



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 115605940 A

(43) 申请公布日 2023. 01. 13

(21) 申请号 202180005004.7

(22) 申请日 2021.03.23

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2022.02.18

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/US2021/023601 2021.03.23

(87) PCT国际申请的公布数据
W02022/203655 EN 2022.09.29

(71) 申请人 谷歌有限责任公司
地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 奥雷利安·让·弗朗索瓦·大卫
帕特里克·F·布林克里
卡林·维耶里

(74) 专利代理机构 中原信达知识产权代理有限
责任公司 11219

专利代理师 李佳 周亚荣

(51) Int.Cl.
G09G 3/32 (2016.01)
G09G 3/3225 (2016.01)
H01L 25/075 (2006.01)

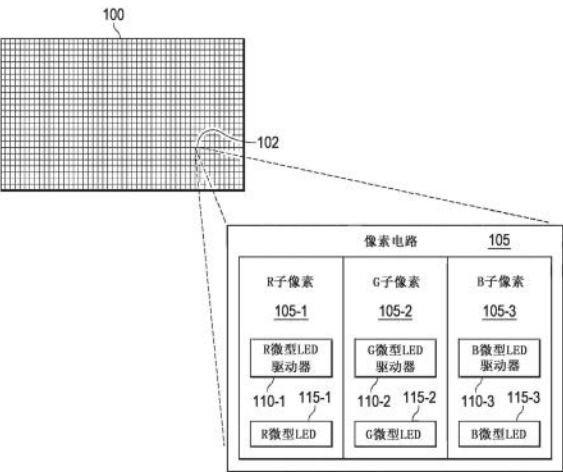
权利要求书2页 说明书13页 附图8页

(54) 发明名称

用于微型发光二极管显示器的基线和整形
脉冲驱动

(57) 摘要

一种微型LED驱动器,除了施加工作驱动电力之外还施加低基线电力(即,基线电压或电流)以对处于标称关断(即,不发光)状态的微型LED预充电以驱动处于发光状态的微型LED。通过在施加工作驱动电力之前对微型LED预充电,微型LED驱动器显著地减少了施加工作驱动电力和微型LED开始发光之间的时间。在一些实施例中,微型LED驱动器施加具有多相电流密度的工作驱动电力,以减少施加工作驱动电力和微型LED开始发光之间的时间。



1. 一种方法,包括:

以大于零的第一基线电力驱动处于标称关断状态的第一微型发光二极管(微型LED),所述第一微型发光二极管具有小于 $20\mu\text{m}$ 的横向尺寸;以及

以大于所述第一基线电力的电力驱动处于发光状态的所述第一微型LED,其中,由处于所述标称关断状态的所述第一微型LED发射的光量与由处于所述发光状态的所述第一微型LED发射的最小光量相比能够忽略不计。

2. 根据权利要求1所述的方法,其中,以所述第一基线电力驱动所述第一微型LED包括:在驱动处于所述发光状态的所述第一微型LED之前施加所述第一基线电力。

3. 根据权利要求1或2所述的方法,还包括:

以大于零的第二基线电力驱动处于标称关断状态的第二微型LED,其中,所述第二基线电力不同于所述第一基线电力。

4. 根据任一前述权利要求所述的方法,其中,驱动处于所述发光状态的所述第一微型LED包括:

利用电流脉冲驱动所述第一微型LED,所述电流脉冲包括具有相对较高电流密度的第一相和具有相对较低电流密度的第二相。

5. 根据任一前述权利要求所述的方法,其中,由处于所述标称关断状态的所述微型LED发射的光量小于由处于所述发光状态的所述第一微型LED发射的最小光量的0.1%,并且其中,所述发光状态通过至少10%的内部量子效率来表征。

6. 根据任一前述权利要求所述的方法,其中

驱动处于所述标称关断状态的所述第一微型LED包括:经由第一电力路径驱动所述第一微型LED;以及

驱动处于所述发光状态的所述第一微型LED包括:经由不同于所述第一电力路径的第二电力路径驱动所述第一微型LED。

7. 根据任一前述权利要求所述的方法,其中,所述标称关断状态与所述发光状态之间的导通时间小于 500ns 。

8. 一种方法,包括:

利用电流脉冲驱动包括微型LED阵列的显示器的第一微型发光二极管(微型LED),所述阵列中的处于发光状态的每个微型LED具有小于 $20\mu\text{m}$ 的横向尺寸,其中,所述电流脉冲包括具有相对较高电流密度的第一相和具有相对较低电流密度的第二相,其中

所述电流脉冲具有短于1微秒的持续时间,并且其中,所述发光状态延长达到所述电流脉冲持续时间的至少50%。

9. 根据权利要求8所述的方法,其中,所述第一相具有的电流密度至少是所述第二相的电流密度的两倍。

10. 根据权利要求8或9所述的方法,还包括:

以大于零的第一基线电力驱动处于标称关断状态的所述第一微型LED;以及

以大于所述第一基线电力的电力驱动处于所述发光状态的所述第一微型LED,其中,由处于所述标称关断状态的所述微型LED发射的光量与由处于所述发光状态的所述第一微型LED发射的最小光量相比能够忽略不计。

11. 根据权利要求10所述的方法,其中,以所述第一基线电力驱动所述第一微型LED包

括：

在驱动处于所述发光状态的所述第一微型LED之前，施加所述第一基线电力。

12. 根据权利要求10或11所述的方法，还包括：

以大于零的第二基线电力驱动处于标称关断状态的所述阵列的第二微型LED，其中，所述第二基线电力不同于所述第一基线电力。

13. 根据权利要求10至12中的任一项所述的方法，其中

驱动处于所述标称关断状态的所述第一微型LED包括：经由第一电力路径驱动所述第一微型LED；以及

驱动处于所述发光状态的所述第一微型LED包括：经由不同于所述第一电力路径的第二电力路径驱动所述第一微型LED。

14. 根据权利要求10至13中的任一项所述的方法，其中，由处于所述标称关断状态的所述微型LED发射的光量小于由处于所述发光状态的所述第一微型LED发射的最小光量的0.1%，并且其中，所述发光状态通过至少10%的内部量子效率来表征。

15. 一种设备，包括：

第一微型发光二极管（微型LED），所述第一微型发光二极管具有小于20 μm 的横向尺寸；以及

驱动器，所述驱动器被配置成：

以大于零的第一基线电力驱动处于标称关断状态的所述第一微型LED；并且

以大于所述第一基线电力的电力驱动处于发光状态的所述第一微型LED，其中，由处于所述标称关断状态的所述微型LED发射的光量与由处于所述发光状态的所述第一微型LED发射的最小光量相比能够忽略不计。

16. 根据权利要求15所述的设备，其中，所述驱动器还被配置成：

在驱动处于所述发光状态的所述第一微型LED之前，将所述第一基线电力施加到所述第一微型LED。

17. 根据权利要求15或16所述的设备，还包括：

第二微型LED，其中，所述驱动器被配置成：以大于零的第二基线电力驱动处于标称关断状态的所述第二微型LED，其中，所述第二基线电力不同于所述第一基线电力。

18. 根据权利要求15至17中的任一项所述的设备，其中，所述驱动器还被配置成：

利用电流脉冲驱动处于所述发光状态的所述第一微型LED，所述电流脉冲包括具有相对较高电流密度的第一相和具有相对较低电流密度的第二相。

19. 根据权利要求15至18中的任一项所述的设备，其中，由处于所述标称关断状态的所述微型LED发射的光量小于由处于所述发光状态的所述第一微型LED发射的最小光量的0.1%，并且其中，所述发光状态通过至少10%的内部量子效率来表征。

20. 根据权利要求15至19中的任一项所述的设备，其中，所述驱动器包括：

第一电力路径，所述第一电力路径用于以所述第一基线电力驱动处于所述标称关断状态的所述第一微型LED；以及

不同于所述第一电力路径的第二电力路径，所述第二电力路径用于驱动处于所述发光状态的所述第一微型LED。

用于微型发光二极管显示器的基线和整形脉冲驱动

背景技术

[0001] 显示面板包括排列成行和列的像素阵列,通常具有数千甚至数万行和列的量级。每个像素可以被实现为子像素矩阵,诸如红色、绿色和蓝色 (RGB) 子像素的特定排列,每个子像素被控制为以对应的亮度发射对应颜色的光,并且光的颜色和它们的亮度的组合导致整个像素的预期亮度和颜色。发光二极管 (LED) 显示器包括形成子像素的LED阵列,其中驱动器采用脉宽调制 (PWM) 在关断状态与导通状态之间调制LED以显示图像,其中调制频率为 kHz 范围。LED的上升时间和下降时间与kHz范围的频率相称,为以PWM的频率显示图像提供了足够的响应时间。未来的显示器被期望包括具有小于50 μm 的横向尺寸的像素的微型LED。微型显示器被期望包括发光元件(即,微型LED)和将电流脉冲馈送到发光元件的驱动器。

[0002] 本公开的目的是提供一种改进的驱动微型LED的方法,该方法避免或减轻与已知方法相关联的一个或多个问题,无论是在本文中还是以其他方式标识。

发明内容

[0003] 根据一般方面,微型LED驱动器除了施加工作驱动电力以驱动处于发光状态的微型LED之外,还施加低基线电力(即,基线电压或电流)以对处于标称关断(即,不发光)状态的微型LED预充电。通过在施加工作驱动电力之前对微型LED预充电,微型LED驱动器显著地减少了施加工作驱动电力和微型LED开始发光之间的时间。在一些实施例中,微型LED驱动器施加具有多相电流密度的工作驱动电力以减少施加工作驱动电力和微型LED开始发光之间的时间。

[0004] 根据第一方面,提供了一种方法,包括以大于零的第一基线电力驱动处于标称关断状态的第一微型发光二极管(微型LED),该第一微型发光二极管的横向尺寸小于20 μm 。该方法还包括以大于第一基线电力的电力驱动处于发光状态的第一微型LED,其中,由处于标称关断状态的第一微型LED发射的光量与由处于发光状态的第一微型LED发射的最小光量相比可忽略不计。

[0005] 以第一基线电力驱动第一微型LED可以包括在驱动处于发光状态的第一微型LED之前施加第一基线电力。

[0006] 驱动处于标称关断状态的第一微型LED可以紧接在驱动处于发光状态的第一微型LED之前执行。

[0007] 该方法还可以包括以大于零的第二基线电力驱动处于标称关断状态的第二微型LED。第二基线电力可以不同于第一基线电力。该方法还可以包括以大于第二基线电力的电力驱动处于发光状态的第二微型LED。

[0008] 第一微型LED和第二微型LED可以发射彼此不同颜色的光。

[0009] 驱动处于发光状态的第一微型LED可以包括利用电流脉冲驱动第一微型LED,该电流脉冲包括具有相对较高电流密度的第一相和具有相对较低电流密度的第二相。第一相可以紧接在第二相之前。第一相可以具有至少是第二相的电流密度的两倍的电流密度。

[0010] 该方法还可以包括驱动处于发光状态的第二微型LED。驱动处于发光状态的第二

微型LED可以包括利用电流脉冲驱动第二微型LED,该电流脉冲包括具有相对较高电流密度的第二微型LED第一相和具有相对较低电流密度的第二微型LED第二相。第二微型LED第一相可以紧接在第二微型LED第二相之前。第二微型LED第一相可以具有至少是第二微型LED第二相的电流密度的两倍的电流密度。

[0011] 由处于标称关断状态的微型LED发射的光量可以小于由处于发光状态的第一微型LED发射的最小光量的0.1%,并且发光状态可以通过至少10%的内部量子效率来表征。

[0012] 驱动处于标称关断状态的第一微型LED可以包括经由第一电力路径驱动第一微型LED。驱动处于发光状态的第一微型LED可以包括经由不同于第一电力路径的第二电力路径驱动第一微型LED。

[0013] 经由第一电力路径驱动第一微型LED可以包括经由第一电力路径向第一微型LED供应电力。经由第二电力路径驱动第一微型LED可以包括经由第二电力路径向第一微型LED供应电力。

[0014] 第一电力路径可以包括晶体管或电阻器中的至少一种。

[0015] 标称关断状态与发光状态之间的导通时间可以小于500ns。

[0016] 根据另一方面,提供了一种方法,包括驱动包括微型LED阵列的显示器的第一微型发光二极管(微型LED),阵列中的处于发光状态下的每个微型LED具有小于20 μ m的横向尺寸,其中,电流脉冲包括具有相对较高电流密度的第一相和具有相对较低电流密度的第二相,其中,电流脉冲具有短于1微秒的持续时间,并且其中,发光状态延长达到电流脉冲持续时间的至少50%。

[0017] 第一相可以紧接在第二相之前。

[0018] 第一相可以具有至少是第二相的电流密度的两倍的电流密度。

[0019] 该方法还可以包括以大于零的第一基线电力驱动处于标称关断状态的第一微型LED。该方法还可以包括以大于第一基线电力的电力驱动处于发光状态的第一微型LED,其中,由处于标称关断状态的微型LED发射的光量与由处于发光状态的第一微型LED发射的最小光量相比可忽略不计。

[0020] 以第一基线电力驱动第一微型LED可以包括在驱动处于发光状态的第一微型LED之前施加第一基线电力。

[0021] 驱动处于标称关断状态的第一微型LED可以紧接在驱动处于发光状态的第一微型LED之前执行。

[0022] 该方法还可以包括以大于零的第二基线电力驱动处于标称关断状态的第二微型LED,其中,第二基线电力不同于第一基线电力。该方法还可以包括以大于第二基线电力的电力驱动处于发光状态的第二微型LED。

[0023] 第一微型LED和第二微型LED可以发射彼此不同颜色的光。

[0024] 驱动处于标称关断状态的第一微型LED可以包括经由第一电力路径驱动第一微型LED。驱动处于发光状态的第一微型LED可以包括经由不同于第一电力路径的第二电力路径驱动第一微型LED。

[0025] 经由第一电力路径驱动第一微型LED可以包括经由第一电力路径向第一微型LED供应电力。经由第二电力路径驱动第一微型LED可以包括经由第二电力路径向第一微型LED供应电力。

[0026] 由处于标称关断状态的微型LED发射的光量可以小于由处于发光状态的第一微型LED发射的最小光量的0.1%，并且发光状态可以通过至少10%的内部量子效率来表征。

[0027] 根据另一方面，提供了一种设备，包括具有小于20 μm 的横向尺寸的第一微型发光二极管（微型LED）以及驱动器。该驱动器被配置成以大于零的第一基线电力驱动处于标称关断状态的第一微型LED；并且以大于第一基线电力的电力驱动处于发光状态的第一微型LED，其中，由处于标称关断状态的微型LED发射的光量与由处于发光状态的第一微型LED发射的最小光量相比可忽略不计。

[0028] 驱动器还可以被配置成在驱动处于发光状态的第一微型LED之前将第一基线电力施加到第一微型LED。

[0029] 驱动器还可以被配置成紧接在驱动处于发光状态的第一微型LED之前将第一基线电力施加到第一微型LED。

[0030] 该设备还可以包括第二微型LED。驱动器可以被配置成以大于零的第二基线电力驱动处于标称关断状态的第二微型LED。第二基线电力可以不同于第一基线电力。第一微型LED和第二微型LED可以发射彼此不同颜色的光。该方法还可以包括以大于第二基线电力的电力驱动处于发光状态的第二微型LED。

[0031] 驱动器还可以被配置成利用电流脉冲驱动处于发光状态的第一微型LED，该电流脉冲包括具有相对较高电流密度的第一相和具有相对较低电流密度的第二相。驱动器还可以被配置成通过在期望LED亮度与电流脉冲持续时间之间施加非线性转换来驱动处于发光状态的微型LED。

[0032] 由处于标称关断状态的微型LED发射的光量可以小于由处于发光状态的第一微型LED发射的最小光量的0.1%，并且发光状态可以通过至少10%的内部量子效率来表征。

[0033] 驱动器可以包括第一电力路径和不同于第一电力路径的第二电力路径，该第一电力路径用于以第一基线电力驱动处于标称关断状态的第一微型LED，该第二电力路径用于驱动处于发光状态的第一微型LED。

[0034] 应当理解，在本公开的一个方面的上下文中描述的特征可以与本公开的其他方面的特征组合。例如，在上述方法中的一个的上下文中描述的特征可以与上述其他方法的特征组合。类似地，在上述任一方法的上下文中描述的特征可以与也在上文描述的设备的特征组合，反之亦然。

附图说明

[0035] 通过参考附图，可以更好地理解本公开，并且其众多特征和优点对于本领域技术人员来说是明显的。在不同的附图中使用相同的附图标记表示相似或相同的项。

[0036] 图1是图示了由像素阵列构成的显示器的视图。

[0037] 图2是图示了根据一些实施例的包括向微型LED供应基线电力和驱动电力脉冲的微型LED驱动器的微型LED显示元件的框图。

[0038] 图3图示了根据一些实施例的微型LED驱动器利用基线电压对微型LED预充电的定时方案。

[0039] 图4是图示了根据一些实施例的在不利用基线电压进行预充电和利用基线电压进行预充电的情况下的来自微型LED的归一化光输出的比较的视图。

[0040] 图5是根据一些实施例的具有用于施加脉宽调制以照亮微型LED的第一电力路径和用于向微型LED施加基线电流或电压的第二电力路径的微型LED驱动器的视图。

[0041] 图6是根据一些实施例的具有包括用于将偏置电压转换为到微型LED的基线电流的电阻器的第二电力路径的微型LED驱动器的视图。

[0042] 图7是根据一些实施例的具有包括用于将基线电流施加到微型LED的晶体管的第二电力路径的微型LED驱动器的视图。

[0043] 图8是图示了根据一些实施例的用于驱动处于发光状态的微型LED的多相电流脉冲的视图。

[0044] 图9是图示出了根据一些实施例的来自多相电流脉冲驱动的微型LED的归一化光输出的视图。

具体实施方式

[0045] 以下描述旨在通过提供涉及利用微型发光二极管(微型LED)的显示系统的多个具体实施例和细节来传达对本公开的透彻理解。然而,理解本公开不限于这些仅是示例的具体实施例和细节,并因此本公开的范围旨在仅由所附权利要求及其等效形式来限制。进一步理解,根据已知系统和方法,取决于具体设计和其他需要,本领域普通技术人员将认识到在任何数量的替代实施例中将本公开用于其预期目的和益处。

[0046] 在一些显示应用中,其中像素的像素架构被实现为微型LED,诸如增强现实/虚拟现实(AR/VR)系统、投影仪、电话、平板电脑、膝上型电脑、电视和等离子显示器,需要比传统LED驱动器的千赫兹范围更快的调制速度。在一些情况下,需要短于 $1\mu\text{s}$ 或甚至短于 100ns 的脉冲以满足规范以用于令人满意的用户体验。尽管微型LED小,并且因此具有小电容,但当使用传统驱动技术时,高质量的微型LED从完全关断状态切换到微型LED发光的导通状态的上升时间能够基本上长于 100ns ,大约为数十或数百纳秒的量级。

[0047] 图1至图9图示了用于驱动微型LED的技术,该微型LED具有小于 $20\mu\text{m}$ 的横向尺寸以减少微型LED的响应时间。在一些实施例中,微型LED驱动器除了施加工作驱动电力以驱动微型LED处于发光状态以外,还施加低基线电力(即,基线电压或电流)以对处于标称关断(即,非发光)状态的微型LED进行预充电。通过在施加工作驱动电力之前施加低基线电力以对微型LED进行预充电,微型LED驱动器显着减少了施加工作驱动电力和微型LED开始发光之间的时间。

[0048] 在一些实施例中,微型LED驱动器始终施加低基线电力,而在其他实施例中,微型LED驱动器通过以下方式节省电力:始终仅将低基线电力施加到显示器的特定区域,诸如显示器顶部处的横幅以显示图标,当显示器处于特定操作模式时,这些图标保持发亮,同时显示器的其余区域关断。在一些实施例中,微型LED驱动器包括定时电路,该定时电路在像素集将变为活跃之前的短时间内将该低基线电力施加到该组像素。在一些实施例中,微型LED驱动器仅将低基线电力施加到活跃像素(即,非暗像素)。在一些实施例中,微型LED驱动器使用主电力路径供应工作驱动电力以驱动微型LED处于发光状态,并使用辅助电力路径供应基线电力以在施加工作驱动电力之前对微型LED进行预充电。

[0049] 在一些实施例中,微型LED驱动器施加具有多相电流密度的工作驱动电力(在本文中称为“整形脉冲”),以减少施加工作驱动电力和微型LED开始发光之间的时间。例如,通过

施加具有相对高电流密度的初始相,随后施加具有较低电流密度的第二相,微型LED驱动器减少微型LED的电容充电时间。在一些实施例中,微型LED驱动器施加整形脉冲来代替微型LED的低基线电力预充电,或者除了微型LED的低基线电力预充电之外,微型LED驱动器还施加整形脉冲。

[0050] 在各种实施例中,本文中描述的技术适用于光电子发射器的时间相关驱动,包括LED,并且更具体地,微型LED显示器。术语脉冲和电力脉冲在本文中用于一般性地描述时间相关的驱动方案,在相对低的输入电力(即,关断或几乎关断)与在发光期间的相对高的输入电力之间交替。脉冲可以是电流脉冲,或者电压,或者电力脉冲。本文中公开的示例考虑了III族氮化物LED。然而,一些技术适用于其他光电子设备,包括半导体LED(例如,GaAs、AlInGaP、AlInGaAsP、III-V和II-VI化合物)、有机LED、钙钛矿和本领域已知的其他材料。

[0051] 图1是由像素阵列(诸如像素102)构成的显示器100的视图。每个像素包括像素电路,诸如像素电路105,其包括三个子像素:红色(R)子像素105-1、绿色(G)子像素105-2和蓝色(B)子像素105-3。每个子像素包括微型LED驱动器和微型LED,当微型LED驱动器向微型LED施加电力时,该微型LED发光。因此,R子像素105-1包括R微型LED驱动器110-1,其向R微型LED 115-1施加电力并导致R微型LED 115-1发光。类似地,G子像素105-2包括G微型LED驱动器110-2,其向G微型LED 115-2施加电力,并且B子像素105-3包括B微型LED驱动器110-3,其向B微型LED 115-3施加电力。在一些实施例中,显示器100被用于平板显示器、移动设备显示器、头戴式显示器或其他显示器形式。在一些实施例中,显示器100包括数千个像素电路。在一些实施例中,微型LED驱动器110-1、110-2、110-3通过在微型LED处于标称关断状态时以基线电力驱动对应微型LED来改善微型LED 115-1、115-2、115-3的响应时间,其中,该基线电力大于零电力水平,或者通过向微型LED施加具有整形电流密度的电力脉冲。这参考图2能够更好地理解。

[0052] 图2是图示了根据一些实施例的对应于图1的子像素105-1、105-2、105-3中的一个的微型LED显示元件200的框图,其包括对应于图1的微型LED驱动器110-1、110-2、110-3中的一个的微型LED驱动器205,该微型LED驱动器向对应于图1的微型LED 115-1、115-2、115-3中的一个的微型LED 210供应基线电力230和驱动电力脉冲235。微型LED 210具有小于 $20\mu\text{m}$ 的横向尺寸,并且包括n接触212层和p接触224层、n型层214和p型层222以及有源(发光)区域225,该有源(发光)区域包括核心区域216、量子阱218和电子阻挡层220。微型LED驱动器205将驱动电力脉冲235施加到微型LED 210以使微型LED 210发射具有与驱动电力脉冲235的幅度相称的强度的光。驱动电力脉冲235的部分电流通过对有源区域225进行充电来消耗,其特征不在于每面积的电容。驱动电力脉冲235的剩余电流作为自由载流子注入核心区域216中,其中,载流子能够被有源区域225的发光层捕获。一旦在发光层中,载流子被重组合消耗。

[0053] 然而,微型LED 210的响应受到从不施加电压或电流的关断状态开始对微型LED 210的电容充电所花费的时间的限制,这导致发光延迟。此外,微型LED 210中的重组合寿命能够是慢的,尤其是在导通时,限制了光输出的上升时间。微型LED 210的特征在于导通时间 τ_{on} ,其被限定为微型LED 210从驱动电力脉冲235的开始直到微型LED 210达到驱动电力脉冲235的光输出平台水平的90%所花费的时间。微型LED 210的特征还在于关断时间 τ_{off} ,其被限定为微型LED 210在驱动电力脉冲235结束(即,驱动电力脉冲235的下降沿的开始)

之后直到达到微型LED 210的光输出平台水平的10%所花费的时间。

[0054] 一些实施例的特征在于不对称的时间响应,其中,关断时间和导通时间基本上不同。在一些实施例中,微型LED由电力脉冲驱动,并且其特征在于导通时间和关断时间,并且比率 τ_{on}/τ_{off} 高于1.5 (或2、5、10) 或低于1/1.5 (或1/2、1/5、1/10)。这种不对称行为可以将一些实施例的时间响应与传统光电子设备的时间响应区分开。

[0055] 一些实施例通过将上升时间和下降时间与本文中公开的方法相匹配来最小化时间响应的不对称性。其他实施例使用基本不对称的响应。此外,通过对驱动电力脉冲235的电流密度进行整形,微型LED驱动器205进一步缩短微型LED 210的响应时间并控制关断时间 τ_{off} 。

[0056] 通过将基线电力230馈送到微型LED 210,微型LED驱动器205减少导通时间 τ_{on} 。基线电力230是当微型LED 210处于标称关断状态时施加的高于零的电流和/或电压,其中,微型LED 210不被期望发光。在一些实施例中,基线电力230的幅度被选择成使得在标称关断(基线)状态下由微型LED 210发射的光量与在导通(发光)状态下由微型LED 210发射的光量相比可忽略不计。例如,在一些实施例中,在标称关断状态下发射的光量是在发光状态下发射的光量的10%或更少。在其他实施例中,在标称关断状态下发射的光量是在发光状态下发射的光量的1%或更少。在再其他实施例中,在标称关断状态下发射的光量是在发光状态下发射的光量的0.1%或更少。在发光状态下发射的光量可以显著地变化。例如,来自微型LED像素的发光范围可以从最大值1000cd/m²到最小值0.1cd/m²。在一些实施例中,在基线状态下发射的光量至多约为最小发射量的10% (例如,如果0.1cd/m²是在发光状态下发射的最小光,则在基线状态下,微型LED被限制为发射0.01cd/m²或更少)。

[0057] 在一些实施例中,微型LED 210的结构被配置成改善时间响应,其包括与电容和/或复合时间相关联的时间响应。在一些实施例中,LED被配置成实现期望的每面积电容,诸如通过将每面积电容保持在预定值以下。在一些实施例中,微型LED 210的核心区域216具有厚度d (也称为耗尽厚度d),并且每单位面积的空间电荷电容近似地由 $C_{sc} = \epsilon_s/d$ 给出,其中, ϵ_s 是材料的介电常数。例如,对于GaN, ϵ_s 在零偏置下约为 $10 \cdot \epsilon_{s0}$,其中, ϵ_{s0} 是真空介电常数;正向偏置下的值增加,例如,大约两倍,因为 $C = C_{sc} \cdot (1 - V/V_{oc})^{-1/2}$,其中, V_{oc} 是开路电压。

[0058] 在一些实施例中,d的值大约等于p区域与n区域之间的未掺杂区域的厚度(即,d $\sim t_c$)。

[0059] 通过选择有源区域的结构(例如,量子阱(QW)、势垒、间隔层),实施例有助于与有源区域厚度 t_w 分开地选择 t_c 。这将这些实施例与同质结LED形成对比,在该同质结LED中,重组发生在耗尽层厚度的大部分。大的 t_c 值有助于较低的电容,而 t_w 的值可以被选择以实现合适的效率。在一些实施例中,耗尽区域的厚度是发光层的厚度的至少2倍(或5倍、10倍、20倍)。

[0060] 例如,一些实施例仅包括几个薄QW和薄势垒,但具有足够的d值以降低 C_{sc} 。为此,一些实施例采用伪QW(即,成分比发光QW低的QW,其促进载流子传输但不发光,从而确保载流子到达发光QW)以增加d而不会对注入效率产生不利影响。伪QW可以被放置在发光QW的p侧、n侧或两侧上,或者与它们散置。一些实施例配置外延层(未示出)以实现期望的电容,而与发光QW和势垒的厚度无关。一些实施例采用其他有源区域设计,包括双异质结构、不同成

分的层(阶梯式或渐变式)和/或AlGaIn、InGaIn、AlInGaIn的合金。

[0061] 在一些实施例中,选择d的值以减小Csc的值。例如,Csc可能低于 $1\text{E}-7\text{F}\cdot\text{cm}^{-2}$ (或 $5\text{E}-8$ 、 $2\text{E}-8$ 、 $1\text{E}-8$ 、 $5\text{E}-9$ 、 $1\text{E}-9\text{F}\cdot\text{cm}^{-2}$)。在一些实施例中,选择d的值和LED的面积A以减小净LED电容 $C_{sc}\cdot A$ 的值。例如,净LED电容小于 $1\text{E}-13\text{F}$ (或 $5\text{E}-14$ 、 $1\text{E}-14$ 、 $5\text{E}-15$ 、 $1\text{E}-15$ 、 $5\text{E}-16$ 、 $1\text{E}-16\text{F}$)。在一些实施例中,微型LED像素或子像素具有小于 $10\mu\text{m}$ (或 $5\mu\text{m}$ 、 $3\mu\text{m}$ 、 $2\mu\text{m}$ 、 $1\mu\text{m}$)的横向尺寸。

[0062] 在一些实施例中,与电容充电相关联的上升时间是 $\tau_{\text{charge}}=V\cdot C_{sc}/J$,其中,V是典型的工作电压(对于常见的可见光LED约为 $2.5\text{--}3\text{V}$),并且J是电流密度。因此,在一些实施例中,LED配置和工作电流密度的选择共同产生足够快的上升时间。在一些实施例中,比率 C_{sc}/J 小于 $1\text{E}-8\text{F}/\text{A}$ (或 $5\text{E}-9$ 、 $1\text{E}-9$ 、 $5\text{E}-10$ 、 $1\text{E}-10\text{F}/\text{A}$)。在一些实施例中, τ_{charge} 小于 100ns (或 50ns 、 10ns 、 5ns 、 1ns)。在一些实施例中, τ_{charge} 短于脉冲的持续时间T(或短于 $0.5\cdot T$ 或 $0.2\cdot T$ 或 $0.1\cdot T$)。

[0063] 在一些实施例中,微型LED 210的p掺杂区域214和n掺杂区域222中的掺杂水平被选择以控制耗尽宽度。在一些实施例中,形成了从未掺杂层到掺杂层的突然转变。一些实施例具有n掺杂层214(具有至少 $1\text{E}18\text{ cm}^{-3}$ 或 $1\text{E}19\text{ cm}^{-3}$ 的掺杂水平),随后是包含发光层的标称未掺杂区域(掺杂水平小于 $1\text{E}17\text{ cm}^{-3}$),随后是p掺杂有源区222(掺杂水平至少为 $1\text{E}18\text{ cm}^{-3}$ 或 $1\text{E}19\text{ cm}^{-3}$)。这样的掺杂水平可以与其他LED特性(诸如未掺杂区域的宽度)组合以产生期望的电容值。

[0064] 在一些实施例中,微型LED 210被配置成实现预定的动态电阻 $\rho=dV/dJ$,以有助于避免动态电阻与寄生电容的相互作用,这种相互作用可能导致时间响应的进一步延迟。在一些实施例中,通过例如将基线低电流施加到处于其标称关断状态的微型LED 210,在标称关断状态中将每面积的动态电阻保持在期望值以下。在一些实施例中,标称关断状态下的动态电阻小于 $100\Omega\cdot\text{cm}^2$ (或 10 、 1 、 $0.1\Omega\cdot\text{cm}^2$)。

[0065] 在一些情况下,在材料质量与响应时间之间可能存在折衷。例如,有缺陷的LED具有较低的内部量子效率(IQE),这导致工作效率低下,但由于SRH重组合或其他类型的缺陷相关的重组合(例如,缺陷诱导泄漏或隧道效应)而具有更快的非辐射重组合时间,从而提高调制速度。在一些实施例中,缺陷水平被选择以有助于以给定速度工作。例如,期望的调制速度被选择,并且LED中的缺陷水平被控制以有助于这种速度。

[0066] 一些实施例被设计成实现最小IQE(或其他相关的效率度量,诸如外部量子效率(EQE)或壁插效率(WPE)),使得导通状态的特征在于IQE至少为 1% (或 5% ,或 10%)和/或基线状态的特征在于IQE小于 0.1% (或 0.01%)。因此,实施例被配置有足够低的缺陷密度以实现最小IQE。这导致有源区域的最小上升/下降时间。因此,实施例利用长于该最小上升/下降时间的脉冲来驱动。具体地,在一些实施例中,微型LED 210在低电流密度下具有非辐射寿命 t_{low} (诸如Shockley-Read-Hall(SRH)寿命),并且由其长度至少为 τ_{low} 的一半(或一、二、五、十倍 τ_{low})的脉冲来驱动。

[0067] 在一些实施例中,导通时间 t_{on} 小于 500ns (或 200ns 、 100ns 、 50ns 、 20ns 、 10ns)。在一些实施例中,SRH寿命 t_{SRH} (表征有源区域)大于 100ns 并且 t_{on} 小于 50ns 。在一些实施例中, t_{on} 小于 t_{SRH} 除以二(或三、五、十)。在一些实施例中,充电时间 t_{charge} 大于 10ns 并且 t_{on} 小于 10ns 。在一些实施例中, t_{on} 小于 t_{charge} 除以二(或三、五、十)。在一些实施例

中, t_{on} 小于 $t_{charge} + t_{SRH}$ 除以二 (或三、五、十)。在一些实施例中, SRH 寿命与足够的 IQE 值相联系, 如本文中所公开的。在一些实施例中, IQE 至少为 10% 并且 t_{on} 小于 500ns (或 200ns、100ns、50ns、20ns、10ns)。

[0068] 在一些实施例中, 在导通状态下驱动 LED 的电脉冲具有小于 5 μ s (或 2 μ s、1 μ s、500ns、200ns、100ns、50ns、10ns) 的持续时间。在一些实施例中, 处于导通状态的发光发生的持续时间为电脉冲的持续时间的至少 90% (或 80%、50%、20%、10%)。

[0069] 图 3 图示了根据一些实施例的定时方案, 其中, 微型 LED 驱动器 205 利用基线电力 230 对微型 LED 210 预充电, 该基线电力被表示为基线电压 $V_{BASELINE}$ 305。图 2 的驱动电力脉冲 235 被表示为脉宽调制 (PWM) 电压 V_{PWM} 310。图 3 图示了对应于基线电压 $V_{BASELINE}$ 305、作为驱动来自微型 LED 210 的光输出的信号的脉宽调制 (PWM) 电压 V_{PWM} 310 和放电电压 $V_{DISCHARGE}$ 315 的示例的时间轨迹。为清楚起见, 时间轨迹彼此垂直偏移。

[0070] 在时间 $T1$ 320, 微型 LED 驱动器 205 将基线电压 $V_{BASELINE}$ 305 施加到微型 LED 210 持续时间长度 t_{charge} 340。在时间 $T2$ 325, 微型 LED 驱动器 205 中断基线电压 $V_{BASELINE}$ 305 并施加 PWM 电压 V_{PWM} 310。微型 LED 驱动器 205 开始利用施加基线电压 $V_{BASELINE}$ 305 对微型 LED 210 充电, 从而减少了微型 LED 驱动器 205 施加 PWM 电压 V_{PWM} 310 之后的电容充电时间, 并因此减少了施加 PWM 电压 V_{PWM} 310 和微型 LED 210 开始发光之间的时间。在时间 $T3$ 330, 微型 LED 驱动器 205 中断施加 PWM 电压 V_{PWM} 310 并施加放电电压 $V_{DISCHARGE}$ 315 达到时间长度 $t_{discharge}$ 345 直到时间 $T4$ 335 以从微型 LED 210 移除充电。

[0071] 图 4 是图示了根据一些实施例的在未利用基线电压预充电和使用基线电压预充电的情况下的来自微型 LED 的归一化光输出的比较的视图。曲线 410 表示来自微型 LED 210 的归一化光输出, 该微型 LED 在施加对应于驱动 PWM 电压的驱动 PWM 电流密度的时间 0ns 之前已经利用对应于基线电压的基线电流密度被预充电。曲线 420 表示来自微型 LED 210 的归一化光输出, 其尚未利用基线电流密度预充电并且已经由对应于在时间 0ns 开始的驱动 PWM 电压的驱动 PWM 电流密度驱动。如图示, 通过施加基线电流密度和基线电压, 发光的开始从曲线 420 中的大约 32ns 减少到曲线 410 中的大约 3ns。在图示的示例中, 基线电流密度为 0.01A/cm², 其对应于大约 2.5V 的基线电压, 并且驱动 PWM 电流密度为 10A/cm², 其对应于大约 2.7V 的驱动 PWM 电压。在基线 (标称关断) 状态下, 发光的强度是可忽略不计的 (例如, 小于导通状态下的发光强度的 10%, 或者在一些情况下约为导通状态下的光强度的 3E-5 倍, 其计算为电流的比率乘以 IQE 的比率), 并且消耗的电力非常小 (约为导通状态下的电力的 1E-4 倍, 其计算为电流的比率)。在一些实施例中, 基线状态下的 IQE 小于导通状态下的 IQE 除以 10 (或 20、50、100)。

[0072] 在一些实施例中, 微型 LED 驱动器 205 通过控制施加到微型 LED 210 的电压来实现标称关断状态, 因为控制电压可能比控制非常小的电流更容易, 并且微型 LED 驱动器 205 通过控制馈送微型 LED 210 的电流来实现导通状态。在一些实施例中, 微型 LED 驱动器 205 使用诸如场效应晶体管的晶体管或电阻器来控制微型 LED 210 的基线电压。在一些实施例中, 微型 LED 驱动器 205 将标称关断状态下的基线电压保持在高于 2V 的电压和/或低于驱动 PWM 工作电压的 1V 的电压。

[0073] 图 5 是根据一些实施例的微型 LED 驱动器 500 的视图, 该微型 LED 具有用于向微型 LED 供应电力以施加驱动脉宽调制来使微型 LED 发亮的第一路径 505 (称为第一电力路径

505), 以及向微型LED施加基线电流或电压的第二电力路径510。在一些实施例中, 驱动器是CMOS、TFT主干或其他架构。第一电力路径505为微型LED馈送用于显示器的列电压VDD和数字栅极控制电压(行选择) V_G 以设置电容器515上的电压。电容器515存储使晶体管520导通的模拟电压, 以提供电流 I_{ON} , 其在一些实施例中具有时间相关波形, 该电流流向微型LED, 从而当微型LED处于导通状态时引起大量发光, 在此期间没有电力流过第二电力路径510。在标称关断模式下, 没有电力流过第一电力路径505, 但由基线电流 $I_{baseline}$ 或基线电压 $V_{baseline}$ 构成的基线电力通过第二电力路径510被施加到微型LED。

[0074] 在一些实施例中, 微型LED驱动器500不包括第二电力路径510, 而是始终以低基线电力(电压或电流)驱动处于标称关断状态的微型LED(像素)。为了节省电力, 如果在给定工作模式中仅使用显示器的特定区域(即, 阵列中的微型LED的子集), 则在一些实施例中, 微型LED驱动器500始终将基线电力仅施加到对应于正在被使用的显示器的特定区域的微型LED的子集。例如, 在一些工作模式下, 显示器顶部上的横幅用于显示图标, 同时显示器的其余部分关断。对于这样的工作模式, 微型LED驱动器500始终将基线电力仅施加到位于显示器顶部的形成横幅的微型LED的子集。

[0075] 在一些实施例中, 仅当标称关断像素将在下一显示帧中被导通时, 微型LED驱动器500才以基线电力驱动一个显示帧中的标称关断微型LED(像素)。因此, 显示系统在选择当前帧的驱动条件时会考虑以下帧: 如果像素在当前帧中标称关断(即, 暗), 但在下一帧中将处于导通状态, 则微型LED驱动器500在当前帧中施加基线电力以改善随后帧的响应时间。考虑随后帧可能会增加延迟, 因为在当前帧能够被显示之前需要下一帧信息。因此, 在一些实施例中, 显示系统施加高刷新率(诸如90Hz或120Hz或更高)以减少延迟。

[0076] 图6是根据一些实施例的具有第二电力路径610的微型LED驱动器600的视图, 该第二电力路径包括电阻器615以将偏置电压 V_{bias} 转换为基线电流 $I_{baseline}$ 以馈送微型LED。类似于图5, 当微型LED处于导通状态时, 第一电力路径605向微型LED馈送电压 V_{DD} , 在此期间几乎没有电力(例如, 如果在微型LED处于导通状态时 V_{bias} 未转变为零)或没有电力流过第二电力路径610, 并且在一些实施例中具有时间相关波形的电流 I_{ON} 流向微型LED, 从而导致大量发光。在标称关断模式下, 没有电力流过第一电力路径605, 但电阻器将偏置电压 V_{bias} 转换为基线电流 $I_{baseline}$, 该基线电流通过第二电力路径610被施加到微型LED。在一些实施例中, V_{bias} 等于 V_{DD} , 并且在其他实施例中, V_{bias} 不同于 V_{DD} 。

[0077] 图7是根据一些实施例的具有第二电力路径710的微型LED驱动器700的视图, 该第二电力路径包括晶体管715以将基线电流 $I_{baseline}$ 施加到微型LED。在图示的示例中, 晶体管715是并联驱动晶体管。与图5和图6一样, 当微型LED处于导通状态时, 第一电力路径705向微型LED馈送电压 V_{DD} , 在此期间没有电力流过第二电力路径710, 并且在一些实施例中具有时间相关波形的电流 I_{ON} 流向微型LED, 从而导致大量发光。在标称关断模式下, 没有电力流过第一电力路径705, 并且基线电流 $I_{baseline}$ 由晶体管715生成, 其中, 电流值由 V_{bias} 设置。在一些实施例中, V_{DD2} 等于 V_{DD} , 并且在其他实施例中, V_{DD2} 不同于 V_{DD} 。在一些实施例中, V_{bias} 是直流(DC)电压, 并且在其他实施例中是时间相关电压。

[0078] 在一些实施例中, 晶体管715也被用作放电晶体管以在光生成电流 I_{on} 已经关断之后从微型LED移除充电。在其他实施例中, 第二电力路径710中的晶体管715仅被用作充电晶体管, 并且微型LED驱动器700包括第三电力路径(未示出), 该第三电力路径包括单独的晶

体管(未示出),其被用作放电晶体管。

[0079] 图5至图7中图示的驱动器架构是能够被用于向微型LED 210供应基线电力的架构的示例。本领域技术人员将认识到可以使用其他架构,诸如包括电阻器的第二电力路径,如图6所示,其结合了包括放电晶体管的第三电力路径。在一些实施例中,本文中讨论的驱动器架构属于由微型LED阵列形成的显示器的像素。每个子像素对应于微型LED和微型LED驱动器。在一些实施例中,基线电流或电压每面板、每像素区域、每像素或每子像素变化。

[0080] 例如,不同颜色(诸如R、G、B)的LED的时间响应可能不同,因为(i)结电容取决于外延结构的细节,其可以在颜色之间不同;以及(ii)重组寿命取决于颜色(至少因为不同的缺陷水平和不同的辐射寿命)。一种颜色的电容充电时间可以是另一种颜色的电容充电时间的至少两倍。类似地,一种颜色的低电流重组寿命可以是另一种颜色的低电流重组寿命的至少两倍。因此,不同的颜色响应于相同的脉冲形状能够具有不同的行为。因此,在一些实施例中,对于不同颜色(诸如R、G、B)的子像素,基线电流或电压不同。在一些实施例中,基线电流或电压低于每个子像素的光子电压(其中,光子电压被限定为等于以电子伏特为单位测量的光子能量),或者低于一些其他阈值电压。在一些实施例中,不同形状的脉冲被用于不同颜色以单个改进每种颜色的时间响应。在一些实施例中,显示器具有至少两种颜色,并且显示器被配置成使得两种颜色的导通时间在彼此的两倍之内。

[0081] 微型LED驱动器可以通过使用不同的 V_{bias} 值或由不同的电子元件(诸如电阻器和晶体管)转换的共享 V_{bias} 值来实现不同的基线电力。在一些实施例中,微型LED驱动器施加基线电力以有助于Mura补偿,从而减少显示面板中的不均匀性。在一些实施例中,每个像素或像素组具有不同的基线条件,从而在工作时产生均匀的光输出。

[0082] 例如,在一些实施例中,第二电力路径包括有助于电流泄漏的电阻设备。例如,阵列能够包括材料质量更好的一个或多个微型LED,这些微型LED与材料质量较差的其他微型LED相比更低的电流开始发光,从而导致在低电流下的不均匀亮度。通过向所有像素添加小泄漏路径,防止阵列的微型LED在低电流下导通。电阻被选择以引起比微型LED的标称导通电流低的泄漏电流,这有助于平衡显示器的亮度和/或响应时间。在一些实施例中,显示器具有多个微型LED,其低电流非辐射寿命基本不同(例如,因为微型LED之间的缺陷水平变化)。具有更多非辐射重组的微型LED可以发射更多的光,并且在低电流下更快地响应,从而导致不均匀性。因此,一些实施例包括在低电流下支配响应时间和/或亮度的泄漏路径,从而减少不均匀性。

[0083] 在一些实施例中,微型LED驱动器并不始终施加基线电力(电压或电流)。相反,微型LED驱动器仅在像素要被导通之前施加基线电力达到适当时间。例如,如果花费时间 $\tau_{baseline}$ 将微型LED从完全关断状态驱动到基线状态,则微型LED驱动器施加基线电力至少达到 $\tau_{baseline}$ 的时间,使得当像素(微型LED)需要被导通时,微型LED处于基线状态。通过仅施加基线电力达到时间 $\tau_{baseline}$,微型LED驱动器降低了与基线条件相关联的功耗。

[0084] 除了或代替在施加驱动(PWM)电力脉冲235之前利用基线电力230对微型LED 210预充电之外,微型LED驱动器205可以通过施加驱动电力脉冲235来减少微型LED 210的响应时间(即,直到开始发光的时间),该驱动电力脉冲被整形为具有变化强度或电流密度。在一些实施例中,微型LED驱动器205施加以复杂波形(即,比简单的方形形状更复杂)为特征的驱动脉冲。例如,电流或电压脉冲可能具有峰值或波纹。

[0085] 图8是图示了根据一些实施例的用于驱动处于发光状态的微型LED的电流脉冲的不同示例的视图800。不同的电流脉冲被叠加以图示它们之间的差异。每个脉冲具有100ns的总持续时间。电流脉冲805具有简单的方形轮廓,其中,电流密度为 $J=10\text{A}/\text{cm}^2$ 。电流脉冲810包括:具有方形轮廓的第一相,其中,电流密度为 $J=50\text{A}/\text{cm}^2$,并且持续时间为约10ns;以及具有方形轮廓的第二相,其中,电流密度为 $J=10\text{A}/\text{cm}^2$,并且持续时间为约90ns。因此,电流脉冲810的总持续时间约为100ns。电流脉冲815具有:第一相,该第一相具有方形轮廓,其中,电流密度为 $J=60\text{A}/\text{cm}^2$,并且持续时间为约10ns;以及第二相,该第二相具有方形轮廓,其中,电流密度为 $J=10\text{A}/\text{cm}^2$,并且持续时间为约90ns。因此,电流脉冲815的总持续时间为约100ns。在电流脉冲810、815中的每一个中,第一相紧接在第二相之前。

[0086] 图9是图示了根据一些实施例的来自如图8所示的不同电流脉冲805、810、815驱动的微型LED的归一化光输出的视图900。由每个不同电流脉冲产生的归一化光输出被叠加以图示它们之间的差异。对于电流脉冲805,归一化光输出由曲线905图示。对于电流脉冲810,归一化光输出由曲线910图示,并且对于电流脉冲815,归一化光输出由曲线915图示。如图示,如在脉冲810和815的第一相中提供的更高的电流峰值(电流密度)导致微型LED电容的更快充电和有源区域中的载流子的更快积累,如曲线910和915分别所图示。

[0087] 取决于电流峰值(即,第一相)的长度和幅度,归一化光输出可以显示峰值,因为微型LED中的载流子密度暂时过冲其平台值,如对应于第三脉冲815的曲线915所示。在一些实施例中,微型LED驱动器配置脉冲形状以避免或限制这种过冲峰值。避免或限制这种峰值可以降低损坏驱动器和/或微型LED的可能性。在一些实施例中,在脉冲期间,电流脉冲具有峰值(即,第一相)和平台(即,第二相),并且微型LED光输出具有对应的峰值和平台,使得归一化光输出峰值小于光输出平台值的2倍(或1.5倍、1.1倍)。在一些实施例中,微型LED驱动器配置具有复杂形状的脉冲以改进LED响应时间。在一些实施例中,电流脉冲具有短于1微秒的持续时间并且发光状态延长达到电流脉冲持续时间的至少50%。上述示例波形仅作为示例提供。

[0088] 在一些实施例中,馈送不同颜色的脉冲的形状是不同的。例如,在一些实施例中,蓝色像素(微型LED)具有第一波形,该第一波形具有第一峰值电流和持续时间,绿色像素(微型LED)具有第二波形,该第二波形具有第二峰值电流和持续时间,红色像素(微型LED)具有第三波形,该第三波形具有第三峰值电流和持续时间,选择峰值电流和持续时间以将导通延迟减少到相似值。在一些实施例中,具有第一颜色的第一微型LED具有充电时间 $\tau_{\text{charge_1}}$,并且由具有第一峰值和第一特征持续时间的第一脉冲驱动;具有第二颜色的第二微型LED具有充电时间 $\tau_{\text{charge_2}}$,并且由具有第二峰值强度和第二特征持续时间的第二脉冲驱动; $\tau_{\text{charge_2}}$ 至少是 $\tau_{\text{charge_1}}$ 的2(或5、10)倍,并且第二微型LED的乘积(峰值强度*持续时间)更高,使得第二微型LED在发光之前的时间延迟小于第一微型LED的时间延迟的2倍(或1.5、1.2、3、5、10倍)。

[0089] 微型LED驱动器将脉冲整形施加到导致来自LED的光输出的电力脉冲、预充电基线脉冲和放电脉冲中的一个或多个。

[0090] 在一些实施例中,用于微型LED驱动器的控制器(未示出)使用期望LED亮度与脉冲形状(包括长度和/或强度和/或脉冲形状的其他方面)之间的非线性转换以校正由于时间响应引起的非线性。例如,在一些实施例中,非线性转换是规定给定脉宽以实现给定发光量

的查找表。

[0091] 表1中给出了示例。该表适用于图2的微型LED,并假设施加电流密度为 $10\text{A}/\text{cm}^2$ 的简单方形脉冲作为驱动电力脉冲235。位深度为8,对应于多达256个灰度。在没有非线性校正的情况下,最短脉冲将持续100ns。

[0092] 表1:

目标灰度	标称脉冲长度[ns]	未校正光量	额外脉冲长度[ns]	校正光量
2^1	100	0.65	35	1
2^2	200	1.65	35	2
2^3	400	3.65	35	4
2^4	800	7.65	35	8
2^5	1,600	15.65	35	16
2^6	3,200	32.65	35	32
2^7	6,400	63.65	35	64
2^8	12,800	127.65	35	128

[0094] 在该示例中,35ns的额外脉冲长度(或时间偏移)被施加到所有灰度。该额外脉冲长度校正了发光的总量,并使其与目标灰度成比例。在没有这种非线性校正的情况下,灰度可能与其期望值有很大不同,尤其是对于低灰度。即,通过将所有脉冲的长度延长35ns(在上述示例中),可能补偿为发光开始(或达到全值的90%)所花费的时间。

[0095] 如果时间偏移与显示系统的基本时钟时间不成比例,则将任意时间偏移施加到脉冲可能是困难的。因此,一些实施例被配置成使得必要的时间偏移接近时钟时间。例如,在以上示例中,33.333ns的时钟时间能够产生非常接近于表1的的时间偏移(例如,最短脉冲持续4个时钟周期而不是3个)。在一些实施例中,诸如延迟线的其他硬件被用于添加延迟,其长度不由时钟周期专用。

[0096] 在该示例中,额外脉冲长度对于所有灰度都是恒定的,并且完整的查找表是多余的。然而,其他方案可能需要取决于灰度的校正。例如,如果脉冲驱动电流取决于灰度,或者如果考虑到滞后效应(即,感兴趣的脉冲之前的像素状态),这种情况可能发生。

[0097] 查找表可以或多或少粒度化,并且呈现用于更多或更少灰度的非线性校正值。对于查找表的级别之间的灰度,额外脉冲长度可以被内插。这种查找表的值可能跨显示器的元件(例如,不同的区域、不同的像素、不同的子像素、不同的LED颜色)而变化。附加位,例如12位(8位用于显示,4位用于校正),可以被用于设置各个元件的值。

[0098] 在一些实施例中,控制器自行施加非线性校正,或与本公开的其他教导相结合。例如,微型LED和/或微型LED驱动器可以被配置成允许近似的最小期望脉冲长度(例如,约10ns或50ns或100ns或500ns或1 μ s的量级),并且非线性校正可以被施加以进一步控制光照水平和校正残余时间响应效应。在以上示例中,微型LED和微型LED驱动器被配置成允许大约100ns的最短脉冲,并且非线性校正被施加以精确控制灰度。脉冲的电流密度也可以经由查找表来配置。

[0099] 表1假设期望光量与位深度严格成比例。然而,伽马校正可以进一步被施加。非线性校正可以被配置成在伽马校正之后实现期望灰度。查找表可以被填充有通过将校准过程施加到显示器而确定的值,例如测量不同持续时间的光值以确定如何修改脉冲持续时间或

脉冲的电流密度。

[0100] 实施例包括配置驱动方案的方法,如本文中所公开的,以实现期望的光量。该方法可以包括以下步骤:确定期望输出(例如对应于位深度的标称亮度水平);利用合适的驱动方案(例如,脉冲形状和持续时间)操作显示器以实现在期望输出的预定范围内(例如,在 $\pm 10\%$ 或 20% 或 5% 或 1% 内)的实际输出。

[0101] 在一些实施例中,上述技术的某些方面可以由执行软件的处理系统的一个或多个处理器来实现。该软件包括存储或以其他方式有形地体现在非暂时性计算机可读存储介质上的一个或多个可执行指令集。软件能够包括指令和某些数据,当由一个或多个处理器执行时,该指令和某些数据操纵一个或多个处理器以执行上述技术的一个或多个方面。非瞬态计算机可读存储介质能够包括,例如,磁盘或光盘存储设备、诸如闪存、高速缓存的固态存储设备、随机存取存储器(RAM)或其他非易失性存储设备等。存储在非暂时性计算机可读存储介质上的可执行指令可以是源代码、汇编语言代码、目标代码或可由一个或多个处理器解释或以其他方式执行的其他指令形式。

[0102] 注意,并非上述一般描述中的所有活动或元件都是需要的,可能不需要特定活动或设备的一部分,并且除了描述的那些之外,还可以执行一个或多个其他活动或所包括的元件。此外,所列出的活动的顺序不一定是它们被执行的顺序。而且,已经参考具体实施例描述了这些概念。然而,本领域普通技术人员认识到,可以进行各种修改和改变而不脱离如所附权利要求中阐述的本公开的范围。因此,说明书和附图应被视为说明性而非限制性意义,并且所有这样的修改旨在被包括在本公开的范围。

[0103] 上面已经关于特定实施例描述了益处、其他优点和问题的解决方案。然而,益处、优点、问题的解决方案以及可以导致任何益处、优点或解决方案出现或变得更加明显的任何特征都不应被解释为任何或所有权利要求的关键、必需或基本特征。此外,以上公开的特定实施例仅是说明性的,因为对于受益于本文中教导的本领域技术人员而言,可以以不同但等效的方式修改和实践所公开的主题。除了在下方的权利要求中描述的以外,不旨在对本文中所示的构造或设计的细节进行限制。因此,明显的是,以上公开的特定实施例可以被改变或修改,并且所有这些变化均被认为在所公开主题的范围内。因此,本文中寻求的保护如所附权利要求所阐述。

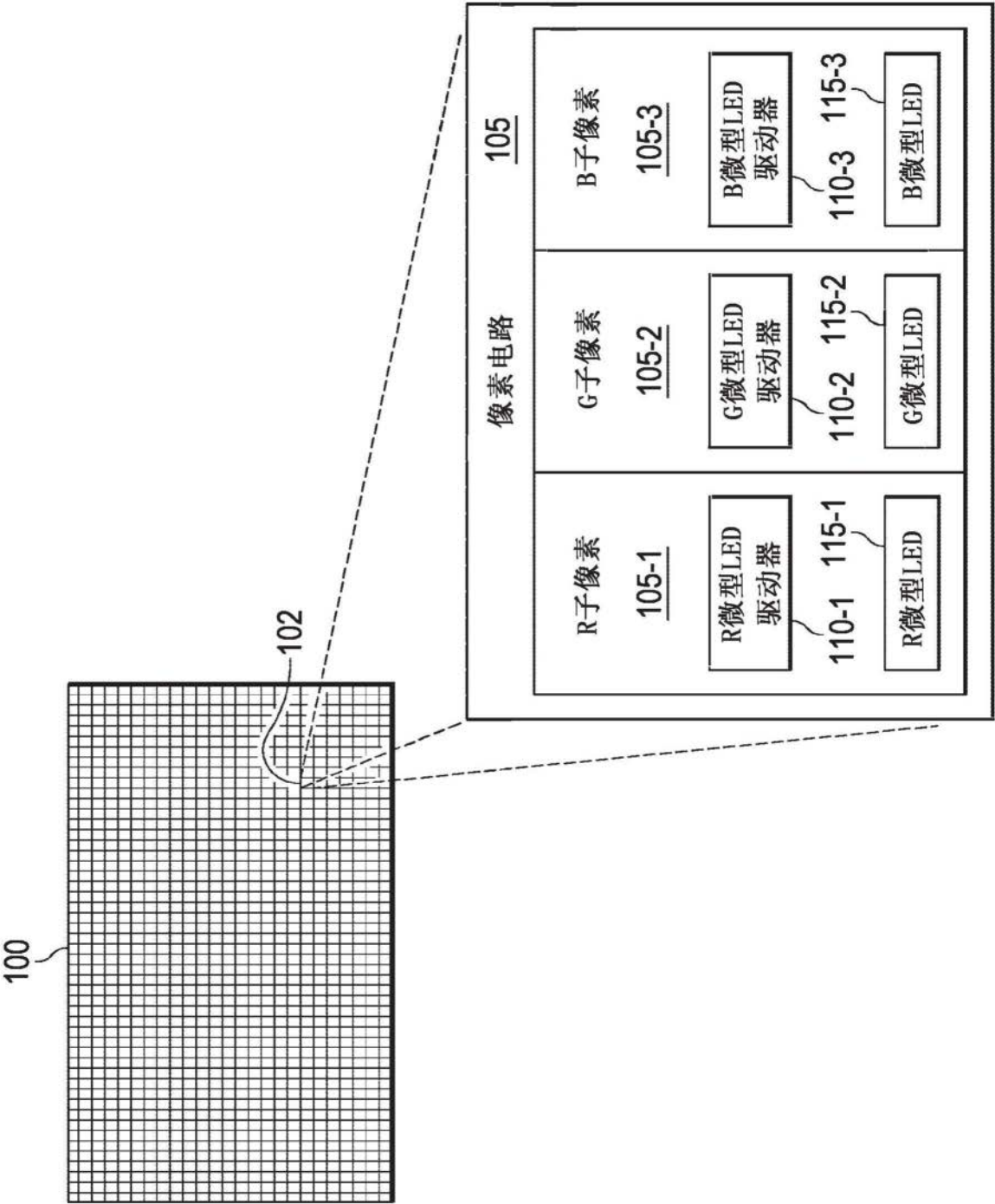


图1

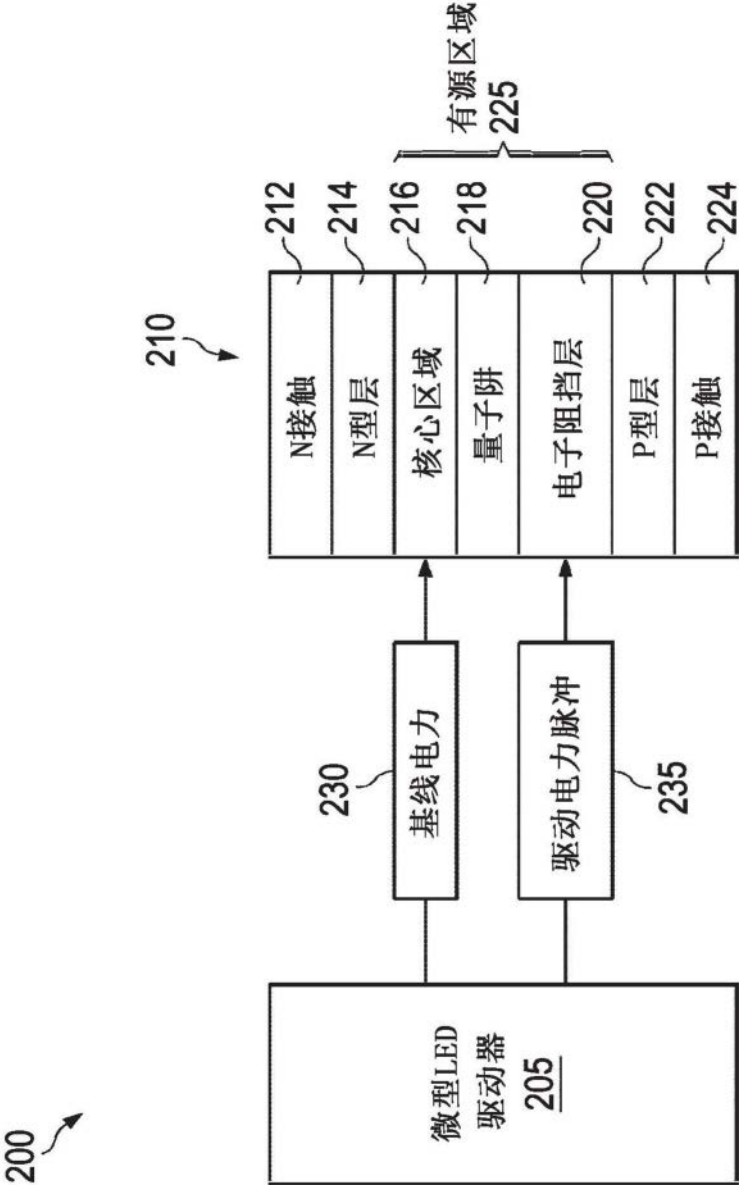


图2

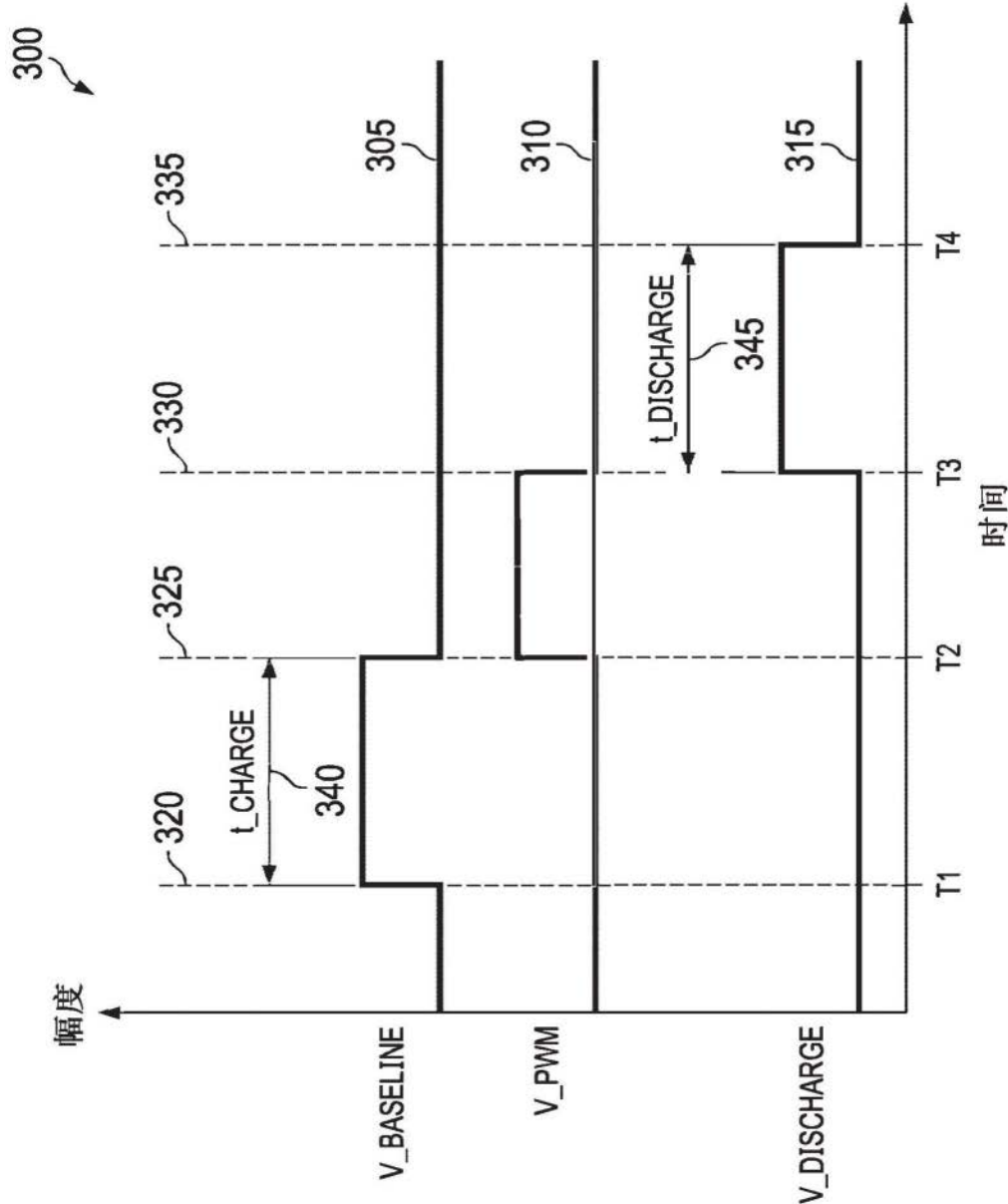


图3

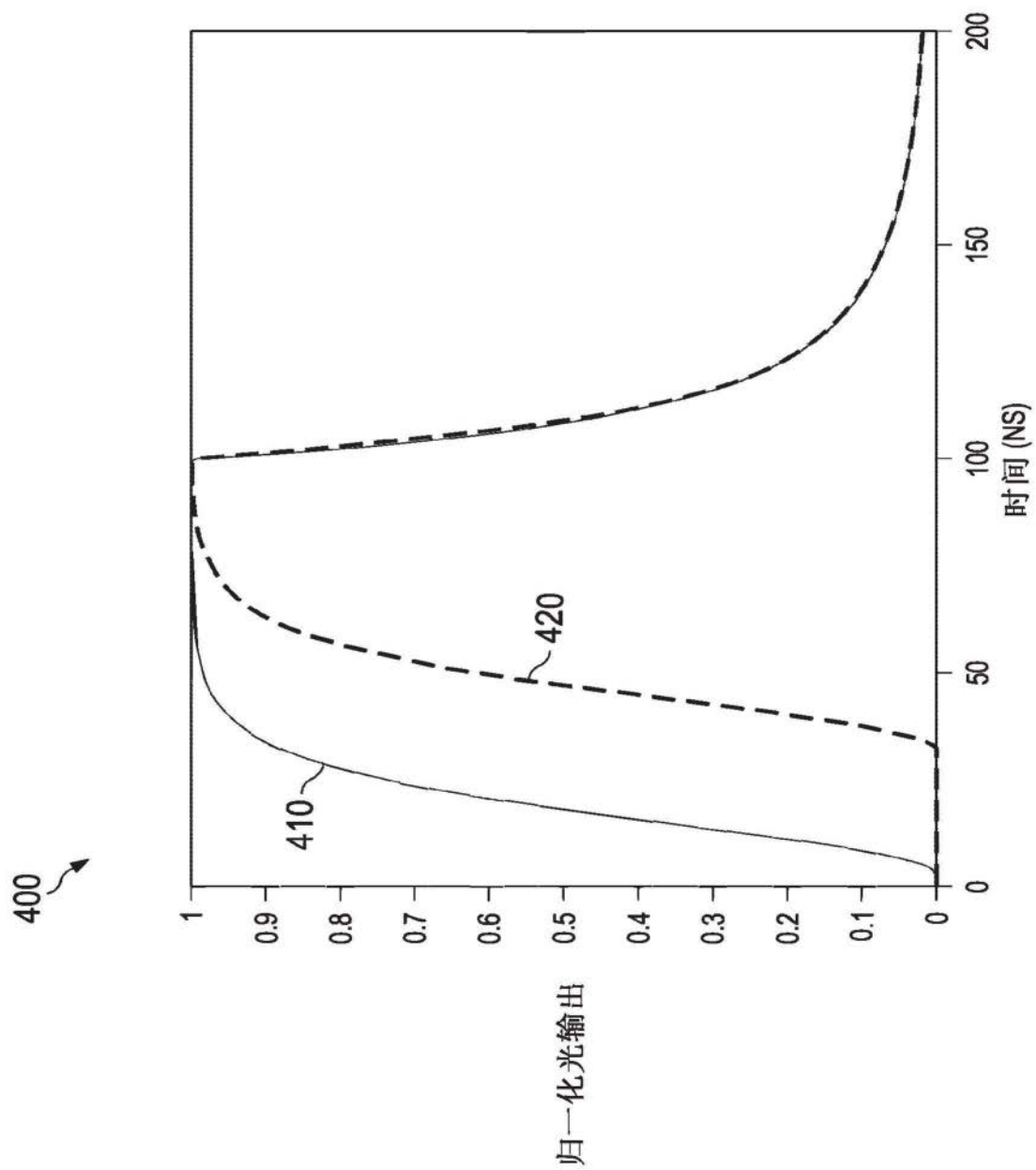


图4

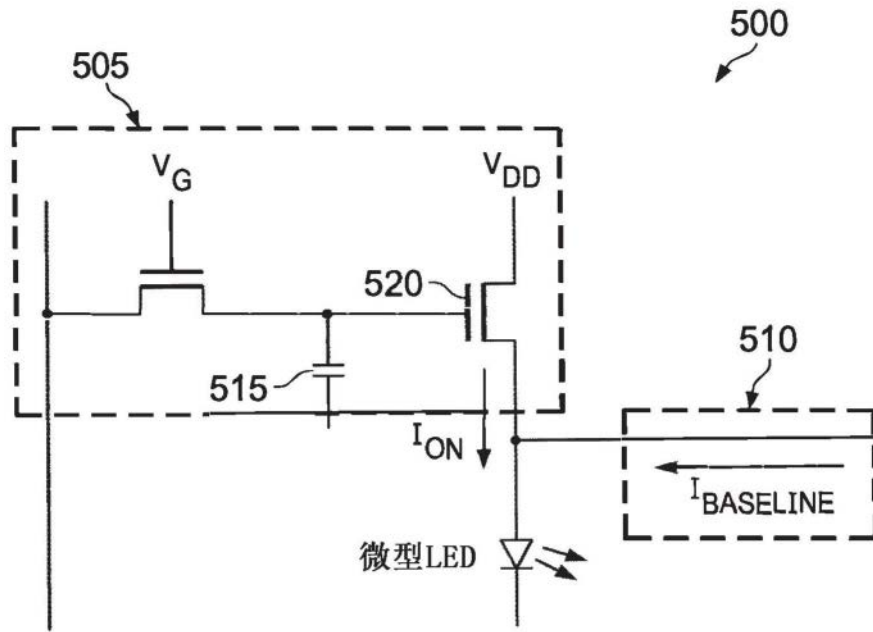


图5

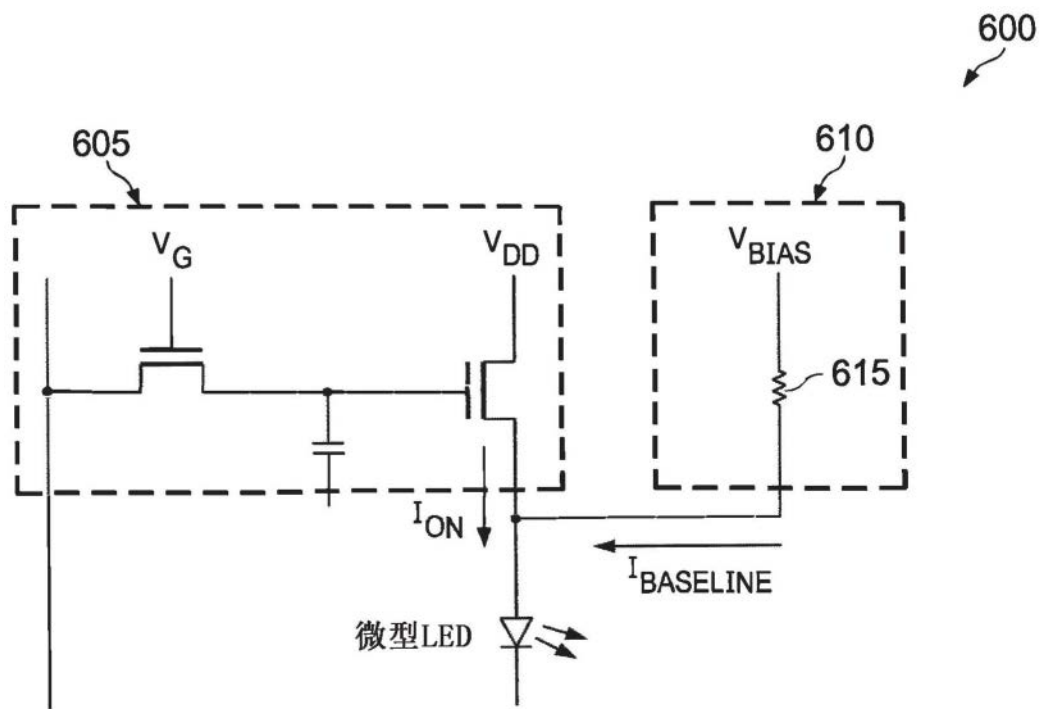


图6

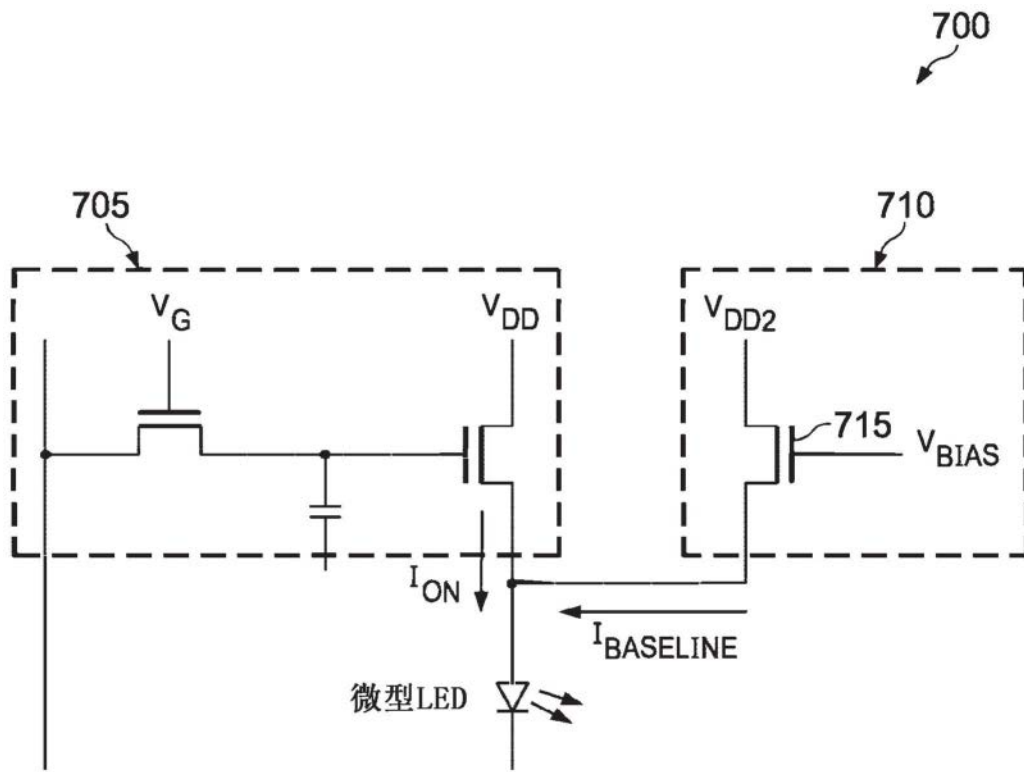


图7

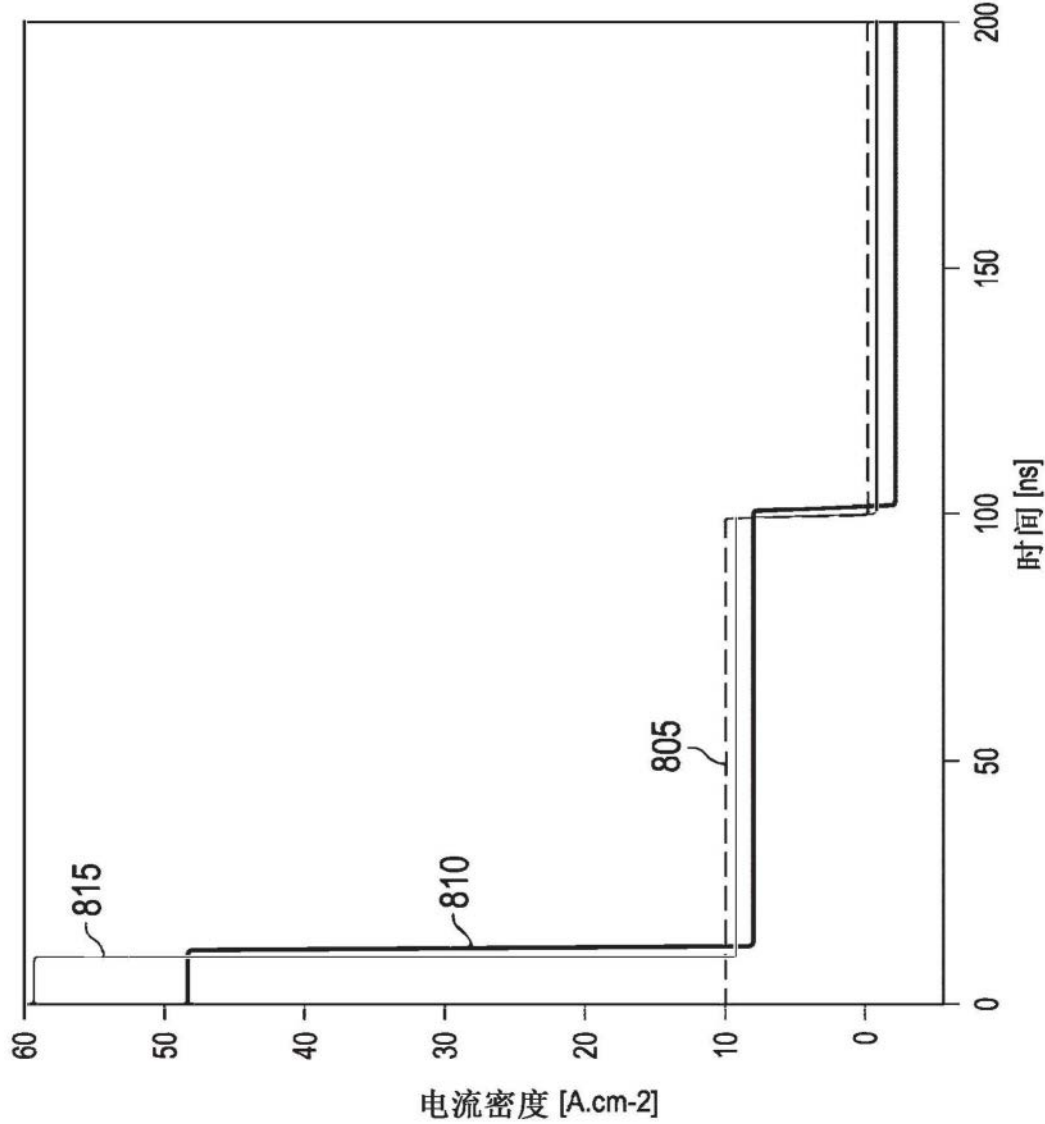


图8

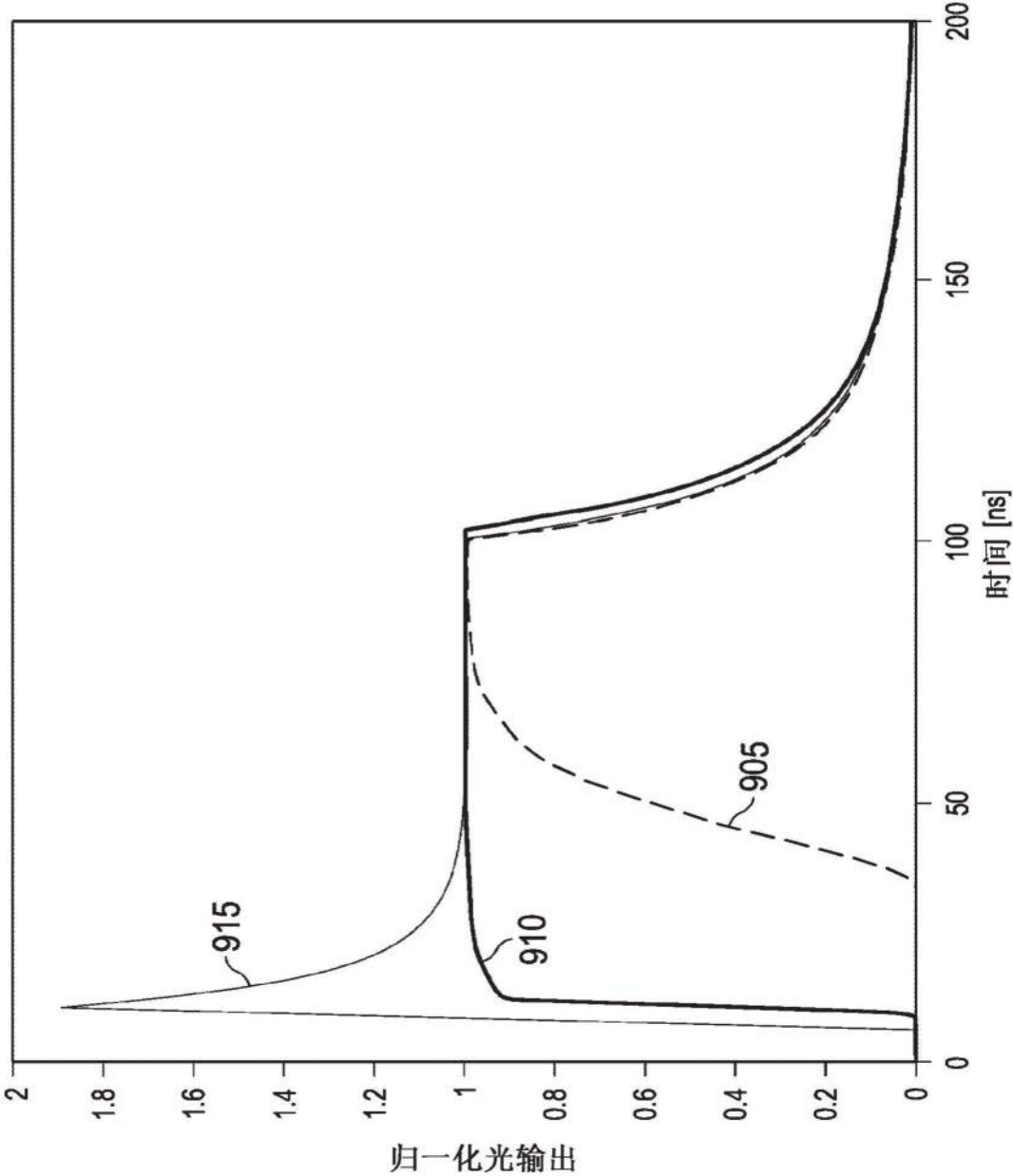


图9