



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103868471 B

(45)授权公告日 2018.07.03

(21)申请号 201310674771.4

(51)Int.Cl.

(22)申请日 2013.12.11

G01B 11/25(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 103868471 A

(56)对比文件

US 2012089364 A1, 2012.04.12,

US 6503195 B1, 2003.01.07,

(43)申请公布日 2014.06.18

审查员 杜智慧

(30)优先权数据

2012-271775 2012.12.12 JP

(73)专利权人 佳能株式会社

地址 日本东京都大田区下丸子3-30-2

(72)发明人 露木智美 安藤利典

(74)专利代理机构 北京怡丰知识产权代理有限公司 11293

代理人 迟军

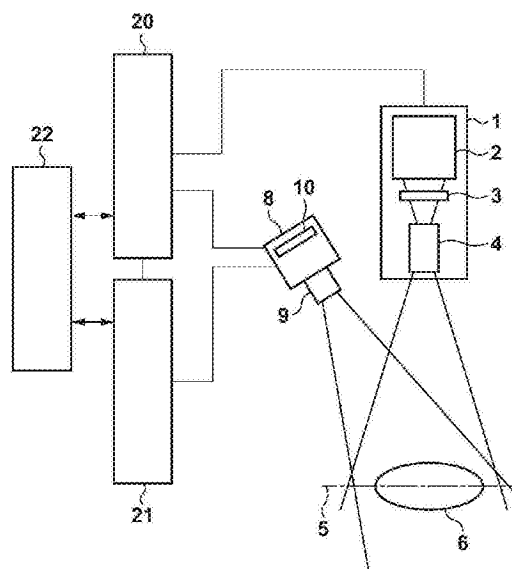
权利要求书2页 说明书7页 附图8页

(54)发明名称

三维形状测量装置及其控制方法

(57)摘要

本发明提供一种三维形状测量装置及其控制方法。将用来确定进行三角测量时的位置的至少一个或更多个第一图案的曝光量,设置为大于其他图案的曝光量,以减小第一图案中的散粒噪声的影响,从而提高精度,并且减少整体的电力消耗。为此,通过将多种类型的图案的图案光投影到测量对象上并且捕获测量对象的图像、来对测量对象的三维形状进行测量的三维形状测量装置,控制投影仪单元和图像捕获单元,将第一图案的曝光量设置为大于第一图案之外的图案的曝光量。



1. 一种测量装置,其包括:

图像获取单元,其包括投影单元和捕获单元,所述投影单元被配置为将多个图案依次投影到对象上,所述捕获单元被配置为通过使用图像捕获设备依次捕获依次投影有所述多个图案的所述对象的多个图像,其中,所述多个图案中的一个图案的亮区间和暗区间的各个的宽度与所述多个图案中的其他图案的亮区间和暗区间的各个的宽度不同;

测量单元,其被配置为将所述多个图像二值化,以指定应用三角测量原理的位置,并基于所述位置测量所述对象的三维形状;以及

控制单元,被配置构造为,以捕获与所述多个图案中的用于确定所述位置的第一图案相对应的图像时的所述图像捕获设备上的曝光量,大于捕获与所述第一图案之外的图案相对应的图像时的所述图像捕获设备上的曝光量的方式,来控制所述图像获取单元。

2. 根据权利要求1所述的测量装置,其中,所述控制单元被配置为以所述第一图案的光量大于所述第一图案之外的图案的光量的方式,来控制所述投影单元。

3. 根据权利要求1所述的测量装置,其中,所述控制单元被配置为以用于获得所述第一图案的图像所需的图像捕获时间大于用于获得所述第一图案之外的图案的图像所需的图像捕获时间的方式,来控制所述捕获单元。

4. 根据权利要求1所述的测量装置,其中,所述控制单元被配置为控制所述捕获单元对所述对象进行多个图像捕获操作,使得对所述第一图案的图像的图像捕获操作的次数大于对所述第一图案之外的图案的图像的图像捕获操作的次数。

5. 根据权利要求4所述的测量装置,其中,所述控制单元被配置为,将通过从通过控制所述捕获单元对投影有所述第一图案的所述对象进行所述多个图像捕获操作而获得的多个图像中,减去外部光分量而获得的多个图像组合。

6. 根据权利要求1所述的测量装置,其中,所述第一图案是所述多个图案中的、具有最窄宽度的图案。

7. 根据权利要求1所述的测量装置,其中,所述多个图案包括通过反转所述第一图案的亮区间和暗区间而获得的图案。

8. 根据权利要求1所述的测量装置,其中,所述测量单元被配置为结合代码化图案光和相位偏移方法,来测量所述对象的三维形状。

9. 根据权利要求1所述的测量装置,其中,与所述第一图案相对应的图像对应于所述第一图案的亮区间,并且与所述第一图案之外的图案相对应的图像对应于所述第一图案之外的图案的亮区间。

10. 一种测量装置的测量方法,所述测量装置包括图像获取单元和测量单元,所述图像获取单元包括投影单元和捕获单元,所述测量方法包括以下步骤:

通过所述投影单元将多个图案依次投影到对象上;

通过所述捕获单元使用图像捕获设备依次捕获依次投影有所述多个图案的所述对象的多个图像;以及

通过所述测量单元将所述多个图像二值化,以指定应用三角测量原理的位置,并基于所述位置测量所述对象的三维形状,

其中,以捕获与所述多个图案中的用于确定所述位置的第一图案相对应的图像时的所述图像捕获设备上的曝光量,大于捕获与所述第一图案之外的图案相对应的图像时的所述

图像捕获设备上的曝光量的方式,来控制所述图像获取单元。

11.根据权利要求10所述的测量方法,其中,以所述第一图案的光量大于所述第一图案之外的图案的光量的方式,来控制所述投影单元。

12.根据权利要求10所述的测量方法,其中,以用于获得所述第一图案的图像所需的图像捕获时间大于用于获得所述第一图案之外的图案的图像所需的图像捕获时间的方式,来控制所述捕获单元。

13.根据权利要求10所述的测量方法,其中,控制所述捕获单元对所述对象进行多个图像捕获操作,使得对所述第一图案的图像的图像捕获操作的次数大于对所述第一图案之外的图案的图像的图像捕获操作的次数。

14.根据权利要求13所述的测量方法,其中,将通过从通过控制所述捕获单元对投影有所述第一图案的所述对象进行所述多个图像捕获操作而获得的多个图像中,减去外部光分量而获得的多个图像组合。

三维形状测量装置及其控制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种通过将图案光投影到测量对象上并且捕获该对象的图像,来获取测量对象的三维形状数据的装置及其控制方法。

背景技术

[0002] 已知一种三维测量装置,其通过以给定关系配备投影仪装置和捕获装置、将来自投影仪装置的多个图案光束投影到测量对象上、并且每次投影了图案光时由捕获装置捕获测量对象的图像,来获取测量对象的三维形状数据。

[0003] 例如,日本特开2007-192608号公报(下文中称为文献)公开了如下技术:通过将多个二值图案投影到测量对象上以将三维空间代码化,来获取测量对象的三维形状信息。

[0004] 当光入射到图像捕获设备中使用的诸如CCD图像传感器的光电检测元件时,获得对应于光强度的信号,同时会产生不可避免的散粒噪声(shot noise)。该散粒噪声影响图案的位置检测的精度。特别地,当入射到图像捕获设备的光的强度弱时,由于散粒噪声相对于光强度较大,因此S/N(Signal/Noise,信号/噪声)比下降,从而降低了要检测的图案的位置检测精度。

[0005] 通过增大捕获图像时的图像捕获设备上的曝光量,该散粒噪声的影响减轻,并且能够提高位置检测精度。然而,在投影多个图案的三维形状测量中,当基于投影侧的光源亮度水平调节图像捕获设备上的曝光量的增加时,电力不希望地增加。当基于捕获图像时的曝光时间调节曝光量的增加时,在进行形状测量之前花费时间,因此产生问题。

发明内容

[0006] 本发明在一个方面提供一种三维形状测量装置,其包括:投影单元,被配置为投影用于对测量对象的三维形状进行测量的多个投影图案;图像捕获单元,被配置为捕获所述投影单元投影了所述多个投影图案的所述测量对象的图像;控制单元,被配置为与捕获所述多个投影图案中的一个或更多个第一投影图案之外的投影图案时的曝光量相比,当捕获所述一个或更多个第一投影图案时,设置更大的曝光量;以及导出单元,被配置为基于所述图像捕获单元捕获的图像,导出所述测量对象的三维形状。

[0007] 本发明在第二方面提供一种三维形状测量装置的控制方法,所述三维形状测量装置具有:投影单元,被配置为投影对测量对象的三维形状进行测量所需的多个投影图案;以及图像捕获单元,被配置为捕获所述投影单元投影了所述多个投影图案的所述测量对象的图像,所述控制方法包括:控制步骤,与捕获所述多个投影图案中的一个或更多个第一投影图案之外的投影图案时的曝光量相比,当捕获所述一个或更多个第一投影图案时,设置更大的曝光量;以及导出步骤,基于所述图像捕获单元捕获的图像,导出所述测量对象的三维形状。

[0008] 根据本发明的实施例,在进行三角测量时确定位置的至少一个或更多个第一图案中,将曝光量设置为大于其他图案,以减小第一图案中的散粒噪声的影响、提高精度、并且

还减少整体的电力消耗。

[0009] 通过以下对示例性实施例的描述(参照附图),本发明的其他特征将变得清楚。

附图说明

[0010] 图1是示出根据实施例的三维形状测量装置的结构图;

[0011] 图2是示出在第一实施例中使用的图案的图;

[0012] 图3是示出捕获的图案的代码化的表;

[0013] 图4是示出从通过捕获图案D而获得的图像数据中获取的色调值的曲线图;

[0014] 图5是示出根据第一实施例的处理序列的流程图;

[0015] 图6是示出根据第二实施例的处理序列的流程图;

[0016] 图7是示出根据第三实施例的处理序列的流程图;以及

[0017] 图8是示出根据第四实施例的处理序列的流程图。

具体实施方式

[0018] 下面,参照附图详细描述根据本发明的实施例。

[0019] 图1示出了根据本实施例的三维形状测量装置的结构。该装置包括投影仪单元1、图像捕获单元8、投影/图像捕获控制单元20、光切断位置检测单元21和三维形状测量单元22。

[0020] 投影仪单元1包括液晶面板3、对液晶面板3进行照明的照明单元2和将液晶面板3的图像投影到布置在检测表面5附近的测量对象6上的投影光学系统4。投影仪单元1在根据来自投影/图像捕获控制单元20的指令调节投影定时的光量的同时,经由液晶面板3将预定图案投影到测量对象6上。例如,光量可以通过投影仪单元1的光源亮度水平来调节,并且可以通过投影仪单元1的投影时间来调节。

[0021] 图像捕获单元8包括图像捕获设备10和图像捕获光学系统9,图像捕获光学系统9使得投影到测量对象6上的图案在图像捕获设备10上作为亮度分布,并且使图像捕获设备10捕获对象6的图像。然后,图像捕获单元8在根据来自投影/图像捕获控制单元20的指令调节图像捕获定时的曝光时间的同时,执行图像捕获操作,并且将图像捕获设备上的亮度分布作为由图像捕获设备离散采样的色调分布,输出到光切断位置检测单元21。在本说明书中,将在三角测量中使用的图像中的图案光的位置称为光切断位置。

[0022] 投影/图像捕获控制单元20对整个装置进行控制。也就是说,投影/图像捕获控制单元20控制投影仪单元1在预定定时将预定图案投影到测量对象上,并且控制图像捕获单元8捕获测量对象上的图案。此外,投影/图像捕获控制单元20包括保持指示稍后描述的曝光图案的图案数据的存储器。

[0023] 根据本实施例的三维形状测量装置布置在环境照明(未示出)下面。因此,将由该环境照明产生的亮度分布与投影到测量对象上的投影图案相加。投影仪单元1投影至少两种类型的图案,图像捕获单元8捕获与各个图案相对应的图像,并且光切断位置检测单元21从捕获的图像中检测光切断位置。

[0024] 在本实施例中,在光切断位置的检测中,使用多种类型的图案。在这种情况下,使用图2所示的四种类型的图案A至D,作为实际示例。图2所示的各个图案还是指示投影仪单

元1的液晶面板3上的亮和暗液晶像素的图案。假设白色部分是光透过的部分(点亮测量对象的表面的部分),而黑色部分是光遮蔽部分。如图2所示,图案D的亮和暗区间的线宽度小于图案A至C的亮和暗区间的线宽度。

[0025] 在第一实施例中,使用图2所示的图案A至D,来识别光切断位置,特别地,还使用图案D来定义光切断位置。注意,图2所示的图案A至C中的一个或多个图案表示本发明的第二图案,而图案D表示本发明的第一图案。

[0026] 下面,描述本实施例中的光切断位置的识别和定义。

[0027] 如上所述,如图2所示的亮和暗区间的线宽度最小的图案D不仅用于识别光切断位置,还用于定义光切断位置。因此,下面描述使用图案D的光切断位置定义方法的示例。

[0028] 当投影仪单元1将与图案D相对应的图案光投影到测量对象上,并且图像捕获单元8捕获图像时,能够获取由图像捕获设备离散采样的图4所示的色调分布。图4的横轴绘制了图像捕获设备的像素位置,而纵轴绘制了色调值(亮度值)。

[0029] P1表示在采样的图案的一个亮-暗周期H期间,与具有最高色调值的色调点和具有最低色调值的色调点相对应的点,并且在本实施例中,将这些点P1的位置定义为光切断位置。注意,用来定义光切断位置的图案和方法不限于这些。

[0030] 下面,描述光切断位置的识别。投影并捕获用来识别光切断位置的图案A、B和C,由此获取各个捕获图像。在由前述图案D的捕获图像定义的光切断位置,如图3所示,将捕获的图案A至C的捕获图像的亮度值的亮和暗水平二值化为“1”和“0”。例如,亮区间为“1”,而暗区间为“0”。

[0031] 根据基于图案D的捕获图像定义的光切断位置的色调值,将捕获的图案D的亮和暗水平类似地二值化。然后,根据图案A至D的二进制值,确定用来识别光切断位置的十进制代码值。

[0032] 注意,在本实施例中,使用四种类型的图案来确定用来识别光切断位置的代码值,但是要投影的图案的数量可以依据测量情形而改变。

[0033] 在图2中,一种类型的图案包括具有相等宽度的亮和暗区间。然而,使用诸如格雷码(gray code)的其他方法,一种类型的图案可以包括具有不同线宽度的亮和暗区间。由于格雷码是公知的方法,因此不给出其详细描述。代码值的数量依据图案的数量的改变以及图案中的亮和暗区间的线宽度的改变而改变。在图3的示例中,代码值用十进制值表示,但是可以作为二进制值或者使用格雷码等,来计算代码值。

[0034] 三维形状测量单元22基于由光切断位置检测单元21定义的光切断位置和识别的代码值,使用三角测量原理,来测量各个光切断位置的三维坐标值。

[0035] 注意,当获取的图案D的图像捕获结果包括散粒噪声或者环境中的外部光分量时,在定义的光切断位置中产生误差。

[0036] 当在定义的光切断位置中产生误差时,必须在从图案D的图像捕获结果中减小散粒噪声和干扰光的因素之后,定义光切断位置。

[0037] 然而,由于仅需要根据作为图像捕获结果的各图案的亮和暗浓度水平来识别二进制值“1”和“0”,因此仅使用图案A至C来确定代码值。因此,即使当图像捕获结果包括散粒噪声、干扰分量等时,也不会对三维形状测量的检测精度产生任何影响。也就是说,即使当用来识别光切断位置的图案的图像捕获结果包括噪声分量时,也不产生严重的问题。然而,作

为定义光切断位置所需的图案D的图像捕获结果,不包括噪声分量等的图像捕获结果是理想的。

[0038] 在本实施例中,下面,参照图5所示的流程图,详细描述从图案D的图像捕获结果中减小散粒噪声因素的方法。

[0039] 在步骤S501中,设置(或者调节)用来定义光切断位置的图案D的投影光量。在步骤S502中,投影仪单元1将交替布置有亮区间和暗区间的作为第一图案的图案,投影到测量对象6上。然后,图像捕获单元8捕获投影了图案D的测量对象6的图像,以获取图像捕获结果G1。然后,根据图像捕获结果G1,计算如图4所示的定义光切断位置的点P1。

[0040] 在步骤S503中,设置在投影用来识别光切断位置的图案时使用的光量。

[0041] 即使当用来识别光切断位置的图案的图像捕获结果包括大于用来定义光切断位置的图像捕获结果的噪声分量时,其对三维形状测量精度也有较小的影响。因此,将光量调节为小于在步骤S501中设置的光量。

[0042] 在步骤S504中,投影仪单元1依次将交替布置有亮区间和暗区间的作为第二图案的图案A至C,投影到测量对象6上。然后,图像捕获单元8捕获投影了图案A至C的测量对象6的图像,由此获取图像捕获结果G2至G4。

[0043] 最后,在步骤S505中,使用图像捕获结果G1至G4,计算代码值。

[0044] 当如在本实施例中投影用来识别光切断位置的图案时,投影仪单元的光量减小,继而使入射到图像捕获设备的光量降低,由此抑制投影定时的电力。

[0045] 在本实施例中,仅使用三种类型的图案来识别光切断位置。然而,依据测量范围和测量条件,可以大幅增加图案的数量。在这种情况下,节约浪费的电力的效果非常大。在本实施例中,通过调节投影仪单元的光量,来调节入射到图像捕获设备的曝光量。作为另选方案,例如,可以执行步骤S501和S504,以“设置图像捕获单元的曝光时间”,也就是说,可以通过调节图像捕获单元的曝光时间,来调节入射到图像捕获设备的曝光量。

[0046] 当通过减少图像捕获单元的曝光时间,来降低入射到图像捕获设备的光量时,可以在用来识别光切断位置的所有类型的图案中,缩短捕获图像所需的曝光时间,由此缩短直到三维形状测量的检测所需的时间。特别地,当捕获图像所需的曝光时间缩短时,在识别光切断位置所需的要进行投影/图像捕获操作的图案的数量增加的情况下,直到三维形状测量的检测的时间可以大幅缩短。

[0047] 以这种方式,在用来识别光切断位置的图案的投影/图像捕获操作的情况下,入射到图像捕获设备的光量减小,而在用来定义光切断位置的图案的情况下,光量增加,由此仅减小所需的图案中的散粒噪声,并且准确地检测三维形状测量。

[0048] 在图5所示的流程图中,在用来定义光切断位置的图案D的投影/图像捕获操作之后,执行用来识别光切断位置的图案的投影/图像捕获操作。然而,只要满足本实施例的特征,可以反转测量图案的顺序。

[0049] [第二实施例]

[0050] 下面,参照图6所示的流程图,作为第二实施例,描述通过对多次捕获的图案D的图像捕获结果进行积分,来减小散粒噪声的方法。注意,装置结构与第一实施例相同,并且不重复其描述。

[0051] 在步骤S601中,设置投影用来定义光切断位置的图案D时的光量。

[0052] 在步骤S602至S604中,重复5次用来定义光切断位置的图案的图像捕获操作。在步骤S603中,将图案D投影到测量对象6上,并且图像捕获单元8捕获5次投影了图案D的测量对象6,以获取图像捕获结果G(1)至G(5)。

[0053] 然后,在步骤S605中,计算5次图像捕获操作的图像捕获结果G(1)至G(5)的组合结果 S_t 。

[0054] 在步骤S606中,根据组合结果 S_t ,计算用来定义光切断位置的点P1。

[0055] 由于散粒噪声统计上是随机生成的,因此每次执行多个图像捕获操作中的各个时,生成量都改变。由于该原因,通过组合图案D的多个图像捕获结果,相对于组合光强度,能够减小散粒噪声的影响。因此,使用组合结果 S_t ,能够准确地定义光切断位置。

[0056] 由于步骤S607至S609与图5中的步骤S503至S505相同,因此不重复其描述。

[0057] 在前述第二实施例中,通过调节投影仪单元的光量,来调节入射到图像捕获设备的曝光量。作为另选方案,例如,可以在步骤S601中设置图像捕获单元的曝光时间,并且可以在步骤S606中进行调节来减少图像捕获单元的曝光时间。也就是说,可以使用曝光时间,来调节曝光量。

[0058] 在步骤S607中,对于当投影图案D以捕获图像时入射到图像捕获设备的光量,设置为减少当投影图案A至C以捕获图像时入射到图像捕获设备的光量。在组合多个图像捕获结果的第二实施例中,依据测量情形,可以省略步骤S607。

[0059] 在第二实施例中,将图案D的投影/图像捕获操作中的图像捕获操作的次数设置为5次。然而,测量次数可以是2次或更多次,并且可以依据情形而改变。此外,可以自动设置图像捕获操作的次数,使得可以针对各个图像捕获操作计算结果 S_t ,并且重复进行投影/图像捕获操作,直到结果 $S(t)$ 超过特定强度为止。

[0060] [第三实施例]

[0061] 参照图7所示的流程图,作为第三实施例,描述从图案D的图像捕获结果中去除干扰光,并且组合多个图像捕获结果以减小散粒噪声的示例。注意,装置结构与第一实施例相同,并且不重复其描述。

[0062] 在步骤S701中,设置要投影的光量,并且在步骤S702中,设置图像捕获单元的图像捕获时间。

[0063] 接下来,在步骤S703中,将投影仪单元设置在不活动状态,以捕获测量对象的图像,由此单独获取外部光分量的图像捕获结果 G_0 。

[0064] 在步骤S704至S707中,重复多次(在本实施例中为5次)用来定义光切断位置的图案D的图像捕获操作。在步骤S705中,将图案D投影到测量对象6上,并且图像捕获单元8捕获5次投影了图案D的测量对象6,由此获取图像捕获结果G(1)至G(5)。

[0065] 然后,在步骤S706中,从多次图像捕获操作的图像捕获结果G(1)至G(5)中,减去干扰光分量 G_0 ,由此计算去除了干扰光分量的结果S(1)至S(5)。

[0066] 在步骤S708中,组合去除了干扰光分量的结果S(1)至S(5),以计算结果 S_t 。由于后续步骤S709至S712与图6中的步骤S606至S609相同,因此不重复其描述。

[0067] 如上所述,通过组合去除了干扰光分量的图案D的多个图像捕获结果,能够计算去除了干扰光的噪声分量并且相对于光强度的散粒噪声的影响减小的结果 S_t ,由此定义具有提高的精度光切断位置。

[0068] 当在步骤S710中减少了在捕获用来识别光切断位置的图案的图像的入射到图像捕获设备的光量的情况下,由于获取的图像捕获结果GA至GC的噪声分量很多,而难以识别光切断位置时,依据测量情形,可以省略步骤S710。

[0069] 另一方面,当依据测量表面的位置,而使外部光分量产生了严重的不均匀时,该外部光的不均匀性可能严重影响用来识别光切断位置的图案的图像捕获结果,并且可能难以计算代码值。

[0070] 这时,虽然在图7的流程图中未示出,但是在从结果GA至GC中减去干扰光分量G0之后,计算代码值,以解决该问题。

[0071] 在第三实施例中,将图案D的投影/图像捕获操作中的图像捕获操作的次数设置为5次。然而,测量次数可以是2次或更多次,并且可以依据情形而改变。用来定义和识别光切断位置的图案和方法不限于这些。

[0072] [第四实施例]

[0073] 下面,根据图8所示的流程图,作为第四实施例,描述从两种类型的亮-暗图案的图像捕获结果中检测交点位置,并且将该交点位置定义为光切断位置的方法。注意,装置结构与第一实施例相同,并且不重复其描述。

[0074] 在图8的流程图中,使用图案A'至E'(未示出),来检测三维形状。

[0075] 在第四实施例中,使用图案A'至C'来识别光切断位置,并且使用图案D'和E'来定义光切断位置。在图案D'和E'上,交替布置了亮区间和暗区间,并且通过反转图案D'的亮区间和暗区间,来获得图案E'。例如,可以容易地理解,当图案D'与图2所示的图案D相同时,图案E'具有通过反转图案D的白色部分和黑色部分而获得的关系。注意,用来检测交点位置的图案可以包括具有不同线宽度的亮区间和暗区间,或者可以使用具有不同相位的图案,作为用来检测交点位置的两种类型的图案,并且使用的图案不限于在第四实施例中使用的这些图案。

[0076] 在步骤S801中,设置投影用来定义光切断位置的图案时的光量。

[0077] 在步骤S802中,在不对投影仪单元进行照射的情况下,捕获测量对象的图像,以单独获取外部光分量的图像捕获结果G0。

[0078] 在步骤S803至S806中,重复5次用来定义光切断位置的图案D'和E'中的各个的图像捕获操作,以获取图像捕获结果G1(1)至G1(5)和G2(1)至G2(5)。注意,G1()表示图案D'的图像捕获结果,并且G2()表示图案E'的图像捕获结果。

[0079] 然后,在步骤S807中,从多次图像捕获操作的图像捕获结果G1(1)至G1(5)和G2(1)至G2(5)中,减去干扰光分量G0,由此计算去除了干扰光分量的结果S1(1)至S1(5)和S2(1)至S2(5)。

[0080] 在步骤S808中,组合在步骤S807中计算的结果S1(1)至S1(5)和S2(1)至S2(5),以计算结果S1t和S2t,并且根据结果S1t和S2t,计算交点。

[0081] 当作为离散采样的色调分布,计算结果S1t和S2t时,将在结果S1t的色调点和结果S2t的色调点之间具有相同色调点的位置,定义为光切断位置。

[0082] 通过组合去除了干扰光分量的多个图像捕获结果,能够同时减小相对于光强度的散粒噪声的影响和外部光分量的影响。

[0083] 由于步骤S808至S811与图6中的步骤S606至S609基本相同,因此不重复其描述。

[0084] 在第四实施例中,从两种类型的亮-暗图案中检测交点位置,并且将其定义为光切断位置。作为另选方案,可以将相邻交点位置之间的中点定义为光切断位置,并且定义光切断位置的方法不限于本实施例的方法。在本实施例中,将图案D'和E'的投影/图像捕获操作中的图像捕获操作的次数设置为5次。然而,测量次数可以是2次或更多次,并且可以依据情形而改变。

[0085] 定义光切断位置的方法不限于投影包括亮区间和暗区间的二值图案的方法。例如,如在日本特开2004-77290号公报和2004-226186号公报中所公开的,可以使用利用多值图案来定义光切断位置的方法。

[0086] 如上所述,根据第一至第四实施例,将第一图案的曝光量设置为大于第一图案之外的图案的曝光量,由此在用来定义光切断位置的第一图案的图像捕获操作中,获得散粒噪声减小的图像捕获结果。

[0087] 例如,当使用在偏移相位的同时多次投影诸如正弦波图案的波形图案的相位偏移方法(如在日本特开2011-133327号公报等中公开)时,适用本发明。例如,这是使用在相位偏移方法中使用的多个波形图案作为第一图案,并且一起使用在第一实施例中描述的图案A至C,作为比这些相位偏移图案的重复密度大的深度确定方法时的情况。在这种情况下,确定三角测量计算的位置的图案是作为第一图案的相位偏移图案。即使在这种情况下,也将第一图案的曝光量设置为大于第一图案之外的图案的曝光量,由此在用来定义光切断位置的第一图案的图像捕获操作中,获得散粒噪声减小的图像捕获结果。也就是说,第一图案不限于包括亮区间和暗区间的图案,而只要图案能够确定三角测量计算的位置,可以使用任意其他方法。即使在这种情况下,也不会失去本发明的优点。

[0088] 此外,通过使用投影仪单元1的光源亮度水平,调节图像捕获定时的曝光量,可以针对第一图案之外的图案(即,用来识别光切断位置的图案),抑制投影定时的电力。作为另选方案,通过使用图像捕获单元8的曝光时间,来调节图像捕获定时的曝光量,可以适当地缩短直到第一图案和其余图案的投影/图像捕获操作完成为止所需的时间,并且可以缩短直到三维形状测量为止的检测时间。当通过计算多个图像捕获结果,来增加第一图案的曝光量时,可以获得散粒噪声的影响进一步减小的图像捕获结果。其结果是,可以准确地定义光切断位置。此外,当在从多个图像捕获结果中减去外部光分量之后,计算第一图案的曝光量的增加时,可以获得去除了环境中的外部光分量并且散粒噪声的影响减小的图像捕获结果。其结果是,可以准确地计算光切断位置。此外,对于第一图案的曝光量的增加,通过将多个图像捕获结果转换为数字图像数据,便于进行数据处理。

[0089] 其他实施例

[0090] 本发明的各方面还能够通过读出并执行记录在存储装置上的用于执行上述实施例的功能的程序的系统或设备的计算机(或诸如CPU或MPU的装置)、以及由系统或设备的计算机例如读出并执行记录在存储装置上的用于执行上述实施例的功能的程序来执行步骤的方法来实现。鉴于此,例如经由网络或者从用作存储装置的各种类型的记录介质(例如计算机可读介质)向计算机提供程序。

[0091] 虽然参照示例性实施例对本发明进行了说明,但是应当理解,本发明不限于所公开的示例性实施例。所附权利要求的范围符合最宽的解释,以使其涵盖所有这种变型、等同结构及功能。

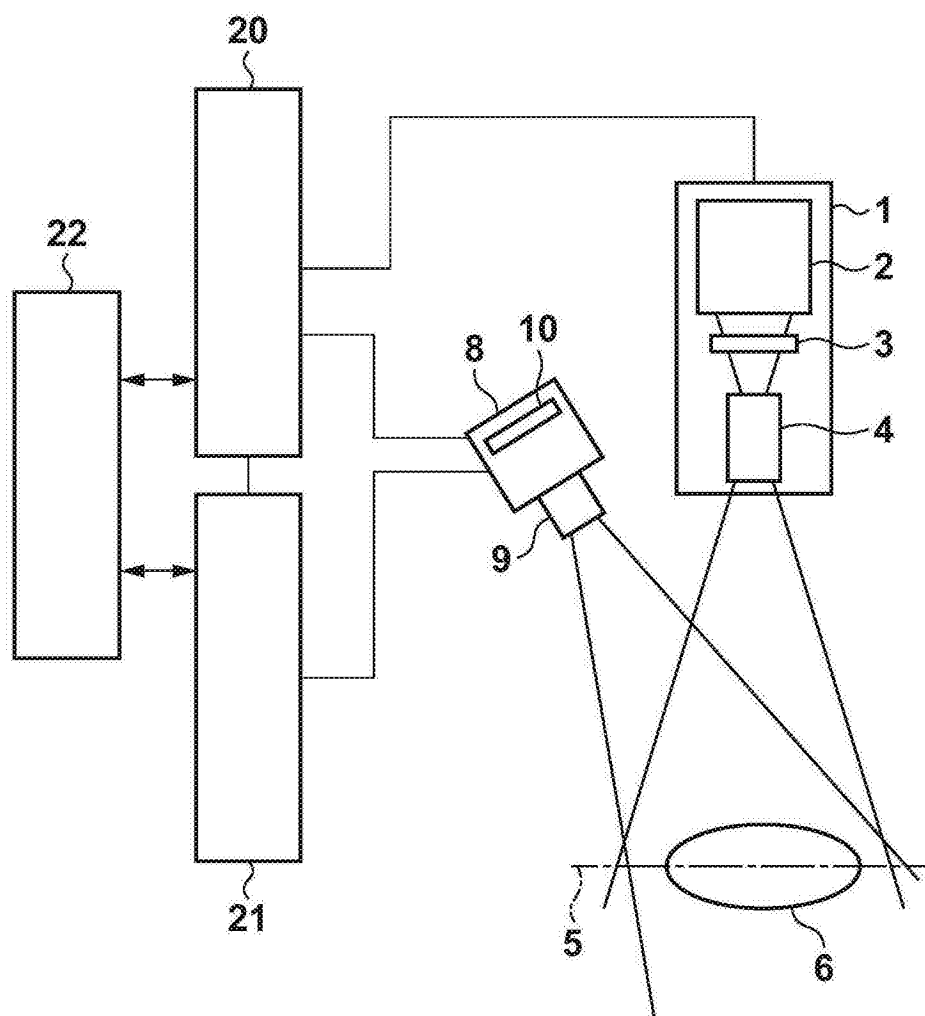


图1

代码	光切断位置识别图案	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	图案A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	图案B	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1
	图案C	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1
	光切断位置识别/ 光切断位置定义图案	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1
代码值		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	15

图3

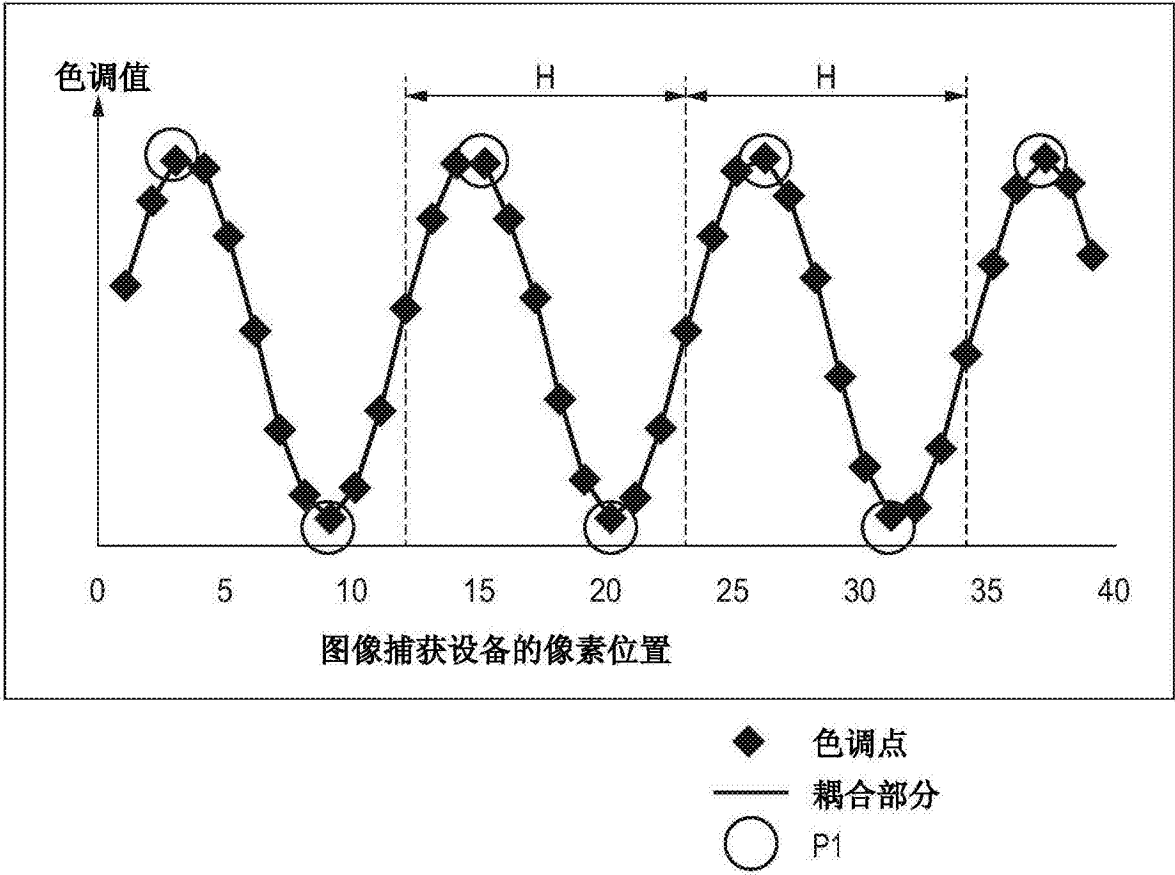


图4

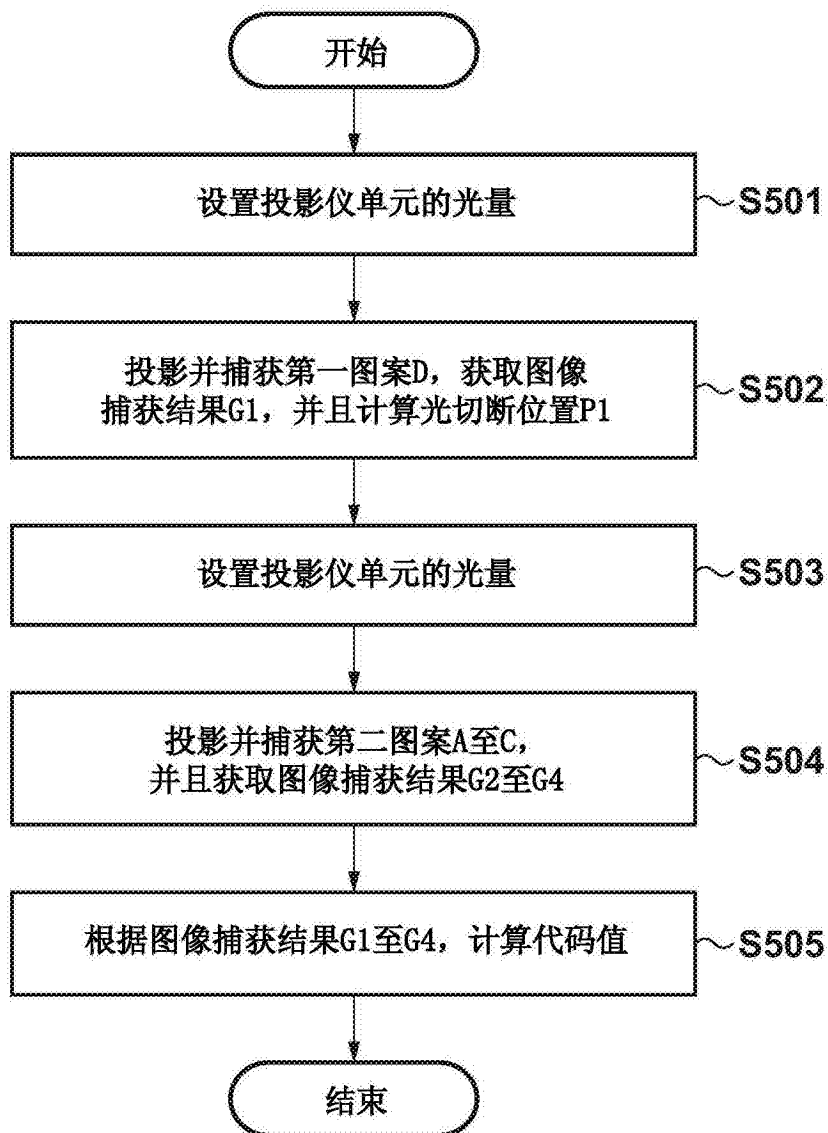


图5

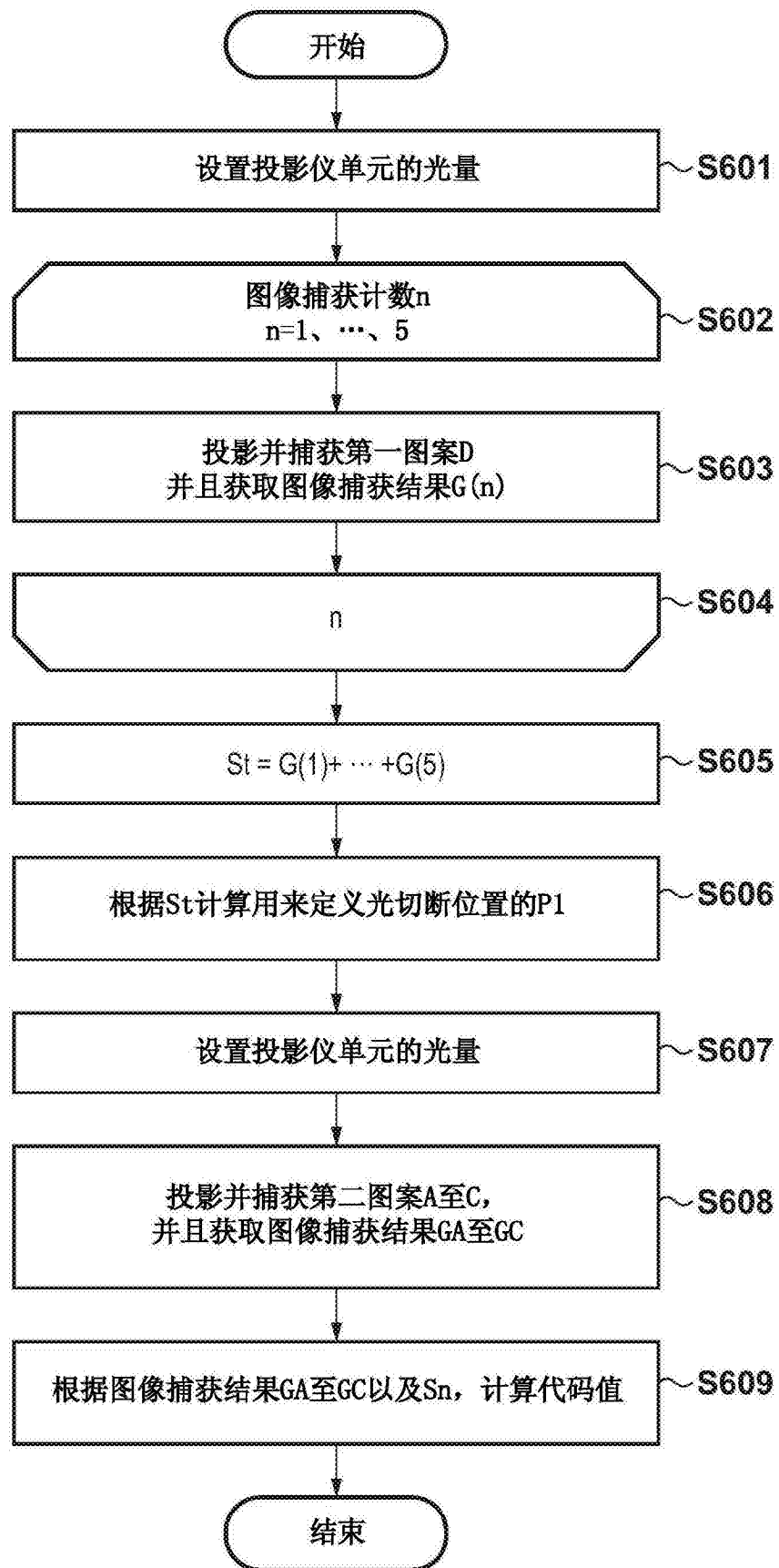


图6

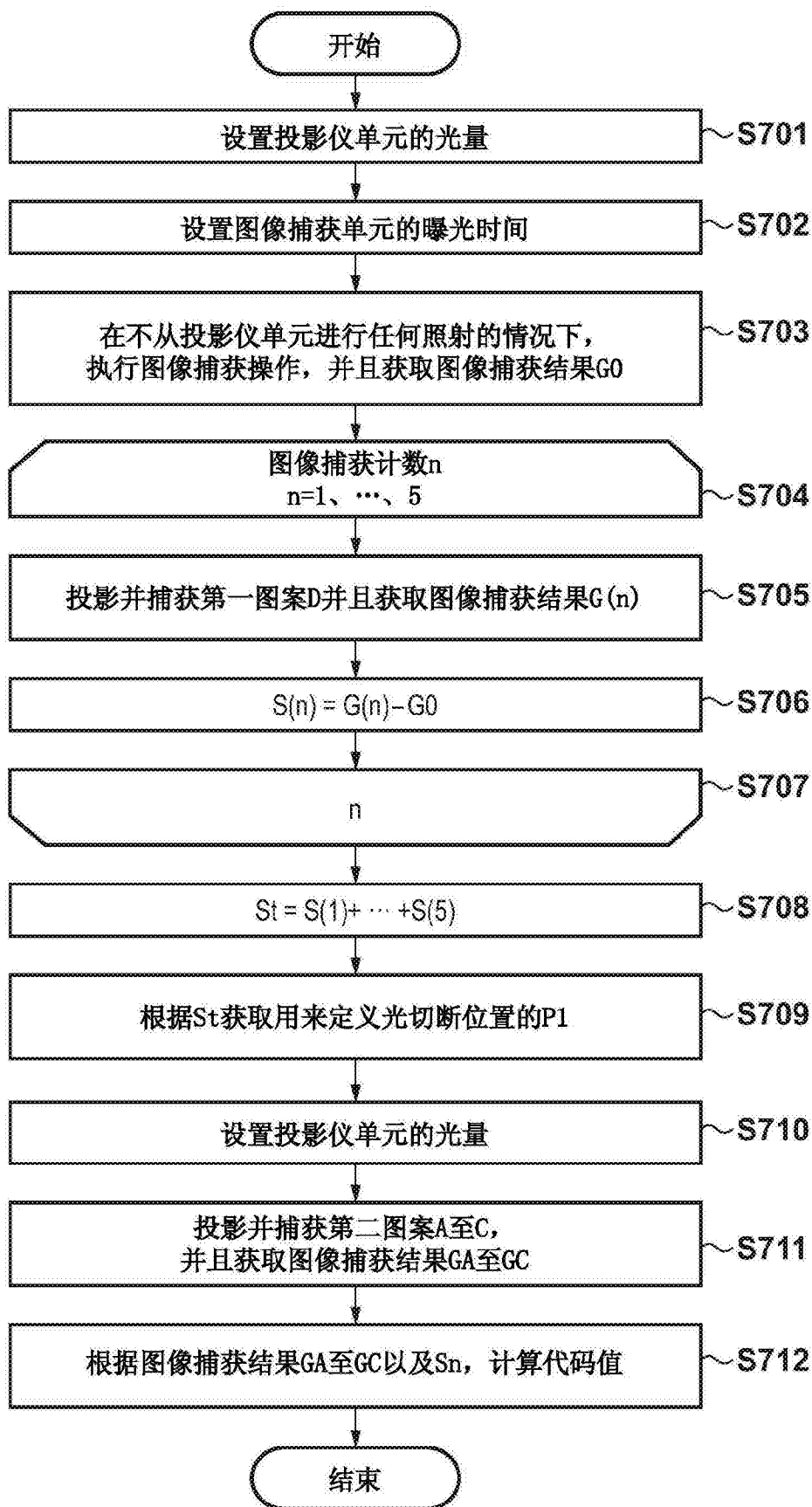


图7

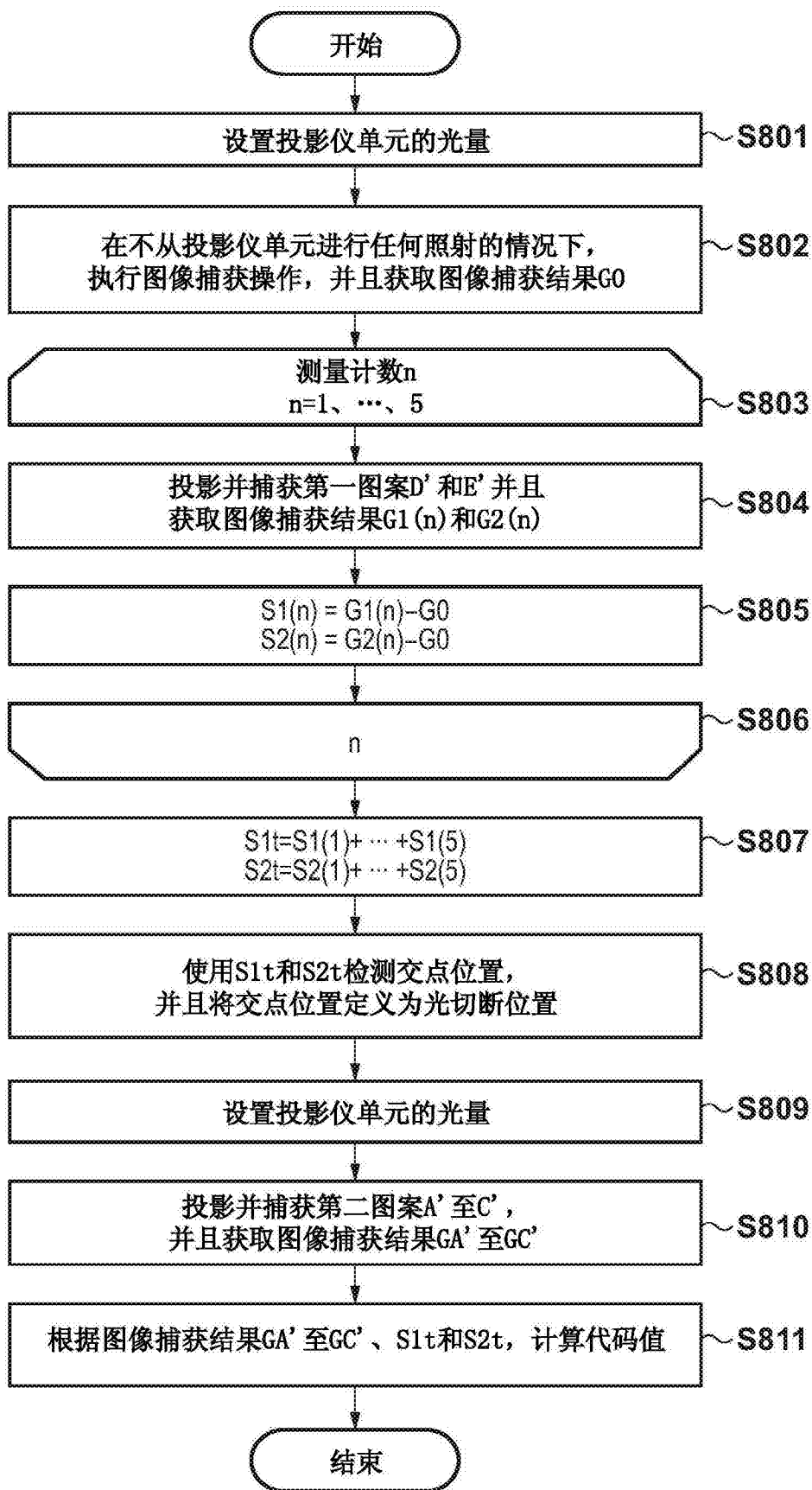


图8