



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 107735832 B

(45) 授权公告日 2021.10.22

(21) 申请号 201680032697.8

(22) 申请日 2016.05.27

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 107735832 A

(43) 申请公布日 2018.02.23

(30) 优先权数据
62/171,928 2015.06.05 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2017.12.04

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/US2016/034876 2016.05.27

(87) PCT国际申请的公布数据
W02016/196390 EN 2016.12.08

(73) 专利权人 苹果公司
地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 K·V·萨卡里亚 T·诺塔
裴浩弼 H·C·任

(74) 专利代理机构 北京市金杜律师事务所
11256

代理人 王茂华 崔卿虎

(51) Int.Cl.
G09G 3/20 (2006.01)
G09G 3/32 (2016.01)

(56) 对比文件
US 2004174388 A1, 2004.09.09
US 2014168037 A1, 2014.06.19
US 2006170623 A1, 2006.08.03
US 2009140960 A1, 2009.06.04

审查员 张婕

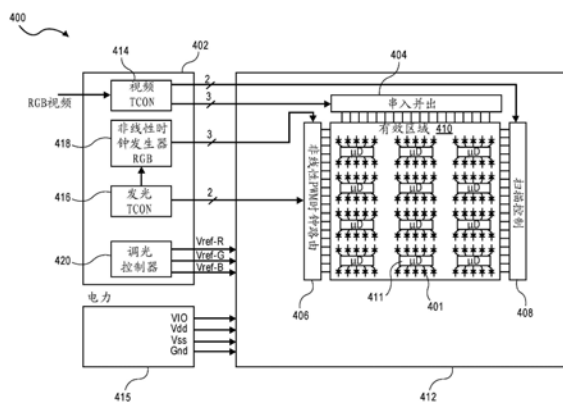
权利要求书3页 说明书17页 附图36页

(54) 发明名称

显示面板的发光控制装置和方法

(57) 摘要

本发明公开了与控制显示面板的发光相关的方法和装置。在一个实施方案中,显示驱动器硬件电路包括行选择逻辑器,用于选择显示面板的发光组中的行数,其中行数可从单个行调整为显示面板的整个面板;列选择逻辑器,用于选择显示面板的发光组中的列数,其中列数可从单个列调整为显示面板的整个面板;以及发光逻辑器,用于选择待显示的每个数据帧的脉冲数,其中每个数据帧的脉冲数可从一个调整为多个,并且脉冲长度可从连续占空比调整为非连续占空比。



1. 一种显示驱动器硬件电路,包括:
行选择逻辑器,所述行选择逻辑器用于选择显示面板的发光组中的行数;
列选择逻辑器,所述列选择逻辑器用于选择显示器的所述发光组中的列数;以及
发光逻辑器,所述发光逻辑器用于选择待显示的每个数据帧的一定数目的脉冲,其中所述数据帧包括具有相等长度的四个顺序的周期,并且每个周期包括所述数目的脉冲中的单个脉冲,其中所述待显示的每个数据帧的所述数目的脉冲是处于相同幅度的多个脉冲,并且所述发光逻辑器用于针对每个连续的灰度级增加少于所述多个脉冲中的全部脉冲的脉冲长度,并且其中针对所述多个脉冲的每个脉冲的所述脉冲长度是从多个非零脉冲长度中可选择的。
2. 根据权利要求1所述的显示驱动器硬件电路,其中所述发光逻辑器包括非线性灰度时钟。
3. 根据权利要求2所述的显示驱动器硬件电路,还包括与所述发光逻辑器耦接的多个驱动器芯片,每个驱动器芯片包括:
计数器,所述计数器用于存储所述非线性灰度时钟的脉冲的数目;
多个单元电路,每个单元电路包括:
数据寄存器,所述数据寄存器用于存储数据信号;以及
比较器,所述比较器用于将来自所述数据寄存器的所述数据信号与所述脉冲的数目进行比较,以使得当所述数据信号与所述脉冲的数目不同时由显示元件发光。
4. 根据权利要求3所述的显示驱动器硬件电路,其中每个单元电路包括:多个数据寄存器,所述多个数据寄存器用于存储多个数据信号;以及
多个比较器,所述多个比较器用于将来自对应的数据寄存器的对应的数据信号与所述脉冲的数目进行比较,以使得当所述对应的数据信号与所述脉冲的数目不同时由对应的显示元件对应的发光。
5. 根据权利要求4所述的显示驱动器硬件电路,其中每个对应的显示元件在显示面板的行内。
6. 根据权利要求3所述的显示驱动器硬件电路,其中每个连续的灰度级将增加所述多个脉冲中的仅一个脉冲的所述脉冲长度。
7. 根据权利要求6所述的显示驱动器硬件电路,其中每个连续的灰度级将增加针对灰度级中每个连续增加的非相邻脉冲的所述脉冲长度。
8. 根据权利要求3所述的显示驱动器硬件电路,其中所述多个脉冲是至少三个脉冲。
9. 根据权利要求3所述的显示驱动器硬件电路,包括:
微驱动器芯片阵列;以及
电连接到所述微驱动器芯片阵列的微LED阵列。
10. 根据权利要求9所述的显示驱动器硬件电路,其中每个微驱动器芯片控制多个像素。
11. 根据权利要求10所述的显示驱动器硬件电路,其中所述非线性灰度时钟包括多个非线性灰度时钟。
12. 根据权利要求11所述的显示驱动器硬件电路,其中所述多个非线性灰度时钟包括:
第一非线性灰度时钟,用于为发光微LED的第一颜色提供非线性时钟脉冲信号;以及

第二非线性灰度时钟,用于为发光微LED的第二颜色提供非线性时钟脉冲信号;以及第三非线性灰度时钟,用于为发光微LED的第三颜色提供非线性时钟脉冲信号。

13.根据权利要求11所述的显示驱动器硬件电路,其中所述多个非线性灰度时钟包括:
第一非线性灰度时钟,用于为发光微LED的第一颜色提供非线性时钟脉冲信号;以及
第二非线性灰度时钟发生器,用于为发光微LED的第二颜色和第三颜色两者提供非线性时钟脉冲信号。

14.根据权利要求1所述的显示驱动器硬件电路,
其中所述发光逻辑器包括:
第一非线性灰度时钟,用于为发光微LED的第一颜色提供非线性时钟脉冲信号;以及
第二非线性灰度时钟,用于为发光微LED的第二颜色提供非线性时钟脉冲信号;并且
所述显示驱动器硬件电路进一步包括:
与所述发光逻辑器耦合的多个驱动器芯片,每个驱动器芯片包括:
第一计数器,用于存储所述第一非线性灰度时钟的第一脉冲数;
第二计数器,用于存储所述第二非线性灰度时钟的第二脉冲数;
一个或多个单元电路,每个单元电路包括:
数据寄存器,用于存储数据信号;以及
第一比较器,用于将来自所述数据寄存器的所述数据信号与来自所述第一非线性灰度时钟的所述第一脉冲数进行比较,并且引起

第一开关激活第一电流源以输出第一恒定电流并且引起通过第一显示元件的第一发光,直到所述第一比较器指示所述第一发光已经达到由所述数据信号指示的第一值;

其中每个连续的灰度级将增加第一多个脉冲中的非相邻单个脉冲的脉冲长度,所述第一多个脉冲处于相同幅度,并且所述第一多个脉冲是至少三个脉冲;

第二比较器,用于将来自所述数据寄存器的所述数据信号与来自所述第二非线性灰度时钟的所述第二脉冲数进行比较,并且引起

第二开关激活第二电流源以输出第二恒定电流并且引起通过第二显示元件的第二发光,直到所述第二比较器指示所述第二发光已经达到由所述数据信号指示的第二值;

其中每个连续的灰度级将增加第二多个脉冲中的非相邻单个脉冲的脉冲长度,所述第二多个脉冲处于与所述第一多个脉冲的所述幅度不同的相同幅度,并且所述第二多个脉冲是至少三个脉冲。

15.一种驱动显示面板的方法,包括:
对灰度时钟的脉冲的数目进行计数;
将数据信号存储在数据寄存器中;以及
将来自所述数据寄存器的所述数据信号与所述脉冲的数目进行比较,
以使得当所述数据信号与所述脉冲的数目不同时由所述显示面板的显示元件发光,其中待显示的每个数据帧包括具有相等长度的四个顺序的周期,并且每个周期包括所述数目的脉冲中的单个脉冲,其中所述发光包括待显示的每个数据帧的处于相同幅度的多个脉冲,并且通过增加少于数据帧中的所述多个脉冲中的全部脉冲的脉冲长度来调制灰度级,并且其中针对所述多个脉冲的每个脉冲的所述脉冲长度是从零值和多个非零值中可选择的。

16. 根据权利要求15所述的方法, 其中所述计数包括对非线性灰度时钟的所述脉冲的数目进行计数。

17. 根据权利要求15所述的方法, 其中每个连续的灰度级将增加所述多个脉冲中的仅一个脉冲的所述脉冲长度。

18. 根据权利要求17所述的方法, 其中每个连续的灰度级将增加针对灰度级中每个连续增加的非相邻脉冲的所述脉冲长度。

19. 根据权利要求15所述的方法, 其中所述多个脉冲是至少三个脉冲。

显示面板的发光控制装置和方法

[0001] 相关专利申请

[0002] 本专利申请要求2015年6月5日提交的美国临时专利申请62/171,928的优先权权益,该专利申请以引用方式并入本文。

技术领域

[0003] 本公开大体涉及显示系统,并且更具体地涉及用于显示面板的发光控制装置和方法。

背景技术

[0004] 显示面板用于范围广泛的电子设备中。普通类型的显示面板包括有源矩阵显示面板,其中每个像素可以被驱动以显示数据帧。高分辨率彩色显示面板诸如计算机显示器、智能电话和电视机可以使用有源矩阵显示结构。可以利用m行线和n列线或其子集来解决对 $m \times n$ 个显示(例如,像素)元件的有源矩阵显示。在传统的有源矩阵显示技术中,开关设备和存储设备位于显示器的每个显示元件处。显示元件可以是发光二极管(LED)或其他发光材料。可以将一个或多个存储设备(例如电容器或数据寄存器)连接到每个显示(例如,像素)元件,例如,以加载其中的数据信号(例如,对应于待从该显示元件发出的发光)。传统显示器中的开关往往通过由沉积的薄膜制成的晶体管实现,因而称为薄膜晶体管(TFT)。用于TFT集成的普通半导体是非晶硅(a-Si),其允许在低温工艺中进行大面积制造。a-Si TFT和传统的硅金属氧化物半导体场效应晶体管(MOSFET)之间的主要区别为a-Si中的电子迁移率较低,这是由于存在电子陷阱。另一个区别包括阈值电压漂移较大。低温多晶硅(LTPS)表示用于TFT集成的另选材料。LTPS TFT具有比a-Si TFT高的迁移率,但迁移率仍比MOSFET低。

发明内容

[0005] 描述了用于控制显示面板的发光的方法、系统和装置。在一个实施方案中,显示驱动器硬件电路包括行选择逻辑器,用于选择显示面板的发光组中的行数,其中行数可从单个行调整为显示面板的整个面板;列选择逻辑器,用于选择显示面板的发光组中的列数,其中列数可从单个列调整为显示面板的整个面板;以及发光逻辑器,用于选择待显示的每个数据帧的脉冲数,其中每个数据帧的脉冲数可从一个调整为多个,并且脉冲长度可从连续占空比调整为非连续占空比。显示驱动器硬件电路可以包括多个非线性灰度时钟,并且其中发光逻辑器用于将第一数据信号与来自第一非线性灰度时钟的脉冲数进行比较,以使得当第一数据信号与来自第一非线性灰度时钟的脉冲数不同时由第一显示元件发光,并且用于将第二数据信号与来自第二非线性灰度时钟的第二脉冲数进行比较,以使得当第二数据信号与来自第二非线性灰度时钟的第二脉冲数不同时由第二不同颜色的显示元件发光。显示驱动器硬件电路可以包括定时偏移电路,用于使显示面板的相邻显示元件在不同的时间开始发光。待显示的每个数据帧的脉冲数可以是多个脉冲,并且发光逻辑器可以针对每个

连续的灰度级增加小于多个脉冲中的全部脉冲的脉冲长度。发光组可以是包括至少一个红色发光二极管(LED)、绿色LED和蓝色LED的像素,但该特定布置为示例性的,可以使用构成一个像素的其他LED颜色布置。

[0006] 在一个实施方案中,驱动显示面板的方法包括:利用行选择逻辑器选择显示面板的发光组中的行数,其中行数可从单个行调整为显示面板的整个面板;利用列选择逻辑器选择显示面板的发光组中的列数,其中列数可从单个列调整为显示面板的整个面板;以及利用发光逻辑器选择待显示的每个数据帧的脉冲数,其中每个数据帧的脉冲数可从一个调整为多个,并且脉冲长度可从连续占空比调整为非连续占空比。该方法可以包括:将第一数据信号与来自第一非线性灰度时钟的脉冲数进行比较,以使得当第一数据信号与来自第一非线性灰度时钟的脉冲数不同时由第一显示元件发光;并且将第二数据信号与来自第二非线性灰度时钟的第二脉冲数进行比较,以使得当第二数据信号与来自第二非线性灰度时钟的脉冲数不同时由第二不同颜色的显示元件发光。该方法可以包括利用定时偏移电路使显示面板的相邻显示元件在不同的时间开始发光。待显示的每个数据帧的脉冲数可以是多个脉冲,并且发光逻辑器可以针对每个连续的灰度级增加小于多个脉冲中的全部脉冲的脉冲长度。发光组可以是包括至少一个红色发光二极管(LED)、绿色LED和蓝色LED的像素,但该特定布置为示例性的,可以使用构成一个像素的其他LED颜色布置。

[0007] 在一个实施方案中,显示驱动器硬件电路包括用于存储非线性灰度时钟的脉冲数的计数器,以及多个单元电路。每个单元电路可以包括数据寄存器,用于存储数据信号;比较器,用于将来自数据寄存器的数据信号与脉冲数进行比较,以使得当数据信号与脉冲数不同时由显示元件发光;以及定时偏移电路,用于使相邻显示元件在不同的时间开始发光。相邻显示元件可以是显示面板的行。相邻显示元件可以是显示面板的列。相邻显示元件可以是显示面板的多个行和多个列。每个显示元件都可以是像素。

[0008] 在一个实施方案中,驱动显示面板的方法包括:对非线性灰度时钟的脉冲数进行计数;将第一数据信号存储在第一数据寄存器中并将第二数据信号存储在第二数据寄存器中;将来自第一数据寄存器的第一数据信号与脉冲数进行比较,以使得当第一数据信号与脉冲数不同时由显示面板的第一显示元件发光;将来自第二数据寄存器的第二数据信号与脉冲数进行比较,以使得当第二数据信号与脉冲数不同时由显示面板的相邻的第二显示元件发光;以及使第一显示元件开始发光,并且在不同的时间使相邻的第二显示元件开始发光。该方法可以包括将第一显示元件和相邻的第二显示元件作为显示面板的行提供。该方法可以包括将第一显示元件和相邻的第二显示元件作为显示面板的列提供。该方法可以包括将第一显示元件和相邻的第二显示元件作为显示面板的多个行和多个列提供。该方法可以包括将第一显示元件和相邻的第二显示元件中的每一者作为一个像素提供。

[0009] 在一个实施方案中,显示驱动器硬件电路包括:数据寄存器,用于存储数据信号;计数器,用于存储灰度时钟的脉冲数;以及比较器,用于将来自数据寄存器的数据信号与脉冲数进行比较,以使得当数据信号与脉冲数不同时由显示元件发光,其中发光将包括待显示的每个数据帧的多个脉冲,并且每个连续的灰度级将增加小于多个脉冲中的全部脉冲的脉冲长度(灰度级可以被调制为具有增加的脉冲长度,该增加的脉冲长度小于数据帧中的多个脉冲中的全部脉冲)。灰度时钟可以是非线性灰度时钟。每个连续的灰度级可以增加多个脉冲中的仅一个脉冲的脉冲长度。多个脉冲可以处于相同的幅度。多个脉冲可以是至少

三个脉冲。

[0010] 在一个实施方案中,驱动显示面板的方法包括:对灰度时钟的脉冲数进行计数;将数据信号存储在数据寄存器中;以及将来自数据寄存器的数据信号与脉冲数进行比较,以使得当数据信号与脉冲数不同时由显示面板的显示元件发光,其中发光包括待显示的每个数据帧的多个脉冲,并且每个连续的灰度级将增加小于多个脉冲中的全部脉冲的脉冲长度(可以通过增加小于数据帧中的多个脉冲中的全部脉冲的脉冲长度来调制灰度级)。计数可以包括对非线性灰度时钟的脉冲数进行计数。每个连续的灰度级可以增加多个脉冲中的仅一个脉冲的脉冲长度。多个脉冲可以处于相同的幅度。多个脉冲可以是至少三个脉冲。

[0011] 在一个实施方案中,显示驱动器硬件电路包括用于选择显示面板的发光组中的行数的设备,其中行数可从单个行调整为显示面板的整个面板;用于选择显示面板的发光组中的列数的设备,其中列数可从单个列调整为显示面板的整个面板;以及用于选择待显示的每个数据帧的脉冲数的设备,其中每个数据帧的脉冲数可从一个调整为多个,并且脉冲长度可从连续占空比调整为非连续占空比。

[0012] 在一个实施方案中,显示系统包括背板,该背板包括有效区域;一行列驱动器,这行列驱动器包括多个列驱动器;一列行驱动器,这列行驱动器包括多个行驱动器;位于有效区域中的微驱动器芯片阵列;位于有效区域中并且电连接到微驱动器芯片阵列的微LED阵列;以及发光控制器。

[0013] 每个微驱动器芯片可以控制多个像素。在一个实施方案中,微驱动器芯片被表面安装在背板上的有效区域中。多个列驱动器和多个行驱动器可以同样地被表面安装在背板上。发光控制器可以包括非线性时钟发生器,该非线性时钟发生器可以另外包括多个非线性时钟发生器。例如,多个非线性时钟发生器可以包括第一非线性时钟发生器,用于为发出红色光的微LED提供非线性时钟脉冲信号。可以为每个发出不同颜色光的微LED提供独立的非线性时钟发生器。在一个实施方案中,非线性时钟发生器将非线性时钟脉冲信号提供给一组发出不同颜色光的LED,诸如发出蓝色光的LED和发出绿色光的LED这两者。

附图说明

[0014] 多个实施方案在附图的图示中通过举例而非限制的方式示出:

[0015] 图1是根据一个实施方案的基于半导体的微LED的外部量子效率(EQE)与操作电流的关系的图解图示。

[0016] 图2是根据本公开的一个实施方案的显示系统。

[0017] 图3A是根据本公开的一个实施方案的幅度调制(AM)的图示,其中每像素的电流水平设定灰度级。

[0018] 图3B是根据本公开的一个实施方案的脉冲宽度调制(PWM)的图示,其中脉冲宽度设定灰度级。

[0019] 图3C是根据本公开的一个实施方案的混合调制的图示,其中可以调制脉冲宽度以设定粗略灰度级,并且调制电流水平以设定精细灰度级。

[0020] 图4是根据本公开的一个实施方案的具有多个微驱动器(μ D)的显示系统。

[0021] 图5是根据本公开的一个实施方案的具有多个微驱动器(μ D)的显示系统。

[0022] 图6是根据本公开的一个实施方案的非线性时钟发生器的近距离视图图示。

- [0023] 图7是根据本公开的一个实施方案的非线性时间对灰度级的图。
- [0024] 图8是根据本公开的一个实施方案的微驱动器的单位单元。
- [0025] 图9是根据本公开的一个实施方案的微驱动器。
- [0026] 图10是根据本公开的一个实施方案的显示系统的框图。
- [0027] 图11是根据本公开的一个实施方案的像素数据分布的图。
- [0028] 图12是根据本公开的一个实施方案的发光时钟行驱动器的框图。
- [0029] 图13A至图13D是根据本公开的一个实施方案的时钟极性选项。
- [0030] 图14示出了根据本公开的一个实施方案的单端模式和差分模式的列驱动列驱动。
- [0031] 图15是根据本公开的一个实施方案的发光脉冲控制器。
- [0032] 图16是根据本公开的一个实施方案的脉冲控制电路。
- [0033] 图17是根据本公开的一个实施方案的发光脉冲宽度调制 (PWM) 控制时序图。
- [0034] 图18是根据本公开的一个实施方案的发光控制的框图。
- [0035] 图19是根据本公开的一个实施方案的显示系统。
- [0036] 图20是根据本公开的一个实施方案的微驱动器的单位单元。
- [0037] 图21是根据本公开的一个实施方案的包括多个单位单元的微驱动器。
- [0038] 图22A是根据本公开的一个实施方案的发光图案的时间和行位置图。
- [0039] 图22B是图22A中的发光图案的时间和列位置图的一个实施方案。
- [0040] 图22C是与图22A至图22B中的时序图相对应的发光像素 (例如, 由黑色指示) 行进的一个实施方案的图。
- [0041] 图22D是与图22A至图22C相对应的发光列选择驱动器时序图的一个实施方案。
- [0042] 图23A是根据本公开的一个实施方案的发光图案的示意性时序图。
- [0043] 图23B是根据本公开的一个实施方案的发光图案的时间和行位置图。
- [0044] 图23C是图23B中的一个正方形栅格的时间和行位置图的一个实施方案。
- [0045] 图24是根据本公开的一个实施方案的发光控制的时序图。
- [0046] 图25是根据本公开的一个实施方案的发光控制的框图。
- [0047] 图26是根据本公开的一个实施方案的发光控制的脉冲图。
- [0048] 图27是根据本公开的一个实施方案的包括微驱动器的显示系统, 该微驱动器可包括模拟像素电路或单位单元。
- [0049] 图28是根据本公开的一个实施方案的微驱动器的模拟像素电路或单位单元。
- [0050] 图29是根据本公开的一个实施方案的微驱动器的模拟像素电路或单位单元。
- [0051] 图30是根据本公开的一个实施方案的微驱动器的混合数字和模拟单位单元。
- [0052] 图31是根据本公开的一个实施方案的微驱动器的混合数字和模拟单位单元。
- [0053] 图32是根据本公开的一个实施方案的流程图。

具体实施方式

[0054] 在各种实施方案中, 参照附图来进行描述。然而, 某些实施方案可在不存在这些具体细节中的一个或多个具体细节或者不与其他已知的方法和构型相结合的情况下被实施。在以下的描述中, 示出诸如特定配置、尺寸和工艺等许多具体细节以提供对本公开的透彻理解。在其他情况下, 未对众所周知的技术和部件进行特别详细的描述, 以免不必要地模糊

本公开。本说明书通篇所提到的“一个实施方案”等是指结合所述实施方案所描述的特定特征、结构、配置或特性被包含在本公开的至少一个实施方案中。因此，在本说明书通篇各处出现的短语“在一个实施方案中”或类似说法不一定是指本公开的相同实施方案。此外，特定特征、结构、配置或特性可以以任何适当的方式组合在一个或多个实施方案中。

[0055] 根据一些实施方案，描述了包括微驱动器（也称为 μD 或 μ 驱动器）芯片和微LED（也称为 μLED ）的布置的显示面板。另外，本文讨论了用于控制显示面板（例如其显示元件）发光的方法、系统和装置。尤其描述了用于发光控制（包括灰度控制）的方法、系统和装置，这些方法、系统和设备特别适用于包括微驱动器芯片和微LED的布置的显示面板。

[0056] 在一个实施方案中，微LED可以是最大侧向尺寸为 $1\mu\text{m}$ 至 $300\mu\text{m}$ 、 $1\mu\text{m}$ 至 $100\mu\text{m}$ 、 $1\mu\text{m}$ 至 $20\mu\text{m}$ ，或更具体地为 $1\mu\text{m}$ 至 $10\mu\text{m}$ 诸如 $5\mu\text{m}$ 的基于半导体的材料。例如，微驱动器芯片可以具有 $1\mu\text{m}$ 至 $300\mu\text{m}$ 的最大侧向尺寸，并且可以装配在微LED的像素布局内。根据多个实施方案，微驱动器芯片可以替换每个显示元件的如TFT架构中通常所采用的一个或多个开关和一个或多个存储设备。微驱动器芯片可以包括数字单位单元、模拟单位单元或混合数字和模拟单位单元。另外，MOSFET处理技术可以用于在单晶硅上制造微驱动器芯片，这一点与在a-Si或LTPS上制造的TFT处理技术完全不同。根据其他实施方案，微驱动器可以表示在显示器基板内（例如在单晶硅基板内）形成的逻辑器/电路，而不是表面安装的芯片。

[0057] 在一个方面，可以通过TFT集成技术实现显著的效率提高。例如，与TFT技术相比，微驱动器芯片可以在显示器基板上利用较小的有用面积。例如，结合了数字单位单元的微驱动器芯片可以使用相比模拟存储电容器消耗相对较小面积的数字存储元件（例如寄存器）。在微驱动器芯片包括模拟部件的情况下，单晶硅的MOSFET上的处理技术可以替换以较低效率在a-Si或LTPS上形成较大设备的薄膜技术。另外，与使用a-Si或LTPS形成的TFT相比，微驱动器芯片可能需要较少的电力。在其他实施方案中，使用与TFT集成相比可以提供效率的MOSFET处理技术，可以在显示器基板内，例如在单晶硅基板内形成微驱动器逻辑器/电路。

[0058] 在另一个方面，可以利用微LED显示元件，例如，使得被微LED消耗的电力是显示设备的例如来自电池的总电力消耗的很小一部分。在此类方面，与其他显示元件诸如有机发光二极管（OLED）和液晶显示器（LCD）相比，微LED在发光时的效率可能很高并且可能消耗明显（例如数量级）较少的电力。图1是根据一个实施方案的基于半导体的微LED的外部量子效率（EQE）与操作电流的关系的图解图示。实施方案不限于图1所示的示例性EQE曲线和操作电流，但该图示示出了可能适用于一个或多个实施方案的一些关系。例如，被设计用于发出不同颜色光的微LED可能具有不同的特征效率。在所示的特定实施方案中，发出蓝色光的微LED和发出绿色光的微LED具有比发出红色光的微LED更相似的特征EQE曲线。效率可能取决于多种因素，包括材料选择、制造方法、尺寸、形状等。另外，对于不同的微LED，最大效率范围出现在不同的操作电流和电流密度下。在图1所示的实施方案中，发出蓝色光的微LED和发出绿色光的微LED可能具有介于 $0.1\mu\text{A}$ 和 $20\mu\text{A}$ 之间的特征最大效率范围，而发出红色光的微LED可能具有介于 $10\mu\text{A}$ 和 $200\mu\text{A}$ 之间的特征最大效率范围。此外，示例性的图1所示的电流范围与OLED或LCD相比可能相对高。

[0059] 在另一个方面，实施方案描述了一种数字显示器架构，其中可以从恒定电流源并且以特定颜色LED的EQE曲线上的指定水平供应短脉冲。例如，发光脉冲宽度可能低至 10ns ，

而不对微LED脉冲压摆率敏感(例如,对于所有灰度级都将存在两个边缘)。最小脉冲宽度(例如10ns)可能比线时间(例如40 μ s)小得多。发光组中的行数可能可从单个行调整为整个面板。每个帧的脉冲数可能可从例如1调整为10。发光脉冲长度可能可从连续(100%占空比)调整为10ns。控制列可以指定哪个像素在一行内发光,并且列数可能可从单个列调整为整个面板。在一些实施方案中,可以用每个数据帧供应多个发光脉冲。在某些实施方案中,通过对显示元件的发光脉冲进行脉冲宽度调制(PWM)来实现灰度级。在每个数据帧包括多个发光脉冲的一些实施方案中,可以修改一个或多个脉冲宽度以实现指定的灰度级。

[0060] 图2是根据本公开的一个实施方案的显示系统100。发光控制器102可以接收要在显示面板110(例如,其全部或部分)上显示的内容作为输入,该内容例如对应于照片信息(例如数据帧)的输入信号。发光控制器可以包括用于选择性地使得显示元件发光(例如对人眼可见)的电路(例如逻辑器)。发光控制器可以使得一个或多个存储设备(例如电容器或数据寄存器)用于(例如操作)显示元件(例如,该多个显示元件中的显示元件),以接收数据信号(例如,用于断开或接通显示元件的信号)。列驱动器104和/或行驱动器106可以是发光控制器的部件。列驱动器104可以允许发光控制器102与显示元件的列通信(例如,控制显示元件的列)。行驱动器106可以允许发光控制器102与显示元件的行通信(例如,控制显示元件的行)。列驱动器104和行驱动器106可以允许发光控制器102与各个显示元件或一组显示元件(例如像素或子像素)通信(例如,控制各个显示元件或一组显示元件)。

[0061] 显示面板110可以包括像素矩阵。每个像素可以包括发出不同颜色光的多个子像素。在红-绿-蓝(RGB)子像素布置中,每个像素可以包括分别发出红光、绿光和蓝光的三个子像素。应当理解,该RGB布置为示例性的,并且本公开不限于此。可以利用的其他子像素布置的示例包括但不限于红-绿-蓝-黄(RGBY)、红-绿-蓝-黄-青(RGBYC)或红-绿-蓝-白(RGBW),或者其中像素可以具有不同数量子像素的其他子像素矩阵方案。在一个实施方案中,一个或多个显示元件(例如LED 101)可以连接到微驱动器(例如 μ D 111),该微驱动器驱动(例如,根据发光控制器102)一个或多个显示元件发光。例如,微驱动器111和显示元件101可被表面安装在显示面板110上。虽然所描绘的微驱动器包括十个显示元件,但本公开不限于此,并且微驱动器可以驱动一个显示元件或任意多个显示元件。在一个实施方案中,显示元件(例如101)可以例如为像素,且每个像素包括三个显示元件子像素(例如,红色、绿色和蓝色的LED)。

[0062] 在一个实施方案中,显示驱动器硬件电路(例如,硬件发光控制器)可以包括下列中的一者或多者:(例如行选择)逻辑器,用于选择显示面板的发光组中的行数,其中行数可从单个行调整为显示面板的整个面板;(例如列选择)逻辑器,用于选择显示面板的发光组中的列数,其中列数可从单个列调整为显示面板的整个面板;以及(例如发光)逻辑器,用于选择待显示的每个数据帧的脉冲数,其中每个数据帧的脉冲数可从一个调整为多个,并且脉冲长度可从连续占空比调整为非连续占空比。发光控制器可以包括硬件、软件、固件或它们的任何组合。在一个实施方案中,发光控制器使得显示器利用显示元件(例如LED)每个视频帧的四个脉冲以60Hz至240Hz刷新。

[0063] 图3A至图3C是根据多个实施方案的用于控制发光脉冲的各种方式到用于控制灰度的显示元件,或如由人眼观察到的感知亮度的一般图示。图3A是根据一个实施方案的幅度调制(AM)的图示,其中每像素的电流水平设定灰度级。如图所示,较高的电流水平对应于

较高的亮度, 较低的电流水平对应于较低的亮度或暗像素。在一个实施方案中, 在使用幅度调制来设定灰度级的情况下, 可以将全局脉冲宽度或长度设定为恒定值。简要回顾图1, 在利用AM的一个实施方案中, 可以在对应于LED的指定EQE范围的特定电流范围内选择可变电流范围。

[0064] 图3B是根据一个实施方案的脉冲宽度调制 (PWM) (也称为脉冲长度调制) 的图示, 其中脉冲宽度或长度设定灰度级。如图所示, 较高的脉冲宽度或长度对应于较高的亮度, 较窄的脉冲对应于较低的亮度或暗像素。在一个实施方案中, 在使用PWM来设定灰度级的情况下, 可以将全局电流设定为恒定值。简要回顾图1, 在利用PWM的一个实施方案中, 可以在对应于LED的指定EQE的特定电流处选择恒定电流水平。

[0065] 根据利用AM的实施方案, 以一系列电流水平驱动LED。在LED的寿命期间发生LED性能漂移的情况下, LED在以后的工作期可能在低电流水平下潜在地表现不同, 或者EQE在较低电流水平下可能不是最佳的 (例如, 在EQE曲线上较低)。根据利用PWM的实施方案, 用一系列脉冲宽度来驱动LED, 这可能潜在地需要非常小的脉冲宽度来产生最低的灰度级。图3C是根据一个实施方案的混合调制的图示, 其中可以调制脉冲宽度以设定粗略灰度级, 并且调制电流水平以设定精细灰度级。如图所示, 较高的电流水平和脉冲宽度对应于较高的亮度, 而较低的电流水平和较窄的脉冲对应于较低的亮度或暗像素。在一个实施方案中, 混合调制被用于高动态显示器, 这类显示器可能需要高达 10^6 的动态范围, 其中仅仅依赖于AM或PWM的缺陷可能很明显。

[0066] 图4是根据本公开的一个实施方案的显示系统400。发光控制器402可以是现场可编程门阵列 (FPGA) 集成电路。所描绘的发光控制器402包括视频定时控制器414, 例如, 用于向显示器背板412提供定时控制信号; 可由发光定时控制器416控制的 (例如非线性) 时钟发生器418; 以及调光控制器420。电力模块415可以为显示系统400的部件供电。发光控制器402可以接收包含显示 (例如像素) 数据的数据 (例如信号) 的输入, 并且提供数据 (例如信号) 以使得有效区域410的显示元件 (例如LED) 根据显示数据发光。在一个实施方案中, 所描绘的背板412包括 (例如非线性) 脉冲宽度调制 (PWM) 时钟路由电路406, 例如, 用于将时钟信号路由到有效区域410。所描绘的背板412包括串入并出电路404, 例如, 用于将视频信号路由到有效区域410。所描绘的背板412包括扫描控制电路408, 例如, 用于将显示数据信号路由到有效区域410。一个或多个显示元件 (例如LED 401) 可以连接到微驱动器 (例如 μD 411), 该微驱动器驱动 (例如, 根据发光控制器402) 一个或多个显示元件发光。虽然所描绘的微驱动器包括十个显示元件, 但本公开不限于此, 并且微驱动器可以驱动一个显示元件或任意多个显示元件。显示元件 (例如401) 可以例如为像素, 其中每个像素包括三个显示元件子像素 (例如, 红色、绿色和蓝色的LED)。

[0067] 图5是根据本公开的一个实施方案的具有多个微驱动器 (μD) 的显示系统500。发光控制器502可以是现场可编程门阵列 (FPGA) 集成电路。所描绘的发光控制器502包括视频定时控制器514, 例如, 用于向显示器背板512提供定时控制信号; 可由发光定时控制器516控制的非线性时钟发生器518; 以及调光控制器520。所描绘的非线性时钟发生器518包括两个查找表 (LUT), 例如红色 (R) 发光元件LUT 519R以及绿色 (G) 和蓝色 (B) LUT 519G/B, 用于向红色发光元件提供一个非线性时钟信号并且向绿色发光元件和蓝色发光元件提供另一个非线性时钟信号。来自非线性时钟发生器的每个脉冲可以具有相同的幅度 (例如高度), 但是

具有变化的宽度(例如,作为时间量的函数,脉冲是活动的(变高))。在一个实施方案中,发光元件的每种颜色(例如,红色、绿色和蓝色)可以具有其自身的非线性时钟信号。电力模块515可以为显示系统500的部件供电。发光控制器502可以接收包含显示(例如像素)数据的数据(例如信号)的输入,并且经由有效区域510中的微驱动器提供数据(例如信号)以使得有效区域的显示元件(例如LED)根据显示数据发光。所描绘的背板512包括非线性脉冲宽度调制(PWM)时钟路由电路506,例如,用于将时钟信号路由到有效区域510。所描绘的背板512包括串入并出电路504,例如,用于将视频信号路由到有效(例如显示)区域510。所描绘的背板512包括数据时钟路由(例如扫描控制)电路508,例如,用于将显示数据信号路由到有效区域510。数据时钟路由(例如扫描控制)电路508可以利用线性时钟信号,例如,以将显示数据信号门控到其电路中。该时钟信号可以由视频定时控制器514提供。一个或多个显示元件(例如LED 501)可以连接到微驱动器(例如 μD 511),该微驱动器驱动(例如,根据发光控制器502)一个或多个显示元件发光。虽然所描绘的微驱动器包括十个显示元件,但本公开不限于此,并且微驱动器可以驱动一个显示元件或任意多个显示元件。显示元件(例如501)可以例如为像素,其中每个像素包括三个显示元件子像素(例如,红色、绿色和蓝色的LED)。

[0068] 图6是根据一个实施方案的非线性时钟发生器618的近距离视图图示。在图6所示的实施方案中,非线性时钟发生器618包括(例如高速)时钟621,该时钟将时钟数据加载到各个非线性时钟发生器618R、618G、618B中,且每个非线性时钟发生器都包括一个或多个对应的查找表(LUT),例如红色(R)发光元件LUT 619R、绿色(G)发光元件LUT 619G和蓝色(B)发光元件LUT619B。查找表LUT 619R、LUT 619G、LUT 619B存储有关针对每个灰度级时钟621脉冲(例如以200MHz时钟周期表示)变长了多少的数据。如图所示,每个非线性时钟发生器618R、618G、618B可以为每个对应的发光元件R、G、B提供独立的非线性时钟脉冲信号。

[0069] 来自灰度时钟的信号可以是一系列(例如非线性)脉冲,例如,持续时间变化但处于相同幅度的一系列脉冲。灰度时钟可以允许在时域中进行灰度控制。灰度时钟的每个单脉冲可以非线性地对应于不同的灰度级,例如,使得对于较高的灰度级,每个发光脉冲逐渐变得更长。图7是示例性的5位计数器值(例如32个灰度级)的非线性时间对灰度级的图,但计数器可以是任何尺寸(例如,具有对应的灰度级)。在一个实施方案中,不同宽度的脉冲对应于相应(例如不同颜色的)显示元件的相同灰度级。例如,如图6中的示例所示,每个非线性时钟发生器619R、619G、619B针对不同颜色的显示元件发出独立的信号脉冲。如图5中的示例所示,在一个实施方案中,非线性时钟发生器518可以基于红色LUT 519,针对发出红色光的显示元件发出独立的信号脉冲,并且基于绿色和蓝色LUT 519G/B,针对发出绿色光的显示元件和发出蓝色光的显示元件这两者发出另一个信号脉冲。重新参见图1中表示的EQE曲线,由于绿色微LED和蓝色微LED的EQE曲线相似,所以有可能出现所示的曲线。

[0070] 在到目前为止参照图4至图6示出和描述的实施方案中,由一个或多个非线性时钟发生器对发光控制器402,502执行 γ 校正,而不是在每个微驱动器(例如411,511)处执行。因此,视频数据(例如8位)可以在未校正的情况下被存储在微驱动器上。利用一个或多个非线性时钟发生器执行 γ 校正可能有助于最小化微驱动器芯片尺寸,从而有助于有效区域中的每英寸具有更高密度的像素,因为对于较高位逻辑器,电路尺寸和复杂度不是必需的。另外,由于用于加载数据的数据时钟周期较少并且灰度级时钟的转换时间较短,所以可以实现耗电下降。

[0071] 图8是根据本公开的一个实施方案的微驱动器的单位单元800。图9是根据本公开的一个实施方案的微驱动器911。在下面的讨论中,微驱动器911可以是本文描述的微驱动器(例如111,411,511)中的任一个。微驱动器911可以包括一个或多个单位单元(例如800)。微驱动器(例如111,411,511,911)可以包括单位单元(例如800)的一个或多个部件。所描绘的单位单元800包括寄存器830(例如数字数据存储设备),用来存储数据872信号,该信号对应于待从显示元件(例如LED 801)输出的发光。存储在寄存器中的数据可以被称作数字数据,例如,与存储在电容器中的模拟数据形成对照。可以通过任何方法将数据872(例如视频)信号加载(例如存储)到寄存器中,例如通过根据数据时钟874计时。在一个实施方案中,活动(例如变高)的数据时钟874信号允许数据872进入寄存器,然后当数据时钟信号失活(例如变低)时,该数据便被锁存到寄存器中。信号(例如非线性)灰度(例如灰度级)时钟880可以递增计数器832。灰度时钟880还可以将计数器重置为其初始值(例如零)。

[0072] 单位单元800还包括比较器834。比较器可以将来自寄存器830的数据信号与来自由计数器832计数的(例如非线性)灰度时钟880的脉冲数进行比较,以使得例如当数据信号不同于(例如,或大于或小于)来自非线性灰度时钟的脉冲数时由显示元件(例如LED 801)发光。所描绘的比较器可以使得开关激活电流源836,以使显示元件(例如LED 801)相应地点亮。电流源(例如,经由输入调整,输入诸如但不限于基准电压(V_{ref}))可以提供电流,从而以显示元件(例如 μ LED)的最佳电流操作显示元件,例如,以便如关于图1所描述的那样提高效率。可以通过以下方式设定电流源的电流:通过设定电流的控制信号诸如偏置电压、使用(例如第V个)补偿像素电路,或者调整恒定电流运算放大器(opamp)的电阻来控制opamp电流的输出。

[0073] 图9是根据本公开的一个实施方案的微驱动器911。微驱动器911可以用作显示系统中的微驱动器。微驱动器911包括单位单元800的某些部件中的多个部件。虽然描绘的是单个计数器932,但每个显示元件或每组(例如,相同或相似颜色的)显示元件可以具有其自身的计数器(例如,及其自身的非线性PWM时钟)。其他部件可以如图8所描述的那样起作用。发光控制器可以提供图9中的(例如输入)信号。显示数据(例如,图9中的数据0和数据1)可以由发光控制器提供,例如,如来源于视频或其他视觉内容。一个或多个显示元件或者一组(例如,相同或相似颜色的)显示元件的每个电流源可以接收控制信号(例如,从发光控制器接收)并且在接通时输出恒定电流。电流源的电流可以在制造期间设定(例如,一次),或者可以动态地调整(例如,在使用显示系统期间)。每个像素(例如938)可以具有其自身的微驱动器。寄存器930可以是向量寄存器,例如,使得向量的每个元素存储用于其特定显示元件的数据信号。

[0074] 现在参见图10,提供了根据本公开的一个实施方案的显示系统1000的框图。有效(例如,显示)区域1010包括多个微驱动器(例如作为示例,微驱动器1011)。微驱动器可以选择性地点亮其对应的一个或多个显示元件(例如一个或多个LED)。显示系统1000可以(例如,经由未示出的发光控制器)包括一个或多个列驱动器1004以及/或者一个或多个行驱动器1006。列驱动器1004可以包括用于每一列的各个驱动器。行驱动器1006可以包括用于每一行的各个驱动器。在一个实施方案中,一个或多个列驱动器:为接口信号(例如暴露于外部世界的接口信号)提供静电放电(ESD)保护;为传入数据872(例如872[列号])和行扫描控制(例如,数据时钟874和发光(灰度)时钟880)提供缓冲;提供发光列选择信号以选择性地

接通或断开一个或多个列;以及/或者执行用于发光电流读出的模拟多路复用。每个列驱动器可以控制一个微驱动器列(例如,其可以等同于四个显示元件(例如像素)列)。

[0075] 在一个实施方案中,一个或多个行驱动器(例如,沿着有效区域1010的左边缘或右边缘放置):在显示元件(例如LED)传输过程期间为行路由提供ESD保护;例如,基于传入的行扫描控制,为每个显示行生成数据时钟874信号,例如,信号可以用作每个微驱动器中的传入数据872的锁存时钟;以及/或者例如基于传入的行扫描控制,为每个显示行生成灰度时钟880信号,例如,信号可以用于每个微驱动器中的发光控制。在一个实施方案中,每个行驱动器可以控制一个显示元件(例如像素)行。

[0076] 在一个实施方案中,一个或多个微驱动器:锁存例如来自列驱动器的数据872路由上的(例如,像素)值,以及/或者使用可能来自行驱动器的数据时钟774信号以对发光(例如灰度)时钟880的脉冲数进行计数,直到每个子像素的所接收的像素值,例如以控制每个显示元件(例如LED)的亮度随格雷码的变化(例如,通过PWM方法)。

[0077] 图11是根据本公开的一个实施方案的像素数据分布1100的图。数据扫描可以通过使用垂直数据872信号(例如,由发光控制器生成和/或由列驱动器1104缓冲)和水平数据时钟874信号(例如,由行驱动器1106使用来自发光控制器的扫描控制信号而生成)而基于光栅扫描。数据872信号可以包含用于微驱动器的(例如,像素)数据信号(例如,由发光控制器生成和/或由列驱动器缓冲)。每个列驱动器可以为一系列微驱动器提供数据,这一列微驱动器可以对应于多个(例如4个)列的显示元件(例如像素)。行驱动器706可以为每个显示行生成数据时钟874,并且每个微驱动器可以使用传入数据时钟874来锁存来自列驱动器704的传入数据872。行驱动器可以一起形成移位寄存器以生成数据时钟874。数据时钟移位寄存器可以由第一级移位寄存器、第二级锁存器和第三级时钟门控阵列构成。第一级可以由扫描移位时钟882信号(例如,来自行扫描移位寄存器时钟)和扫描起始884信号(例如,行扫描起始)控制。面板时钟886信号(例如,来自行扫描锁存时钟)可以用于将第一级的内容加载到第二级锁存器。

[0078] 图12是根据本公开的一个实施方案的发光时钟行驱动器1200的框图。虚线示出了该实施方案中的各个行驱动器的轮廓。所描绘的行驱动器形成移位寄存器,以驱动提供给微驱动器行的发光(例如灰度)时钟脉冲(例如发光时钟880)。参见例如图10。微驱动器可以使用发光时钟880作为生成PWM脉冲的基础,例如,以产生对应于数字像素数据的所需亮度输出。用于生成发光时钟880的移位寄存器可以由第一级移位寄存器、第二级锁存器和第三级多路复用阵列构成。第一级移位寄存器可以由发光行起始移位寄存器时钟1202和发光行起始移位寄存器输入1204驱动。发光行起始锁存时钟1206可以将第一级的内容锁存到第二级。在(例如默认)操作中,1202、1204和1206都能够以标称线速率操作(例如,在60Hz的数据刷新率下,标称线时间大约为40 μ s),但是也可能能够以较高(例如高得多)的速度操作1202和1204,例如,以允许在一个线时间内将任意图案加载到第一级。S_VST和Mux控制(CTL)可以是3位信号,例如,其中最高有效位(MSB)控制发光接通和断开,并且2个最低有效位(LSB)代表发光相位(Φ),例如,如下表1中所述。标有“x”的位可以是0或1。

[0079] 表1:Mux输出真值表

[0080]

Mux CTL (二进制)	Mux 输出
0xx	0
100	$\Phi 0$
101	$\Phi 1$
110	$\Phi 2$
111	$\Phi 3$

[0081] 所描绘的相位旋转器被放置在第一级移位寄存器的每一行之间,例如,以简化(例如典型)使用情况下第一级的加载,其中每个连续的行或每个连续的行块可以利用交错的相位分别从前一行或前一行块发光。每个行驱动器可以具有根据表2操作的相位旋转控制。

[0082] 表2:相位旋转器操作

[0083]

相位旋转器输入	相位旋转控制=1	相位旋转控制=0
0xx	0xx	0xx
100	101	100
101	110	101
110	111	110
111	100	111

[0084] 来自每个行驱动器和/或微驱动器的发光时钟880输出可以具有用于驱动单端或差分或/或比较电磁干扰(EMI)性能的选项(例如,经由相位旋转控制信号),例如以最小化EMI。图14示出了根据本公开的一个实施方案的用于各个列驱动器(参见例如图10)的单端模式和差分模式的列驱动。除此之外或另选地,这可以以单端或差分模式用于各个行驱动器(参见例如图10)。在一个实施方案中,每个微驱动器都应当具有在将传入发光时钟880用于内部逻辑器之前和/或在中继到下一个微驱动器之前反转该传入发光时钟的选项。通过组合这两个选项,可以支持图13A至图13D中的以下4个时钟极性选项,例如,以比较EMI性能。需注意,对于单端交替极性和伪双绞线,每隔一个微驱动器(例如,奇数列或偶数列)可以利用反相的传入发光时钟信号,例如,包括用于反转传入发光时钟信号的选项。

[0085] 图15是根据本公开的一个实施方案的发光脉冲控制器1502的放大视图。图16是根据本公开的一个实施方案的脉冲控制电路1600。参考图15至图16,(例如行)发光控制可以通过使用移位寄存器和锁存器的组合来提供对发光脉冲的起始时间和结束时间的控制。所描绘的(例如行)驱动器由以下部件(例如,每个颜色通道一个)组成。起始逻辑器:具有锁存器1504的移位寄存器1503可以生成用于组(例如行)的脉冲。该脉冲的边缘可以指示组(例如行,使得其不影响任何其他行的发光)内的显示元件(例如子像素)的发光起始时间。结束逻辑器:类似于起始逻辑器,具有移位寄存器1505和锁存器1506,但是其输出脉冲的上升边缘可以表示组(例如行)内的发光脉冲的结束时间。异步JK锁存器1507可以追踪每个组(例如行)的状态。移位寄存器(例如移位寄存器输入1204)中的图案时钟可以设定一个组内的显示元件(例如行)的数量。移位寄存器时钟1202可以采用线频率(例如约1/10 μ s)将图案移位,但移位频率可以上升到100MHz。选择锁存时钟1206可以指定发光脉冲边缘的准确位置。该信号可以具有良好的精度(例如约10ns)。这些输入信号(每个颜色)中的全部6个信号都可以由发光控制器(例如其定时控制器(TCON))生成。移位寄存器可以是双向的(图中未示

出),例如,以提供更多的灵活性。红色(R)、绿色(G)和蓝色(B)可以包括具有各个可控脉冲宽度的通道。因此,当绿色的电路和蓝色的电路被分组在一起时,发光控制电路可以被乘以3或乘以2。上述可以用于由发光控制器进行行控制。由发光控制器进行的列控制可以包括双向移位寄存器,其中列图案被计时并且串行移动(例如从左到右)通过图10中的列控制驱动器1004。这可以控制哪些列在确定的时刻发光。

[0086] 图16是根据本公开的一个实施方案的发光脉冲宽度调制(PWM)控制时序图。例如,对于每种颜色,每个微驱动器(例如,微驱动器的单位单元或其他分组)可以利用灰度级(例如发光(EM))计数器832。发光计数器832可以由发光时钟880信号(例如,图17示出了该信号的非线性性质)来回切换,并且由发光计数器重置876重置。对于每个显示元件(例如像素),可能存在发光PWM控制块(例如比较器),用于将发光计数器值与所存储的(例如像素)数据进行比较,以将显示元件(例如 μ LED)发光接通指定数量的发光时钟周期。在一个实施方案中,发光计数器可以以1为增量来计数(例如,从0到255),并且产生对应的发光PWM信号(脉冲),例如,如图17所示。还可参见图7至图8以及相关文本。微驱动器可以逐列地接通和断开发光。该列和/或行选择特征可以用于实现各种发光图案,不仅以逐行方式(例如,由发光时钟控制)实现、而且以逐列方式实现,或者一个或多个行和一个或多个列的组合,例如,以控制各个显示元件。

[0087] 图18是根据本公开的一个实施方案的发光控制1800的框图。发光控制1800可以是单位单元和/或发光控制器的一部分。所描绘的电路(例如,单位单元和/或微驱动器)包括用于每个显示元件1801(例如一组显示元件)的具有灰度时钟输入(例如,作为发光时钟1880信号)的(例如硬件)计数器1832,用于对传入发光时钟边缘进行计数,以生成脉冲宽度调制(PWM)信号,从而控制每个显示元件1801(例如 μ LED)的亮度。所描绘的电路还包括计数器1832上的重置输入(例如,作为发光计数器重置1876信号),例如,以将该计数器重置为零。灰度时钟计数器的值可以被路由到其他显示元件(例如像素)。数据信号(例如,待显示的数据的数据信号)可以被存储在寄存器(例如像素数据锁存器1830)中,并且由比较器1834将其和存储在发光计数器1832中的脉冲数进行比较,以使得光输出,直到比较器指示发光已达到由该数据信号所指示的值。可能存在不同的操作模式,例如,能够以两种模式中的任一种模式操作的电路。模式0可以包括发光计数器从初始值(例如0)计数到最大值(例如255),以便在每个(例如4.17ms)周期中生成(例如8位)PWM图案。模式0关于图17至图18示出和描述。模式1在下面参照图24至图26描述。当发光计数器重置1876被认定时,发光计数器1832可以被重置为0,并且每个连接的显示元件(例如LED)的发光被断开。发光计数器可以在每个传入发光时钟1880上升边缘上递增。每个连接的显示元件(例如LED)的发光可以在发光计数器重置之后的第一个发光时钟处起始,并且可以在发光计数器与数据(例如像素)值匹配时结束(例如断开)。硬件发光控制器可以控制发光时钟1880的不均匀周期时间,例如,使得所得到的PWM图案与期望的灰度级对亮度曲线相匹配。

[0088] 代替连接到电流源的比较器(例如,如图8中所示),比较器可以连接到有限状态机器(FSM),例如,以进一步控制输出。FSM可以采用其他输入,例如输出选择输入,例如,如下面参照图19至图21所述。

[0089] 在某些实施方案中,发光控制器可以利用另外的输出选择信号来进一步控制每个显示元件(例如LED)或一组显示元件的发光。图19是根据本公开的一个实施方案的显示系

统1900,并且包括输出选择模块1915以提供输出选择信号。输出选择模块1915和到一组显示元件的路由可以称为定时偏移电路。输出选择模块可以向每个显示元件(例如像素)、所有显示元件或少于所有显示元件的一组显示元件提供输出选择信号。所描绘的输出选择模块1915可以通过行驱动器(例如,图2中的106或图19中的1906)和/或列驱动器(例如,图2中的104或图19中的1904)向每个显示元件(例如像素)、所有显示元件或少于所有显示元件的一组显示元件提供输出选择信号。在一个实施方案中,发光控制器可以直接连接到显示元件或微驱动器。

[0090] 可以使用输出选择特征来实现期望的(例如低)发光占空比,例如,而不需要相对短(例如非常短)的发光时钟周期,如下文所解释的。例如,在具有240Hz发光周期且发光占空比为1%(240Hz发光周期作为子帧,而60Hz周期作为帧)的一个实施方案中,在60Hz帧的4个子帧中的每个子帧中,发光控制器可以从每4个列中仅接通1个列。在4个子帧之后,该示例中的每个显示元件(例如像素)可能已经恰好发光一次,时长41.6 μ s。在没有输出选择特征的情况下,所有像素可能已经针对每个帧中的每个脉冲发光(例如4次),例如,每次持续10.4 μ s。需注意,该发光时间可以针对最高灰度级,并且由于偏移定时电路的电阻电容(RC)时间常数,针对最低灰度级的发光时间可能较短(例如短得多)。

[0091] 图20是根据本公开的一个实施方案的微驱动器的单位单元2000。图20可以与图8中的单位单元类似地操作,然而比较器的输出可能不直接进入显示元件(例如LED 2001)。因此,代替所描绘的比较器使得开关激活电流源836以使得显示元件(例如LED 2001)在没有一个或多个进一步的输入的情况下点亮,电路(被描绘为与门833)可以仅允许显示元件在比较器和输出选择信号两者都高(例如二进制为1)时点亮。虽然描绘了与门,但是可以用FSM替换,例如,包括“输出选择”或其他信号作为状态的输入。

[0092] 图21是根据本公开的一个实施方案的包括多个单位单元(例如2000)的微驱动器2111。图21描绘了正由多个显示元件(例如LED 2001)共享的输出选择信号。在一个实施方案中,每个单位单元或显示元件可以从发光控制器接收其自身的(例如独立的)输出选择信号。

[0093] 在某些实施方案中,例如当发光脉冲长度相对短(例如,小于最大脉冲长度的25%)时,滚动发光图案可以包括(例如显著的)空白空间(例如,不发光的时间长于发光的时间)。在某些实施方案中,该空白空间(例如,不发光)可能引起运动伪影。在一个实施方案中,位置图中的空白空间可以通过增加(例如加倍)行内的脉冲数来减少,如图22A中所示,其中每个数据帧发出四个可能的脉冲被增加为每个数据帧八个可能的脉冲。在某些实施方案中,以两倍的频率使每个显示元件(例如 μ LED)发光可能导致每个脉冲的脉冲宽度减小一半,以实现相同量的总光输出,这可能对(例如数字)架构中的LSB脉冲尺寸造成另外的约束。通过向发光控制添加另外的输出选择(例如列选择),可以增加脉冲的表观数而不改变每个显示元件(例如 μ LED)的频率。例如,发光控制器可以使用列选择(例如,和/或图20至图21中的输出选择)信号来使奇数列和偶数列交替发光。一个示例在图22A至图22D中示出,下面将进一步详细地描述这些图。

[0094] 图22A是根据本公开的一个实施方案的发光图案的时间和行位置图。白框可以指示偶数列,并且黑框可以指示奇数列。图22B是图22A中的发光图案的时间和列位置图的一个实施方案。图22C是与图22A至图22B中的时序图相对应的发光像素(例如,由黑色指示)行

进的一个实施方案的图。该图使用示例组的像素,示出了与图22A至图22B中的时序图相对应的发光像素(在此由黑色指示)行进,且时刻(A、B、C、D、E、F)也在图22A中指示。图22D是与图22A至图22C相对应的发光列选择驱动器时序图的一个实施方案,其中正在交替地选择奇数列和偶数列。上面的示例利用了区分奇数列和偶数列的列选择,然而发光控制器可将该列选择扩展到较高的倍增因数。

[0095] 图22A至图22B中的时间位置图可以是正方形栅格。每个正方形内可能存在(例如小的)滚动发光图案。通过增加正方形栅格的密度,发光控制器可以实现更高的倍增因数。栅格的示例在图23B中示出。另外,每个正方形内的行对时间选择可以是图23C中所示那样。该列选择可以通过例如相比于图22D中的图对较低频率的起始脉冲(例如移位寄存器输入1204)计时来实现。

[0096] 图23A是根据本公开的一个实施方案的发光图案的示意性时序图2300,其中每个行在不同的时间开始发光。一组列可以在不同的时间开始发光,例如,每第2个、第3个、第4个(例如,如图23A中所描绘)、第5个、第6个、第7个、第8个、第9个、第10个、第15个、第20个等列可以同时开始发光。图23B是根据本公开的一个实施方案的发光图案的时间和行位置图,其中每个数据帧具有四个不同的列起始时间。图23C是图23B中的一个正方形栅格的时间和行位置图的一个实施方案。发光控制器可以认定输出选择信号,以使得(例如相邻)显示元件在不同的时间开始发光。

[0097] 图24是根据本公开的一个实施方案的发光控制(例如在以模式1操作时)的时序图。图25是根据本公开的一个实施方案的发光控制(模式1)的框图。图26是根据本公开的一个实施方案的发光控制(模式1)的脉冲图。在一个实施方案中,代替在多个脉冲之间等分数数据帧的总脉冲长度(例如,对于小于其最大长度的脉冲),发光控制器可以作为替代仅递增针对灰度级中的每个连续增加的多脉冲序列中的一个脉冲的长度(例如时间长度)。例如,参照图24和图26,发光控制器可以仅增加针对灰度级中的每个连续增加显示单个数据帧的多个脉冲中的一个脉冲(例如,不增加紧接先前的脉冲)的长度(例如时间长度)。因此,可以通过增加小于数据帧中的多个脉冲中的全部脉冲的脉冲长度来调制灰度级。在一个实施方案中,发光控制器(例如经由FSM)可以递增针对灰度级中的每个连续增加显示单个数据帧的多脉冲序列中的下一个(或前一个)脉冲的长度(例如时间长度)(例如,使得增加重复地循环通过脉冲)。在一个实施方案中,发光控制器(例如经由FSM)可以递增针对灰度级中的每个连续增加的非相邻脉冲的长度(例如时间长度)(例如,使得增加循环通过脉冲)。其他先前的(例如非零)脉冲长度可以针对灰度级的连续增加保持它们的值,例如,直到被重置为止。

[0098] 例如,参照图24,每个数据帧存在四个可能的脉冲。在灰度(例如脉冲长度)值为1时,第四脉冲的长度从零改变为非零值。在灰度(例如脉冲长度)值为2时,第二脉冲的长度从零改变为非零值,并且第四脉冲的长度被留在先前的非零值。在灰度(例如脉冲长度)值为3时,第三脉冲的长度从零改变为非零值,并且第二脉冲和第四脉冲的长度被留在先前的非零值。在灰度(例如脉冲长度)值为4时,第一脉冲的长度从零改变为非零值,并且第二脉冲、第三脉冲和第四脉冲的长度被留在先前的非零值。该图案可以重复,例如,直到达到最大灰度级。图26中的实施方案类似于图24中的实施方案,然而,脉冲1是以从总和零到总和0.016(例如示例数)的增量改变(例如增加)的唯一脉冲,脉冲3是在下一个连续灰度增加时

改变的唯一脉冲,脉冲2是在该连续灰度增加后改变的唯一脉冲,脉冲4是在该连续灰度增加后改变的唯一脉冲,等等。

[0099] 图25是根据本公开的一个实施方案的发光控制的框图2500。发光控制可以是单位单元和/或发光控制器的一部分。所描绘的电路(例如,单位单元和/或微驱动器)包括用于每个显示元件(例如一组显示元件)的具有灰度时钟输入(例如,作为发光时钟880信号)的(例如硬件)计数器2532,用于对传入发光时钟边缘进行计数,以生成脉冲宽度调制(PWM)信号,从而控制每个显示元件(例如 μ LED)的亮度。所描绘的电路还包括计数器2532上的重置输入(例如,作为发光计数器重置876信号),例如,以将该计数器重置为零。灰度时钟计数器的值可以被路由到其他显示元件(例如像素)。数据信号(例如,待显示的数据的数据信号)可以被存储在寄存器(例如像素数据锁存器2530)中,并且由比较器2534将其和存储在发光计数器2532中的脉冲数进行比较,以使得光输出,直到比较器指示发光已达到由该数据信号所指示的值。可能存在不同的操作模式,例如,能够以两种模式中的任一种模式操作的电路。模式1可以包括发光计数器从初始值(例如0)计数到最大计数器值(例如64),以便在每个(例如4.17ms)周期中生成(例如6位,小于模式0中的位图案)PWM图案,以及比该计数器通过人类视觉系统中的时间平均所实现的精度更高的(例如8位)精度。在模式1中,EM计数器可以被重置(例如通过发光计数器重置876)并且在每个发光时钟880边缘上递增,例如类似于模式0。但是,该计数器可以计数到比模式0中(例如从0到64)更低的最大值,从而在每个(例如4.17ms)周期中生成位数较少(例如仅6位)的亮度。可以基于与该(例如6位)发光计数器和数据(例如像素)值的比较来接通和断开发光,但是该数据(例如像素)值可以是较大(例如8位像素)值的(例如6个)最高有效位(MSB)加1或0,例如,基于发光计数器832的2个MSB和8位像素值的2个LSB。该实施方案中的最终结果是6位亮度的时间抖动,从而呈现明显的8位亮度控制。抖动相位偏移可以是能够调整该时间抖动的相位(例如,每个显示元件或每组显示元件)的(例如2位)控制。在一个实施方案中,该时间抖动可以避免因每个像素以相同的定时发光而导致全屏闪烁。

[0100] 直到此时,包括单位单元的显示架构已经被描述为数字的。然而,不是所有的实施方案都限于数字电路,并且在一些实施方案中可以使用模拟电路。图27是根据本公开的一个实施方案的可以实现模拟像素电路或单位单元的显示系统2700。示例性单位单元2811和2911分别在图28和图29中示出。有效区域2710可以包括一个或多个显示元件(例如LED 2701),这些显示元件可以连接到驱动来自一个或多个显示元件的发光的一个或多个微驱动器(例如 μ D 2711)。虽然所描绘的微驱动器包括十个显示元件,但本公开不限于此,并且微驱动器可以驱动一个显示元件或任意多个显示元件。显示元件(例如2701)可以例如为像素,且每个像素包括三个显示元件子像素(例如,红色、绿色和蓝色的LED)。串入并出模块2704可以采用串行数字视频数据(例如数据流)并将其作为并行视频数据输出到数模转换器2705(DAC),该数模转换器可例如针对每个列,将数据转换为一个或多个模拟电压水平。扫描控制模块2706可以选择扫描行信号(例如,一次一个)来对DAC 2705产生的模拟电压进行采样。发光控制(例如,发光行控制2708和发光列控制2709)可以选择哪些显示元件(例如子像素)在给定的时刻发光。读出控制(例如,读出行选择2707和读出列选择2713)可以选择哪个显示元件(例如单个子像素)连接到外部读出引脚,例如,以测量其电压和/或电流。在一个实施方案中,读出行选择2707基于基本移位寄存器,在给定时间该基本移位寄存器中

只有一行是有效的。例如,对于所选择的行中的所有显示元件(例如像素),可以闭合READ开关以便在显示元件(例如像素)和感测信号列之间创建连接。感测列可以将信号运送到读出列选择2713(例如,具有在给定时间仅选择一个感测列的移位寄存器的MUX)。所选择的感测列可以被路由到图27中所描绘的如正连接到测量单元2715(例如源测量单元(SMU))的输出引脚。模拟输出可以是电流和/或电压。

[0101] 模拟像素电路或单位单元2811和2911仅仅是示例,并且可以利用其他(例如模拟)像素电路。参考图28,6个晶体管(6T)和1个存储电容器(1C)可以包括Cst:用于保持数据电压的存储电容器,T1:电流驱动晶体管,T2:用于采样和保持的开关,T3:用于感测列线连接的开关,T4:用于接通和断开发光的开关(行),T5:用于接通和断开发光的开关(列),以及T6:用于选择感测列的开关(列)。在一个实施方案中,T6可以是读出列选择2713的一部分。在一个实施方案中,数字信号为SCAN:由行驱动器生成(例如,用于对Vdata采样),READ:由行驱动器生成(例如,用于将像素电路连接到感测列线),EM-ROW:由行驱动器生成(例如,在EM-COL也有效的情况下用于发光),以及EM-COL:由列驱动器生成(例如,在EM-ROW也有效的情况下用于发光)。在一个实施方案中,模拟信号为Vdata(输入):待采样的模拟数据,其用于设定电流驱动晶体管T1的栅极电压;Isense(输出):当读出开关T3以及开关T5和T6闭合并且发光开关T4断开时,来自T1的电流可以流过感测列线并且可以在芯片之外测量,以及Vsense(输出):当读出开关T3以及开关T5和T6闭合并且两个发光开关都闭合时,来自T1的电流可以流过显示元件(例如 μ LED)并且显示元件上的电压水平(例如 μ LED阳极,T4和T5的负电压降)可以从感测列线测量。

[0102] 在一个实施方案中,显示驱动器硬件电路(例如,硬件发光控制器2702和/或其他部件)可以包括下列中的一者或多者:行选择逻辑器(例如2707和/或2708),用于选择显示面板的发光组中的行数,其中行数可从单个行调整为显示面板的整个面板;列选择逻辑器(例如2709和/或2713),用于选择显示面板的发光组中的列数,其中列数可从单个列调整为显示面板的整个面板;以及发光逻辑器(例如2702),用于选择待显示的每个数据帧的脉冲数,其中每个数据帧的脉冲数可从一个调整为多个,并且脉冲长度可从连续占空比调整为非连续占空比。

[0103] 简要回顾图3A,关于图28至图29示出和描述的单位单元可以用于显示元件(例如像素)的幅度调制(AM),其中对每像素的脉冲电流水平的调制设定灰度级。现在简要回顾图3B,关于图8示出和描述的单位单元可以用于显示元件(例如像素)的脉冲宽度调制(PWM),其中对每像素的脉冲宽度的调制设定灰度级。现在参见图3C,在一些实施方案中,混合单位单元可以用于混合调制,其中每像素的脉冲宽度控制设定粗略灰度级,并且每像素的电流水平设定精细灰度级。

[0104] 图30是根据本公开的一个实施方案的微驱动器的混合数字和模拟单位单元3000。图30中的单位单元3000包括由模拟存储器单元(例如存储电容器Cs)控制的模拟电流源。在该实施方案中,脉冲宽度选择可以由数字存储器单元(例如寄存器3034)控制,例如,类似于图8中所示。来自(例如模拟)电流源的电流水平可以被控制,以成为可变(例如,在显示系统中使用的)电流源。其他组合是可能的,例如,电流水平和脉冲宽度都可以由数字存储器控制,例如,包括用于将数字值转换为电流水平的DAC。

[0105] 还存在其他类型的混合解决方案架构,这些架构可以不利用和需要单位单元内的

存储器,例如,它们可以利用数据加载事件。图31是根据本公开的一个实施方案的具有位平面驱动方式的微驱动器的混合数字和模拟单位单元3100,然而发光的强度可以不被限制为仅接通或断开,并且可以在位平面内通过调整电流水平进行调制。在一个实施方案中,存在多个(例如3个)脉冲宽度。可以将数据写入像素,以说明显示元件(例如LED)在该发光时间期间应当具有的强度。一旦为所有行加载好数据,就可以通过接通单位单元内的位平面发光信号来启动全局发光。在该发光脉冲之后,可以为下一个发光脉冲宽度加载新数据。这仅仅是发光控制器的一种方案,一个非限制性的示例为:代替在所有行都被加载了新数据之后等待启动发光,可以启动分段发光。由于使用了滚动发光图案,这可能更具时效性(例如,死区时间较少)并且使用较小的全局峰值电流。

[0106] 图32是根据一个实施方案的流程图3200。所描绘的流程图3200包括:利用行选择逻辑器选择显示面板的发光组中的行数,其中行数可从单个行调整为显示面板的整个面板3202;利用列选择逻辑器选择显示面板的发光组中的列数,其中列数可从单个列调整为显示面板的整个面板3204;以及利用发光逻辑器选择待显示的每个数据帧的脉冲数,其中每个数据帧的脉冲数可从一个调整为多个,并且脉冲长度可从连续占空比调整为非连续占空比3206。在其他实施方案中,流程图可以包括本文公开的任何内容。

[0107] 与设备有关使用的术语“接通”通常可以指该设备的激活状态,并且就此而论所使用的术语“断开”可以指该设备的去激活状态。结合由设备所接收的信号使用的术语“接通”通常可以指激活该设备的信号,并且就此而论所使用的术语“断开”通常可以指去激活该设备的信号。设备可以被高电压或低电压激活,具体取决于实现设备的基本原理。

[0108] 显示系统可以包括用于从该显示系统的外部接收显示数据的接收器。接收器可以被配置为无线地接收数据,通过有线连接、通过光互连或任何其他连接来接收数据。接收器可以经由接口控制器从处理器接收显示数据。在一个实施方案中,处理器可以是图形处理单元(GPU)、具有位于其中的GPU的通用处理器和/或具有图形处理能力的通用处理器。显示数据可以由执行软件程序中的一个或多个指令的处理器实时生成,或从系统存储器检索。显示系统可以具有任何刷新率,例如50Hz、60Hz、100Hz、120Hz、200Hz或240Hz。

[0109] 根据其应用,显示系统可以包括其他部件。这些其他部件包括但不限于存储器、触摸屏控制器和电池。在各种具体实施中,显示系统可以是电视、平板电脑、电话、膝上型电脑、计算机监视器、汽车抬头式显示器、汽车导航显示器、信息亭、数字相机、手持式游戏机、媒体显示器、电子书显示器或大面积标志牌显示器。

[0110] 在利用本公开的各种实施方案时,对本领域技术人员显而易见的是,以上实施方案的组合或变型可能用于控制显示面板发光。尽管以特定于结构特征和/或方法行为的语言对本公开进行了描述,但应当理解,所附权利要求书中限定的本公开并不一定限于所描述的特定特征或行为。作为替代,本发明所公开的特定特征和行为被理解为受权利要求书保护的本公开的特定适当实施以用于对本公开进行例示。

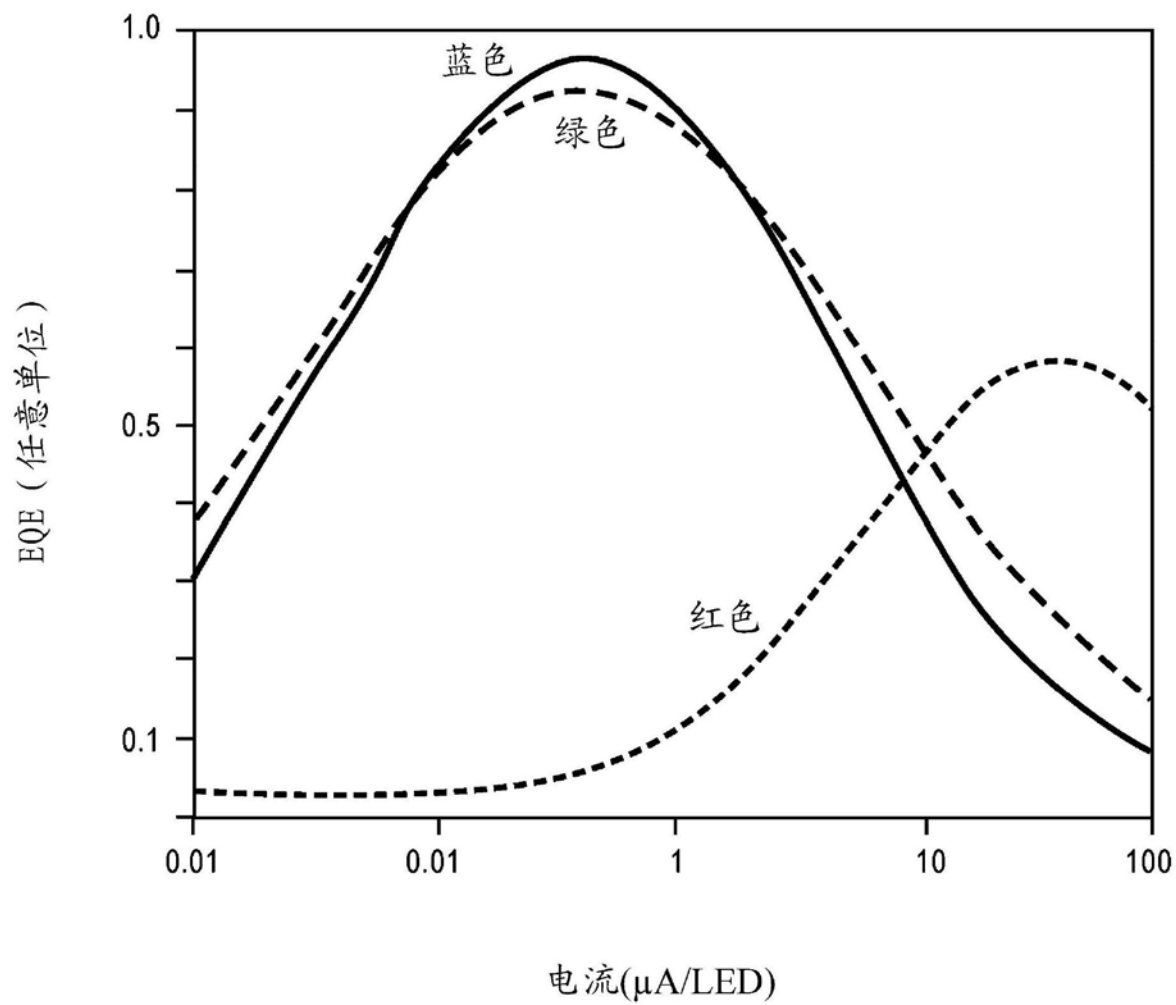


图1

100

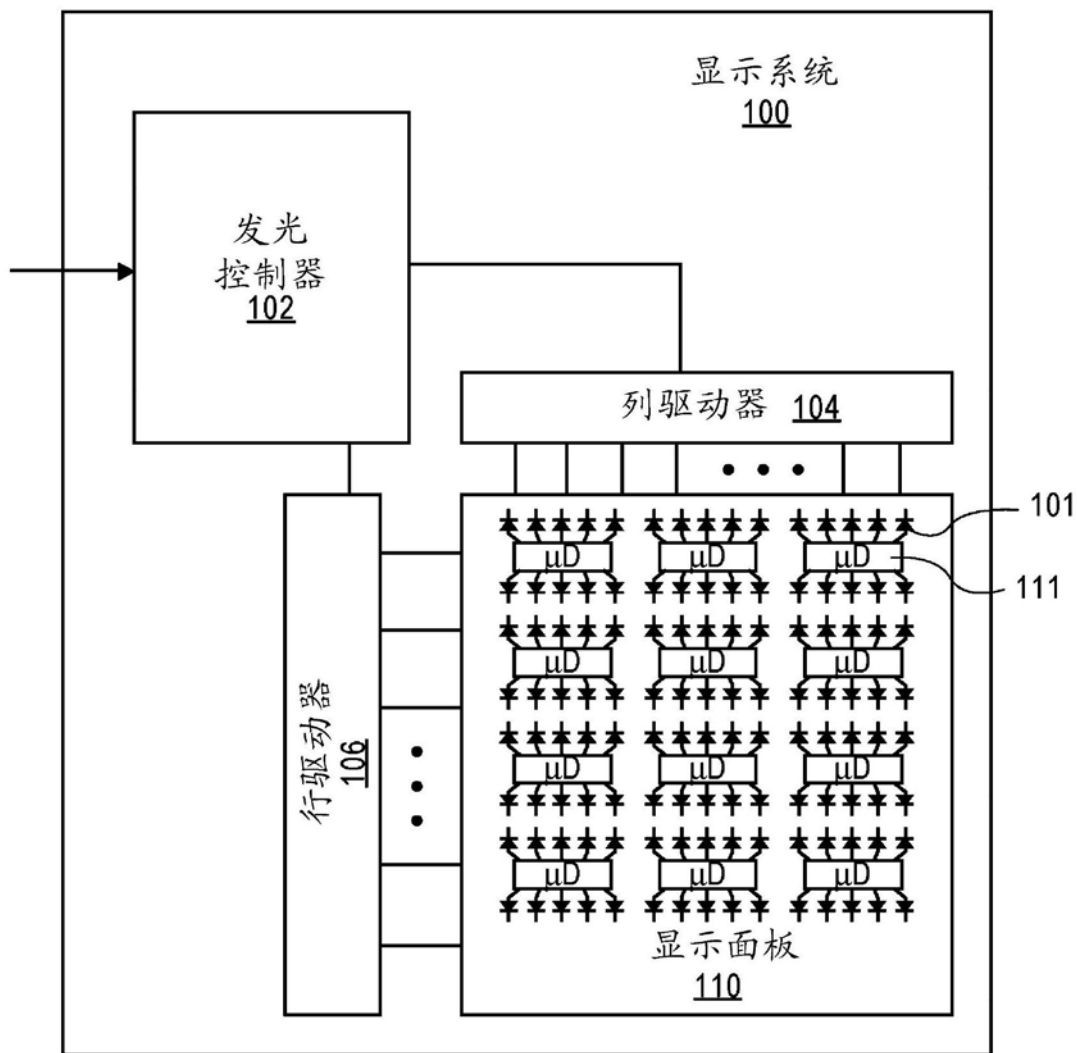


图2

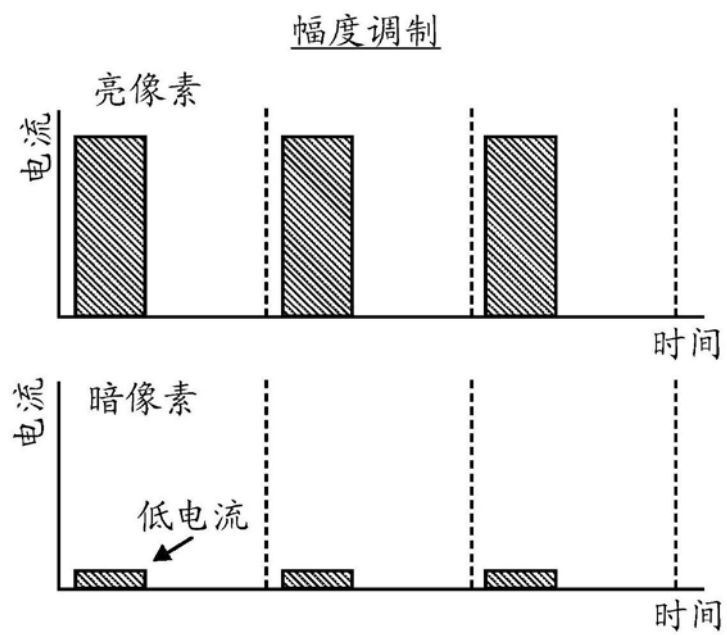


图3A

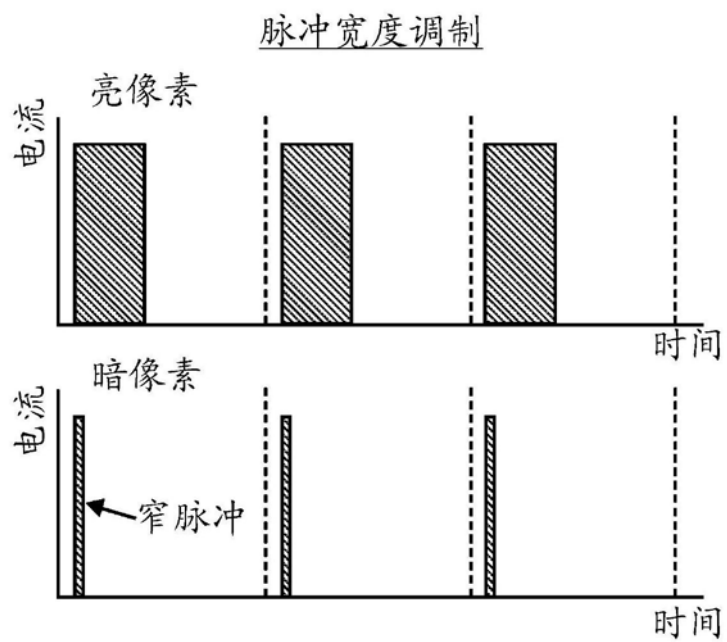


图3B

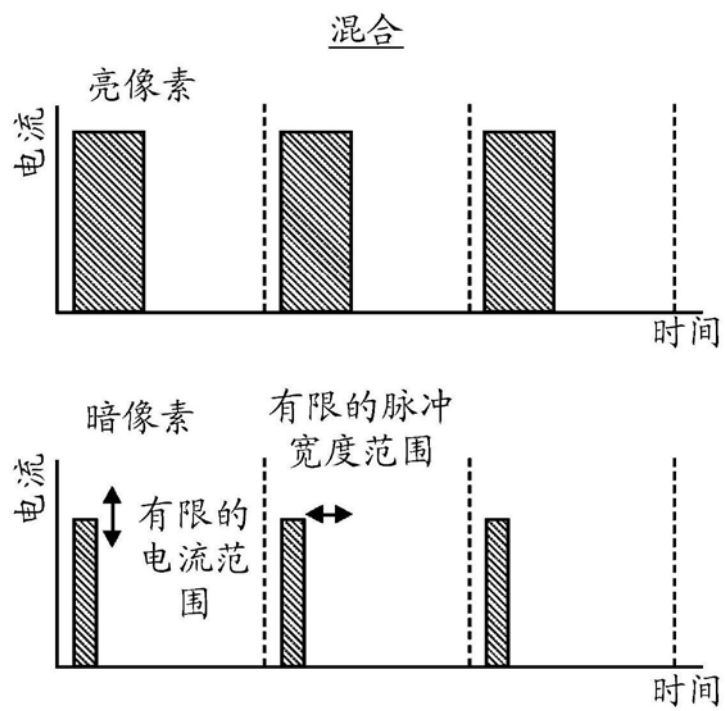


图3C

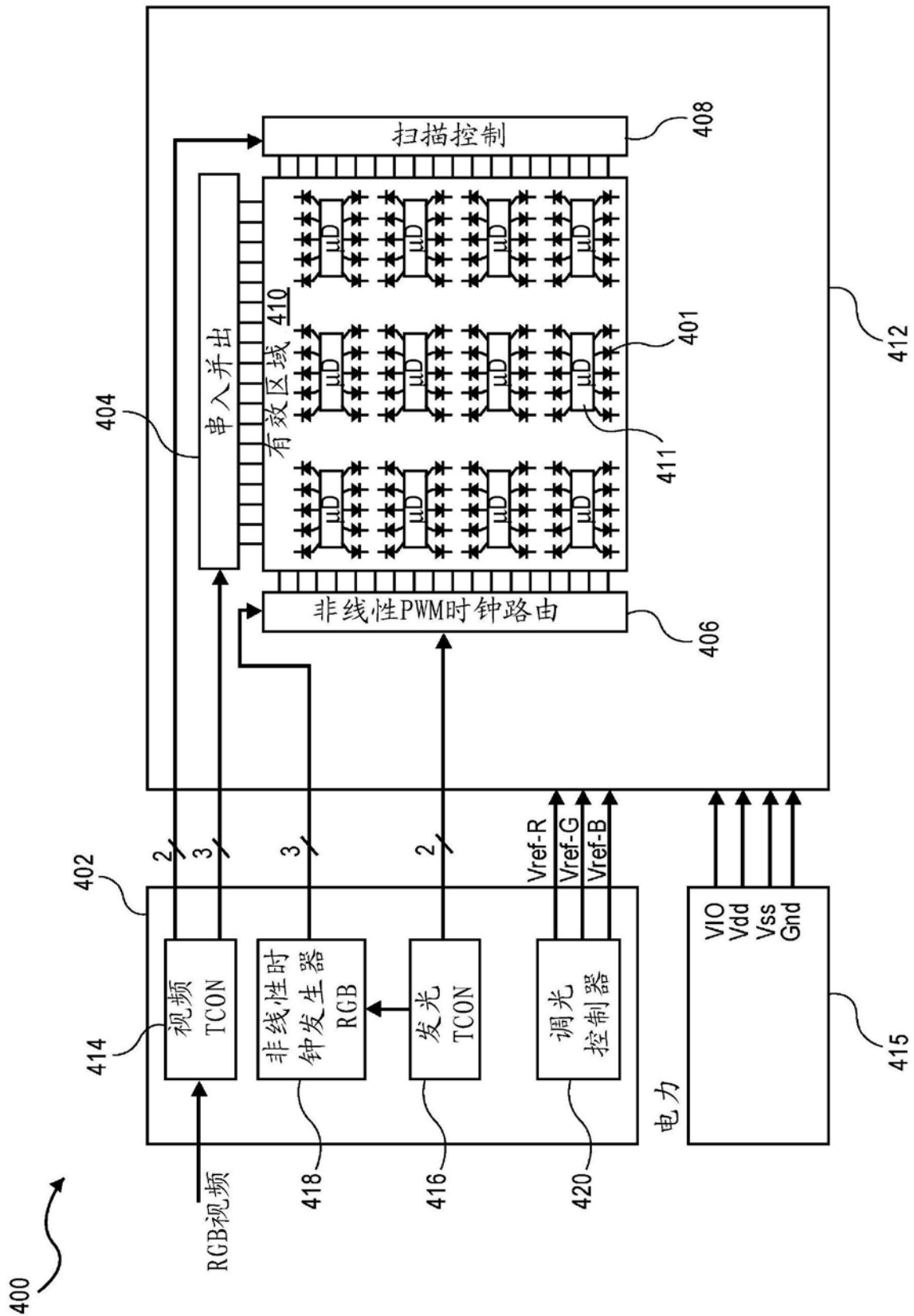


图4

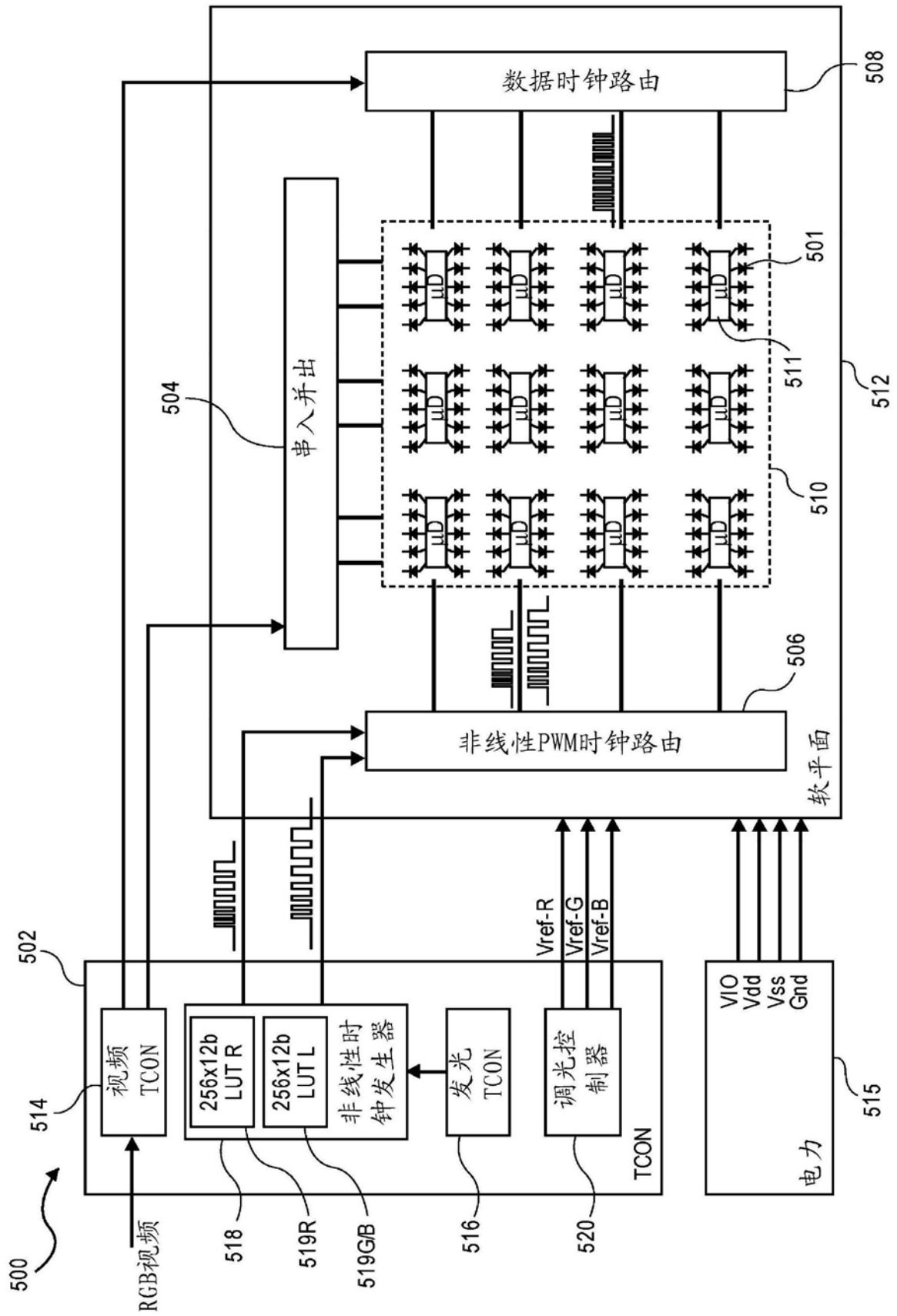


图5

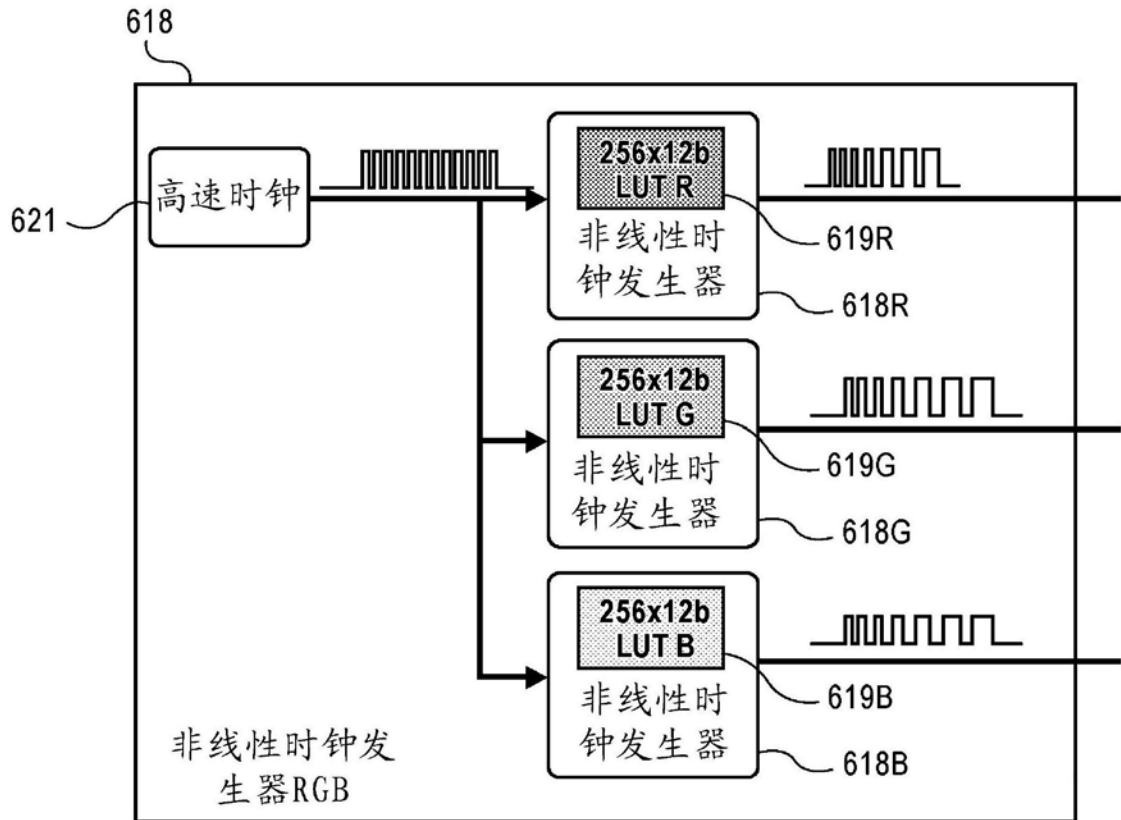


图6

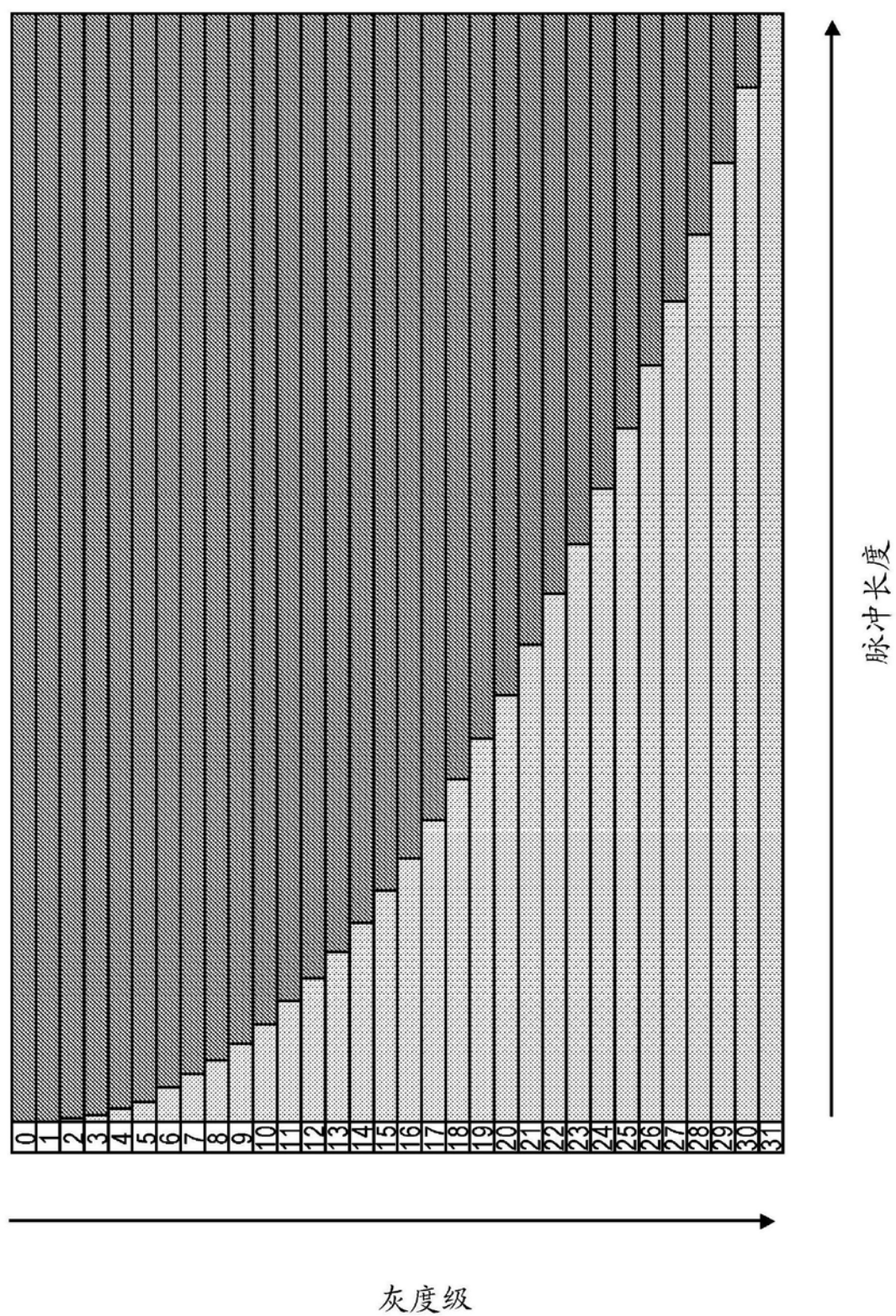


图7

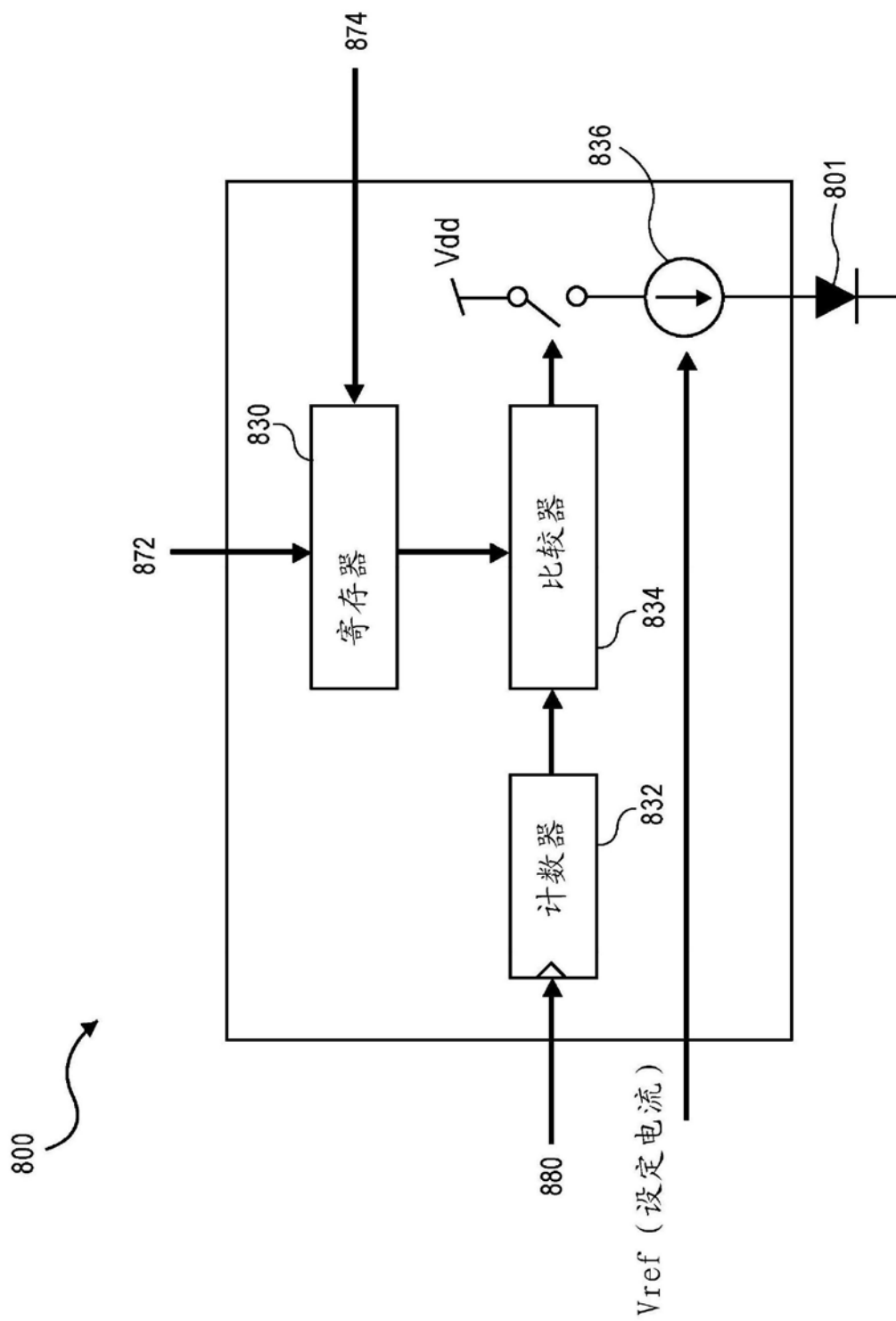


图8

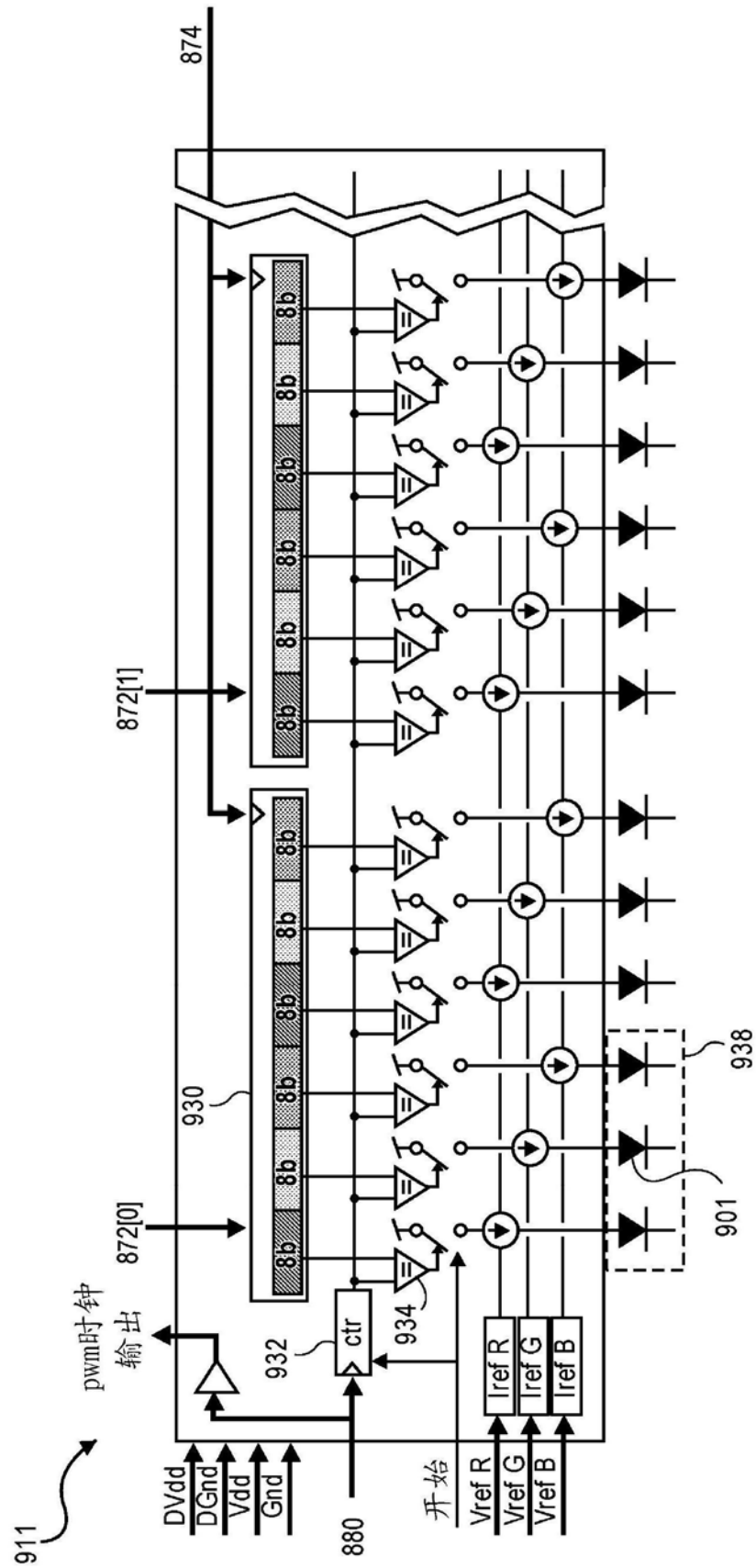


图9

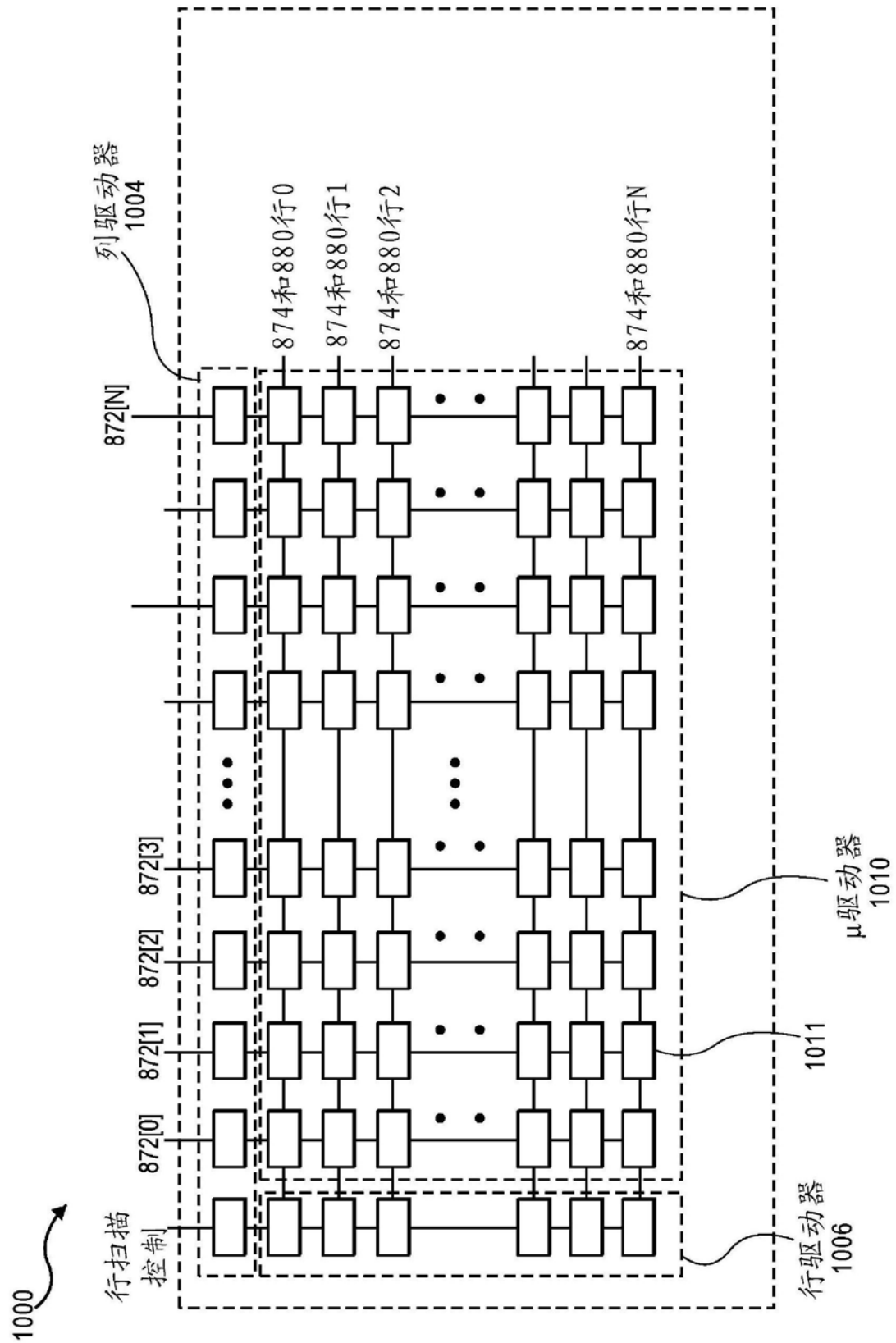


图10

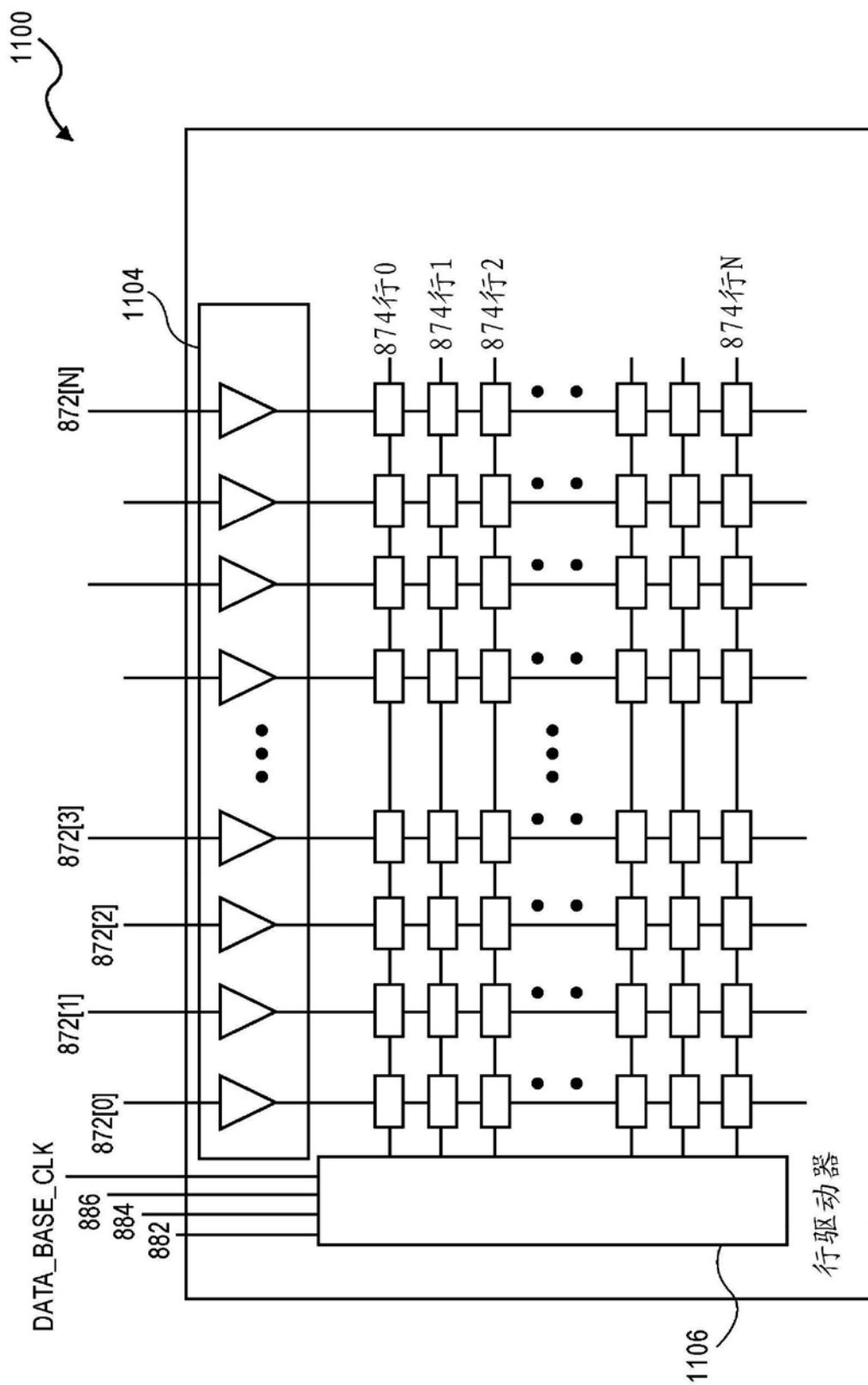


图11

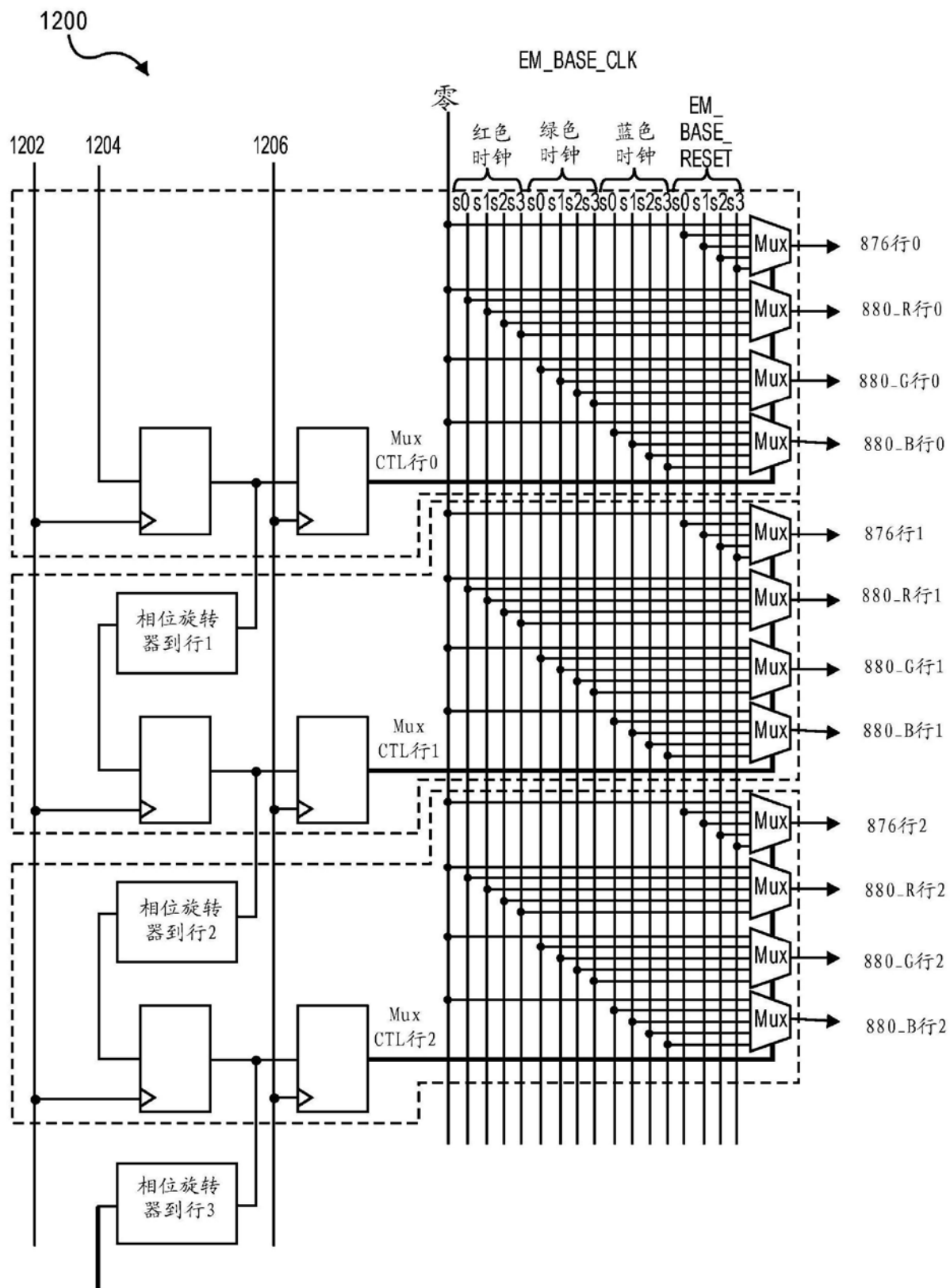


图12

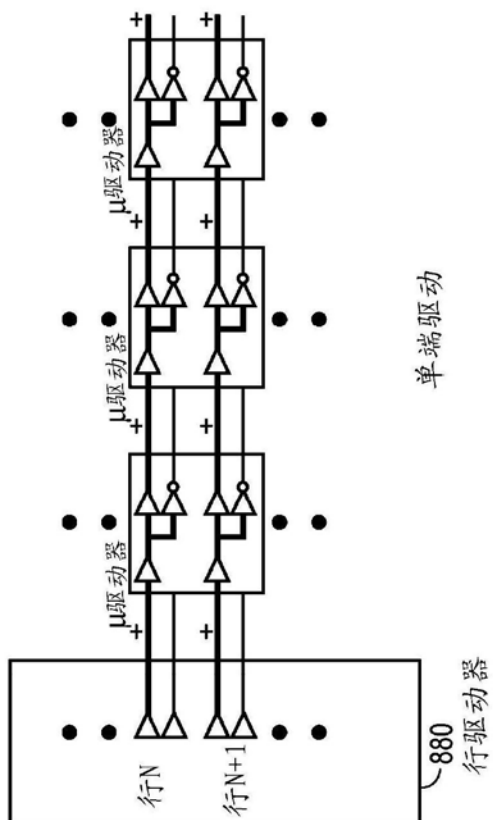


图13A

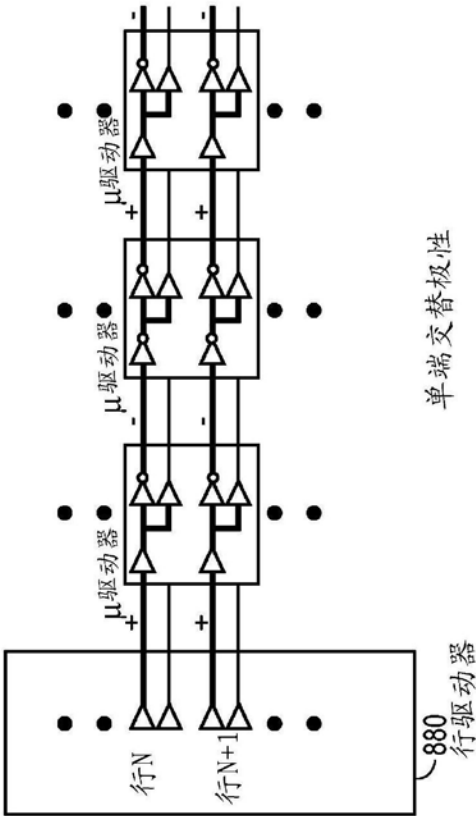


图13B

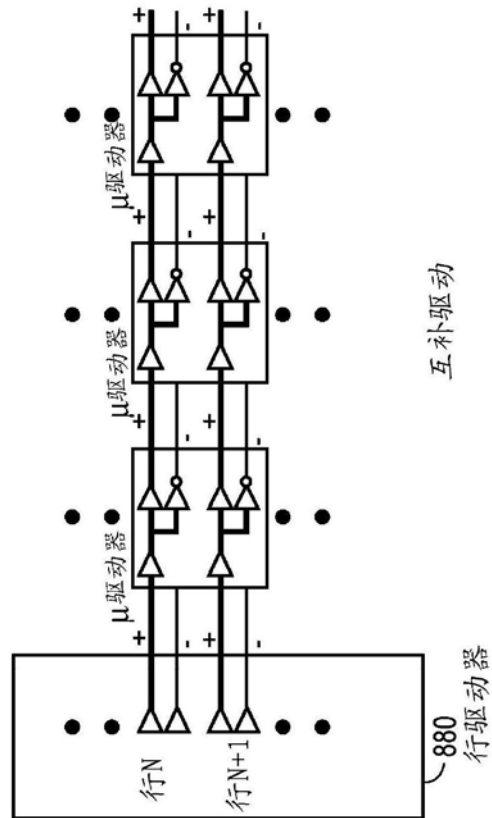


图13C

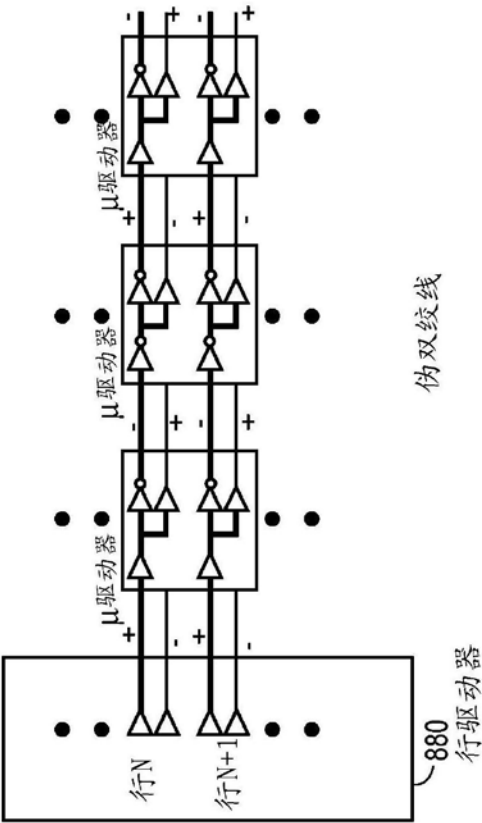


图13D

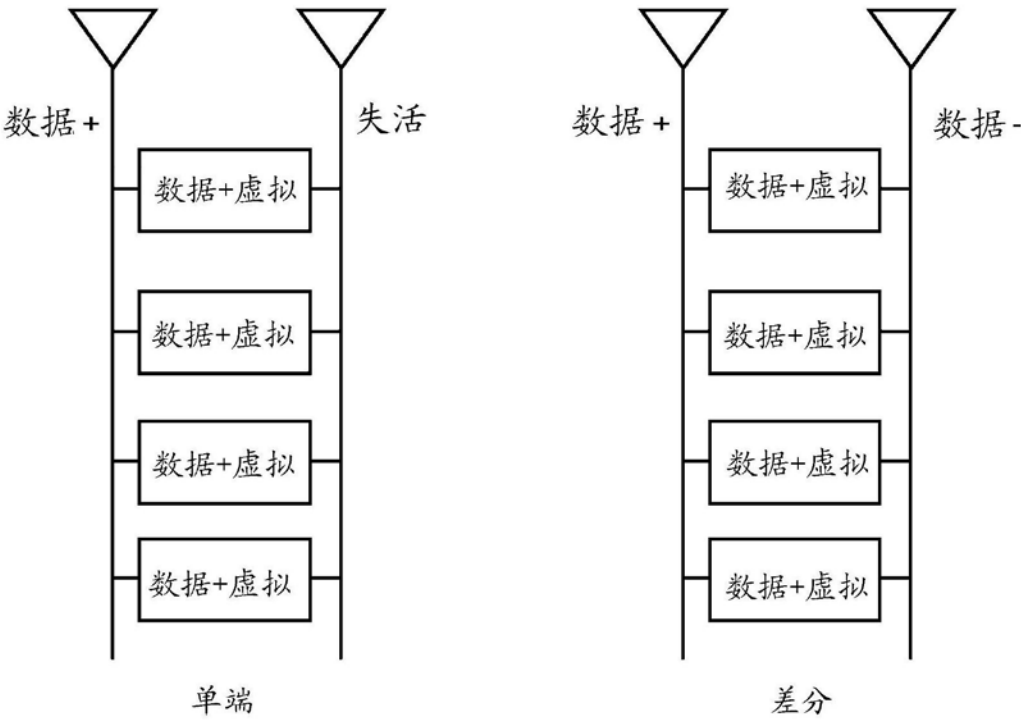


图14

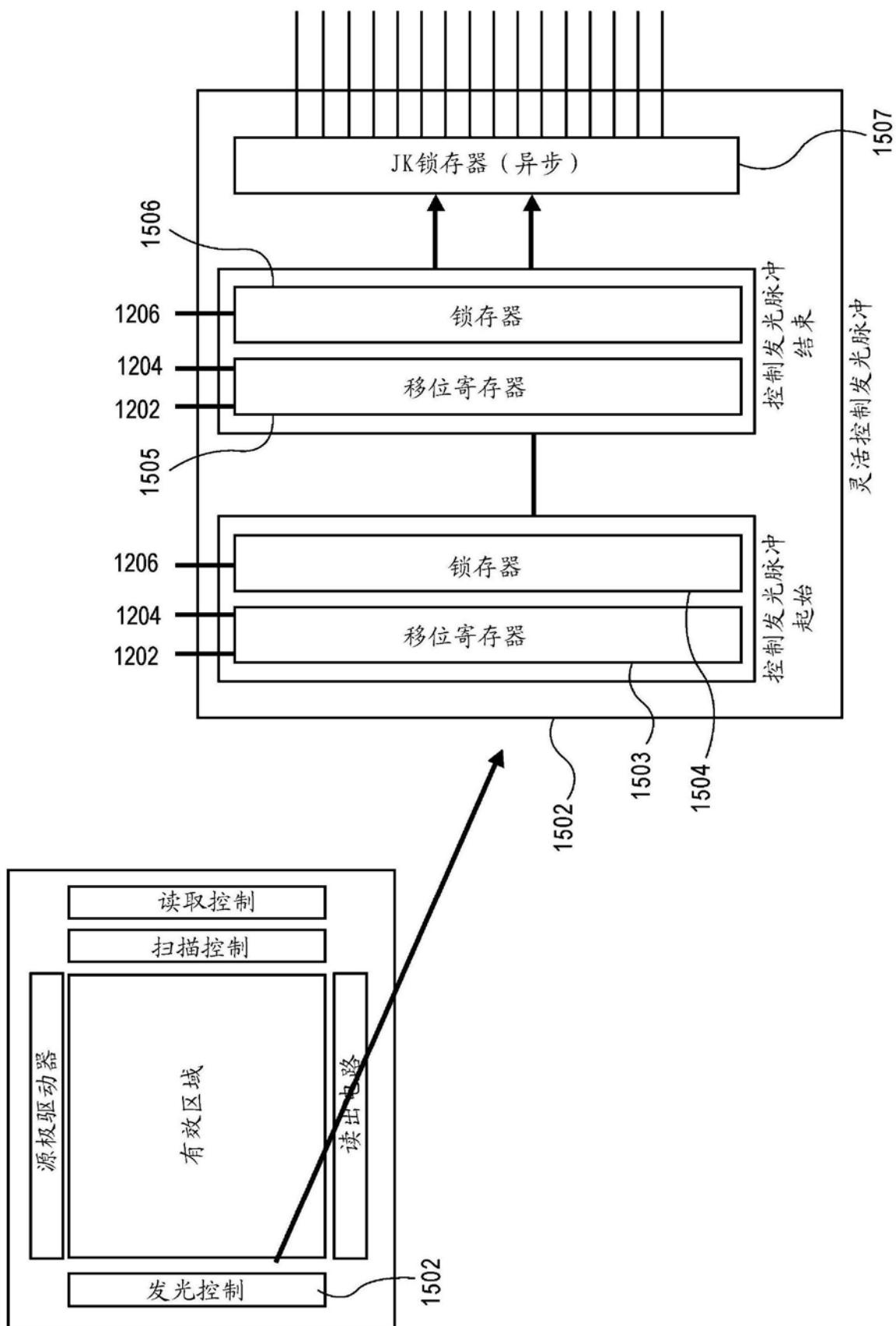


图15

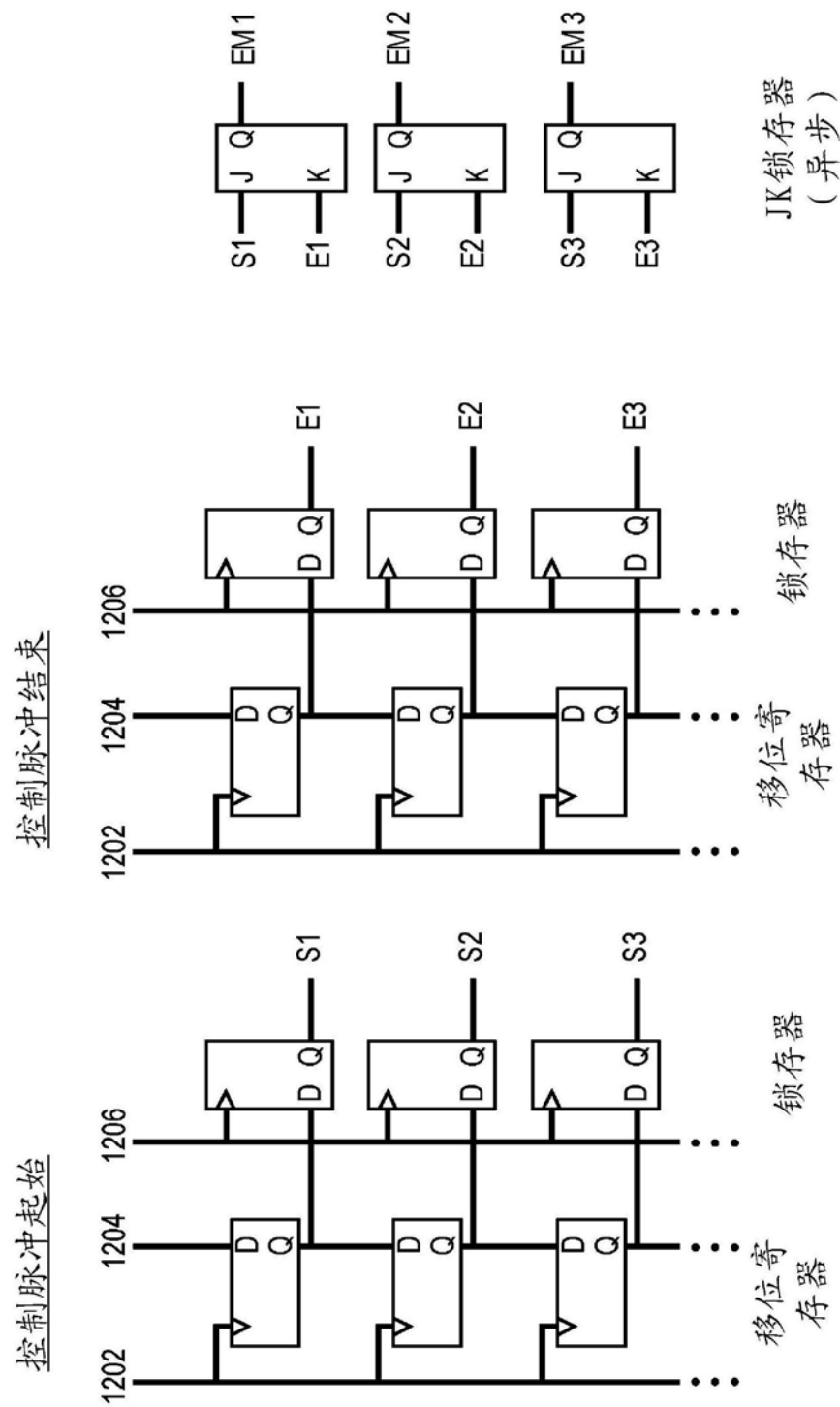


图16

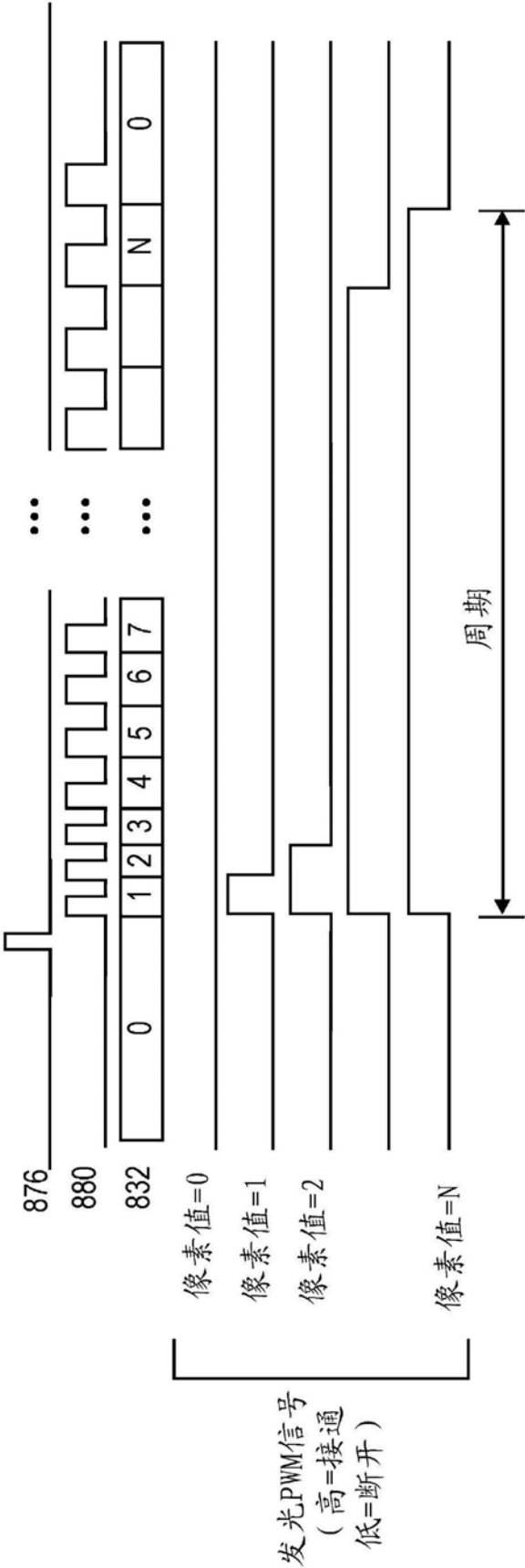


图17

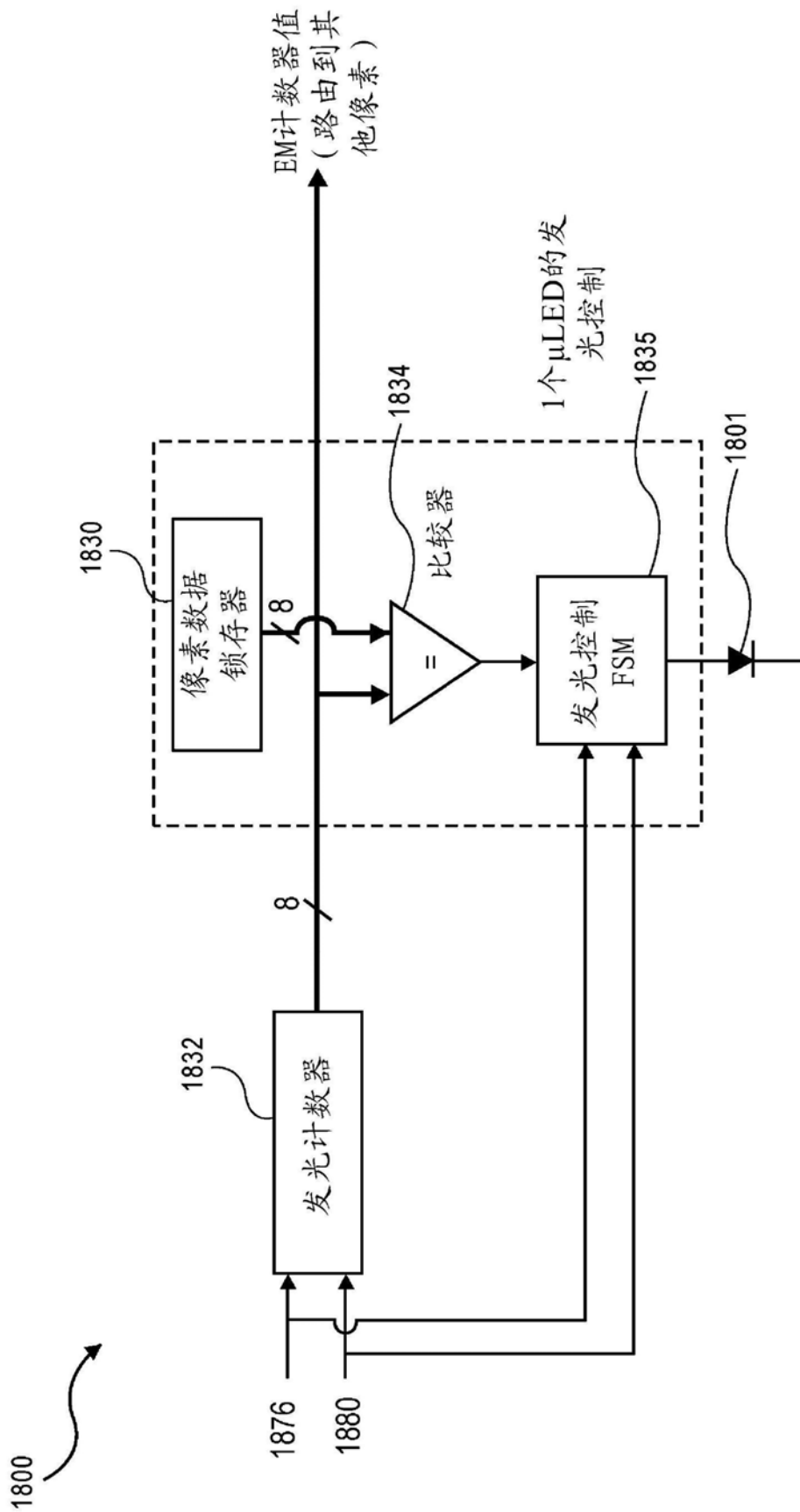


图18

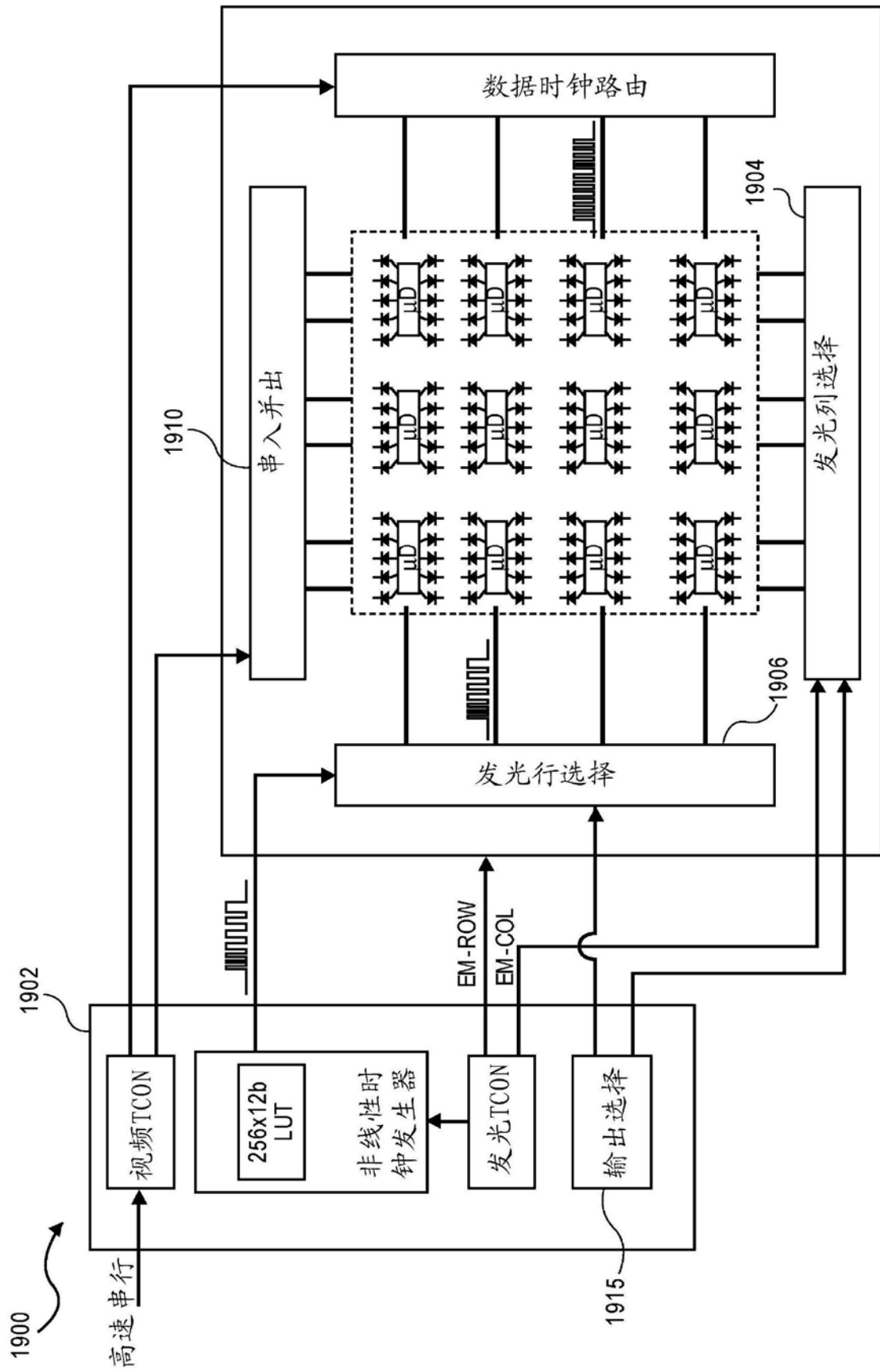


图19

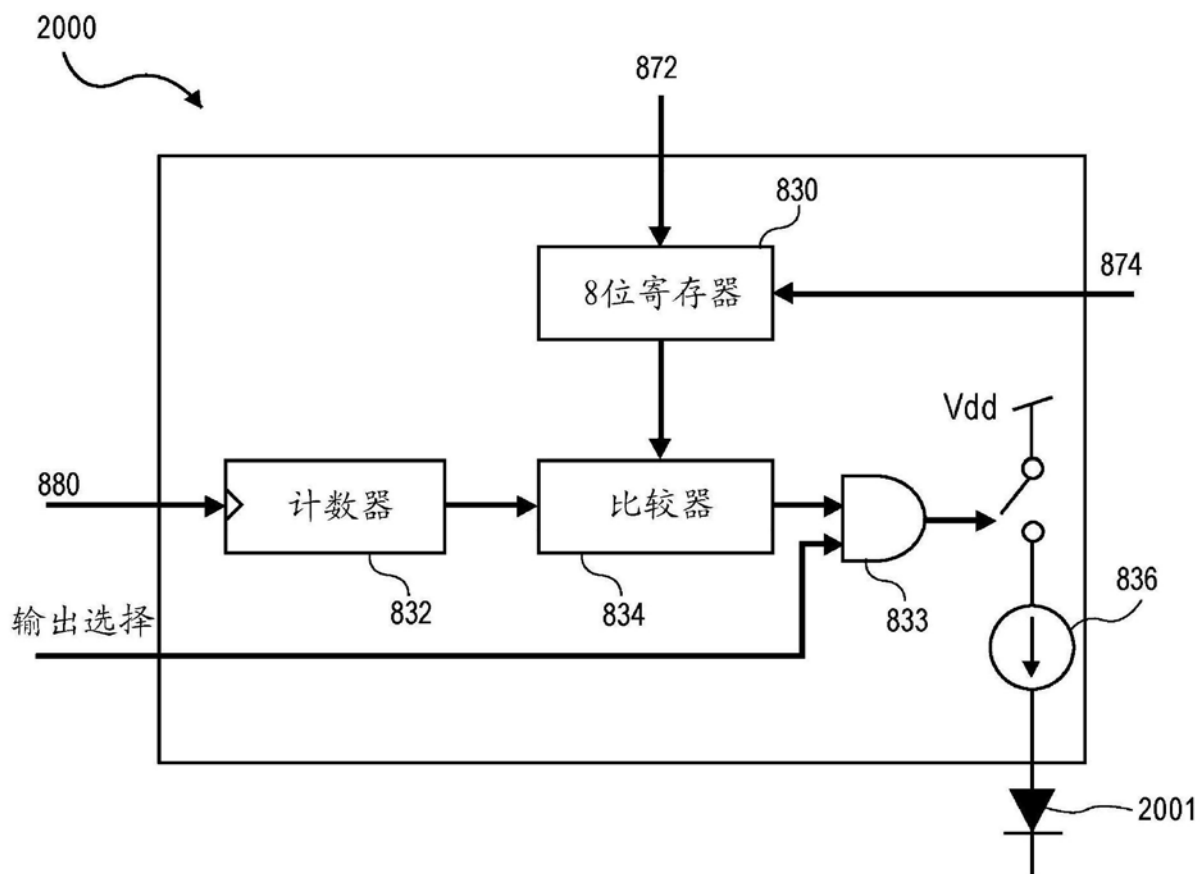


图20

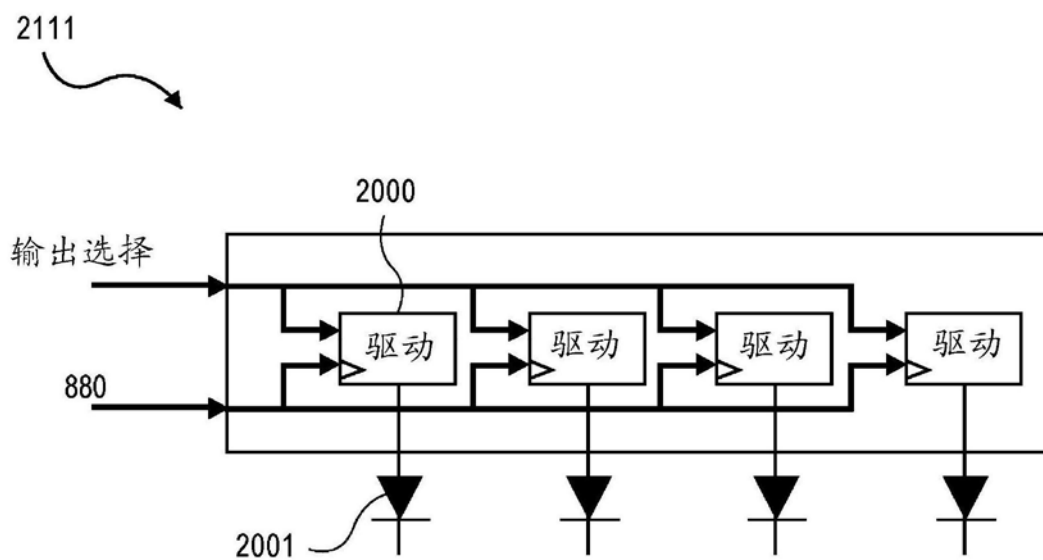


图21

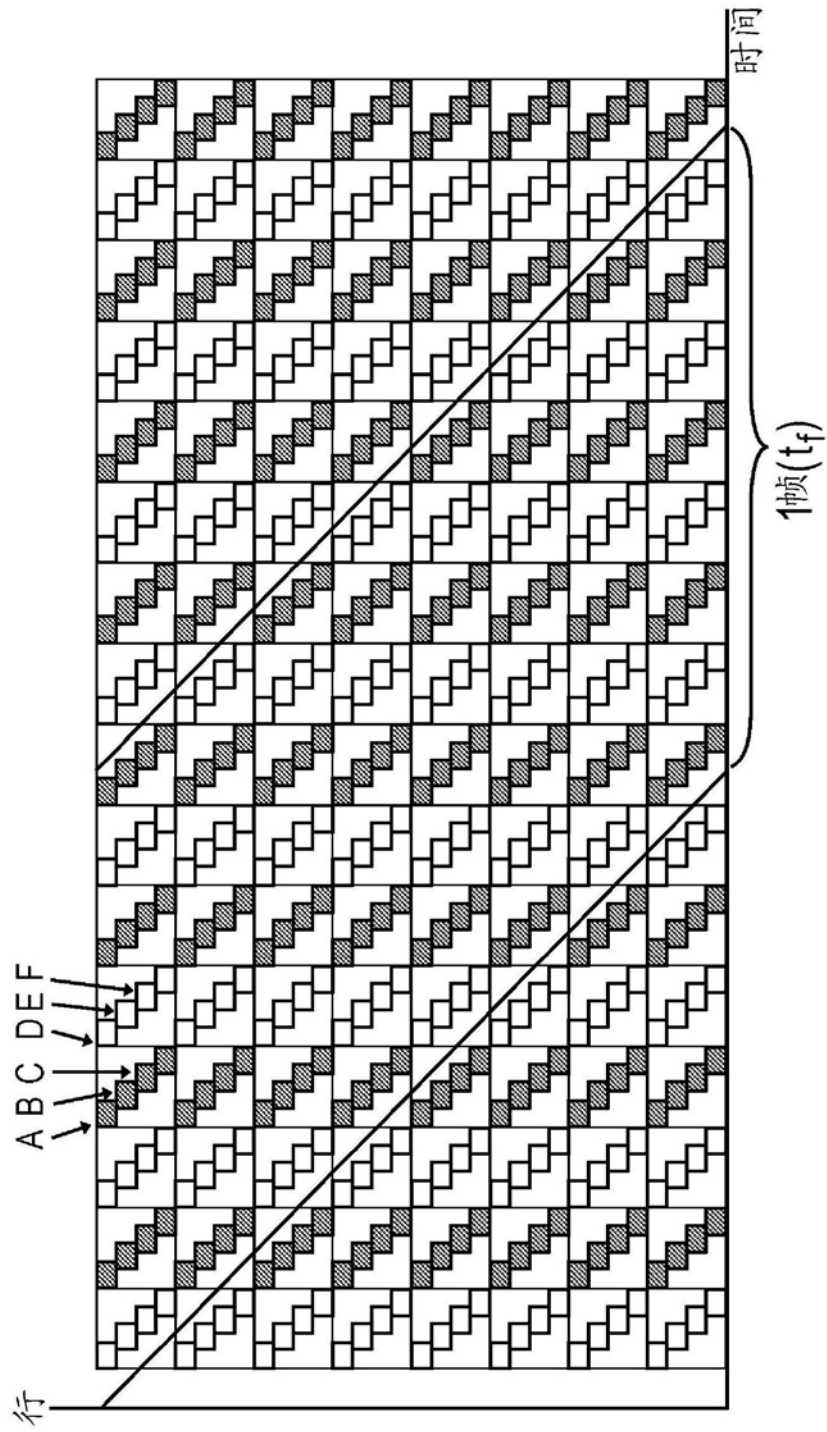


图22A

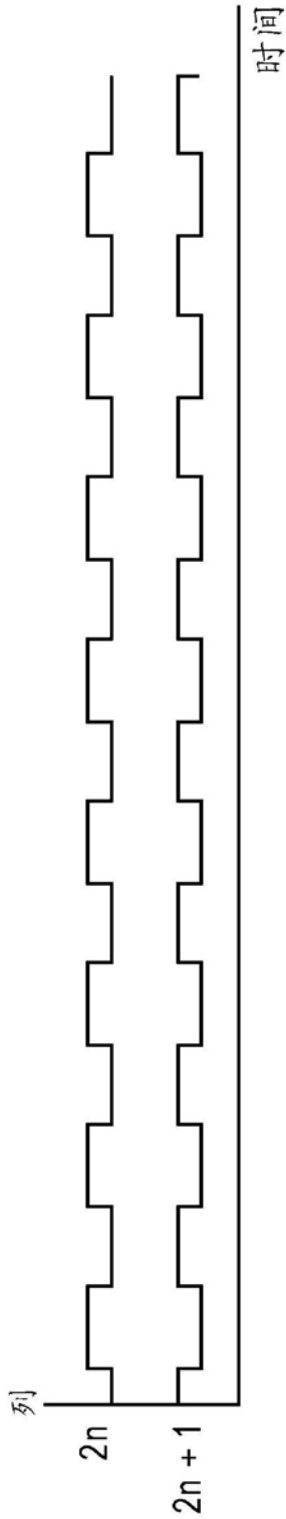


图22B

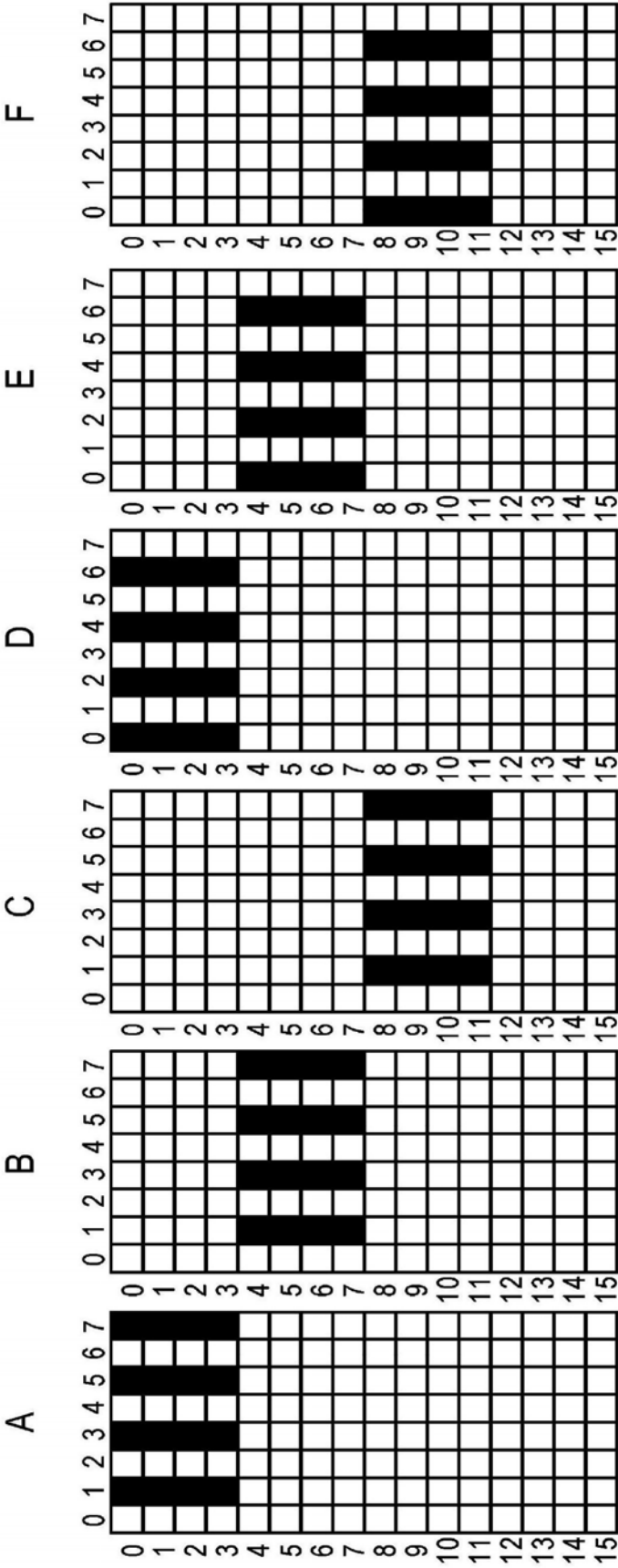


图22C

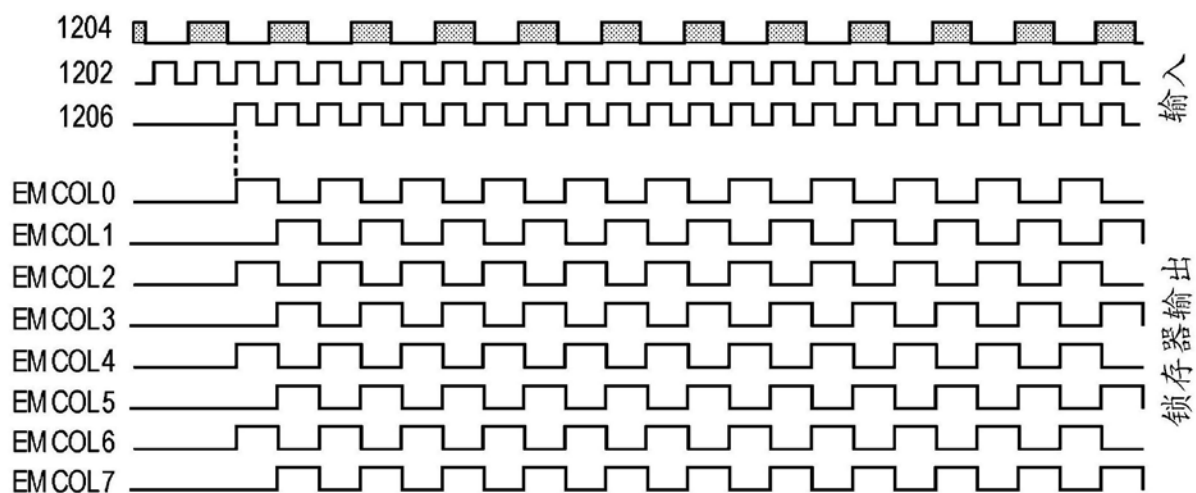
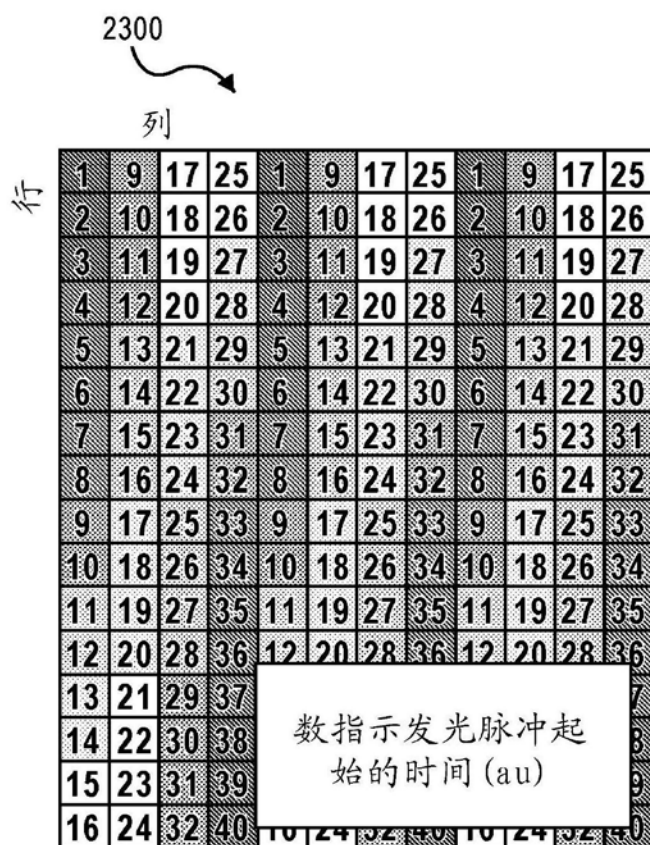


图22D



填充方法：一行内的像素在不同的时间起始

图23A

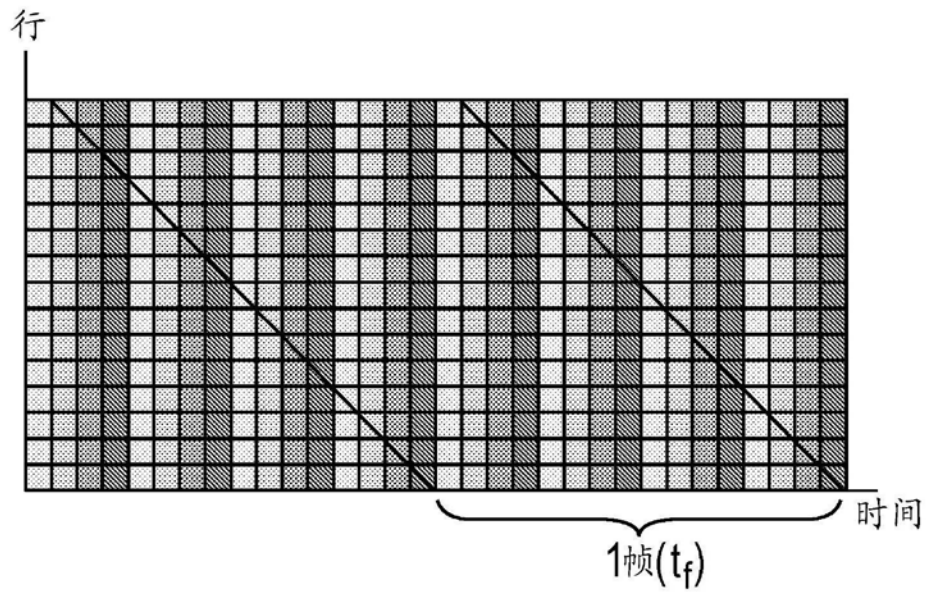


图23B

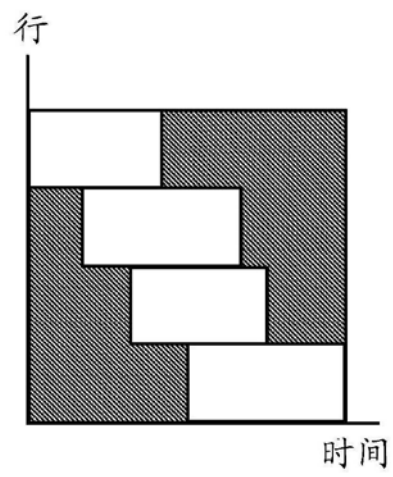


图23C

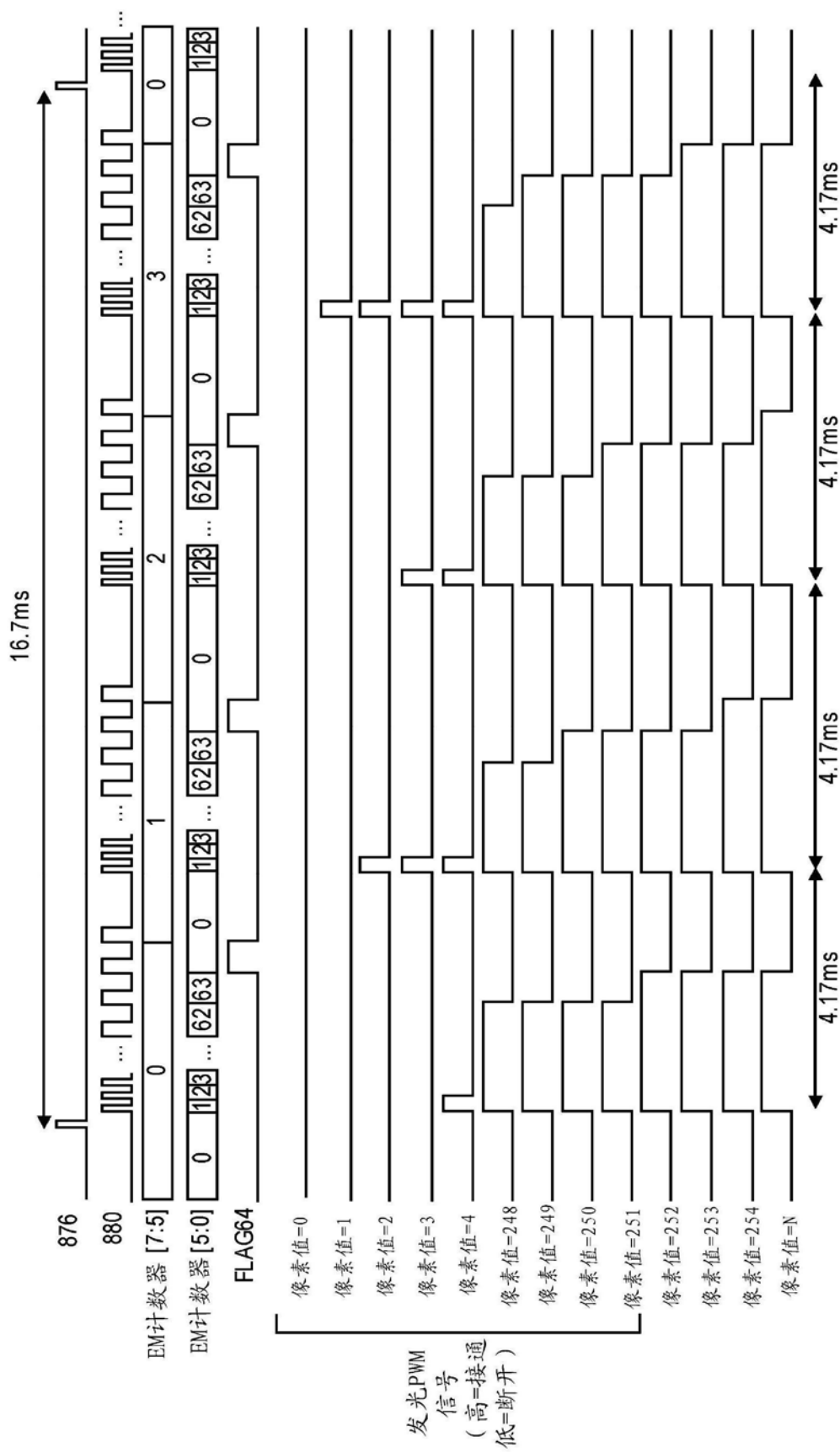


图24

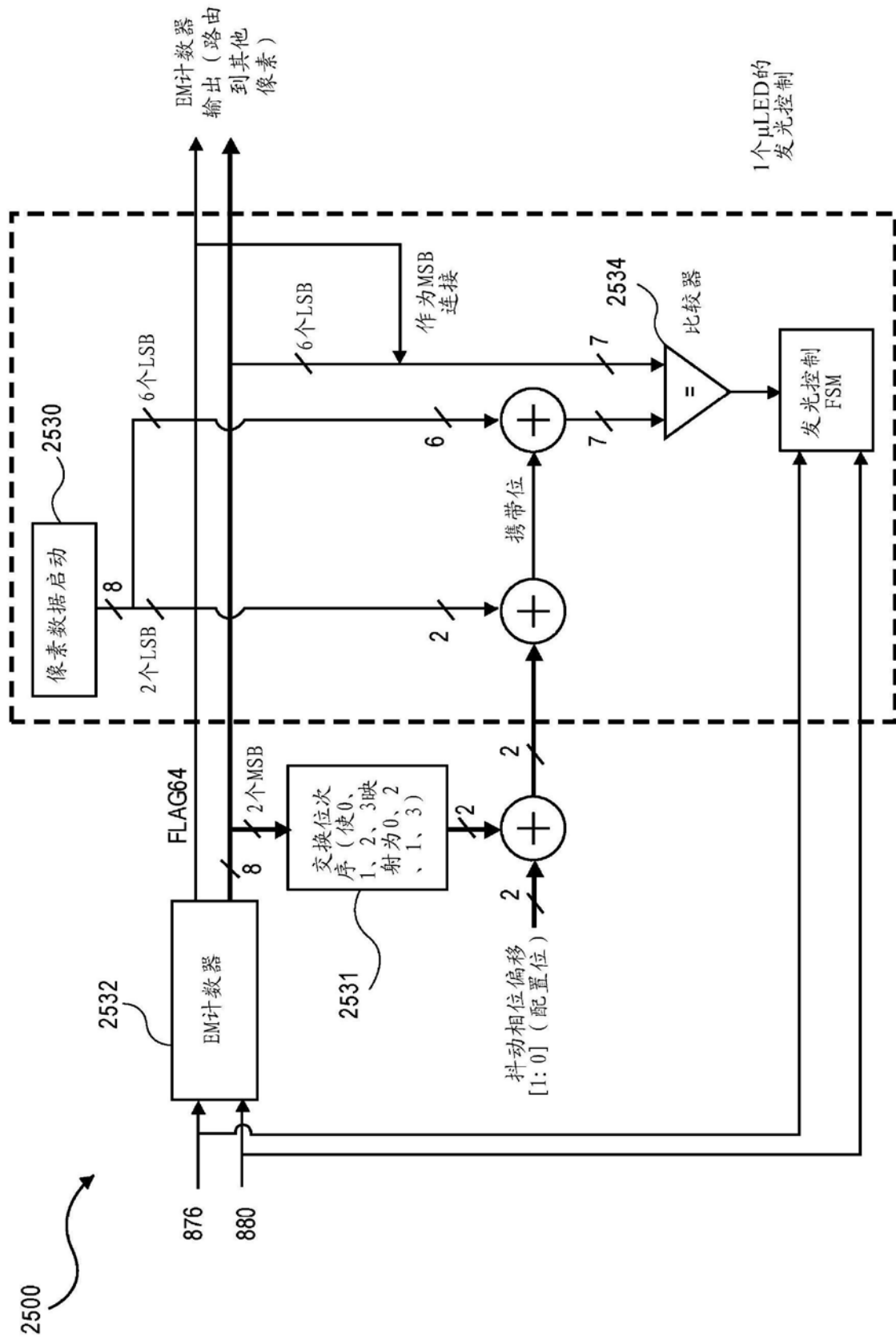
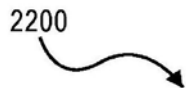


图25

2200



GL	绝对脉冲长度				
	脉冲1	脉冲2	脉冲3	脉冲4	总和
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1	0.016	0.000	0.000	0.000	0.016
2	0.016	0.000	0.058	0.000	0.075
3	0.016	0.107	0.058	0.000	0.182
4	0.016	0.107	0.058	0.161	0.343
5	0.233	0.107	0.058	0.161	0.560
6	0.233	0.107	0.335	0.161	0.836
7	0.233	0.445	0.335	0.161	1.174
8	0.233	0.445	0.335	0.562	1.575
9	0.699	0.445	0.335	0.562	2.040
10	0.699	0.445	0.867	0.562	2.573
11	0.699	1.045	0.867	0.562	3.173
12	0.699	1.045	0.867	1.231	3.842
13	1.439	1.045	0.867	1.231	4.582
14	1.439	1.045	1.678	1.231	5.393
15	1.439	1.929	1.678	1.231	6.277
16	1.439	1.929	1.678	2.189	7.235
17	2.471	1.929	1.678	2.189	8.267
18	2.471	1.929	2.786	2.189	9.375
19	2.471	3.113	2.786	2.189	10.559
20	2.471	3.113	2.786	3.450	11.820
21	3.811	3.113	2.786	3.450	13.160
22	3.811	3.113	4.204	3.450	14.578
23	3.811	4.611	4.204	3.450	16.076
24	3.811	4.611	4.204	5.028	17.653
25	5.469	4.611	4.204	5.028	19.312
26	5.469	4.611	5.945	5.028	21.053
27	5.469	6.434	5.945	5.028	22.875
28	5.469	6.434	5.945	6.933	24.781
29	7.458	6.434	5.945	6.933	26.770
30	7.458	6.434	8.017	6.933	28.842
31	7.458	8.591	8.017	6.933	31.000

图26

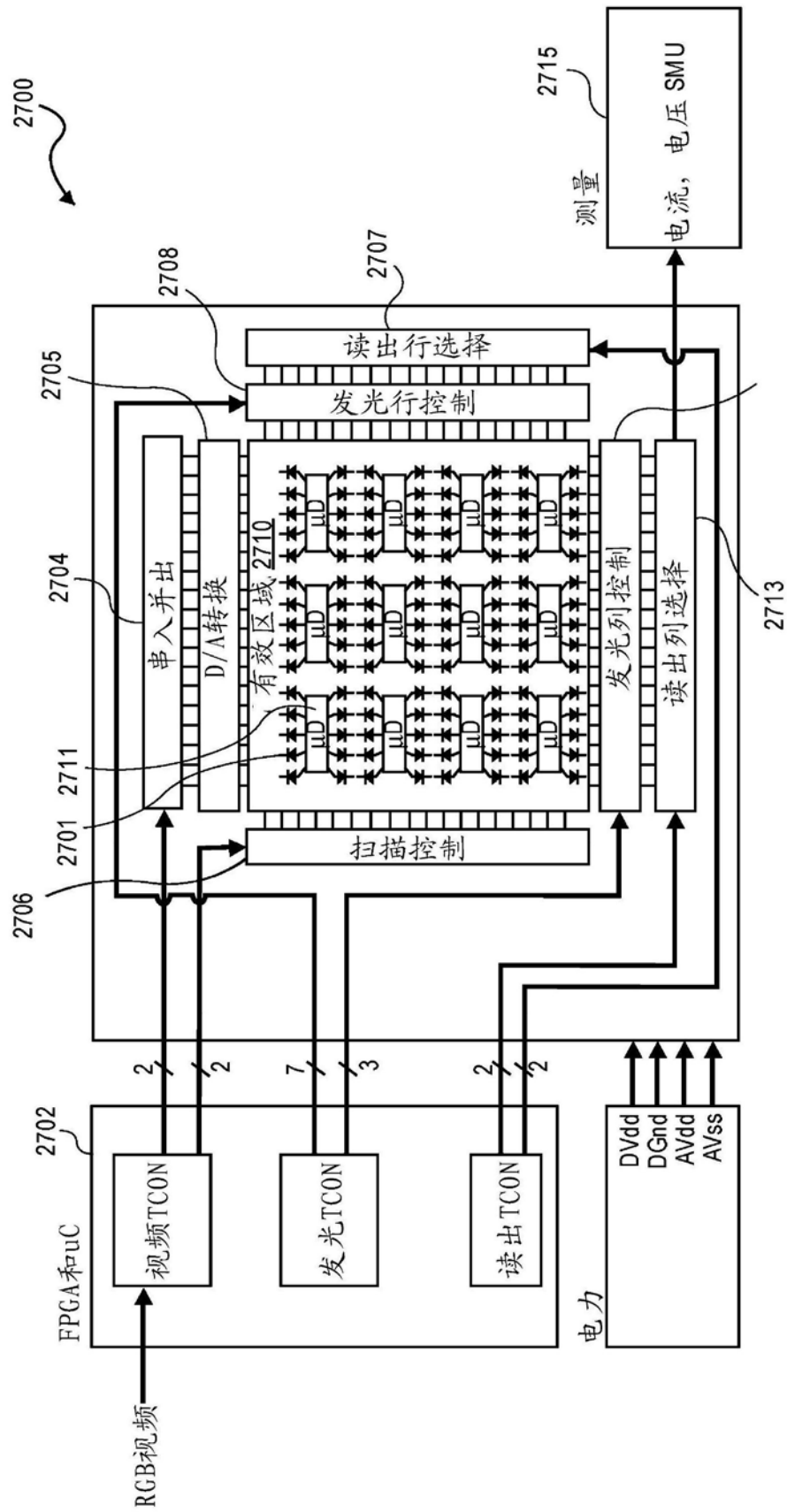


图27

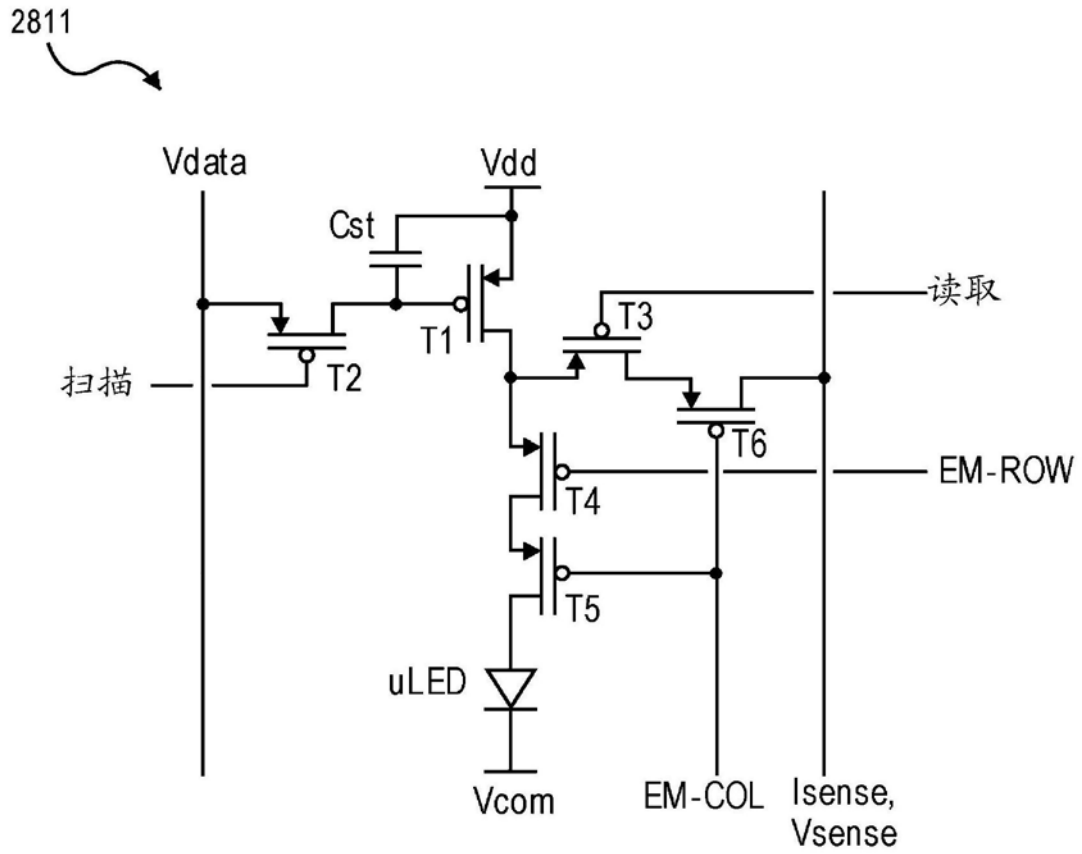


图28

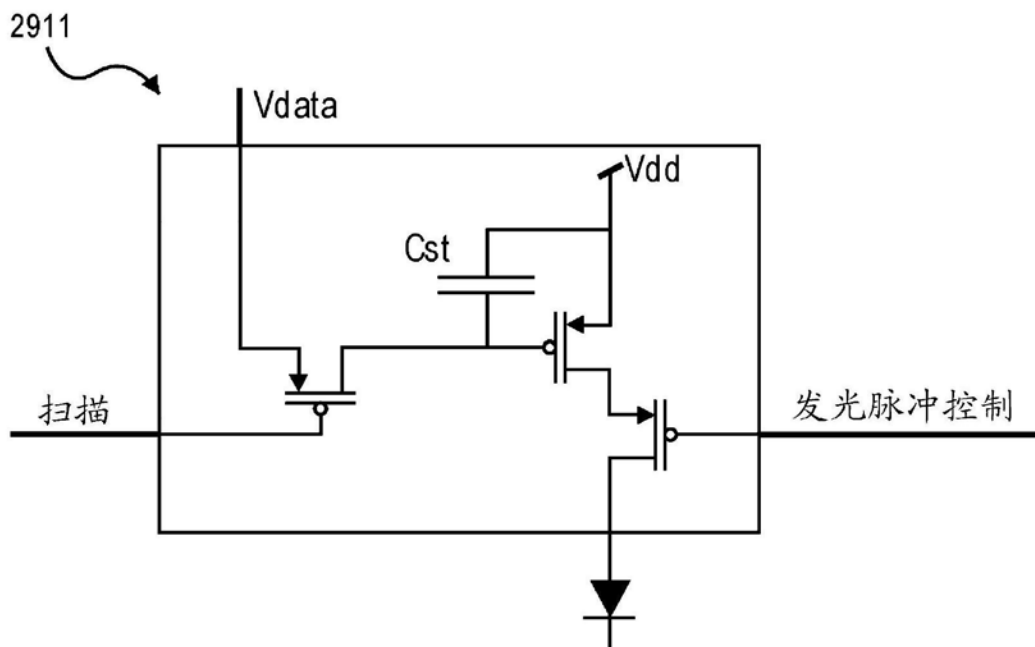


图29

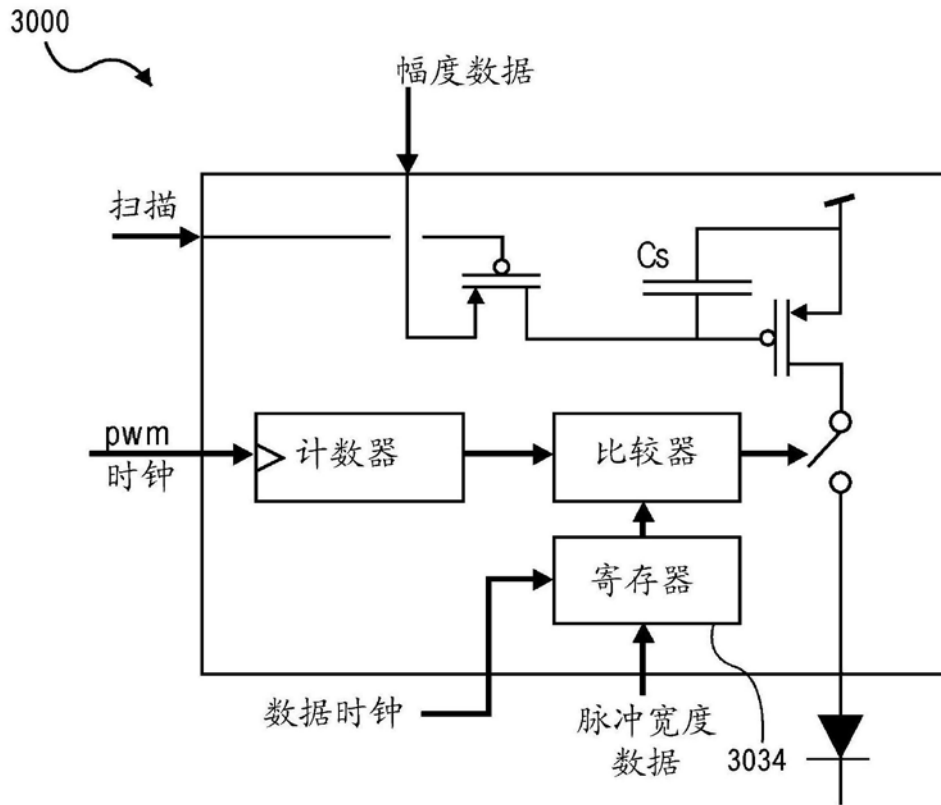


图30

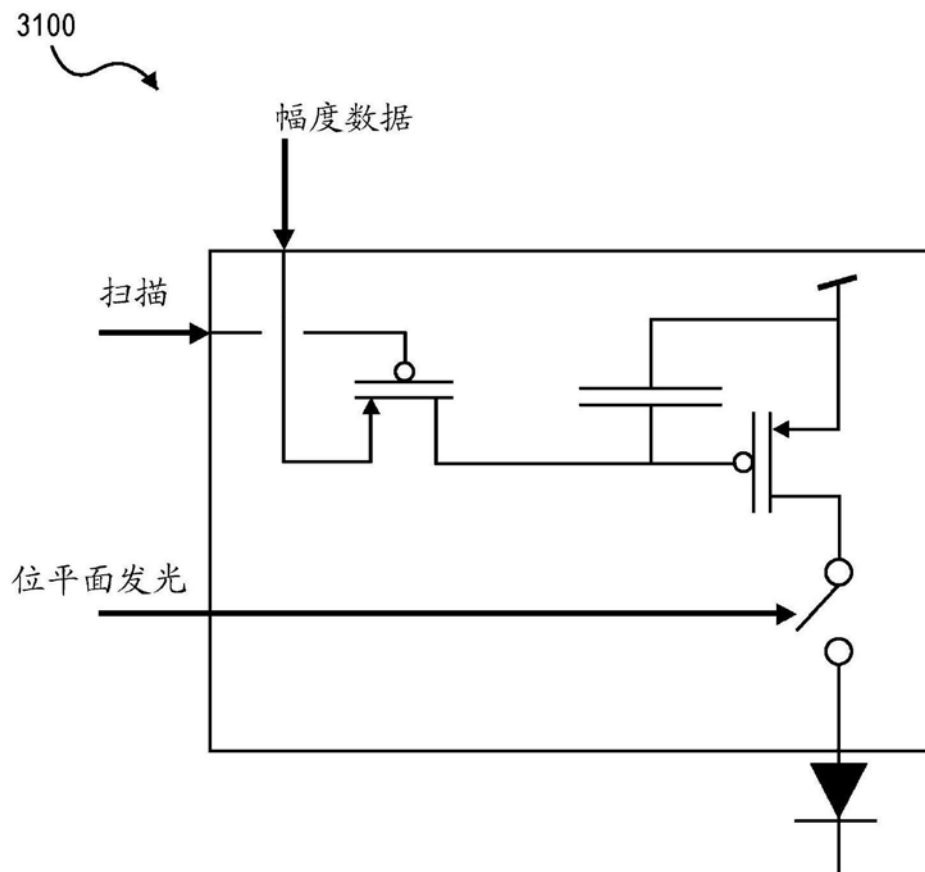


图31

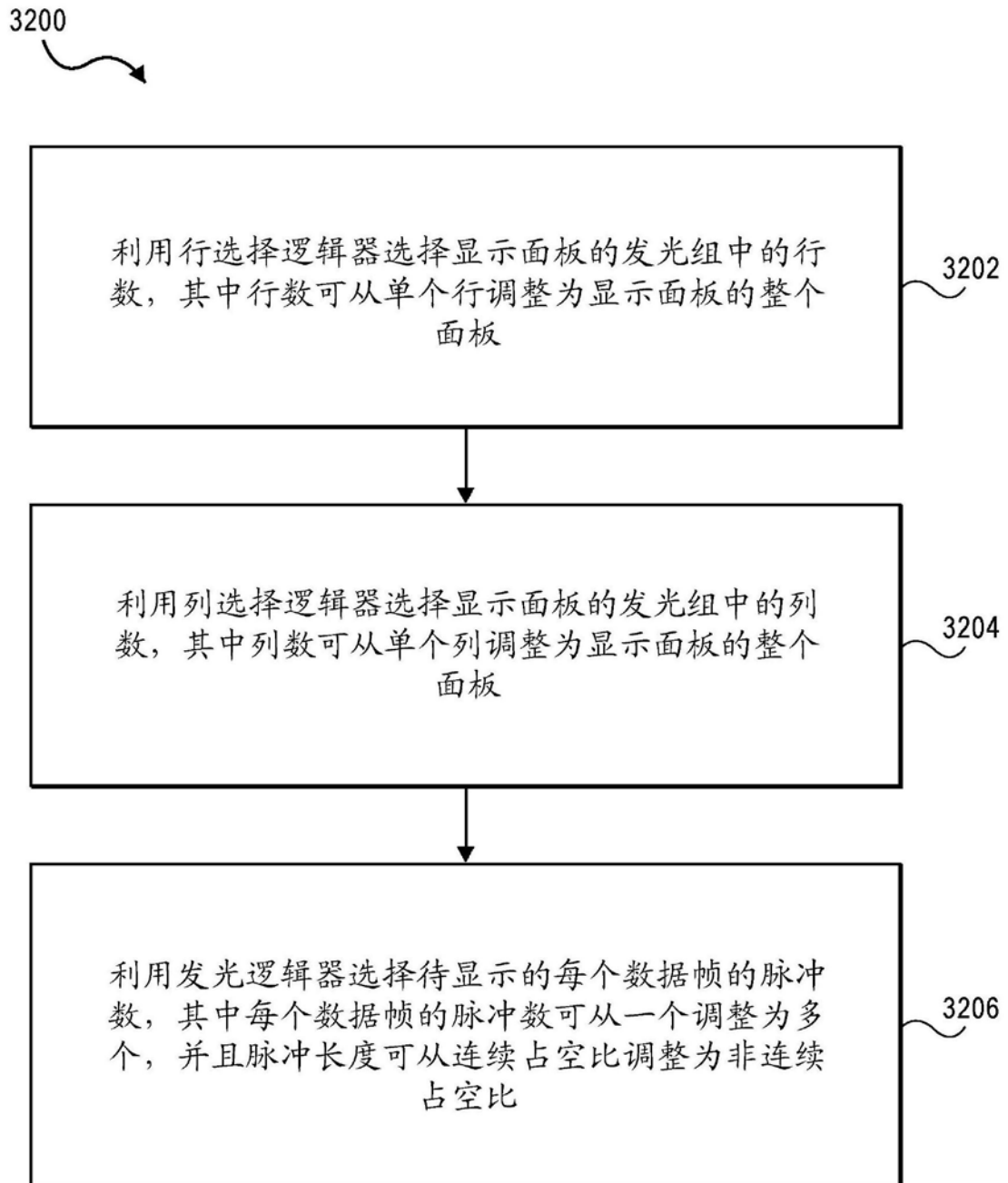


图32