



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102004254 B

(45) 授权公告日 2014. 04. 23

(21) 申请号 201010271356. 0

审查员 阎冬

(22) 申请日 2010. 09. 01

(30) 优先权数据

10-2009-0082150 2009. 09. 01 KR

(73) 专利权人 三星电子株式会社

地址 韩国京畿道

(72) 发明人 闵桐基 陈暎究

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任

公司 11021

代理人 李敬文

(51) Int. Cl.

G01S 17/36 (2006. 01)

G01B 11/24 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 1466812 A, 2004. 01. 07, 全文.

CN 1790050 A, 2006. 06. 21, 全文.

US 2008/0231832 A1, 2008. 09. 25, 全文.

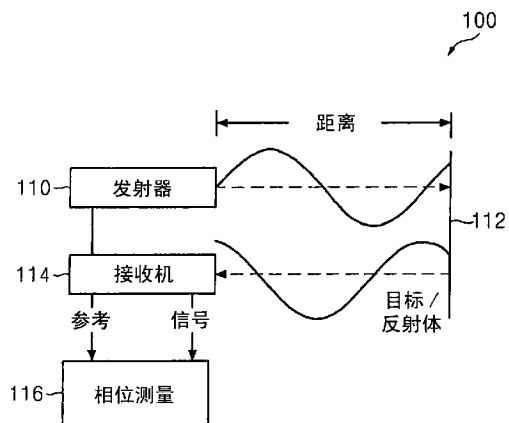
权利要求书3页 说明书15页 附图30页

(54) 发明名称

调制光学飞行时间相位估计中的延迟补偿

(57) 摘要

本发明公开了调制光学飞行时间相位估计中的延迟补偿,其中公开了一种距离测量方法,包括:测量多个调制相位偏移处的多个积分信号;估计分别针对多个调制相位偏移中至少一个调制相位偏移的至少一个积分信号,以相对于针对多个调制相位偏移中另一调制相位偏移的积分信号来调节所述至少一个积分信号的接收时间;以及根据所估计的至少一个信号来确定目标与接收机之间的距离。



1. 一种距离测量方法,包括:

测量多个调制相位偏移处的多个积分信号,其中通过发射窄带电磁能量作为调制连续波,并对表示从目标反射的电磁能量的、针对多个调制相位偏移的多个信号进行接收和积分,来获得所述多个积分信号;

估计针对多个调制相位偏移中至少一个调制相位偏移的至少一个积分信号,以相对于针对多个调制相位偏移中另一调制相位偏移的积分信号,来调节所述至少一个积分信号的接收时间;以及

根据所估计的至少一个信号来确定目标与接收机之间的距离。

2. 根据权利要求1所述的方法,估计包括:利用第二时间处的至少一个积分信号来对第一时间处的至少一个积分信号进行内插,其中,第一时间在所述针对多个调制相位偏移中另一调制相位偏移的积分信号的接收时间之前,第二时间在所述针对多个调制相位偏移中另一调制相位偏移的积分信号的接收时间之后。

3. 根据权利要求1所述的方法,估计包括:从多个先前时间处的至少一个积分信号中外插出当前时间处的至少一个积分信号,其中,当前时间是所述针对多个调制相位偏移中另一调制相位偏移的积分信号的接收时间。

4. 根据权利要求1所述的方法,估计包括:分割第一积分信号与第二积分信号之间的时间差,以得到中间时间;利用第三时间处的第一积分信号来对第一时间处的第一积分信号进行内插,以得到中间时间处的第一估计积分信号,其中,第一时间在中间时间之前,第三时间在中间时间之后;利用第四时间处的第二积分信号来对第二时间处的第二积分信号进行内插,以得到中间时间处的第二估计积分信号,其中,第二时间在中间时间之前,第四时间在中间时间之后。

5. 根据权利要求1所述的方法,其中,窄带电磁能量具有在850和950纳米之间的波长。

6. 根据权利要求1所述的方法,其中,多个调制相位偏移包括四个等间隔的偏移。

7. 根据权利要求6所述的方法,其中,由至少一个光传感器对分别针对零度、90度、180度和270度相位偏移的第一、第二、第三和第四信号进行接收和积分。

8. 根据权利要求7所述的方法,其中,所述至少一个光传感器包括颜色像素和距离像素,颜色像素被布置在第一集成电路上,距离像素被布置在第二集成电路上。

9. 根据权利要求7所述的方法,其中,所述至少一个光传感器包括在单个集成电路上颜色像素和距离像素。

10. 一种距离测量系统,包括:

窄带源,用于发射电磁能量作为调制连续波;

第一光传感器,用于对表示从目标反射的电磁能量的、针对多个调制偏移相位的多个信号进行接收和积分;以及

控制单元,用于测量多个调制相位偏移处的多个积分信号,估计针对多个调制相位偏移中至少一个调制相位偏移的至少一个积分信号,以相对于针对多个调制相位偏移中另一调制相位偏移的积分信号来调节所述至少一个积分信号的接收时间,以及根据所估计的至少一个信号来确定目标与接收机之间的距离。

11. 根据权利要求10所述的系统,其中,所述窄带源发射窄带电磁能量,所述窄带电磁

能量具有在 850 和 950 纳米之间的波长。

12. 根据权利要求 10 所述的系统,其中,多个调制相位偏移包括四个等间隔的偏移。

13. 根据权利要求 12 所述的系统,其中,分别针对零度和 180 度相位偏移的第一和第三信号由所述第一光传感器来接收和积分,分别针对 90 度和 270 度相位偏移的第二和第四信号由第二光传感器来接收和积分。

14. 根据权利要求 12 所述的系统,其中,分别针对零度、90 度、180 度和 270 度相位偏移的第一、第二、第三和第四信号由所述第一光传感器来接收和积分。

15. 根据权利要求 14 所述的系统,其中,所述第一光传感器包括颜色像素和距离像素,颜色像素被布置在第一集成电路上,距离像素被布置在第二集成电路上。

16. 根据权利要求 14 所述的系统,其中,所述第一光传感器包括在单个集成电路上颜色像素和距离像素。

17. 根据权利要求 10 所述的系统,其中,控制单元包括:用于利用第二时间处的至少一个积分信号来对第一时间处的至少一个积分信号进行内插的估计单元,其中,第一时间在所述针对多个调制相位偏移中另一调制相位偏移的积分信号的接收时间之前,第二时间在所述针对多个调制相位偏移中另一调制相位偏移的积分信号的接收时间之后。

18. 根据权利要求 10 所述的系统,控制单元包括:用于从多个先前时间处的至少一个积分信号中外插出当前时间处的至少一个积分信号的估计单元,其中,当前时间是所述针对多个调制相位偏移中另一调制相位偏移的积分信号的接收时间。

19. 一种距离传感器,包括:

至少一个光感测阵列,用于对表示从目标反射的电磁能量的、针对多个调制相位偏移的多个信号进行接收和积分;以及

控制单元,用于测量多个调制相位偏移处的多个积分信号,估计针对多个调制相位偏移中至少一个调制相位偏移的至少一个积分信号,以相对于针对多个调制相位偏移中另一调制相位偏移的积分信号来调节所述至少一个积分信号的接收时间,以及根据所估计的至少一个信号来确定目标与接收机之间的距离。

20. 根据权利要求 19 所述的传感器,所述至少一个光感测阵列包括:多个像素,用于顺序地获取多个调制相位偏移处的信号采样。

21. 根据权利要求 19 所述的传感器,所述至少一个光感测阵列包括:

第一传感器,用于顺序地获取多个第一调制相位偏移处的信号采样;

第二传感器,用于顺序地获取多个第二调制相位偏移处的信号采样;

其中,第一和第二调制相位偏移顺次交替。

22. 根据权利要求 19 所述的传感器,其中,多个调制相位偏移包括四个等间隔的偏移。

23. 根据权利要求 22 所述的传感器,其中,所述至少一个光感测阵列包括第一、第二、第三和第四光感测阵列,

分别针对零度、90 度、180 度和 270 度相位偏移的第一、第二、第三和第四信号分别由第一、第二、第三和第四光感测阵列来接收和积分。

24. 根据权利要求 22 所述的传感器,其中,分别针对零度和 180 度相位偏移的第一和第三信号由所述至少一个光感测阵列中的一个来接收和积分,分别针对 90 度和 270 度相位偏移的第二和第四信号由所述至少一个光感测阵列中的另一个来接收和积分。

25. 根据权利要求 22 所述的传感器,其中,分别针对零度、90 度、180 度和 270 度相位偏移的第一、第二、第三和第四信号由所述至少一个光感测阵列来接收和积分。

26. 根据权利要求 25 所述的传感器,其中,所述至少一个光感测阵列包括颜色像素和距离像素,颜色像素被布置在第一集成电路上,距离像素被布置在第二集成电路上。

27. 根据权利要求 25 所述的传感器,其中,所述至少一个光感测阵列包括在单个集成电路上的颜色像素和距离像素。

28. 根据权利要求 19 所述的传感器,其中,控制单元包括:用于利用第二时间处的至少一个积分信号来对第一时间处的至少一个积分信号进行内插的估计单元,其中,第一时间在所述针对多个调制相位偏移中另一调制相位偏移的积分信号的接收时间之前,第二时间在所述针对多个调制相位偏移中另一调制相位偏移的积分信号的接收时间之后。

29. 根据权利要求 19 所述的传感器,控制单元包括:用于从多个先前时间处的至少一个积分信号中外插出当前时间处的至少一个积分信号的估计单元,其中,当前时间是所述针对多个调制相位偏移中另一调制相位偏移的积分信号的接收时间。

30. 根据权利要求 19 所述的传感器,其中,所述至少一个光感测阵列包括:

第一集成电路,用于获取针对颜色像素的信号采样;以及

第二集成电路,用于获取针对距离像素的信号采样。

31. 根据权利要求 19 所述的传感器,其中,所述至少一个光感测阵列包括:

第一集成电路,用于获取针对颜色像素和距离像素的信号采样。

调制光学飞行时间相位估计中的延迟补偿

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请在 35 U. S. C. § 119 下要求于 2009 年 9 月 1 日在韩国知识产权局提交的韩国专利申请 No. 10-2009-0082150 (Atty. Dkt. IE-200905-031-1) 的外国优先权, 其全部公开一并在此作为参考。

技术领域

[0003] 本公开总体涉及无接触三维 (3D) 形状测量。更具体地, 本公开涉及在调制光学飞行时间相位估计中使用延迟补偿的无接触 3D 形状测量方法和设备。

背景技术

[0004] 无接触 3D 形状测量可以使用压力波或电磁波发射。例如, 压力波可以是超声波信号。例如, 电磁波发射可以是微波或光波 (例如, $\lambda = 0.5-1.0\mu\text{m}$; $f = 300-600\text{THz}$)。对于光波发射, 3D 感测方法包括三角测量法、干涉测量法和飞行时间 (TOF)。三角测量法使用几何角度测量来执行深度检测。干涉测量法使用光学相干飞行时间测量来执行深度检测。TOF 可以使用脉冲或调制连续波 (CW) 光学不相干飞行时间测量来执行深度检测。

[0005] 脉冲型 TOF 特征如下: 通过测量往返时间来实现范围感测, 减小背景照明影响, 高信噪比 (SNR), 用于保护视力的低平均功率, 激光二极管 (LD) 的低重复速率 (例如, 10kHz) 以及低帧速率。不幸地, 很难形成具有足够短的上升和下降时间的脉冲, 扩散和衰减可能会成为问题。

[0006] 调制 CW 型 TOF 特征是通过测量相位差来实现范围感测。调制 TOF 可以使用多种光源, 如, 正弦波、方波等等。

发明内容

[0007] 本公开提出了在调制光学飞行时间估计中使用延迟补偿的无接触三维形状测量。提供了示例实施例。

[0008] 示例实施例距离测量方法包括: 测量多个调制相位偏移处的多个积分信号; 估计分别针对多个调制相位偏移中至少一个调制相位偏移的至少一个积分信号, 以相对于针对多个调制相位偏移中另一调制相位偏移的积分信号来调节所述至少一个积分信号的接收时间; 以及根据所估计的至少一个信号来确定目标与接收机之间的距离。

[0009] 另一示例实施例包括: 发射窄带电磁能量作为调制连续波; 以及对表示从目标反射的电磁能量的、针对多个调制相位偏移的信号进行接收和积分。

[0010] 另一示例实施例中, 估计包括: 利用第二时间处的至少一个积分信号来对第一时间处的至少一个积分信号进行内插, 其中, 第一时间在针对多个调制相位偏移中另一调制相位偏移的积分信号的接收时间之前, 第二时间在针对多个调制相位偏移中另一调制相位偏移的积分信号的接收时间之后。

[0011] 在另一示例实施例中, 估计包括: 从多个先前时间处的至少一个积分信号中外插

出当前时间处的至少一个积分信号,其中,当前时间是针对多个调制相位偏移中另一调制相位偏移的积分信号的接收时间。

[0012] 在另一示例实施例中,估计包括:分割第一积分信号与第二积分信号之间的时间差,以得到中间时间;利用第三时间处的第一积分信号来对第一时间处的第一积分信号进行内插,以得到中间时间处的第一估计积分信号,其中,第一时间在中间时间之前,第三时间在中间时间之后;利用第四时间处的第二积分信号来对第二时间处的第二积分信号进行内插,以得到中间时间处的第二估计积分信号,其中第二时间在中间时间之前,第四时间在中间时间之后。

[0013] 在另一示例实施例中,窄带电磁能量具有在大约 850 和大约 950 纳米之间的波长。

[0014] 在另一示例实施例中,多个调制相位偏移包括四个等间隔的偏移。在另一示例实施例中,至少一个光传感器对分别针对零度、90 度、180 度和 270 度相位偏移的第一、第二、第三和第四信号进行接收和积分。在另一示例实施例中,至少一个光传感器包括颜色像素和距离像素,颜色像素被布置在第一集成电路上,距离像素被布置在第二集成电路上。在另一示例实施例中,至少一个光传感器包括在单个集成电路上的颜色像素和距离像素。

[0015] 示例实施例距离测量系统包括:窄带源,用于发射电磁能量作为调制连续波;光传感器,用于对表示从目标反射的电磁能量的、针对多个调制偏移相位的信号进行接收和积分;以及控制单元,用于测量多个调制相位偏移处的多个积分信号,估计分别针对多个调制相位偏移中至少一个调制相位偏移的至少一个积分信号,以相对于针对多个调制相位偏移中另一调制相位偏移的积分信号来调节所述至少一个积分信号的接收时间,以及根据所补偿的至少一个信号来确定目标与接收机之间的距离。

[0016] 在另一示例实施例中,所述源发射窄带电磁能量,所述窄带电磁能量具有在大约 850 和大约 950 纳米之间的波长。在另一备选示例实施例中,多个调制相位偏移包括四个等间隔的偏移。在另一示例实施例中,分别针对零度和 180 度相位偏移的第一和第三信号由光传感器来接收和积分,分别针对 90 度和 270 度相位偏移的第二和第四信号由第二光传感器来接收和积分。在备选示例实施例中,分别针对零度、90 度、180 度和 270 度相位偏移的第一、第二、第三和第四信号由光传感器来接收和积分。在另一示例实施例中,光传感器包括颜色像素和距离像素,颜色像素被布置在第一集成电路上,距离像素被布置在第二集成电路上。在另一示例实施例中,一个光传感器包括在单个集成电路上的颜色像素和距离像素。

[0017] 在另一示例实施例中,控制单元包括用于利用第二时间处的至少一个积分信号来对第一时间处的至少一个积分信号进行内插的估计单元,其中,第一时间在针对多个调制相位偏移中另一调制相位偏移的积分信号的接收时间之前,第二时间在针对多个调制相位偏移中另一调制相位偏移的积分信号的接收时间之后。

[0018] 在另一示例实施例中,控制单元包括用于从多个先前时间处的至少一个积分信号中外插出当前时间处的至少一个积分信号的估计单元,其中,当前时间是针对多个调制相位偏移中另一调制相位偏移的积分信号的接收时间。

[0019] 示例实施例距离传感器包括:光感测阵列,用于对表示从目标反射的电磁能量的、针对多个调制相位偏移的信号进行接收和积分;以及控制单元,用于测量多个调制相位偏移处的多个积分信号,估计分别针对多个调制相位偏移中至少一个调制相位偏移的至少一

个积分信号,以相对于针对多个调制相位偏移中另一调制相位偏移的积分信号来调节所述至少一个积分信号的接收时间,以及根据所估计的至少一个信号来确定目标与接收机之间的距离。

[0020] 在另一示例实施例中,光感测阵列包括:多个像素,用于顺序地获取多个调制相位偏移处的信号采样。在备选实施例中,光感测阵列包括:第一传感器,用于顺序地获取多个第一调制相位偏移处的信号采样;以及第二传感器,用于顺序地获取多个第二调制相位偏移处的信号采样;其中,第一和第二调制相位偏移顺次交替。在备选示例实施例中,多个调制相位偏移包括四个等间隔的偏移。在另一示例实施例中,分别针对零度、90度、180度和270度相位偏移的第一、第二、第三和第四信号分别由第一、第二、第三和第四光感测阵列来接收和积分。在备选示例实施例中,分别针对零度和180度相位偏移的第一和第三信号由光感测阵列来接收和积分,分别针对90度和270度相位偏移的第二和第四信号由第二光感测阵列来接收和积分。在另一备选实施例中,分别针对零度、90度、180度和270度相位偏移的第一、第二、第三和第四信号由光感测阵列来接收和积分。在另一示例实施例中,光感测阵列包括颜色像素和距离像素,颜色像素被布置在第一集成电路上,距离像素被布置在第二集成电路上。在另一备选示例实施例中,一个光感测阵列包括在单个集成电路上颜色像素和距离像素。

[0021] 在另一示例实施例中,控制单元包括用于利用第二时间处的至少一个积分信号来对第一时间处的至少一个积分信号进行内插的估计单元,其中,第一时间在针对多个调制相位偏移中另一调制相位偏移的积分信号的接收时间之前,第二时间在针对多个调制相位偏移中另一调制相位偏移的积分信号的接收时间之后。

[0022] 在另一示例实施例中,控制单元包括用于从多个先前时间处的至少一个积分信号中外插出当前时间处的至少一个积分信号的估计单元,其中,当前时间是针对多个调制相位偏移中另一调制相位偏移的积分信号的接收时间。

[0023] 在另一示例实施例中,光感测阵列包括:第一集成电路,用于获取针对颜色像素的信号采样;以及第二集成电路,用于获取针对距离像素的信号采样。

[0024] 在另一示例实施例中,光感测阵列包括:第一集成电路,用于获取针对颜色像素和距离像素的信号采样。

[0025] 通过结合附图来阅读的以下示例实施例的描述,将进一步理解本公开。

附图说明

[0026] 本公开根据以下示例附图提供了在调制光学飞行时间相位估计中使用延迟补偿的无接触三维形状测量,附图中:

[0027] 图1是根据本公开示例实施例的无接触3D形状测量系统的示意图;

[0028] 图2是根据本公开示例实施例的另一无接触3D形状测量设备的示意图;

[0029] 图3是根据本公开示例实施例的信号图的图示;

[0030] 图4是根据本公开示例实施例的另一信号图的图示;

[0031] 图5是根据本公开示例实施例的无接触3D形状测量系统的示意图;

[0032] 图6是来自根据本公开示例实施例的无接触3D形状测量系统的图像的示意图;

[0033] 图7是根据本公开示例实施例的2抽头无接触3D形状测量系统的示意图;

- [0034] 图 8 是根据本公开示例实施例的 2 抽头像素单元的示意图；
- [0035] 图 9 是根据本公开示例实施例的像素传感器电路的电路图；
- [0036] 图 10 是根据本公开示例实施例的 2 抽头信号曲线以及 IR 信号和栅极信号的时序图的图示；
- [0037] 图 11 是根据本公开示例实施例的 2 抽头采样点曲线的图示；
- [0038] 图 12 是根据本公开示例实施例的另一 2 抽头采样点曲线的图示；
- [0039] 图 13 是根据本公开示例实施例的 2 抽头时序图的示意图,所述 2 抽头时序图示出了根据估计时间处深度传感器的操作的数字像素信号的估计过程；
- [0040] 图 14 是传统方案的仿真结果与根据本公开示例实施例的 2 抽头实施例的仿真结果的图示；
- [0041] 图 15 是根据本公开示例实施例的 2 抽头比较仿真图的图示；
- [0042] 图 16 是根据本公开示例实施例的 2 抽头比较仿真图的图示；
- [0043] 图 17 是根据本公开示例实施例的 1 抽头无接触 3D 形状测量系统的示意图；
- [0044] 图 18 是根据本公开示例实施例的 1 抽头像素单元的示意图；
- [0045] 图 19 是根据本公开示例实施例的 1 抽头采样点曲线的图示；
- [0046] 图 20 是根据本公开示例实施例的 1 抽头时序图的示意图,所述 1 抽头时序图示出了根据估计时间处深度传感器的操作的数字像素信号的估计过程；
- [0047] 图 21 是根据本公开示例实施例的 1 抽头仿真结果的曲线的图示；
- [0048] 图 22 是根据本公开示例实施例的 1 抽头比较仿真图的图示；
- [0049] 图 23 是根据本公开示例实施例的 1 抽头比较仿真图的图示；
- [0050] 图 24 是根据本公开示例实施例的深度估计方法的流程图；
- [0051] 图 25 是根据本公开示例实施例的示例三晶体管 (3T)APS 结构的电路图；
- [0052] 图 26 是根据本公开示例实施例的示例四晶体管 (4T)APS 结构的电路图；
- [0053] 图 27 是根据本公开示例实施例的第一示例五晶体管 (5T)APS 结构的电路图；
- [0054] 图 28 是根据本公开示例实施例的第二示例 5T APS 结构的电路图；
- [0055] 图 29 是根据本公开示例实施例的使用二芯片解决方案的无接触 3D 形状测量系统的示意图；
- [0056] 图 30 是根据本公开示例实施例的使用单芯片解决方案的无接触 3D 形状测量系统的示意图；
- [0057] 图 31 是根据本公开示例实施例的无接触 3D 形状测量系统的示意图；
- [0058] 图 32 是根据本公开示例实施例的无接触 3D 形状测量系统的示意图；
- [0059] 图 33 是根据本公开示例实施例的无接触 3D 形状测量部分电路和示意信号图的示意图；
- [0060] 图 34 是根据本公开示例实施例的无接触 3D 形状测量部分电路和示意信号图的示意图；以及
- [0061] 图 35 是根据本公开示例实施例的 APS 结构的电路图。

具体实施方式

- [0062] 优选实施例无接触三维 (3D) 形状测量方法和设备使用调制连续波 (CW) 光学不相

干飞行时间 (TOF) 测量来执行深度检测,特征在于 TOF 相位估计中的延迟补偿。

[0063] 参考表 A,公式 A1、A2、A3 和 A4 表示发射传感器和目标之间的返回信号幅度。这里,四个相位偏移中每一个相位偏移的幅度由背景噪声分量 α 和反射信号分量 β 组成。例如,反射信号分量 β 指示可以随与目标的距离和目标的反射率而变化的强度。

[0064] 公式 A5 定义了飞行时间,作为与目标的往返距离除以光速的函数。公式 A6 定义了区间 T_{int} 内每个幅度的积分或和。公式 A7 定义了相位延迟估计。公式 A8 定义了深度估计。

[0065] 现在参考表 B,公式 B1 定义了来自红外源的发射信号的强度的比例性。公式 2 定义了来自光源的发射信号的强度。公式 B3 定义了接收信号的强度。公式 B4 定义了作为 4 个相位偏移采样点的函数的角度。公式 B5 定义了作为角度的函数的光度。公式 B6 定义了与亮度和幅度的函数成比例的光度变化。

[0066] 在操作中,三维 (3D) 飞行时间 (TOF) 成像可以使用不可见光源来照射对象。传感器芯片可以测量光到达芯片内的每个像素所传播的距离。嵌入式成像软件使用深度图来实时地感知和识别目标。关联的最终用户设备可以适当地对得到的对象识别作出反应。

[0067] 例如,一种类型的传感器可以使用波长为 3.4m 的 44MHz 调制频率,并且在 3cm 以下的深度分辨率下具有大约 15cm 到大约 3m 的测量范围。另一种类型的传感器可以具有更大的像素阵列,使用波长为 7.5m 的 20MHz 调制频率,并且在大约 1.3cm 的深度分辨率下具有大约 15m 的测量范围。

[0068] 使用正弦波形的距离或 Z 测量可以使用相对经济的光源而不是激光器并且使用较低带宽放大器。典型地重复测量,以利用累积的电荷来得到“Z”值,其中 Z 可以在发射光波长的量级上。

[0069] Z 测量光学系统可以使用非线性盖革模型来检测少量光子。这里,光学系统用于有效地从目标到检测器传递反射光。

[0070] 由于作为噪声的背景光,很难通过像素饱和所引起的差分信号传递来检测深度信息。因此,利用背景信号来消除共模信号可能是有帮助的。为了防止像素饱和,可以在饱和时重置 CA 电压和 / 或周期性重置电压。

[0071] 背景光产生的不期望光子可能降低信噪比 (SNR)。为了提高 SNR,可以在调制光关闭的时间期间利用背景光来计算电压,可以在调制光开启或发射的时间期间从测量电压中减去针对背景光的而计算电压。

[0072] 可以分别利用长和短检测周期来得到高和低灵敏度。对于提高的 SNR,基于与特定检测周期同步拾取的每个电荷来计算范围图像中每个图像元素的距离值,然后构建范围图像。

[0073] 延迟的相位信号可以包括两个分量,即,逐像素延迟和逐帧延迟。在这两种延迟当中,逐像素延迟更显著。逐像素延迟是在 0、90、180 和 270 度分量之间的延迟。

[0074] 参考表 C,2 抽头结构具有两个采样时间以得到四个测量,其中第二采样时间由公式 C1 来定义。这里,相位角由公式 C2 来定义。A4 抽头结构具有四个采样时间以得到四个测量,每个测量偏移特定的时间间隔。这里,相角由公式 C3 来定义。逐帧延迟是利用滚动快门所捕获的第一个像素和最后一个像素之间的延迟。

[0075] 因此,可以针对一个循环或周期的期望相位偏移范围,通过使用由光电门激活的

传感器,对在实际采样时间捕获的光子数目进行内插或外插到补偿采样时间,其中,在多个循环上对期望相位偏移范围进行求和或积分以捕获足够数目的光子。此外,可以在多个循环上的这种积分之后执行单次相关双采样。尽管针对典型的 2×2 拜耳或类马赛克图案而配置的传感器就足够了,然而在备选实施例中可以实现诸如 2×4 或 3×3 之类的其他图案。类似地,诸如黄色、青色和品红色之类的补充颜色可以替代拜耳图案的绿色、蓝色和红色。对于户外感测,大约850到大约950nm的发射波长是优选的,因为太阳在850nm处具有较低的输出,但是这种波长在近红外频带中刚好在正常人视力范围之外。

[0076] 如图1所示,无接触3D形状测量系统总体上由参考数字100来指示。无接触3D形状测量设备100针对调制光学飞行时间相位估计使用深度补偿,并且包括发射器110、与发射器相距一定距离的目标或反射器112、与目标相距一定距离的接收器114、以及与接收器信号通信的相位测量单元116,其中,接收器向相位测量单元提供参考和信号。

[0077] 转向图2,另一无接触3D形状测量设备总体上由参考数字200来指示。这里,组合的发射器/接收器210被布置为与目标212相距一定的距离。飞行时间是光从发射器传播到反射器再到达接收器所花费的时间。

[0078] 现在转向图3,信号曲线总体上由参考数字300来指示。曲线300包括发射光信号310、反射或接收光信号312、0度相位偏移信号314以及180度相位偏移信号316。这里,0度相位偏移信号314包括第0象限第n循环积分318和第0象限第(n+1)循环积分319。类似地,180度相位偏移信号316包括第2象限第n循环积分320和第2象限第(n+1)循环积分。

[0079] 如图4所示,另一信号曲线总体上由参考数字400指示。曲线400包括发射光信号410和检测信号420。这里,可以使用发射信号与检测信号之间的相位延迟角度来提供距离信息;可以使用检测信号的交流(AC)或时变幅度来提供精度信息;以及可以使用检测信号的直流(DC)或恒定幅度来提供亮度信息。

[0080] 转向图5,无接触3D形状测量系统总体上由参考数字500指示。系统500包括:不可见光源510,照射对象511;传感器芯片512,测量光从对象和源传播到芯片内的每个像素所经过的距离;嵌入式成像单元513,包括深度图以实时地感知和识别对象;以及最终用户设备514,与成像单元进行信号通信以对感知到的对象作出响应。

[0081] 现在转向图6,来自无接触3D形状测量系统的图像总体上由参考数字600来指示。这里,成像单元,如图5的成像单元513将场景610感知为深度图612,将场景620感知为深度图622。在这种情况下,深度图622充分地匹配参考图624,指示对象瞄准了识别的目标,如咖啡杯。

[0082] 如图7所示,2抽头无接触3D形状测量系统总体上由参考数字700来指示。系统700包括设备710和目标711。设备710包括:红外(IR)发射器712;传感器阵列174,包括多个传感器像素716,每个传感器像素716通过IR通滤波器717接收来自目标的反射光;相关双采样模数转换器(CDS/ADC)单元718,接收来自阵列的幅度或光子数量,以及来自定时和控制(T/C)单元720的定时和控制信号。T/C单元还与用于阵列714的X解码器722以及IF发射器712信号通信。CDS/ADC单元718将采样幅度或光子计数传送至存储器724,存储器724将采样幅度或光子计数提供至深度估计器726。深度估计器726提供信号,所述信号表示与设备710的发射器和传感器像素的目标深度或距离。

[0083] 在本示例实施例的 2 抽头结构的操作中,深度传感器 710、目标 711、一个或多个 IR 发射器 712、2 抽头深度传感器阵列 714、感测像素 716、IR 通滤波器 717、CDS/ADC 单元 718、定时控制器 720、存储器 724 以及深度估计器 726 形成了高效系统。

[0084] 参考表 E,公式 1, t_{Δ} 是发射光 (EL) 与反射光 (RL) 之间的时间差,其中 d 是深度信息,即,传感器与目标之间的距离, c 是光速。RL 可以通过位于 IR 通滤波器 717 前方的附加透镜或透镜模块。IR 发射器 712 可以向外部发射调制 IR,可以利用例如发光二极管 (LED)、有机发光二极管 (OLED) 或激光二极管 (LD) 来配置 IR 发射器 712。

[0085] 具有该 2 抽头像素结构的每个深度感测像素 716 可以分别根据具有 180 度相位差的门信号 G_a 和 G_b ,来测量像素信号 A_0' / A_2' 和 A_1' / A_3' 。

[0086] 因此,多个感测像素 716 针对预定的时间段(如,预定的积分时间)累积 RL 并输出通过累积而产生的像素信号 A_0' / A_2' 和 A_1' / A_3' ,其中 RL 包括由通过 IR 通滤波器 717 入射的反射 IR 引起的光产生的电子。

[0087] 在表 E 中,公式 E2 表示由每个像素 716 产生的像素信号 A_0' / A_2' 和 A_1' / A_3' 。 A_k' 得自于门信号的相位差。当相位差是 0 度时,获得 k_0 ;当相位差是 90 度时,获得 k_1 ;当相位差 180 度时,获得 k_2 ;当相位差是 270 度时获得 k_3 ,其中, $a_{k,n}$ 是当输入具有依据“ k ”的相位差的第 n 个门信号时深度传感器 716 中光产生的电子的数目, $N = f_m * T_{int}$,其中 f_m 是调制 IR 或 EL, T_{int} 是积分时间。

[0088] 转向图 8,2 抽头像素单元总体上由参考数字 800 来指示。像素单元包括像素 816,如图 7 的像素 716 之一。像素包括第一区 821 和第二区 822。第一区包括第一抽头 823,第二区包括第二抽头 824。

[0089] 现在转向图 9,像素传感器电路总体上由参考数字 900 指示。电路包括:光传感器器件 (PSD) 910,用于接收光子;门控晶体管 912,与 PSD 连接;重置晶体管 914,连接在门控晶体管与源电压之间;第二晶体管 916,由门控晶体管来门控并且连接在源电压与选择晶体管 918 之间;以及负载晶体管 920,连接在选择晶体管与地之间。因此,像素传感器电路包括在图 8 的有源区域 821 和 822 中的晶体管和光电转换器件。

[0090] 如图 10 所示,IR 信号和门信号的 2 抽头信号曲线和时序图总体上由参考数字 1000 来指示。曲线 1000 包括发射光信号 1010、反射或接收光信号 1012、0 度相位偏移信号 1014 以及 180 度相位偏移信号 1016。这里,0 度相位偏移信号 1014 包括第 0 象限第 n 循环积分 1018 和第 0 象限第 $(n+1)$ 循环积分 1019。类似地,180 度相位偏移信号 1016 包括第 2 象限第 n 循环积分 1020 和第 2 象限第 $(n+1)$ 循环积分。

[0091] 在图 8、9 和 10 的 2 抽头传感器的操作中使用门信号 G_a 和 G_b ,门信号 G_a 和 G_b 具有 180 度相位差,并针对包括图 8 的深度感测像素 816 的光电门 823 和 824 在内的每个光电转换器件而提供。

[0092] 因此,每个光电门在 G_a 和 G_b 的高时间期间通过图 9 的传递门 912 向浮动扩散 (FD) 区传递由反射光 (RL) 产生的光产生的电子。与光产生的电子相对应的每个像素信号 A_0' / A_2' 和 A_1' / A_3' 由相应的光电转换器件 823 和 824 通过源跟踪器晶体管 916 和选择晶体管 918 而产生。重置晶体管 914 根据重置信号 (RST) 将 FD 重置到 V_{dd} 。

[0093] 负载晶体管 920 连接在深度感测像素的输出节点与地之间,并且通过跟踪负载信号 V_{LOAD} 来操作。根据图 7 的定时控制器 720 的信号,数字 CDS/ADC 电路 718 针对每个像

素信号 $A0'/A2'$ 和 $A1'/A3'$ 执行相关双采样和 ADC, 并输出每个数字像素信号 $A0'/A2'$ 和 $A1'/A3'$ 。

[0094] 转向图 11, 2 抽头采样点曲线总体上由参考数字 1100 来指示。曲线 1100 示出了两个采样点 t_0 和 t_1 。在第一采样点 t_0 处, 对第零和第二相位偏移象限光子计数进行采样。在第二采样点 t_1 处, 对第一和第三相位偏移象限光子计数进行采样。

[0095] 在操作中, 由缓冲器配置的图 7 的存储器 724 接收并存储从 CDS/ADC 电路 718 输出的每个数字像素信号 $A0/A2$ 和 $A1/A3$ 。深度估计器 726 基于每个数字像素信号 $A0/A2$ 和 $A1/A3$ 来估计相位差。表 E 的公式 E3 定义了由深度估计器 726 估计的相位差。

[0096] 深度估计器 726 根据公式 E4, 基于所估计的相位差来估计深度信息并输出深度信息, 其中, c 是光速, f_m 是反射光 (RL) 的调制频率。

[0097] 如公式 E5 所示, 时序图示出了在具有 2 抽头像素结构的深度感测像素中产生的时间差。如果在 t_0 处输入分别具有大约 0 度和 180 度相位偏移的门信号 G_a 和 G_b , 则具有 2 抽头像素结构的深度感测像素 716 同时输出测量的像素信号 $A0'$ 和 $A2'$ 。此外, 如果在时间 t_1 处输入分别具有大约 90 度和 270 度相位偏移的门信号, 则具有 2 抽头像素结构的深度感测像素 716 同时输出测量的像素信号 $A1'$ 和 $A3'$ 。因此, 深度感测像素 716 分别在每个时间间隔 T_{int} 中测量像素信号两次, 因为深度感测像素 716 不同时测量每个像素信号 $A1'$ 、 $A2'$ 、 $A3'$ 或 $A4'$ 。

[0098] 深度估计器 726 根据公式 E5 基于每个数字像素信号 $A1$ 、 $A2$ 、 $A3$ 和 $A4$ 来估计相位差。深度估计器 726 基于所估计的相位差来估计深度信息并输出深度信息 $d\text{-hat}$ 。

[0099] 现在转向图 12, 另一 2 抽头采样点曲线总体上由参考数字 1200 来指示。曲线 1200 示出了两个实际采样点 t_0 和 t_2 以及两个内插的采样点 t_1 和 t_3 。

[0100] 该概念图用于说明数字像素信号的估计。在图 7 的示例实施例中, 备选实施例深度估计器 726 可以用于根据时间差 T_{int} 来补偿相位误差。例如, 估计器 726 可以使用已在同一时间 t_2 测量的多个数字像素信号在估计时间 t_2 处估计相应的数字信号。这里, 包括具有 2 抽头像素结构的深度感测像素 716 在内的深度传感器 710 在时间 t_1 测量相应的像素信号 $A1'(k-1)$ 、 $A3'(k-1)$, 在时间 t_2 测量 $A0'(k)$ 、 $A2'(k)$, 以及在时间 t_3 测量 $A1'(k)$ 、 $A3'(k)$ 。

[0101] 将每个像素信号 $A1'(k-1)$ 、 $A3'(k-1)$ 、 $A0'(k)$ 、 $A2'(k)$ 、 $A1'(k)$ 、和 $A3'(k)$ 转换成数字信号 $A1(k-1)$ 、 $A3(k-1)$ 、 $A0(k)$ 、 $A2(k)$ 、 $A1(k)$ 、和 $A3(k)$, 并存储在存储器 724 中。因此, 深度估计器 726 在时间 t_2 根据公式 E6 来估计两个估计值。

[0102] 这里, 当目标随时间移动时, 可以假定背景噪声恒定。使用捕获信号 $A1$ 和 $A3$ 的当前和过去值, 可以估计用于测量 $A0$ 和 $A2$ 的补偿信号。例如, 可以使用简单的内插算法。备选地, 在备选实施例中可以使用外插。

[0103] 现在参考表 D, 公式 D1 定义了内插测量, 作为两个实际采样点处的实际测量的函数。公式 D2 示出了这里所使用的示例性简单内插。公式 D3 根据内插和实际测量来计算相位角 θ 。

[0104] 如果深度估计器 726 使用例如线性内插, 则深度估计器 726 可以使用公式 E7 来估计值。深度估计器 726 还使用相同的公式来估计其余估计值。然后深度估计器 726 使用 $A0(k)/A2(k)$ 和公式 E8 来估计时间 t_2 处的相位差。

[0105] 如图 13 所示,2 抽头定时图总体上由参考数字 1300 来指示,该 2 抽头定时图示出了在估计时间处根据深度传感器的操作对数字像素信号的估计过程。公式 E8 被重写为公式 E9,其中, T_{int} 是积分时间, T_{read} 是从像素输出 (A_k') 到数字输出 (A_k) 的读出时间, T_{cal} 是深度估计器 726 计算或估计数字像素信号所花费的时间。数字像素信号由深度估计器 726 根据公式 E10 来提供。

[0106] 转向图 14,仿真结果曲线总体上由参考数字 1400 来指示。这里,曲线 1410 示出了表示在对象 711 以 $1\text{mm/s} \sim 1\text{m/s}$ 的速度移动的情况下的相位差计算误差的仿真图,曲线 1420 示出了表示在对象 711 以 $1\text{mm/s} \sim 1\text{m/s}$ 的速度移动的情况下、但通过根据本公开优选实施例的线性内插而校正的相位差计算误差的仿真图。

[0107] 在补偿之前,在使用传统算法的情况下,作为估计误差的相位差误差随着积分时间的增大和/或移动对象 711 速度的增大而增大。在补偿之后,在使用根据本公开实施例方法的算法的情况下,即使积分时间和/或目标速度增大,相位差计算误差也显著减小。

[0108] 现在转向图 15,2 抽头比较仿真图总体上由参考数字 1500 来指示。这里,曲线 1510 表示传统方法的相位差计算误差,而曲线 1520 表示本公开实施例的相位差计算误差。

[0109] 如图 16 所示,2 抽头比较仿真图总体上由参考数字 1600 来指示。这里,曲线 1610 示出了在没有补偿的情况下的相位差计算误差。曲线 1620 示出了采用传统补偿的情况下的相位差计算误差。曲线 1630 示出了在采用根据本公开实施例的补偿的情况下的相位差计算误差。曲线 1640 示出了传统方法的均方差 1642 对本公开实施例的均方差 1644。

[0110] 转向图 17,1 抽头无接触 3D 形状测量系统总体上由参考数字 1700 来指示。系统 1700 包括设备 1710 和目标 1711。设备 1710 包括:红外 (IR) 发射器 1712;传感器阵列 1714,包括多个传感器像素 1732,每个传感器像素 1732 通过 IR 通滤波器 1717 接收来自目标的反射光;相关双采样模数转换器 (CDS/ADC) 单元 1718,接收来自阵列的幅度或光子计数,以及来自定时和控制 (T/C) 单元 1720 的定时和控制信号。T/C 单元还与用于阵列 1714 的 X 解码器 1722 以及 IF 发射器 1712 进行信号通信。CDS/ADC 单元 1718 将采样幅度或光子计数传送至存储器 1724,存储器 1724 将采样幅度或光子计数提供至深度估计器 1726。深度估计器 1726 提供信号,所述信号表示目标深度或与设备 1710 的发射器和传感器像素的距离。

[0111] 在操作中,深度传感器 1710、目标 1711、IR 发射器 1712、深度传感器阵列 1714、感测像素 1732、IR 通滤波器 1717、CDS/ADC 单元 1718、定时控制器 1720、存储器 1724 以及深度估计器 1726 形成了高效系统。这里,深度估计器使用公式 E1,其中, t 是发射光 (EL) 与接收光 (RL) 之间的时间差, d 是与从发射器到目标再到传感器的距离相对应的深度信息, c 是光速。

[0112] RL 可以通过位于 IR 通滤波 1717 前方的附加透镜或透镜模块。IR 发射器 1712 可以向外部发射调制 IR,可以利用例如发光二极管 (LED)、有机发光二极管 (OLED) 或激光二极管 (LD) 中的一个或多个来配置。

[0113] 因此,具有 1 抽头像素结构的深度感测像素 1732 可以根据分别具有 0 度、90 度、180 度、270 度相位偏移的门信号 (G_a 、 G_b 、 G_c 、 G_d) 来测量像素信号 (A_0' 、 A_1' 、 A_2' 、 A_3')。感测像素 1732 在预定的时间段内(如,在积分时间期间)累积由反射 IR 或通过 IR 通滤波器 1717 而入射的 RL 所引起的光产生的电子,并输出根据公式 E2 通过累积而产生的输出像

素信号 ($A0'$ 、 $A1'$ 、 $A2'$ 、 $A3'$)。

[0114] 像素信号 ($A0'$ 、 $A1'$ 、 $A2'$ 、 $A3'$) 由每个像素 1732 产生, 其中 Ak' 如下。当门信号的相位差或偏移是 0 度时, k 是 0。当门信号的相位差或偏移是 90 度时, k 是 1。当门信号的相位差或偏移是 180 度时, k 是 2。当门信号的相位差或偏移是 270 度时, k 是 3。

[0115] 这里, $a_{k,n}$ 是当输入具有依据“ k ”的相位差的第 n 个门信号时深度传感器 1716 中光产生的电子的数目。 $N = f_m * T_{int}$, 其中 f_m 是调制 IR 或 EL, T_{int} 是积分时间。

[0116] 现在转向图 18, 1 抽头像素单元总体上由参考数字 1800 来指示。像素单元包括像素 1832, 如, 图 17 的像素 1732 之一。像素包括第一区 1821, 第一区 1821 包括第一抽头 1822。

[0117] 转向图 19, 1 抽头采样点曲线总体上由参考数字 1900 来指示。图 1900 示出了四个采样点 t_0 、 t_1 、 t_2 和 t_3 。在第零采样点 t_0 , 对第零相位偏移象限光子计数进行采样。在第一采样点 t_1 , 对第一相位偏移象限光子计数进行采样。在第二采样点 t_2 , 对第二采样偏移象限光子计数进行采样。在第三采样点 t_3 , 对第三相位偏移象限光子计数进行采样。

[0118] 在图 17、18 和 19 的 1 抽头结构的操作中, 随后将分别具有 0 度、90 度、180 度和 270 度相位偏移的门信号 G_a 、 G_b 、 G_c 、 G_d 施加到图 18 中的深度感测像素 1832 光电转换器件或光电门 1822。因此, 光电门 1822 通过传递门向浮动扩散区 (FD) 传递由反射光 (RL) 产生的光产生电子。

[0119] 在定时控制器 1720 的信号上, 数字 CDS/ADC 电路 1718 针对每个像素信号执行相关双采样和模数转换, 并输出每个数字像素信号 A_0 、 A_1 、 A_2 和 A_3 , 所述每个像素信号包括时间 t_0 处的 A_0' 、时间 t_1 处的 A_1' 、时间 t_2 处的 A_2' 以及时间 t_3 处的 A_3' 。被配置为缓冲器的存储器 1724 接收并存储从 CDS/ADC 电路 1718 输出的每个数字像素信号 A_0 、 A_1 、 A_2 和 A_3 。

[0120] 深度估计器 1726 基于每个数字像素信号 A_0 、 A_1 、 A_2 和 A_3 来计算相位差。深度估计器 1726 所估计的相位差得自于表 F 的公式 F4。

[0121] 现在转向图 20, 1 抽头定时图总体上由参考数字 2000 来指示, 1 抽头定时图示出了在估计时间处根据深度传感器的操作对数字像素信号的估计过程。在操作中, 图 17 的深度估计器 1726 通过使用在测量 A_0' (k) 时已测量并存储的多个数字像素信号 ($A_1(k-1)$ 、 $A_1(k)$) 来估计来自不同估计时间的数字信号。因此, 可以使用 $A_2(k-1)$ 和 $A_2(k)$ 来执行第一信号估计, 而可以使用 $A_3(k-1)$ 和 $A_3(k)$ 来执行第二信号估计。如果深度估计器 1726 使用线性内插, 则深度估计器 1726 可以在估计与数字像素信号 ($A_0(k)$) 相对应的像素信号 ($A_0'(k)$) 时估计每个数字像素信号。

[0122] 表 F 的公式 F5、F6 和 F7 产生了由深度估计器 1726 产生的数字像素信号。因此, 深度估计器 1726 根据公式 F8 基于所测量的数字像素信号 ($A_0(k)$) 和所估计的数字像素信号来估计相位差。这里, 深度传感器 1710 的深度估计器 1726 可以输出所估计的深度信息。

[0123] 现在转向图 21, 1 抽头仿真结果曲线总体上由参考数字 2100 来指示。这里, 曲线 2110 示出了表示在目标 1711 以 $1\text{mm/s} \sim 1\text{m/s}$ 的速度移动的情况下的相位差计算误差的仿真图, 曲线 2120 示出了在目标 1711 以 $1\text{mm/s} \sim 1\text{m/s}$ 的速度移动的情况下、但通过根据本公开优选实施例的线性内插而校正的相位差计算误差的仿真图。

[0124] 在补偿之前, 在使用传统算法的情况下, 作为估计误差的相位差误差随着积分时

间的增大和 / 或移动目标 1711 速度的增大而增大。在补偿之后,在使用根据本公开示例实施例方法的算法的情况下,即使积分时间和 / 或目标速度增大,相位差计算误差也显著减小。

[0125] 现在转向图 22,1 抽头比较仿真图总体上由参考数字 2200 来指示。这里,曲线 2210 表示传统方法的相位差计算误差,而曲线 2220 表示本公开示例实施例的相位差计算误差。

[0126] 转向图 23,1 抽头比较仿真图总体上由参考数字 2300 来指示。这里,曲线 2310 示出了在没有补偿的情况下的相位差计算误差。曲线 2320 示出了采用传统补偿的情况下的相位差计算误差。曲线 2330 示出了在采用根据本公开示例实施例的补偿的情况下的相位差计算误差。曲线 2340 示出了传统方法的均方差 2342 与本公开的示例实施例的均方差 2344。

[0127] 现在转向图 24,深度估计方法总体上由参考数字 2400 来指示。该方法包括步骤 S10,在步骤 S10 使用测量的先前值和测量的后续值来估计当前值。这里,包括具有 2 抽头像素结构的图 7 的深度感测像素 716 在内的深度传感器使用在与估计点相邻的两个检测点处检测到的值来估计针对估计点的值。接下来,在步骤 S20,深度传感器使用估计值以及由深度感测像素 716 在估计点处检测到的两个值来估计深度信息。深度传感器 710 确定两个估计值与两个检测值 $A0(k)$ 、 $A2(k)$ 之间的相位差。接下来,在步骤 S30,深度传感器使用 f_m 、光速 c 和相位差基于反射光 (RL) 的频率来估计深度信息。

[0128] 如图 25 所示,示例三晶体管 (3T)APS 结构总体上由参考数字 2500 来指示。3T 结构包括光电二极管 2510、与光电二极管连接的 RX 晶体管 2520、与光电二极管连接的 DX 晶体管 2530、以及与 DX 晶体管连接的 SX 晶体管 2540。本公开的优选 3T 结构提供用于重置和选择晶体管共享,并由于因具有浮动扩散 (FD) 而实现的 CDS 操作。可以预期备选实施例共享结构。

[0129] 转向图 26,示例四晶体管 (4T)APS 结构总体上由参考数字 2600 指示。4T 结构包括光电二极管 2160、与光电二极管连接的 TX 晶体管 2612、与 TX 晶体管连接的 RX 晶体管 2620、与 TX 晶体管连接的 DX 晶体管 2630、以及与 DX 晶体管连接的 SX 晶体管 2640。可以预期备选实施例共享结构。

[0130] 转向图 27,第一示例五晶体管 (5T)APS 结构总体上由参考数字 2700 来指示。5T 结构包括光电二极管 2710、与光电二极管连接的 TX 晶体管 2712、与 TX 晶体管连接的 GX 晶体管 2714、与 TX 晶体管连接的 RX 晶体管 2720、与 TX 晶体管连接的 DX 晶体管 2730、以及与 DX 晶体管连接的 SX 晶体管 2740。可以预期备选实施例共享结构。

[0131] 转向图 28,第二示例 5T APS 结构总体上由参考数字 2800 来指示。第二 5T 结构包括光电二极管 2810、与光电二极管连接的 PX 晶体管 2811、与 PX 晶体管连接的 TX 晶体管 2812、与 TX 晶体管连接的 RX 晶体管 2820、与 TX 晶体管连接的 DX 晶体管 2830、以及与 DX 晶体管连接的 SX 晶体管 2840。可以预期备选实施例共享结构。

[0132] 转向图 29,使用二芯片解决方案的无接触 3D 形状测量系统总体上由参考数字 2900 来指示。无接触 3D 形状测量设备 2900 针对调制光学飞行时间相位估计使用深度补偿,并且包括:发射器,用于发射光;目标或反射器 2912,用于反射光;深度传感器 2914,用于接收来自目标的反射光;颜色传感器 2918,用于接收来自目标的环境光;以及信号处理器 2916,与深度传感器和颜色传感器信号通信以便从反射光中减去环境光并提供 3D 信息。

[0133] 转向图 30, 使用单芯片解决方案的无接触 3D 形状测量系统总体上由参考数字 3000 来指示。无接触 3D 形状测量设备 3000 针对调制光学飞行时间相位估计使用深度补偿, 并且包括: 光源, 用于发射光; 目标或反射器 3012, 用于反射光; 单芯片颜色和深度传感器 3014, 用于接收来自目标的反射光以及用于接收来自目标的环境光; 以及信号处理器 3016, 与组合的颜色和深度传感器信号通信以便从反射光中减去环境光并提供 3D 信息。

[0134] 现在转向图 31, 无接触 3D 形状测量系统总体上由参考数字 3100 来指示。无接触 3D 形状测量系统 3100 包括: 光源 3110, 用于发射光; 目标 3112, 用于反射光; 像素阵列 3114, 用于接收光; 控制单元 3116, 用于控制光源; 行地址解码器 3118; 列地址解码器 3122; 连接在行地址解码器与像素阵列之间的行驱动器 3120; 连接在列地址解码器与像素阵列之间的列驱动器 3124; 与列驱动器连接的采样和保持 (S/H) 寄存器; 以及与 S/H 寄存器连接的模数转换器 (ADC); 以及与 ADC 连接的 ISP 3130。

[0135] 如图 32 所示, 无接触 3D 形状测量系统总体上由参考数字 3200 来指示。无接触 3D 形状测量系统 3200 包括: 与系统总线 3220 连接的中央处理单元 (CPU) 3210、与系统总线连接的单芯片或多芯片传感器 3230、以及与系统总线连接的存储器 3240。

[0136] 现在转向图 33, 无接触 3D 形状测量部分电路和示意信号图总体上由参考数字 3300 来指示。部分电路 3310 包括: 与重置晶体管 3314 和浮动扩散晶体管 3316 连接的光电二极管 3312, 浮动扩散晶体管 3316 与选择晶体管 3318 连接。接地晶体管 3320 和模数转换器 3322 各自都连接至选择晶体管。信号图 3330 包括: 重置状态 3332, 其中, PD、RG 和 RD 信号电平为低; 刚刚重置之后状态, 其中, PD 电平升高, RG 电平为高, RD 电平为低; 以及积分状态, 其中, PD 和 RG 电平为高, RD 电平为低。

[0137] 如图 34 所示, 无接触 3D 形状测量部分电路和示意信号图总体上由参考数字 3400 来指示。部分电路 3410 包括: 与通过晶体管 3413 连接的光电二极管 3412, 与通过晶体管连接的重置晶体管 3414 和浮动扩散晶体管 3416, 以及与浮动扩散晶体管连接的选择晶体管 3418。接地晶体管 3420 和模数转换器 3422 各自都连接至选择晶体管。

[0138] 信号图 3430 包括: 积分状态, 其中, PD、TG、FD 和 RG 电平为高, 而 RD 电平为低; FD 重置状态 3432; 其中, PD 和 TG 电平为高, 而 FD、RG 和 RD 电平为低; 刚刚重置之后状态, 其中, PD、TG 和 RG 电平为高, 而 FD 和 RD 电平为低; 以及信号传递状态 3435, 其中, FD 和 RG 电平为高, 而 PD、TG 和 D 电平为低。时序图 3440 包括: 首先激活的重置信号、其次激活的 TG 信号、以及在重置信号之后逐步减小的输出信号。

[0139] 转向图 35, APS 结构总体上由参考数字 3500 指示。示例三晶体管 (3T) APS 结构 3530 包括光电二极管 3531、与光电二极管连接的 RX 晶体管 3532、与光电二极管连接的 DX 晶体管 3533、以及与 DX 晶体管连接的 SX 晶体管 3534。3T 结构特征是简单的过程、高填充因子、像素重置噪声以及低信噪比。

[0140] 示例四晶体管 (4T) APS 结构 3540 包括光电二极管 3541、与光电二极管连接的 TX 晶体管 3546、与 TX 晶体管连接的 RX 晶体管 3542、与 TX 晶体管连接的 DX 晶体管 3543、以及与 DX 晶体管连接的 SX 晶体管 3544。4T 结构特征是针对低浅电势光电二极管的处理、低填充因子、低暗电平、较高灵敏度、CDS 操作以及不可实现的 SFCM。

[0141] 示例五晶体管 (5T) APS 结构 3550 包括光电二极管 3551、与光电二极管连接的 TX 晶体管 3555、与 TX 晶体管连接的 GX 晶体管 3552、与 TX 晶体管连接的 RX 晶体管 3553、与

TX 晶体管连接的 DX 晶体管 3556、以及与 DX 晶体管连接的 SX 晶体管 3554。5T 结构特征是寻址的读数、完全随机的存取、可能的单 CDS、以及最低的填充因子。

[0142] 光电门结构 3560 包括光电二极管 3561、与光电二极管连接的 PX 晶体管 3567、与 PX 晶体管连接的 TX 晶体管 3565、与 TX 晶体管连接的 RX 晶体管 3562、与 TX 晶体管连接的 DX 晶体管 3563、以及与 DX 晶体管连接的 SX 晶体管 3564。光电门结构特征是简单的处理、如 4T 结构一样的操作、通过 PG 和 TG 脉冲的信号电荷移位、附加信号线以及低蓝光响应。

[0143] 在权利要求中,任何装置加功能的条款旨在覆盖这里被描述为执行所述功能的结构,这些结构不仅是结构等同物还是等同的结构。因此,将理解,上述内容说明本发明构思,并不限于所公开的特定实施例,对所公开的示例实施例的修改以及其他示例实施例旨在包含在所附权利要求的范围之内。本发明的构思由所附权利要求及其等价物来限定。

[0144] 本领域技术人员基于本文的教导容易想到本公开的这些和其他特征。尽管本文参考附图描述了说明性的实施例,然而将理解,本公开不限于这些具体实施例,在不脱离本公开的范围或精神的前提下,本领域技术人员可以实现各种其他改变和修改。所有这些改变和修改都旨在包含于所附权利要求所限定的本公开的范围之内。

[0145] 表 A

$$[0146] \quad A_0 \approx \alpha + \beta \cos \theta \quad (\text{公式 A1})$$

$$[0147] \quad A_2 \approx \alpha - \beta \cos \theta \quad (\text{公式 A2})$$

$$[0148] \quad A_1 \approx \alpha + \beta \sin \theta \quad (\text{公式 A3})$$

$$[0149] \quad A_3 \approx \alpha - \beta \sin \theta \quad (\text{公式 A4})$$

$$[0150] \quad t_{\Delta} = \frac{2d}{c} \quad (\text{公式 A5})$$

$$[0151] \quad A_k = \sum_{n=1}^N a_{k,n} \quad N = f_m T_{\text{int}} \quad (\text{公式 A6})$$

$$[0152] \quad \hat{\theta} = 2\pi f_m t_{\Delta} = \tan^{-1} \frac{A_1 - A_3}{A_0 - A_2} \quad (\text{公式 A7})$$

$$[0153] \quad \hat{d} = \frac{c}{4\pi f_m} \hat{\theta} \quad (\text{公式 A8})$$

[0154] 表 B

$$[0155] \quad P_{\text{IR source}} \propto \frac{N_e \frac{A_{\text{image1}}}{A_{\text{pixel}}} hc}{p \left[\frac{D}{2R} \right] k_{\text{lens}} \text{QE}(\lambda) \lambda T_{\text{int}}} \quad (\text{公式 B1})$$

$$[0156] \quad P_{\text{opt}}(t) = P_0 + P_0 \cdot \sin(2\pi f_{\text{mod}} t) \quad (\text{公式 B2})$$

$$[0157] \quad N_{\text{el}}(t) = B_{\text{meas}} + A_{\text{meas}} \cdot \sin(2\pi f_{\text{mod}} t + \varphi) \quad (\text{公式 B3})$$

$$[0158] \quad \varphi = \arctan \left[\frac{A_0 - A_2}{A_1 - A_3} \right] \quad (\text{公式 B4})$$

$$[0159] \quad L = \frac{c}{4\pi \cdot f_{\text{mod}}} \cdot \varphi \quad (\text{公式 B5})$$

$$[0160] \quad \Delta L \propto \frac{\sqrt{B}}{f_{\text{mod}} A} \quad (\text{公式 B6})$$

[0161] 表 C

$$[0162] \quad t_1 = t_0 + T_{\text{int}} \quad (\text{公式 C1})$$

$$[0163] \quad \theta = \tan^{-1} \frac{A_1(t_1) - A_3(t_1)}{A_0(t_0) - A_2(t_0)} \quad (\text{公式 C2})$$

$$[0164] \quad \theta = \tan^{-1} \frac{A_1(t_1) - A_3(t_3)}{A_0(t_0) - A_2(t_2)} \quad (\text{公式 C3})$$

[0165] 表 D

$$[0166] \quad \hat{A}_1(k) = f(A_1(k), A_1(k-1)) \quad (\text{公式 D1})$$

$$[0167] \quad \hat{A}_1(k) = \frac{(t_2 - t_1)A_1(k) + (t_3 - t_2)A_1(k-1)}{t_3 - t_1} \quad (\text{公式 D2})$$

$$[0168] \quad \hat{\theta}(k) = \tan^{-1} \frac{\hat{A}_1(k) - \hat{A}_3(k)}{A_0(k) - A_2(k)} \quad (\text{公式 D3})$$

[0169] 表 E

$$[0170] \quad t_{\Delta} = \frac{2d}{c} \quad (\text{公式 E1})$$

$$[0171] \quad A'_k = \sum_{n=1}^N a_{k,n} \quad (\text{公式 E2})$$

$$[0172] \quad \hat{\theta} = 2\pi f_m t_{\Delta} = \tan^{-1} \frac{A_1 - A_3}{A_0 - A_2} \quad (\text{公式 E3})$$

$$[0173] \quad \hat{d} = \frac{c}{4\pi f_m} \hat{\theta} \quad (\text{公式 E4})$$

$$[0174] \quad \hat{\theta} = \tan^{-1} \frac{A_1(t_1) - A_3(t_1)}{A_0(t_0) - A_2(t_0)} \quad (\text{公式 E5})$$

$$[0175] \quad \hat{A}_1(k) = f(A_1(k), A_1(k-1)) \quad (\text{公式 E6})$$

$$[0176] \quad \hat{A}_1(k) = \frac{(t_2 - t_1)A_1(k) + (t_3 - t_2)A_1(k-1)}{t_3 - t_1} \quad (\text{公式 E7})$$

$$[0177] \quad \hat{\theta}(k) = \tan^{-1} \frac{\hat{A}_1(k) - \hat{A}_3(k)}{A_0(k) - A_2(k)} \quad (\text{公式 E8})$$

$$[0178] \quad \hat{\theta}(k) = \tan^{-1} \frac{\hat{A}_1(k) - \hat{A}_3(k)}{A_0(k) - A_2(k)} \quad (\text{公式 E9})$$

$$[0179] \quad \hat{\theta} = 2\pi f_m t_{\Delta} = \tan^{-1} \frac{A_1 - A_3}{A_0 - A_2} \quad (\text{公式 E10})$$

$$[0180] \quad \hat{A}_1(k) = \frac{(T_{\text{int}} + T_{\text{read}} + T_{\text{cal}})A_1(k) + T_{\text{int}}A_1(k-1)}{2T_{\text{int}} + T_{\text{read}} + T_{\text{cal}}} \quad (\text{公式 E11})$$

$$[0181] \quad \hat{A}_3(k) = \frac{(T_{\text{int}} + T_{\text{read}} + T_{\text{cal}})A_3(k) + T_{\text{int}}A_3(k-1)}{2T_{\text{int}} + T_{\text{read}} + T_{\text{cal}}} \quad (\text{公式 E12})$$

[0182] 表 F

$$[0183] \quad t_{\Delta} = \frac{2d}{c} \quad (\text{公式 F1})$$

$$[0184] \quad A'_k = \sum_{n=1}^N a_{k,n} \quad (\text{公式 F2})$$

$$[0185] \quad N = f_m * T_{\text{int}} \quad (\text{公式 F3})$$

$$[0186] \quad \hat{\theta} = \tan^{-1} \frac{A_1(t_1) - A_3(t_3)}{A_0(t_0) - A_2(t_2)} \quad (\text{公式 F4})$$

$$[0187] \quad \hat{A}_1(k) = \frac{(3T_{\text{int}} + T_{\text{read}} + T_{\text{cal}})A_1(k) + T_{\text{int}}A_1(k-1)}{4T_{\text{int}} + T_{\text{read}} + T_{\text{cal}}} \quad (\text{公式 F5})$$

$$[0188] \quad \hat{A}_2(k) = \frac{(2T_{\text{int}} + T_{\text{read}} + T_{\text{cal}})A_2(k) + 2T_{\text{int}}A_2(k-1)}{4T_{\text{int}} + T_{\text{read}} + T_{\text{cal}}} \quad (\text{公式 F6})$$

$$[0189] \quad \hat{A}_3(k) = \frac{(T_{\text{int}} + T_{\text{read}} + T_{\text{cal}})A_3(k) + 3T_{\text{int}}A_3(k-1)}{4T_{\text{int}} + T_{\text{read}} + T_{\text{cal}}} \quad (\text{公式 F7})$$

$$[0190] \quad \hat{\theta}(k) = \tan^{-1} \frac{\hat{A}_1(k) - \hat{A}_3(k)}{A_0(k) - \hat{A}_2(k)} \quad (\text{公式 F8})$$

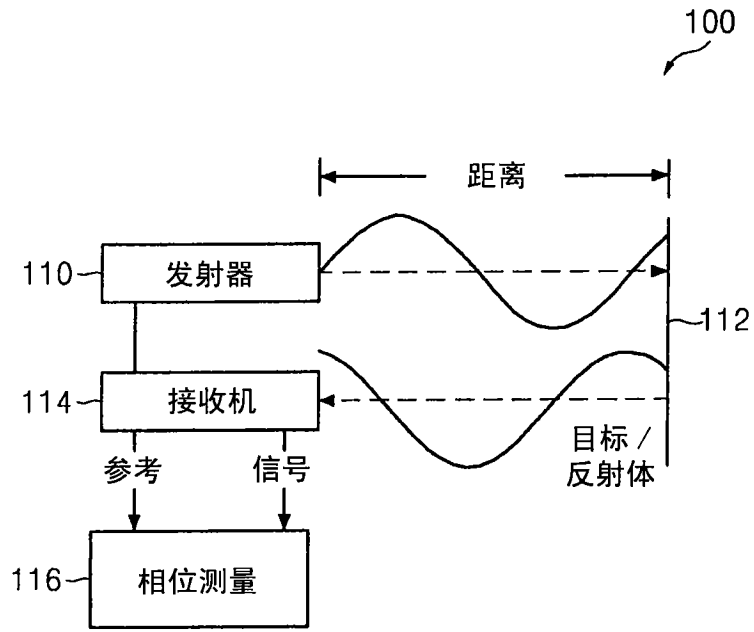


图 1

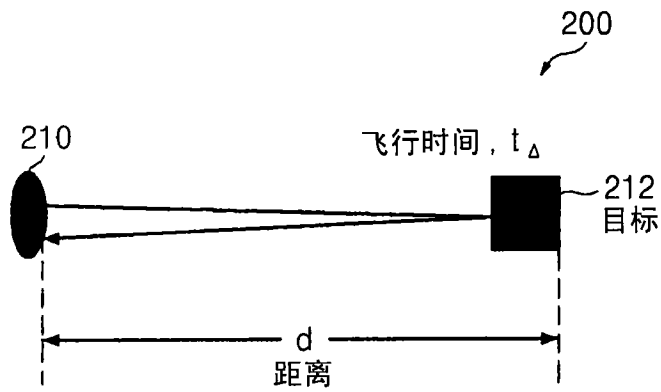


图 2

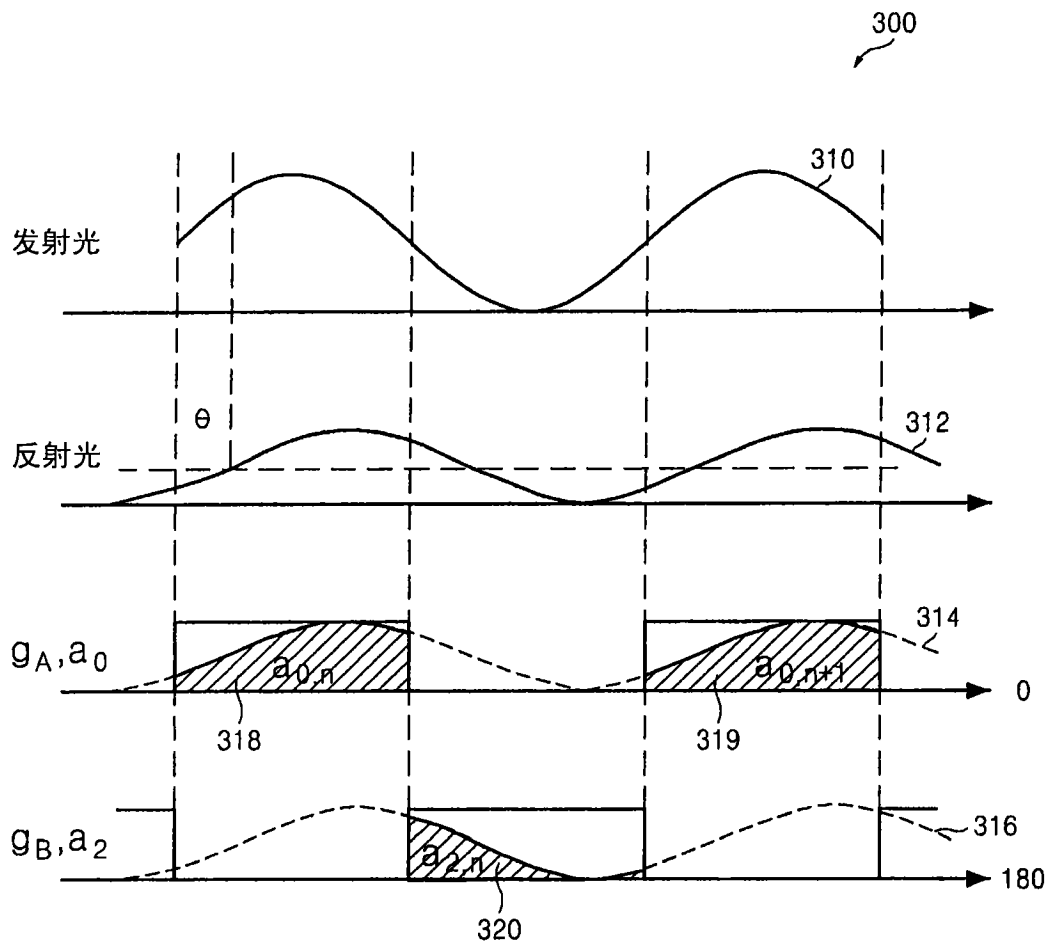


图 3

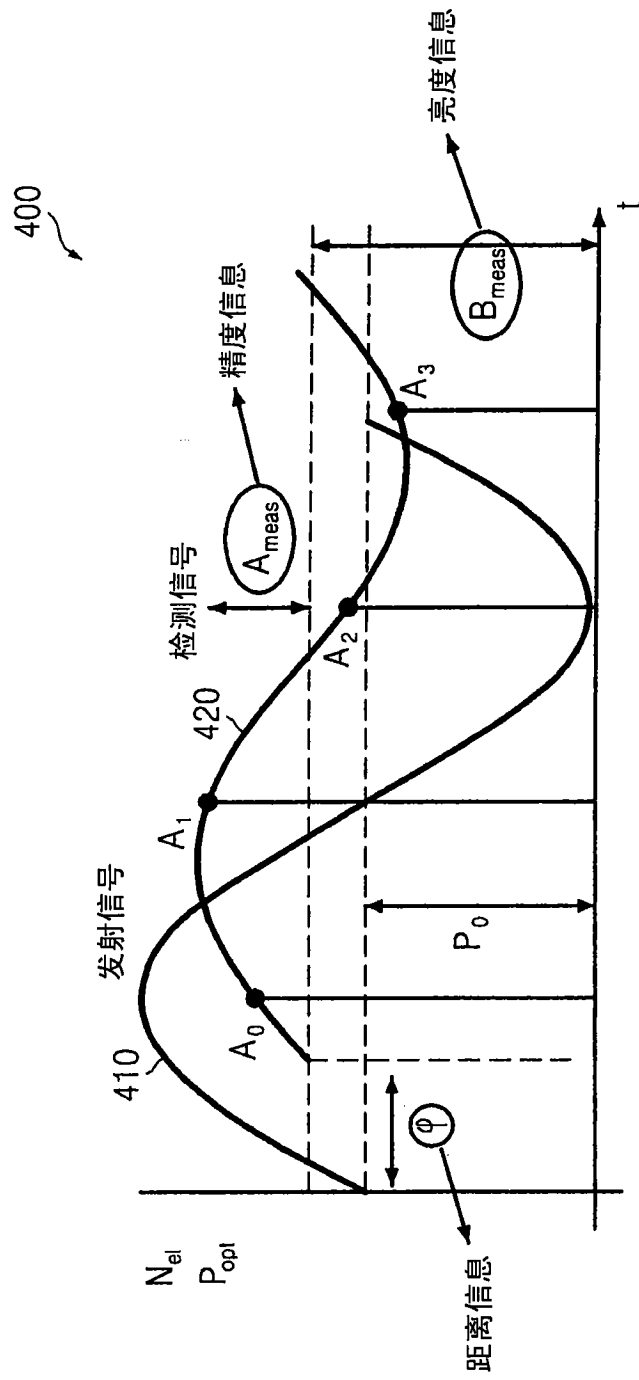


图 4

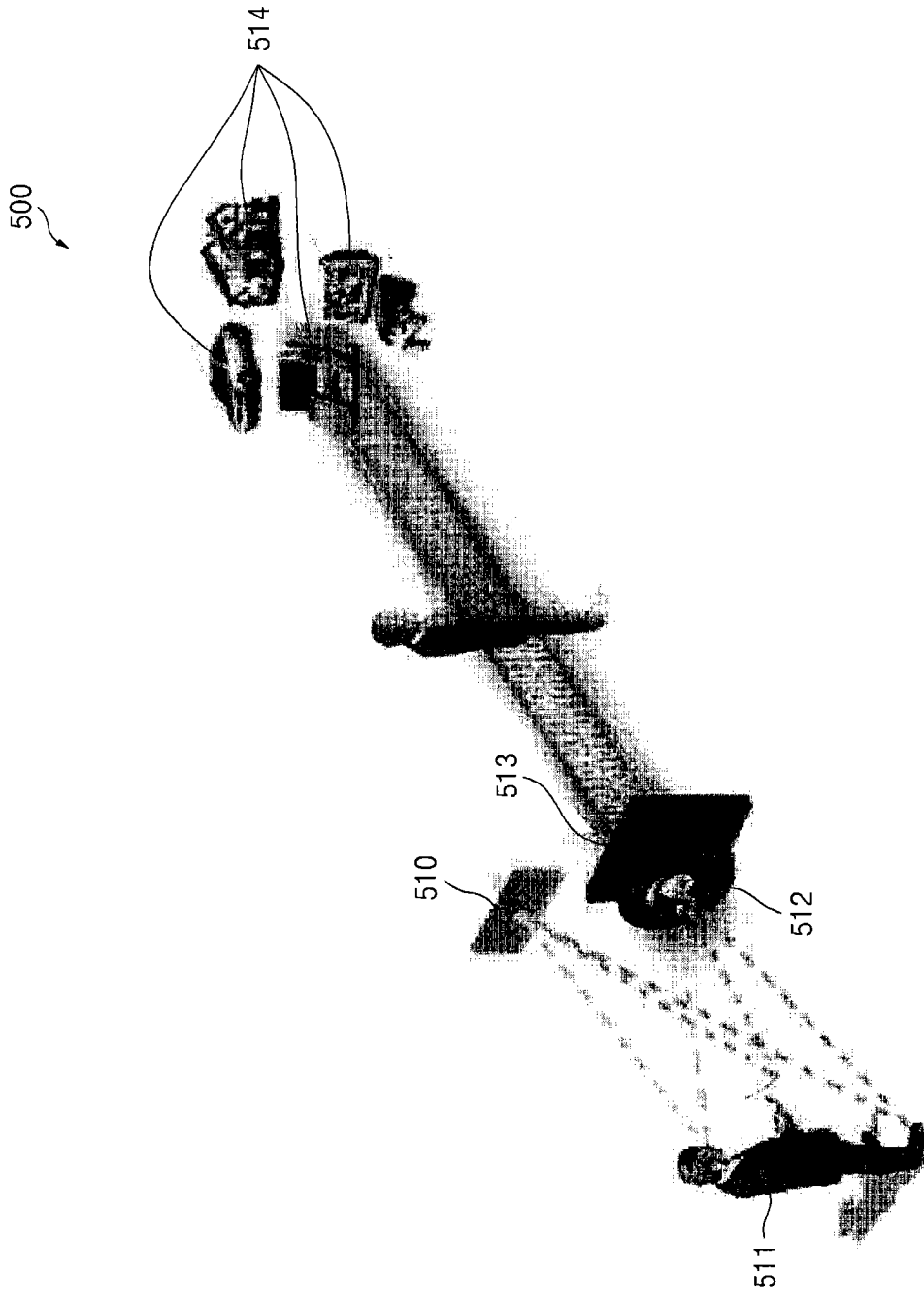


图 5

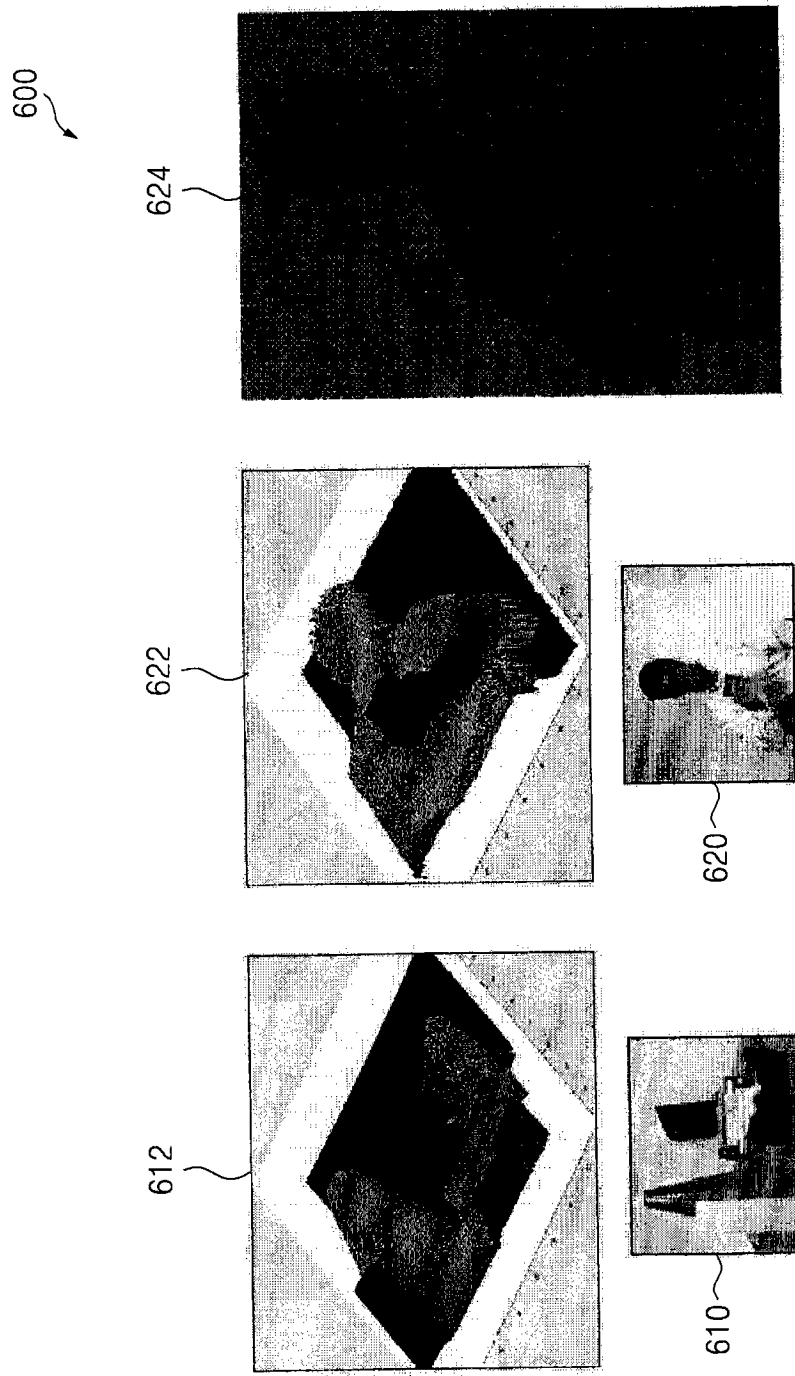


图 6

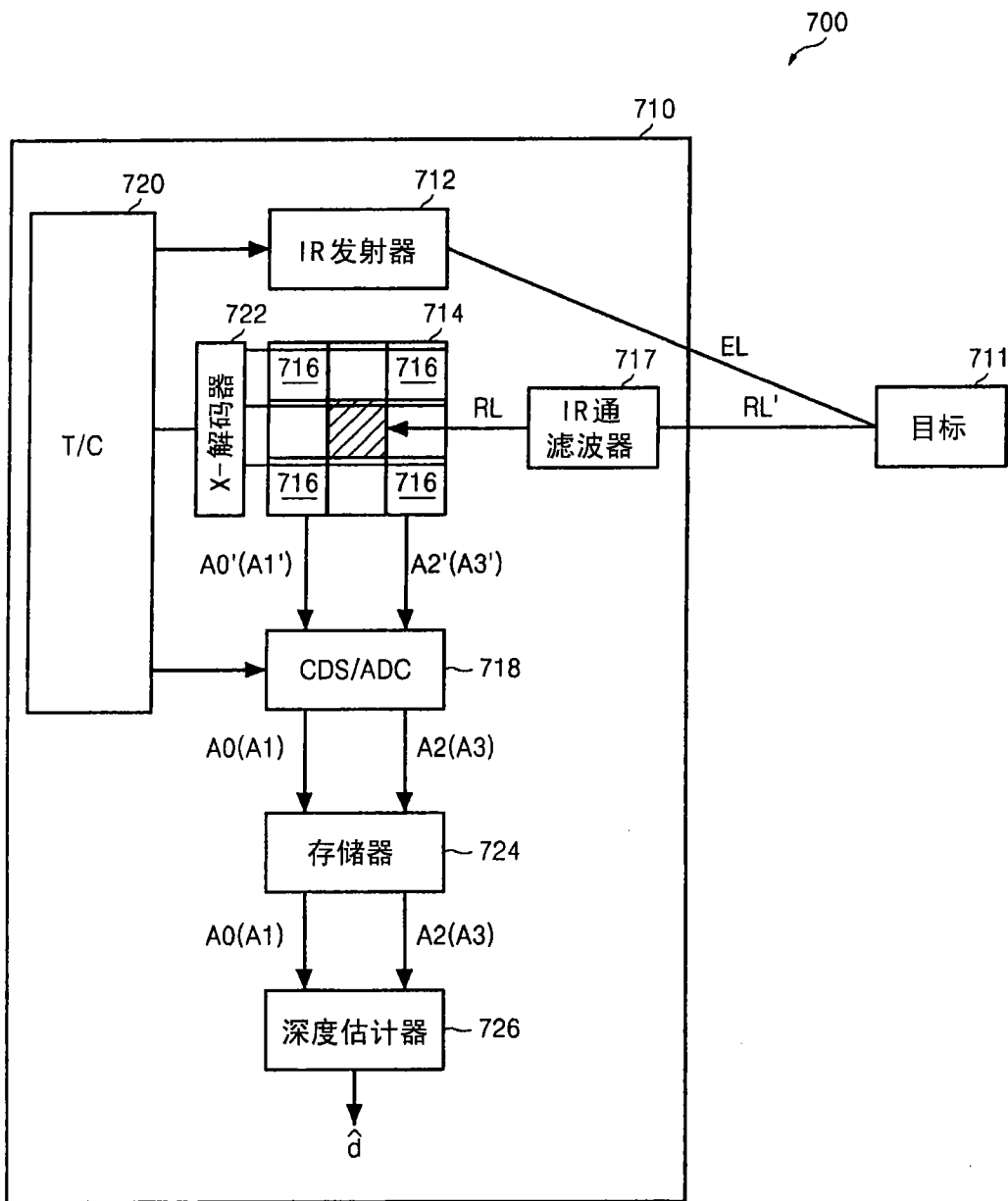


图 7

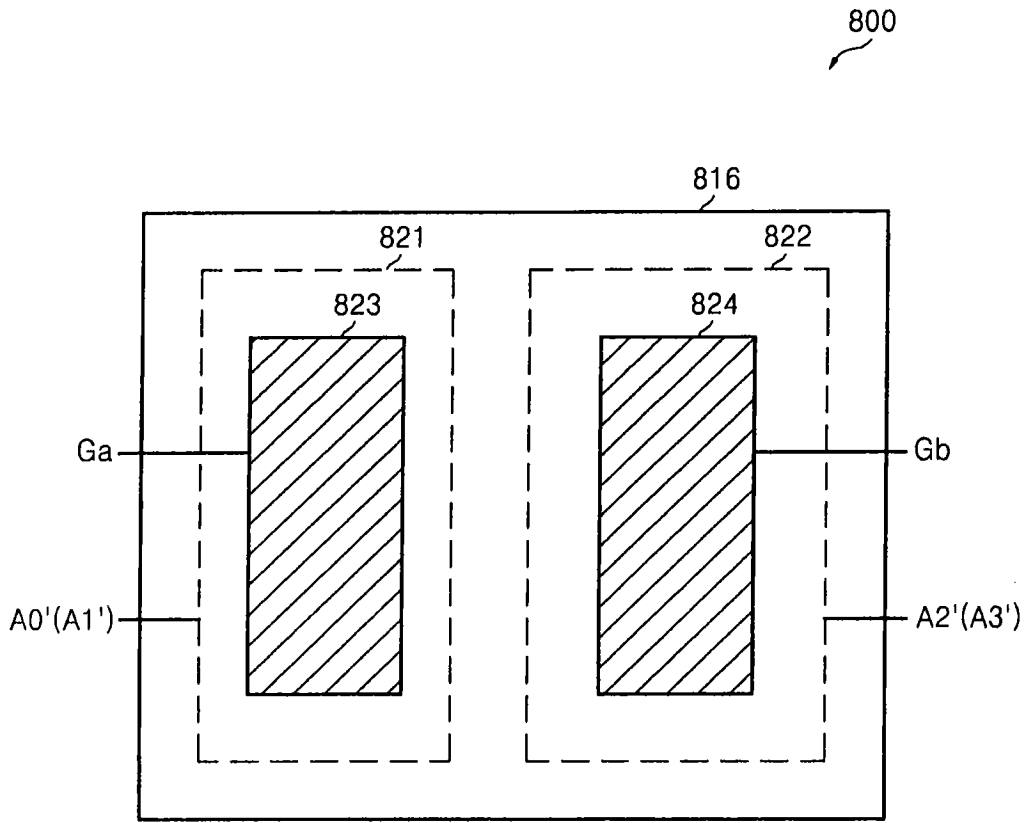


图 8

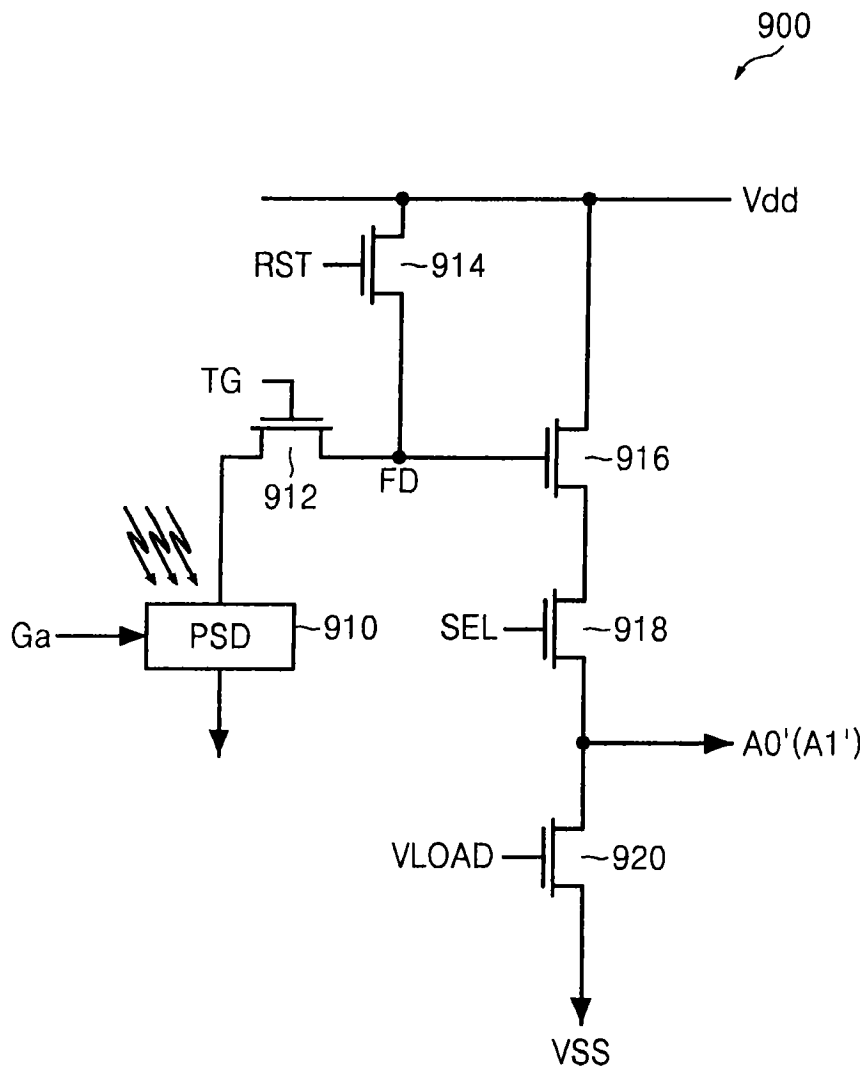


图 9

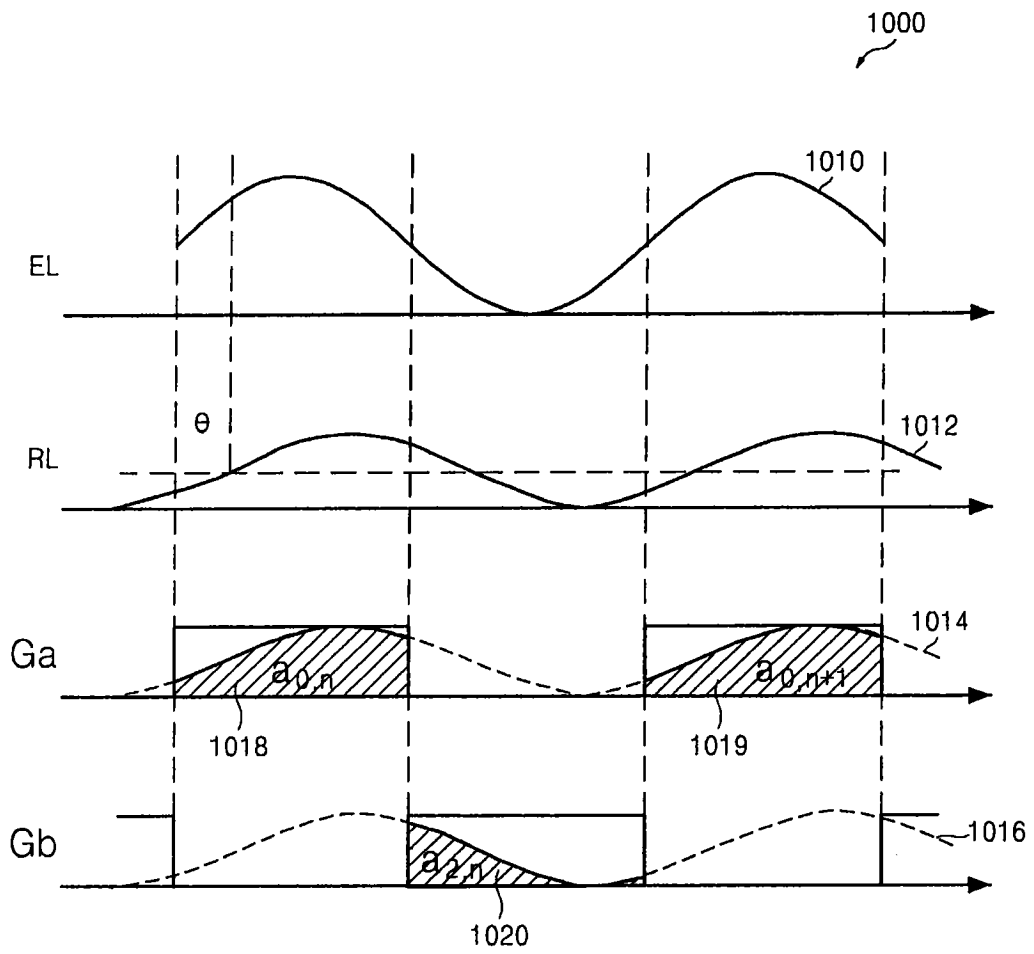


图 10

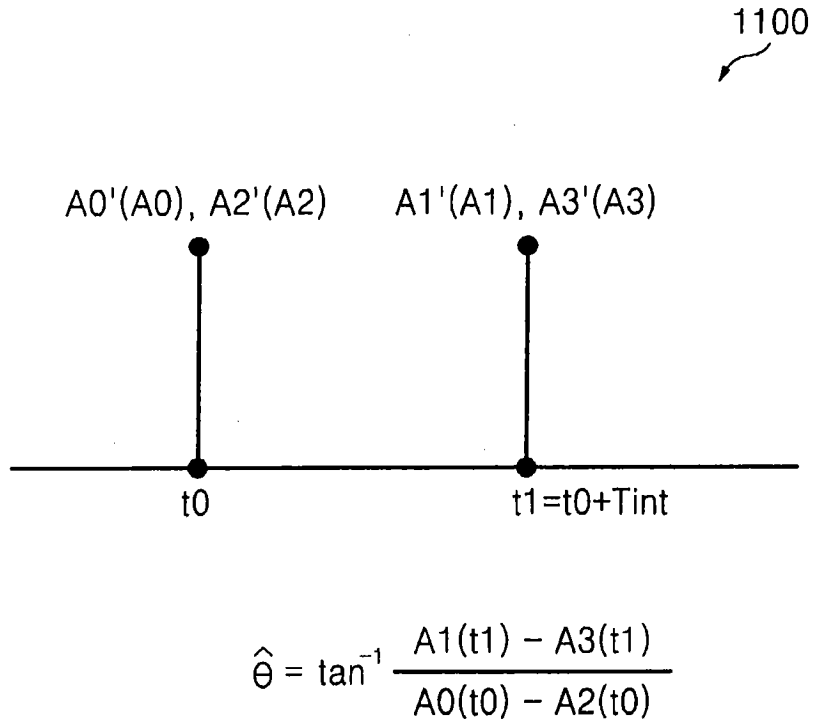


图 11

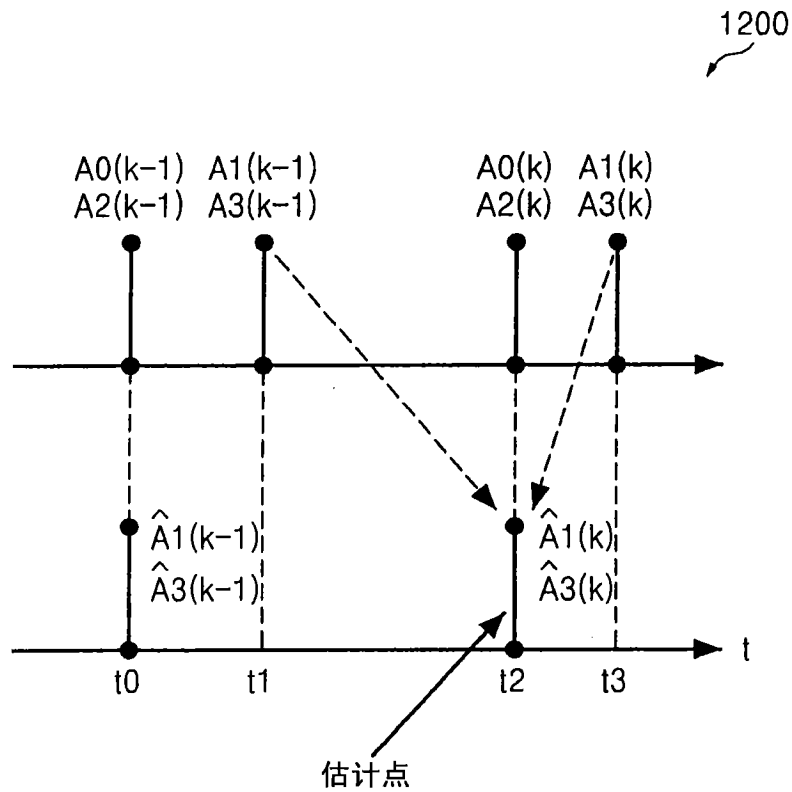


图 12

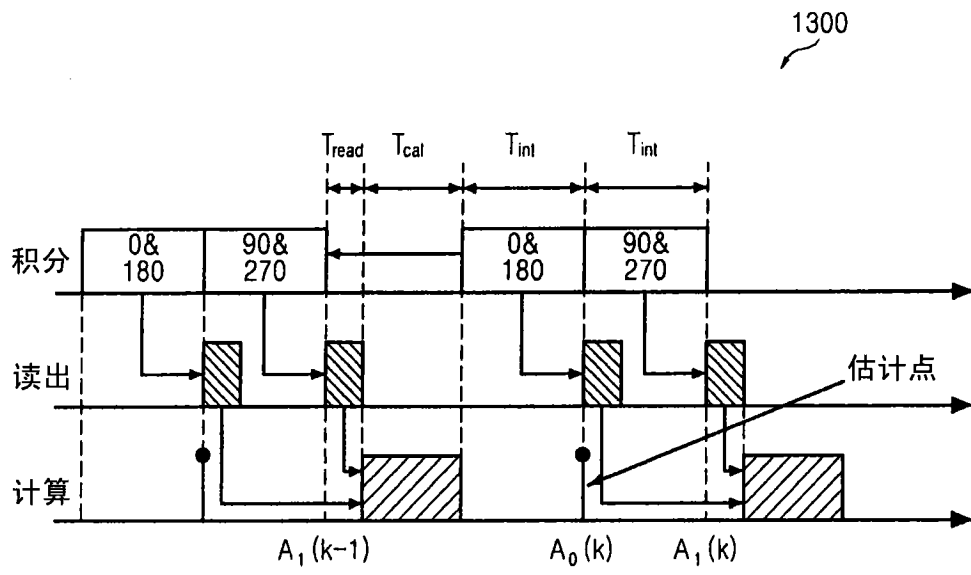


图 13

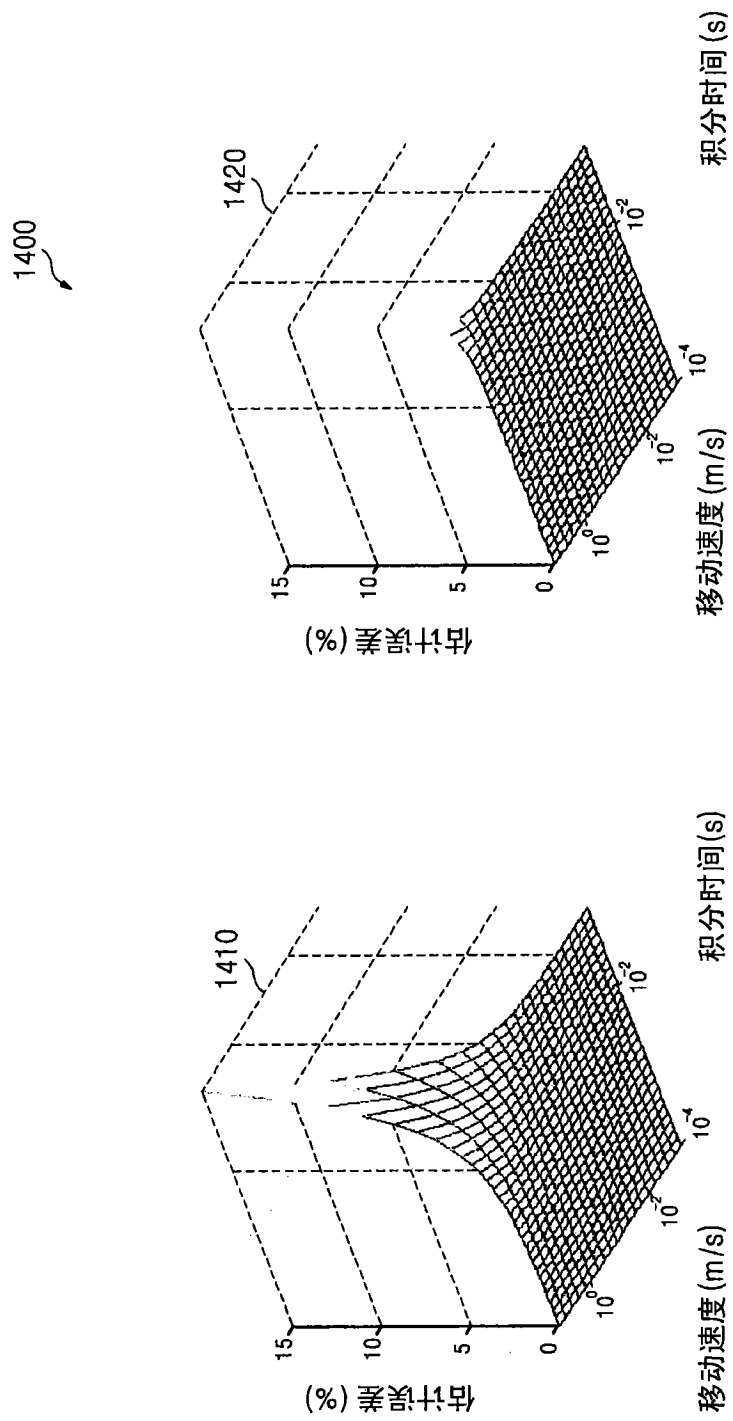


图 14

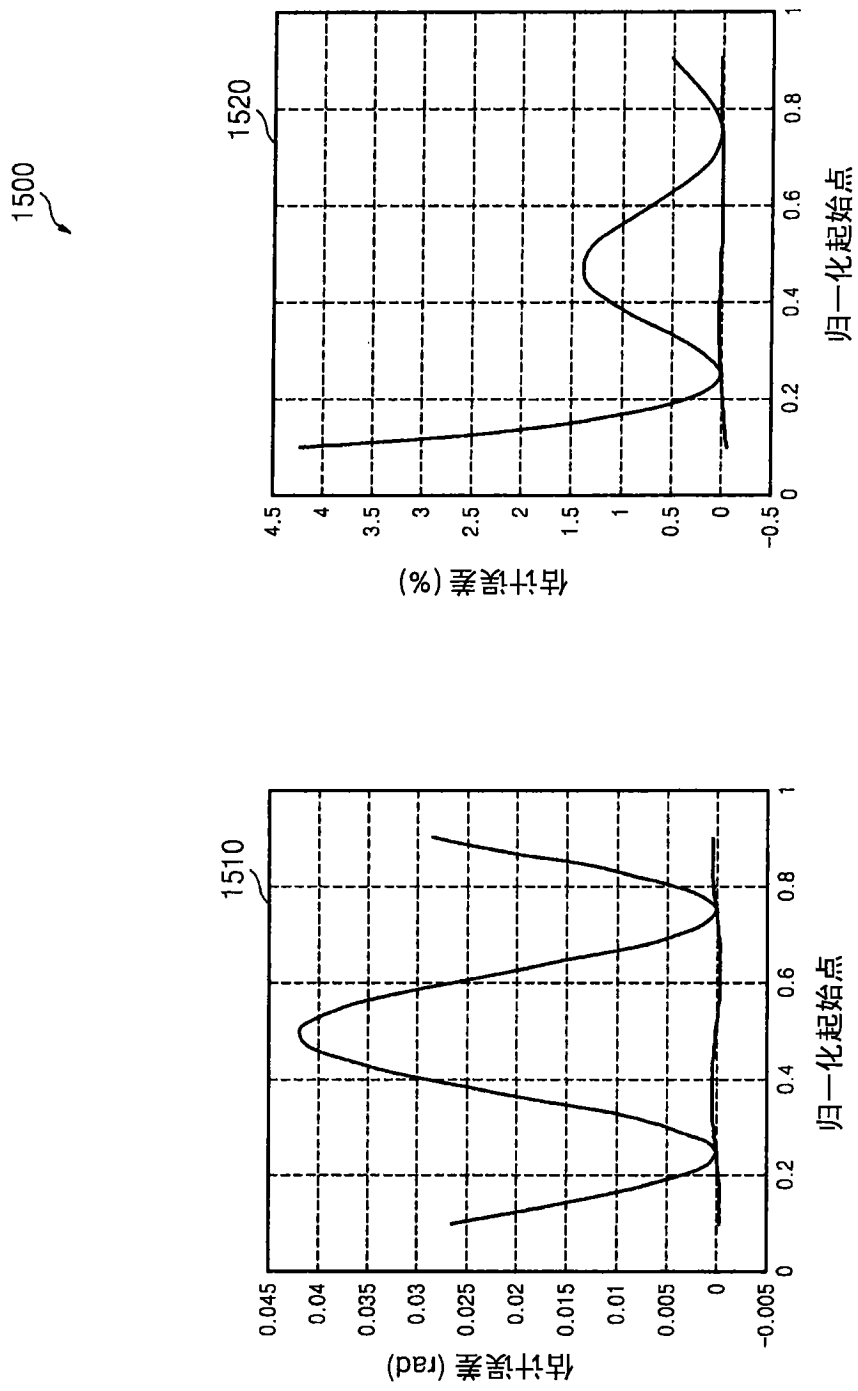


图 15

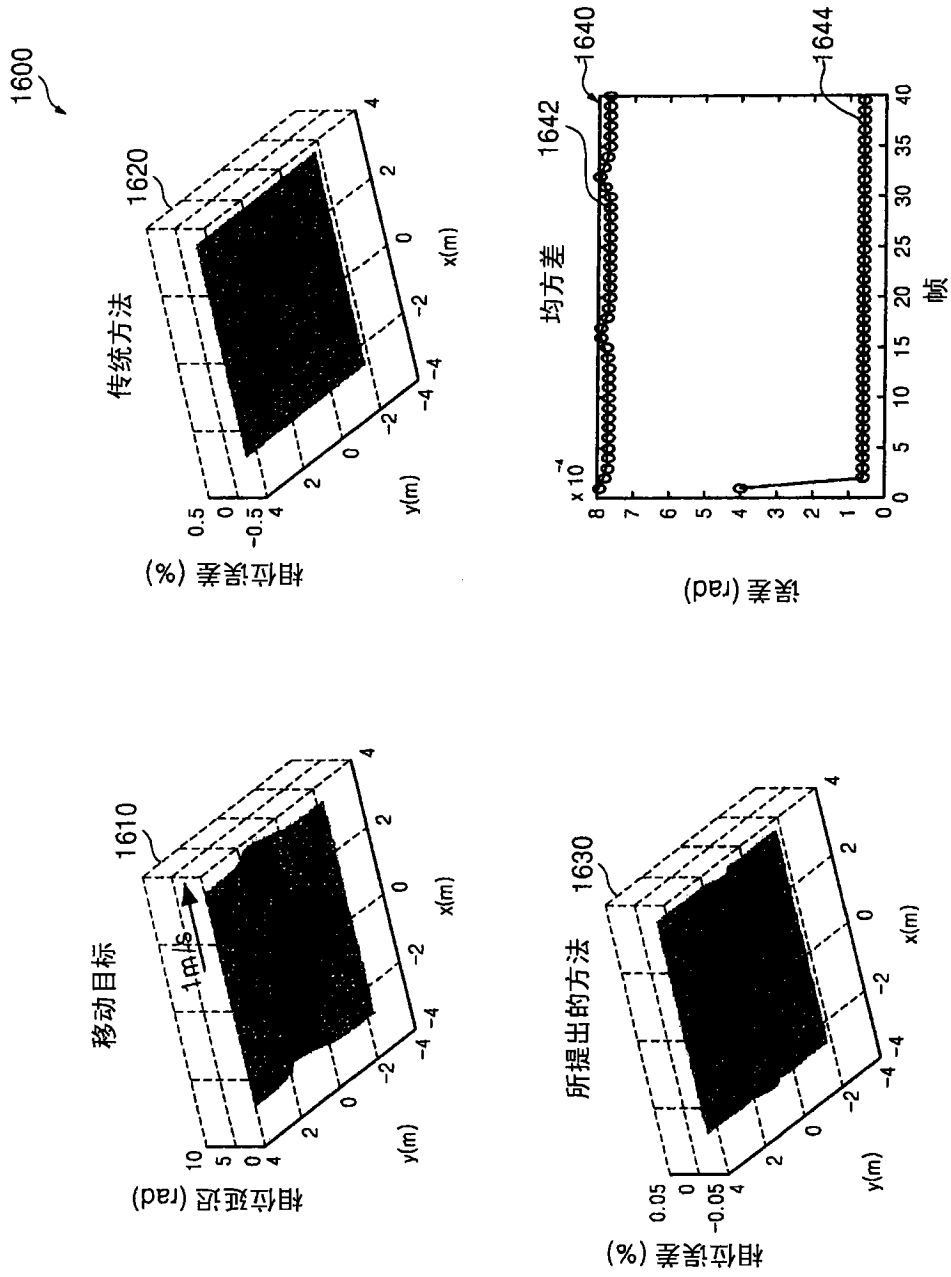


图 16

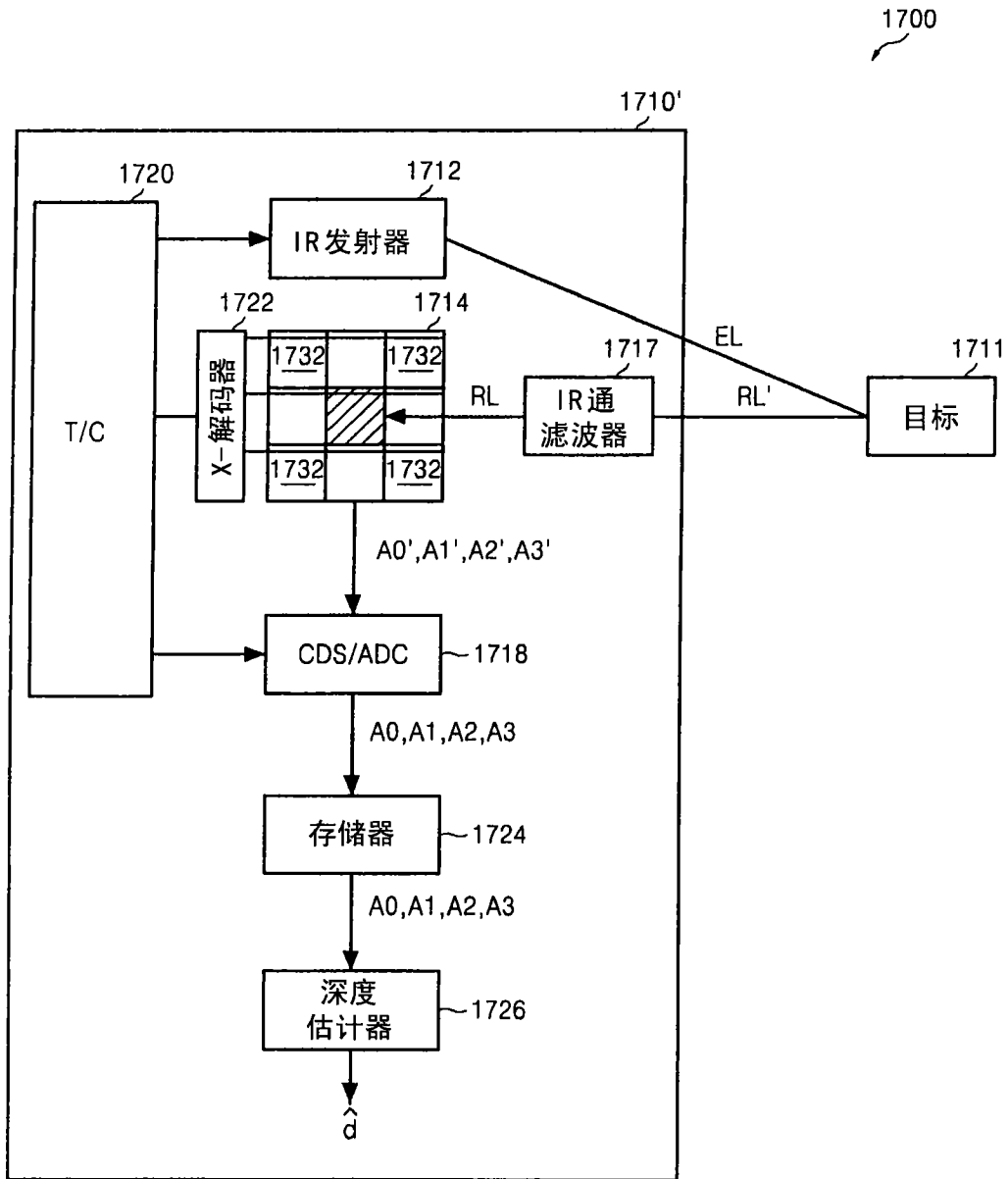


图 17

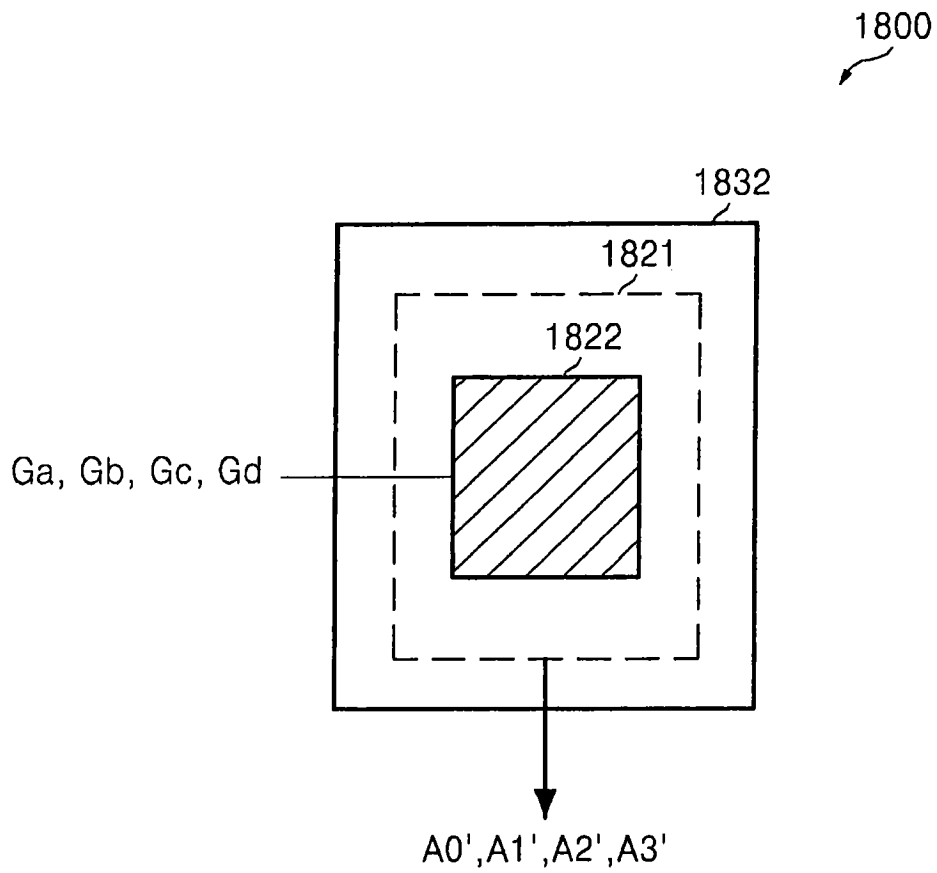
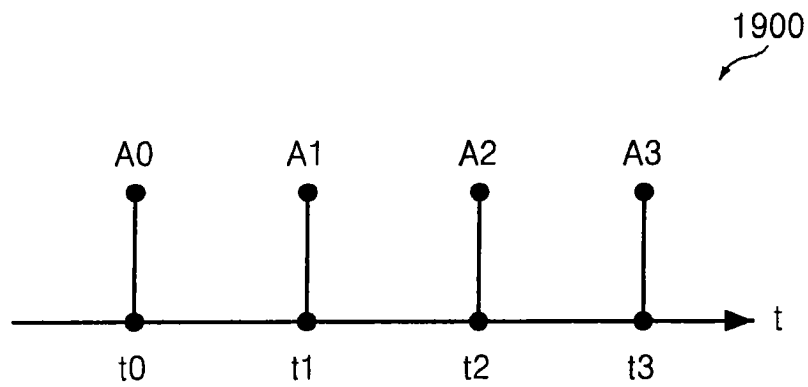


图 18



$$\hat{\theta} = \tan^{-1} \frac{A1(t1) - A3(t3)}{A0(t0) - A2(t2)}$$

图 19

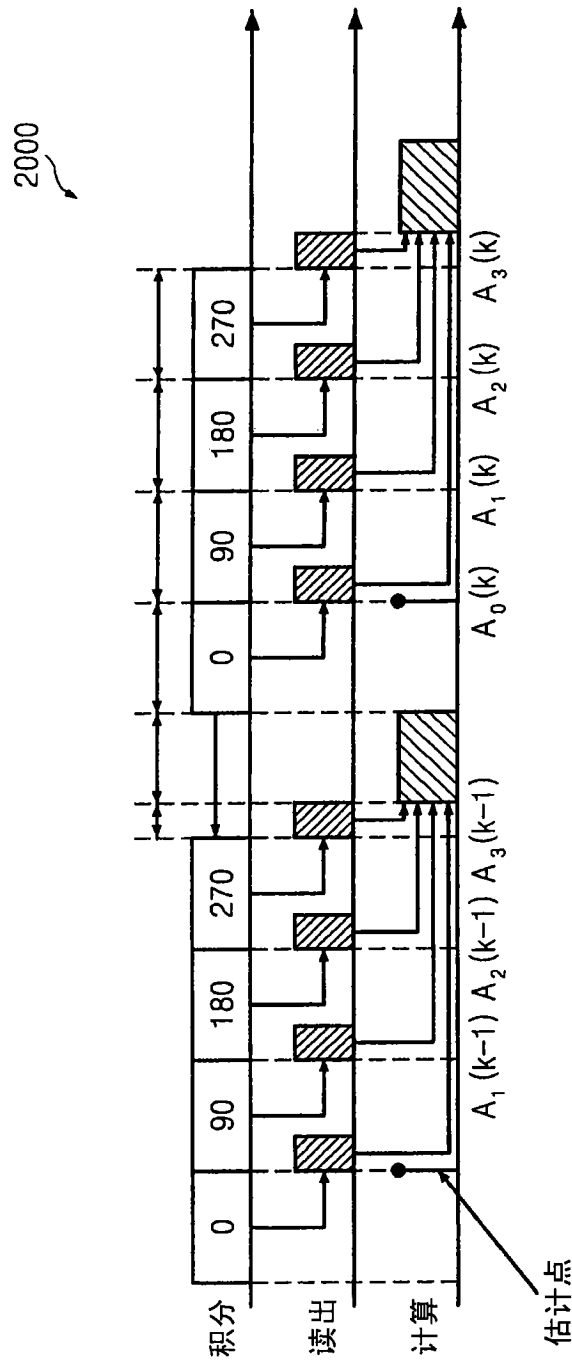


图 20

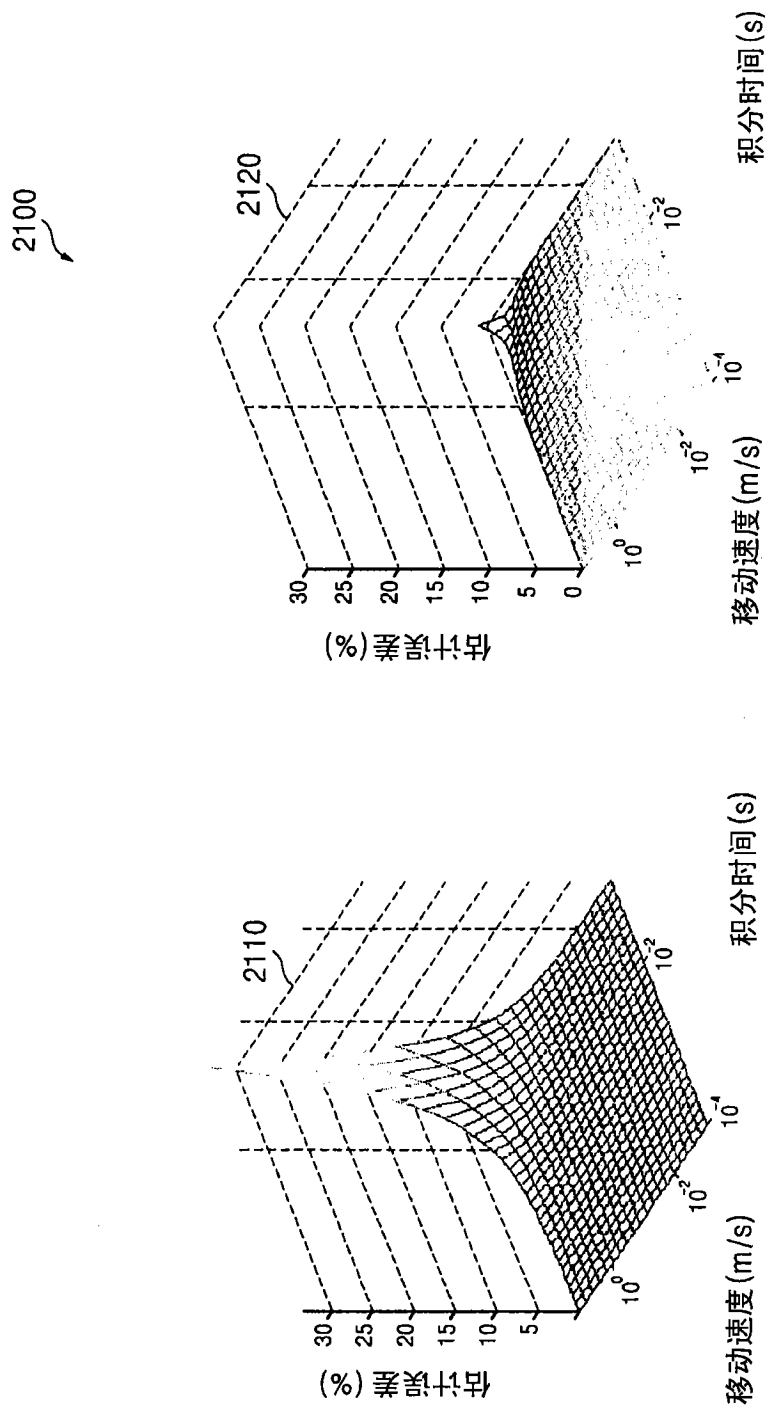


图 21

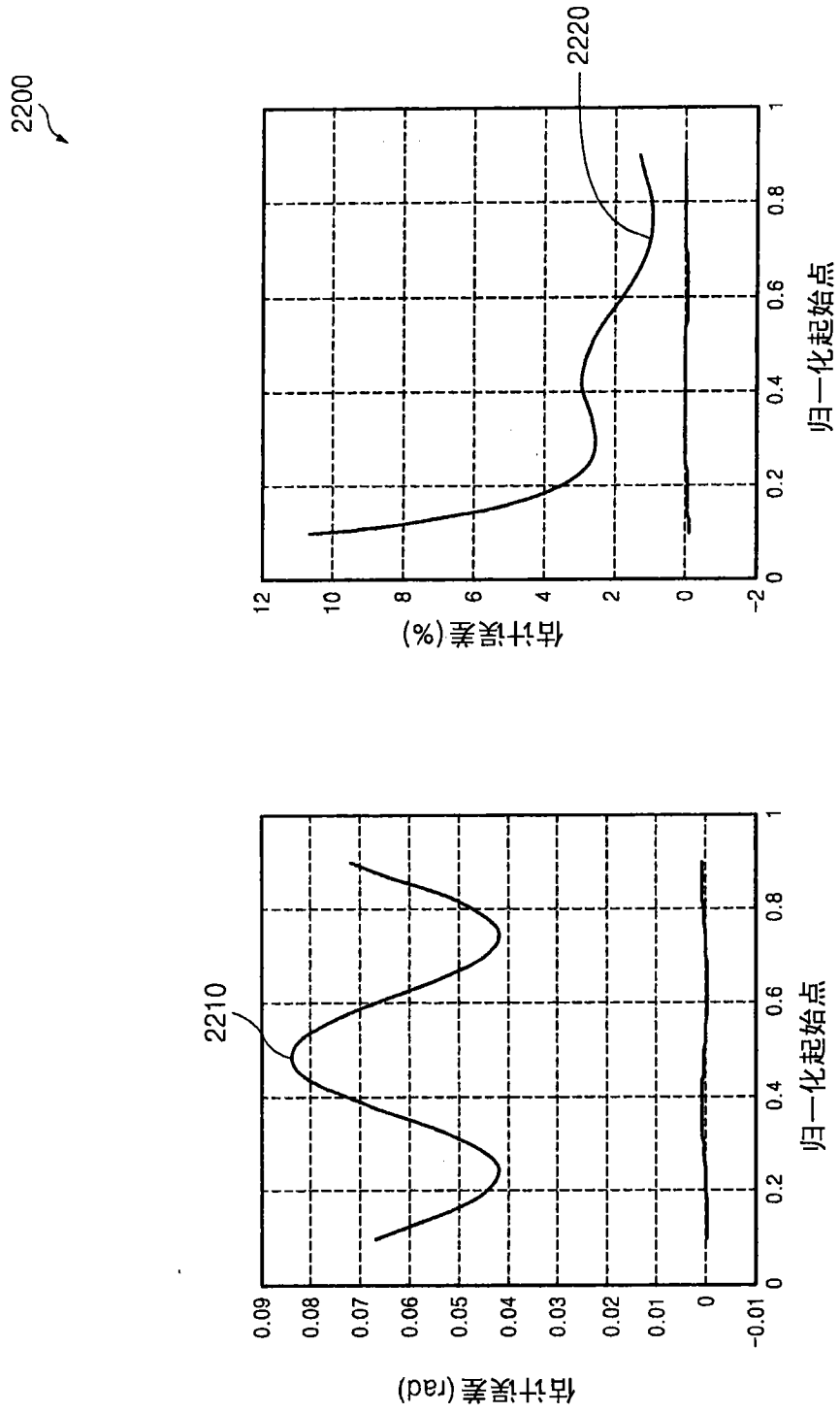


图 22

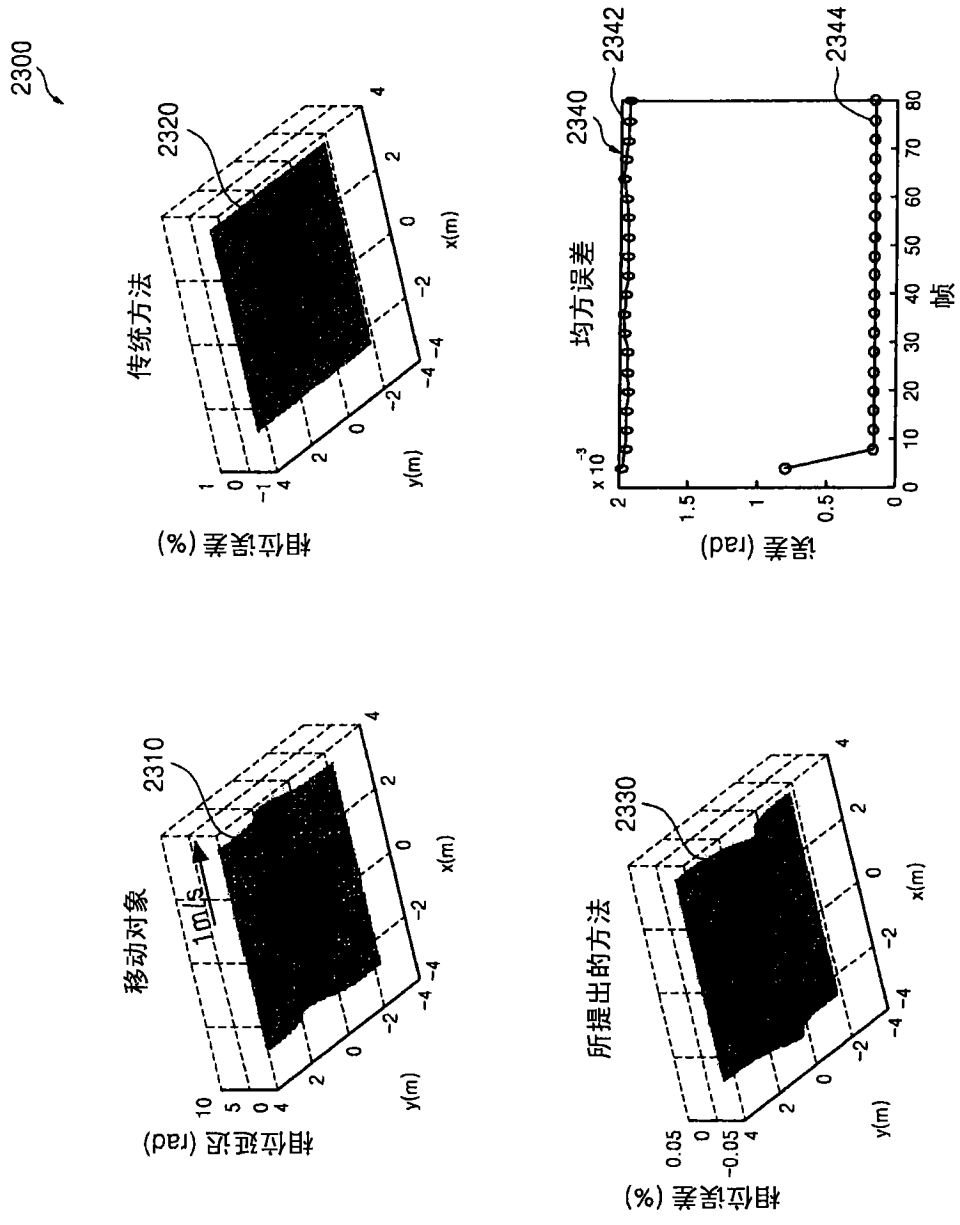


图 23

2400

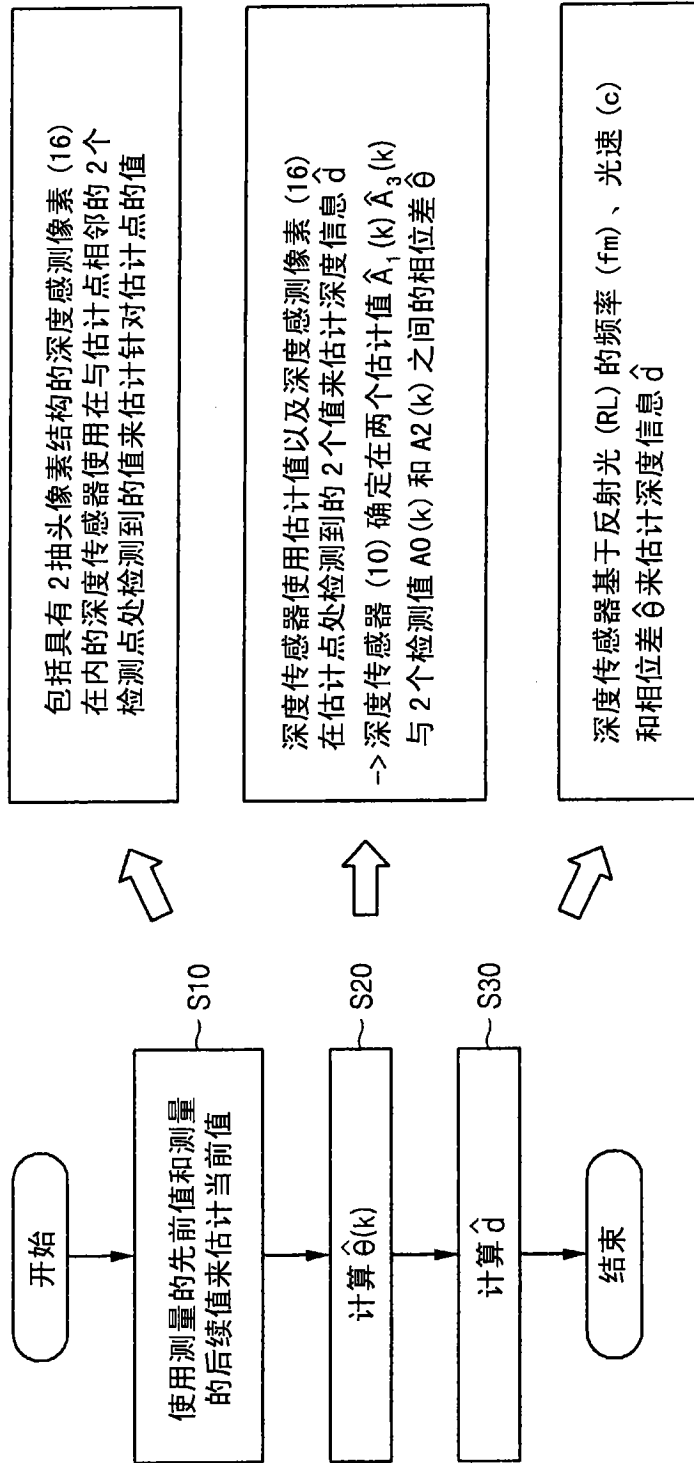


图 24

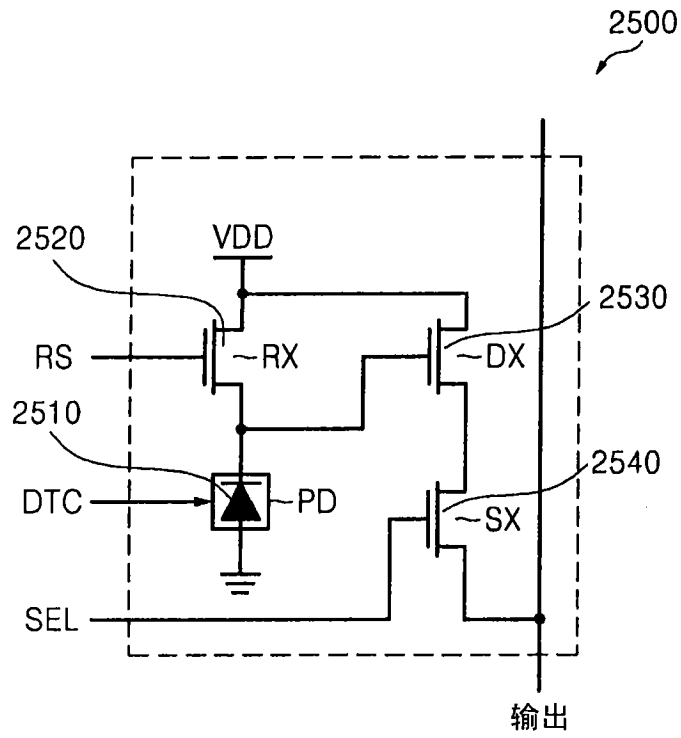


图 25

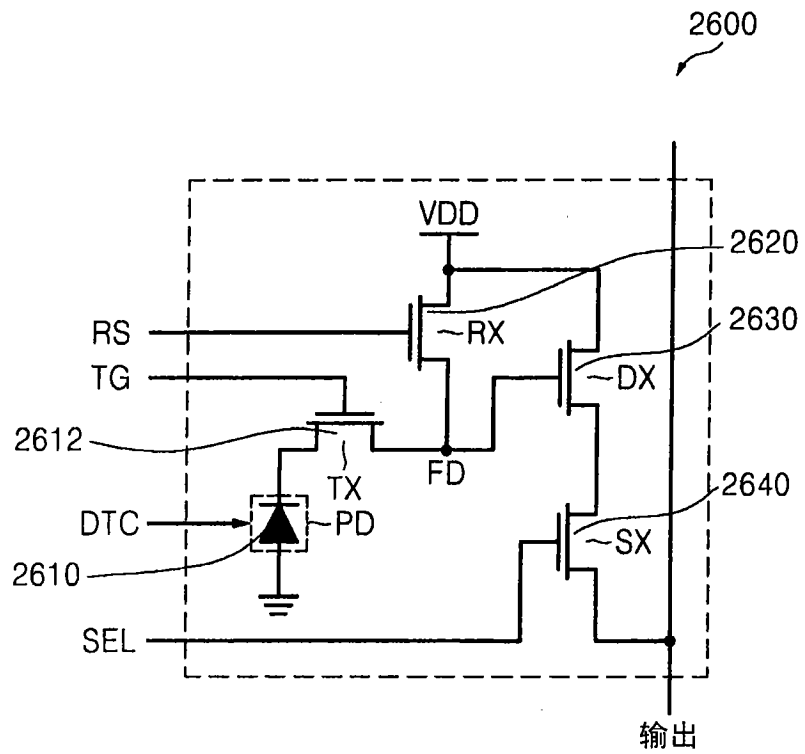


图 26

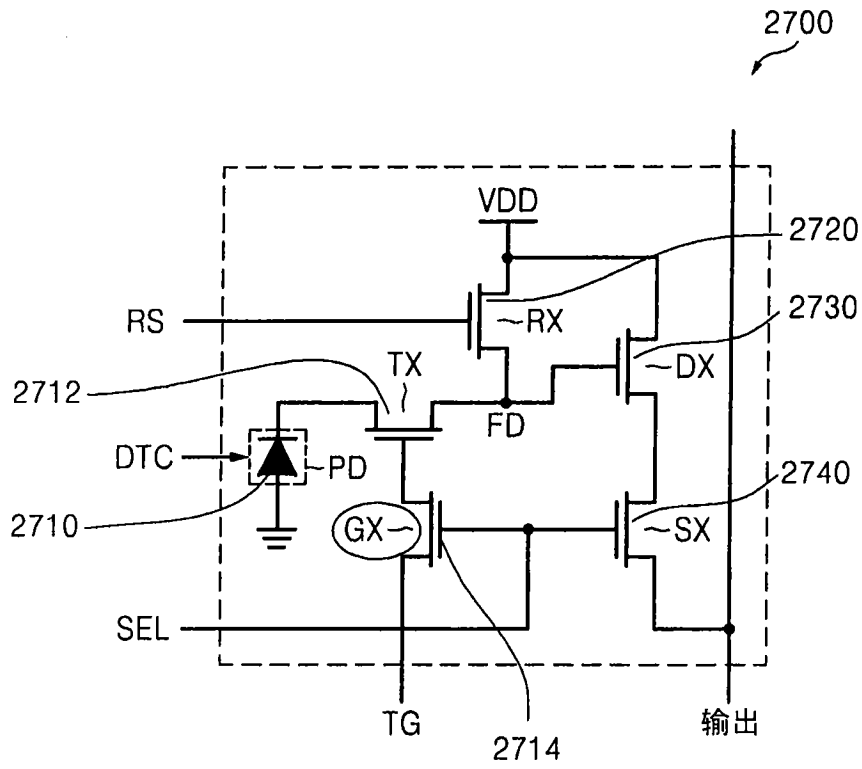


图 27

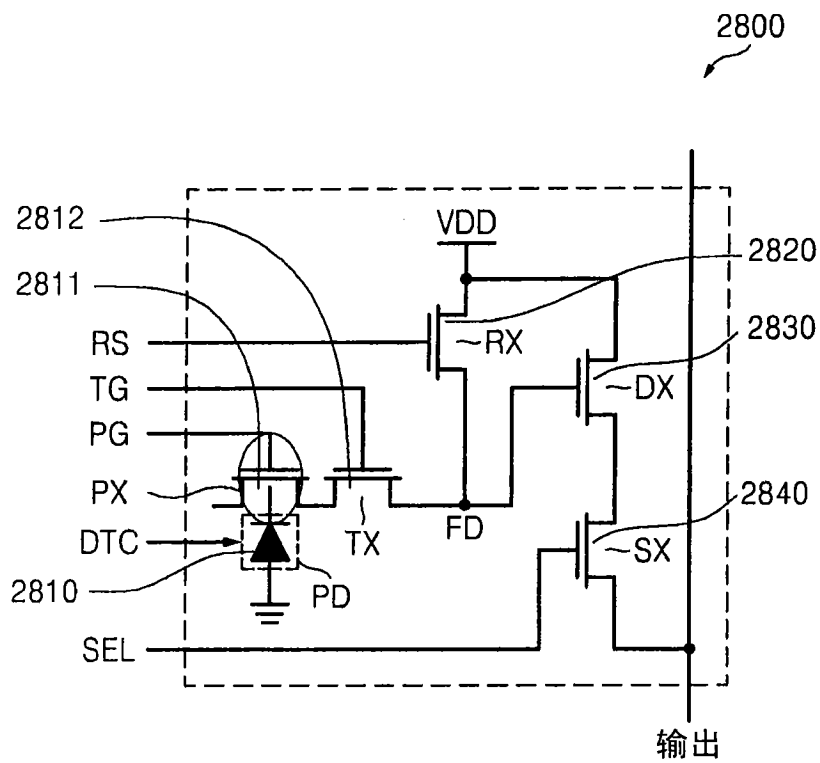


图 28

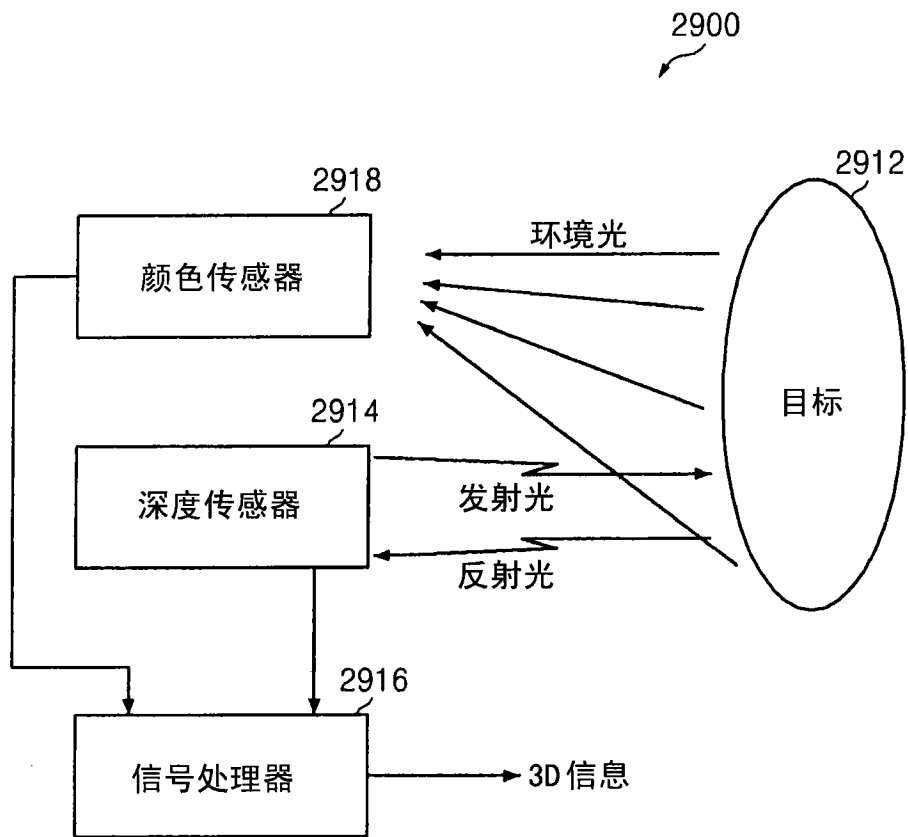


图 29

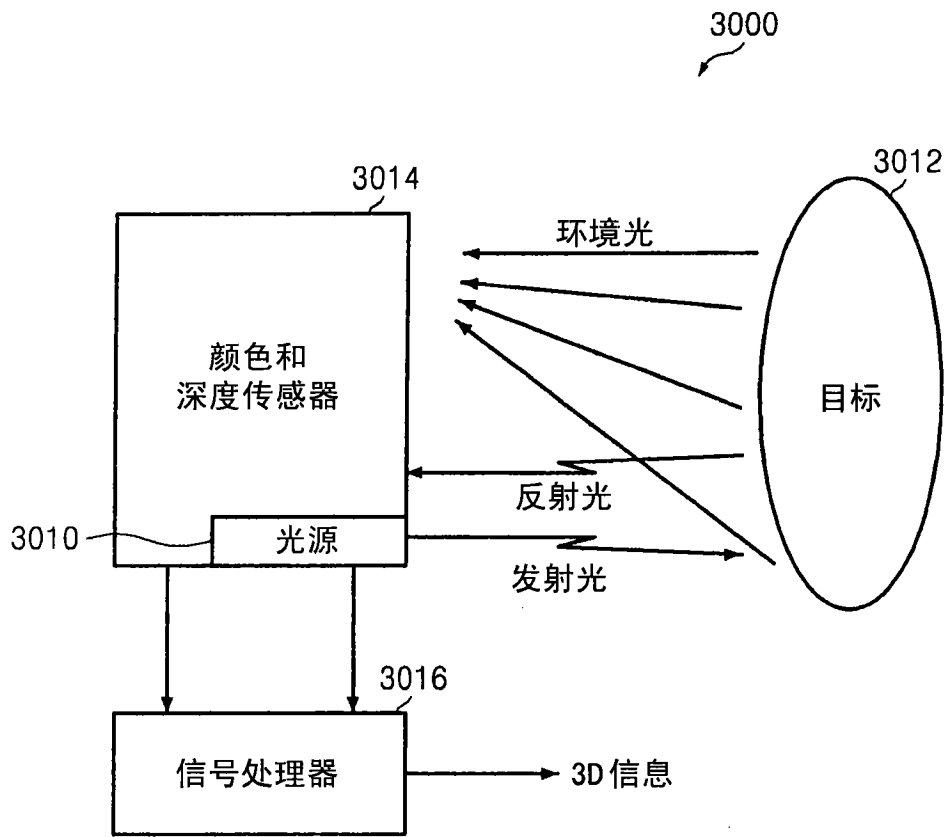


图 30

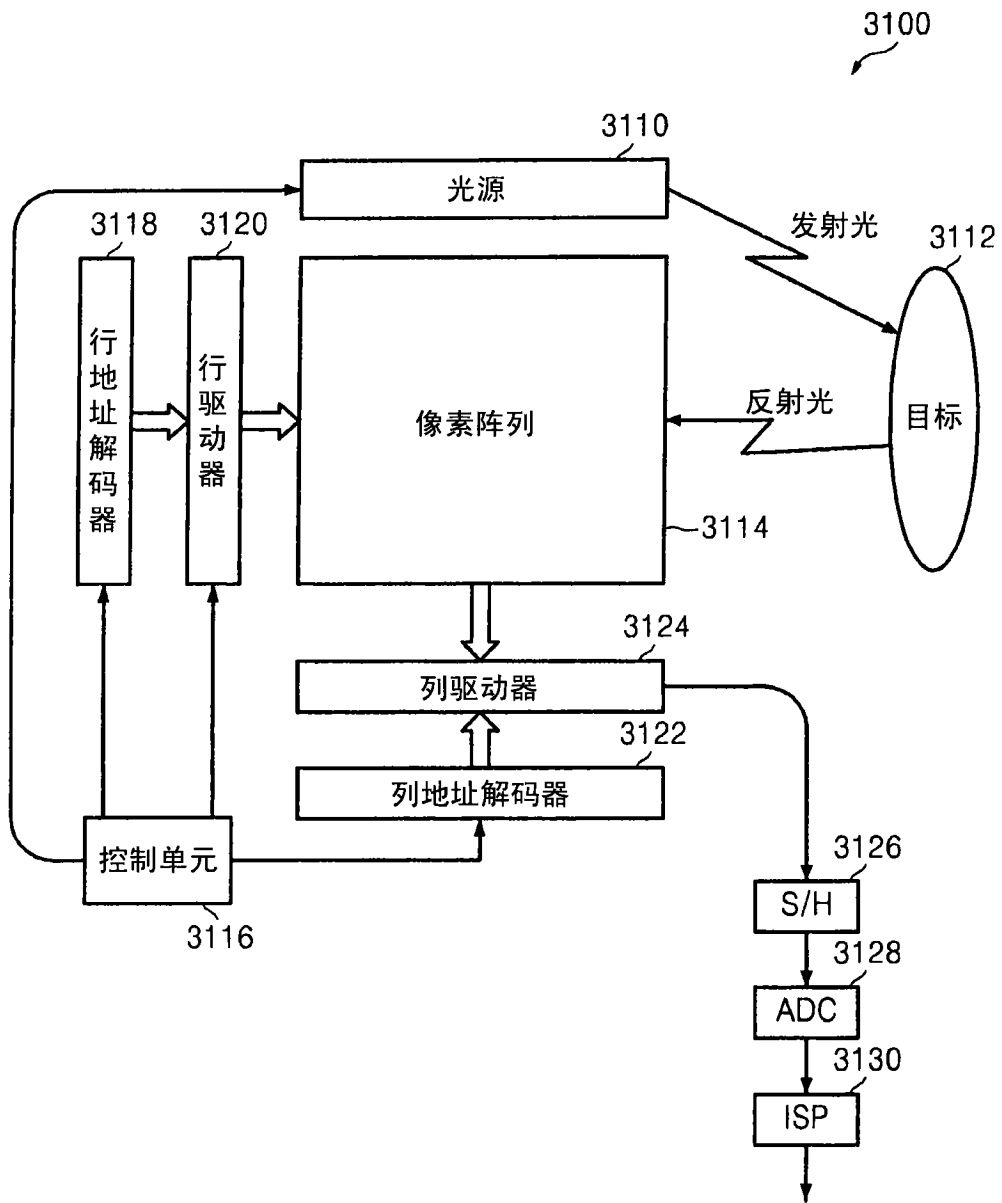


图 31

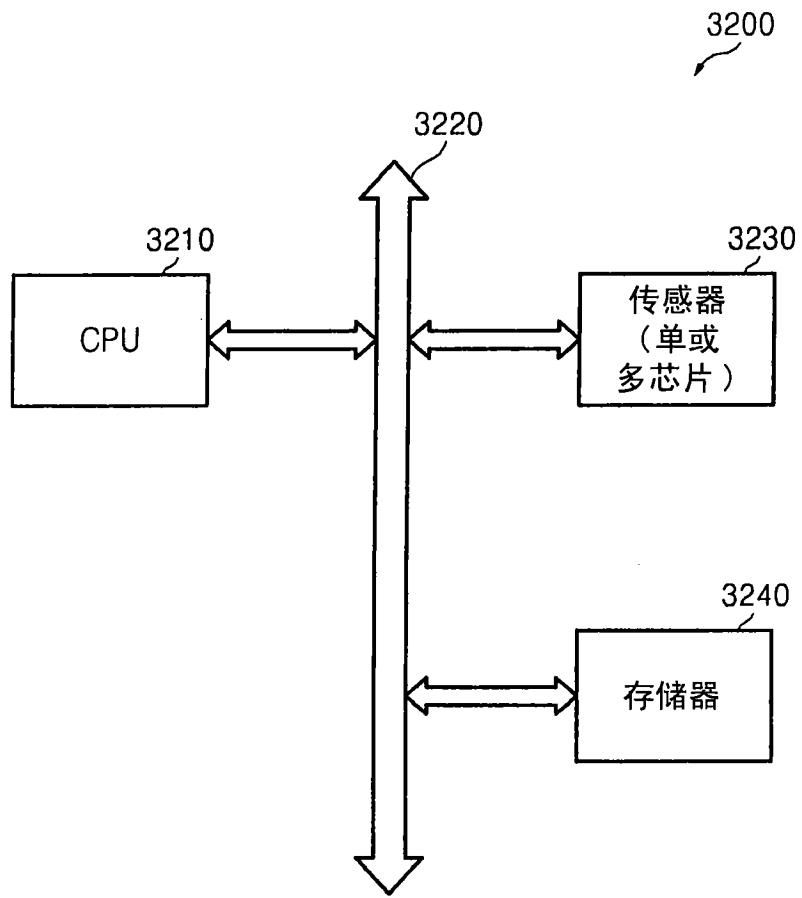


图 32

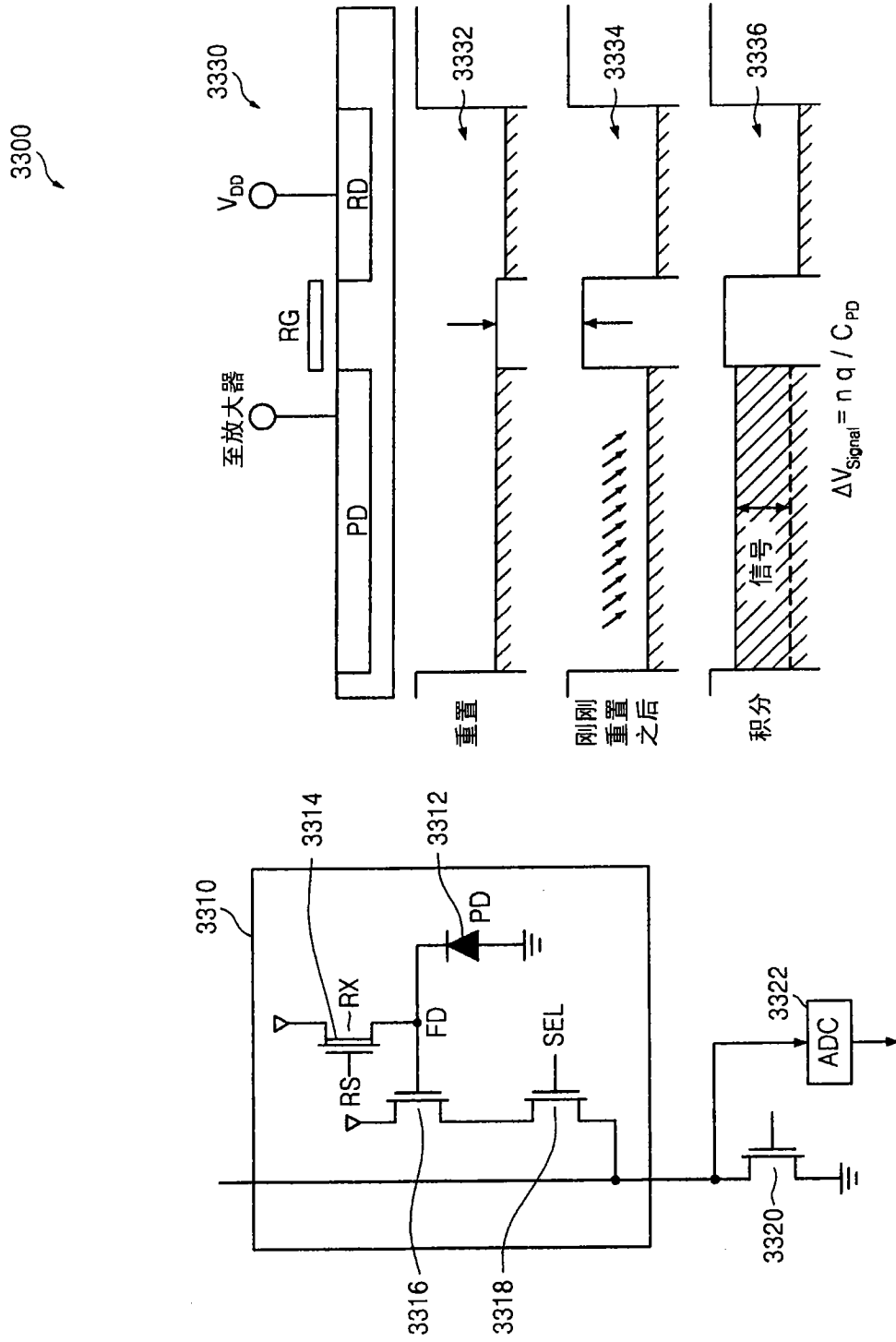


图 33

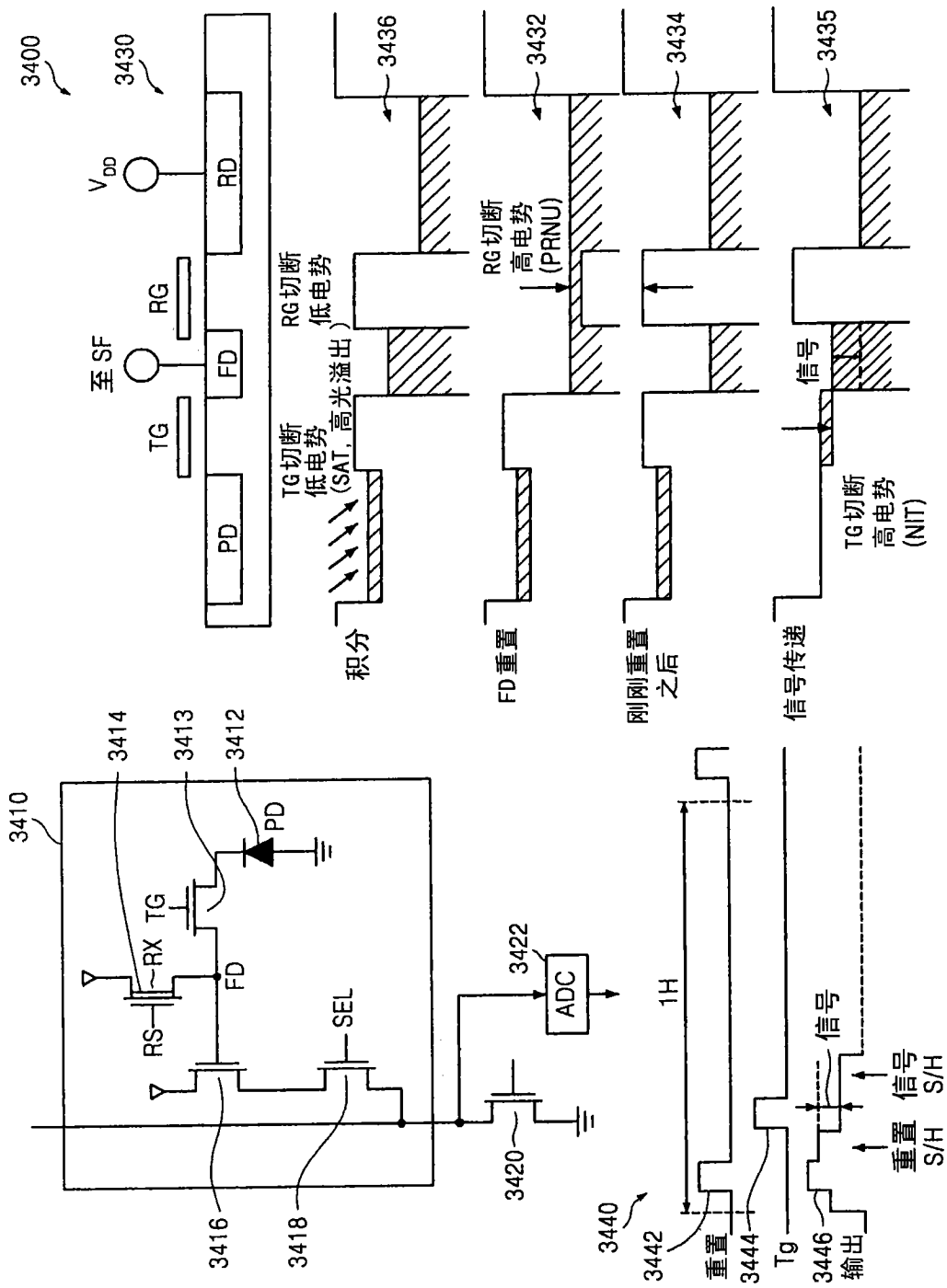


图 34

3500

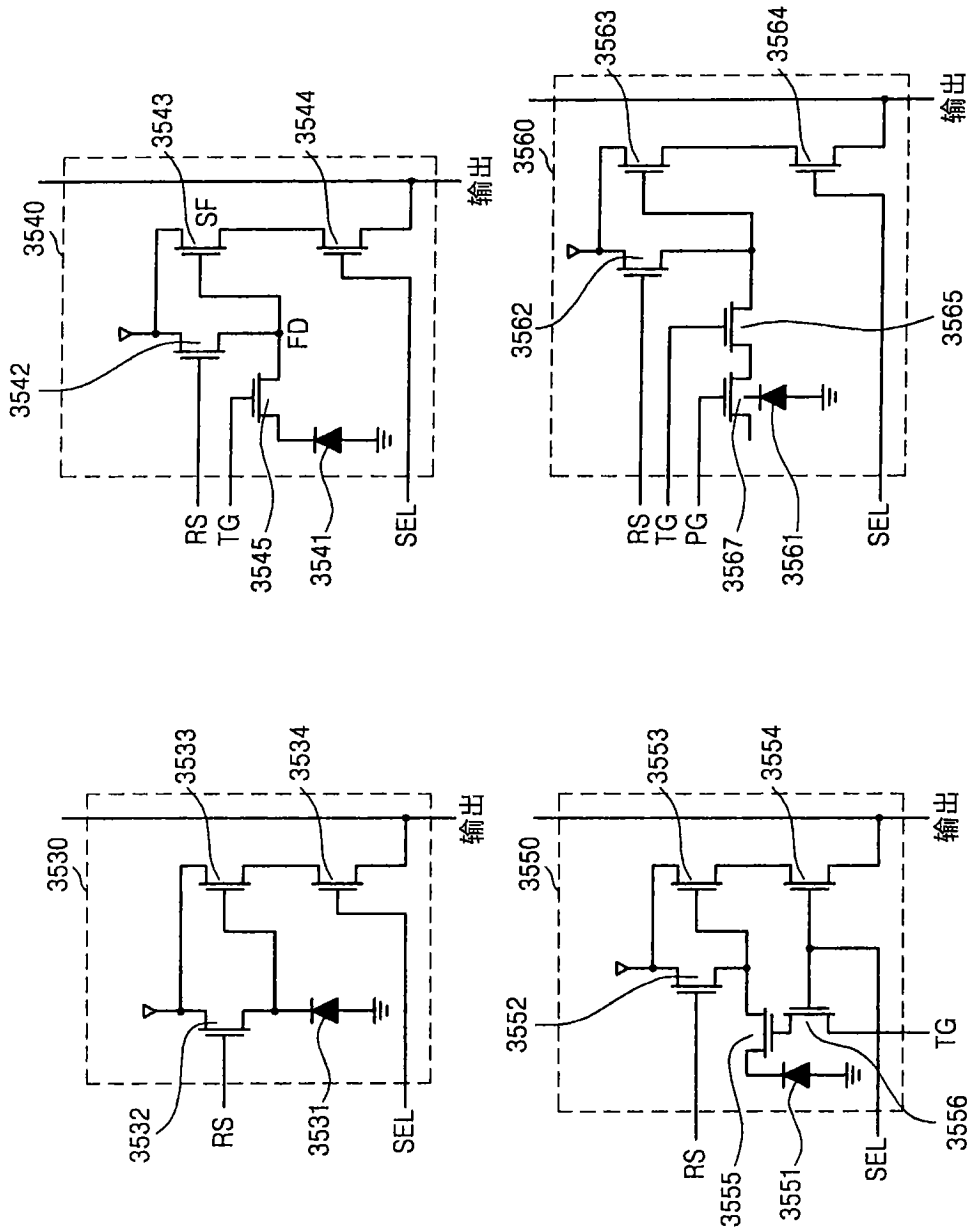


图 35