



(21) 申请号 201880049702.5

(22) 申请日 2018.07.26

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 110998366 A

(43) 申请公布日 2020.04.10

(30) 优先权数据
2017-152501 2017.08.07 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2020.01.22

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2018/028070 2018.07.26

(87) PCT国际申请的公布数据
W02019/031261 JA 2019.02.14

(73) 专利权人 索尼半导体解决方案公司
地址 日本神奈川

(72) 发明人 江川佳孝

(74) 专利代理机构 北京康信知识产权代理有限
责任公司 11240

专利代理师 余刚

(51) Int.Cl.

G01S 17/10 (2020.01)

G01S 7/486 (2020.01)

G01C 3/06 (2006.01)

(56) 对比文件

DE 4411218 C1, 1995.09.07

JP 2003087657 A, 2003.03.20

JP 2003114657 A, 2003.04.18

JP 2005243152 A, 2005.09.08

JP 2006258690 A, 2006.09.28

JP 2008151835 A, 2008.07.03

JP H11514089 A, 1999.11.30

US 2017089292 A1, 2017.03.30

US 6049358 A, 2000.04.11

JP 2003140627 A, 2003.05.16

JP 2010172154 A, 2010.08.05

CN 106256313 A, 2016.12.28

US 2014291483 A1, 2014.10.02

JP 2014057229 A, 2014.03.27

JP 2017011693 A, 2017.01.12

US 2010321547 A1, 2010.12.23 (续)

审查员 梁利环

权利要求书5页 说明书32页 附图31页

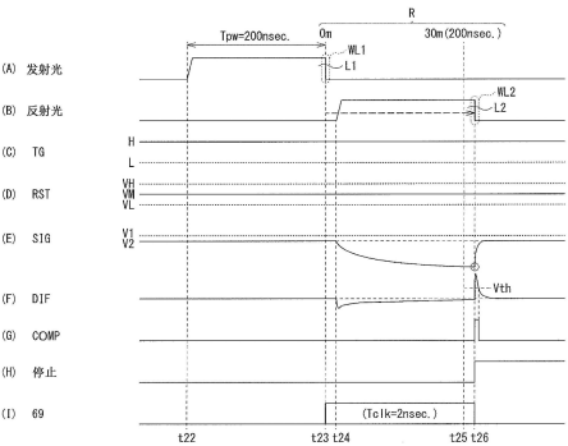
(54) 发明名称

距离传感器、距离测量装置和图像传感器

(57) 摘要

本公开的距离传感器配备有：控制单元，其指示光源单元发射第一光脉冲；光接收单元，其具有光电二极管，该光电二极管用于通过接收与第一光脉冲相对应的第一反射光脉冲来产生信号电荷，存储该信号电荷，并通过将该信号电荷转换为电压来产生接收信号；信号变化检测单元，用于执行第一检测操作，以根据第一反射光脉冲检测接收信号中的第一信号变化；以及时间测量单元，其用于基于第一信号变化来执行第一测量操作，该第一测量操作用于测量从光源单元发射第一光脉冲的时刻直到光接收单元接收第

一反射光脉冲的时刻为止的第一时间间隔。



[接上页]

(56) 对比文件

US 2011313722 A1, 2011.12.22

US 2016373652 A1, 2016.12.22

Zhihui Sun. Pulsed Time-of-flight
Laser Scanning Techniques for Industrial
Safety Monitoring Applications.《Sixth
International Symposium on Precision
Engineering Measurements and
Instrumentation》.2010,1-8.

Sami Kurtti. An Integrated Laser Radar

Receiver Channel Utilizing a Time-Domain
Walk Error Compensation Scheme.《IEEE
TRANSACTIONS ON INSTRUMENTATION AND
MEASUREMENT》.2011,146-157.

Zhihui Sun. Pulsed Time-of-flight
Laser Scanning Techniques for Industrial
Safety Monitoring Applications.《Sixth
International Symposium on Precision
Engineering Measurements and
Instrumentation》.2010,1-8.

1. 一种距离传感器,包括:

控制器,所述控制器指示光源部发射第一光脉冲;

光接收器,所述光接收器包括光电二极管,所述光电二极管通过接收与所述第一光脉冲相对应的第一反射光脉冲来产生信号电荷,并且通过存储所述信号电荷并将所述信号电荷转换为电压来产生光接收信号,其中,所述光接收器还包括:

第一晶体管,所述第一晶体管具有栅极、源极和漏极,所述源极和所述漏极中的一个耦接至所述光电二极管,所述源极和所述漏极中的另一个耦接至第一节点;以及

第二晶体管,所述第二晶体管具有栅极、源极和漏极,所述源极和所述漏极中的一个被供应有预定电压,所述源极和所述漏极中的另一个耦接到所述第一节点;

信号变化检测器,所述信号变化检测器执行检测与所述光接收信号中的所述第一反射光脉冲相对应的第一信号变化的第一检测操作;以及

时间测量部,所述时间测量部基于所述第一信号变化执行第一测量操作,所述第一测量操作测量从所述光源部中的所述第一光脉冲的发射时刻到所述光接收器中的所述第一反射光脉冲的接收时刻的第一时间间隔,以及

驱动器,所述驱动器被配置为选择性地向所述第二晶体管的栅极施加使所述第二晶体管处于截止状态的截止电压和使所述第二晶体管处于导通状态的导通电压与所述截止电压之间的中间电压,其中,所述驱动器在第一时间段期间将所述中间电压施加到所述第二晶体管的栅极,并且在所述第一时间段之后的第二时间段期间交替地将所述中间电压和所述截止电压施加到所述第二晶体管的栅极。

2. 根据权利要求1所述的距离传感器,其中,

所述第一信号变化是与所述第一反射光脉冲的后端相对应的信号变化,

所述发射时刻是所述第一光脉冲的后端时刻,以及

所述接收时刻是所述第一反射光脉冲的后端时刻。

3. 根据权利要求1所述的距离传感器,其中,所述光接收器还包括:

信号转换器,所述信号转换器耦接到所述第一节点,存储所述信号电荷,并将所述信号电荷转换为电压,以及

输出部,所述输出部输出与所述第一节点中的电压相对应的电压。

4. 根据权利要求1所述的距离传感器,其中,

所述光电二极管耦接到第一节点并存储所述信号电荷,以及所述光接收器还包括

第二晶体管,所述第二晶体管具有栅极、源极和漏极,所述源极和所述漏极中的一个被供应有预定电压,所述源极和所述漏极中的另一个耦接到所述第一节点,以及

输出部,所述输出部输出与所述第一节点中的电压相对应的电压。

5. 根据权利要求3所述的距离传感器,其中,所述第二晶体管的栅极的栅极长度比所述第二晶体管的栅极的栅极宽度长。

6. 根据权利要求3所述的距离传感器,其中,

所述驱动器还被配置为向所述第二晶体管的栅极施加使所述第二晶体管处于导通状态的导通电压与使所述第二晶体管处于截止状态的截止电压之间的中间电压。

7. 根据权利要求3所述的距离传感器,其中,

所述驱动器还被配置为向所述第二晶体管的栅极选择性地施加使所述第二晶体管处

于导通状态的导通电压和使所述第二晶体管处于截止状态的截止电压,其中,

所述驱动器在第一时间段期间将所述导通电压施加到所述第二晶体管的所述栅极,并在所述第一时间段之后的第二时间段期间将所述截止电压施加到所述第二晶体管的栅极,以及

所述信号变化检测器在所述第二时间段期间执行所述第一检测操作。

8. 根据权利要求3所述的距离传感器,其中,

所述驱动器还被配置为改变要施加到所述第二晶体管的栅极的电压。

9. 根据权利要求1所述的距离传感器,其中,所述信号变化检测器通过将所述光接收信号中的、在彼此相隔预定时间段的两个时刻的两个信号值之间的差与预定阈值进行比较,来检测所述第一信号变化。

10. 根据权利要求1所述的距离传感器,其中,所述信号变化检测器通过将所述光接收信号的差分值与预定阈值进行比较来检测所述第一信号变化。

11. 根据权利要求1所述的距离传感器,其中,所述信号变化检测器放大所述光接收信号,并且基于所放大的光接收信号执行所述第一检测操作。

12. 根据权利要求1所述的距离传感器,其中,所述光电二极管包括雪崩光电二极管。

13. 一种距离测量装置,包括:

光源部,所述光源部发射第一光脉冲;

控制器,所述控制器指示所述光源部发射所述第一光脉冲;

透镜,与所述第一光脉冲相对应的第一反射光脉冲进入所述透镜;

光接收器,所述光接收器包括光电二极管,所述光电二极管通过经由所述透镜接收所述第一反射光脉冲来产生信号电荷,并且通过存储所述信号电荷并将所述信号电荷转换为电压来产生光接收信号,其中,所述光接收器还包括:

第一晶体管,所述第一晶体管具有栅极、源极和漏极,所述源极和所述漏极中的一个耦接至所述光电二极管,所述源极和所述漏极中的另一个耦接至第一节点;以及

第二晶体管,所述第二晶体管具有栅极、源极和漏极,所述源极和所述漏极中的一个被供应有预定电压,所述源极和所述漏极中的另一个耦接到所述第一节点;

信号变化检测器,所述信号变化检测器执行检测与所述光接收信号中的所述第一反射光脉冲相对应的第一信号变化的第一检测操作;以及

时间测量部,所述时间测量部基于所述第一信号变化执行第一测量操作,所述第一测量操作测量从所述光源部中的所述第一光脉冲的发射时刻到所述光接收器中的所述第一反射光脉冲的接收时刻的第一时间间隔,以及

驱动器,所述驱动器被配置为选择性地向所述第二晶体管的栅极施加使所述第二晶体管处于截止状态的截止电压和使所述第二晶体管处于导通状态的导通电压与所述截止电压之间的中间电压,其中,所述驱动器在第一时间段期间将所述中间电压施加到所述第二晶体管的栅极,并且在所述第一时间段之后的第二时间段期间交替地将所述中间电压和所述截止电压施加到所述第二晶体管的栅极。

14. 根据权利要求13所述的距离测量装置,其中,

所述第一信号变化是与所述第一反射光脉冲的后端相对应的信号变化,

所述发射时刻是所述第一光脉冲的后端时刻,以及

所述接收时刻是所述第一反射光脉冲的后端时刻。

15. 根据权利要求14所述的距离测量装置, 其中,

所述光源部包括

光源, 所述光源发射所述第一光脉冲, 以及

光源控制器, 所述光源控制器控制所述光源中所述第一光脉冲的发射,

所述光源控制器包括

电流源, 所述电流源使发光电流流向所述光源,

开关, 所述开关设置在所述发光电流的路径中, 以及

开关控制器, 所述开关控制器控制所述开关的操作,

所述开关控制器在所述第一光脉冲的后端时刻断开所述开关, 并且

所述发射时刻对应于所述开关断开的时刻。

16. 根据权利要求13所述的距离测量装置, 其中,

所述控制器指示所述光源部除所述第一光脉冲之外还发射跟随所述第一光脉冲的第二光脉冲,

所述光电二极管通过接收与所述第二光脉冲相对应的第二反射光脉冲来产生所述信号电荷,

所述信号变化检测器执行检测与所述光接收信号中的所述第二反射光脉冲相对应的第二信号变化的第二检测操作, 以及

所述时间测量部基于所述第二信号变化, 执行第二测量操作, 所述第二测量操作测量从所述光源部中的所述第二光脉冲的发射时刻到所述光接收器中的所述第二反射光脉冲的接收时刻的第二时间间隔。

17. 根据权利要求16所述的距离测量装置, 其中, 所述光源部包括发射所述第一光脉冲和所述第二光脉冲的光源。

18. 根据权利要求16所述的距离测量装置, 其中, 所述光源部包括:

第一光源, 所述第一光源发射所述第一光脉冲, 以及

第二光源, 所述第二光源发射所述第二光脉冲, 所述第二光源的类型不同于所述第一光源的类型。

19. 根据权利要求16所述的距离测量装置, 其中,

所述时间测量部包括

时钟生成器, 所述时钟生成器产生时钟信号, 以及

时间计数器, 所述时间计数器通过基于所述时钟信号执行计数操作来测量所述第一时间间隔和所述第二时间间隔, 以及所述时钟生成器在所述第一测量操作中将所述时钟信号的周期设置为第一周期, 并在所述第二测量操作中将所述时钟信号的周期设置为第二周期。

20. 根据权利要求19所述的距离测量装置, 其中, 在所述第一测量操作中, 所述时间计数器在所述光源部中的所述第一光脉冲的所述发射时刻开始所述计数操作, 并基于所述第一信号变化停止所述计数操作。

21. 根据权利要求20所述的距离测量装置, 其中,

在所述第一测量操作中, 在从所述第一光脉冲的所述发射时刻起的预定长度的时间段

内所述计数操作没有停止的情况下,所述时间计数器在所述预定长度的时间段结束时停止所述计数操作,以及在所述第二测量操作中,所述时间计数器在从所述第二光脉冲的所述发射时刻起经过了与所述预定长度的时间段相同长度的时间段时刻处重新开始所述计数操作,并基于所述第二信号变化来停止所述计数操作。

22. 一种图像传感器,包括:

控制器,所述控制器指示光源部发射第一光脉冲;

多个光接收器,每个光接收器包括光电二极管,所述光电二极管通过接收与所述第一光脉冲相对应的第一反射光脉冲来产生信号电荷,并且每个光接收器通过存储所述信号电荷并将所述信号电荷转换为电压来产生光接收信号,其中,所述每个光接收器还包括:

第一晶体管,所述第一晶体管具有栅极、源极和漏极,所述源极和所述漏极中的一个耦接至所述光电二极管,所述源极和所述漏极中的另一个耦接至第一节点;以及

第二晶体管,所述第二晶体管具有栅极、源极和漏极,所述源极和所述漏极中的一个被供应有预定电压,所述源极和所述漏极中的另一个耦接到所述第一节点;

信号变化检测器,所述信号变化检测器执行检测与所述光接收信号中的所述第一反射光脉冲相对应的第一信号变化的第一检测操作;

测量部,所述测量部基于所述第一信号变化执行第一测量操作,所述第一测量操作测量从所述光源部中的所述第一光脉冲的发射时刻到所述光接收器中的所述第一反射光脉冲的接收时刻的第一时间间隔,以及

驱动器,所述驱动器被配置为选择性地向所述第二晶体管的栅极施加使所述第二晶体管处于截止状态的截止电压和使所述第二晶体管处于导通状态的导通电压与所述截止电压之间的中间电压,其中,所述驱动器在第一时间段期间将所述中间电压施加到所述第二晶体管的栅极,并且在所述第一时间段之后的第二时间段期间交替地将所述中间电压和所述截止电压施加到所述第二晶体管的栅极。

23. 根据权利要求22所述的图像传感器,其中,

所述控制器还控制所述图像传感器以在包括第一操作模式的多个操作模式中的一个操作模式中操作,

所述测量部包括

时钟生成器,所述时钟生成器产生时钟信号,以及

计数器,所述计数器基于所述时钟信号执行计数操作,

在所述第一操作模式中,所述多个光接收器均基于所述第一反射光脉冲产生所述光接收信号,

所述信号变化检测器在所述第一操作模式下执行所述第一检测操作,以及

所述计数器通过在所述第一操作模式下基于所述第一信号变化来停止所述计数操作来测量所述第一时间间隔。

24. 根据权利要求23所述的图像传感器,其中,

所述测量部包括信号生成器,所述信号生成器产生电压电平变化的参考信号,

所述多个操作模式包括第二操作模式,

在所述第二操作模式下,所述多个光接收器均生成与接收的光量相对应的像素信号,以及

所述计数器根据在所述第二操作模式下所述参考信号和所述像素信号之间的比较结果,通过停止所述计数操作,将所述像素信号转换为像素值。

距离传感器、距离测量装置和图像传感器

技术领域

[0001] 本公开涉及检测距离的距离传感器、包括该距离传感器的距离测量装置以及检测距离的图像传感器。

背景技术

[0002] 在测量到测量对象的距离时,经常使用TOF(飞行时间)方法。使用TOF方法的距离测量装置发射光并且还检测由测量对象反射的光。随后,距离测量装置通过检测发射光的时刻与检测到反射光的时刻之间的时间差来测量到测量对象的距离(例如,参照专利文献1)。

[0003] 引文列表

[0004] 专利文献

[0005] 专利文献1:日本未经审查的专利申请公开第2010-91377号

发明内容

[0006] 同时,期望距离测量装置能够测量到远处的测量对象的距离,并且期望扩展可测量的距离。

[0007] 期望提供一种距离传感器、距离测量装置和图像传感器,这些使得可以延伸可测量的距离。

[0008] 根据本公开的实施例的距离传感器包括控制器、光接收器、信号变化检测器和测量部。控制器指示光源部发射第一光脉冲。光接收器包括光电二极管,该光电二极管通过接收与第一光脉冲相对应的第一反射光脉冲来产生信号电荷,并且通过存储信号电荷并将信号电荷转换为电压来产生光接收信号。信号变化检测器执行检测与光接收信号中的第一反射光脉冲相对应的第一信号变化的第一检测操作。时间测量部基于第一信号变化执行第一测量操作,该第一测量操作测量从光源部中的第一光脉冲的发射时刻到光接收器中第一反射光脉冲的接收时刻的第一时间间隔。

[0009] 根据本公开的实施例的距离测量装置包括光源部、控制器、透镜、光接收器、信号变化检测器和时间测量部。光源部发射第一光脉冲。控制器指示光源部发射第一光脉冲。对应于第一光脉冲的第一反射光脉冲进入透镜。光接收器包括光电二极管,该光电二极管通过经由透镜接收第一反射光脉冲来产生信号电荷,并且通过存储信号电荷并将信号电荷转换为电压来产生光接收信号。信号变化检测器执行检测与光接收信号中的第一反射光脉冲相对应的第一信号变化的第一检测操作。时间测量部基于第一信号变化执行第一测量操作,该第一测量操作测量从光源部中的第一光脉冲的发射时刻到光接收器中第一反射光脉冲的接收时刻的第一时间间隔。

[0010] 根据本公开的实施例的图像传感器包括控制器、多个光接收器、信号变化检测器和测量部。控制器指示光源部发射第一光脉冲。多个光接收器均包括光电二极管,该光电二极管通过接收与第一光脉冲相对应的第一反射光脉冲来产生信号电荷,并且均通过存储信号

电荷并将信号电荷转换为电压来产生光接收信号。信号变化检测器执行检测与光接收信号中的第一反射光脉冲相对应的第一信号变化的第一检测操作。测量部基于第一信号变化执行第一测量操作,该第一测量操作测量从光源部中的第一光脉冲的发射时刻到光接收器中第一反射光脉冲的接收时刻的第一时间间隔。

[0011] 根据本公开的实施例的距离传感器、距离测量装置和图像传感器,在光接收器中,接收与从光源部发射的第一光脉冲相对应的第一反射光脉冲,并产生信号电荷。然后,在光接收器中,信号电荷被存储并且信号电荷被转换为电压,因此,产生光接收信号。此后,检测与光接收信号中的第一反射光脉冲相对应的第一信号变化,并且基于该第一信号变化,测量从光源部中的第一光脉冲的发射时刻到光接收器中的第一反射光脉冲的接收时刻的第一时间间隔。

[0012] 根据本公开的实施例的距离传感器、距离测量装置和图像传感器,光接收器通过接收第一反射光脉冲来使信号电荷产生,存储信号电荷并产生光接收信号。基于与光接收信号中的第一反射光脉冲相对应的第一信号变化来测量第一时间间隔;因此,可以延长可测量的距离。要注意的是,本公开的效果不必限于上述效果,并且可以是说明书中描述的任何效果。

附图说明

[0013] 图1是示出根据本公开的实施例的距离测量装置的配置示例的框图。

[0014] 图2是示出图1所示的光源和光源控制器的配置示例的框图。

[0015] 图3是示出图1所示的光源和光源控制器的操作示例的时序波形图。

[0016] 图4是示出图1所示的成像部的配置示例的框图。

[0017] 图5是示出图4所示的像素阵列和读取部的配置示例的电路图。

[0018] 图6是示出图5所示的差分电路的配置示例的框图。

[0019] 图7是示出根据第一实施例的距离测量装置的操作示例的时序波形图。

[0020] 图8是示出像素信号的示例的波形图。

[0021] 图9是示出根据第一实施例的图像像素的操作示例的说明图。

[0022] 图10是示出根据第一实施例的距离测量装置的另一操作示例的时序波形图。

[0023] 图11是示出根据第一实施例的距离测量装置的另一操作示例的时序波形图。

[0024] 图12是示出图5所示的差分电路的操作示例的时序波形图。

[0025] 图13是示出对微小信号执行积分动作的说明图。

[0026] 图14是示出根据第一实施例的另一变形例的图像像素的操作示例的说明图。

[0027] 图15是示出根据第一实施例的另一变形例的图像像素的布局示例的说明图。

[0028] 图16是示出根据第一实施例的另一变形例的光源控制器的配置示例的框图。

[0029] 图17是示出根据第一实施例的另一变形例的光源和光源控制器的操作示例的时序波形图。

[0030] 图18是示出根据第一实施例的另一变形例的像素阵列的配置示例的电路图。

[0031] 图19是示出图18所示的图像像素的操作示例的说明图。

[0032] 图20A是示出根据第一实施例的另一变形例的差分电路的配置示例的电路图。

[0033] 图20B是示出根据第一实施例的另一变形例的差分电路的配置示例的框图。

- [0034] 图21A是示出根据第一实施例的另一变形例的微分器的配置示例的电路图。
- [0035] 图21B是示出根据第一实施例的另一变形例的微分器的配置示例的电路图。
- [0036] 图22是示出根据第一实施例的另一变形例的光源和光源控制器的操作示例的时序波形图。
- [0037] 图23是示出根据第一实施例的另一变形例的光源和光源控制器的操作示例的时序波形图。
- [0038] 图24是示出根据第一实施例的另一变形例的距离测量装置的操作示例的时序波形图。
- [0039] 图25是示出根据第二实施例的距离测量装置的操作示例的时序波形图。
- [0040] 图26是示出根据第三实施例的距离测量装置的操作示例的时序波形图。
- [0041] 图27是示出根据第三实施例的图像像素的操作示例的说明图。
- [0042] 图28是示出根据第三实施例的距离测量装置的另一操作示例的时序波形图。
- [0043] 图29是示出根据第三实施例的变形例的读取部的配置示例的框图。
- [0044] 图30是示出根据第三实施例的变形例的距离测量装置的操作示例的时序波形图。
- [0045] 图31是示出根据第四实施例的距离测量装置的配置示例的框图。
- [0046] 图32是示出根据第四实施例的距离测量装置的操作示例的时序波形图。
- [0047] 图33是示出根据第五实施例的距离测量装置的配置示例的框图。
- [0048] 图34是示出根据第五实施例的距离测量装置的操作示例的时序波形图。
- [0049] 图35是示出根据应用示例的成像装置的配置示例的框图。
- [0050] 图36是示出根据应用示例的读取部的配置示例的框图。
- [0051] 图37是示出根据应用示例的成像装置的操作示例的时序波形图。

具体实施方式

[0052] 在下文中,参考附图详细描述本公开的一些实施例。要注意的是,以以下顺序给出描述。

- [0053] 1. 第一实施例
- [0054] 2. 第二实施例
- [0055] 3. 第三实施例
- [0056] 4. 第四实施例
- [0057] 5. 第五实施例
- [0058] 6. 应用示例
- [0059] <1. 第一实施例>
- [0060] [配置示例]

[0061] 图1示出了根据实施例的距离测量装置(距离测量装置1)的配置示例。距离测量装置1使用TOF法测量到测量对象的距离D。距离测量装置1具有长的可测量距离(在该示例中为约30m至120m)。距离测量装置1包括光源20、光源控制器30、透镜11、成像部40和控制器12。例如,光源控制器30、成像部40和控制器12可以在半导体基板上一体形成。应当注意,本公开不限于此,且例如,可以在印刷基板上安装多个单独的部件。具体地,例如,成像部40和控制器12可以被配置为一个半导体组件,并且光源20和光源控制器30可以被配置为一个半

导体组件,并且这些组件可以被安装在例如,印刷基板上。

[0062] 光源20向测量对象发射光脉冲L1,并且例如通过使用发光二极管(LED)来配置。光源控制器30基于来自控制器12的指令来控制光源20的操作。

[0063] 图2示出了光源20和光源控制器30的配置示例。要注意的是,图2还示出了控制器12。

[0064] 光源20包括发光二极管(LED)21。发光二极管(LED)21的阳极被提供电压VP,并且发光二极管(LED)21的阴极耦接至光源控制器30的电流源33(稍后描述)的一端。注意,在本实施例中,尽管使用一个发光二极管(LED)21,但是本公开不限于此,且可以设置多个发光二极管,并且可以将多个发光二极管串联连接,或者可以将多个发光二极管并联连接。另外,可以提供各自包括并联连接的多个发光二极管的多个发光二极管组,并且多个发光二极管组可以串联连接。

[0065] 光源控制器30包括控制信号生成器31、驱动器32、电流源33和开关34。控制信号生成器31基于来自控制器12的指令来产生控制信号S1和S3。驱动器32基于控制信号S1驱动电流源33。电流源33允许具有预定电流值的电流流动,并且包括例如MOS(金属氧化物半导体)晶体管。电流源33的一端耦接到发光二极管(LED)21的阴极,且另一端连接到开关34的一端。开关34基于控制信号S3执行导通/截止操作,并且包括例如MOS晶体管。开关34的一端耦接到电流源33的另一端,且开关34的另一端接地。

[0066] 图3示出了光源20和光源控制器30的操作示例,其中(A)指示控制信号S1的波形,(B)指示控制信号S3的波形,并且(C)指示从光源20发射的光的波形。在该示例中,当控制信号S1处于高电平时,电流源33传导电流。当控制信号S3处于高电平时,开关34变成导通状态。光源控制器30使用控制信号S1和S3来控制光源20的操作,并且光源20发射光脉冲L1。在下文中,将详细描述该操作。

[0067] 在时刻t11,控制信号生成器31将控制信号S3从低电平改变为高电平(图3的(B))。因此,开关34从截止状态变为导通状态。

[0068] 接下来,在时刻t12,控制信号生成器31将控制信号S1从低电平改变为高电平(图3的(A))。驱动器32基于控制信号S1驱动电流源33。如图3的(A)所示,提供给电流源33的控制信号S2由于负载为钝信号(dull signal),并且上升缓慢。电流源33响应于控制信号S2使电流流动。这使得发光二极管(LED)21开始发光(图3的(C))。

[0069] 接下来,在时刻t13,控制信号生成器31将控制信号S3从高电平改变为低电平(图3的(B))。这使得开关34从导通状态变为截止状态。发光二极管21停止发光(图3的(C))。因此,光源20发射具有如图3的(C)所示的脉冲宽度Tpw的光脉冲L1。

[0070] 接下来,在时刻t14,控制信号生成器31将控制信号S1从高电平改变为低电平(图3的(A))。驱动器32基于控制信号S1驱动电流源33。提供给电流源33的控制信号S2由于负载而为钝信号,并且缓慢下降。

[0071] 以这种方式,光源20向测量对象发射光脉冲L1(图3的(C))。如上所述,在距离测量装置1中,由于在发光二极管(LED)21的电流路径上设有开关34,通过断开开关34,可以使光脉冲L1的后端(波形部WL1)的光强度的变化变陡。因此,在距离测量装置1中,如后面将描述的,可以通过使用在测量对象上反射的光脉冲(反射光脉冲L2)的后端来高精度地测量到测量对象的距离D。

[0072] 透镜11(图1)在成像部40的成像平面上形成图像。反射光脉冲L2进入透镜11。

[0073] 成像部40基于来自控制器12的指令获取距离图像PIC。包括在距离图像PIC中的多个像素值中的每个像素值指示距离D的值(距离信号值)。此外,成像部40将所获取的距离图像PIC作为图像信号Spic输出。

[0074] 图4示出了成像部40的配置示例。成像部40包括像素阵列41、扫描仪42、读取部50、图像生成器44和成像控制器45。图5示出像素阵列41和读取部50的配置示例。

[0075] 像素阵列41是多个图像像素P的矩阵状布置。每个图像像素P输出与接收的光量相对应的像素信号SIG。

[0076] 如图5所示,像素阵列41包括多条控制线TGL、多条控制线RSTL、多条控制线SLL和多条信号线SGL。控制线TGL在水平方向(图4和图5中的横向)上延伸,并且控制信号TG由扫描仪42施加到控制线TGL。控制线RSTL在水平方向上延伸,并且控制信号RST由扫描仪42施加到控制线RSTL。控制线RSTL在水平方向上延伸,并且控制信号RST由扫描仪42施加到控制线RSTL。水平方向上的控制线SLL和控制信号SL由扫描仪42施加到控制线SLL。信号线SGL在垂直方向(图4和图5中的纵向)上延伸,并将像素信号SIG提供给读取部50。

[0077] 图像像素P包括光电二极管14、读取晶体管15、复位晶体管16、浮动扩散器FD和输出部17。在该示例中,读取晶体管15和复位晶体管16均是N型MOS晶体管。

[0078] 光电二极管14是根据接收到的光量产生电子(信号电子)的光电转换器。光电二极管14的阳极接地,并且光电二极管14的阴极耦接至读取晶体管15的源极。

[0079] 读取晶体管15的栅极耦接至控制线TGL,读取晶体管15的源极耦接至光电二极管14的阴极,并且读取晶体管15的漏极耦接至浮动扩散器FD。

[0080] 浮动扩散器FD存储由光电二极管14提供的信号电子,并将信号电子转换为电压,并且例如使用形成在半导体基板的表面上的扩散层形成。在图5中,使用电容器元件的符号示出了浮动扩散器FD。

[0081] 复位晶体管16的栅极耦接至控制线RSTL,向复位晶体管16的漏极提供电压VDD,并且复位晶体管16的源极耦接至浮动扩散器FD。

[0082] 输出部17将与浮动扩散器FD中的信号电子的数量相对应的电压作为像素信号SIG输出至信号线SGL。输出部17包括晶体管18和19。在该示例中,晶体管18和19每个都是N型MOS晶体管。晶体管18的栅极耦接至浮动扩散器FD,向晶体管18的漏极提供电压VDD,并且晶体管18的源极耦接至晶体管19的漏极。晶体管19的栅极耦接到控制线SLL,晶体管19的漏极耦接到晶体管18的源极,且晶体管19的源极耦接到信号线SGL。

[0083] 利用该配置,在图像像素P中,晶体管19基于施加到控制线SLL的控制信号SL而变成导通状态,从而图像像素P电耦接到信号线SGL。因此,由于晶体管18耦接至读取部50的电流源61(稍后描述),所以晶体管18用作所谓的源极跟随器。此外,基于施加到控制线TGL的控制信号TG,读取晶体管15变成导通状态。光电二极管14由此耦接到浮动扩散器FD。基于施加到控制线RSTL的控制信号RST,将复位晶体管16的栅极电压VG设置为中间电平电压VM。这使得复位晶体管16处于导通状态和截止状态之间的中间状态。因此,在图像像素P的光电二极管14处产生的电子经由处于导通状态的读取晶体管15被提供给浮动扩散器FD,所提供的电子被存储在浮动扩散器FD中,并且存储在浮动扩散器FD中的一些电子通过光电二极管14释放。输出部17将与浮动扩散器FD的电压相对应的电压作为像素信号SIG输出至信号线

SGL。以这种方式,图像像素P将与接收到的光量相对应的像素信号SIG提供给读取部50。

[0084] 扫描仪42(图4)基于来自成像控制器45的指令,以每像素为单位依次驱动多个图像像素P,并且包括例如移位寄存器。具体地,扫描仪42通过将控制信号TG施加到多条控制线TGL,将控制信号RST施加到多条控制线RSTL,将控制信号SL施加到多条控制线SLL,以每像素为单位依次驱动多个图像像素P。

[0085] 读取部50基于从图像像素P输出的像素信号SIG,测量从光源20发射的光脉冲L1的后端时刻到图像像素P接收的反射光脉冲L2的后端时刻的时间间隔。具体地,读取部50利用控制信号S3(当光源20发射光脉冲L1时使用)的下降时刻(图3中的时刻 t_{13})对应于光脉冲L1的后端时刻,以及测量从控制信号S3的下降时刻到反射光脉冲L2的后端时刻的时间间隔的事实,从而测量从光脉冲L1的后端时刻到反射光脉冲L2的后端时刻的时间间隔。读取部50包括多个读取电路60、信号输出部51和读取控制器52。

[0086] 如图5所示,在该示例中,与各个多条信号线SGL相对应地设置有多条读取电路60。读取电路60包括电流源61、信号变化检测器62、锁存电路68和时间计数器69。

[0087] 电流源61允许预定电流流动,使得每个图像像素P的输出部17用作源极跟随器。

[0088] 信号变化检测器62检测与像素信号SIG中包括的反射光脉冲L2的后端相对应的信号变化。信号变化检测器62包括放大器63、差分电路64和比较器67。

[0089] 放大器63通过放大像素信号SIG来产生信号S63。放大器63的增益例如能够为约10倍。

[0090] 差分电路64通过检测在从放大器63输出的信号S63中彼此相隔预定时间段的两个时刻处的信号值之间的差来产生信号DIF。

[0091] 图6示出了差分电路64的配置示例。差分电路64包括延迟电路65和减法电路66。延迟电路65通过将信号S63延迟预定时间段来生成信号S65。延迟电路65包括例如线圈和电容元件。减法电路66通过从信号S63中减去信号S65来生成信号DIF。

[0092] 比较器67通过将信号DIF的电压与阈值电压 V_{th} 进行比较来产生信号COMP。向比较器67的正输入端子提供信号DIF,而向负输入端子提供阈值电压 V_{th} 。

[0093] 锁存电路68通过以时钟信号CLK的周期 T_{clk} 采样并锁存信号COMP并保持采样结果来产生信号STOP。如后所述,信号STOP是表示反射光脉冲L2的后端时刻的信号。

[0094] 时间计数器69执行对时钟信号CLK的时钟脉冲进行计数的计数操作。具体地,时间计数器69基于信号START开始计数操作,并且基于信号STOP终止计数操作。信号START是表示由光源20发射的光脉冲L1的后端时刻的信号。即,计数操作结束时的时间计数器69的计数值CNT对应于从光源20发射的光脉冲L1的后端时刻到图像像素P接收的反射光脉冲L2的后端时刻的时间间隔。换句话说,计数值CNT对应于图像像素P中的距离D的值(距离信号值)。然后,时间计数器69在完成计数操作之后将计数值CNT提供给信号输出部51。

[0095] 信号输出部51基于来自读取控制器52的指令,将从多个读取电路60提供的计数值CNT依次输出为信号Spic1。

[0096] 读取控制器52控制读取部50中的读取操作。读取控制器52还具有生成阈值电压 V_{th} 、时钟信号CLK和信号START的功能。

[0097] 图像生成器44(图4)基于从读取部50提供的信号Spic1,生成表示距离D的值的各像素值的距离图像PIC,并将距离图像PIC作为图像信号Spic输出。

[0098] 成像控制器45基于来自控制器12的指令将控制信号提供给扫描仪42、读取部50和图像生成器44,并且控制那些电路的操作,从而控制成像部40的操作。

[0099] 利用这种配置,成像部40获取距离图像PIC,并且将距离图像PIC作为图像信号Spic输出。

[0100] 控制器12(图1)将控制信号提供给光源控制器30和成像部40,并且控制那些电路的操作,从而控制距离测量装置1的操作。

[0101] 在此,光源20和光源控制器30对应于根据本公开的实施例的“光源部”的示例。控制器12对应于根据本公开的实施例的“控制器12”的示例。图像像素P对应于根据本公开的实施例的“光接收器”的示例。光脉冲L1对应于根据本公开的实施例的“第一光脉冲”的示例。反射光脉冲L2对应于根据本公开的实施例的“第一反射光脉冲”的示例。信号变化检测器62对应于根据本公开的实施例的“信号变化检测器”的示例。时间计数器69和读取控制器52对应于根据本公开的实施例的“时间测量部”的示例。阈值电压 V_{th} 对应于根据本公开的实施例的“预定阈值”的示例。控制信号生成器31对应于根据本公开的实施例的“开关控制器”的示例。读取晶体管15对应于根据本公开的实施例的“第一晶体管”的示例。复位晶体管16对应于根据本公开的实施例的“第二晶体管”的示例。浮动扩散器FD对应于根据本公开的实施例的“信号转换器”的示例。扫描仪42对应于根据本公开的实施例的“驱动器”的示例。

[0102] [操作和工作]

[0103] 随后,将描述根据本实施例的距离测量装置1的操作和工作。

[0104] (整体操作概况)

[0105] 首先,参照图1、图4和图5,将描述距离测量装置1的整体操作的概况。光源控制器30(图1)基于来自控制器12的指令来控制光源20的操作。光源20发射光脉冲L1。

[0106] 在成像部40中,像素阵列41的图像像素P(图4和图5)输出与接收的光量相对应的像素信号SIG。读取部50的放大器63(图5)通过放大像素信号SIG来生成信号S63。差分电路64基于从放大器63输出的信号S63,在彼此相隔预定时间的两个时刻处检测信号值之间的差。比较器67通过将信号DIF的电压与阈值电压 V_{th} 进行比较来生成信号COMP。锁存电路68通过以时钟信号CLK的周期 T_{clk} 采样并锁存信号COMP并保持采样结果来产生信号STOP。时间计数器69基于信号START开始计数操作,并且基于信号STOP终止计数操作。然后,时间计数器69在完成计数操作之后将计数值CNT提供给信号输出部51。信号输出部51顺序地输出从多个读取电路60提供的计数值CNT作为信号Spic1。

[0107] 然后,图像生成器44(图4)基于信号Spic1生成距离图像PIC(其中,每个像素值表示距离D的值),并且将该距离图像PIC作为图像信号Spic输出。

[0108] (详细操作)

[0109] 成像部40通过基于每个像素线(pixel line)顺序驱动像素阵列41中的多个图像像素P来生成距离图像PIC。在要选择像素线的情况下,扫描仪42将像素线的控制信号SL从低电平改变为高电平。因此,在属于像素线的图像像素P中,输出部17将与浮动扩散器FD中的信号电子的数量相对应的电压作为像素信号SIG输出至信号线SGL。在该操作中,控制信号TG的电压保持高电平。读取晶体管15因此保持导通状态。此外,在该操作中,控制信号RST的电压保持中间电平电压 V_M 。因此,复位晶体管16保持导通状态与截止状态之间的中间状态。在下文中,将详细描述与在选择特定像素线的情况下属于像素线的图像像素P有关的操

作。

[0110] 图7是距离测量装置1的操作示例,其中,(A)表示从光源20发射的光的波形,(B)表示由成像部40接收的反射光的波形,(C)表示控制信号TG的波形,(D)表示控制信号RST的波形,(E)表示像素信号SIG的波形,(F)表示将从差分电路64输出的信号DIF的波形,(G)表示从比较器67输出的信号COMP的波形,(H)表示从锁存电路68输出的信号STOP的波形,以及(I)表示时间计数器69的操作。

[0111] 该示例示出了在将测量范围R设置为大约30m的情况下的操作。在距离测量装置1与测量对象之间的距离D为30m的情况下,从光源20发射的光被测量对象反射到成像部40接收到光的时间约为200ns。此外,在该示例中,时钟信号CLK的周期 T_{clk} 被设置为2ns。在这种情况下,将距离测量装置1与测量对象之间的距离D为30m的情况下的测量分辨率设置为 $1/100 (=2ns/200ns)$ 。

[0112] 如上所述,由于图像像素P的复位晶体管16的栅极电压VG被保持在中间电平电压VM,因此复位晶体管16保持在导通状态和截止状态之间的中间状态。在中间状态下,复位晶体管16中的漏极和源极之间的电阻值高于导通状态下的电阻值,并且低于截止状态下的电阻值。

[0113] 在时刻 t_{22} 之前的时间段中,图像像素P的光电二极管14通过基于背景光LB进行光电转换来产生电子。电子经由处于导通状态的读取晶体管15被提供给浮动扩散器FD并被存储。由于复位晶体管16处于导通状态和截止状态之间的中间状态,因此,存储在浮动扩散器FD中的一些电子经由复位晶体管16从浮动扩散器FD释放。从光电二极管14根据背景光LB提供给浮动扩散器FD的电子的量与从浮动扩散器FD释放的电子的量平衡。因此,像素信号SIG的电压维持在略低于电压V1的电压V2(图7的(E)),电压V1是其中不存在背景光LB的电压。

[0114] 接下来,在时刻 t_{22} ,光源20开始发光(图7的(A))。具体地,光源控制器30基于来自控制器12的指令驱动如图3所示的光源20,光源20开始发光。

[0115] 接下来,在时刻 t_{23} ,光源20停止发光(图7的(A))。具体地,光源控制器30基于来自控制器12的指令驱动如图3所示的光源20,从而停止发光。因此,在从时刻 t_{22} 到时刻 t_{23} 的时间段中产生光脉冲L1。在该示例中,光脉冲L1的脉冲宽度 T_{pw} 为200ns。

[0116] 另外,在时刻 t_{23} ,时间计数器69开始计数操作(图7的(I))。具体地,首先,控制器12根据控制信号S3的下降时刻(图3中的时刻 t_{13}),指示读取部50使时间计数器69开始计数操作。读取部50的读取控制器52基于来自控制器12的指令,在与光脉冲L1的后端相对应的时刻 t_{23} 生成信号START,并且时间计数器69根据信号START开始计数操作。

[0117] 在这种情况下,在时刻 t_{24} ,与光脉冲L1对应的反射光脉冲L2到达成像部40(图7的(B))。

[0118] 响应于反射光脉冲L2,在从时刻 t_{24} 到时刻 t_{26} 的时间段中,像素信号SIG的电压从电压V2减小(图7的(E))。读取电路60的放大器63放大像素信号SIG。然后,差分电路64基于从放大器63输出的信号S63生成信号DIF(图7的(F))。

[0119] 图8示出了从时刻 t_{24} 到时刻 t_{26} 的像素信号SIG和信号DIF的更具体的波形。图9示出了在时刻 t_{24} 和 t_{26} 之间图像像素P的操作,其中,(A)表示光电二极管14、读取晶体管15、浮动扩散器FD和复位晶体管16的耦接,并且(B)表示各个元件的电位。在时刻 t_{24} 和 t_{26} 之间,光电二极管14基于背景光LB和反射光脉冲L2两者执行光电转换。通过光电转换产生的

电子被存储在浮动扩散器FD中。像素信号SIG的电压由此从电压V2降低。此时,由于复位晶体管16处于导通状态和截止状态之间的中间状态,所以存储在浮动扩散器FD中的一些电子经由复位晶体管16从浮动扩散器FD释放。随着存储在浮动扩散器FD中的电子增加,从浮动扩散器FD释放的电子增加,从而随着时间的过去,像素信号SIG的电压的变化变缓。

[0120] 在时刻t26,当反射光脉冲L2终止时,像素信号SIG的电压上升并返回到电压V2(图7的(E))。即,由于反射光脉冲L2在时刻t26之后终止,因此提供给浮动扩散器FD的电子减少。因此,电子经由复位晶体管16从浮动扩散器FD释放,并且存储在浮动扩散器FD中的电子减少,从而增加了像素信号SIG的电压并使电压返回到电压V2。

[0121] 响应于像素信号SIG的电压的变化,从差分电路64输出的信号DIF的电压上升到阈值电压V_{th}以上一次,并且然后下降(图7的(F))。响应于此,比较器67改变信号COMP(图7的(G))。锁存电路68基于信号COMP的上升沿将信号STOP从低电平改变为高电平(图7的(H))。即,信号STOP的改变时刻与反射光脉冲L2的后端(波形部WL2)的时刻相对应。在图7的(E)中,像素信号SIG的与信号STOP的改变时刻相对应的部分由圆圈表示。

[0122] 然后,时间计数器69基于信号STOP(图7的(I))终止时钟信号CLK的计数操作。因此,时间计数器69在光脉冲L1的后端时刻(时刻t23)基于信号START开始计数操作,并且在反射光脉冲L2的后端时刻(时刻t26)基于信号STOP终止计数操作。即,当时间计数器69终止计数操作时,时间计数器69的计数值CNT对应于从光源20发射的光脉冲L1的后端时刻到由图像像素P接收的反射光脉冲L2的后端时刻的时间间隔。时间计数器69在时刻t26及其之后将计数值CNT提供给信号输出部51。

[0123] 图10示出了距离测量装置1的另一操作示例。该示例示出了在将测量范围R设置为大约120m的情况下的操作。在距离测量装置1与测量对象之间的距离D为120m的情况下,从光源20发射的光被测量对象反射到成像部40接收到光的时间约为800ns。在该示例中,时钟信号CLK的周期T_{clk}被设置为8ns。在这种情况下,将距离测量装置1与测量对象之间的距离D为120m的情况下的测量分辨率设置为1/100(=8ns/800ns)。注意,测量分辨率是示例,并且可以适当地改变。例如,在将测量分辨率设置为1/1000的情况下,时钟信号CLK的周期T_{clk}设置为0.8ns。

[0124] 同样在该示例中,以与图7的情况类似的方式,在时刻t32之前的时间段中,根据背景光LB,从光电二极管14提供给浮动扩散器FD的电子的量与从浮动扩散器FD释放的电子量平衡。因此,像素信号SIG的电压保持在电压V2(图10的(E))。

[0125] 接下来,在时刻t32,光源20开始发光,而在时刻t33,光源20停止发光(图10的(A))。因此,在从时刻t32到时刻t33的时间段中产生光脉冲L1。此外,在与光脉冲L1的后端相对应的时刻t33,时间计数器69开始计数操作(图10的(I))。

[0126] 在该示例中,在时刻t34,与光脉冲L1相对应的反射光脉冲L2到达成像部40(图10的(B))。

[0127] 响应于反射光脉冲L2,在从时刻t34到时刻t36的时间段中,像素信号SIG的电压从电压V2减小(图10的(E))。在该示例中,因为从距离测量装置1到测量对象的距离D长,所以像素信号SIG的电压从电压V2的变化小于距离D(虚线)短的情况。在时刻t36,当反射光脉冲L2终止时,像素信号SIG的电压上升并返回到电压V2(图10的(E))。

[0128] 响应于像素信号SIG的电压的变化,从差分电路64输出的信号DIF的电压上升到阈

值电压 V_{th} 以上一次,并且然后下降(图10的(F))。作为响应,比较器67改变信号COMP(图10的(G))。锁存电路68基于信号COMP的上升沿将信号STOP从低电平改变为高电平(图10的(H))。

[0129] 然后,时间计数器69基于信号STOP来终止时钟信号CLK的计数操作(图10的(I))。时间计数器69在时刻 t_{36} 及其之后将计数值CNT提供给信号输出部51。

[0130] 图11示出了在距离测量装置1与测量对象之间的距离D变化的情况下,距离测量装置1的操作示例,其中(A)表示将从光源20发射的光的波形,(B)表示要由成像部40接收的反射光的波形,(C)表示控制信号RST的波形,(D)表示像素信号SIG的波形,且(E)表示时间计数器69的操作。这里,图11的(E)表示时间计数器69可以执行计数操作的时间段。

[0131] 在该示例中,测量范围R被设置为大约120m。此外,在该示例中,时钟信号CLK的周期 T_{clk} 被设置为8ns。因此,将距离测量装置1与测量对象之间的距离D为120m的情况下的测量分辨率设定为 $1/100 (=8ns/800ns)$ 。

[0132] 如图11的(B)所示,根据距离测量装置1与测量对象之间的距离D,反射光脉冲L2到达成像部40的时刻发生变化。时间计数器69在对应于光脉冲L1的后端时刻 t_1 开始计数操作,并且在与反射光脉冲L2的后端相对应的时刻 t_a 、 t_b 、 t_c 和 t_d ,基于像素信号SIG的变化,停止计数操作。因此,读取电路60测量从光源20发射的光脉冲L1的后端时刻到图像像素P接收的反射光脉冲L2的后端时刻的时间间隔。

[0133] 图12示出了在距离测量装置1与测量对象之间的距离D为距离D1至D3的情况下的像素信号SIG和信号DIF的波形的示例。波形SIGD1表示在距离D为距离D1的情况下的像素信号SIG的波形,波形SIGD2表示在距离D为距离D2的情况下的像素信号SIG的波形,以及波形SIGD3表示距离D为距离D3的情况下的像素信号SIG的波形。波形DIFD1表示在距离D是距离D1的情况下的信号DIF的波形,波形DIFD2表示在距离D是距离D2的情况下的信号DIF的波形,波形DIFD3表示在距离D为距离D3的情况下的信号DIF的波形。在此,距离D1比距离D2短,距离D2比距离D3短。在图12中,画出像素信号SIG开始改变的时刻以使其一致。还示出了在仅使用背景光LB的情况下的像素信号SIG的波形SIGB。

[0134] 因此,根据距离测量装置1与测量对象之间的距离D,像素信号SIG的电压变化量变化。然而,在这种情况下,不管距离测量装置1与测量对象之间的距离D如何,信号DIF的电压都超过阈值电压 V_{th} 。这允许距离测量装置1生成信号STOP,并且时间计数器69基于信号STOP来停止计数操作。因此,在距离测量装置1中,由于计数值CNT不因反射光的光强度改变,因此可以高精度地测量距离测量装置1与测量对象之间的距离D。

[0135] 注意,在该示例中,使用了距离测量装置1与测量对象之间的距离D不同的三种情况,但是例如在测量对象中的反射率不同。在这种情况下,即使反射光的光强度根据反射率而不同,如上所述,计数值CNT也不会根据反射光的光强度而变化,因此,可以高精度地测量距离测量装置1与测量对象之间的距离D。

[0136] 接下来,将描述当反射光的光强度较小时的高灵敏度检测操作。在图像像素P中,在光电二极管14中产生的电子(信号电子)被存储在浮动扩散器FD中。距离测量装置1通过使用浮动扩散器FD存储信号电子来执行积分动作,并且能够基于通过积分动作获得的结果来检测微小信号。

[0137] 图13的(A)示出了在没有对微小信号进行积分的情况下的操作的示例,且图13的

(B)示出了在对微小信号进行积分的情况下的操作的示例。在那些示例中,背景光LB对应于10个电子的微小信号,并且反射光脉冲L2对应于10个电子的微小信号。另外,在图13中,圆圈部表示读取电路60的采样点。

[0138] 如图13的(A)所示,在不对微小信号进行积分的情况下,将例如光散粒噪声的噪声加到该微小信号(信号S11),使得反射光脉冲L2被掩埋。因此,即使以时钟信号CLK的周期 T_{clk} 对信号S11进行采样,也有可能未检测到反射光脉冲L2。

[0139] 相反,如图13的(B)所示,在对微小信号进行积分的情况下,由于除了微小信号以外还对噪声进行了积分,因此能够基于该积分信号(信号S12)容易地检测反射光脉冲L2。具体地,可以通过基于信号S12生成与信号DIF相对应的信号S13并将信号S13的电压与阈值电压 V_{th} 进行比较,来使得容易检测反射光脉冲L2。

[0140] 如上所述,在距离测量装置1中,光源20发射一个光脉冲L1,并且图像像素P接收与光脉冲L1相对应的反射光脉冲L2。因此,例如,可以发射多个(例如1000个)光脉冲,并且可以使光脉冲L1的光强度(功率)高于根据与多个光脉冲对应的多个反射光脉冲进行统计处理而获得距离D时的光强度(功率)。例如,即使从光源20发射的光进入眼睛,为了能防止人眼受到伤害,也希望限制每单位时间的功率。在这种情况下,由于可以减少距离测量装置1中的光脉冲L1的数量,因此可以增加每一个光脉冲L1的功率。因此,可以增加距离测量装置1中的可测量距离。例如,通过将光脉冲L1的功率乘以1000,可以将可测量距离扩大31.6倍(1000的平方根)。

[0141] 另外,在距离测量装置1中,由于光源20发射1个光脉冲L1,因此能够降低消耗的电力。即,例如,在发射多个光脉冲并且基于多个反射光脉冲获得距离D的情况下,可以增加基于光源和多个反射光脉冲执行处理的电路所消耗的功率。相反,在距离测量装置1中,由于光源20发射一个光脉冲L1并基于一个反射光脉冲L2获得距离D,所以可以减少功耗。另外,由于可以通过以这种方式减少功耗来抑制发热量,例如,因此可以稳定地操作装置,并且可以减少由于发热而导致测量精度降低的可能性。另外,通过利用这种低功耗和低发热量,可以长时间进行距离测量操作。

[0142] 此外,在距离测量装置1中,控制信号RST的电压被设置为中间电平电压VM。因此,可以将光电二极管14中产生的电子存储在浮动扩散器FD中,并且可以经由复位晶体管16释放存储在浮动扩散器FD中的一些电子,这使得能够增加可测量的距离。即,如果将控制信号RST的电压设置为低电平电压VL,则由于复位晶体管16处于截止状态,所以不释放浮动扩散器FD中存储的电子。在这种情况下,例如,由于基于背景光LB的电子继续存储在浮动扩散器FD中,因此,如果距离D长,则浮动扩散器FD中的电子的存储量可能达到上限,并且变得饱和。相反,在距离测量装置1中,控制信号RST的电压被设置为中间电平电压VM。因此,可以通过复位晶体管16释放存储在浮动扩散器FD中的一些电子,从而降低了基于背景光LB的电子继续被存储在浮动扩散器FD中的可能性。因此,可以增加距离测量装置1中的可测量长度。

[0143] 此外,在距离测量装置1中,由于检测到反射光脉冲L2的后端时刻,因此能够容易地测量到测量对象的距离D。即,如图7所示,例如,当反射光脉冲L2终止时,由于提供给浮动扩散器FD的电子减少,因此通过经由复位晶体管16使来自浮动扩散器FD的电子放电,像素信号SIG的电压上升。如上所述,由于像素信号SIG在反射光脉冲L2的后端时刻大幅度变化,因此可以增加S / N比,并且因此,可以容易地检测反射光脉冲L2的后端时刻。因此,距离测

量装置1能够容易地测量到测量对象的距离D。

[0144] 在距离测量装置1中,由于在光电二极管14中产生的电子被存储在浮动扩散器FD中,因此可以对微小信号进行积分。在这种情况下,在距离测量装置1中,由于可以通过增加积分时间来增加信号量,因此可以容易地检测反射光脉冲L2。

[0145] [效果]

[0146] 如上所述,在本实施例中,由于光源发射一个光脉冲并且图像像素接收与该光脉冲相对应的反射光脉冲,所以可以增加可测量的距离,

[0147] 在本实施例中,由于光源发射一个光脉冲,并且图像像素接收与该光脉冲相对应的反射光脉冲,所以可以减少消耗的功率并使装置稳定地工作。

[0148] 在本实施例中,由于控制信号RST的电压被设置为中间电平电压,所以可以增加可测量的距离,

[0149] 在本实施例中,由于检测到反射光脉冲的后端时刻,因此可以容易地测量到测量对象的距离。

[0150] 在本实施例中,由于在光电二极管中产生的电子被存储在浮动扩散器中,所以可以容易地检测反射光脉冲。

[0151] [变形例1-1]

[0152] 在上述实施例中,将控制信号RST的电压设置为中间电平电压VM,但是,如图14所示,例如,可以根据测量范围R来调节该中间电平电压VM。在该示例中,可以将中间电平电压VM设置为三个电压VM1至VM3。电压VM1高于电压VM2,且电压VM2高于电压VM3。

[0153] 例如,通过将中间电平电压VM设置为电压VM1,电压VM1和电压VDD之间的电位差变小,从而可以增加浮动扩散器FD中存储的电子。在这种情况下,由于从浮动扩散器FD释放的电子减少,所以与反射光脉冲L2的后端相对应的像素信号SIG的变化缓慢。

[0154] 此外,例如,通过将中间电平电压VM设置为电压VM3,电压VM3和电压VDD之间的电位差变大,从而可以增加从浮动扩散器FD释放的电子。因此,可以加速与反射光脉冲L2的后端相对应的像素信号SIG的变化。在这种情况下,存储在浮动扩散器FD中的电子被还原。

[0155] 例如,如果将可测量距离设置为长距离,则可以将中间电平电压VM设置为高电压(例如,电压VM1)。因此,例如,可以增加存储在浮动扩散器FD中的电子。在这种情况下,由于与反射光脉冲L2的后端相对应的像素信号SIG的变化变慢,因此测量分辨率可能降低,但是由于距离D本身长,因此可以抑制对测量精度的影响。

[0156] 相反,例如,如果将可测量距离设置为短距离,则可以将中间电平电压VM设置为低电压(例如,电压VM3)。因此,例如,可以使与反射光脉冲L2的后端相对应的像素信号SIG的变化变快,从而提高测量分辨率。在这种情况下,尽管难以将电子存储在浮动扩散器FD中,但是由于距离D短而反射光脉冲L2的光强度高,因此可以使浮动扩散器FD中存储的电子一定程度地增加。

[0157] [变形例1-2]

[0158] 复位晶体管16例如可以具有如图15的(A)所示的结构。期望复位晶体管16的栅极长度LL1长于复位晶体管16的栅极宽度WW1。浮动扩散器FD的宽度WW2期望宽于复位晶体管16的栅极宽度WW1。希望向其提供电压VDD的接触区域的宽度WW3比复位晶体管16的栅极宽度WW1宽。

[0159] 复位晶体管16的源极的长度可以被设置为长度LL2,并且该源极可以被耦接到浮动扩散器FD。以类似的方式,复位晶体管16的漏极的长度可以被设置为长度LL3,并且漏极可以耦接到接触区域(电压VDD被供应到该接触区域)。通过增加长度LL2和长度LL3,如图15的(B)所示,可以增加复位晶体管16中的电阻值。这使得可以调节时间常数,在该时间常数处,电子经由复位晶体管16从浮动扩散器FD释放。例如,当电容值设置为2fF并且电阻值设置为100k Ω 时,可以将时间常数设置为200ps。100k Ω 的电阻值例如是当向复位晶体管16的栅极施加高电平电压VH时的电阻值。此外,例如,当电容值被设置为2fF并且电阻值被设置为1M Ω 时,可以将时间常数设置为2ns。1M Ω 的电阻值例如是当向复位晶体管16的栅极施加中间电平电压VM时的电阻值。

[0160] [变形例1-3]

[0161] 在以上实施例中,如图2所示,光源控制器30使用一个电流源33配置,但是本公开不限于此。在下文中,将详细描述根据本变形例的光源控制器30D。

[0162] 图16示出了光源控制器30D的配置示例。光源控制器30D包括控制信号生成器31D、驱动器35和电流源36。控制信号生成器31D基于来自控制器12的指令产生控制信号S1、S3和S4。驱动器35根据控制信号S4驱动电流源36。电流源36允许预定电流的电流流过,并且其一端耦接至发光二极管(LED)21的阴极,而另一端耦接至开关34的一端。即,电流源36与电流源33并联连接。

[0163] 图17示出了光源20和光源控制器30D的操作示例,其中(A)表示控制信号S4的波形,(B)表示控制信号S1的波形,(C)表示控制信号S3的波形,而(D)表示从光源20发射的光的波形。在该示例中,当控制信号S4处于高电平时,电流源36传导电流。

[0164] 在时刻t41,控制信号生成器31D将控制信号S3从低电平改变为高电平(图17的(C))。开关34从截止状态变为导通状态。

[0165] 接下来,在时刻t42,控制信号生成器31D将控制信号S1从低电平改变为高电平(图17的(B))。驱动器32基于控制信号S1驱动电流源33。因此,发光二极管(LED)21开始发光(图17的(D))。

[0166] 接下来,在时刻t43,控制信号生成器31D将控制信号S4从低电平改变为高电平(图17的(A))。驱动器35基于控制信号S4驱动电流源36。因此,电流流过发光二极管(LED)21以进一步增加光强度(图17的(D))。

[0167] 接下来,在时刻t44,控制信号生成器31D将控制信号S3从高电平改变为低电平(图17的(C))。因此,开关34从导通状态变为截止状态。然后,发光二极管(LED)21停止发光(图17的(D))。

[0168] 接下来,在时刻t45,控制信号生成器31D将控制信号S1和S4从高电平改变为低电平(图17的(A)和图17的(B))。

[0169] 以这种方式,光源20向测量对象发射光脉冲L1(图17的(D))。如上所述,在具有光源控制器30D的距离测量装置1D中,由于设置了两个电流源33、36,因此可以增加光脉冲L1的后端(波形部WL1)中的光强度的变化。因此,可以增加与反射光脉冲L2的后端相对应的像素信号SIG的变化量,从而可以增加可测量的距离。另外,由于电流源36仅允许电流在光脉冲L1的后端附近的预定时间段内流动,所以与电流在从光脉冲L1的前端到后端的整个时间段中流动的情况相比,可以有效地减少功耗。

[0170] [变形例1-4]

[0171] 在上述实施例中,如图5所示,图像像素P设置有四个晶体管(读取晶体管15、复位晶体管16、晶体管18和19)和浮动扩散器FD,但是本公开内容没有限于此。在下文中,将详细描述根据本变形例的成像部40E。

[0172] 以与根据上述实施例的成像部40(图4)相似的方式,成像部40E包括像素阵列41E、扫描仪42E、读取部50、图像生成器44和成像控制器45。

[0173] 图18示出了像素阵列41E的配置示例。像素阵列41E是多个图像像素PE的矩阵状排列。像素阵列41E包括多条控制线RSTL、多条控制线SLL和多条信号线SGL。

[0174] 图像像素PE包括光电二极管14A、复位晶体管16和输出部17。在图像像素PE中,在根据上述实施例的图像像素P(图5)中,用光电二极管14A代替光电二极管14,并且省略读取晶体管15和浮动扩散器FD。光电二极管14A是光电转换器,其根据接收到的光量产生电子(信号电子)并且将产生的电子存储在其中。光电二极管14A的阳极接地,并且光电二极管14A的阴极耦接到复位晶体管16的源极和晶体管18的栅极。

[0175] 利用这种配置,在图像像素PE中,晶体管19基于施加到控制线SLL的控制信号SL而变成导通状态,由此图像像素PE电耦接到信号线SGL。由于晶体管18耦接到读取部50的电流源61,所以晶体管18用作所谓的源极跟随器。此外,基于施加到控制线RSTL的控制信号RST,将复位晶体管16的栅极电压VG设置为中间电平电压VM。这使得复位晶体管16处于导通状态和截止状态之间的中间状态。因此,在图像像素PE的光电二极管14处产生的电子被存储在光电二极管14内部,并且存储在光电二极管14内部的一些电子经由复位晶体管16被释放。然后,输出部17将与光电二极管14的阴极的电压相对应的电压作为像素信号SIG输出至信号线SGL。

[0176] 扫描仪42E基于来自成像控制器45的指令,以每像素为单位依次驱动多个图像像素PE。具体地,扫描仪42E将控制信号RST施加至多条控制线RSTL,并且将控制信号SL施加到多条控制线SLL,从而在每像素线的基础上顺序地驱动多个图像像素PE。

[0177] 图19示出了图像像素PE的操作,并且对应于根据上述实施例的图9。光电二极管14基于背景光LB和反射光脉冲L2这两者进行光电转换。由光电转换产生的电子被存储在光电二极管14中。这时,由于复位晶体管16处于导通状态与截止状态之间的中间状态,因此,存储在光电二极管14中的一些电子通过复位晶体管16释放。

[0178] 在根据以上实施例的图像像素P和根据本变形例的图像像素PE中,输出部17包括两个晶体管18和19,但是本公开不限于此。可替代地,例如,可以省略晶体管19。在这种情况下,期望将电压VDD或电压VSS选择性地施加到复位晶体管16的漏极。在将电压VDD施加到复位晶体管16的漏极的情况下,图像像素能够以与上述实施例等类似的方式输出像素信号SIG。在向复位晶体管16的漏极施加电压VSS的情况下,可以通过使复位晶体管16成为导通状态而使晶体管18成为截止状态。

[0179] [变形例1-5]

[0180] 在以上实施例中,差分电路64由图6所示的电路构成,但是本公开不限于此。可替代地,可以使用利用相关双采样(CDS)原理的各种配置。

[0181] 具体地,例如,可以使用图20A所示的差分电路64F。差分电路64F包括采样保持电路101和102以及减法电路66。采样保持电路101包括开关101A和电容元件101B,并且采样保

持电路102包括开关102A和电容元件102B。开关101A和102A在彼此相距预定时间段的时刻处变为导通状态。利用该配置,差分电路64F能够通过信号S63中在彼此相隔预定时间段的两个时刻处检测信号值之间的差来生成信号DIF。

[0182] 此外,例如,可以使用图20B所示的差分电路64G。差分电路64G包括低通滤波器(LPF) 103和104。低通滤波器(LPF) 103和104可以各自包括例如电阻器和电容元件。低通滤波器104的时间常数被设置为比低通滤波器103的时间常数长的值。因此,低通滤波器(LPF) 104的输出信号的相位滞后于低通滤波器(LPF) 103的输出信号的相位。因此,差分电路64G能够通过检测信号S63中彼此相隔预定时间的两个时刻处的信号值之间的差来生成信号DIF。

[0183] 在差分电路64G中,与其中开关101A和102A被导通和断开的差分电路64F(图20A)相比,可以实现简单的配置。此外,在差分电路64G中,通过低通滤波器(LPF) 103和104降低了噪声。要注意的是,在该示例中,尽管设置了两个低通滤波器(LPF) 103和104,但是本公开不限于此,例如,可以省略低通滤波器(LPF) 103。

[0184] [变形例1-6]

[0185] 尽管在以上实施例中使用了差分电路64,但是本公开不限于此。替代地,可以使用图21A所示的微分器(高通滤波器电路) 64H或图21B所示的微分器64I。微分器64H是使用电阻器和电容元件的无源型微分器,而微分器64I是使用电阻器、电容元件和运算放大器的有源型微分器。微分器64H和64I各自输出将信号S63微分的结果作为信号DIF。

[0186] [变形例1-7]

[0187] 在以上实施例中,使用具有长脉冲宽度 T_{pw} 的光脉冲L1,但是本公开不限于此。以下,将详细描述根据本变形例的距离测量装置1J。

[0188] 距离测量装置1J的可测距离短(例如约3m)。与上述实施例的距离测量装置1(图1)一样,距离测量装置1J具备光源20、光源控制器30J、透镜11、成像部40以及控制器12。

[0189] 光源控制器30J基于来自控制器12的指令来控制光源20的操作。与根据上述实施例的光源控制器30(图2)类似,光源控制器30J包括控制信号生成器31J、驱动器32、电流源33和开关34。控制信号生成器31J产生控制信号S1和S3,使得光源20发射具有短脉冲宽度 T_{pw} 的光脉冲L1。

[0190] 图22示出了光源20和光源控制器30J的操作示例。在该示例中,控制信号生成器31J生成三角波形形式的控制信号S1。在时刻 t_{51} ,控制信号生成器31J将控制信号S3从低电平改变为高电平(图22的(B))。因此,开关34从截止状态变为导通状态。接下来,在从时刻 t_{52} 到时刻 t_{53} 的时间段,控制信号生成器31J将控制信号S1从低电平逐渐改变为高电平(图22的(A))。驱动器32基于控制信号S1驱动电流源33。因此,发光二极管(LED) 21开始发光并逐渐增加光强度(图22的(C))。接下来,在时刻 t_{53} ,控制信号生成器31J将控制信号S3从高电平改变为低电平(图22的(B))。因此,开关34从导通状态变为截止状态。然后,发光二极管(LED) 21停止发光(图22的(C))。接下来,在从时刻 t_{53} 到时刻 t_{54} 的时间段中,控制信号生成器31J将控制信号S1从高电平逐渐改变为低电平(图22的(A))。

[0191] 图23示出了光源20和光源控制器30J的另一操作示例。在该示例中,控制信号生成器31J产生矩形波形形式的控制信号S1。在时刻 t_{61} ,控制信号生成器31J将控制信号S3从低电平改变为高电平(图23的(B))。因此,开关34从截止状态变为导通状态。接下来,在时刻

t62,控制信号生成器31J将控制信号S1从低电平改变为高电平(图23的(A))。驱动器32基于控制信号S1驱动电流源33。如图23的(A)所示,提供给电流源33的控制信号S2由于负载而变为钝信号,并且上升缓慢。电流源33响应于控制信号S2使电流流动。因此,发光二极管(LED)21开始发光(图23的(C))。接下来,在时刻t63,控制信号生成器31J将控制信号S3从高电平改变为低电平(图23的(B))。因此,开关34从导通状态变为截止状态。然后,发光二极管(LED)21停止发光(图23的(C))。接下来,在时刻t64,控制信号生成器31J将控制信号S1从高电平改变为低电平(图23的(A))。驱动器32基于控制信号S1驱动电流源33。提供给电流源33的控制信号S2由于负载而变为钝信号,并且缓慢下降。

[0192] 以这种方式,光源20向测量对象发射具有短脉冲宽度 T_{pw} 的光脉冲L1(图22的(C)和图23的(C))。同样在距离测量装置1J中,通过断开开关34,使光脉冲L1的后端(波形部WL1)中的光强度的变化陡峭。

[0193] 图24示出了距离测量装置1J的操作示例。该示例示出了在将测量范围R设置为大约3m的情况下的操作。在距离测量装置1J与测量对象之间的距离D为3m的情况下,从光源20发射的光被测量对象反射到成像部40接收到光的时间约为20ns。此外,在该示例中,时钟信号CLK的周期 T_{clk} 被设置为200ps。在这种情况下,将距离测量装置1J与测量对象之间的距离D为3m的情况下的测量分辨率设为 $1/100(=200ps/20ns)$ 。

[0194] 在时刻t72之前的时间段中,根据背景光LB从光电二极管14提供给浮动扩散器FD的电子的量与从浮动扩散器FD释放的电子的量平衡。因此,像素信号SIG的电压保持在电压V2(图24的(E))。

[0195] 接下来,在时刻t72,光源20开始发光,并且在从时刻t72到时刻t73的时间段内光强度逐渐增加(图24的(A))。然后,在时刻t73,光源20停止发光。因此,在从时刻t72到时刻t73的时间段中产生光脉冲L1。在该示例中,光脉冲L1的脉冲宽度 T_{pw} 为2ns。

[0196] 在对应于光脉冲L1的后端(波形部WL1)的时刻t73,时间计数器69开始计数操作(图24的(I))。

[0197] 然后,在该示例中,在时刻t74,与光脉冲L1相对应的反射光脉冲L2到达成像部40(图24的(B))。

[0198] 响应于反射光脉冲L2,在从时刻t74到时刻t75的时间段中,像素信号SIG的电压从电压V2减小(图24的(E))。读取电路60的放大器63放大像素信号SIG。差分电路64基于从放大器63输出的信号S63来产生信号DIF(图24的(F))。

[0199] 然后,在时刻t75,当反射光脉冲L2终止时,像素信号SIG的电压上升并返回到电压V2(图24的(E))。响应于像素信号SIG的电压的变化,从差分电路64输出的信号DIF的电压上升一次,超过阈值电压 V_{th} ,并且然后下降(图24的(F))。作为响应,比较器67改变信号COMP(图24的(G))。锁存电路68基于信号COMP的上升沿将信号STOP从低电平改变为高电平(图24的(H))。

[0200] 然后,在对应于反射光脉冲L2的后端(波形部WL2)的时刻t75,时间计数器69基于信号STOP(图24的(I))来终止时钟信号CLK的计数操作。时间计数器69在时刻t75及之后将计数值CNT提供给信号输出部51。

[0201] 如上所述,在距离测量装置1J中,例如通过使用具有短脉冲宽度 T_{pw} 的光脉冲L1,可以在减少功耗的同时测量短距离D。

[0202] [其他变形例]

[0203] 在以上实施例中,图像像素P以矩阵形式布置在平面中,但是本公开不限于此。可替代地,例如,可以通过将图像像素P布置成一行来配置所谓的线传感器。此外,例如,可以提供单个图像像素P。

[0204] 图像像素P的光电二极管14可以是例如雪崩光电二极管。此外,例如,可以在读取电路60中省略放大器63。

[0205] 另外,可以组合两个或更多个以上变形例。

[0206] <2. 第二实施例>

[0207] 接下来,将描述根据第二实施例的距离测量装置2。在本实施例中,通过在浮动扩散器FD中存储更多的电子来扩展可测量的距离。注意,与根据第一实施例的距离测量装置1的部件基本相同的部件由相同的附图标记表示,并且适当地省略其描述。

[0208] 以与根据第一实施例的距离测量装置1(图1)类似的方式,距离测量装置2具有光源20、光源控制器30、透镜11、成像部70以及控制器12。以与根据第一实施例的成像部40类似的方式,成像部70包括像素阵列41、扫描仪72、读取部50、图像生成器44和成像控制器45。

[0209] 扫描仪72基于来自成像控制器45的指令,以每像素为单位依次驱动多个图像像素P。扫描仪72在与测量范围R的后一半相对应的时间段内在中间电平电压VM和低电平电压VL之间交替控制信号RST的电压。

[0210] 图25示出距离测量装置2的操作示例,其中,(A)表示从光源20发射的光的波形,(B)表示由成像部70接收的反射光的波形,(C)表示控制信号TG的波形,(D)表示将由扫描仪42生成的控制信号RST的波形,(E)表示复位晶体管16的栅极电压VG的波形,(F)表示像素信号SIG的波形,(G)表示要从差分电路64输出的信号DIF的波形,(H)表示要从比较器67输出的信号COMP的波形,(I)表示要从锁存电路68输出的信号STOP的波形,而(J)表示时间计数器69的操作。

[0211] 该示例示出了在将测量范围R设置为大约300m的情况下的操作。在距离测量装置2与测量对象之间的距离D为300m的情况下,从光源20发射的光被测量对象反射到成像部40接收到光的时间大约为2000ns。在该示例中,时钟信号CLK的周期 T_{clk} 被设置为20ns。在这种情况下,距离测量装置2与测量对象之间的距离D为300m的情况下的测量分辨率被设置为 $1/100(=20ns/2000ns)$ 。

[0212] 在时刻 t_{82} 之前的时间段中,,根据背景光LB从光电二极管14提供给浮动扩散器FD的电子的量与从浮动扩散器FD释放的电子的量平衡。因此,像素信号SIG的电压保持在电压V2(图25的(F))。

[0213] 接下来,在时刻 t_{82} ,光源20开始发光,且在时刻 t_{84} ,光源20停止发光(图25的(A))。因此,在从时刻 t_{82} 到时刻 t_{84} 的时间段中产生光脉冲L1。在该示例中,光脉冲L1的脉冲宽度 T_{pw} 为2000ns。此外,在与光脉冲L1的后端(波形部WL1)相对应的时刻 t_{84} ,时间计数器69开始计数操作(图25的(J))。

[0214] 在该示例中,在光源20停止发光之前的时刻 t_{83} ,与光脉冲L1相对应的反射光脉冲L2到达成像部70(图25的(B))。

[0215] 响应于反射光脉冲L2,在从时刻 t_{83} 到 t_{86} 的时间段中,像素信号SIG的电压从电压V2减小(图25F)。读取电路60的放大器63放大像素信号SIG。然后,差分电路64基于从放大器

63输出的信号S63来生成信号DIF(图25的(G))。

[0216] 此外,在成像部70的扫描仪72中,在从时刻 t_{85} 到时刻 t_{87} 的时间段中,关于图像像素P的控制信号RST的电压在中间电平电压VM和低电平电压VL之间交替变化(图25的(D))。交替周期可以设置为例如20ns。与时钟信号CLK的周期 T_{clk} 相同。这使得复位晶体管16的栅极电压VG在中间电平电压VM和低电平电压VL之间交替地稍微变慢(图25的(E))。在此,时刻 t_{85} 是距离测量装置2与测量对象之间的距离D对应于150m的时刻,且时刻 t_{87} 是距离测量装置2与测量对象之间的距离D对应于300m的时刻。即,扫描仪72在与测量范围R的后一半相对应的时间段中,在中间电平电压VM和低电平电压VL之间交替控制信号RST的电压。

[0217] 因此,在图像像素P的浮动扩散器FD中;当复位晶体管16的栅极电压VG接近低电平电压VL时,电子被存储;且当复位晶体管16的栅极电压VG接近中间电平电压VM时,电子被存储并且电子被释放。因此,由于与在复位晶体管16的栅极电压VG维持在中间电平电压VM时相比,更多的电子被存储在浮动扩散器FD中,所以像素信号SIG的电压在时刻 t_{85} 以及之后的时间段进一步下降。

[0218] 然后,在时刻 t_{86} ,当反射光脉冲L2终止时,像素信号SIG的电压上升并返回到电压V2(图25的(F))。响应于像素信号SIG的电压的变化,从差分电路64输出的信号DIF的电压上升一次,超过阈值电压 V_{thG} ,并且然后下降(图25的(G))。响应于此,比较器67改变信号COMP(图25的(H))。锁存电路68基于信号COMP的上升沿将信号STOP从低电平改变为高电平(图25的(I))。

[0219] 然后,时间计数器69基于信号STOP在与反射光脉冲L2的后端(波形部WL2)相对应的时刻 t_{86} 终止时钟信号CLK的计数操作(图25的(J))。时间计数器69在时刻 t_{86} 及其之后将计数值CNT提供给信号输出部51。

[0220] 因此,在距离测量装置2中,在与测量范围R的后一半相对应的时间段中,控制信号RST的电压在中间电平电压VM和低电平电压VL之间交替。因此,可以增加存储在浮动扩散器FD中的电子。即,距离测量装置2与测量对象之间的距离D越长,反射光脉冲L2的光强度越低,因此浮动扩散器FD中存储的电子减少。因此,在距离测量装置2中,控制信号RST的电压在中间电平电压VM和低电平电压VL之间交替,以增加浮动扩散器FD中存储的电子。因此,在距离测量装置2中,可以增加与反射光脉冲L2的后端(波形部分WL2)相对应的像素信号SIG的变化量,从而可以增加可测量的距离。例如,通过将存储在浮动扩散器FD中的电子的数量乘以10倍,可以将可测量的距离扩展为3.16倍(10的平方根)。

[0221] 此外,在距离测量装置2中,由于控制信号RST在测量范围R的后一半中的交替变化周期被设置为与时钟信号CLK的周期 T_{clk} 相同的电平,因此可以抑制测量分辨率的劣化。即,当复位晶体管16的栅极电压VG接近低电平电压VL时,电子被存储在浮动扩散器FD中,但是电子没有从浮动扩散器FD释放。因此,当在反射光脉冲L2终止的时刻复位晶体管16的栅极电压VG接近低电平电压VL时,像素信号SIG的变化量较小,因此信号DIF几乎不会超过阈值电压 V_{th} 。此后,当复位晶体管16的栅极电压VG接近高电平电压VH时,由于电子从浮动扩散器FD释放,因此像素信号SIG发生很大变化,并且信号DIF超过阈值电压 V_{th} 。因此,通过以这种方式交替控制信号RST,可以提高测量分辨率。在距离测量装置2中,使控制信号RST的交替周期与时钟信号CLK的周期 T_{clk} 相当。因此,在距离测量装置2中,由于可以使由时钟信号CLK的周期 T_{clk} 确定的测量分辨率和由控制信号RST的交替变化周期确定的测量分辨率

基本相同,因此可以抑制由于控制信号RST的交替变化引起的测量分辨率的劣化。

[0222] 如上所述,在本实施例中,由于控制信号RST的电压在中间电平电压和低电平电压之间交替,因此可以增加可测量的距离。其他效果类似于第一实施例的效果。

[0223] [变形例2]

[0224] 第一实施例的变形例可以应用于根据上述实施例的距离测量装置2。

[0225] <3. 第三实施例>

[0226] 接下来,将描述根据第三实施例的距离测量装置3。在本实施例中,电子不从浮动扩散器FD释放。注意,与根据第一实施例的距离测量装置1的部件基本相同的部件由相同的附图标记表示,并且适当地省略其描述。

[0227] 以与根据第一实施例的距离测量装置1(图1)类似的方式,距离测量装置3具有光源20、光源控制器30、透镜11、成像部80以及控制器12。以与根据第一实施例的成像部40类似的方式,成像部80包括像素阵列41、扫描仪82、读取部50、图像生成器44和成像控制器45。

[0228] 扫描仪82基于来自成像控制器45的指令,以每像素为单位依次驱动多个图像像素P。扫描仪82将具有高电平电压VH或低电平电压VL的控制信号RST施加到多条控制线RSTL。

[0229] 图26是距离测量装置3的操作示例,其中,(A)表示从光源20发射的光的波形,(B)表示由成像部80接收的反射光的波形,(C)表示控制信号TG的波形,(D)表示控制信号RST的波形,(E)表示像素信号SIG的波形,(F)表示将从差分电路64输出的信号DIF的波形,(G)表示从比较器67输出的信号COMP的波形,(H)表示从锁存电路68输出的信号STOP的波形,以及(I)表示时间计数器69的操作。

[0230] 该示例示出了在将测量范围R设置为大约30m的情况下的操作。在距离测量装置3与测量对象之间的距离D为30m的情况下,从光源20发射的光被测量对象反射到成像部40接收到光的时间约为200ns。在该示例中,时钟信号CLK的周期Tclk被设置为2ns。在这种情况下,将距离测量装置3与测量对象之间的距离D为30m的情况下的测量分辨率设置为 $1/100 (= 2\text{ns}/200\text{ns})$ 。

[0231] 首先,在时刻t91,成像部80的扫描仪82将关于图像像素P的控制信号RST的电压从高水平电压VH改变为低电平电压VL(图26的(D))。因此,图像像素P的复位晶体管16变为截止状态。随着控制信号RST的电压改变,像素信号SIG的电压略微下降并且变为电压V3(图26的(E))。然后,像素信号SIG的电压在时刻t91及其之后从电压V3逐渐减小。即,光电二极管14通过基于背景光LB进行光电转换来产生电子,并且电子被存储在浮动扩散器FD中,使得像素信号SIG的电压逐渐降低。

[0232] 注意,在该示例中,控制信号RST的电压在光源20开始发射光脉冲L1之前被设置为低电平电压VL,但是本公开不限于此。可替代地,例如,如下所述,在光源20开始发射光脉冲L1之后,可以将控制信号RST的电压设置为低电平电压VL。

[0233] 接下来,在时刻t92,光源20开始发光,并且在时刻t93,光源20停止发光(图26的(A))。因此,在从时刻t92到时刻t93的时间段中产生光脉冲L1。在该示例中,该光脉冲L1的脉冲宽度Tpw为200ns。在对应于光脉冲L1的后端(波形部WL1)的时刻t93,时间计数器69开始计数操作(图26的(I))。

[0234] 然后,在该示例中,在时刻t94,与光脉冲L1相对应的反射光脉冲L2到达成像部80(图26的(B))。

[0235] 响应于反射光脉冲L2,在从时刻t94到时刻t96的时间段中,像素信号SIG的电压进一步减小较大的变化程度(图26的(E))。读取电路60的放大器63放大像素信号SIG。然后,差分电路64基于从放大器63输出的信号S63来产生信号DIF(图26的(F))。

[0236] 图27示出了在时刻t94和t96之间图像像素P的操作,其中,(A)表示光电二极管14、读取晶体管15、浮动扩散器FD和复位晶体管16的耦接,并且(B)表示各个元件的电位。在时刻t94和t96之间,光电二极管14基于背景光LB和反射光脉冲L2两者执行光电转换。通过光电转换产生的电子被存储在浮动扩散器FD中。此时,由于复位晶体管16处于截止状态,因此,例如,与根据第一实施例的距离测量装置1的情况不同,存储在浮动扩散器FD中的电子不由复位晶体管16释放。因此,由于电子继续存储在浮动扩散器FD中,因此像素信号SIG的电压持续下降。

[0237] 然后,在时刻t96,当反射光脉冲L2终止时,像素信号SIG的电压的变化程度减小(图26的(E))。换句话说,由于反射光脉冲L2在时刻t96及之后被终止,因此电子仅通过背景光LB被存储在浮动扩散器FD中;因此,像素信号SIG的电压的变化程度变小。

[0238] 响应于像素信号SIG的电压的变化,从差分电路64输出的信号DIF的电压上升一次,超过阈值电压 V_{th} ,并且然后下降(图26的(F))。作为响应,比较器67改变信号COMP(图26的(G))。锁存电路68基于信号COMP的上升沿将信号STOP从低电平改变为高电平(图26的(H))。即,信号STOP的改变时刻与反射光脉冲L2的后端(波形部WL2)的时刻相对应。

[0239] 然后,时间计数器69基于信号STOP来终止时钟信号CLK的计数操作(图26的(I))。时间计数器69在时刻t96及其之后将计数值CNT提供给信号输出部51。

[0240] 图28示出了距离测量装置3的操作示例,其中距离测量装置3与测量对象之间的距离D变化,其中(A)表示要从光源20发射的光的波形,(B)表示成像部80将接收的反射光的波形,(C)指示控制信号RST的波形,(D)表示像素信号SIG的波形,(E)表示时间计数器69的操作。图28的(E)示出了时间计数器69能够执行计数操作的时间段。在该示例中,在光源20开始发射光脉冲L1之后,控制信号RST的电压变为低电平电压VL。

[0241] 在该示例中,测量范围R被设置为大约120m。在该示例中,时钟信号CLK的周期 T_{clk} 被设置为8ns。因此,将距离测量装置1与测量对象之间的距离D为120m的情况下的测量分辨率设定为 $1/100(=8ns/800ns)$ 。

[0242] 如图28的(B)所示,反射光脉冲L2到达成像部80的时刻根据距离测量装置3与测量对象之间的距离D而变化。时间计数器69在对应于光脉冲L1的后端时刻t1开始计数操作,并且在与反射光脉冲L2的后端相对应的时刻ta、tb、tc和td,基于像素信号SIG的变化而停止计数操作。因此,读取电路60测量从光源20发射光脉冲L1到图像像素P接收反射光脉冲L2的时间间隔。

[0243] 如上所述,即使当控制信号RST被设置为低电平电压VL并且电子没有从浮动扩散器FD释放时,也可以测量距离测量装置3与测量对象之间的距离D。

[0244] [变形例3-1]

[0245] 在以上实施例中,使用具有长脉冲宽度 T_{pw} 的光脉冲L1,但是本公开不限于此。以下,将详细描述根据本变形例的距离测量装置3A。

[0246] 距离测量装置3A的可测距离短(例如约3m)。以与根据上述实施例的距离测量装置3类似的方式,距离测量装置3A包括光源20A、光源控制器30A、透镜11、成像部80A和控制器

12。

[0247] 光源20A包括激光装置。即,在该示例中,光脉冲L1是激光束。光源控制器30A基于来自控制器12的指令来控制光源20A的操作。

[0248] 以与根据第三实施例的成像部80类似的方式,成像部80A包括像素阵列41、扫描仪82、读取部50A、图像生成器44和成像控制器45。

[0249] 图29示出了读取部50A的配置示例。读取部50A包括多个读取电路60A。读取电路60A包括信号变化检测器62A。信号变化检测器62A包括微分器64A。作为微分器64A,可以使用图21A所示的微分器64H或图21B所示的微分器64I。

[0250] 图30示出了距离测量装置3A的操作示例。该示例示出了在将测量范围R设置为大约3m的情况下的操作。在距离测量装置3A与测量对象之间的距离D为3m的情况下,从光源20发射的光被测量对象反射到成像部40接收到光的时间大约为20ns。此外,在该示例中,时钟信号CLK的周期 T_{clk} 被设置为200ps。在这种情况下,将距离测量装置3A与测量对象之间的距离D为3m的情况下的测量分辨率设置为 $1/100 (=200ps/20ns)$ 。

[0251] 首先,在时刻 t_{101} ,成像部80A的扫描仪82将关于图像像素P的控制信号RST的电压从高电平电压 V_H 改变为低电平电压 V_L (图30的(D))。随着控制信号RST的电压改变,像素信号SIG的电压略微下降并且变为电压 V_3 (图30的(E))。然后,由于背景光LB的影响,在时刻 t_{101} 及之后,像素信号SIG的电压从电压 V_3 逐渐减小。

[0252] 接下来,在时刻 t_{102} ,光源20A开始发光,并且在从时刻 t_{102} 到时刻 t_{103} 的时间段内光强度逐渐增加(图30的(A))。在时刻 t_{103} ,光源20A停止发光。因此,在从时刻 t_{102} 到时刻 t_{103} 的时间段中产生光脉冲L1。在该示例中,光脉冲L1的脉冲宽度 T_{pw} 为200ps或更小。

[0253] 此外,在与光脉冲L1的后端相对应的时刻 t_{103} ,时间计数器69开始计数操作(图30的(I))。

[0254] 在该示例中,与光脉冲L1相对应的反射光脉冲L2在时刻 t_{104} 到达成像部80(图30的(B))。

[0255] 响应于反射光脉冲L2,在从时刻 t_{104} 到时刻 t_{105} 的时间段中,像素信号SIG的电压以更大的变化程度被进一步减小(图30的(E))。读取电路60A的放大器63放大像素信号SIG。然后,微分器64A根据从放大器63输出的信号S63产生信号DIF(图30的(F))。

[0256] 然后,在时刻 t_{105} ,当反射光脉冲L2终止时,像素信号SIG的电压的变化程度减小(图30的(E))。响应于像素信号SIG的电压的变化,从微分器64A输出的信号DIF的电压下降一次,并且然后上升,超过阈值电压 V_{th} ,并且然后下降(图30的(F))。作为响应,比较器67改变信号COMP(图30的(G))。锁存电路68基于信号COMP的上升沿将信号STOP从低电平改变为高电平(图30的(H))。即,信号STOP的改变时刻与反射光脉冲L2的后端时刻相对应。

[0257] 然后,时间计数器69在时刻 t_{105} 基于信号STOP终止时钟信号CLK的计数操作(图30的(I))。时间计数器69在时刻 t_{105} 及之后将计数值CNT提供给信号输出部51。

[0258] 如上所述,在距离测量装置3A中,由于光源20A包括激光装置,因此可以减小光脉冲L1的脉冲宽度 T_{pw} ,并且可以增加光脉冲L1的光强度。这使得可以增加距离测量装置3A中的可测量距离。另外,由于在以这种方式增加光脉冲L1的光强度的同时将信号电子存储在浮动扩散器FD中,所以可以增加S / N比,这使得可以容易地检测反射光脉冲L2的后端的时刻。

[0259] [其他变形例]

[0260] 第一实施例的变形例可以应用于根据上述实施例的距离测量装置3。

[0261] <4. 第四实施例>

[0262] 接下来,将描述根据第四实施例的距离测量装置4。在本实施例中,发射两个光脉冲,并且基于与两个光脉冲相对应的两个反射光脉冲来获得距离D。注意,与根据第一实施例的距离测量装置1的部件基本相同的部件由相同的附图标记表示,并且适当地省略其描述。

[0263] 图31示出了距离测量装置4的配置示例。距离测量装置4包括光源90、光源控制器100、透镜11、成像部110和控制器12。

[0264] 光源90朝向测量对象发射两个光脉冲L11和L12,并且包括例如发光二极管。光脉冲L11是脉冲宽度Tpw1短的脉冲,并且光脉冲L12是脉冲宽度Tpw1长的脉冲。光源控制器100基于来自控制器12的指令来控制光源90的操作。

[0265] 透镜11在成像部110的成像平面上形成图像。分别对应于两个光脉冲L11和L12的两个反射光脉冲L21和L22进入透镜11。

[0266] 成像部110基于来自控制器12的指令获取距离图像PIC。以与根据第一实施例的成像部40(图4)类似的方式,成像部110包括像素阵列41、扫描仪42、读取部120、图像生成器44和成像控制器45。读取部120具有多个读取电路130。

[0267] 利用该配置,在从距离测量装置4到测量对象的距离D短的情况下,距离测量装置4使用具有短脉冲宽度Tpw1的光脉冲L11和反射光脉冲L21来测量距离D,并且,在距离测量装置4到测量对象的距离D较长的情况下,距离测量装置4使用脉冲宽度Tpw2长的光脉冲L12和反射光脉冲L22来测量距离D。

[0268] 在此,光脉冲L11对应于根据本公开的实施例的“第一光脉冲”的示例。光脉冲L12对应于根据本公开的实施例的“第二光脉冲”的示例。反射光脉冲L21对应于根据本公开的实施例的“第一反射光脉冲”的示例。反射光脉冲L22对应于根据本公开的实施例的“第二反射光脉冲”的示例。读取控制器52对应于根据本公开的实施例的“时钟生成器”的示例。

[0269] 图32示出了在距离测量装置4与测量对象之间的距离D变化的情况下,距离测量装置4的操作示例,其中(A)表示要从光源90发射的光的波形,(B)表示要由成像部110接收的反射光的波形,(C)表示控制信号RST的波形,(D)表示像素信号SIG的波形,并且(E)表示时间计数器69的操作。这里,图32的(E)表示时间计数器69可以执行计数操作的时间段。

[0270] 在该示例中,测量范围R被设置为大约120m。测量范围R包括0m至15m的短距离的测量范围R1和15m至120m的长距离的测量范围R2。短距离的测量范围R1是使用具有短脉冲宽度Tpw1的光脉冲L11和反射光脉冲L21来测量距离D的范围,而长距离的测量范围R2是使用具有长脉冲宽度Tpw2的光脉冲L12和反射光脉冲L22来测量距离D的范围。

[0271] 在短距离的测量范围R1中,时钟信号CLK的周期Tclk被设置为1ns,而在长距离的测量范围R2中,时钟信号CLK的周期Tclk被设置为8ns。因此,例如,将距离测量装置4与测量对象之间的距离D为15m的情况下的测量分辨率设定为 $1/100 (= 1\text{ns}/100\text{ns})$,并且将距离测量装置4与测量对象之间的距离D为120m的情况下的测量分辨率设为 $1/100 (= 8\text{ns} / 800\text{ns})$ 。

[0272] 如图32的(A)所示,光源90以该顺序依次发射光脉冲L11和光脉冲L12。在该示例

中,光脉冲L11的脉冲宽度 T_{pw1} 为2ns,而光脉冲L12的脉冲宽度 T_{pw2} 为200ns。然后,如图32的(B)所示,成像部110依次接收反射光脉冲L21和反射光脉冲L22。根据距离测量装置4和测量对象之间的距离D,反射光脉冲L21和L22到达成像部110的时刻改变。

[0273] 时间计数器69在与光脉冲L11的后端相对应的时刻 t_{111} 开始计数操作。此时的时钟信号CLK的周期 T_{clk} 为1ns。在距离测量装置4与测量对象之间的距离D小于或等于15m的情况下,时间计数器69在与反射光脉冲L21的后端相对应的时刻(在该示例中为时刻 t_a 和 t_b),基于像素信号SIG的变化而停止计数操作。具体操作与距离测量装置1J(图24)的操作相似。因此,读取电路130测量从光源90发射的光脉冲L11的后端时刻到图像像素P接收的反射光脉冲L21的后端时刻的时间间隔。

[0274] 在距离测量装置4与测量对象之间的距离D大于15m的情况下,反射光脉冲L21在比时刻 t_{111} 晚100ns的时刻 t_{112} 处没有到达成像部110。因此,时间计数器69在时刻 t_{112} 暂时停止计数操作。此时,计数值CNT为100。时间计数器69然后在时刻 t_{114} 恢复计数操作,该时刻 t_{114} 比与光脉冲L12的后端相对应的时刻 t_{113} 晚100ns。即,计数值CNT从100开始递增。此时的时钟信号CLK的周期 T_{clk} 为8ns。然后,时间计数器69在与反射光脉冲L22的后端相对应的时刻(在该示例中为时刻 t_c 和 t_d),基于像素信号SIG的变化而停止计数操作。具体操作与距离测量装置1(图7)的操作相似。例如,在距离测量装置4与测量对象之间的距离D为120m的情况下,计数值CNT为188。以这种方式,读取电路130测量从时刻 t_{114} 开始的时间间隔,该时刻比光源90发射的光脉冲L12的后端时刻晚100ns,直到图像像素P所接收的反射光脉冲L22的后端时刻。由于从时刻 t_{113} 到时刻 t_{114} 的时间段的长度是已知的(在这种情况下为100ns),所以读取电路130可以等效地测量从光源90发射的光脉冲L12的后端时刻到图像像素P接收的反射光脉冲L22的后端时刻的时间间隔。

[0275] 因此,在距离测量装置4中,将测量范围R分为短距离的测量范围R1和长距离的测量范围R2。然后,在短距离的测量范围R1中,通过使用具有短脉冲宽度 T_{pw1} 的光脉冲L11和反射光脉冲L21来测量距离D,在长距离的测量范围R2中,通过使用具有长脉冲宽度 T_{pw2} 的光脉冲L12和反射光脉冲L22来测量距离D。此外,与在短距离的测量范围R1中进行测量时的时钟信号CLK的周期 T_{clk} 相比,在长距离的测量范围R2中进行测量时的时钟信号CLK的周期 T_{clk} 更长。

[0276] 因此,在距离测量装置4中,例如,与在测量范围R的整个范围中时钟信号CLK的周期 T_{clk} 恒定的情况相比,在距离D短的情况下可以提高测量分辨率。此外,例如,在距离D较长(例如120m)的情况下,可以将时间计数器69的计数值CNT抑制为低值,从而能够抑制计时器69的电路尺寸。另外,在距离D较长的情况下,可以降低时钟信号CLK的频率,从而可以降低功耗。

[0277] [其他变形例]

[0278] 在以上实施例中,测量范围R被分为短距离的测量范围R1和长距离的测量范围R2,但是本公开不限于此,并且替代地,测量范围R可以被划分为:例如,三个或更多个测量范围。

[0279] 第一实施例的变形例可以应用于根据以上实施例的距离测量装置4。

[0280] <5. 第五实施例>

[0281] 接下来,将描述根据第五实施例的距离测量装置5。在本实施例中,两个光脉冲分

别发射两个光源。注意,与根据第四实施例的距离测量装置4的部件基本相同的部件由相同的附图标记表示,并且适当地省略其描述。

[0282] 图33示出了距离测量装置5的配置示例。距离测量装置5包括光源20A和20、光源控制器140、透镜11、成像部150和控制器12。

[0283] 光源20A向测量对象发射光脉冲L11,并且包括激光装置。光源20向测量对象发射光脉冲L12,并且包括发光二极管。光脉冲L11是脉冲宽度Tpw1短的脉冲,并且光脉冲L12是脉冲宽度Tpw2长的脉冲。光源控制器140基于来自控制器12的指令来控制光源20A和20的操作。

[0284] 透镜11在成像部150的成像平面上形成图像。分别对应于两个光脉冲L11和L12的两个反射光脉冲L21和L22进入透镜11。

[0285] 成像部150基于来自控制器12的指令获取距离图像PIC。以与根据第一实施例的成像部40(图4)相似的方式,成像部150包括像素阵列41、扫描仪42、读取部160、图像生成器44和成像控制器45。读取部160包括多个读取电路170。

[0286] 利用该配置,在从距离测量装置5到测量对象的距离D短的情况下,距离测量装置5使用具有短脉冲宽度Tpw1的光脉冲L11和反射光脉冲L21来测量距离D,并且,在距离测量装置5到测量对象的距离D较长的情况下,距离测量装置5使用脉冲宽度Tpw2长的光脉冲L12和反射光脉冲L22来测量距离D。

[0287] 图34示出了在距离测量装置5与测量对象之间的距离D变化的情况下,距离测量装置5的操作示例,其中(A)表示将从光源20A发射的光的波形,(B)表示要从光源20发射的光的波形,(C)表示要由成像部150接收的反射光的波形,(D)表示控制信号RST的波形,(E)表示像素信号SIG的波形,以及(F)表示时间计数器69的操作。这里,图34的(F)表示时间计数器69可以执行计数操作的时间段。

[0288] 在该示例中,测量范围R被设置为大约120m。测量范围R包括0m至15m的短距离的测量范围R1和15m至120m的长距离的测量范围R2。短距离的测量范围R1是使用具有短脉冲宽度Tpw1的光脉冲L11和反射光脉冲L21来测量距离D的范围,而长距离的测量范围R2是使用具有长脉冲宽度Tpw2的光脉冲L12和反射光脉冲L22来测量距离D的范围。

[0289] 在短距离的测量范围R1中,时钟信号CLK的周期Tclk被设置为200ps,而在长距离的测量范围R2中,时钟信号CLK的周期Tclk被设置为8ns。因此,例如,将距离测量装置5与测量对象之间的距离D为15m的情况下的测量分辨率设定为 $1/500 (=200\text{ps}/100\text{ns})$,并且将距离测量装置5与测量对象之间的距离D为120m的情况下的测量分辨率设定为 $1/100 (=8\text{ns}/800\text{ns})$ 。

[0290] 如图34的(A)和图34的(B)所示,首先,光源20A发射光脉冲L11,并且然后光源20发射光脉冲L12。在该示例中,光脉冲L11的脉冲宽度Tpw1为200ps,而光脉冲L12的脉冲宽度Tpw2为700ns。然后,如图34的(C)所示,成像部150依次接收反射光脉冲L21和反射光脉冲L22。根据距离测量装置5和测量对象之间的距离D,反射光脉冲L21和L22到达成像部150的时刻不同。

[0291] 时间计数器69在与光脉冲L11的后端相对应的时刻t111开始计数操作。此时的时钟信号CLK的周期Tclk为200ps。在距离测量装置5与测量对象之间的距离D小于或等于15m的情况下,时间计数器69在与反射光脉冲L21的后端相对应的时刻(在该示例中为时刻ta和

tb), 基于像素信号SIG的变化而停止计数操作。具体操作与距离测量装置3A(图30)的操作相似。因此, 读取电路170测量从光源20A发射的光脉冲L11的后端时刻到图像像素P接收的反射光脉冲L21的后端时刻的时间间隔。

[0292] 在距离测量装置5与测量对象之间的距离D大于15m的情况下, 反射光脉冲L21在比时刻t121晚100ns的时刻t122处没有到达成像部150。因此, 时间计数器69在时刻t122暂时停止计数操作。此时, 计数值CNT为500。然后, 在从时刻t123到时刻t124的时间段中, 成像部150将控制信号RST设置为高电平电压VH, 并且然后设置为中间电平电压VM。然后, 时间计数器69在时刻t126恢复计数操作, 该时刻比对应于光脉冲L12的后端时刻t125晚100ns。即, 计数值CNT从500开始递增。此时的时钟信号CLK的周期Tclk为8ns。然后, 时间计数器69在与反射光脉冲L22的后端相对应的时刻(在该示例中为时刻tc和td), 基于像素信号SIG的变化而停止计数操作。具体操作与距离测量装置1(图7)的操作相似。例如, 在距离测量装置5与测量对象之间的距离D为120m的情况下, 计数值CNT为588。以这样的方式, 读取电路170测量从比光源20发射的光脉冲L12的后端时刻晚100ns的时刻到由图像像素P接收的反射光脉冲L22的后端时刻的时间间隔。由于从时刻t125到时刻t126的时间段的长度是已知的(在这种情况下, 100ns), 读取电路170可以等效地测量从光源20发射的光脉冲L12的后端时刻到图像像素P接收的反射光脉冲L22的后端时刻的时间间隔。

[0293] 如上所述, 在距离测量装置5中, 由于光源20A包括激光装置, 因此可以减小光脉冲L1的脉冲宽度Tp_w, 并且可以增加光脉冲L1的光强度。这使得可以增加距离测量装置5中的可测量距离。另外, 由于可以增加S/N比, 因此可以容易地检测反射光脉冲L2的后端时刻。其他效果类似于第四实施例。

[0294] [其他变形例]

[0295] 在以上实施例中, 测量范围R被分为短距离的测量范围R1和长距离的测量范围R2, 但是本公开不限于此, 并且替代地, 测量范围R可以被划分为: 例如, 三个或更多个测量范围。

[0296] 第一实施例的变形例可以应用于根据上述实施例的距离测量装置5。

[0297] <6. 应用示例>

[0298] 接下来, 将描述以上实施例中描述的距离测量装置的应用示例和变型例。

[0299] 图35示出了应用根据上述实施例等的距离测量装置的技术的成像装置200的配置示例。成像装置200是应用根据第一实施例的距离测量装置1的技术的装置。应当注意, 本公开不限于此, 并且可以应用距离测量装置技术的技术。

[0300] 该成像装置200获取距离图像PIC和诸如彩色图像的对比度图像PIC2。具体地, 成像装置200具有两个操作模式M(操作模式M1和M2), 并且在操作模式M1中操作以获得距离图像PIC, 并且在操作模式M2中操作以获得对比度图像PIC2。成像装置200包括控制器212和成像部240。控制器212通过将控制信号提供给光源控制器30和成像部240并基于成像装置200的操作模式M来控制那些电路的操作, 来控制成像装置200的操作。以与根据第一实施例的成像部40(图4)相似的方式, 成像部240包括像素阵列41、扫描仪242、读取部250、图像生成器44和成像控制器245。

[0301] 图36示出了读取部250的配置示例。读取部250包括读取电路260、信号输出部51和读取控制器252。

[0302] 读取电路260包括电流源61、放大器63、差分电路64、选择器261和262、比较器67、锁存电路68、选择器263和计数器69A。计数器69A在操作模式M1中以与根据第一实施例的时间计数器69类似的方式起作用,并且在操作模式M2中作用于根据信号电平执行计数操作的电平计数器。

[0303] 选择器261基于模式切换信号MODE来选择信号DIF和信号S63之一,并且将所选择的信号提供给比较器67的正输入端子。在模式切换信号MODE是指示操作模式M1的信号的情况下,选择器261选择信号DIF,并且在模式切换信号MODE是指示操作模式M2的信号的情况下选择信号S63。

[0304] 选择器262基于模式切换信号MODE来选择阈值电压 V_{th} 和参考信号REF之一,并且将所选择的信号提供给比较器67的负输入端子。参考信号REF具有所谓的斜坡波形,其中,电压电平在P相时间段PP和D相时间段PD中随时间逐渐减小,这将在后面描述。在模式切换信号MODE是指示操作模式M1的信号的情况下,选择器262选择阈值电压 V_{th} ,并且在模式切换信号MODE是指示操作模式M2的信号的情况下选择参考信号REF。

[0305] 选择器263基于模式切换信号MODE选择从锁存电路68输出的信号和信号COMP之一,并且将所选择的信号作为信号STOP提供给计数器69A。在模式切换信号MODE是指示操作模式M1的信号的情况下,选择器263选择从锁存电路68输出的信号,并且在模式切换信号MODE是表示操作模式M2的信号的情况下,选择信号COMP。

[0306] 读取控制器252控制读取部250中的读取操作。读取控制器252生成用于指示操作模式M的模式切换信号MODE。此外,读取控制器252在成像装置200以操作模式M1操作的情况下生成:阈值电压 V_{th} 、时钟信号CLK和信号START;在成像装置200以操作模式M2操作的情况下生成:参考信号REF、时钟信号CLK和信号START。

[0307] 在此,放大器63、差分电路64和比较器67对应于根据本公开的实施例的“信号变化检测器”的示例。计数器69A和读取控制器252对应于根据本公开的实施例的“测量部”的示例。读取控制器252对应于根据本公开的实施例的“时钟生成器”和“信号生成器”的示例。控制器212对应于根据本公开的实施例的“控制器”的示例。操作模式M1对应于根据本公开的实施例的“第一操作模式”的示例。操作模式M2对应于根据本公开的实施例的“第二操作模式”的示例。

[0308] 在成像装置200以操作模式M1进行操作的情况下,成像装置200通过执行与第一实施例(图7)类似的操作来生成距离图像PIC。此外,在成像装置200以操作模式M2进行操作的情况下,成像装置200通过执行以下操作来生成对比度图像PIC2。

[0309] 图37示出了在成像装置200以操作模式M2进行操作的情况下成像装置200的操作,其中(A)表示控制信号RST的波形,(B)表示控制信号TG的波形,(C)表示控制信号SL的波形,(D)表示参考信号REF的波形,(E)表示像素信号SIG的波形,(F)表示要从比较器67输出的信号COMP的波形,而(G)表示计数器69A的操作。这里,在图37的(D)和图37的(E)中,各个信号的波形由相同的电压轴表示。

[0310] 首先,在时刻 t_{201} ,当水平时间段H开始时,扫描仪242在时刻 t_{202} 将控制信号SL的电压从低电平改变为高电平(图37的(C))。在图像像素P中,晶体管19变为导通状态,并且图像像素P电连接至信号线SGL。

[0311] 接下来,在时刻 t_{203} ,扫描仪242将控制信号RST的电压从低电平电压 V_L 改变为高

电平电压VH(图37的(A))。在图像像素P中,复位晶体管16变为导通状态,并且浮动扩散器FD的电压被设置为电压VDD(复位操作)。

[0312] 接下来,在时刻t204,扫描仪242将控制信号RST的电压从高电平电压VH改变为低电平电压VL(图37的(A))。在图像像素P中,复位晶体管16变为截止状态。图像像素P在时刻t204及其之后输出与此时的浮动扩散器FD的电压相对应的电压(复位电压Vreset)(图37的(E))。

[0313] 接下来,在时刻t205,读取控制器252将基准信号REF的电压改变为电压V11(图37的(D))。

[0314] 接下来,在从时刻t206到时刻t208的时间段(P相时间段PP)中,读取部250基于复位电压Vreset执行AD转换。具体地,首先,在时刻t206,计数器69A开始计数操作(图37的(G))。同时,读取控制器252开始将参考信号REF的电压从电压V11降低预定的变化程度(图37的(D))。

[0315] 然后,在时刻t207,参考信号REF的电压低于像素信号SIG的电压(复位Vreset)(图37的(D)和图37的(E))。作为响应,比较器67将信号COMP的电压从低电平改变为高电平(图37的(F))。因此,计数器69A停止计数操作(图37的(G))。

[0316] 接下来,在时刻t208,随着P相时间段PP结束,读取控制器252停止参考信号REF的电压的改变,并且然后在时刻t209将参考信号REF的电压改变为电压V12(图37的(D))。伴随于此,由于参考信号REF的电压超过像素信号SIG的电压(复位电压Vreset)(图37的(D)和图37的(E)),所以比较器67将信号COMP的电压从高电平改变为低电平(图37的(F))。然后,计数器69A在预定时刻反转计数器69A的计数值CNT的极性。

[0317] 接下来,在时刻t211,扫描仪242将控制信号TG的电压从低电平改变为高电平(图37的(B))。因此,在图像像素P中,读取晶体管15变成导通状态,因此,在光电二极管14中产生的电子被转移到浮动扩散器FD(电荷转移操作)。作为响应,像素信号SIG的电压减小(图37的(E))。

[0318] 然后,在时刻t212,扫描仪242将控制信号TG的电压从高电平改变为低电平(图37的(B))。因此,在图像像素P中,读取晶体管15变为截止状态。然后,图像像素P在时刻t212及其之后输出与此时的浮动扩散器FD的电压相对应的电压(像素电压Vpix)(图37的(E))。

[0319] 接下来,在从时刻t213到时刻t215的时间段(D相时间段PD)中,读取部250基于像素电压Vpix执行AD转换。具体地,首先,在时刻t213,计数器69A开始计数操作(图37的(G))。同时,读取控制器252开始将参考信号REF的电压从电压V12降低预定的变化程度(图37的(D))。

[0320] 然后,在时刻t214,参考信号REF的电压低于像素信号SIG的电压(像素电压Vpix)(图37的(D)和图37的(E))。作为响应,比较器67将信号COMP的电压从低电平改变为高电平(图37的(F))。因此,计数器69A停止计数操作(图37的(G))。以这种方式,读取电路260获得与像素电压Vpix和复位电压Vreset之间的差(信号电平)相对应的计数值CNT。

[0321] 接下来,在时刻t215,随着D相时间段PD的结束,读取控制器252停止参考信号REF的电压的改变,并且然后在时刻t216将参考信号REF的电压改变为电压V13(图37的(D))。伴随于此,由于参考信号REF的电压超过像素信号SIG的电压(像素电压Vpix)(图37的(D)和图37的(E)),所以比较器67将信号COMP的电压从高电平改变为低电平(图37的(F))。

[0322] 接下来,在时刻 t_{217} ,扫描仪242将控制信号SL的电压从高电平改变为低电平(图37的(C))。在图像像素P中,晶体管19变为截止状态,并且图像像素P与信号线SGL电分离。

[0323] 以这种方式,在成像装置200中,通过在操作模式M2中执行操作来获取与信号电平相对应的对比度图像PIC2。

[0324] 在成像装置200中,成像装置200能够通过切换操作模式M来获得距离图像PIC和对比度图像PIC2。与例如分别设置用于获取距离图像PIC的装置和用于获取对比度图像PIC2的装置的情况相比,可以减小装置的尺寸。另外,在成像装置200中,由于可以通过使用相同的像素阵列41来获取距离图像PIC和对比图像PIC2,因此可以抑制距离图像PIC和对比图像PIC2中的位置偏差。因此,例如,在虚拟现实(VR)和增强现实领域中,可以使用距离图像PIC和对比度图像PIC2来实现具有更高精度的处理。

[0325] 尽管已经参考一些实施例和变形例及其一些特定的应用示例描述了本技术,但是本技术不限于此,并且可以进行各种修改。

[0326] 例如,通过将根据上述实施例的距离测量装置安装在车辆上并测量车辆与行驶在车辆前方的另一车辆之间的距离,可以实现例如防止车辆碰撞的功能。此外,根据上述实施例的距离测量装置可以安装在无人机上以测量无人机与地面之间的距离或无人机与障碍物之间的距离。另外,根据以上实施例的距离测量装置可以安装在运送包裹的机器人上。

[0327] 例如,上述实施例等中的测量范围R,光脉冲L1、L11和L12的脉冲宽度、时钟信号CLK的周期 T_{clk} 、测量分辨率等仅是示例,并且可以适当更改。

[0328] 应当理解,本文描述的效果仅仅是示例,并且不限于本文描述的效果。本公开可以进一步包括除了本文描述的那些效果之外的任何效果。

[0329] 要注意的是,本公开可以具有以下配置。

[0330] (1)

[0331] 一种距离传感器,包括:

[0332] 控制器,其指示光源部发射第一光脉冲;

[0333] 光接收器,其包括光电二极管,该光电二极管通过接收与所述第一光脉冲相对应的第一反射光脉冲来产生信号电荷,并且通过存储信号电荷并将信号电荷转换为电压来产生光接收信号;

[0334] 信号变化检测器,其执行检测与光接收信号中的第一反射光脉冲相对应的第一信号变化的第一检测操作;以及

[0335] 时间测量部,其基于所述第一信号变化执行第一测量操作,该第一测量操作测量从光源部中的第一光脉冲的发射时刻到光接收器中的第一反射光脉冲的接收时刻的第一时间间隔。

[0336] (2)

[0337] 根据(1)的距离传感器,其中

[0338] 第一信号变化是与第一反射光脉冲的后端相对应的信号变化,

[0339] 发射时刻是第一光脉冲的后端时刻,以及

[0340] 接收时刻是第一反射光脉冲的后端时刻。

[0341] (3)

[0342] 根据(1)或(2)的距离传感器,其中,光接收器还包括:

- [0343] 第一晶体管,其具有栅极、源极和漏极,源极和漏极中的一个耦接至光电二极管,源极和漏极中的另一个耦接至第一节点,
- [0344] 信号转换器,耦接到所述第一节点,存储信号电荷,并将信号电荷转换为电压,
- [0345] 第二晶体管,其具有栅极、源极和漏极,源极和漏极中的一个被供应有预定电压,源极和漏极中的另一个耦接到第一节点,以及
- [0346] 输出部,输出与第一节点中的电压相对应的电压。
- [0347] (4)
- [0348] 根据(1)或(2)的距离传感器,其中
- [0349] 光电二极管耦接到第一节点并存储信号电荷,以及
- [0350] 光接收器还包括
- [0351] 第二晶体管,其具有栅极、源极和漏极,源极和漏极中的一个被供应有预定电压,源极和漏极中的另一个耦接到第一节点,以及
- [0352] 输出部,输出与第一节点中的电压相对应的电压。
- [0353] (5)
- [0354] 根据(3)或(4)的距离传感器,其中,第二晶体管的栅极的栅极长度比第二晶体管的栅极的栅极宽度长。
- [0355] (6)
- [0356] 根据(3)至(5)中任一项的距离传感器,还包括
- [0357] 驱动器,被配置为向第二晶体管的栅极施加使第二晶体管处于导通状态的导通电压与使第二晶体管处于截止状态的截止电压之间的中间电压。
- [0358] (7)
- [0359] 根据(3)至(5)中任一项的距离传感器,还包括
- [0360] 驱动器,被配置为选择性地向第二晶体管的栅极施加使第二晶体管处于截止状态的截止电压和使第二晶体管处于导通状态的导通电压与截止电压之间的中间电压。
- [0361] (8)
- [0362] 根据(7)的距离传感器,其中,驱动器在第一时间段期间将中间电压施加到第二晶体管的栅极,并且在第一时间段之后的第二时间段期间交替地将中间电压和截止电压施加到第二晶体管的栅极。
- [0363] (9)
- [0364] 根据(3)至(5)中任一项的距离传感器,还包括
- [0365] 驱动器,被配置为向第二晶体管的栅极选择性地施加使第二晶体管处于导通状态的导通电压和使第二晶体管处于截止状态的截止电压,其中,
- [0366] 驱动器在第一时间段期间将导通电压施加到第二晶体管的栅极,并在第一时间段之后的第二时间段期间将截止电压施加到第二晶体管的栅极,以及
- [0367] 信号变化检测器在第二时间段期间执行第一检测操作。
- [0368] (10)
- [0369] 根据(3)至(5)中任一项的距离传感器,还包括
- [0370] 驱动器,被配置为改变要施加到第二晶体管的栅极的电压。
- [0371] (11)

[0372] 根据(1)至(10)中的任一项的距离传感器,其中,信号变化检测器通过将光接收信号中的、在彼此相隔预定时间的两个时刻的两个信号值之间的差与预定阈值进行比较,来检测第一信号变化。

[0373] (12)

[0374] 根据(1)至(10)中任一项的距离传感器,其中,信号变化检测器通过将光接收信号的差分值与预定阈值进行比较来检测第一信号变化。

[0375] (13)

[0376] 根据(1)至(12)中的任一项的距离传感器,其中,信号变化检测器放大光接收信号,并且基于所放大的光接收信号执行第一检测操作。

[0377] (14)

[0378] (1)至(13)中任一项的距离传感器,其中,光电二极管包括雪崩光电二极管。

[0379] (15)

[0380] 一种距离测量装置,包括:

[0381] 光源部,发射第一光脉冲;

[0382] 控制器,指示光源部发射第一光脉冲;

[0383] 透镜,与第一光脉冲相对应的第一反射光脉冲进入该透镜;

[0384] 光接收器,包括光电二极管,该光电二极管通过经由透镜接收第一反射光脉冲来产生信号电荷,并且通过存储信号电荷并将信号电荷转换为电压来产生光接收信号;

[0385] 信号变化检测器,其执行检测与光接收信号中的第一反射光脉冲相对应的第一信号变化的第一检测操作;以及

[0386] 时间测量部,其基于第一信号变化执行第一测量操作,该第一测量操作测量从光源部中的第一光脉冲的发射时刻到光接收器中的第一反射光脉冲的接收时刻的第一时间间隔。

[0387] (16)

[0388] 根据(15)的距离测量装置,其中

[0389] 第一信号变化是与第一反射光脉冲的后端相对应的信号变化,

[0390] 发射时刻是第一光脉冲的后端时刻,以及

[0391] 接收时刻是第一反射光脉冲的后端时刻。

[0392] (17)

[0393] 根据(16)的距离测量装置,其中

[0394] 光源部包括

[0395] 光源,发射第一光脉冲,以及

[0396] 光源控制器,控制光源中第一光脉冲的发射,

[0397] 光源控制器包括

[0398] 电流源,使发光电流流向光源,

[0399] 开关,设置在发光电流的路径中,以及

[0400] 开关控制器,控制开关的操作,

[0401] 开关控制器在第一光脉冲的后端时刻断开开关,并且

[0402] 发射时刻对应于开关断开的时刻。

- [0403] (18)
- [0404] 根据(15)至(17)中任一项的距离测量装置,其中,
- [0405] 控制器指示光源部除第一光脉冲之外还发射跟随第一光脉冲的第二光脉冲,
- [0406] 光电二极管通过接收与第二光脉冲相对应的第二反射光脉冲来产生信号电荷,
- [0407] 信号变化检测器执行检测与光接收信号中的第二反射光脉冲相对应的第二信号变化的第二检测操作,以及
- [0408] 时间测量部基于第二信号变化,执行第二测量操作,该第二测量操作测量从光源部中的第二光脉冲的发射时刻到光接收器中的第二反射光脉冲的接收时刻的第二时间间隔。
- [0409] (19)
- [0410] 根据(18)的距离测量装置,其中,光源部包括发射第一光脉冲和第二光脉冲的光源。
- [0411] (20)
- [0412] 根据(18)的距离测量装置,其中,光源部包括
- [0413] 第一光源,发射第一光脉冲,以及
- [0414] 第二光源,发射第二光脉冲,第二光源的类型不同于第一光源的类型。
- [0415] (21)
- [0416] 根据(18)至(20)中任一项所述的距离测量装置,其中,
- [0417] 时间测量部包括
- [0418] 时钟生成器,产生时钟信号,以及
- [0419] 时间计数器,其通过基于时钟信号执行计数操作来测量第一时间间隔和第二时间间隔,以及
- [0420] 时钟生成器在第一测量操作中将时钟信号的周期设置为第一周期,并在第二测量操作中将时钟信号的周期设置为第二周期。
- [0421] (22)
- [0422] 根据(21)的距离测量装置,其中,在第一测量操作中,时间计数器在光源部中的第一光脉冲的发射时刻开始计数操作,并基于第一信号变化停止计数操作。
- [0423] (23)
- [0424] 根据(22)的距离测量装置,其中,
- [0425] 在第一测量操作中,在从第一光脉冲的发射时刻起的预定长度的时间段内计数操作没有停止的情况下,时间计数器在预定长度的时间段结束时停止计数操作,以及
- [0426] 在第二测量操作中,时间计数器在从第二光脉冲的发射时刻起经过了与预定长度的时间段相同长度的时间段时刻处重新开始计数操作,并基于第二信号变化来停止计数操作。
- [0427] (24)
- [0428] 一种图像传感器,包括:
- [0429] 控制器,指示光源部发射第一光脉冲;
- [0430] 多个光接收器,每个光接收器包括光电二极管,该光电二极管通过接收与第一光脉冲相对应的第一反射光脉冲来产生信号电荷,并且每个光接收器通过存储信号电荷并将

信号电荷转换为电压来产生光接收信号

[0431] 信号变化检测器,其执行检测与光接收信号中的第一反射光脉冲相对应的第一信号变化的第一检测操作;以及

[0432] 测量部,其基于第一信号变化执行第一测量操作,该第一测量操作测量从光源部中的第一光脉冲的发射时刻到光接收器中的第一反射光脉冲的接收时刻的第一时间间隔。

[0433] (25)

[0434] 根据(24)所述的图像传感器,其中

[0435] 控制器还控制图像传感器以在包括第一操作模式的多个操作模式中的一个操作模式中操作,

[0436] 测量部包括

[0437] 时钟生成器,产生时钟信号,以及

[0438] 计数器,基于时钟信号执行计数操作,

[0439] 在第一操作模式中,多个光接收器均基于第一反射光脉冲产生光接收信号,

[0440] 信号变化检测器在第一操作模式下执行第一检测操作,

[0441] 计数器通过在第一操作模式下基于第一信号变化来停止计数操作来测量第一时间间隔。

[0442] (26)

[0443] 根据(25)所述的图像传感器,其中

[0444] 测量部包括信号生成器,该信号生成器产生电压电平变化的参考信号,

[0445] 多个操作模式包括第二操作模式,

[0446] 在第二操作模式下,多个光接收器均生成与接收的光量相对应的像素信号,以及

[0447] 计数器根据在第二操作模式下参考信号和像素信号之间的比较结果,通过停止计数操作,将像素信号转换为像素值。

[0448] 本申请要求于2017年8月7日向日本专利局提交的日本优先权专利申请JP2017-152501的优先权,其全部内容通过引用合并于此。

[0449] 本领域技术人员应该理解,取决于设计要求和因素,可以进行各种修改、组合、子组合和变更,只要它们在所附权利要求或其等同物的范围内即可。

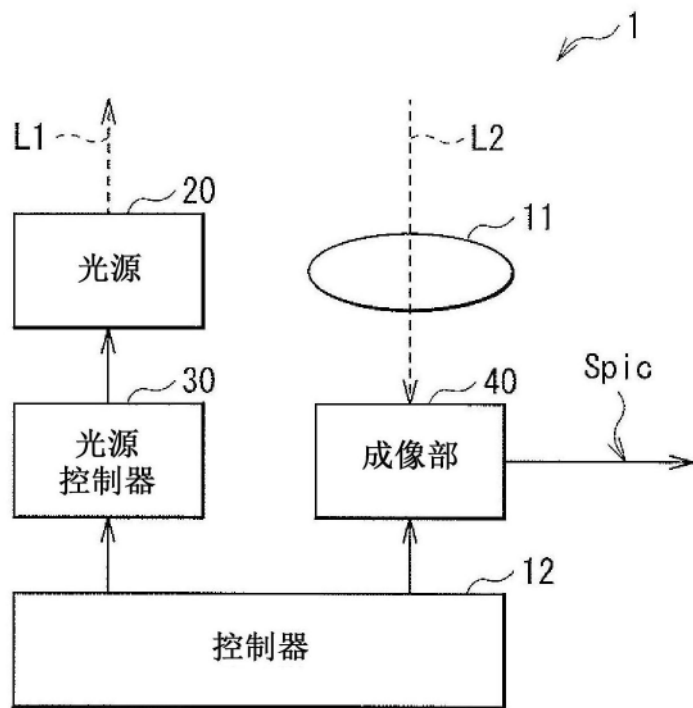


图1

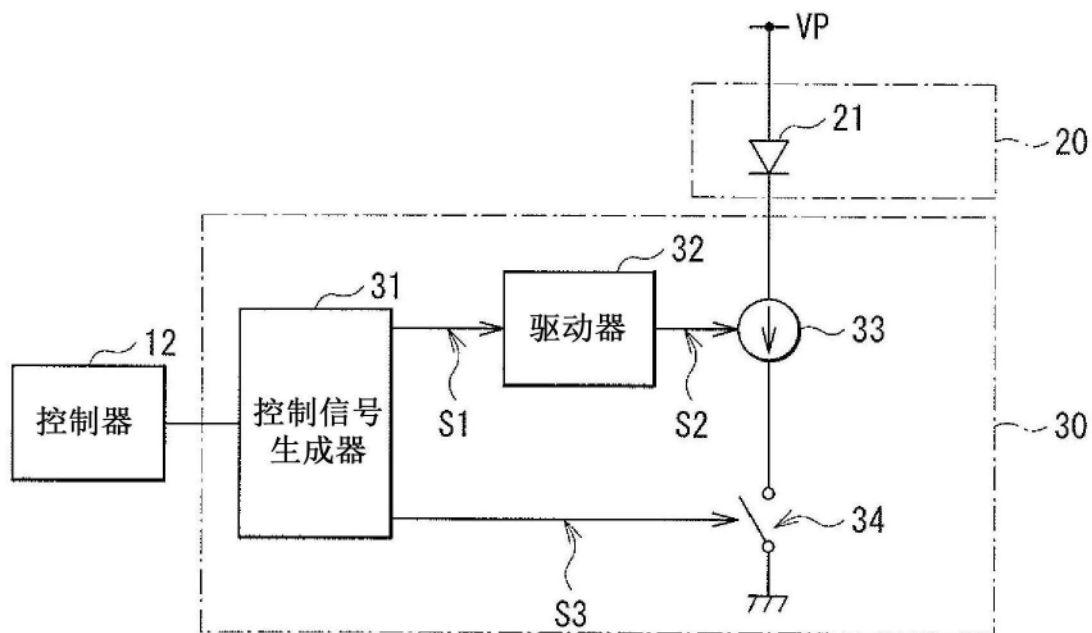


图2

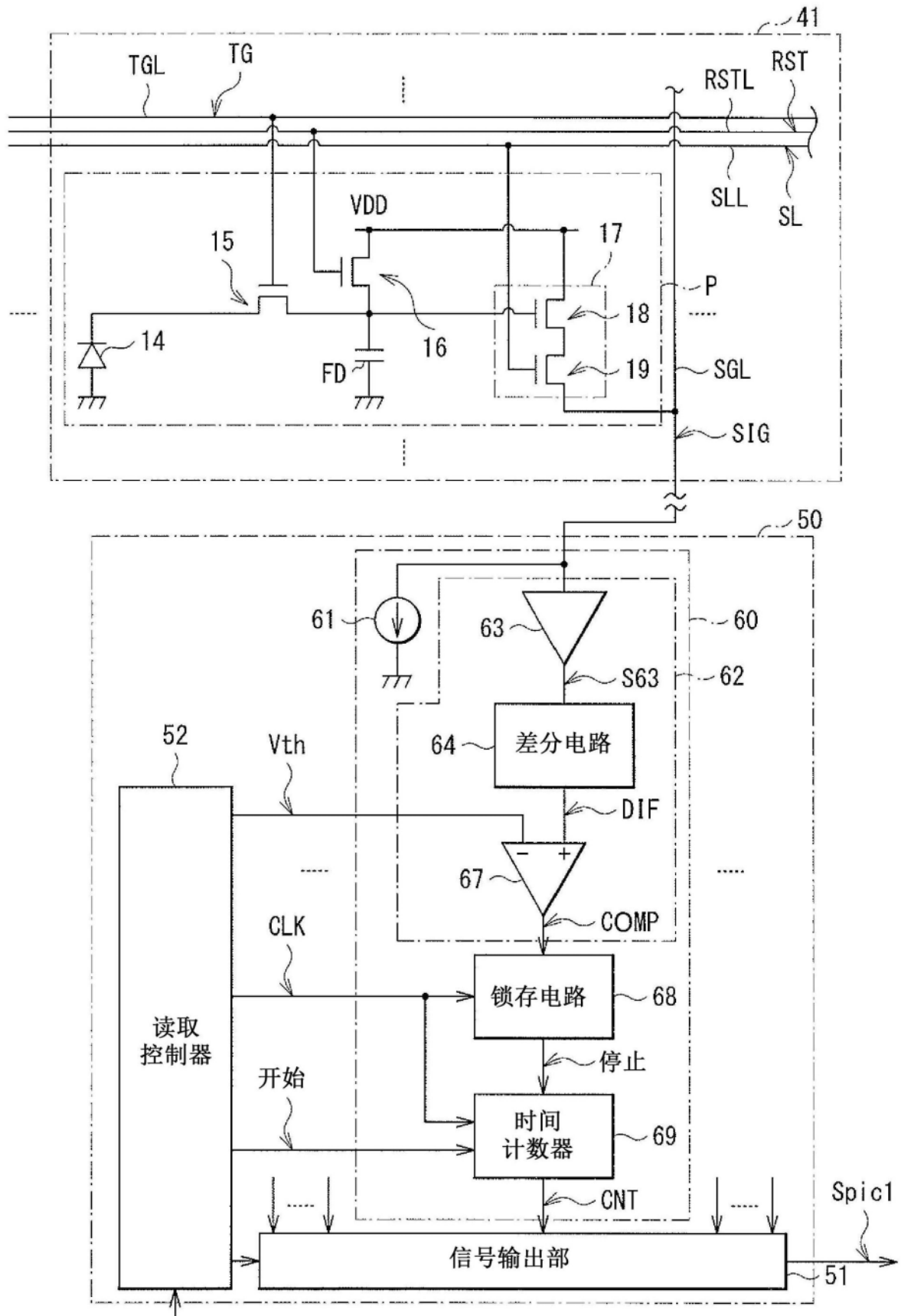


图5

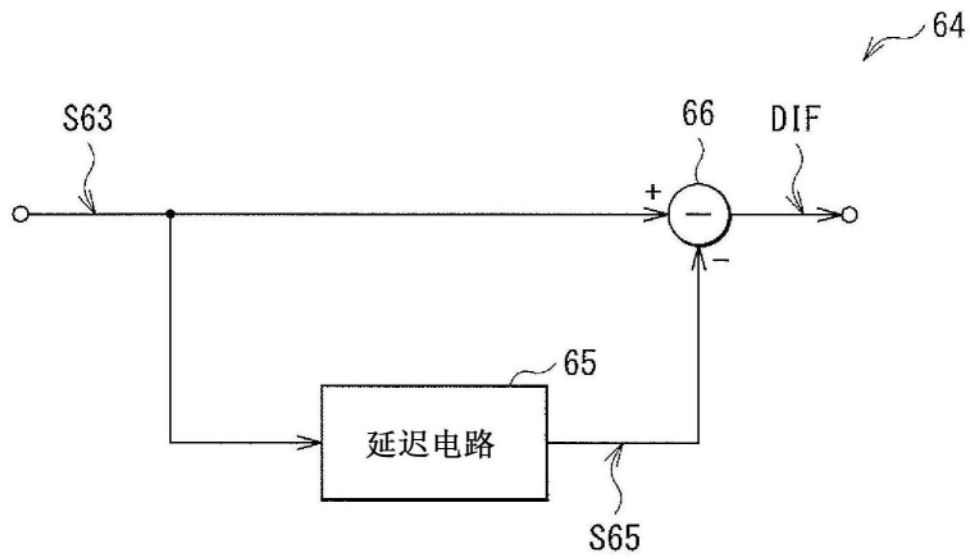


图6

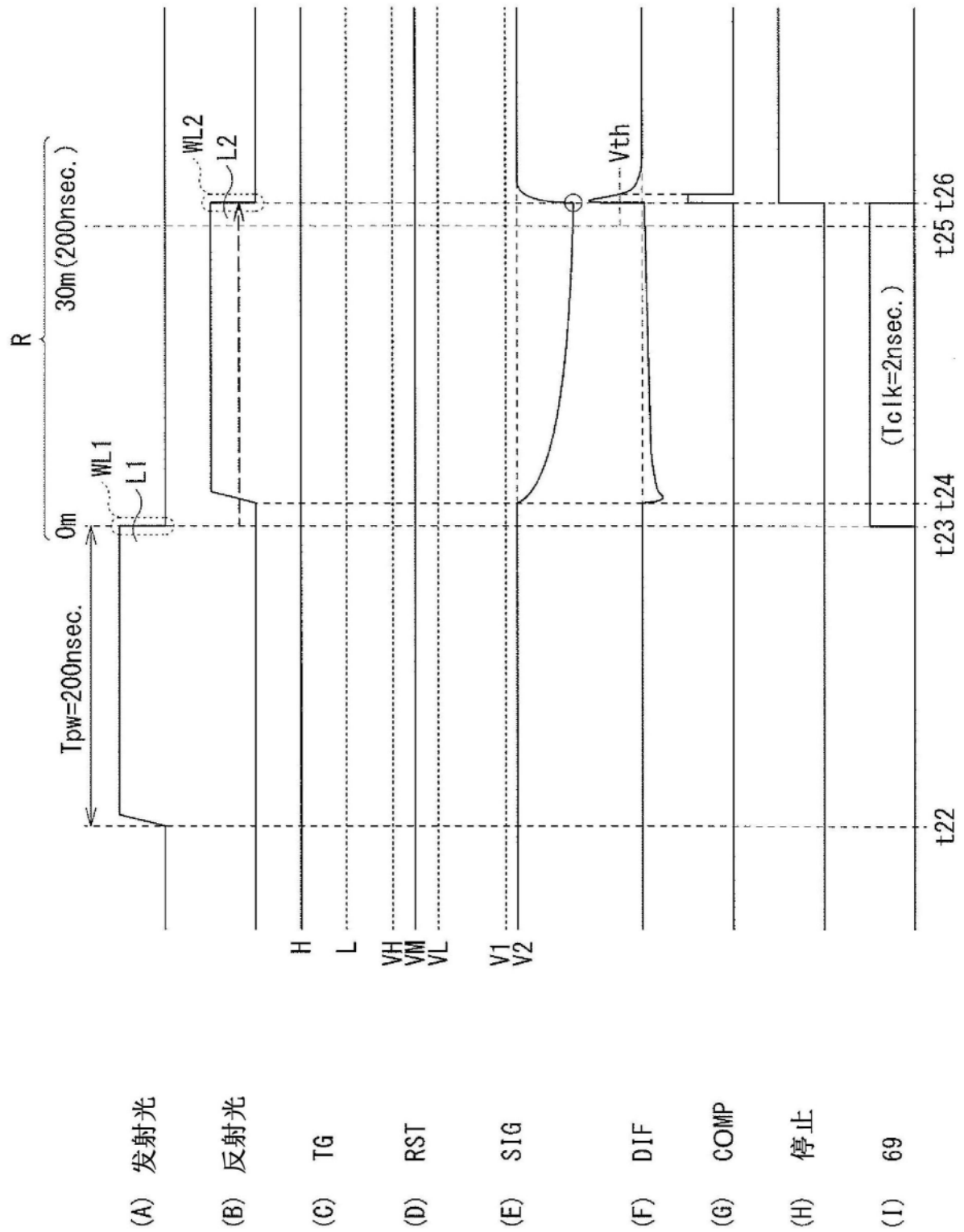


图7

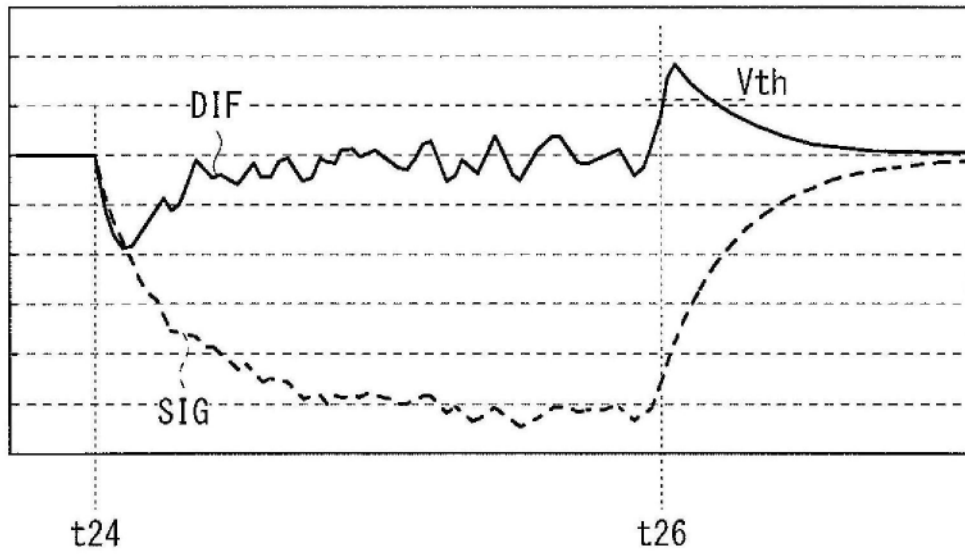


图8

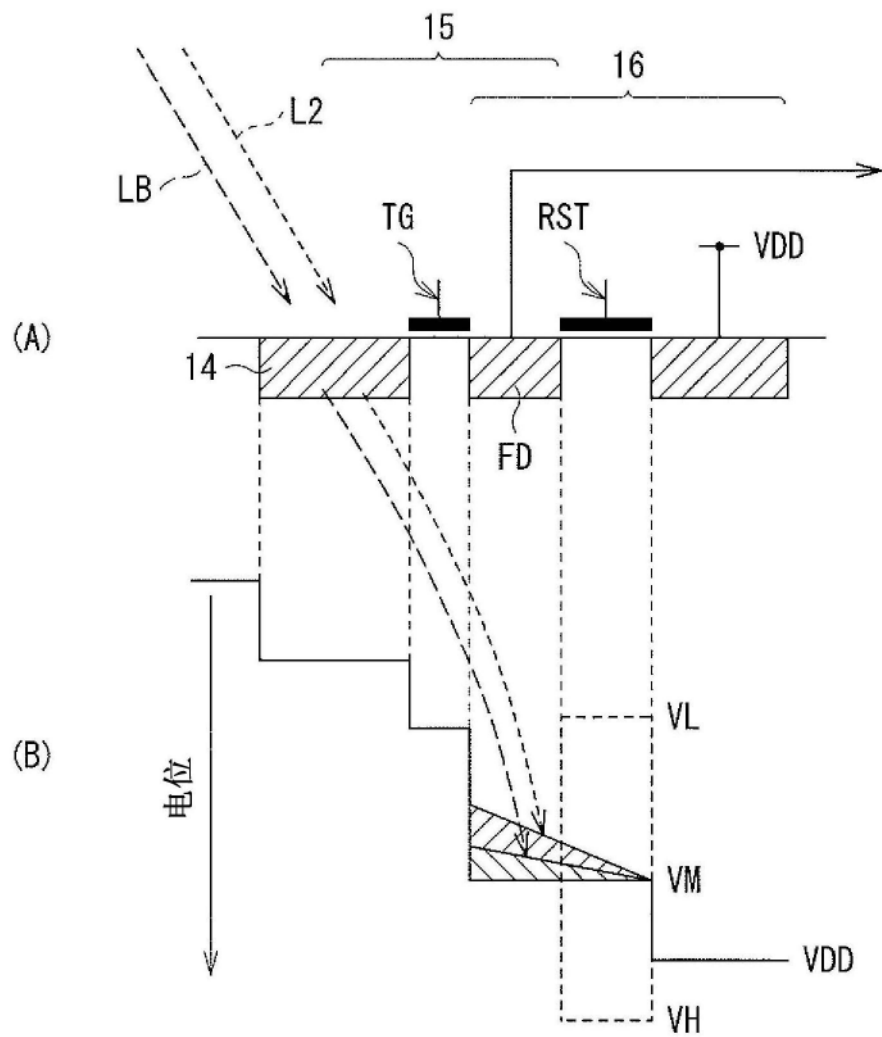


图9

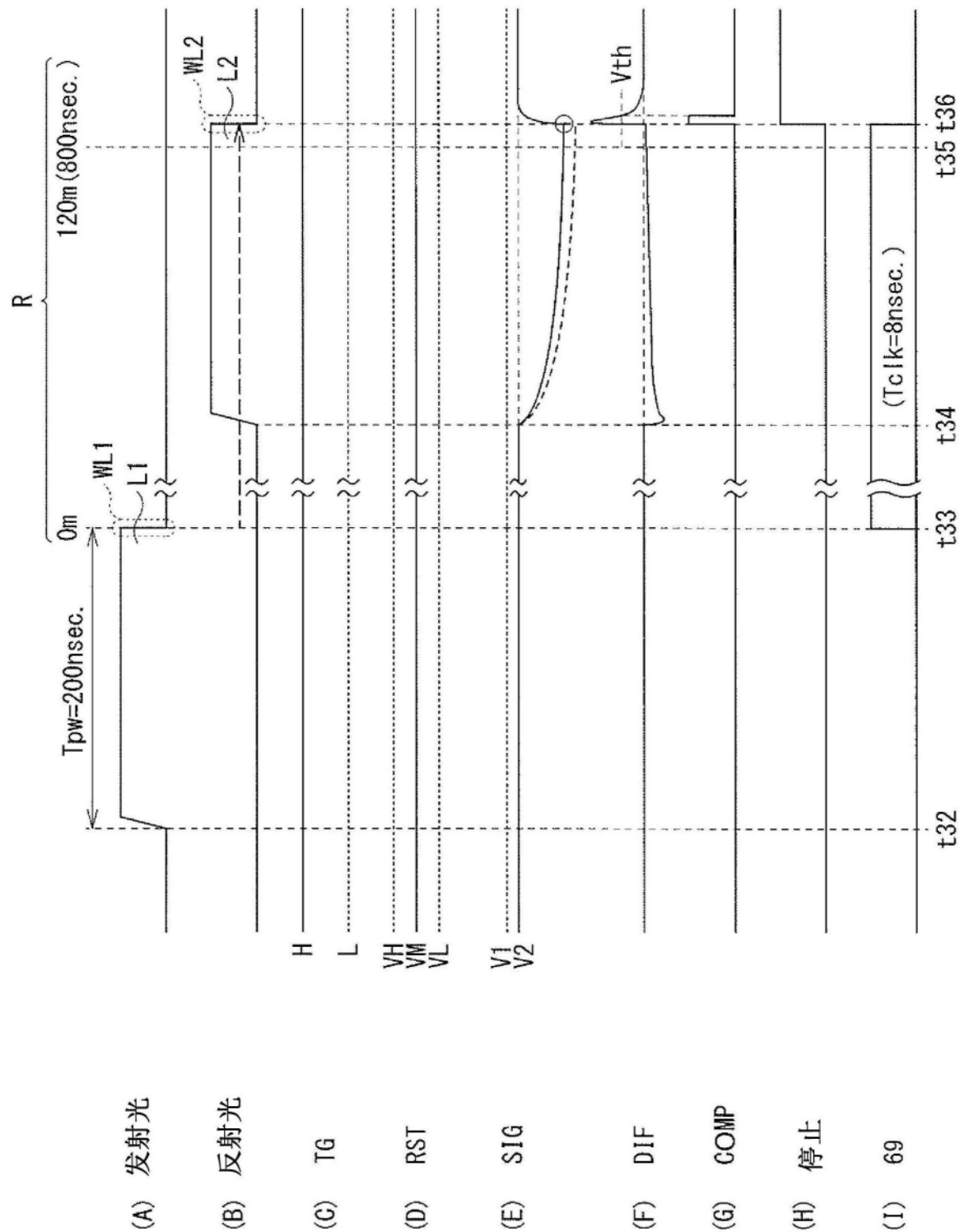


图10

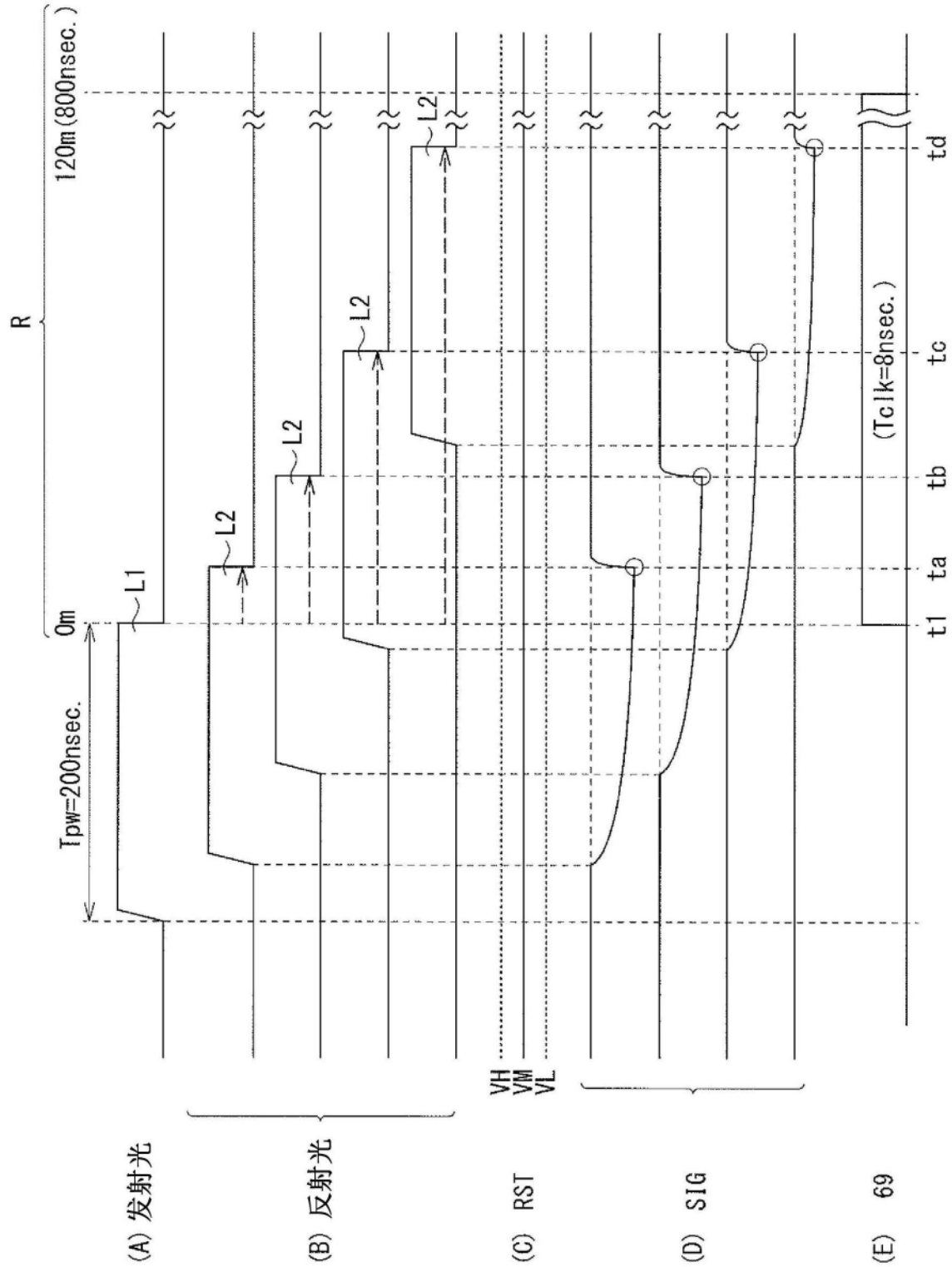


图11

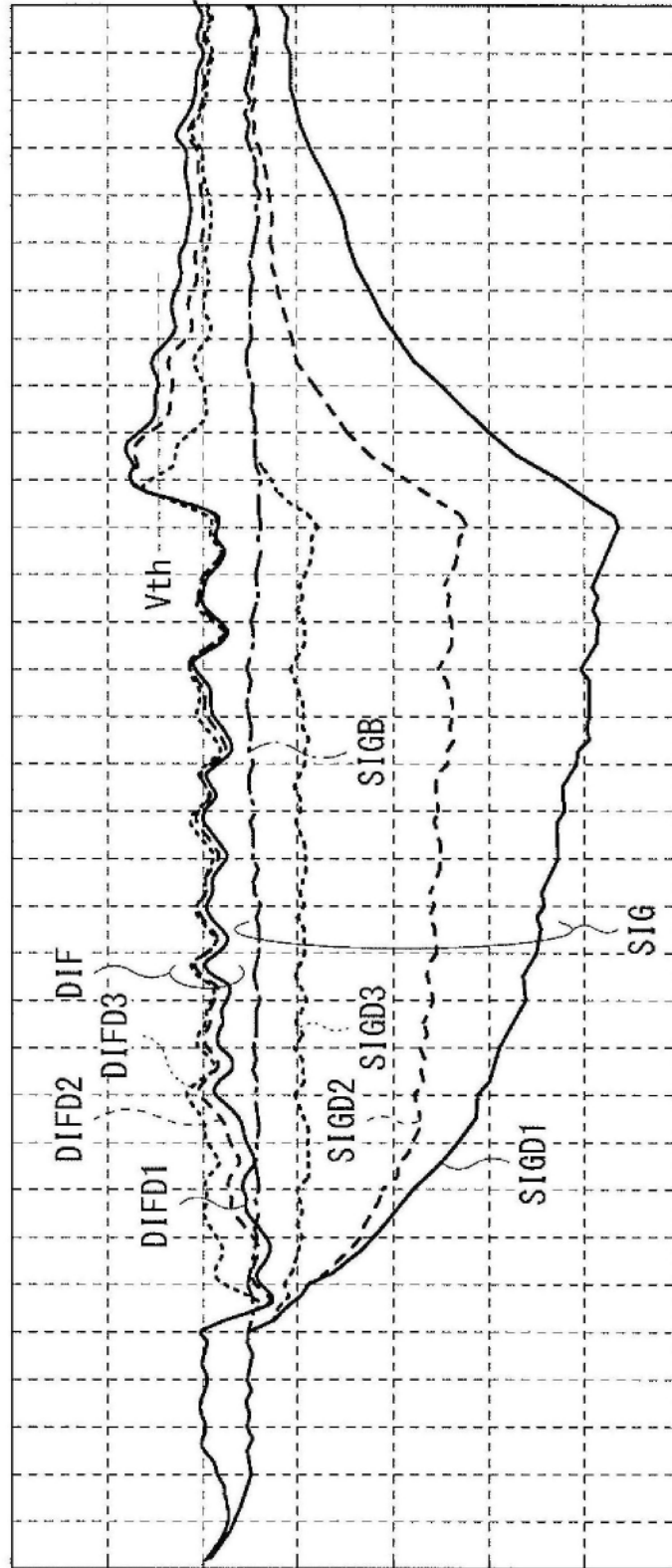


图12

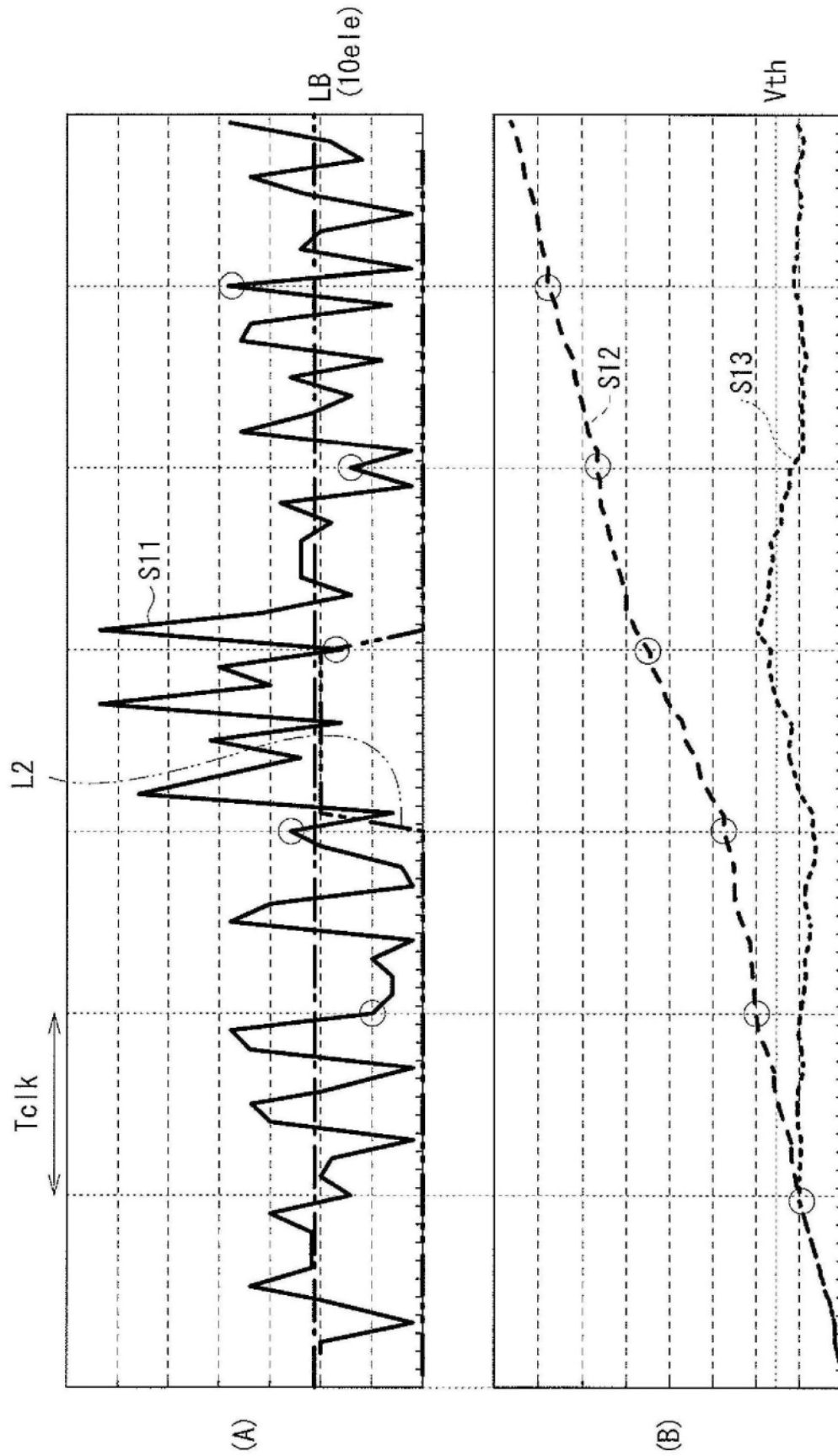


图13

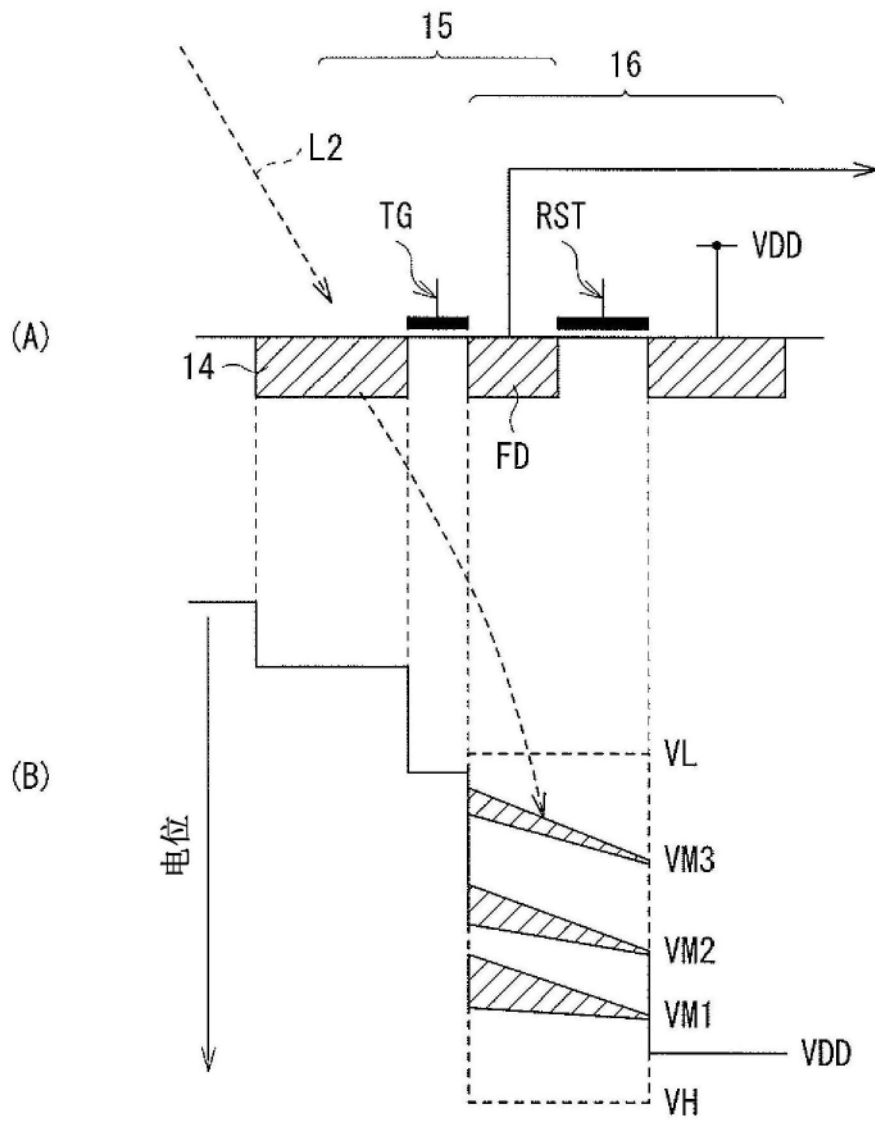


图14

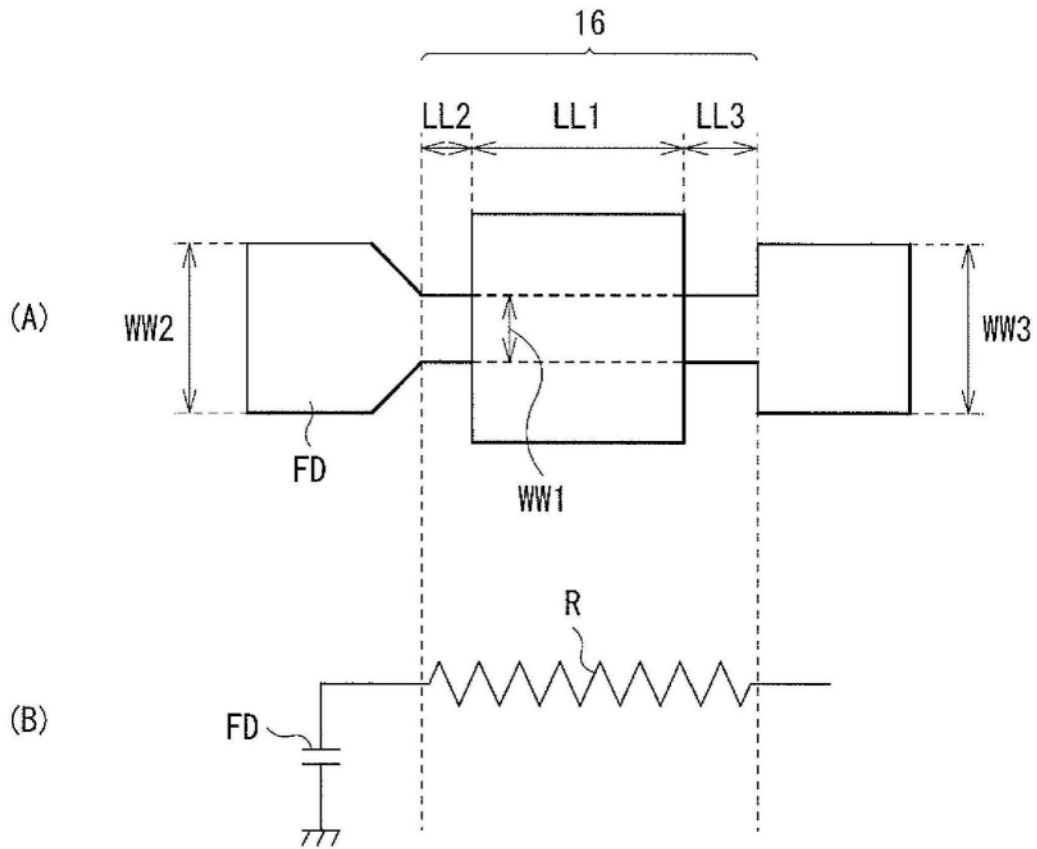


图15

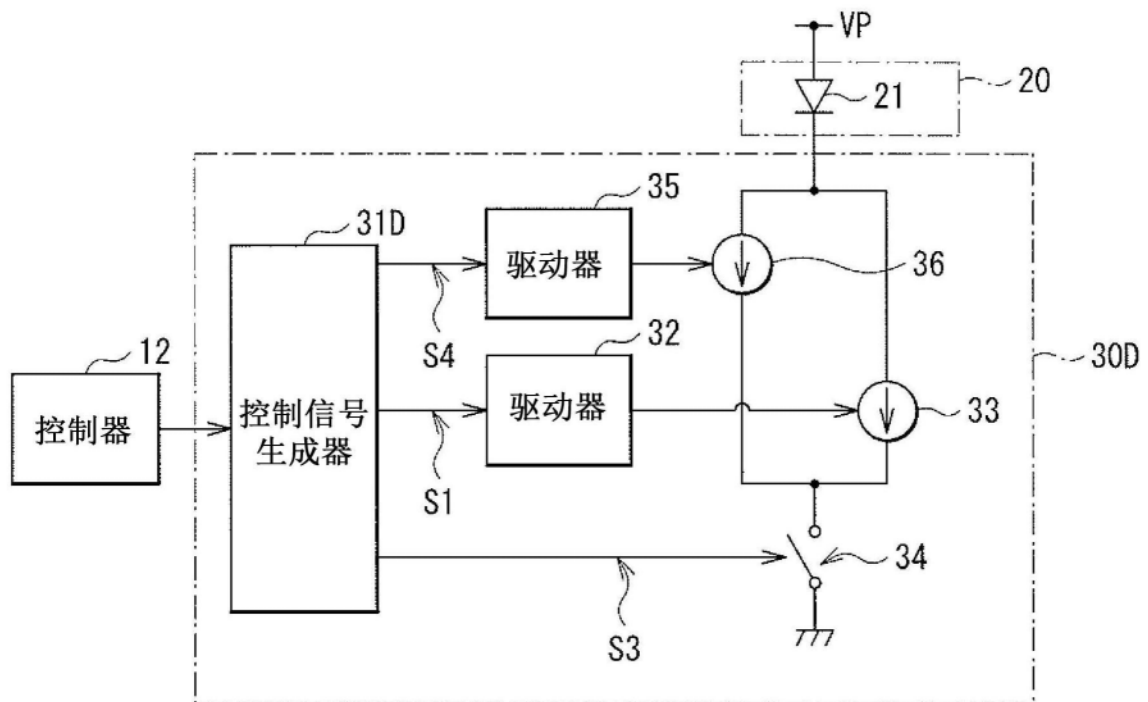


图16

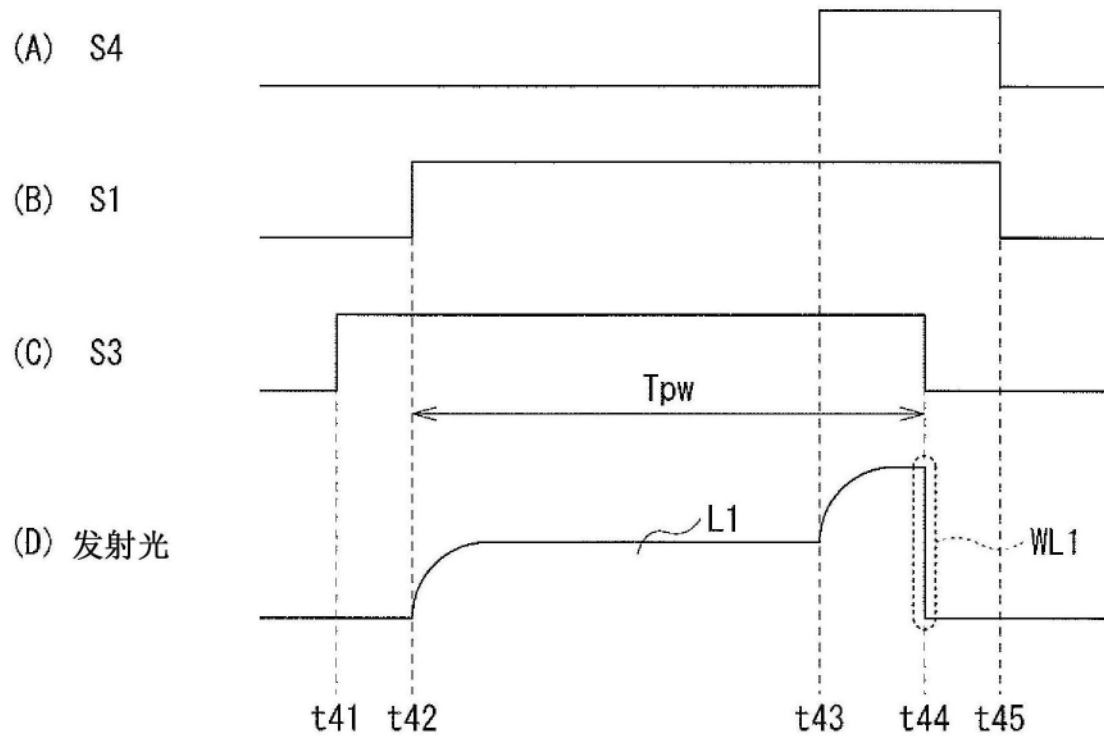


图17

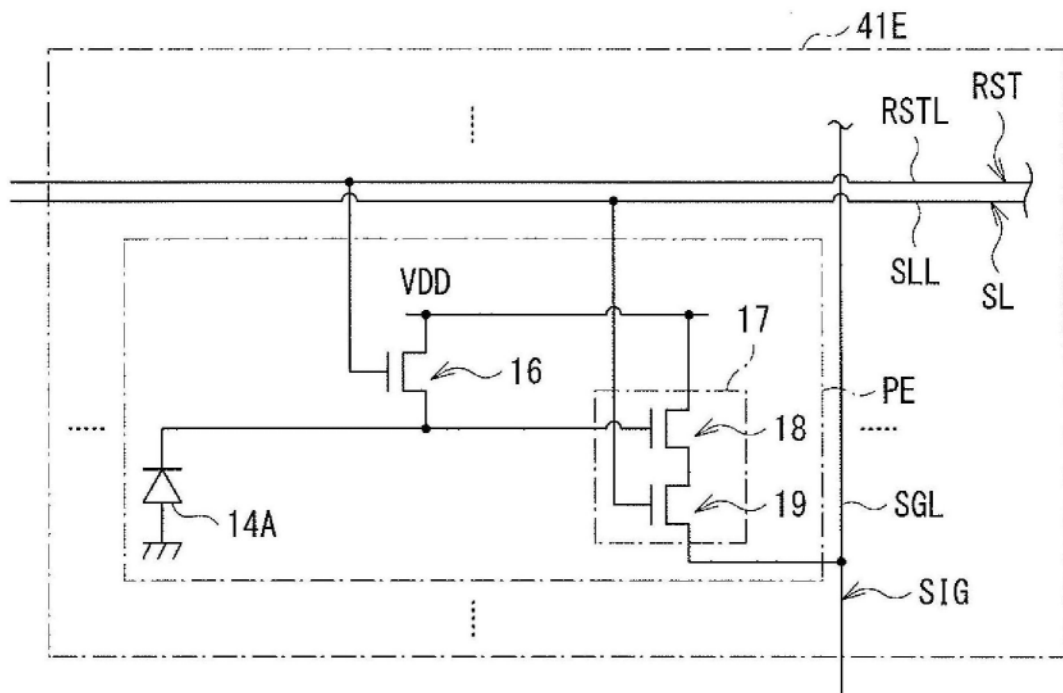


图18

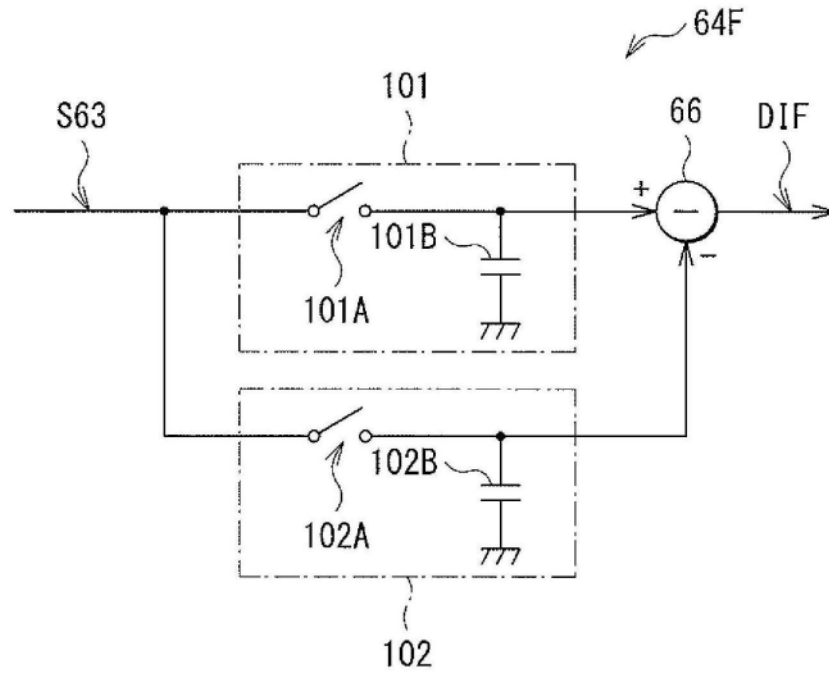


图20A

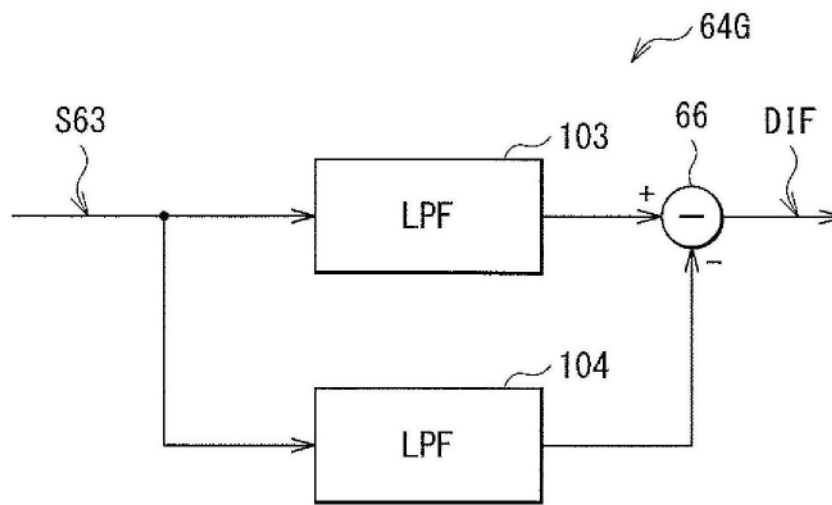


图20B

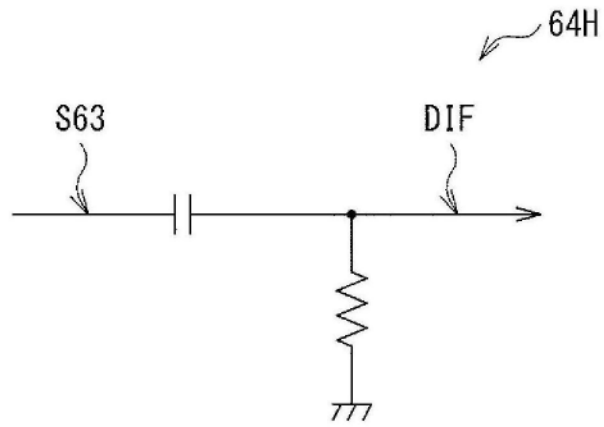


图21A

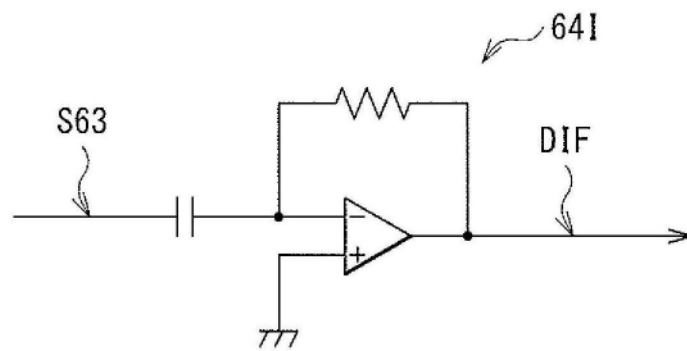


图21B

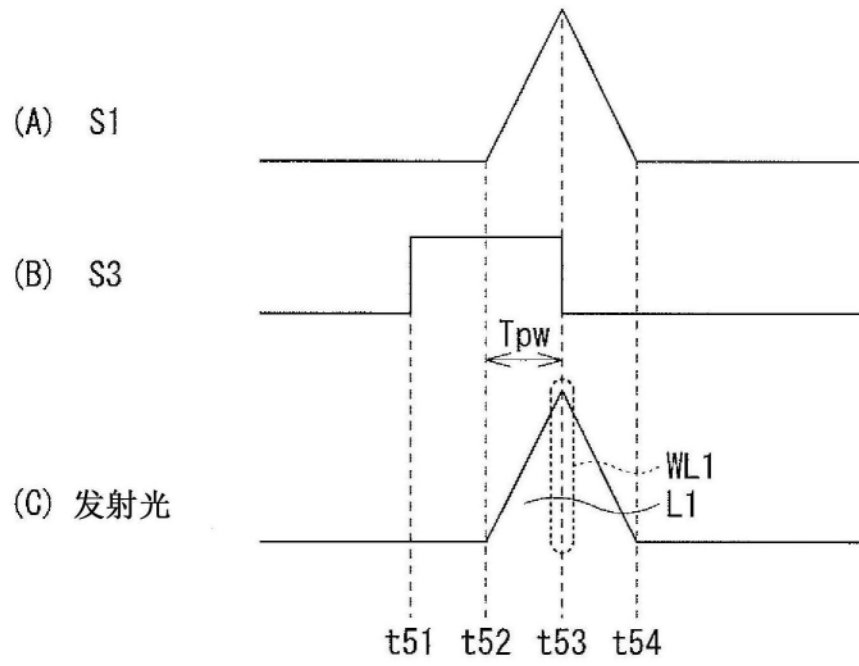


图22

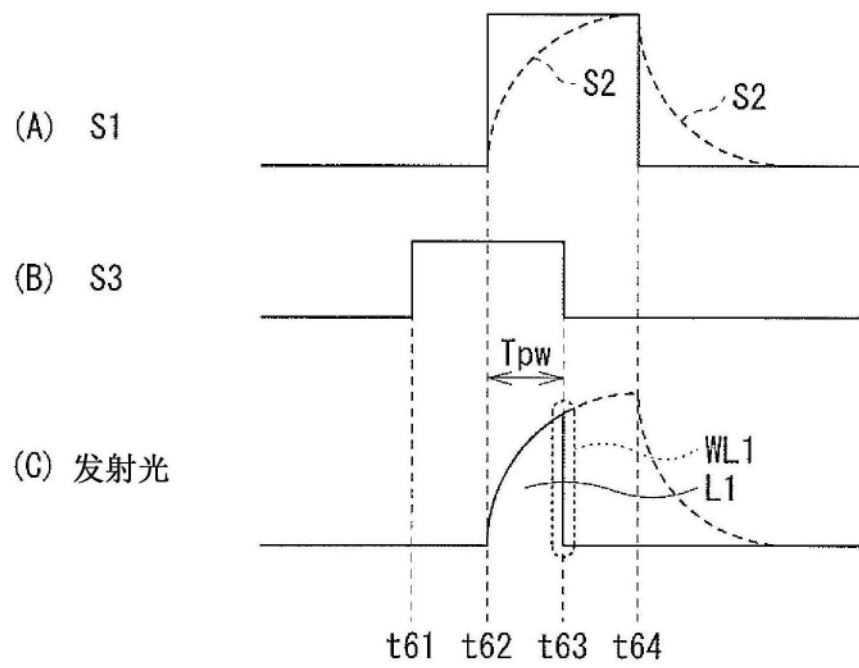


图23

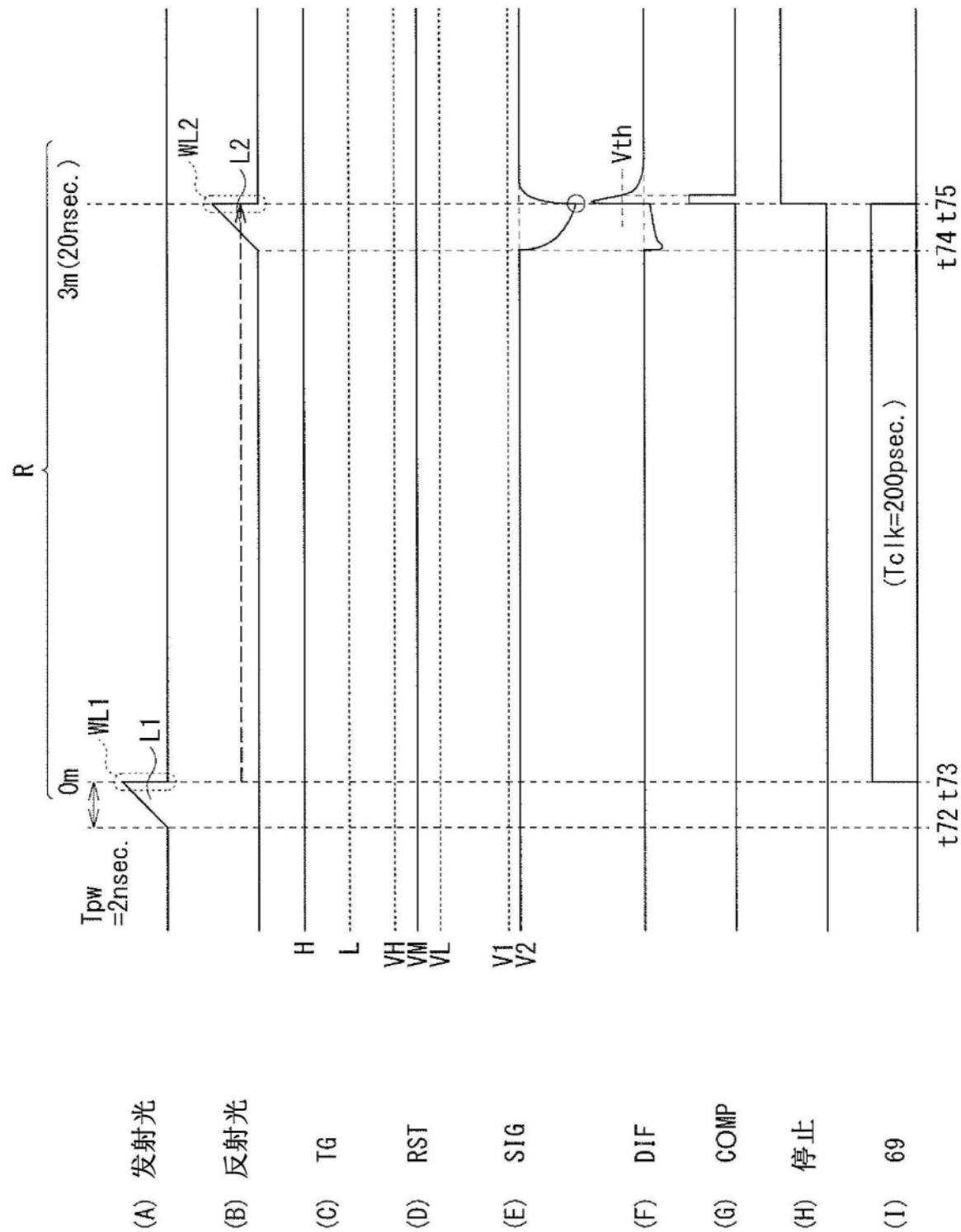


图24

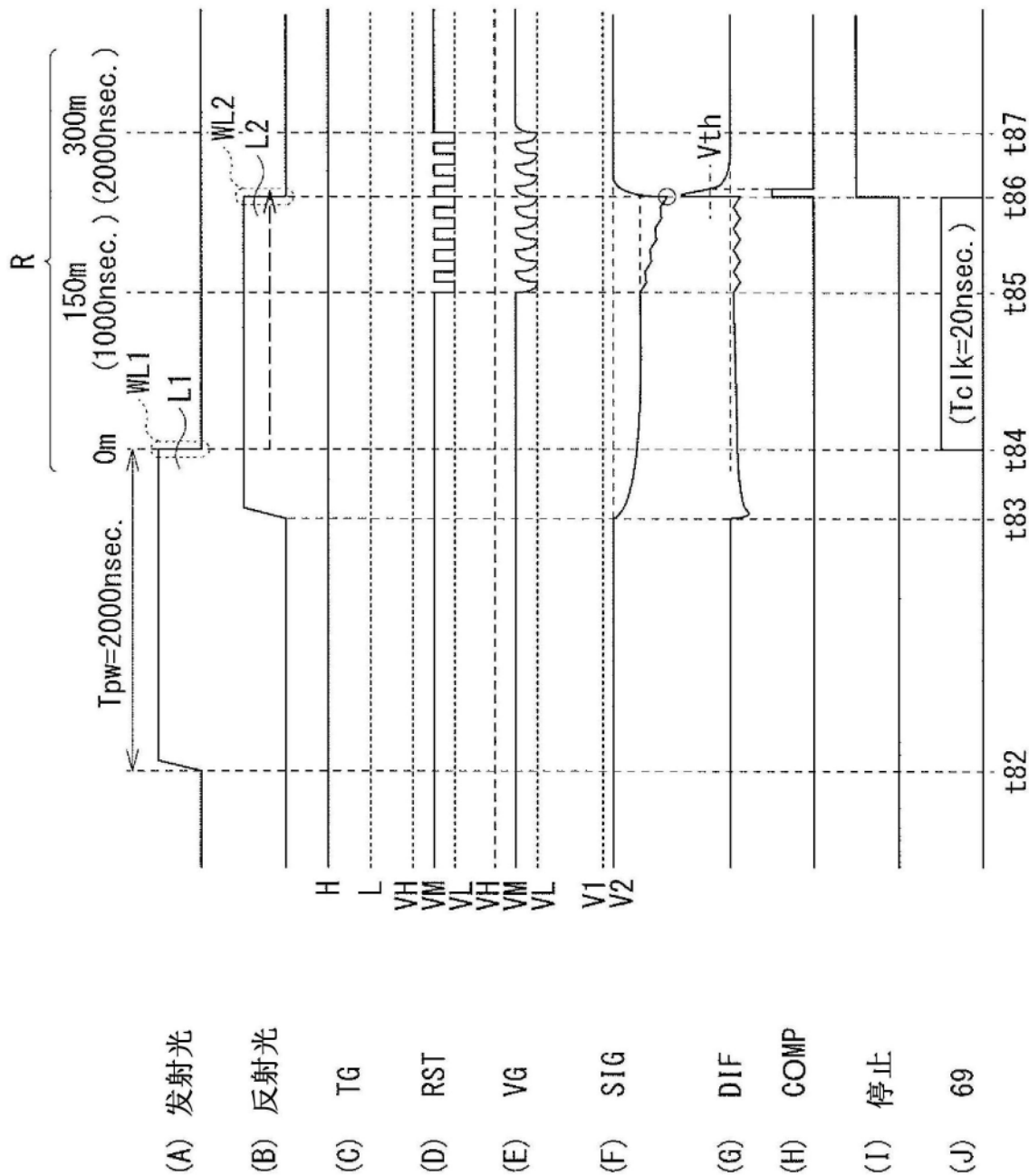


图25

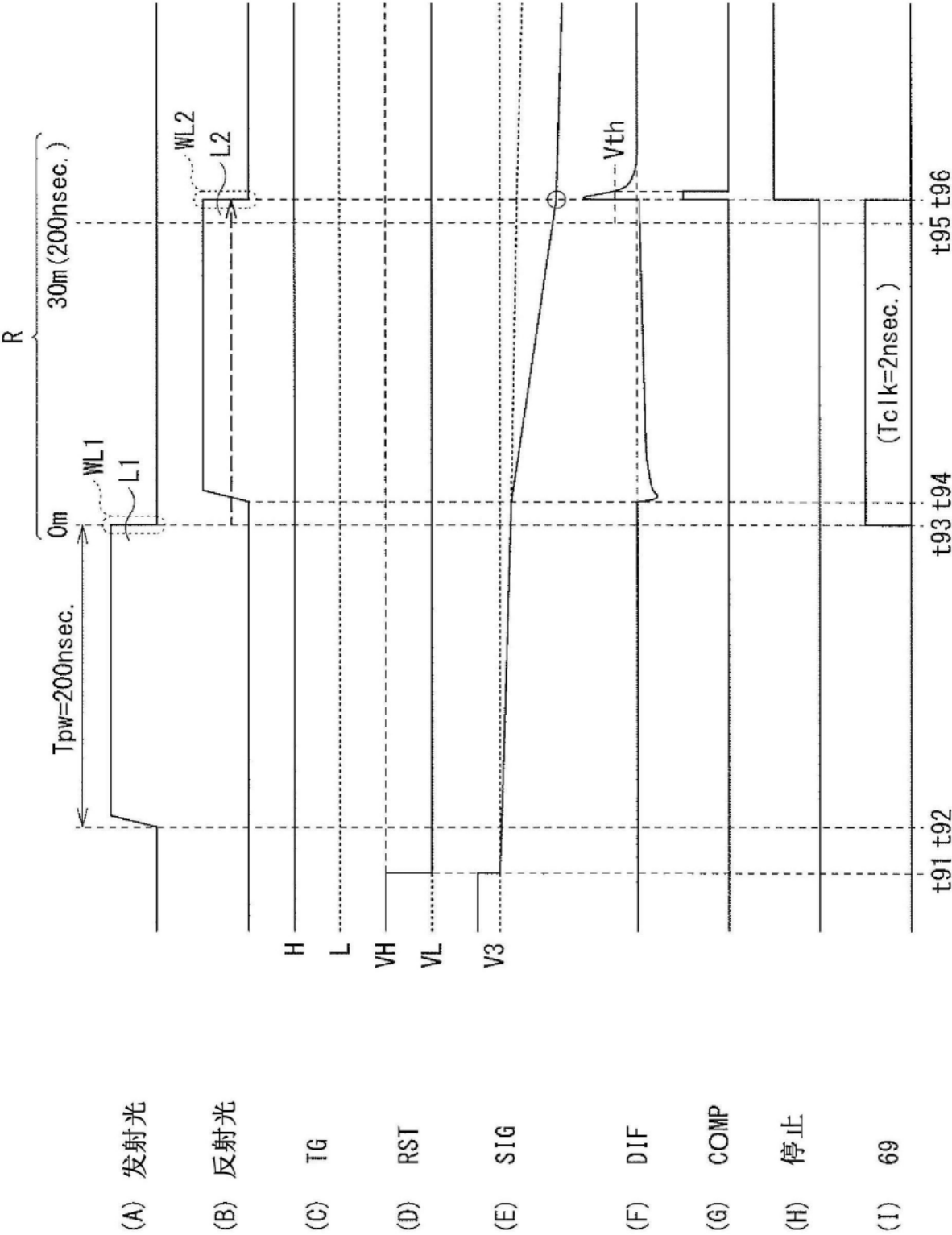


图26

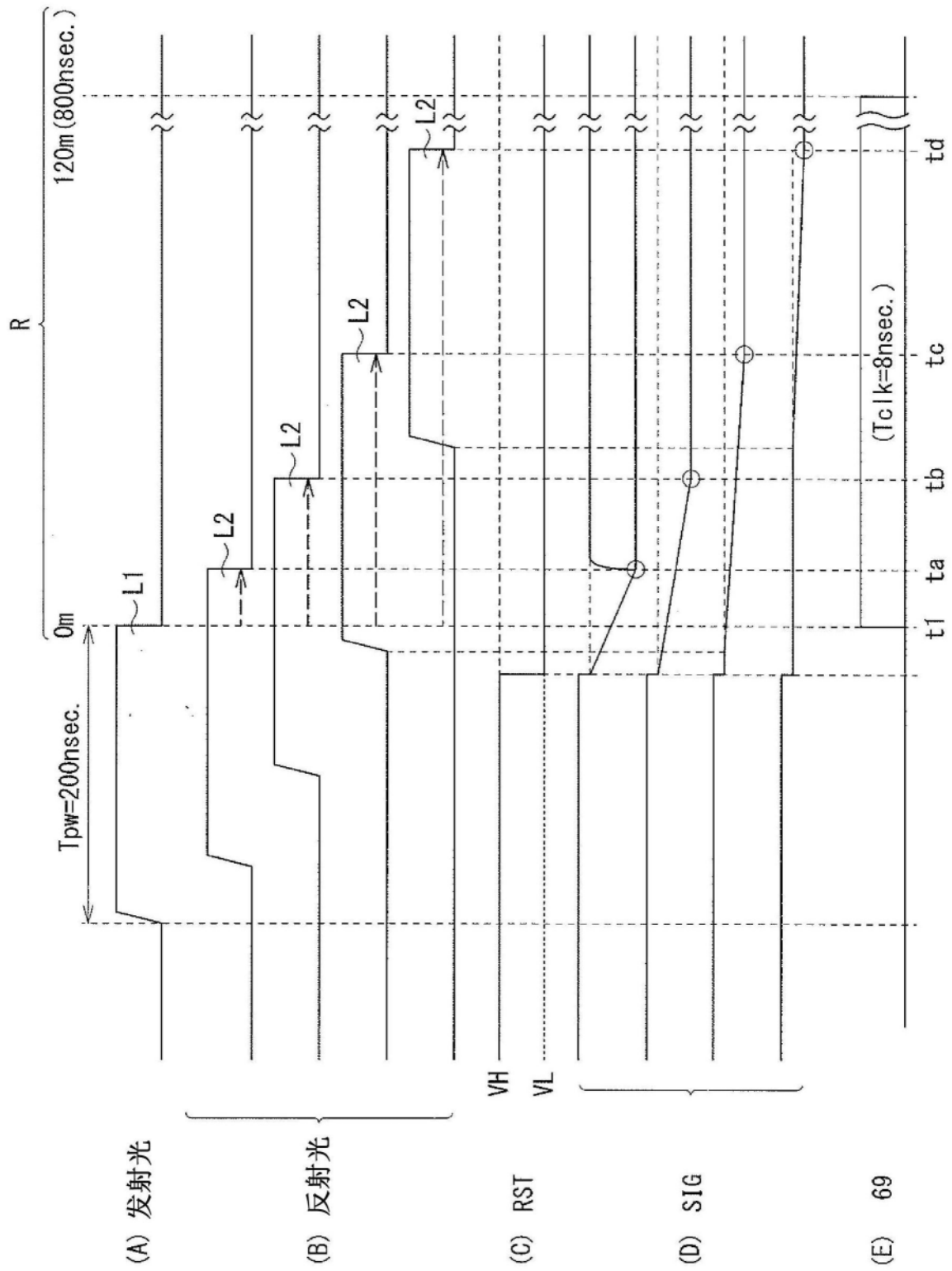


图28

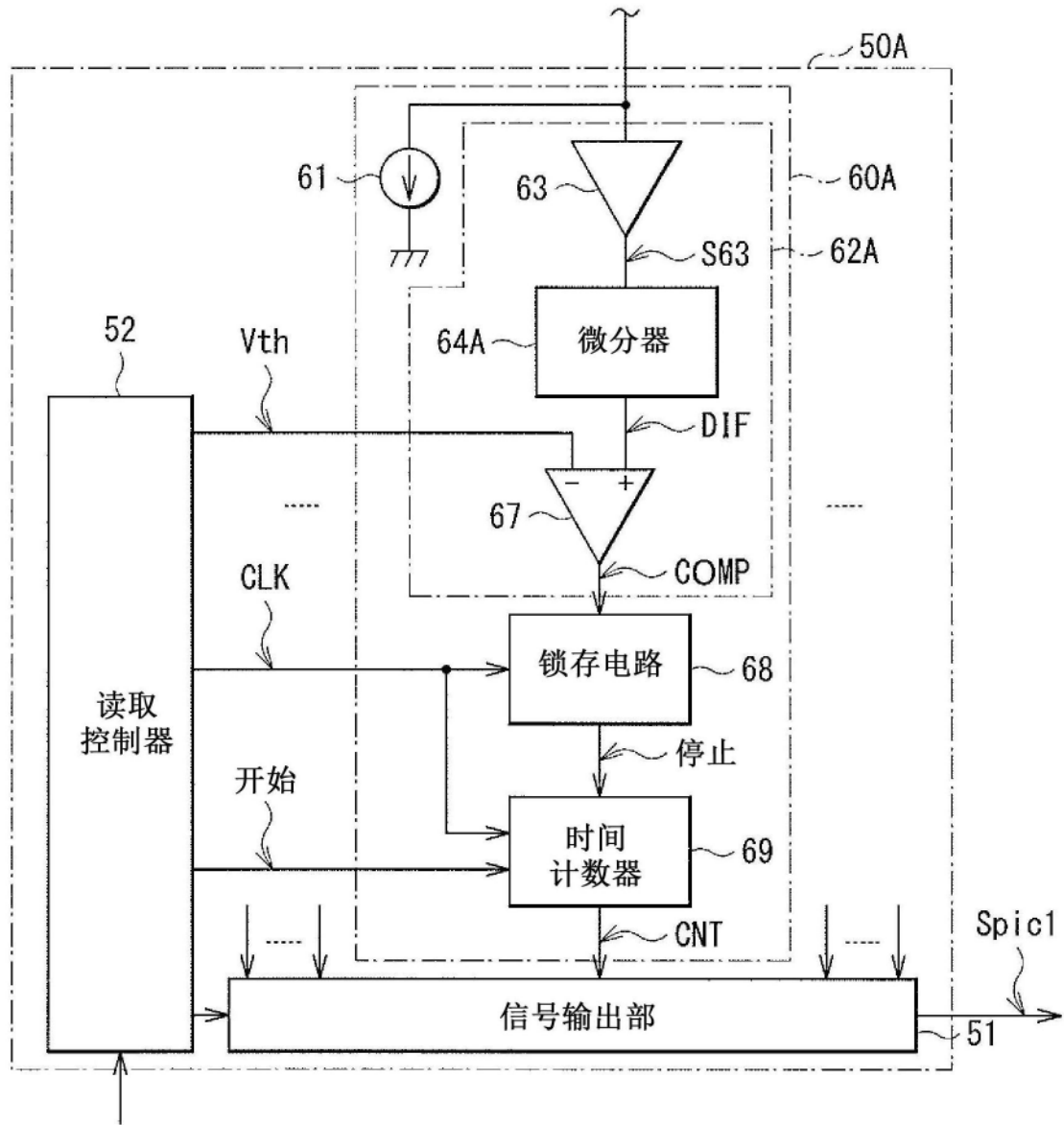


图29

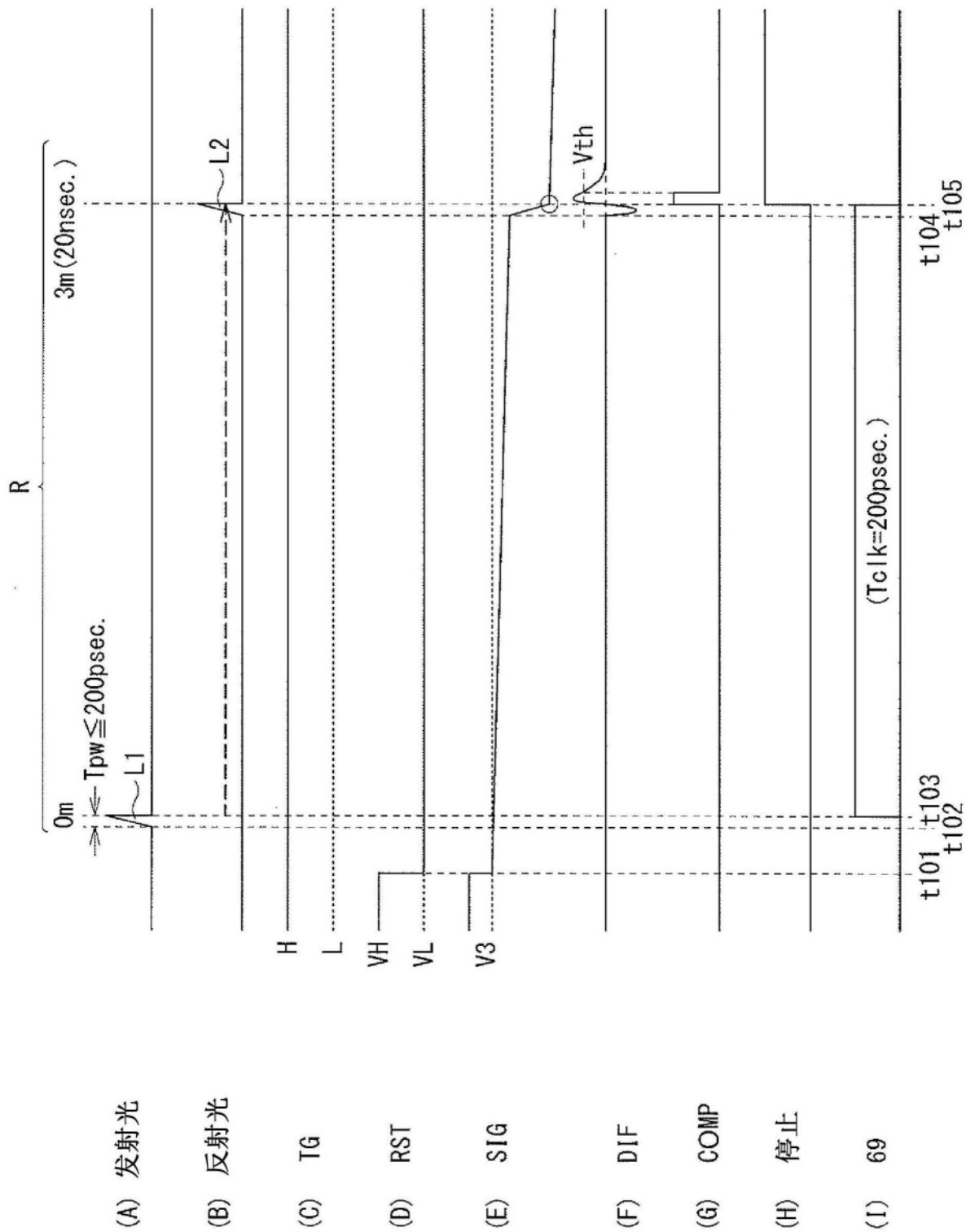


图30

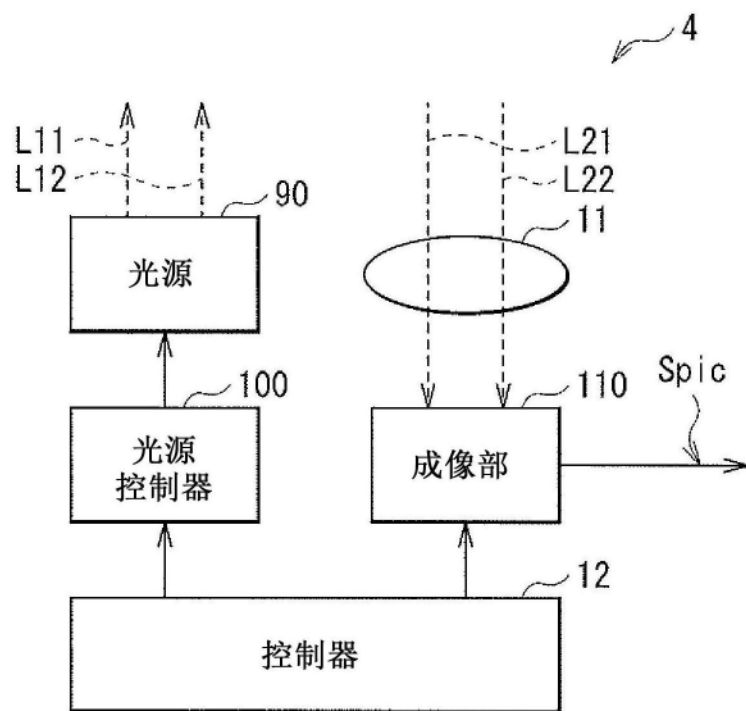


图31

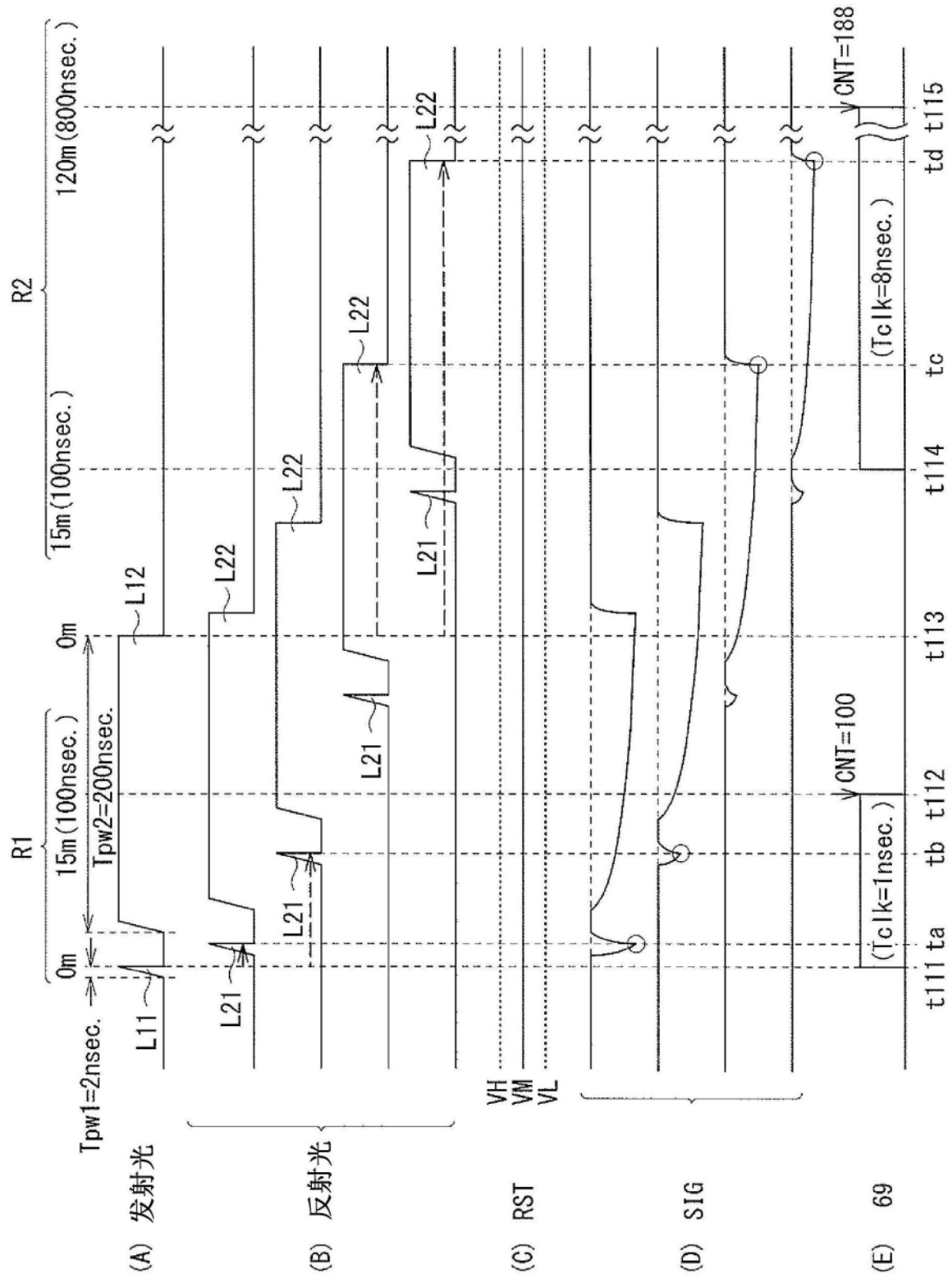


图32

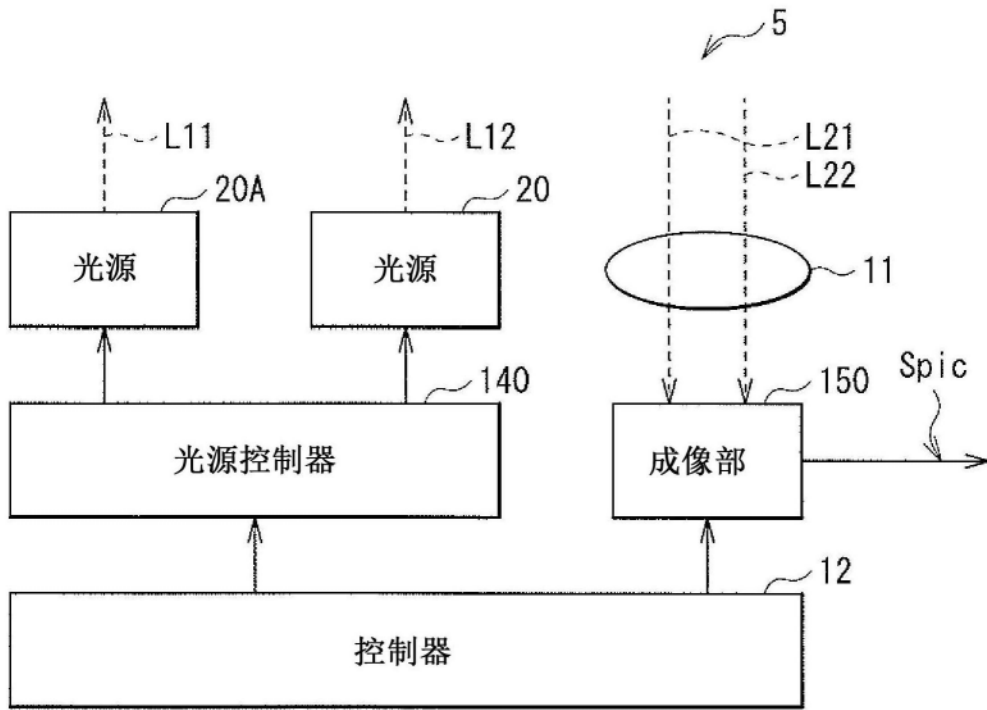


图33

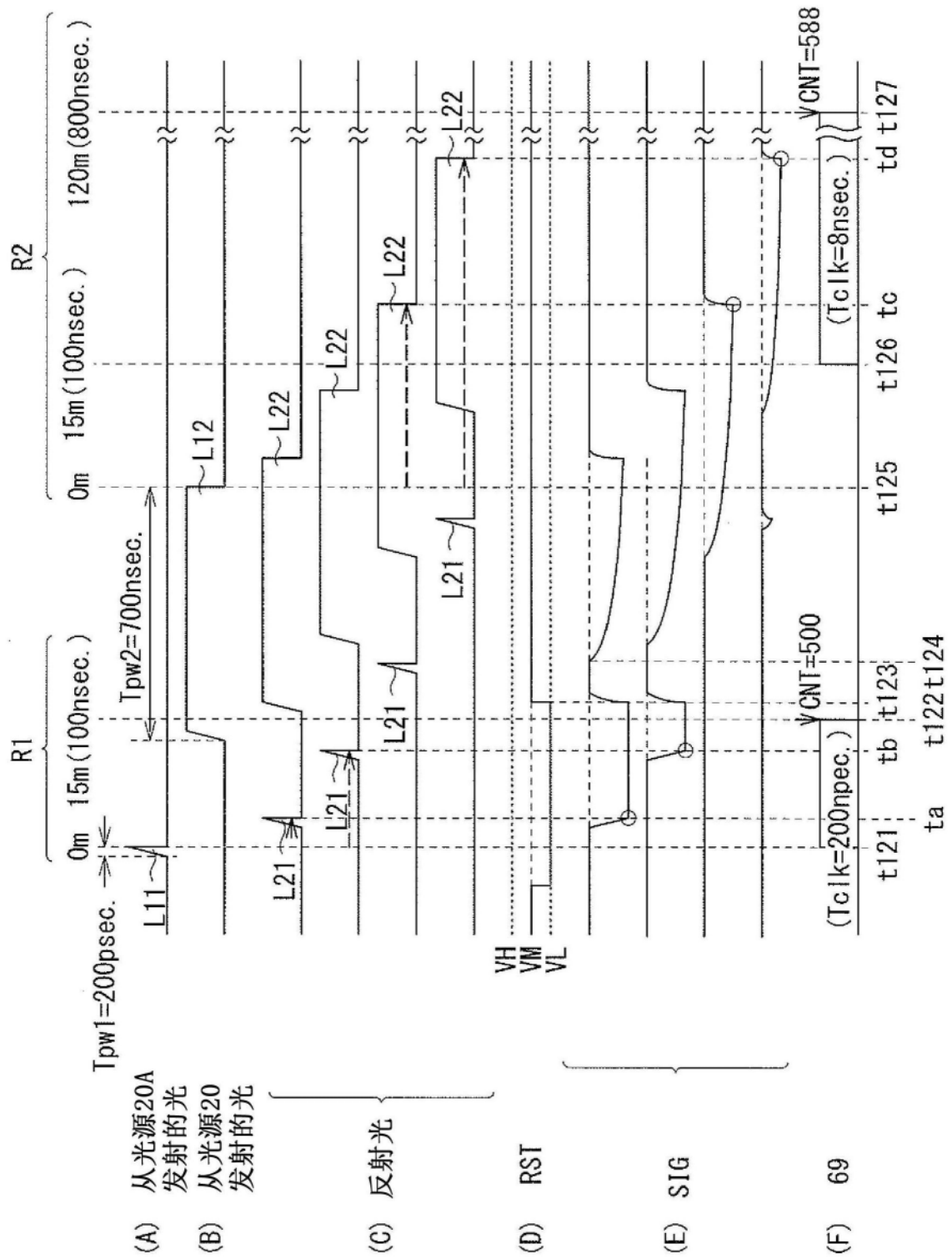


图34

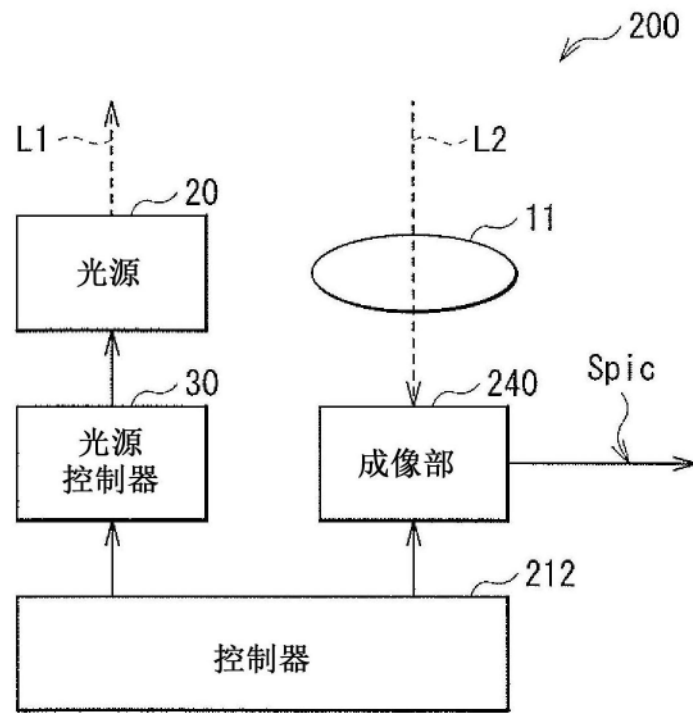


图35

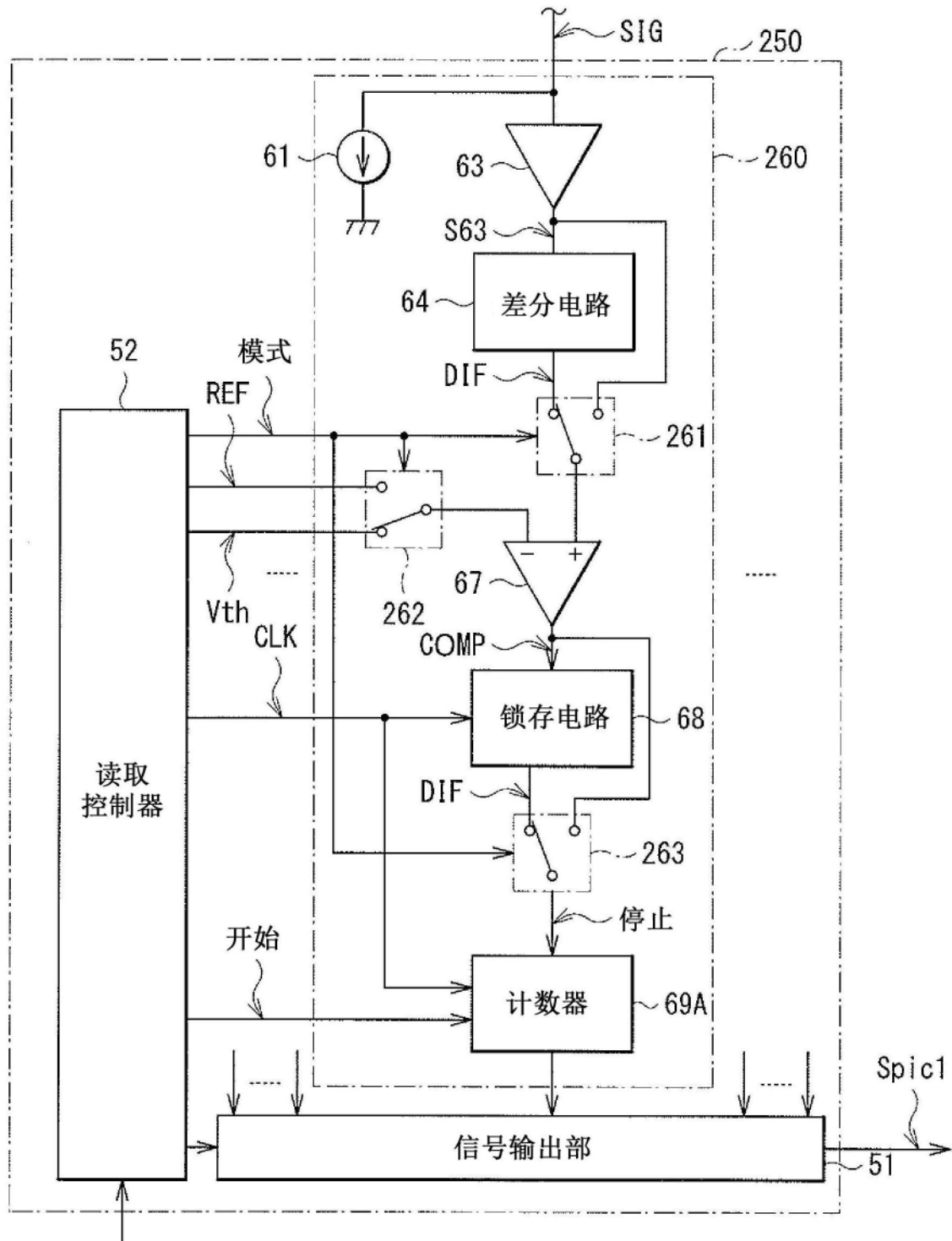


图36

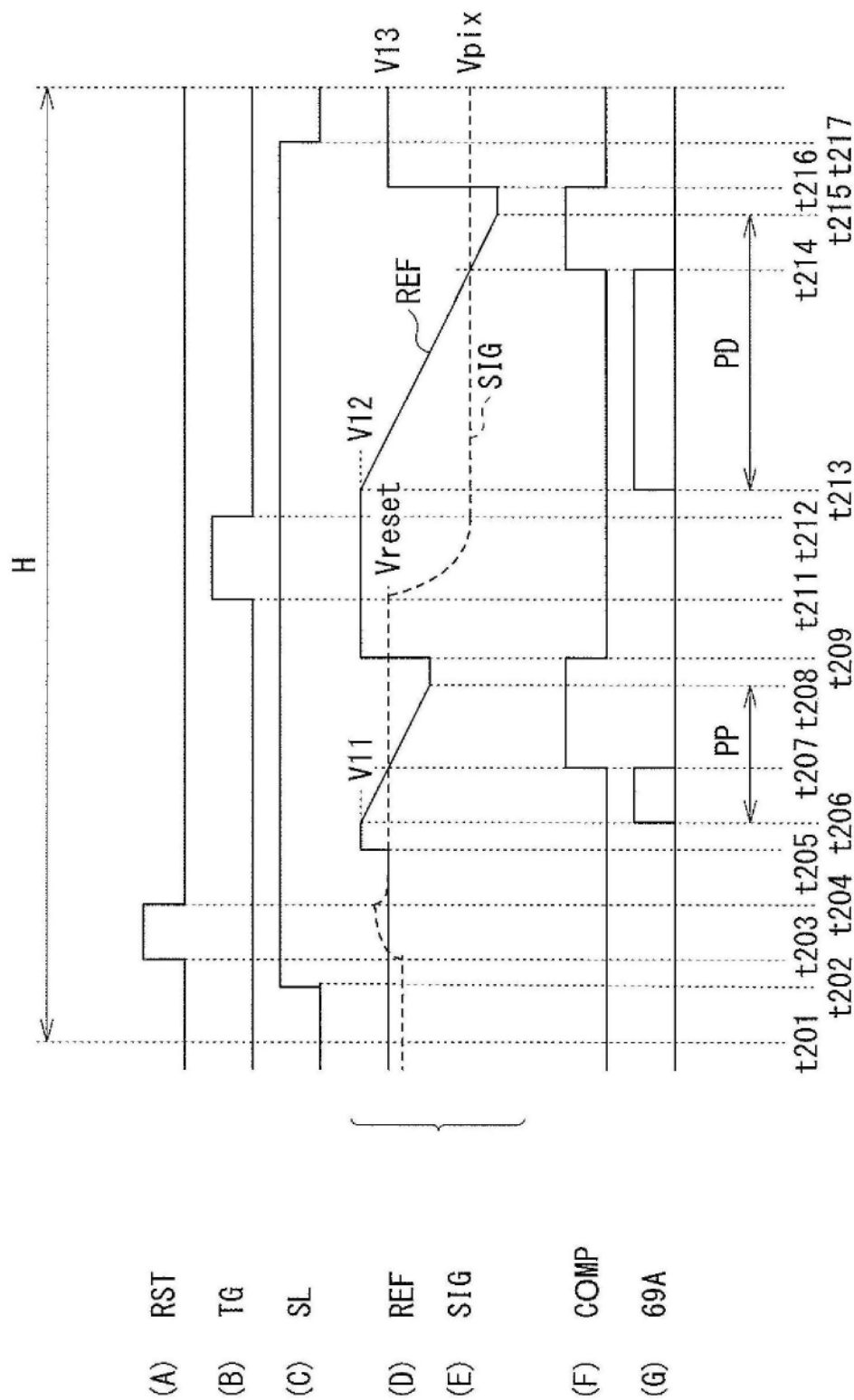


图37