



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102301212 B

(45) 授权公告日 2013. 08. 14

(21) 申请号 200980156112. 3

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2009. 11. 24

G01H 9/00(2006. 01)

G01B 11/25(2006. 01)

(30) 优先权数据

171/KOL/2009 2009. 01. 30 IN

(56) 对比文件

DE 10063293 A1, 2002. 07. 04,

US 6209396 B1, 2001. 04. 03,

CN 1679345 A, 2005. 10. 05,

CN 1720188 A, 2006. 01. 11,

US 2008199068 A1, 2008. 08. 21,

(85) PCT申请进入国家阶段日

2011. 08. 01

(86) PCT申请的申请数据

PCT/EP2009/065715 2009. 11. 24

(87) PCT申请的公布数据

W02010/086044 EN 2010. 08. 05

审查员 潘景良

(73) 专利权人 西门子公司

地址 德国慕尼黑

(72) 发明人 瓦伦·阿库尔文卡特桑

文卡泰什·巴加利亚

加里梅拉·帕德马马祖里

(74) 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限

公司 11227

代理人 王萍 李春晖

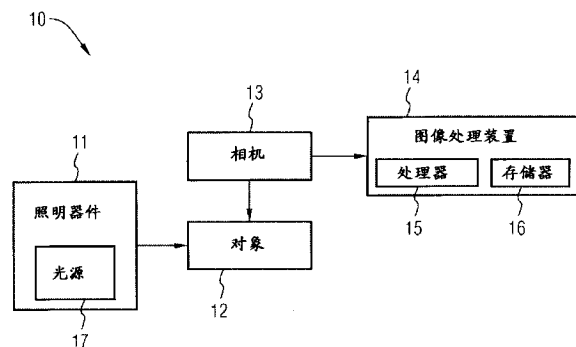
权利要求书3页 说明书6页 附图5页

(54) 发明名称

对象振动特性的测量

(57) 摘要

公开了一种用于测量对象(12)的振动特性的方法和装置。该方法包括:利用至少两个光源(17)对对象(12)进行照明,至少两个光源(17)发射不同颜色的光,其中,至少两个光源(17)种的每一个以各自的延迟被选通;捕获来自对象(12)的反射光以生成对象(12)的一幅图像,该图像包括能够区分光的不同颜色的至少两个可区分的颜色通道;以及对图像进行处理,以根据对象(12)上的点在图像的至少两个可区分的颜色通道中的位置来计算与对象(12)相关的振动特性。



1. 一种测量与对象 (12) 相关的振动特性的方法,所述方法包括:

使用至少两个光源 (17) 对所述对象 (12) 进行照明,所述至少两个光源 (17) 发射不同颜色的光,其中,所述至少两个光源 (17) 中的每一个以各自的延迟被选通;

捕获来自所述对象 (12) 的反射光以生成所述对象 (12) 的一幅图像,所述图像包括能够区分光的不同颜色的至少两个可区分的颜色通道;以及

对所述图像进行处理,以根据所述对象 (12) 上的点 (18) 在所述图像的所述至少两个可区分的颜色通道中的位置来计算与所述对象 (12) 相关的所述振动特性。

2. 根据权利要求 1 所述的方法,其中,所述至少两个光源 (17) 中的每一个以所述各自的延迟在预定的接通时间被选通,其中,所述各自的延迟是预定的。

3. 根据权利要求 1 所述的方法,其中,所述至少两个光源 (17) 从包括红光源、绿光源和蓝光源的组中选择。

4. 根据权利要求 1 所述的方法,其中,与所述对象 (12) 相关的所述振动特性是包括频率和位移中的至少一个的组中的一个。

5. 根据权利要求 4 所述的方法,其中,所述位移是按照所述对象 (12) 上的所述点 (18) 在所述图像的所述至少两个可区分的颜色通道中的两个颜色通道中的位置之间的距离来计算的。

6. 根据权利要求 5 所述的方法,其中,在所述对象 (12) 上的所述点 (18) 的所述位移是利用特征点和反射标记中的至少一个来进行定位的。

7. 根据权利要求 4 所述的方法,其中,所述位移是利用模式匹配算法来计算的。

8. 根据权利要求 7 所述的方法,其中,利用所述模式匹配算法对所述位移进行的计算包括:

获得所述对象 (12) 上的所述点 (18) 在所述图像的所述至少两个颜色通道中的两个颜色通道中的位置信息;

在所述图像的所述至少两个颜色通道中的所述两个颜色通道中将所述对象 (12) 简化为所述点 (18) 以获得点集;

对所述对象 (12) 在所述图像的所述至少两个颜色通道中的所述两个颜色通道中的所述点集中的对应点 (18) 进行映射;以及

按照所述对象 (12) 在所述图像的所述至少两个颜色通道中的所述两个颜色通道中的所述点集中的对应点 (18) 之间的距离来计算所述对象 (12) 的所述位移。

9. 根据权利要求 4 所述的方法,其中,所述对象 (12) 的振动的所述频率是利用时间包裹算法来计算的。

10. 根据权利要求 9 所述的方法,其中,利用所述包裹算法对所述频率进行的计算包括:

对用于获得所述对象 (12) 上的所述点 (18) 在所述图像的所述至少两个可区分的颜色通道中的位置信息的时间段进行初始化;

将所述对象 (12) 上的所述点 (18) 在所述图像的所述至少两个颜色通道中的两个颜色通道中的位置信息包裹至所述时间段中;

在所述时间段对所述对象 (12) 在所述图像的所述至少两个颜色通道中的所述两个颜色通道的点集中的对应的所述点 (18) 进行映射;以及

通过使所述点 (18) 的包裹时间段等于所述时间段来计算主导周期的时间段。

11. 根据权利要求 10 所述的方法,其中,如果所述包裹时间段与所述时间段不同,则计算与所述对象 (12) 在所述图像的所述至少两个颜色通道中的所述点集中的所述点 (18) 的误差度量的最小值对应的时间段。

12. 根据权利要求 11 所述的方法,其中,所述误差度量表示所述对象 (12) 的所述点集中的不同的连续的所述点 (18) 之间的距离的均方根值。

13. 一种用于测量与对象 (12) 相关的振动特性的设备 (10),所述设备 (10) 包括:

照明器件 (11),其包括至少两个光源 (17),所述至少两个光源 (17) 发射不同颜色的光,其中,所述至少两个光源 (17) 中的每一个以各自的延迟被选通;

彩色相机 (13),其用于捕获来自所述对象 (12) 的反射光以生成所述对象 (12) 的一幅图像,所述图像包括能够区分光的不同颜色的至少两个可区分的颜色通道;以及

处理装置 (14),其用于处理所述图像,以根据所述对象 (12) 上的点 (18) 在所述图像的所述至少两个可区分的颜色通道中的位置来获得与所述对象 (12) 相关的所述振动特性。

14. 根据权利要求 13 所述的设备,其中,所述至少两个光源 (17) 中的每一个以所述各自的延迟在预定的接通时间被选通,其中,所述各自的延迟是预定的。

15. 根据权利要求 13 所述的设备,其中,所述至少两个光源 (17) 从包括红光源、绿光源和蓝光源的组中选择。

16. 根据权利要求 13 所述的设备,其中,与所述对象 (12) 相关的所述振动特性是包括频率和位移中的至少一个的组中的一个。

17. 根据权利要求 13 所述的设备,其中,所述位移是按照所述对象 (12) 上的所述点 (18) 在所述图像的所述至少两个可区分的颜色通道中的两个颜色通道中的位置之间的距离来计算的。

18. 根据权利要求 17 所述的设备,其中,在所述对象 (12) 上的所述点的所述位移是利用特征点和反射标记中的至少一个来进行定位的。

19. 根据权利要求 16 所述的设备,其中,所述位移是利用模式匹配算法来计算的。

20. 根据权利要求 19 所述的设备,其中,利用所述模式匹配算法对所述位移进行的计算包括将所述处理装置配置用于:

获得所述对象 (12) 上的所述点 (18) 在所述图像的所述至少两个颜色通道中的两个颜色通道中的位置信息;

在所述图像的所述至少两个颜色通道中的所述两个颜色通道中将所述对象 (12) 简化为所述点 (18) 以获得点集;

对所述对象 (12) 在所述图像的所述至少两个颜色通道中的所述两个颜色通道中的所述点集中的对应点进行映射;以及

按照所述对象 (12) 在所述图像的所述至少两个颜色通道中的所述两个颜色通道中的所述点集中的对应的所述点 (18) 之间的距离来计算所述对象 (12) 的所述位移。

21. 根据权利要求 16 所述的设备,其中,所述对象 (12) 上的点 (18) 的振动的所述频率是利用时间包裹算法来计算的。

22. 根据权利要求 21 所述的设备,其中,利用所述时间包裹算法对所述频率进行的计算包括将所述处理装置配置用于:

对用于获得所述对象 (12) 上的所述点 (18) 在所述图像的所述至少两个可区分的颜色通道中的位置信息的时间段进行初始化；

将所述对象 (12) 上的所述点 (18) 在所述图像的所述至少两个颜色通道中的两个颜色通道中的位置信息包裹至所述时间段中；

在所述时间段对所述对象 (12) 在所述图像的所述至少两个颜色通道中的所述两个颜色通道中的点集中的对应的所述点 (18) 进行映射；以及

通过使所述点 (18) 的包裹时间段等于所述时间段来计算主导周期的时间段。

23. 根据权利要求 22 所述的设备, 其中, 如果所述包裹时间段与所述时间段不同, 则计算与所述对象 (12) 在所述图像的所述至少两个颜色通道中的所述点集中的所述点 (18) 的误差度量的最小值对应的时间段。

24. 根据权利要求 23 所述的设备, 其中, 所述误差度量表示所述对象 (12) 的所述点集中的不同的连续的所述点 (18) 之间的距离的均方根值。

对象振动特性的测量

技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于测量移动对象的振动特性的方法和设备。

背景技术

[0002] 将振动运动的特征化对于研究许多物理和动态系统来说是基本的。振动频率测量对于评估复杂结构或机械部件的寿命和健康以及对于性能分析来说是至关重要的。传统地,采用了基于应变计量器、相机和激光多普勒的方法来测量振动。然而,这些方法显示了潜在的缺陷。

[0003] 利用通往振动对象外部的电线将应变计量器应用在振动对象上。应变计量器测量电阻的变化作为在放置计量器的每个点的应变,并且由此仅能够测量较小的位移。该系统是原始的,并且随着测量点数量的增加而需要广泛布线,而且也不可能用于旋转对象。此外,该系统需要被粘至对象上,这会由于质量负载而引入误差,而且还会由于电线的存在使其变得笨重。该系统还受限于将要被测量的最小和最大位移。此外,它们不可重复使用。

[0004] 基于相机的系统捕获表面上各个点随着时间的位移,并研究振动。然而,这些系统受限于帧速率。相机的成本随着帧速率的增加而增加,从而引起帧速率的限制。因此,由于它们具有速度的最大和最小限制,所以对于振动对象无法捕获更高的速度来测量振动频率。

[0005] 传统地,激光振动计能够仅在一处测量振动。该系统使用了过于昂贵的技术和设备来在不同方向上测量振动。此外,它们不能够测量振动的空间模式,这是损伤与碰撞分析所需要的。

发明内容

[0006] 本发明的目的是去除上述问题或至少将上述问题最小化。

[0007] 以上目的是通过测量与对象相关的振动特性的方法来实现的,其中,该方法包括:使用至少两个光源对对象进行照明,至少两个光源发射不同颜色的光,其中,至少两个光源中的每一个以各自的延迟被选通;捕获来自对象的反射光以生成对象的一幅图像,该图像包括能够区分不同颜色光的至少两个可区分的颜色通道;以及对图像进行处理,以根据对象上的点在图像的至少两个可区分的颜色通道中的位置来计算与对象的运动相关的振动特性。

[0008] 由此,能够利用低成本相机对实现与对象的振动运动相关的特性的测量。

[0009] 根据实施例,至少两个光源中的每一个以各自的延迟在预定的接通时间被选通,其中,各自的延迟是预定的。

[0010] 这能够在幅图像中捕获振动对象在不同时刻的多个点。

[0011] 根据另一个实施例,至少两个光源从包括红光源、绿光源和蓝光源的组中选择。

[0012] 这能够捕获来自对象的反射光以生成图像,因为对象可能包括原色中的至少一种。

[0013] 根据另一个实施例,其中,与对象的运动相关的特性是包括频率和位移的组中的一个。

[0014] 根据另一个实施例,其中,位移是按照对象上的点在图像的至少两个可区分的颜色通道中的两个颜色通道中的位置之间的距离来计算的。

[0015] 根据另一个实施例,其中,对象上的点的位移是利用特征点和反射标记中的至少一个来进行定位的。

[0016] 根据另一个实施例,其中,位移是利用模式匹配算法来计算的。

[0017] 由此,在测量了与对象上的多个点的振动相关的位移的情况下提供了更高的精确性。

[0018] 根据另一个实施例,利用模式匹配算法对位移进行的计算包括:获得对象上的点在图像的至少两个颜色通道中的两个颜色通道中的位置信息;在图像的至少两个颜色通道中的两个颜色通道中将对象简化为点以获得点集;对对象在所述图像的至少两个颜色通道中的两个颜色通道中的点集中的对应点进行映射;以及按照对象在图像的至少两个颜色通道中的两个颜色通道中的点集中的对应点之间的距离来计算对象的位移。

[0019] 根据另一个实施例,对象的振动的频率是利用时间包裹算法来计算的。

[0020] 根据另一个实施例,利用包裹算法对频率进行的计算包括:对用于获得振动对象上的点在图像的至少两个可区分的颜色通道中的位置信息的时间段进行初始化;将对象上的点在图像的至少两个颜色通道中的两个颜色通道中的位置信息包裹至所述时间段中;在所述时间段对对象在图像的至少两个颜色通道中的两个颜色通道中的点集中的对应点进行映射;以及通过使点的包裹时间段等于初始化的时间段来计算主导周期的时间段。

[0021] 由此,当点的包裹时间与所述时间段的时间相同时,获得了表示主导周期的对象的聚集图像。

[0022] 根据另一个实施例,其中,如果点的包裹时间段与所述时间段不同,则计算与对象在图像的至少两个颜色通道中的点集中的点的误差度量的最小值对应的时间段。

[0023] 根据另一个实施例,误差度量表示对象的点集中的不同的连续的点之间的距离的均方根值。

[0024] 由此,获得了对象上的点的振动的主导周期以确定对象的振动频率。

[0025] 另一个实施例包括用于测量与对象相关的振动特性的设备,其中,所述设备包括:包括至少两个光源的照明器件,至少两个光源发射不同颜色的光,其中,至少两个光源中的每一个以各自的延迟被选通;彩色相机,其用于捕获来自对象的反射光以生成对象的一幅图像,该图像包括能够区分光的不同颜色的至少两个可区分的颜色通道;以及处理器,其用于处理图像以根据对象在图像的至少两个可区分的颜色通道中的位置来与对象相关的振动特性。

[0026] 从而,去除了对用于测量与对象的振动相关的特性的昂贵的高速相机的需求。

附图说明

[0027] 下面参考附图中所示的图示实施例来进一步地描述本发明,在附图中:

[0028] 图 1 示出了描绘根据本文的实施例的用于测量与对象的运动相关的振动特性的设备的框图,

[0029] 图 2 示出了描绘根据本文的实施例的用于获取对象的高速图像而对光源进行的选通的示意图，

[0030] 图 3 示出了根据本文的实施例的图像的样本收集阶段的示例性描绘，

[0031] 图 4A 示出了根据本文的实施例的在正确包裹时间的聚集图像样本的示意性描绘，

[0032] 图 4B 示出了根据本文的实施例的在正确包裹时间的离散图像样本的示意性描绘，

[0033] 图 5 示出了图示根据本文的实施例的计算振动对象的位移的方法的流程图，以及

[0034] 图 6 示出了图示根据本文的实施例的利用时间包裹算法测量对象的振动频率的方法的流程图。

具体实施方式

[0035] 参考附图来描述各个实施例，其中，相同的附图标记始终用于表示相同的元件。在以下的描述中，为了说明的目的，列举了诸多具体细节以提供对于一个或多个实施例的彻底理解。显而易见地，无需这些具体细节也可实施这些实施例。

[0036] 图 1 示出了描绘根据本发明实施例的用于测量与对象 12 的运动相关的振动特性的设备的框图。设备 10 包括用于对对象 12 进行照明的照明器件 11、用于捕获振动对象 12 的图像的相机 13 和用于计算对象 12 的振动特性的图像处理装置 14。这里测量的对象 12 的振动特性包括位移和频率。

[0037] 在图 1 所示的示例中，照明器件 11 包括至少两个光源 17，其中，光源发出不同颜色的光。光源 17 从原色红、绿和蓝中选择。每个光源 17 按照以各自的预定的延时在用于各自的预定的接通时间被选通。对象 12 会对由光源 17 在各自的预定的接通时间投射到其上的光进行反射。例如，使用包括诸如红光源、绿光源和蓝光源的三个光源 17 的照明器件 11 来进行照明的对象 12 将分别反射红色光、绿色光和蓝色光。

[0038] 相机 13 在光源 17 选通的整个持续期间被曝光，并因此将来自对象 12 的不同颜色的反射光捕获至包括可区分的颜色通道的一幅图像中。捕获的图像是包括多个颜色通道的合成图像。例如，图像中的颜色通道的数量等于对对象 12 进行照明的光源的数量。因此，合成图像包括能够区分由光源产生的光的不同颜色（例如，红色、绿色和蓝色）的颜色通道。因此，使用发射不同颜色的光的光源 17 对对象 12 进行照明并且在光源 17 选通的整个持续期间对相机进行曝光，能够实现将在时间上的不同时刻从对象 12 反射的光的不同颜色捕获至一幅图像中。在一幅图像中捕获在时间的不同时刻来自对象 12 的不同颜色的反射光，允许了对振动对象 12 的成像。在能够区分光的不同颜色的颜色通道中对来自对象 12 的反射光进行捕获，能够实现对象 12 在时间上的不同时刻的位置的确定。

[0039] 在实施例中，图像处理装置 14 包括操作地连接至存储器 16 的处理器 15。处理器 15 对由相机 13 捕获的图像进行处理，以通过确定对象 12 的特征点 18 在图像的不同颜色通道中的位置来计算对象 12 的振动特性。存储器 16 可以包括存储于其中的用于确定对象 12 的振动的频率和位移的算法。通过特征点的定位来捕获振动对象 12 上各个点 18 的位移。模式匹配算法使得能够在图像的不同颜色通道中匹配对象 12 的各个点 18。对象 12 在图像的两个颜色通道中的点 18 之间的距离提供了对象 12 的位移。

[0040] 对象 12 在不同颜色通道中的不同位置处的图像被捕获并随后被分析以获得特征点。在获取足够数量的图像之后, 馈送至存储器 16 的算法被用来计算振动对象 12 上的点集中每个点 18 的频率。

[0041] 图 2 示出了描绘根据本文的实施例的用于获取对象高速图像的光源的选通的示意图。在图 2 的示例中, 照明器件 11 包括 3 个光源 17。设备 10 使用照明器件 11 获取对象 12 的高速图像并在相同的曝光时间中使用相机 13 捕获图像。照明器件 11 例如可以是三原色 (RGB) 频闪光源。每个光源 17 在自参考时间段起的时间延迟之后在接通时间中被选通。相机 13 被曝光一段时间, 以使得在单个图像帧中捕获由于使用光源 17 对对象 12 进行照明而来自对象 12 的反射光。从而, 低成本相机 13 现在能够以小的相隔时间间隔来捕获三个图像帧。产生与图像获取时间相对应的帧间延迟, 随后是连续图像获取。

[0042] 因此, 使用发射不同颜色光的光源 17 来对对象 12 进行照明以及使相机 13 在光源 17 选通的整个持续期间曝光, 能够实现将在时间上的不同时刻由对象 12 反射的不同颜色光捕获至一幅图像中。在一幅图像中捕获在不同时间来自对象 12 的不同颜色的反射光, 允许了对振动对象 12 的成像。在能够区分光的不同颜色的颜色通道中对来自对象 12 的反射光的捕获, 能够实现对象 12 在时间上的不同时刻的位置的确定。通过检查对象 12 的特征点在图像的至少两个颜色通道中的位置来捕获振动对象 12 上的各个点的位移。

[0043] 例如, 第一光源可以是红光源, 第二光源可以是绿光源, 且第三光源可以是蓝光源。可以取决于应用区域来调整相机 13 的接通时间和时间延迟。例如, 为了获得很快移动的对象 12 的频率, 可以减小延迟; 而为了测量缓慢移动的对象 12 的频率, 则可以增加延迟。

[0044] 图 3 示出了根据本文的实施例的图像的样本收集阶段的示例性描绘。如图 3 所示, 信号 19 是正在振动的对象 12 上的点的位置。选择主导周期, 如将测量其频率的 19(a) 所示。设备 10 可以每相隔 30ms 收集三个样本 (20), 并且光照允许以任意的小间隔来收集三个样本。在每 30ms 的周期 (20(a)、20(b)、20(c)、20(d)、20(e)) 收集被描绘为点的三个样本。周期 20(a) 提供样本点 (t_1, y_1) 、 (t_2, y_2) 、 (t_3, y_3) , 周期 20(b) 提供样本点 (t_4, y_4) 、 (t_5, y_5) 、 (t_6, y_6) , 并且后续周期也是如此。这里, (t_1, y_1) 表示样本的获取时间和对象上的点在样本获取时间的位置。位置是利用移动对象 12 上的特征点或者利用反射标记来定位的。采样和分析是基于对象 12 的静态振动来执行的。收集的样本被用于识别振动的主导周期。然后通过利用周期的时间段的倒数来获得振动频率, 这可以使用时间包裹算法来执行。

[0045] 这里, 一个常规的图像帧被分为三个 RGB 帧, 包括以相隔小的间隔获取的颜色平面。三个 RGB 帧之后的采样率受限于相机的图像获取间隔, 例如 30ms。由于大多数系统周期性地振动, 所以不需要在一个获取周期本身中捕获许多样本。在 30ms 时间段内的不同位置处的样本是在不同的周期处收集的。因此收集到一个 30ms 的获取时间段期间的不同部分处的充足样本。

[0046] 图 4A 示出了根据本文的实施例的在正确包裹时间处的聚集图像样本的示范性描绘。时间段 T_w 被初始设置为用于图像获取的间隔。在该时间段的不同部分处测量图像数据在不同位置处的样本。这样获得的样本被包裹至初始化的时间段 T_w 中。例如, $T_w = 10$, 则在 $(2.1, 3.2)$ 、 $(3.2, .123)$ 、 $(4.5, .34)$ 、 $(12.5, .91)$ 、 $(22.4, .21)$ 、 $(25.1, -2.3)$ 处的样本, 将被包裹为 $(2.1, 3.2)$ 、 $(3.2, .123)$ 、 $(4.5, .34)$ 、 $(12.5, .91)$ 、 $(22.4, .21)$ 、 $(25.1, -2.3)$ 。

如果样本的包裹时间与初始化的时间段 T_w 相匹配,则样本图像数据点将会聚集为如图 4A 中所示的那样。该时间段然后被选作振动现象的主导周期以进一步地计算振动的频率。

[0047] 图 4B 示出了根据本文的实施例的在错误包裹时间的离散图像样本的示范性描绘。时间段 T_w 被初始设置为用于图像获取的间隔。在该时间段的不同部分处测量图像数据在不同位置处的样本。这样获得的样本被包裹至初始化的时间段 T_w 中。如果样本在相对于初始化的时间段 T_w 的错误时间被包裹的话,则样本图像数据点将会被离散成如图 4B 中所示的那样。在这种情况下,通过测量对象 12 的不同连续点之间的成对距离的均方根值来获得误差度量。然后扫描时间段 T_w ,并计算与误差度量的最小值相对应的 T_w 值。这提供了对象 12 的点 18 的振动的主导周期。由此能够通过主导周期的时间段取倒数而获得对象 12 的振动频率。

[0048] 图 5 示出了图示根据本文的实施例的计算对象的不同点的位移的方法的流程图。在程序块 51,在图像的至少两个颜色通道中的两个颜色通道中获得对象 12 的位置信息。接下来,在程序块 52,将至少两个颜色通道中的两个颜色通道中的对象 12 简化为点 18 来获得点集。在程序块 53,对对象 12 在图像的至少两个颜色通道中的两个颜色通道的点集中的对应点 18 进行映射。接下来移至程序块 54,对象 12 上的各个点 18 的位移是按照对象 12 在图像的两个颜色通道中的对应点 18 之间的距离来计算的。

[0049] 优选地,利用模式匹配算法来获得对象 12 的点 18 在两个颜色通道中的位置信息。

[0050] 图 6 示出了图示根据本文的实施例的利用时间包裹算法测量对象振动频率的方法的流程图。在程序块 61,相机 13 被朝向对象 12 曝光以在单个曝光帧中捕获振动对象 12 的图像。作为 RGB 频闪系统的照明器件 11 利用 RGB 频闪灯来获取对象 12 的高速图像。在程序块 62,利用红光对对象 12 进行频闪,且红色像素获取图像。小的时间间隔之后,对象 12 移动几个像素,然后在程序块 63 用绿光对对象 12 进行频闪。在程序块 64,用蓝光对对象 12 进行频闪。在程序块 65,随着相机 13 在整个时间间隔内持续曝光而生成合成图像。在程序块 66,对象 12 的选通时间和特征点被捕获,并且对象 12 上的点 18 的位置和位移被获得。在程序块 67,图像获取周期在对应于图像获取时间的小的周期间延迟之后进行重复。在程序块 68,对于存储的点 18 运行时间包裹算法。接下来,在程序块 69,通过对具有所获取的图像数据的包裹时间的相应图像数据进行映射来计算图像获取的主导周期,以测量振动的频率。

[0051] 优选地,如果包裹时间与初始化的时间段的时间相同,则对图像数据点进行聚集。如果包裹时间不同于该时间段,则计算与对象 12 在图像的至少两个颜色通道中的点集中的点 18 的误差度量的最小值对应的的时间段。误差度量表示对象 12 的点集中的不同的连续点 18 之间距离的均方根值。

[0052] 因此,这里描述的实施例能够利用相对价廉的相机来确定以高速移动的对象诸如位移、频率等特性。而且,测量的参数精确性相对较高。此外,这里所描述的技术去除了对用于捕获以高速移动的对象 12 的图像的、笨重且需要外部冷却系统的高速相机的需求。

[0053] 此外,该设备展示了更高的动态范围,并且不需要附加的构成部分即可被使用。

[0054] 有鉴于此,由于所述的优点,这里公开的用于测量对象的振动频率的设备在不同的领域具有广泛的应用。它能够被用于负载和动态应力的预测以及诸如曲柄和减震器的机械部件上的、用于性能分析的应变。通常,材料使用期限是通过能够通过振动频率来估计的

疲劳负载周期来测量的。因为负载周期的数量是在实时计算的,该设备提供了对被施压对象的寿命更佳的估计,从而避免了不可预见的损害。

[0055] 该设备能够用于评估大型民用建筑、振动膜和对象的振动模式模型分析。

[0056] 虽然已参考某些优选实施例来详细地描述了该发明,但是应当认识到,本发明并不限于那些精确的实施例。相反,考虑到本公开描述了用于实施本发明的当前最佳模式,对于本领域的普通技术人员来说,在不脱离该发明的精神和范围的条件下,诸多修改和变型是显然的。因此,本发明的范围是由所附权利要求而非由前述描述所表示的。在权利要求的等同物的范围和含义内的所有改变、修改和变型都将被认为在权利要求的范围内。

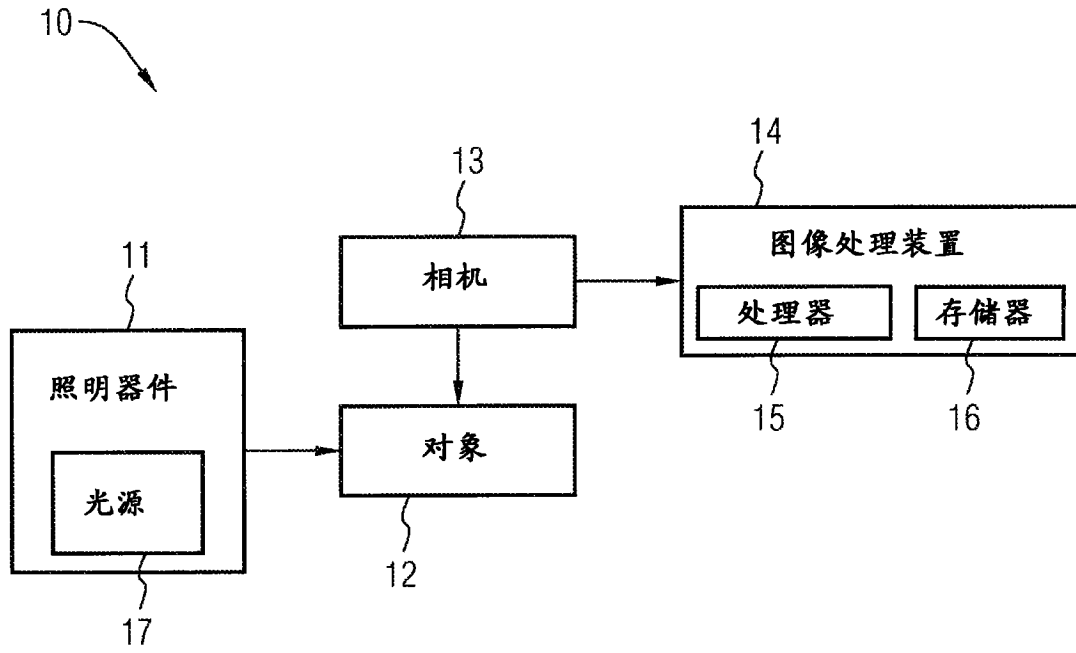


图 1

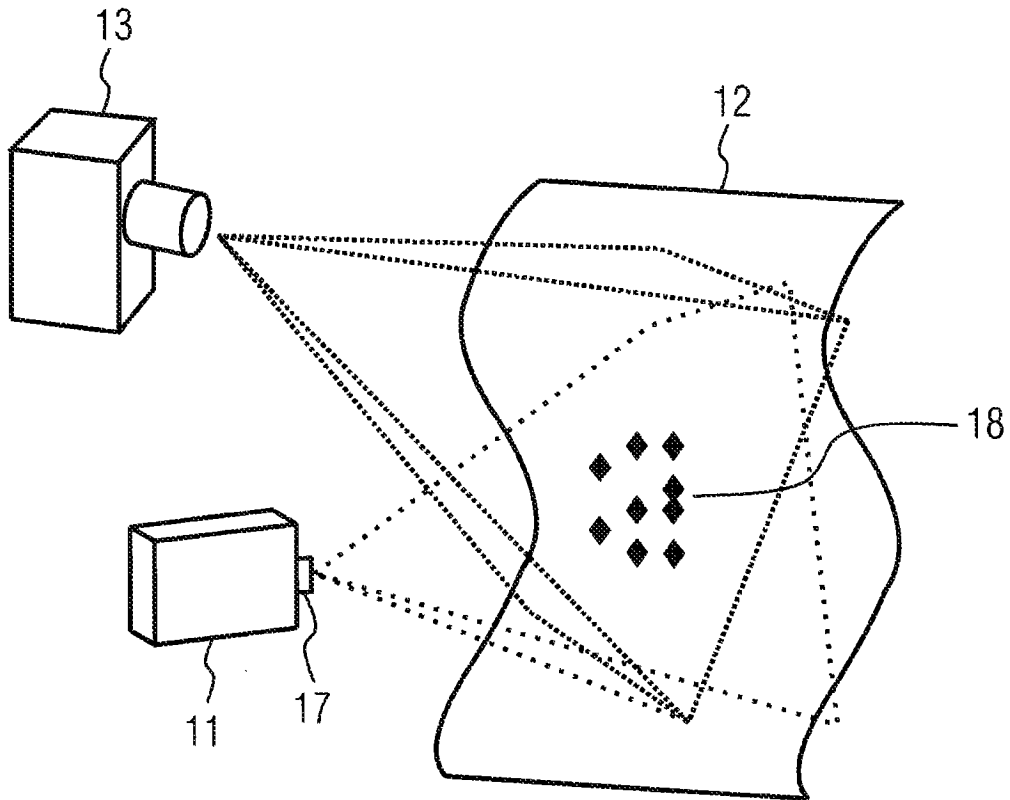


图 2

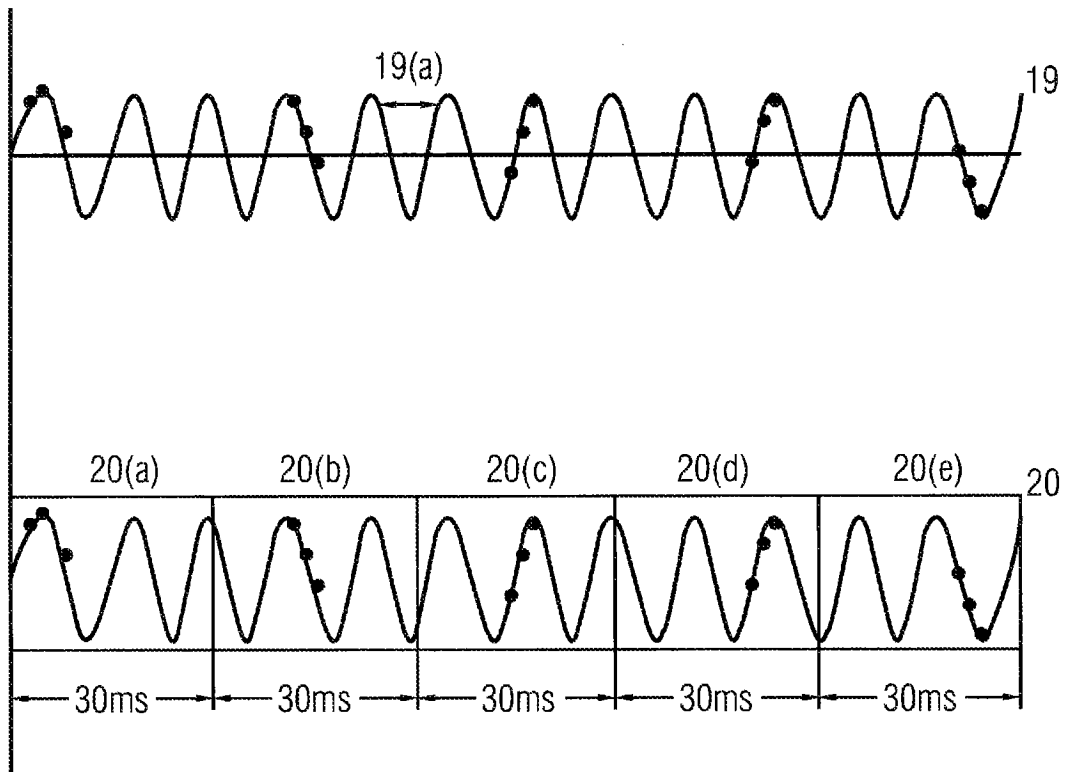


图 3

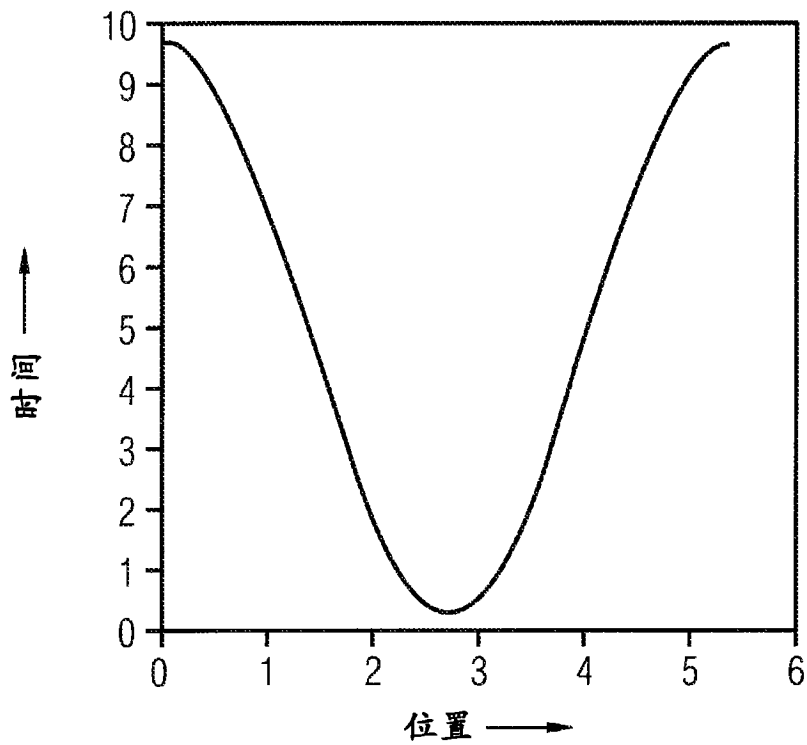


图 4A

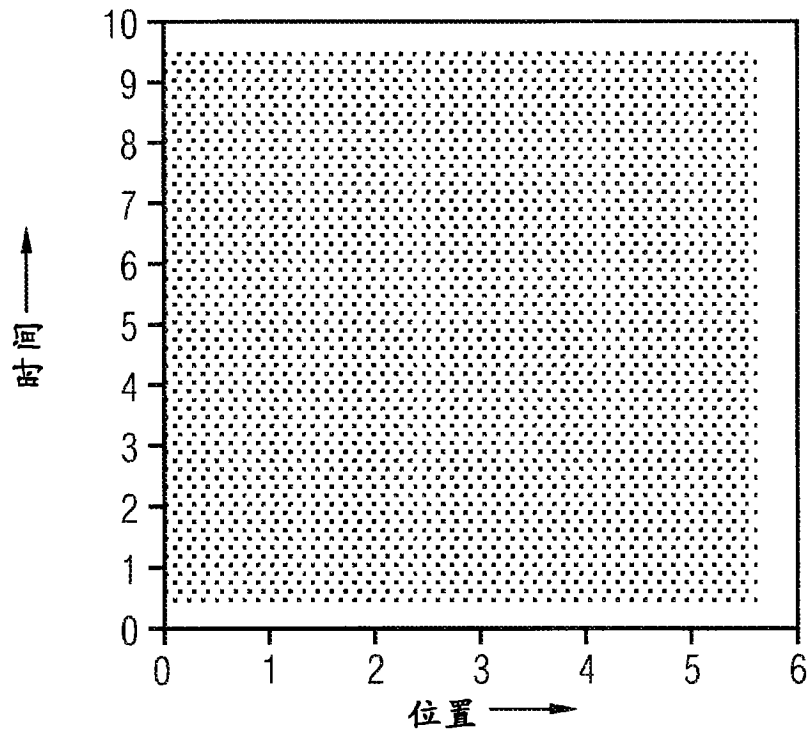


图 4B

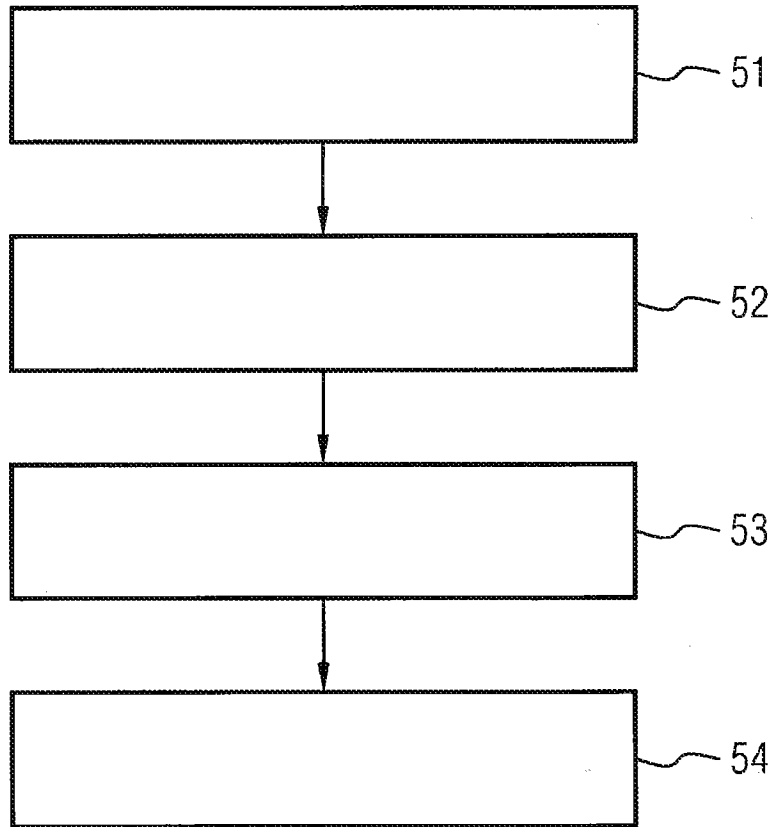


图 5

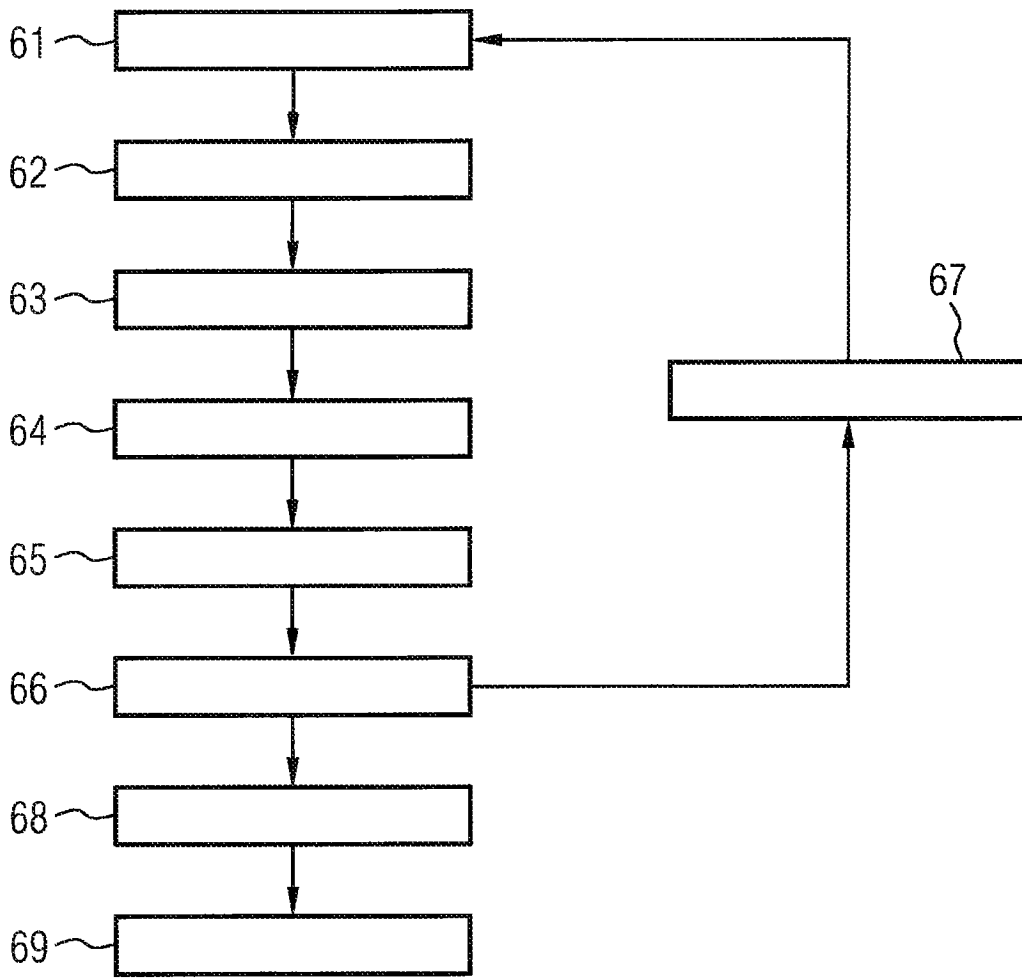


图 6