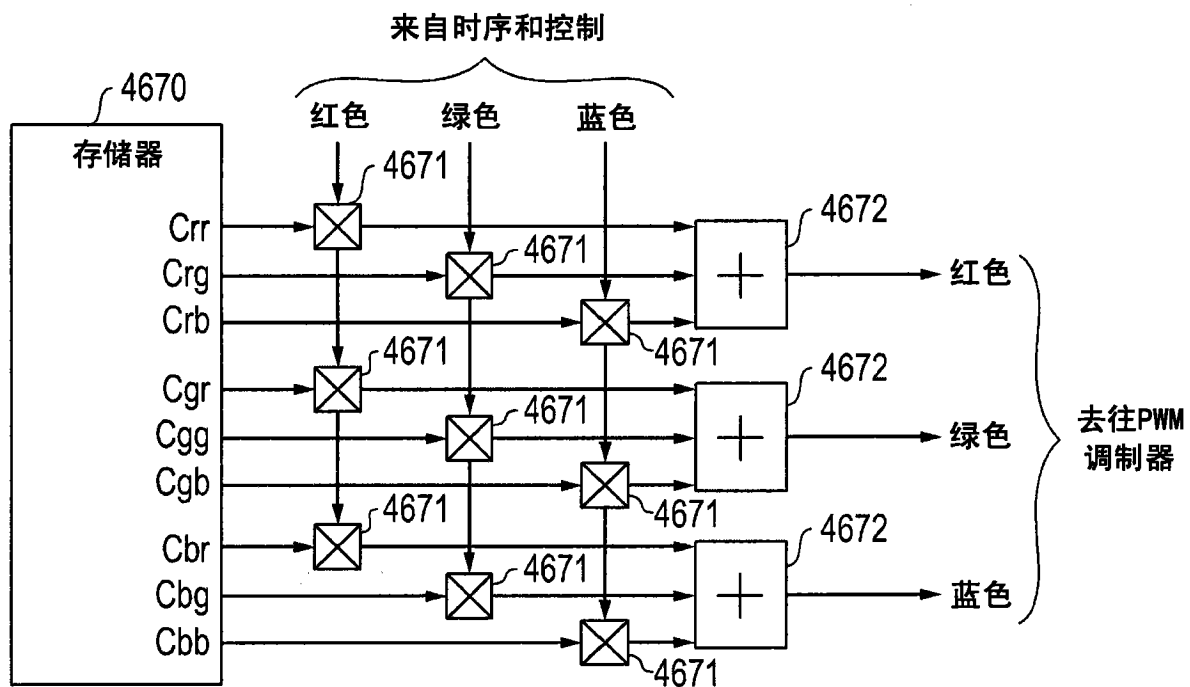


图 46

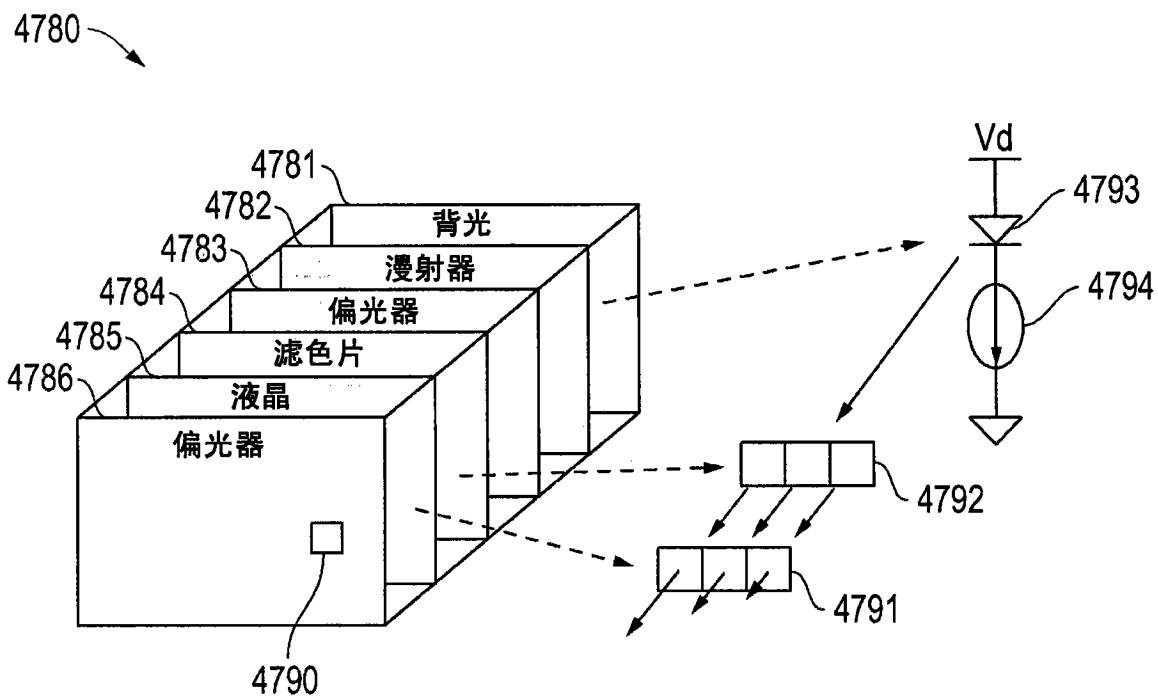


图 47

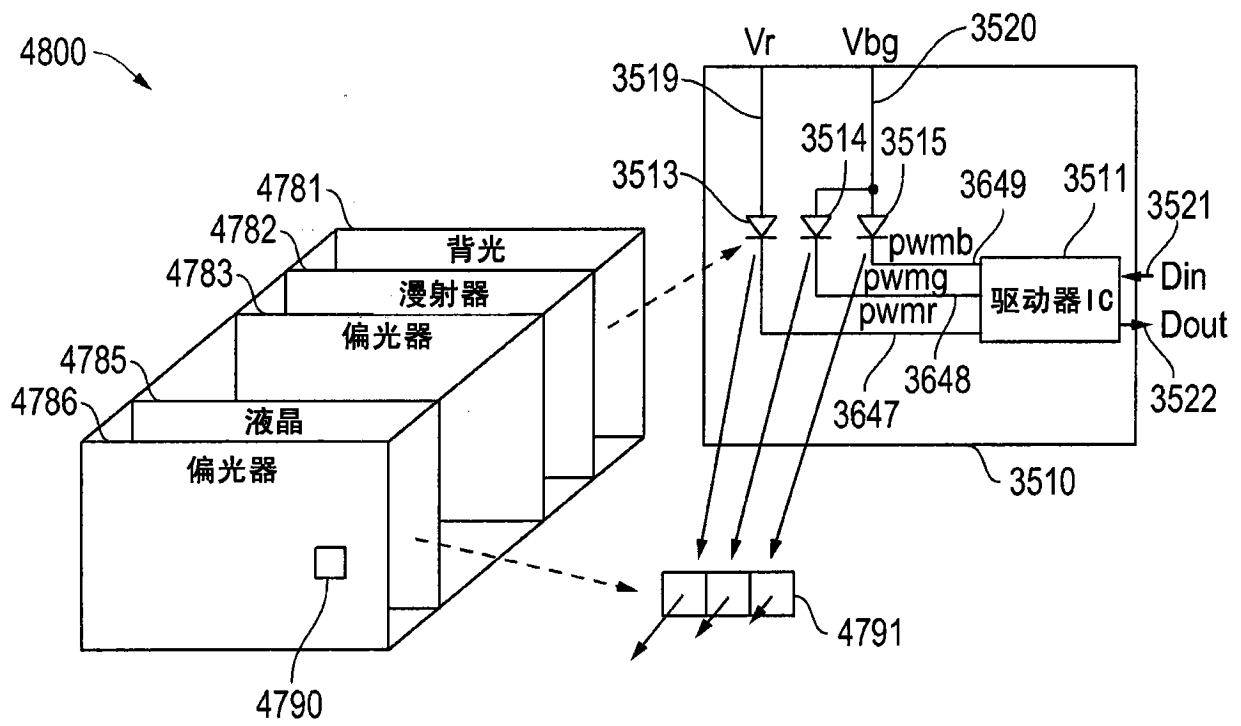


图 48

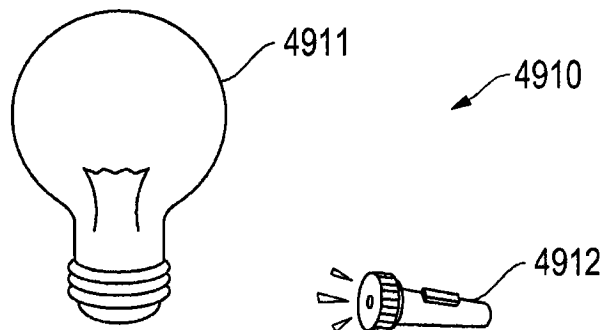


图 49

16进制码	命令
0	开启
1	关闭
2	调亮
3	调暗
4	开启事件-定时器
5	开启事件-光传感器
6	设置开启时间
7	清除开启事件
8	关闭事件-定时器
9	关闭事件-光传感器
A	设置关闭时间
B	清除关闭事件
C	设置时辰
D	设置颜色1
E	设置颜色2
F	设置颜色3

表2：功能列表

图 50

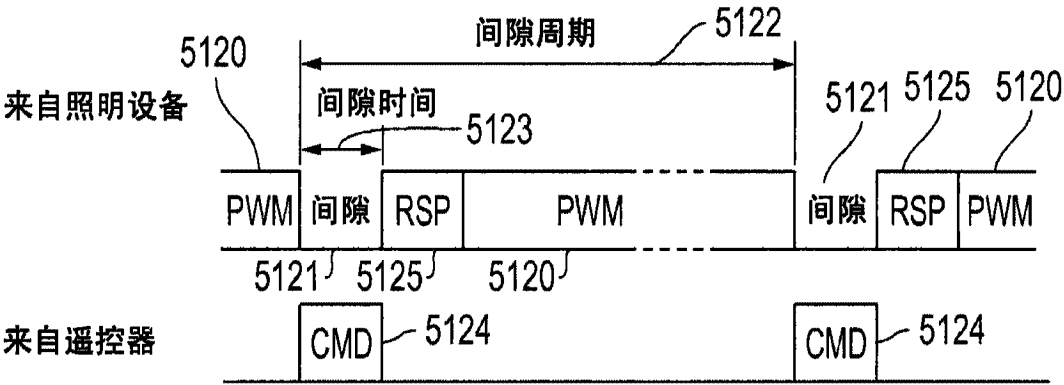


图 51

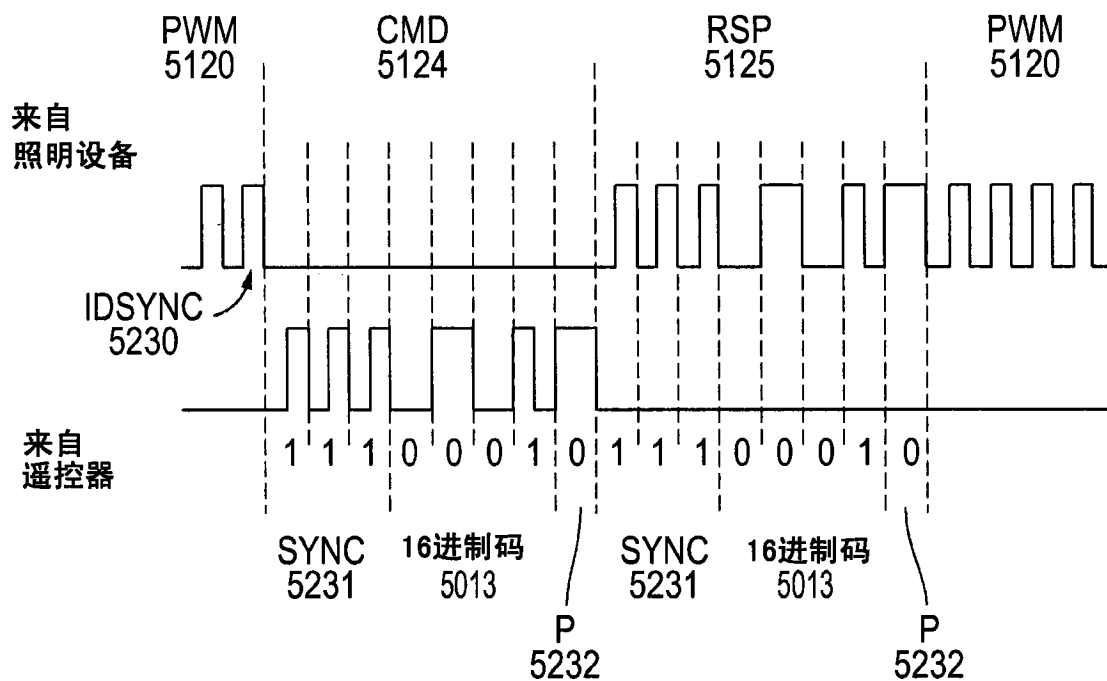


图 52

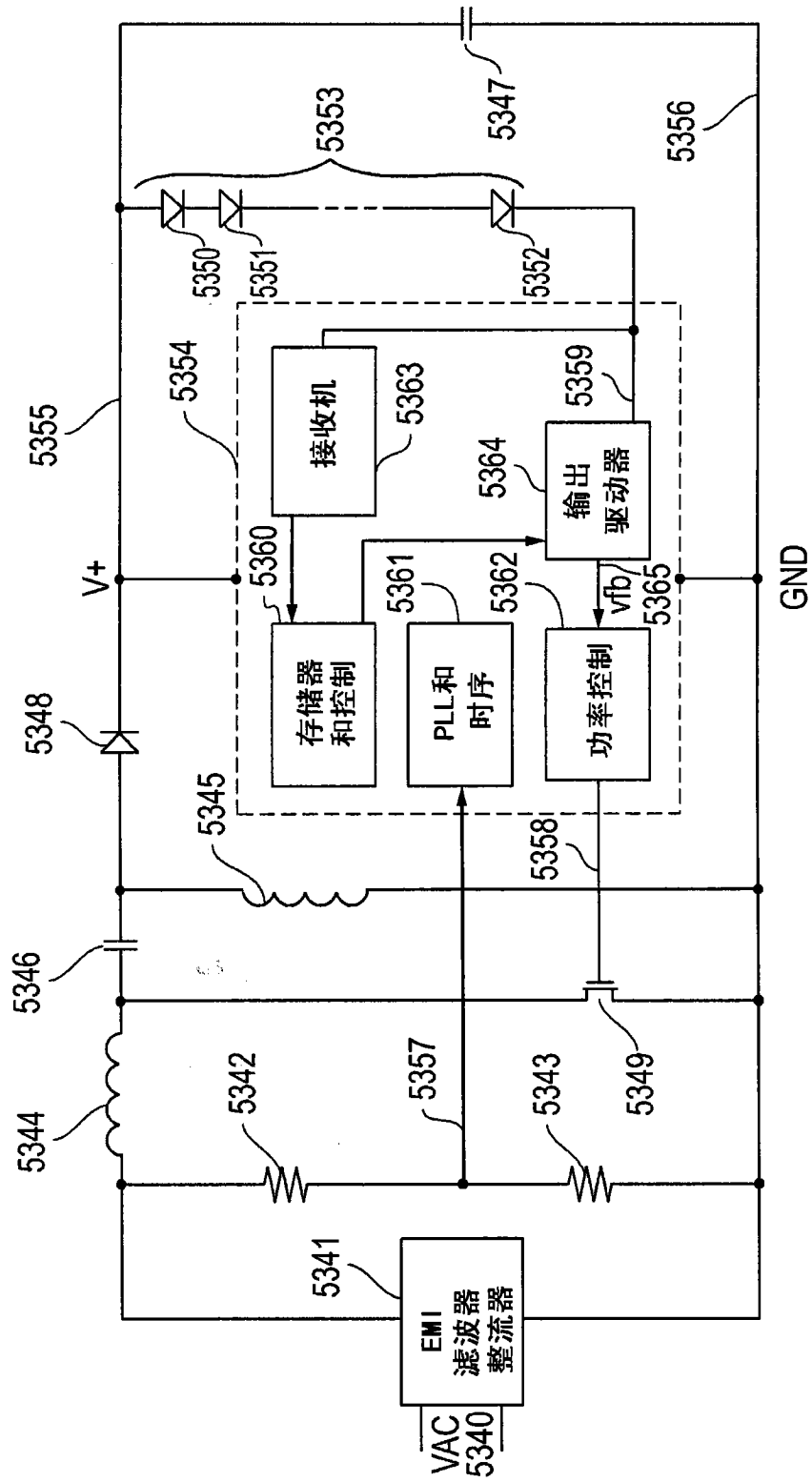


图 53

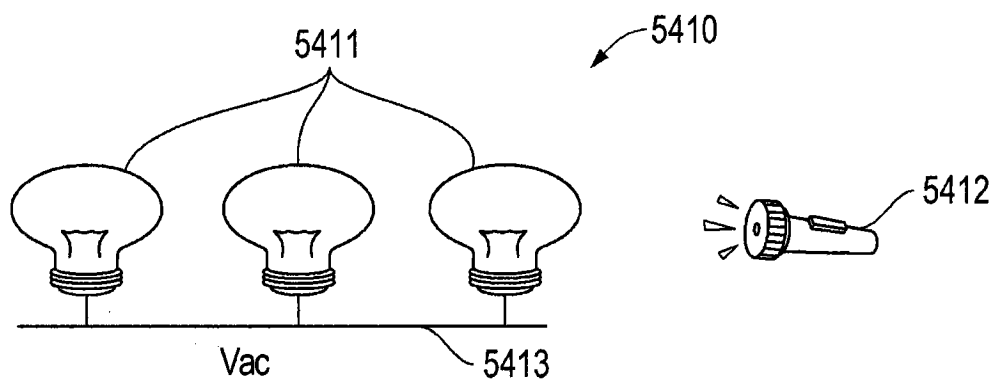


图 54

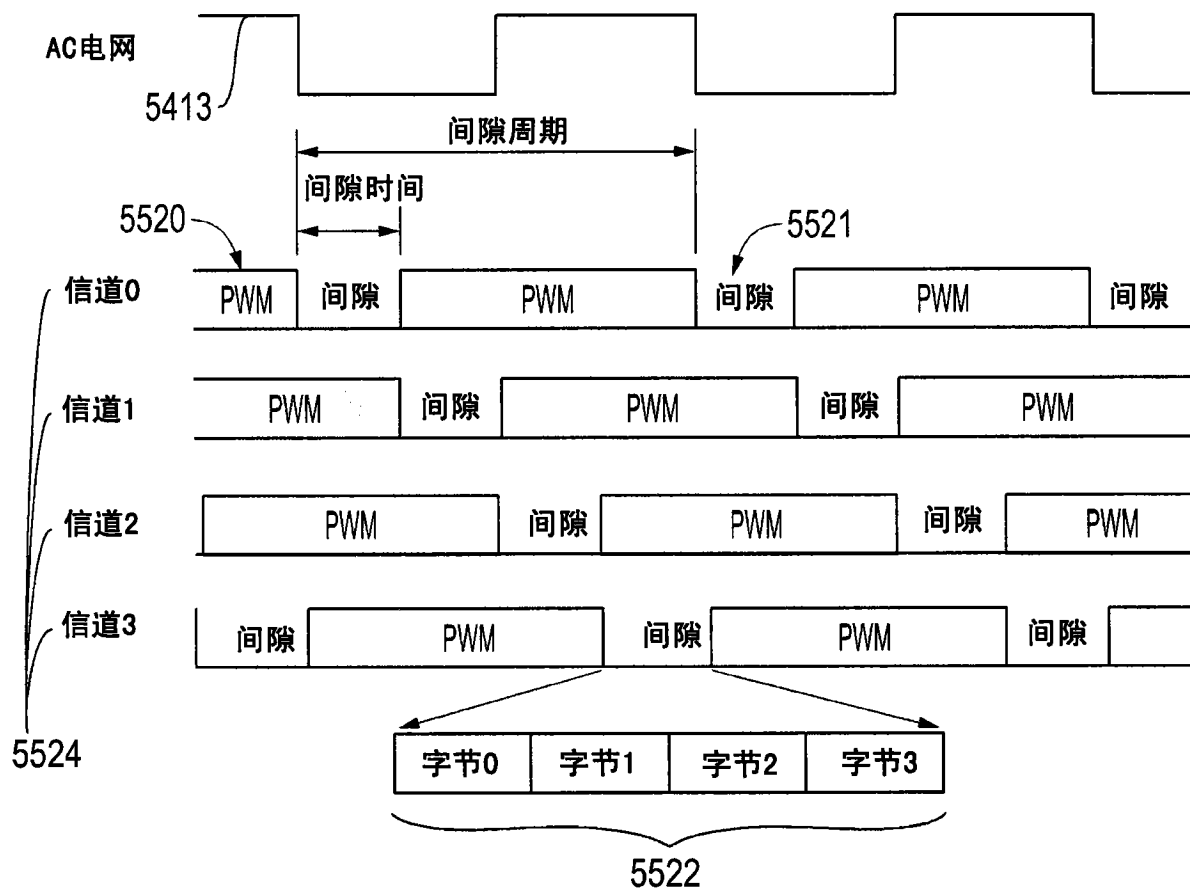


图 55

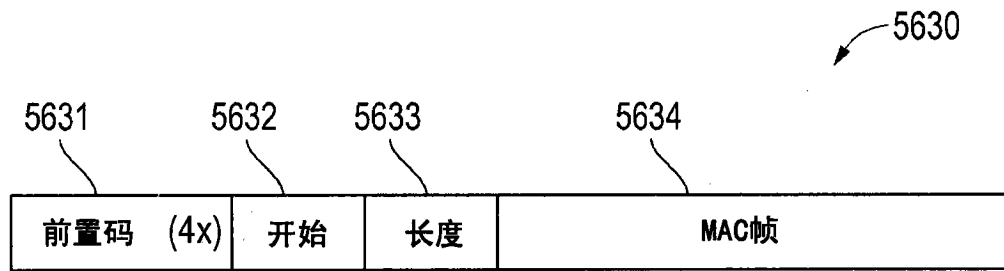


图 56

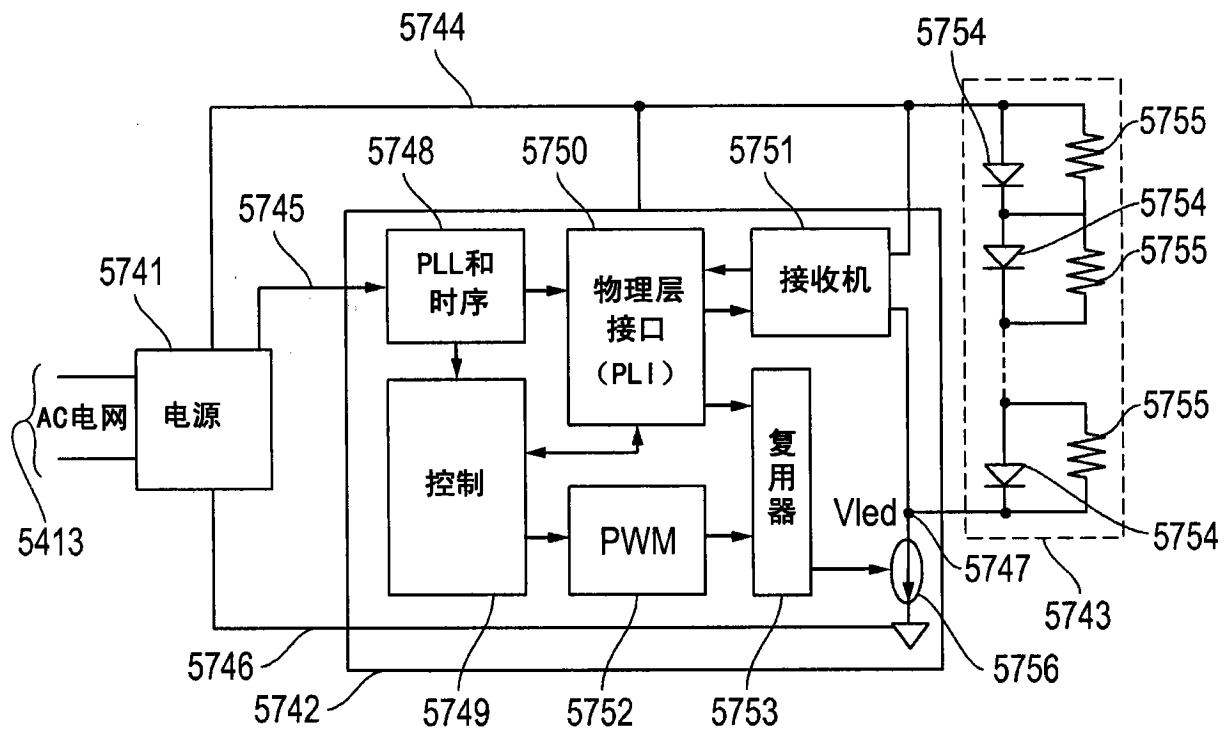


图 57

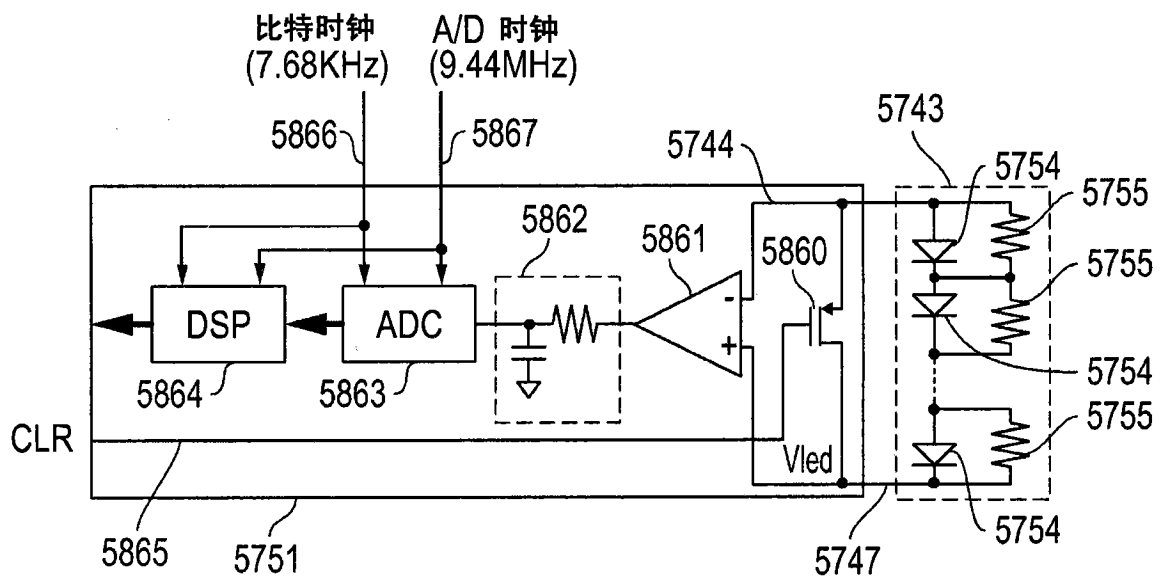


图 58

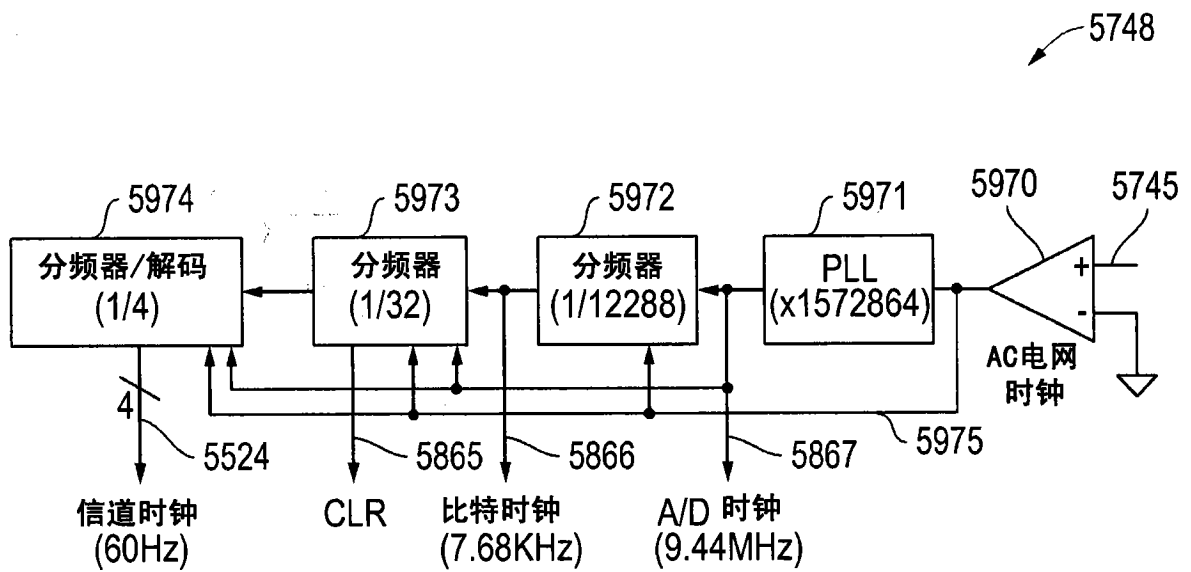


图 59

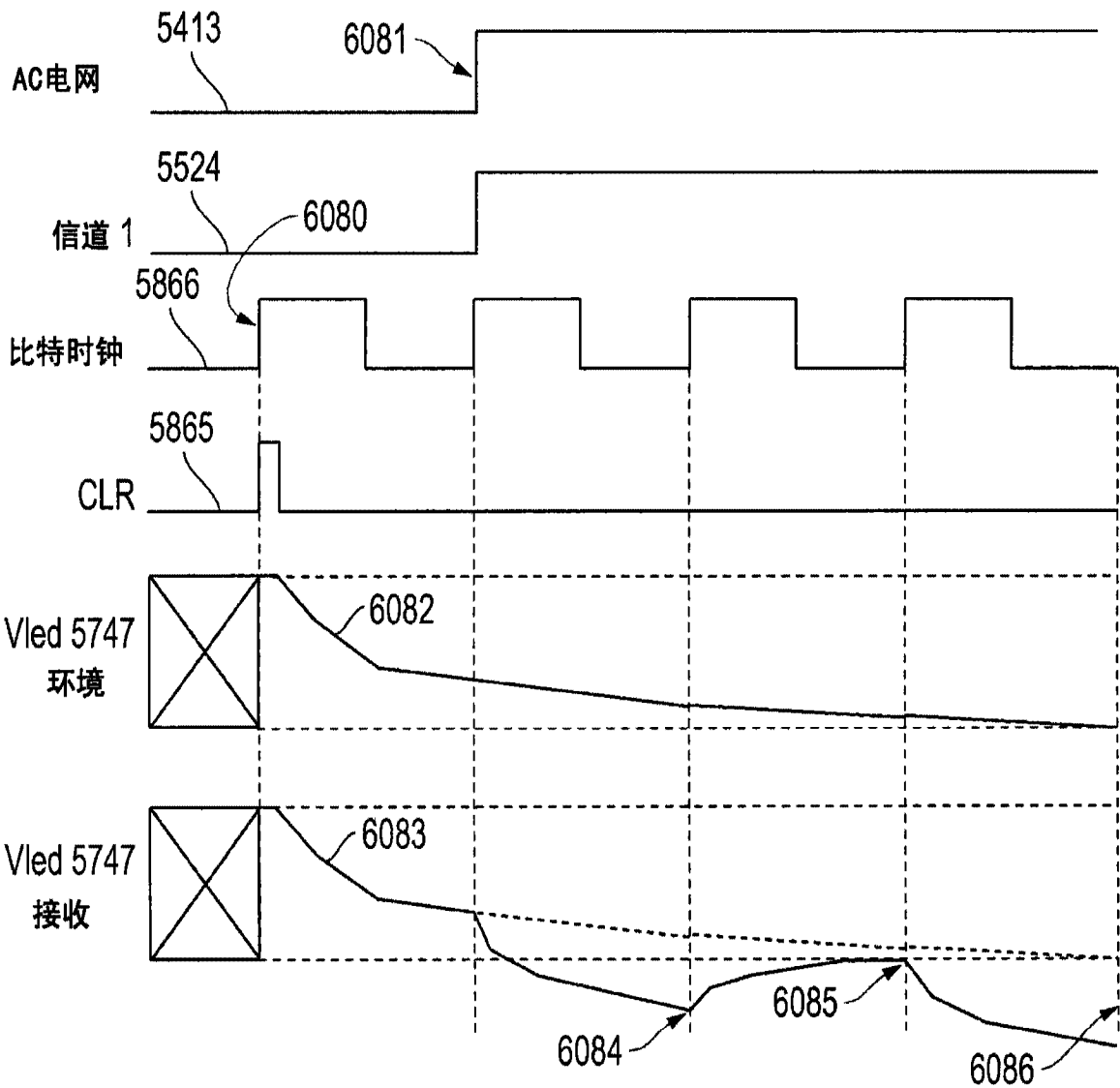


图 60

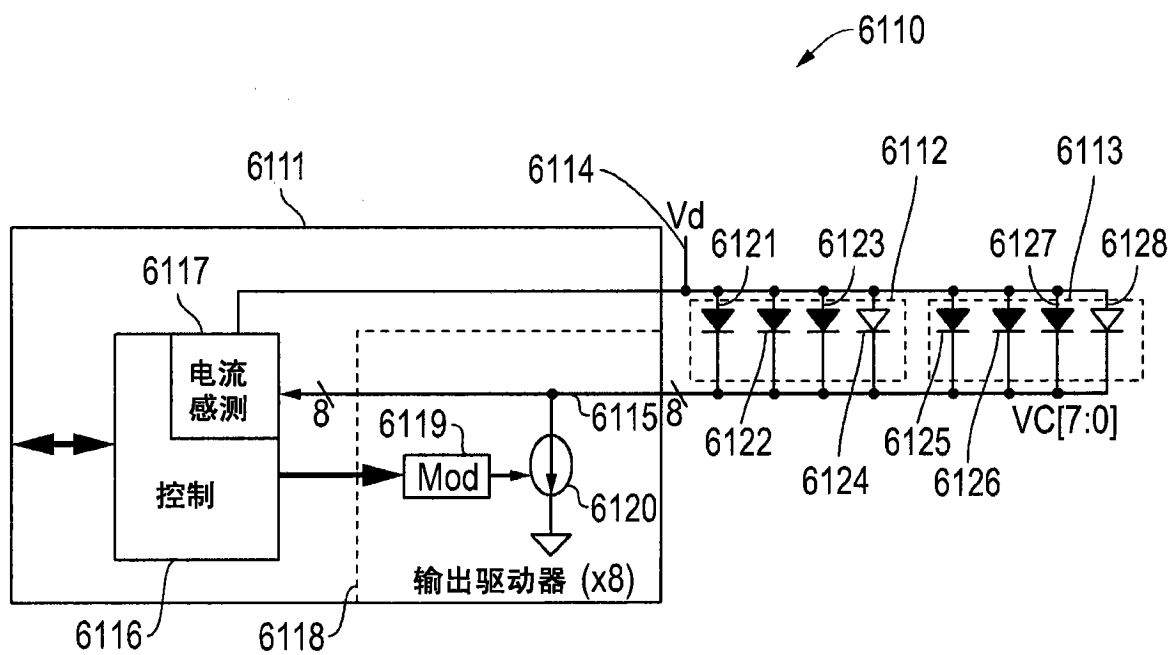


图 61

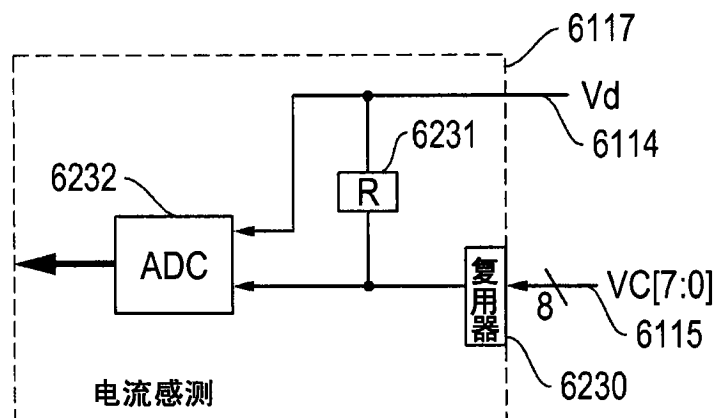


图 62

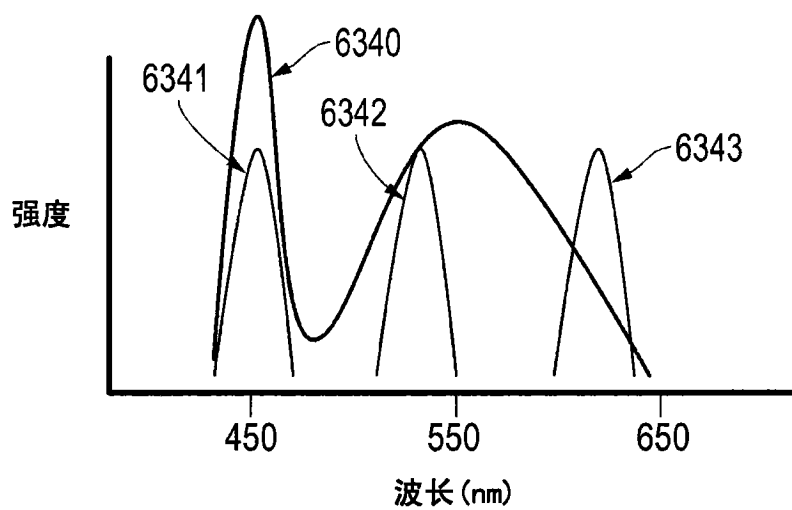


图 63

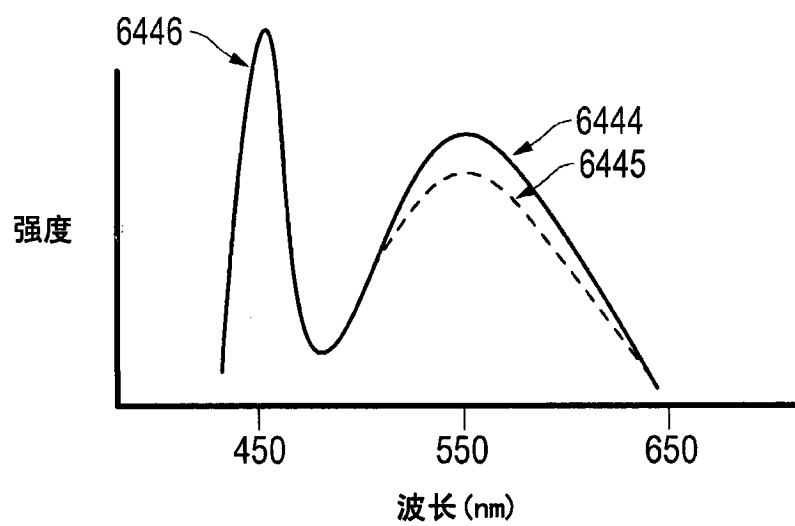


图 64

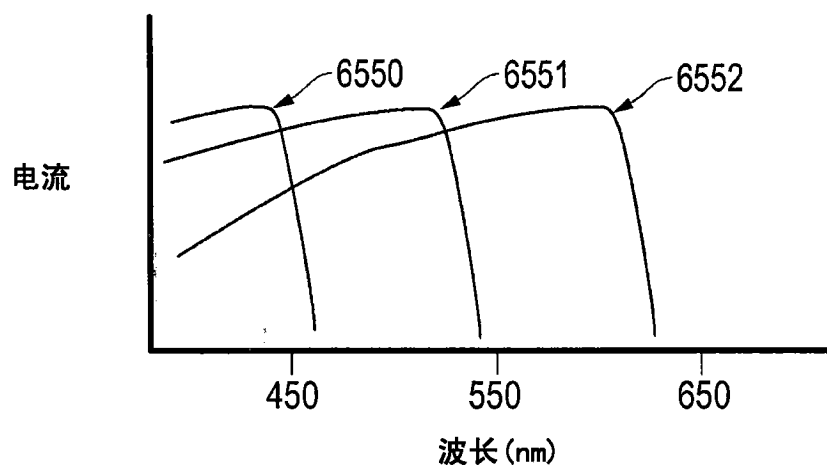


图 65

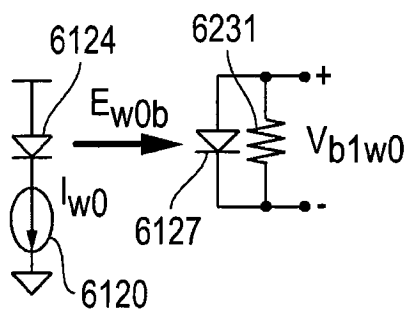


图 66A

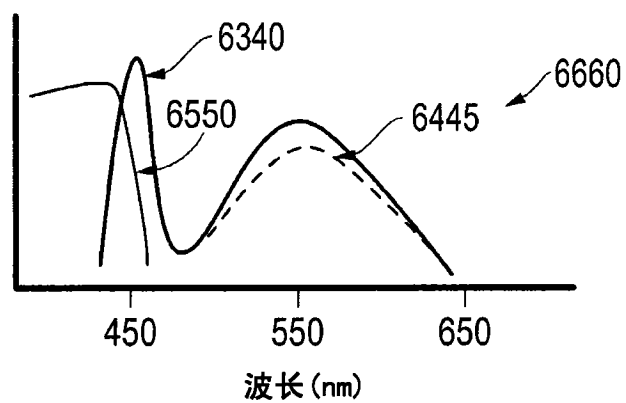


图 66B

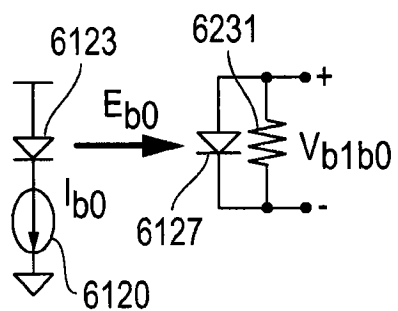


图 66C

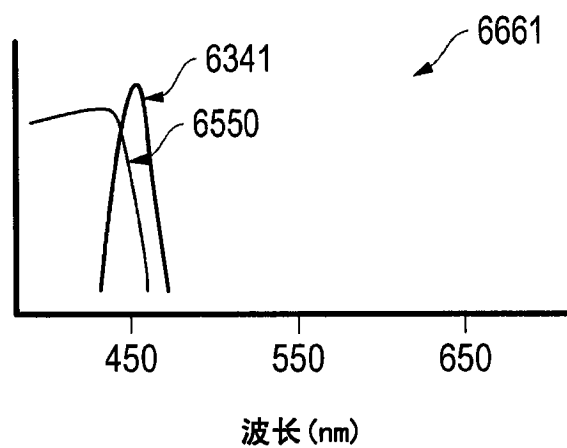


图 66D

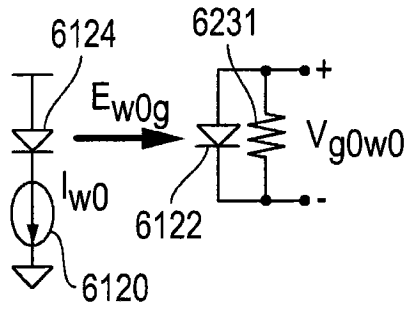


图 67A

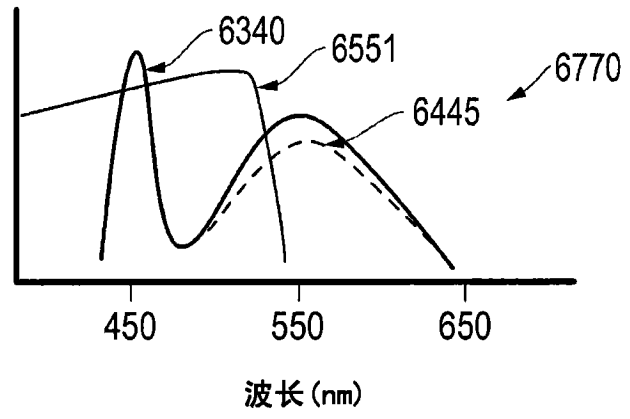


图 67B

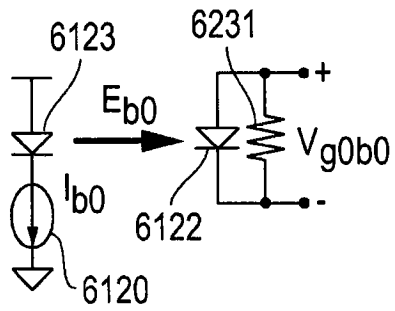


图 67C

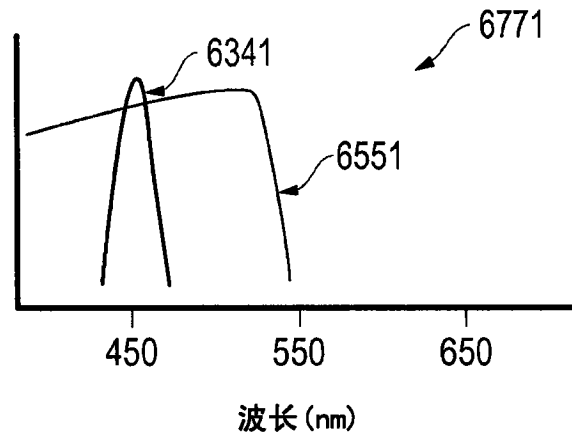


图 67D

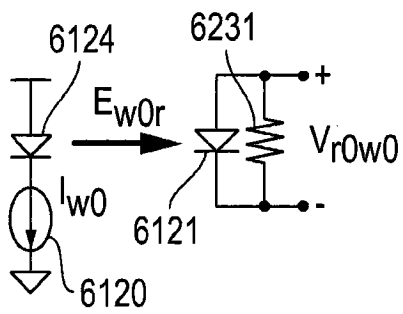


图 68A

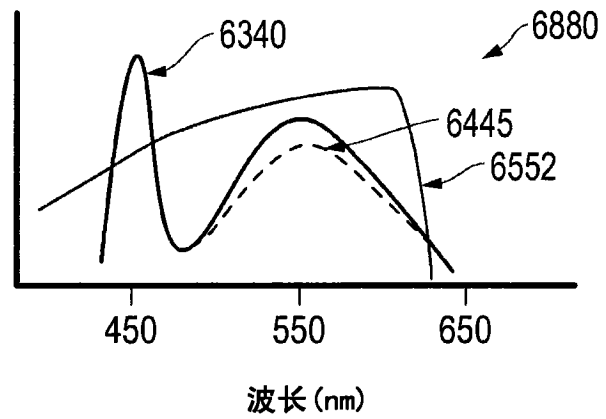


图 68B

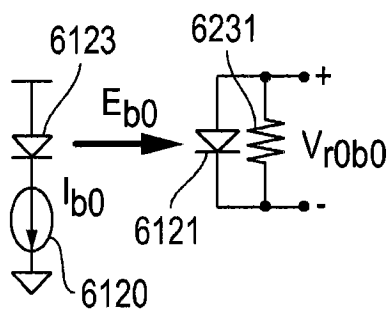


图 68C

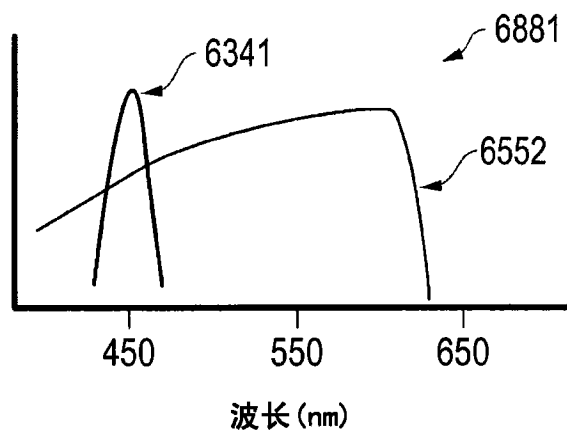


图 68D

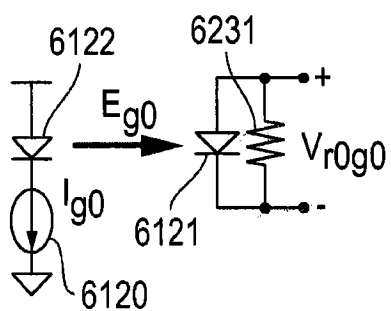


图 68E

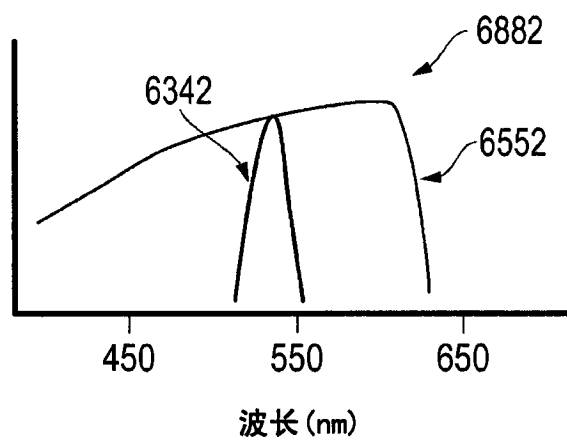


图 68F

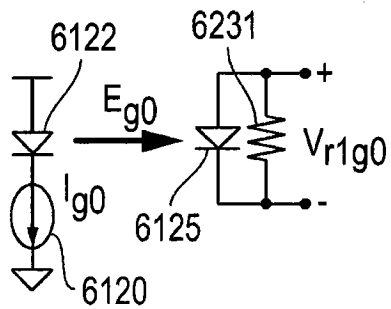


图 69A

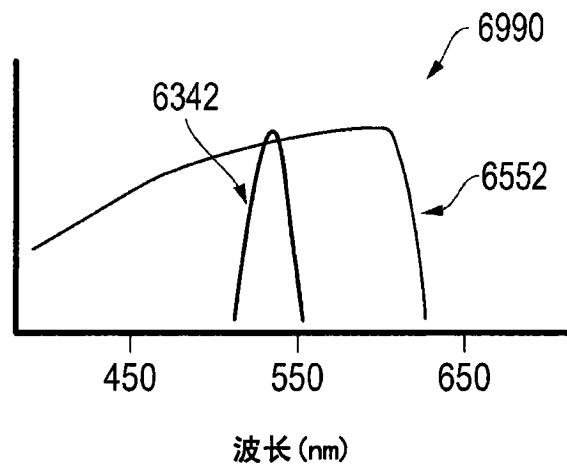


图 69B

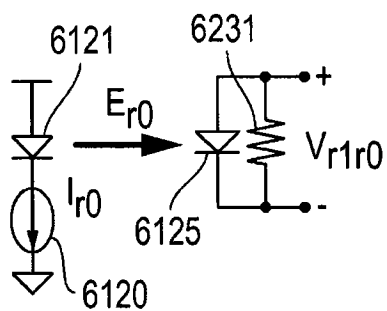


图 69C

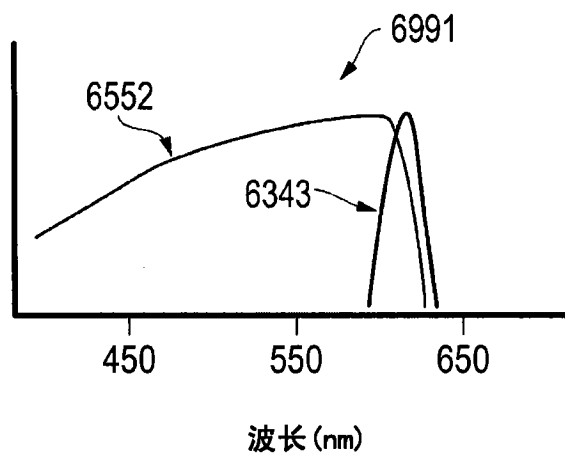


图 69D

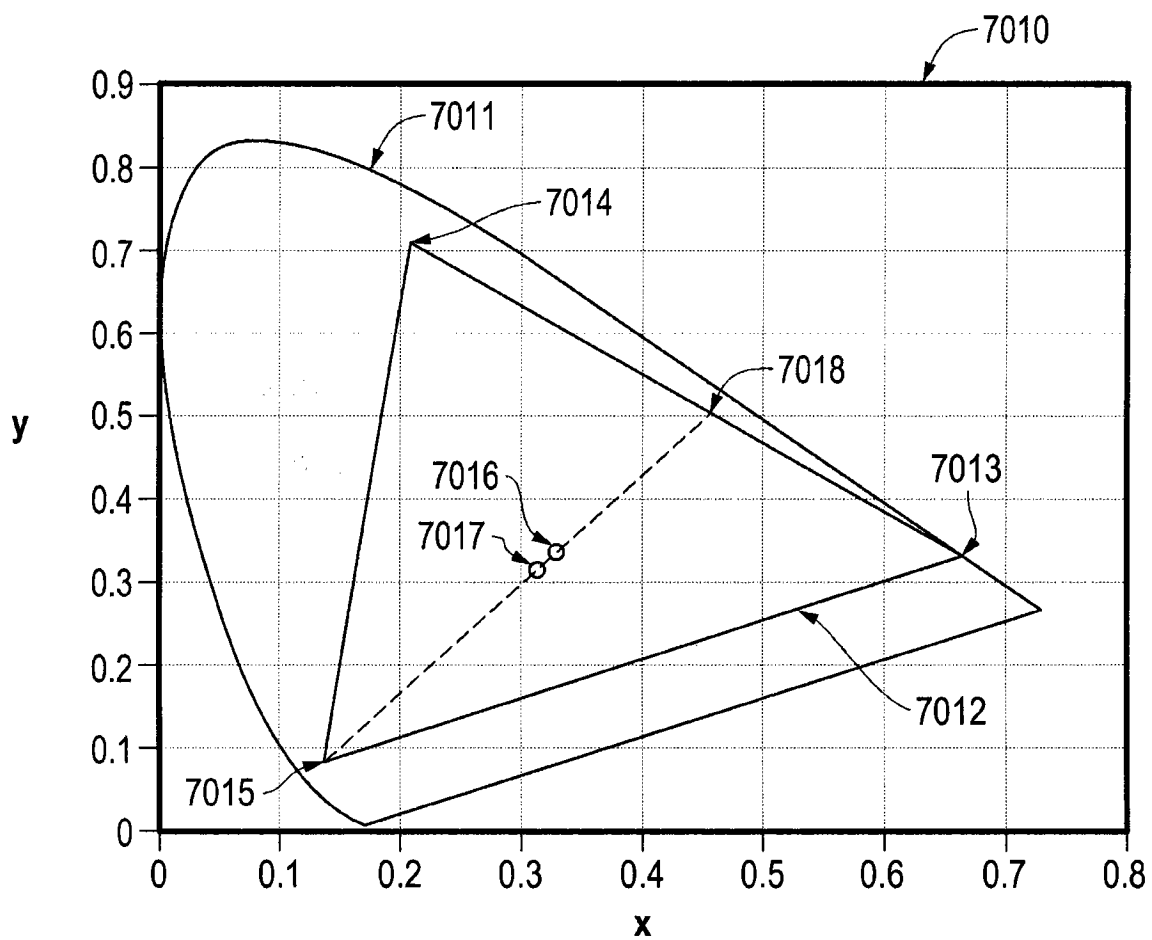


图 70

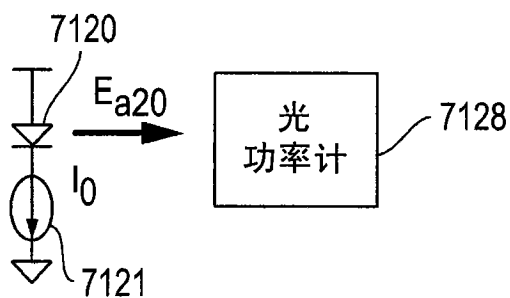


图 71

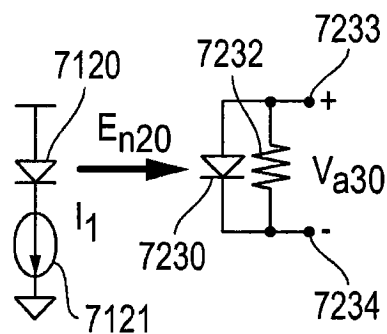


图 72

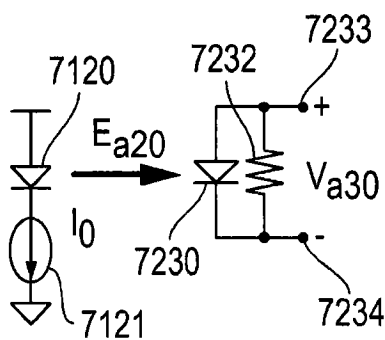


图 73A

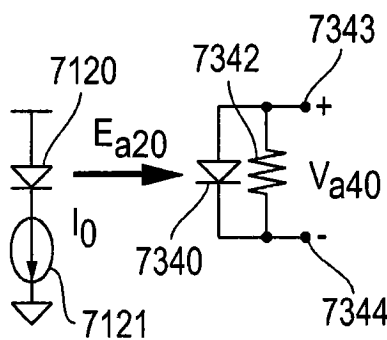


图 73B

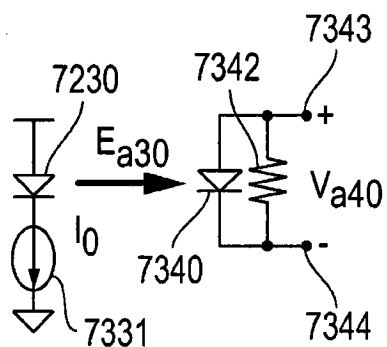


图 73C

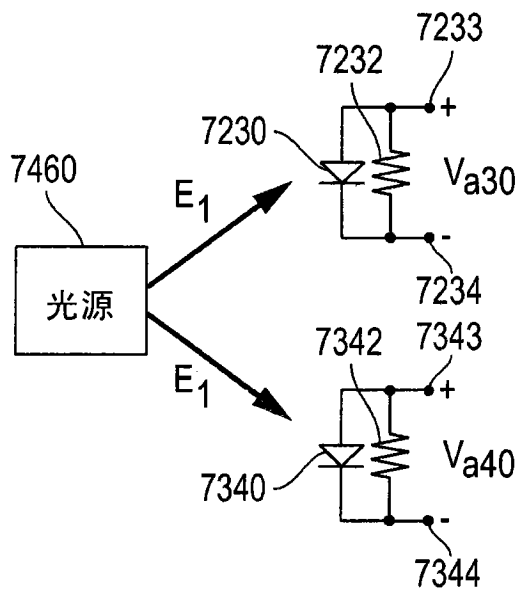


图 74A

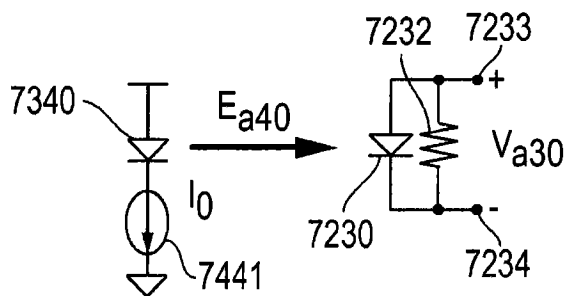


图 74B

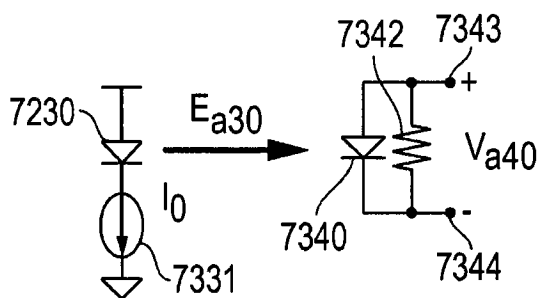


图 74C

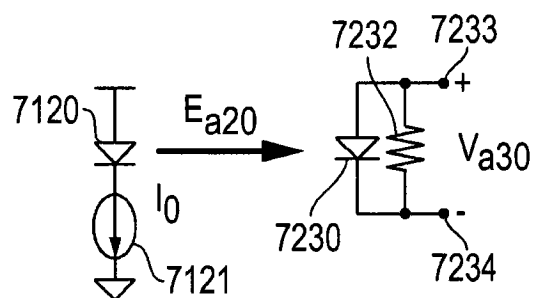


图 74D

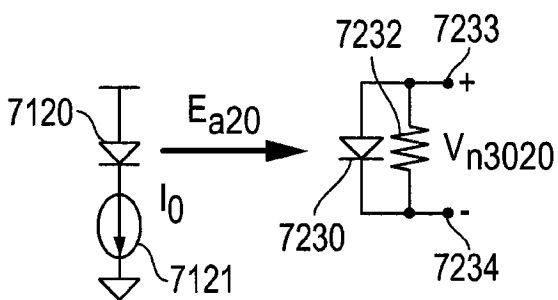


图 75A

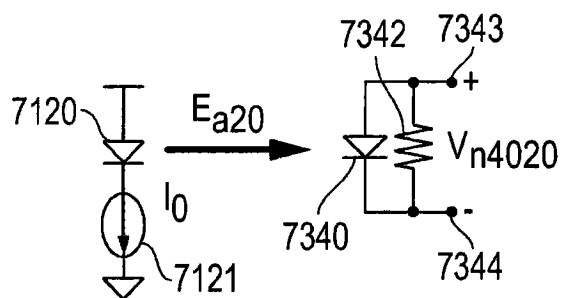


图 75B

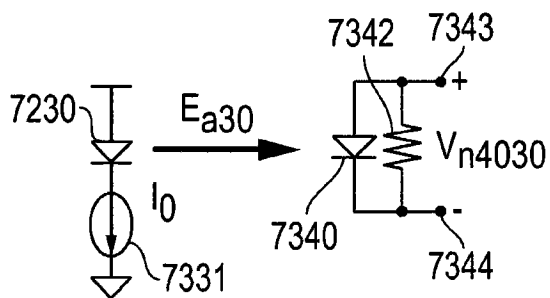


图 75C

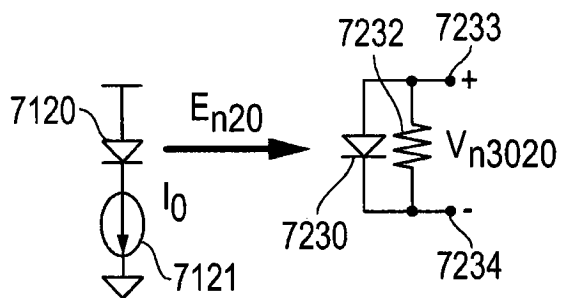


图 75D

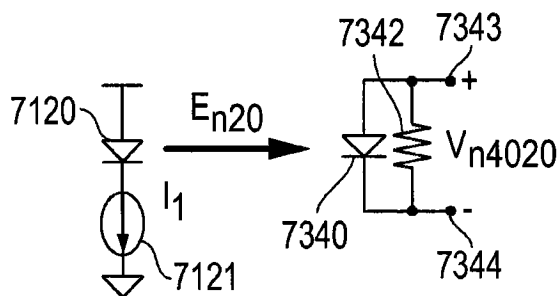


图 75E

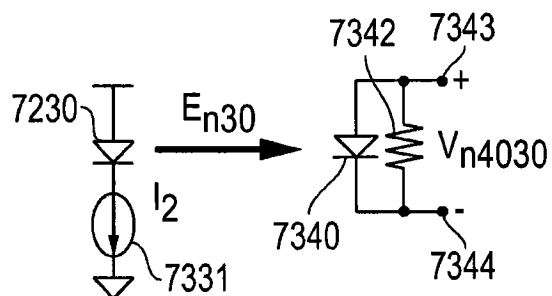


图 75F

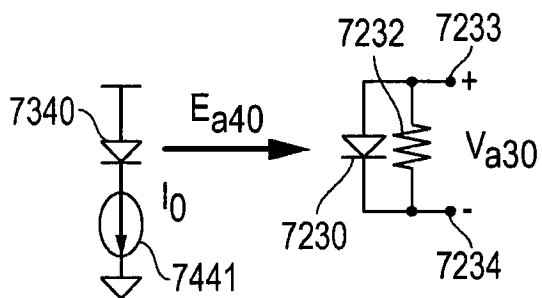


图 76A

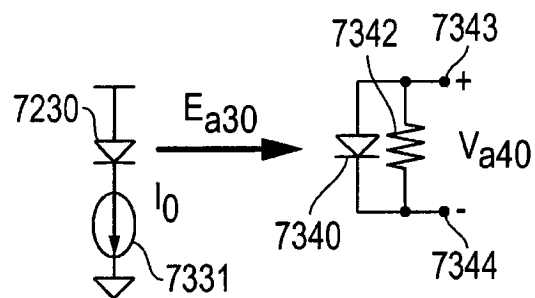


图 76B

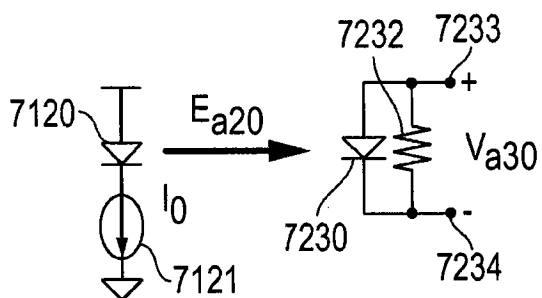


图 76C

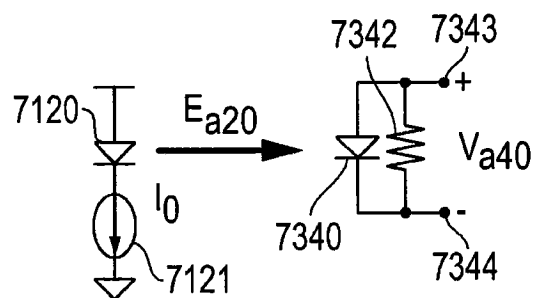


图 76D

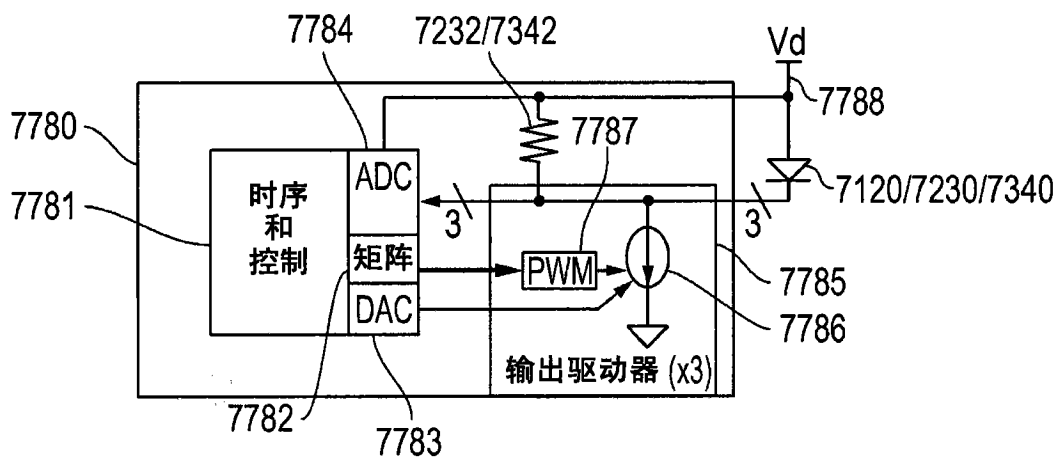


图 77

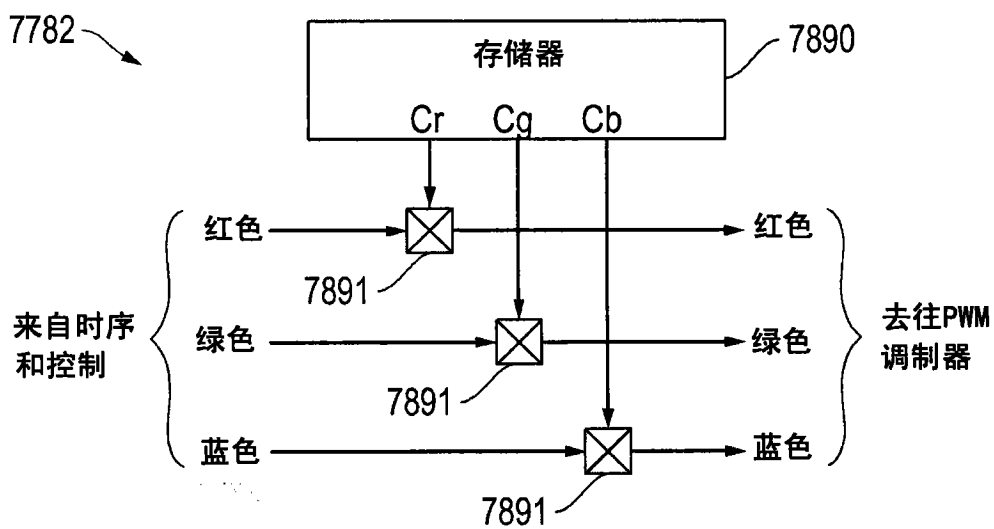


图 78

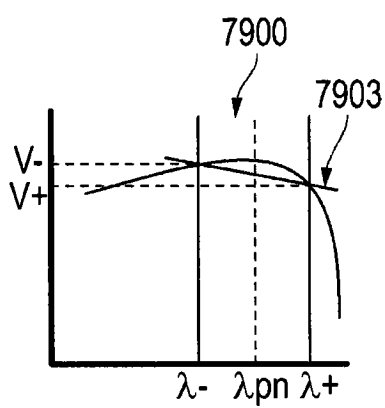


图 79A

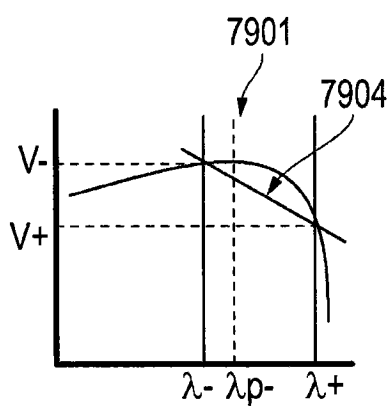


图 79B

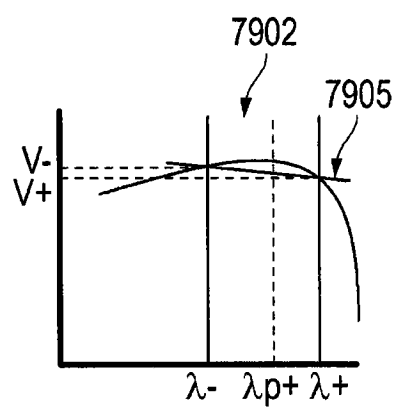


图 79C

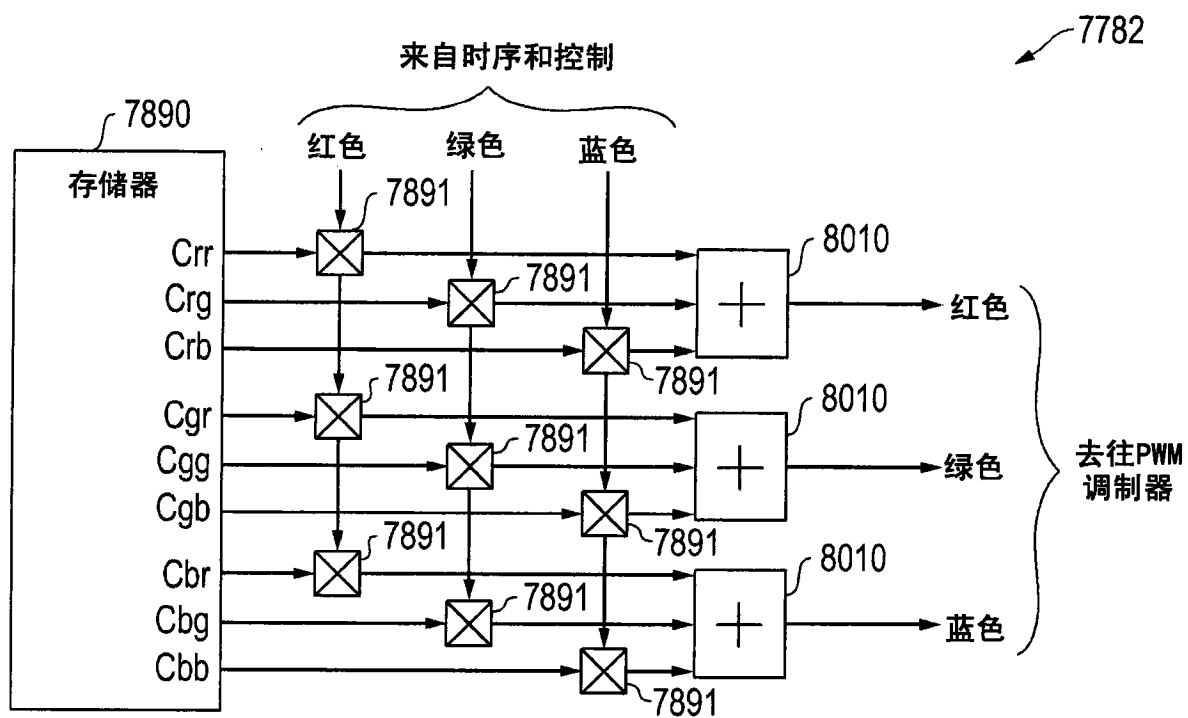


图 80