



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104041190 B

(45)授权公告日 2017.01.18

(21)申请号 201380005765.8

(22)申请日 2013.01.14

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 104041190 A

(43)申请公布日 2014.09.10

(30)优先权数据  
61/587298 2012.01.17 US  
61/599459 2012.02.16 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日  
2014.07.17

(86)PCT国际申请的申请数据  
PCT/IB2013/050326 2013.01.14

(87)PCT国际申请的公布数据  
W02013/108167 EN 2013.07.25

(73)专利权人 皇家飞利浦有限公司  
地址 荷兰艾恩德霍芬

(72)发明人 L.费梨 S.J.J.尼斯森 T.格里蒂  
R.拉贾戈帕兰 F.J.德布鲁伊恩

(74)专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司  
72001  
代理人 刘鹏 汪扬

(51)Int.Cl.  
H05B 37/02(2006.01)

(56)对比文件  
CN 101953232 A,2011.01.19,  
WO 2010/116299 A1,2010.10.14,  
WO 2008/050294 A1,2005.05.02,  
WO 2008/050293 A1,2008.05.02,  
WO 2006/111930 A2,2006.10.26,  
审查员 高燕娃

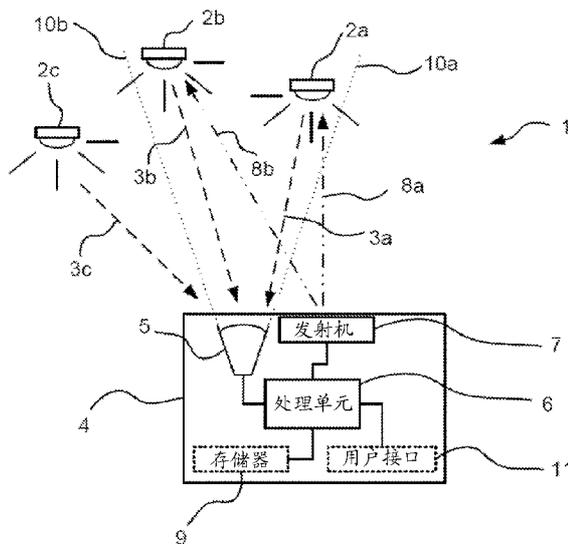
权利要求书2页 说明书9页 附图4页

(54)发明名称

使用多个不同的调制周期的照明装置和照明系统

(57)摘要

发射和检测编码光由此将数据调制进光中的可能性是已知的。根据本公开的一个方面,为了降低由于检测频谱中可能的频率盲点而导致调制不被检测的风险,照明装置(2a,2b,2c)被布置以便其发射的调制光(3a,3b,3c)的频率绕一个基频率或中心频率颤动。举例来说,可以使用脉冲宽度调制来发送调制光(3a,3b,3c),并且所产生的脉冲宽度调制光信号(3a,3b,3c)由此可以具有绕所述基周期(T)波动的周期。可以选择确定所述调制光(3a,3b,3c)的颤动的参数,以避免所述被发射的调制光(3a,3b,3c)中的可见的闪烁。根据另一个方面,照明装置(2a,2b,2c)同时利用多个不同的调制频率进行发射。



CN 104041190 B

1. 一种照明装置(2a, 2b, 2c), 包括:

- 光发射器(14), 被布置为发射具有周期性调制的光, 所述周期性调制将信息嵌入所述光中; 以及

- 光驱动器(13), 被布置为通过向所述光发射器提供指示符而驱动所述光发射器, 所述指示符与将由所述光发射器发射的光的调制有关, 并且所述光发射器(14)被布置为发射根据所述指示符而调制的光;

其中, 所述光驱动器(13)被布置为驱动所述光发射器发射在多个不同调制周期嵌入了所述信息的所述光,

其中所述光发射器被布置为发射将由图像捕获单元检测的光; 以及

所述光驱动器被布置为驱动所述光发射器以避免所述调制周期中的至少一个对应于由所述图像捕获单元的获取过程产生的频率盲点。

2. 根据权利要求1的照明装置, 其中所述光驱动器被布置为随时间在所述不同调制周期之间改变。

3. 根据权利要求1的照明装置, 其中所述信息包括所述照明装置的唯一标识符。

4. 根据权利要求3的照明装置, 其中所述唯一标识符由频率 $f=1/T_{10}$ 表示。

5. 根据权利要求1的照明装置, 其中所述调制为脉冲宽度调制。

6. 根据权利要求1的照明装置, 其中所述光发射器被进一步布置为发射与所述发射的调制光的照亮贡献相关联的未调制光。

7. 根据权利要求1的照明装置, 其中所述光驱动器(13)被布置为驱动所述光发射器(14)处于至少两个不同状态中, 其中所述调制在每个状态内是周期性的; 以及

其中, 在第一状态中, 所述调制具有周期 $T_{11}$ , 并且其中在第二状态中, 所述调制具有周期 $T_{12} \neq T_{11}$ , 其中 $T_{11}$ 和 $T_{12}$ 在区间 $[T_{10} - \Delta T_1/2, T_{10} + \Delta T_1/2]$ 内取值, 其中 $T_{10} > 0$ 是一个时间常数, 并且其中 $\Delta T_1 > 0$ 是一个时间偏移量, 该时间偏移量被选择以避免所发射的调制光中的可见的闪烁。

8. 根据权利要求7的照明装置, 其中所述光驱动器被布置为使所述调制不定期地在所述第一状态和所述第二状态之间交替。

9. 根据权利要求7或8的照明装置, 其中所述光驱动器被布置为根据预定顺序使所述调制在所述第一状态和所述第二状态之间交替。

10. 根据权利要求7或8的照明装置, 其中所述调制根据随机变量在所述第一状态和所述第二状态之间交替。

11. 根据权利要求6的照明装置, 其中所述调制在至少两个相邻的脉冲宽度调制周期中与同一状态相关联。

12. 根据权利要求7或8的照明装置, 其中对于 $T_{12} > T_{11}$ ,  $T_{12} - T_{10} = T_{10} - T_{11}$ 。

13. 根据权利要求1的照明装置, 其中所述光驱动器(13)被布置为驱动所述光发射器发射同时利用多个不同调制周期而调制的光。

14. 根据权利要求13的照明装置, 其中所述光发射器被布置为发射将由检测单元检测的光; 以及

所述调制频率间隔开一个量, 以便所述调制周期中的至少一个总是可检测的, 而不论其他调制频率中的至少另一个落入与所述一个或多个盲点有关的检测频谱中, 其中, 所述

量至少对应于在所述检测单元的检测频谱中的盲点的一个不可检测宽度。

15. 根据权利要求13或14的照明装置,其中所述调制频率间隔开以避免在人类可感知范围内的所述调制频率中的任何调制频率之间的互调效应。

16. 根据权利要求13或14的照明装置,其中所述调制频率中的至少一个不是所述调制频率中的至少另一个的整数倍。

17. 根据权利要求1的照明装置,其中所述多个调制频率由所述光发射器的同一个光源发射。

18. 根据权利要求1的照明装置,其中所述光发射器包括在同一个发光体内的多个光源,并且所述多个调制频率中的每一个由所述光源中的相应一个发射。

19. 一种照明系统(1),包括数目N个根据前述权利要求中的任一项的照明装置(2a, 2b, 2c),其中每个照明装置与其自身的唯一常数 $T_i$ ,  $i=1 \dots N$ 相关联,其中针对每个照明装置的所述调制在每个状态内是周期性的,其中在第一状态中,针对光源i的所述调制具有周期 $T_{i1}$ ,并且其中在第二状态中,针对光源i的所述调制具有周期 $T_{i2} \neq T_{i1}$ ,其中 $T_{i1}$ 和 $T_{i2}$ 在区间 $[T_{i0} - \Delta T_i/2, T_{i0} + \Delta T_i/2]$ 内取值,其中 $T_{i0} > 0$ 是一个针对光源i的时间常数并且其中 $\Delta T_i > 0$ 是一个针对光源i的时间偏移量,该时间偏移量被选择以避免所发射的调制光中的可见的闪烁。

20. 根据权利要求19的照明系统,其中对于 $i \neq j$ ,  $\Delta T_i \neq \Delta T_j$ 。

21. 根据权利要求19或20的照明系统,其中对于 $i \neq j$ ,  $T_i \neq T_j$ 。

22. 根据权利要求19或20的照明系统,其中:

对于 $T_{20} > T_{10}$ ,  $\Delta T_{10} \ll T_{20} - T_{10}$ ,其中 $T_{10}$ 和 $T_{20}$ 为两个时间上相邻的时间常数。

## 使用多个不同的调制周期的照明装置和照明系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及照明系统领域,尤其涉及一种照明系统中的照明装置及其相应的方法。

### 背景技术

[0002] 集成照明设施(由数目不断增长的单独可控、具有高级表现能力的光源、照明装置、发光体、照明设备等等组成)的出现可以被视为用于专业市场和消费市场二者的变革性照明系统。这引发了一种对于直观控制的渴望,该直观控制能够充分利用完整的照明基础设施的表现能力。已经提出了若干方法以控制光源、照明装置、发光体、照明设备等等。

[0003] 先前已经提出了用于对光源进行选择 and 高级控制的光学自由空间通信(即可见光(VL)和红外(IR)通信),并将被称为编码光(CL)。一般而言,编码光被提出以实现光源的高级控制。编码光基于在光源的光输出中嵌入数据,尤其嵌入不可见标识符。编码光因此可以被定义为在可见光源的光输出中嵌入数据和标识符,其中所嵌入的数据和/或标识符优选地不影响该光源的原色照明功能。因此,对于与数据和/或标识符有关的被发射的光的任何调制应当基本上对于人类不可见。这考虑了例如交互式场景设置、对于网络化照明系统进行调试和重新调试之类的应用。编码光可以被用于通信应用中,其中编码照明系统中的一个或多个光源被配置为发射编码光并由此将信息传达到接收机。

[0004] 用于控制光源、照明装置、发光体、照明设备等等的一个示例涉及点和控制的概念;这个方法利用了编码光和遥控单元的原理,该遥控单元能够检测其指向的光源或发光体的代码,并由此识别发射该编码光的光源或发光体。这样的遥控单元通常包括一个或多个用于检测由该光源或发光体发射的编码光的光电二极管。可替换地,该遥控单元可以包括用于检测该编码光的照相机。该点和控制的概念的一个实现涉及使得光源或发光体发送一个唯一的编码光信号。不同的光源或发光体发送不同的信号(即具有不同的嵌入唯一标识符的信号)。适于这个目的的信号的一个示例是脉冲宽度调制(PWM)。该点和控制的方法显示了以下优点:使用编码光作为用户的一个手段,使得能够通过仅仅将遥控单元指向一个发光体来选择它。如前面所指出的,该方法采用光电二极管以检测每个发光体的编码光消息。已经提出了借助于标准照相机来检测和解码编码光。

[0005] 欧洲专利申请EP11159149.1涉及一种用于检测被嵌入到照亮光检测系统的光输出中的数据的系统和方法。该光检测系统捕获从一个2D图像中的场景输出的光,并且时间被偏移了的线实例充当光采样时刻。在图像捕获过程期间在该光检测构件上捕获连续的行之间的时间偏移导致该场景的最终捕获图像中的那些区域的像素值在行方面(line-wise)变化,所述区域对应于利用所述被调制的光源来照亮的物体的部分或者对应于该光源本身。像素值在行方面的变化构成了在被照亮物体处叠加在该图像上方的水平线的图案。对编码光中的消息(即嵌入的代码)进行解码需要恢复一个1维(1D)信号,该1维信号与该被调制的光源的原始强度变化相关联。

## 发明内容

[0006] 所附实施例的发明人已经识别出前面指出的概念的许多缺点。举例来说,已经发现,通常嵌入在便携式电子装置(例如(但不限于)移动通信装置(例如移动电话、智能手机、平板计算机和膝上型计算机))中的照相机的基本限制使得对编码光的检测并不总是可靠和/或可重现。

[0007] 本发明的一个目的是克服这些问题,并提供一种照明装置和一种包括许多照明装置的照明系统,所述照明装置和照明系统被布置以便降低由所述照明装置发射的编码光不被检测到的风险。

[0008] 根据本发明的一个方面,提供了一种照明装置,包括:光发射器,被布置为发射具有周期性调制的光;以及光驱动器,被布置为通过向所述光发射器提供指示符来驱动所述光发射器,所述指示符与将由所述光发射器发射的光的调制有关,并且所述光发射器被布置为发射根据所述指示符而调制的所述光;其中所述光驱动器被布置为驱动所述光发射器发射具有多个不同调制周期的光;其中,所述光发射器可以被布置为发射将由图像捕获单元检测的光;以及所述光驱动器可以被布置为驱动所述光发射器以避免所述调制周期中的至少一个对应于由所述图像捕获单元的获取过程产生的频率盲点。

[0009] 在各实施例中,所述光驱动器可以被布置为随时间在不同的调制周期之间改变。

[0010] 在第一实施例中,可以提供一种用于发射调制光的照明装置,包括:光驱动器,被布置为向所述照明装置的光发射器提供指示符,所述指示符与由处于至少两个状态中的一个的所述光发射器发射的光的调制有关,所述光驱动器由此驱动所述光发射器;以及光发射器,被布置为发射根据所述指示符而调制的光,其中所述调制在每个状态内是周期性的,其中在第一状态中,所述调制具有周期 $T_{11}$ ,并且其中在第二状态中,所述调制具有周期 $T_{12} \neq T_{11}$ ,其中 $T_{11}$ 和 $T_{12}$ 在区间 $[T_{10} - \Delta T/2, T_{10} + \Delta T/2]$ 内取值,其中 $T_{10} > 0$ 是一个时间常数,并且其中 $\Delta T > 0$ 是一个时间偏移量,该时间偏移量被选择以避免所发射的调制光中的可见的闪烁。

[0011] 由于调制的频率随时间改变,根据所述第一方面布置的照明装置有利地使得被发射的调制光能够被图像捕获单元检测到,该图像捕获单元以一个给定的固定曝光时间设置而捕获图像。因此,有利地,这样的照明装置防止了卷帘式快门照相机检测不到由所述照明装置发射的调制光中包含的信息。

[0012] 根据第二实施例,提供了一种照明系统,包括:数目 $N$ 个根据所述第一方面的照明装置,其中每个照明装置与其自身的唯一常数 $T_i, i=1 \dots N$ 相关联,其中每个照明装置的调制在每个状态内是周期性的,其中在第一状态中,光源 $i$ 的所述调制具有周期 $T_{i1}$ ,并且其中在第二状态中,光源 $i$ 的所述调制具有周期 $T_{i2} \neq T_{i1}$ ,其中 $T_{i1}$ 和 $T_{i2}$ 在区间 $[T_{i0} - \Delta T/2, T_{i0} + \Delta T/2]$ 内取值,其中 $T_{i0} > 0$ 是一个针对光源 $i$ 的时间常数,并且其中 $\Delta T > 0$ 是一个针对光源 $i$ 的时间偏移量,该时间偏移量被选择以避免所发射的调制光中的可见的闪烁。

[0013] 在可替换或附加的第三实施例中,所述光驱动器可以被布置为驱动所述光发射器发射同时利用多个不同调制周期而调制的光。

[0014] 在各实施例中,所述光发射器可以被布置为发射将由检测单元检测的光;并且所述调制频率可以间隔开一个量,因此至少,使得所述调制周期中的至少一个总是可检测的,

而不论其他调制频率中的至少另一个落入与所述一个或多个盲点有关的检测频谱中,其中,所述量至少对应于在所述检测单元的检测频谱中的盲点的一个不可检测宽度。

[0015] 在各实施例中,所述调制频率可以间隔开以避免在人类可感知范围内的所述调制频率中的任何调制频率之间的互调效应。在各实施例中,所述调制频率中的至少一个与所述调制频率中的至少另一个不具有谐波关系。

[0016] 在各实施例中,所述多个调制频率可以由所述光发射器的同一个光源发射。可替换地,所述光发射器可以包括同一个发光体内的多个光源,并且所述多个调制频率中的每一个可以由所述光源中相应的一个来发射。应注意的是,本发明涉及在权利要求书中记载的特征的所有可能的组合。举例来说,所述第一方面的优点适用于所述第二方面,反之亦然。进一步地,所述第三实施例可以与所述第一或第二实施例相结合。

### 附图说明

[0017] 参照示出本发明实施例的附图,现在更为详细地描述本发明的上面的和其他的方面。

[0018] 图1示出了根据各实施例的照明系统;

[0019] 图2示出了根据各实施例的照明装置;

[0020] 图3示意性地示出了被发射的光信号;

[0021] 图4示出了图3的光信号的频谱;

[0022] 图5示意性地示出了图像捕获单元的低通滤波器特征曲线;

[0023] 图6示意性地示出了图像捕获单元的低通滤波器特征曲线和图4的频谱;

[0024] 图7示意性地示出了被发射的光信号;

[0025] 图8示出了图7的光信号的频谱;

[0026] 图9示意性地示出了图像捕获单元的低通滤波器特征曲线和图8的频谱;

[0027] 图10示意性地示出了图像捕获单元的低通滤波器特征曲线和信号频谱的替换选择;以及

[0028] 图11示意性地示出了图像捕获单元的低通滤波器特征曲线和信号频谱的另一个替换选择。

### 具体实施方式

[0029] 以示例的方式提供下面的实施例,以便本公开将是全面和完整的,并且以便本公开将本发明的范围充分地传达给本领域的技术人员。类似的附图标记自始至终指代类似的元件。将在一个运行环境中描述在下面的实施例中公开的装置。

[0030] 现在将参照图1的照明系统1来公开照明系统的运行。图1的照明系统1包括至少一个照明装置,所述至少一个照明装置被布置为发射编码光,并且由具有附图标记2a、2b、2c的照明装置示意性地表示。所述至少一个照明装置2a、2b、2c可以是发光体和/或是照明控制系统的一部分。照明系统1由此可以被表示为编码的照明系统。如参照图2将进一步公开的,照明装置2a、2b、2c至少包括光驱动器和光发射器。发光体可以包括至少一个这样的照明装置2a、2b、2c。术语“照明装置”的意思是用于在房间中提供光、为了照亮该房间中的物体的装置。在此上下文中,房间通常是公寓房间、办公室房间、体育馆厅、室内零售店、环

境、剧院场景、公共场所的房间或者室外环境的一部分,例如街道的一部分。每个照明装置2a、2b、2c能够发射编码光,如箭头3a、3b、3c所示意性地示出的。被发射的光因此包括与包含信息序列的编码光相关联的调制部分。该调制光可以包括附加的嵌入数据。举例来说,该数据可以包括该照明装置的唯一标识符。该被发射的光还可以包括与照亮贡献相关联的未调制部分。每个照明装置2a、2b、2c可以与许多光(或照明)设置相关联,尤其与该照明装置的照亮贡献有关,例如被发射的光的色彩、色温、强度和频率。一般地说,照明装置的照亮贡献可以被定义为由照明装置2a、2b、2c发射的光的时间平均的输出。图3示意性地示出了由照明装置2a、2b、2c发射的光信号3a、3b、3c,该光信号3a、3b、3c被赋予了一个具有频率 $f=1/T_0$ 的基色调。该基色调是根据具有频率 $f=1/T_0$ 的脉冲宽度调制而发射的。所产生的信号(色调)因此是单个系列的脉冲。对于多原色照明装置2a、2b、2c(例如具有单独的RGB通道的LED)来说,所产生的信号(色调)是不同系列的脉冲(每个原色色彩一个系列的脉冲)的线性组合,这些不同系列的脉冲全部具有相同的基频率。图4示出了相应的频谱 $|H(f(z))|$ ,  $|H(f(z))|$ 是图3的光信号的频率表示的傅里叶变换的绝对值。

[0031] 系统1进一步包括被叫做遥控单元4的装置,该装置被布置为接收和检测由系统1中的照明装置2a、2b、2c发射的编码光。将按照多个功能块来描述遥控单元4。遥控单元4包括图像捕获单元5,该图像捕获单元5具有用于(例如通过捕获包含编码光的图像)检测由系统1中的照明装置2a、2b、2c发射的光的图像传感器。近来的发展(例如欧洲专利申请EP11159149.1所例示的)已经表明了通过使用标准照明机来检测编码光的可能性。图像捕获单元5可以具体化为照相机(的一部分)。遥控单元4进一步包括可操作地耦合到图像捕获单元5的处理单元6。处理单元6分析由图像捕获单元5捕获的图像并且从捕获的图像中识别由照明装置2a、2b、2c发射的编码光。遥控单元4进一步包括可操作地耦合到处理单元6的发射机7。发射机7可以被布置为与照明装置2a、2b、2c通信,如附图标记8a和8b所示意性地示出的。遥控单元4可以是移动通信装置(例如移动电话、智能手机、平板计算机或膝上型计算机)的一部分。

[0032] 通常,图像捕获单元5被布置为以多个不同的曝光时间或快门速度中的一个来捕获图像。在固定的曝光时间 $T_{exp}$ 的情况下,图像捕获单元5的获取过程对于所获取的光信号产生低通滤波效应,由此该低通滤波器的截止频率(单位为赫兹)由该快门速度值 $T_{exp}$ (单位为秒)确定。更详细地,当来自照明装置2a、2b、2c的光信号3a、3b、3c到达图像捕获单元5时,该图像捕获单元5获取该光信号3a、3b、3c。在该获取过程期间,卷帘式快门将图像捕获单元5的图像传感器的每一条线曝光一个时间 $T_{exp}$ 。这个获取过程由此对于所获取的光信号产生低通滤波效应。图5示意性地示出了该低通滤波器的特征曲线 $|H(f(z))|$ ,  $|H(f(z))|$ 是图像捕获单元5的获取过程的频率表示的傅里叶变换的绝对值,该图像捕获单元5具有曝光时间为 $T_{exp}$ 的卷帘式快门照相机。

[0033] 因此,在照明装置2a、2b、2c中的一个或多个以与图像捕获单元5的快门速度的低通滤波器特征曲线 $|H(f(z))|$ 中的过零点(对应于快门速度值 $T_{exp}$ 的倍数)相对应的频率发射编码光的情况下,该图像捕获单元5可能不能记录或甚至无法接收该编码光。换句话说,为了可靠地检测编码光,照明装置2a、2b、2c为可见光通信而使用的信号的周期例如不是该曝光时间的倍数是必要的,否则该图像捕获单元5“无法检测到”所述信号。

[0034] 根据图5,清楚的是,盲点的所在之处对应于 $f=1/T_{exp}$ 的倍数,该低通滤波器在这些

倍数处具有零点。因此,如图6中的尖头“↑”所示,具有基频率 $f=1/T_0=1/T_{exp}$ 的色调未被检测到。

[0035] 接下来进一步参照图2描述照明装置2a、2b、2c的其他功能和特点。为了克服前面的问题,照明装置2a、2b、2c发射具有这样的色调的编码光,该色调的周期随时间稍微变化,或者换句话说,该色调的周期随时间‘颤动’或波动。在具有N个照明装置的系统,每个照明装置i在至少两个色调之间颤动,其中 $i=1\cdots N$ 。 $T_{i1}$ 表示用于照明装置i的颤动色调中的一个,并且 $T_{i2}$ 表示用于照明装置i的颤动色调中的另一个。因此,对于照明装置i, $T_{i1}\neq T_{i2}$ 。对于照明装置i,嵌入在被发射的调制光的数据中的唯一标识符可以由频率 $f=1/T_{i0}$ 表示,其中 $T_{i0}$ 是基色调的基周期,颤动色调围绕该基色调而波动。因此, $T_{i0}\neq T_{i1}\neq T_{i2}$ 。

[0036] 照明装置2a、2b、2c包括光驱动器13。照明装置2a、2b、2c还包括光发射器14。光驱动器13被布置为向光发射器14提供一个指示符。该指示符可以借助于电信号来提供。可替换地,该指示符可以借助于机械开关或继电器来提供。该指示符与由处于至少两个状态中的一个的光发射器14发射的光的调制有关。该指示符因此确定根据该至少两个状态中的哪一个,由光发射器14发射的光将在当前操作中被发射。光驱动器13由此被布置为驱动光发射器14。进一步地,光发射器14被布置为发射根据该指示符而调制的光。优选地,使用脉冲宽度调制来发送该调制光。

[0037] 图7示出了由照明装置2a、2b、2c发送的光信号,该照明装置2a、2b、2c被布置为发射具有基频率 $f=1/T_0$ 的颤动色调(在仅考虑一个照明装置的情况下,可以去掉下标i—换句话说:对于 $N=1$ , $T_{i0}=T_0$ )。所产生的PWM光信号具有绕基周期 $T_0$ 波动的周期。为简单起见,照明装置2a、2b、2c具有单一原色(其中光发射器14由白色LED构成),并且所产生的信号(色调)是单个系列的脉冲。对于多原色照明装置2a、2b、2c(例如RGB)的情况,所产生的信号(颤动色调)是不同系列的脉冲(每个原色一个系列的脉冲)的线性组合,这些不同系列的脉冲全部具有相同的基频率。图8示出了相应的频谱 $|H(f(z))|$ , $|H(f(z))|$ 是图7的光信号的频率表示的傅里叶变换的绝对值,在图8中,每个颤动色调由一个尖头“↑”表示。

[0038] 在图9中,结合图像捕获单元5的低通特征曲线示出了所产生的颤动色调(即尖头“↑”)。即使对于 $1/T_0=1/T_{exp}$ ,所述颤动色调中的一些也不会落入盲点中,并因此能够被检测。

[0039] 在各实施例中,对于每个照明装置i,存在K个颤动色调 $T_{i1}, T_{i2}, \cdots, T_{ik}$ 。因此实际上对于每个照明装置i,并非只有两个状态,而是有代表K个不同颤动色调的K个不同状态。在这种情况下,用于每个照明装置i的指示符因此与由处于K个状态中的一个的光发射器14发射的光的调制有关。在这种情况下,该指示符因此确定根据K个状态中的哪一个,由光发射器14发射的光将在当前操作中被发射。

[0040] 每个照明装置i与一个时间偏移量 $\Delta T_i$ 和一个名义时间周期 $T_{i0}$ 相关联。优选地,每个照明装置具有其自身的名义周期。即,对于 $i\neq j$ , $T_i\neq T_j$ 。此外,每个照明装置可以与其自身的时间偏移量相关联。即,对于 $i\neq j$ , $\Delta T_i\neq \Delta T_j$ 。这可以方便对来自不同照明装置的信息消息进行检测和接收。

[0041] 对于仅具有一个照明装置的系统(即其中 $N=1$ ),在第一状态中的调制具有周期 $T_{11}$ (第一颤动色调),而第二状态中的调制具有周期 $T_{12}\neq T_{11}$ (第二颤动色调),其中 $T_{11}$ 和 $T_{12}$ 在区间 $[T_{10}-\Delta T_1/2, T_{10}+\Delta T_1/2]$ 内取值,其中 $T_{10}>0$ 为时间常数(该单个照明装置的名义时间周

期),并且其中 $\Delta T_i > 0$ 为时间偏移量(针对单个照明装置)。如果仅使用两个色调 $T_{i1}$ 和 $T_{i2}$ ,则可能有的是,该光输出是对称的,换句话说,对于 $T_{i2} > T_{i1}$ , $T_{i2} - T_{i0} = T_{i0} - T_{i1}$ 。这可以简化光发射器14的构建。

[0042] 一般来说,选择参数 $T_{i0}$ 和 $\Delta T_i$ 的组合,以避免发射器14发射的调制光中的可见闪烁。更具体来说,为了避免可见光中的闪烁,限制该区间的下端点 $T_{i0} - \Delta T_i/2$ 高于一个特定频率可能是有利的。为了使信号远离频率表示中低通滤波器衰减过于严重而不合实际情况的区域,限制该区间的上端点 $T_{i0} + \Delta T_i/2$ 低于一个特定频率可能是有利的。光驱动器13提供的指示符因此包含与当前状态(即该调制光应当在哪一个颤动色调被发射)有关的信息。

[0043] 举例来说,被分配具有周期 $T_i$ 的基色调的照明装置 $i$ 将发送这样的色调,该色调随时间在范围 $[T_{i0} - \Delta T_i/2, T_{i0} + \Delta T_i/2]$ 内稍微变化。由于 $\Delta T_i > 0$ ,这将因此避免任何照明装置 $i$ 的色调以任何名义周期 $T_{i0}$ 被发射。因此允许 $T_{i0}$ 对应于前面公开的图像捕获单元5的一个盲点。对于 $T_{20} > T_{10}$ (其中 $T_{10}$ 和 $T_{20}$ 为两个时间上(time-wise)相邻的时间常数),保持 $\Delta T_{i0} \ll T_{20} - T_{10}$ 使得在不同照明装置2a、2b、2c的色调之间提供了足够的间隔。

[0044] 可以利用不同的方式确定 $K$ 个不同状态之间的交替。举例来说,根据一个实施例,光驱动器13被布置为使调制不定期地在 $K$ 个不同状态之间交替。举例来说,根据另一个实施例,光驱动器13被布置为根据一个预定顺序使调制在 $K$ 个不同状态之间交替。调制可以根据一个随机变量来在 $K$ 个状态之间交替。调制可以在至少两个相邻的脉冲宽度调制周期中与同一状态相关联。举例来说,每个照明装置2a、2b、2c可以在一个等于若干PWM周期的时间 $T_c$ 内保持PWM周期恒定。这意味着当观察一个足够短的时间时,生成的PWM信号将看起来具有一个恒定的重复周期。举例来说,给定视频摄像机的帧率为30Hz,则 $T_c = 1/30\text{Hz}$ 。对于全部照明装置2a、2b、2c,颤动图案可以相同,或者可以不同。在后一种情况下,每个照明装置2a、2b、2c具有不同的 $T_c$ 并且根据一个不同的模式(跳跃到边界内的一个不同周期)从一个重复周期跳跃至另一重复周期(总是在前面定义的范围)。该颤动图案可以被预先分配在照明装置2a、2b、2c中,或者它可以在照明装置2a、2b、2c中随机地生成。

[0045] 本领域技术人员认识到,本发明绝非限制于前面描述的优选实施例。与此相反,在所附权利要求书的范围内许多修改和变型是可能的。举例来说,可以作为一个设备来提供所公开的遥控单元4和包括至少一个照明装置2a、2b、2c并由该遥控单元4可控的至少一个发光体。

[0046] 如所讨论的,近来的发展已经表明了通过使用标准照相机来检测编码光的可能性。举例来说,本发明可适用于利用卷帘式快门照相机来检测编码光。在卷帘式快门图像传感器中,每一个后续图像行的获取,相对于前一行具有一个小的时延。结果,高频的时间上的光闪烁转换成水平条带的空间图案。捕获后续行的速率被称为线率 $f^{\text{line}}$ 。由于大多数图像传感器的线率相对较高(通常大于10kHz),图像传感器能够捕获对于人类而言足够高而无法感知的光调制。

[0047] 前面已经表明曝光时间的值如何导致在可检测频率的频谱中的盲点。在曝光时间间隔中适应整数数目的循环的任何频率使得合并的光调制被抵消。在傅里叶域中,这些盲频率点事实上与正弦形状的频率响应相吻合,该正弦形状的频率响应是发生光合并期间的矩形时间窗的傅里叶变换(图5示出了由于曝光时间 $T_{\text{exp}}$ 产生的正弦形状的频率响应的幅度)。

[0048] 一般来说,任何重复性信号(例如,重复的数据分组)可以由具有基频的谐波信号与该基频的附加谐波信号分量之和来表征。因为这样,本发明一般地也可适用于重复性信号,适用于分组和波形两者。

[0049] 移动装置中的大多数集成照相机未提供用于固定该照相机的曝光值的选项。因此,在由瞬间的曝光时间引起的频谱盲点中的一个与灯频率相吻合的情况下,该照相机不能检测编码光信号。一般来说,对于重复性信号,照相机变得无法检测与所述重复性光信号相关联的一个或多个谐波分量。一般来说,这导致不正确的检测或者甚至信号检测的损失。

[0050] 另外在PWM信号的调制频率或者重复性信号的一个或多个频率分量靠近频谱盲点的情况下,该信号分量虽然未被完全抵消,但是仍然太微弱而不能进行适当的信号检测。

[0051] 在本公开中,公开了一种用于发射调制光的照明装置和一种包括至少一个这种照明装置的照明系统。举例来说,该照明装置可以被布置以便其发射的调制光可由标准卷帘式快门速度照相机检测。为了这样做,该照明装置可以被布置以便其发射的调制光的频率绕一个基频率或中心频率颤动。举例来说,该调制光可以使用脉冲宽度调制来发送。在这种情况下,所产生的脉冲宽度调制光信号因此具有绕该基周期波动的周期,并且可以选择确定该调制光的颤动的参数以避免在被发射的调制光中的可见的闪烁。

[0052] 然而,本发明的范围不必限制于这些实施例。如已经解释的,本发明在于降低编码光不被检测的风险。这通过利用多个(K个)不同调制频率对来自给定照明装置的光进行调制而实现(其中K至少是二,并且在实施例中,大于二)。在前面的实施例中,通过改变“颤动”图案中的频率来实现不同的调制频率,但是考虑到本文的公开,应当理解的是,降低调制不被全面检测的风险的思想能够利用不同调制频率的任何布置来实现。下面描述一个替换实施例,其中光被调制以便同时生成多个频率分量,优选地,使得在任何给定情况下,至少一个调制频率将总是落在曝光时间的任何盲点之外(即,绝不会存在所有频率都与盲点吻合的情况)。

[0053] 在各实施例中,生成一个重复性信号以便它包含两个主频率。例如,一个生成这种信号的方法是将至少两个不同的信号求和,所述至少两个不同信号的每一个都具有不同的主频率。图10和11描绘了由具有不同频率的不同信号之和产生的、许多可能的频率配置的信号频谱。被共同地标记的频率分量中的每一个与单个光源相关联,例如(参照图1的数字)被标记为A的分量来自第一光源2a,被标记为B的分量来自第二光源2b,并且被标记为C的分量来自第三光源2c。在图10和11的示例中,信号A的两个分量都是可检测的,信号B的频率较低的分量被丢失,信号C的频率较高的分量被丢失。

[0054] 图10示出了每个灯使用两个相邻频率的一个示例。调制频率靠近在一起,但是间隔足够远以便调制频率中的至少一个总是可检测,而不论其他调制频率中的至少另一个落入与一个或多个盲点有关的检测频谱中。即,对于两个相邻频率,它们并不那么靠近以致于它们两者总是都落入盲点中。在靠近盲点的地方,频率经受了与该特定曝光时间 $T_{exp}$ 相关联的正弦形状的频率响应的幅度等同的抑制,所以可以将一个阈值应用于该正弦形状的检测频谱的y轴,并且位于该阈值下方的、每个盲点附近的频率范围可以被认为是一个频率“禁止”区。因此,调制频率之间的最小间隔可以被布置为对应于该盲点的点附近的一个特定窗口,所述特定窗口例如由该检测频谱的一个特定小数或百分比的高度来定义。例如,如果在一个给定的盲点(比方说在 $1/T_{exp}$ 处的盲点)附近,编码光信号仅在检测频谱位于一个特定

的阈值高度(例如接收的功率的最大值的一个特定百分比)上方之处可被检测,则调制频率之间的间隔将至少是从该检测频谱中的零点的频率位置到对应于该最小检测阈值的频率位置的距离。那样,即使调制频率中的一个恰好落入该盲点的中心(点),其他调制频率也仍将落在检测频谱中对应于该最小检测阈值的频率位置。该特定的检测阈值可以取决于所讨论的设备。

[0055] 这些实施例可能有利于检测算法。然而,在实际中,光生成中的任何非线性都可以导致一个或多个附加的、落入人类可感知范围内的低频信号分量。这些(不需要的)低频分量是由于互调效应而产生的,当两个(有意图的)信号分量靠在一起太近时,就可能发生互调效应。因此,在各实施例中,可以利用相距较远的频率分量来生成调制以避免这种效应,至少使得任何互调频率落在人类可感知范围以外。图11中示意性地示出一个相距更远的调制频率的示例。

[0056] 如果两个(或更多)调制频率相距较远,它们将不会落入相同的盲点中,但是如果没有规划,则它们仍然有可能落入不同的盲点中。例如,一个可能落在 $1/T_{exp}$ 处的点,而一个落在 $2/T_{exp}$ 处或 $3/T_{exp}$ 处等等的下一点。所以为了降低命中超过一个盲点的风险,在各实施例中,生成两个(或更多)频率分量以使得不具有谐波关系,至少使得一个频率分量不是另一个频率分量的整数倍。在各实施例中,一个频率分量也不是另一个频率分量的半整数倍。在另外的实施例中,一个频率分量不是另一个频率分量的 $n/3$ 倍和/或不是 $n/4$ 倍等等,其中 $n$ 为整数。一般来说,可以布置一个频率以使它不是另一个的 $n/m$ 倍,其中分母 $m$ 为整数并且小于一个关于该分母的阈值(有效地,存在一个最低程度,在该程度上,这种关系是不合理的或者非谐波的(aharmonic))。

[0057] 如所提及的,一种生成多个信号分量的方式是将这些分量求和并且使用该求和得到的信号驱动单个基元光源,例如单个灯。从单个发光体生成多个信号分量的一个替换实施例是使用置于或集成于同一发光体中的不同基元光源(例如多个LED),并且将不同信号再一次在相同的限制条件下分配给该发光体中的不同LED。

[0058] 此外,应当理解的是,仅仅以示例的方式描述了前面的实施例。举例来说,本发明可适用于广泛的应用中,例如利用基于照相机的装置(例如智能手机和平板计算机)对编码光进行检测、基于照相机的编码光检测(例如用于消费者和专业领域中的光设施)、个性化光控制、基于光的物体标注和基于光的室内导航。

[0059] 本发明不限于相对于一种用于控制一个或多个照明装置的遥控或控制系统进行使用。在其他实施例中,在此公开的编码光技术可以用于在任何环境中向任何合适的捕获单元提供信息,这例如是沿着仅从照明装置到捕获单元的一个方向而不是作为控制环的一部分,或者除了主/从控制关系以外,基于某些其他基础交换信息,等等。

[0060] 进一步地,本发明的适用性不限于避免由于卷帘式快门技术而导致的盲点,或者避免任何特定滤波效应或检测频谱中的盲点。应当理解的是,不同调制频率的使用能够降低由于频率盲点而导致调制不被检测的风险,所述频率盲点是由被用于检测调制光的任何检测装置的任何副作用或限制而导致的。

[0061] 在各实施例中,本发明不限于时变调制频率或者同时调制频率的使用。在各实施例中,照明装置可以在两个或更多不同状态之间交替,这些状态中的至少一个(可能是一些或全部)使用具有不同频率的两个同时调制分量。

[0062] 进一步地,应当理解的是,前面已经从调制频率的角度进行了描述,但是这也可以从调制周期的角度等同地表示,反之亦然。

[0063] 进一步地,本发明不限于在基色调附近的对称的上下限 $\pm \Delta T_i/2$ 。在其他实施例中,该窗口可以关于名义基色调非对称,和/或高于基色调的调制频率的数目不必与低于基色调的调制频率的数目相同。事实上,在各实施例中,没必要的是,任何一个调制频率都被挑选为中心或“基”色调。

[0064] 本领域技术人员在实现要求保护的发明时,通过研究附图、公开内容和所附的权利要求书可以理解并实现所公开的实施例的其他变型。在权利要求中,词“包括”不排除其他元件或步骤,并且不定冠词“一”或“一个”不排除多个。单个处理器或其他单元可以执行权利要求中记载的若干项目的功能。特定措施记载于相互不同的从属权利要求这一事实并不表明这些措施的组合不能有利地被使用。计算机程序可以被存储/分布在合适的介质(例如与其他硬件一起被提供或者作为其他硬件的一部分提供的光学存储介质或固态介质)上,但是也可以以其他形式分布,例如经由互联网或其他有线或无线电信系统。权利要求中的任何附图标记不应当解释为对范围的限制。

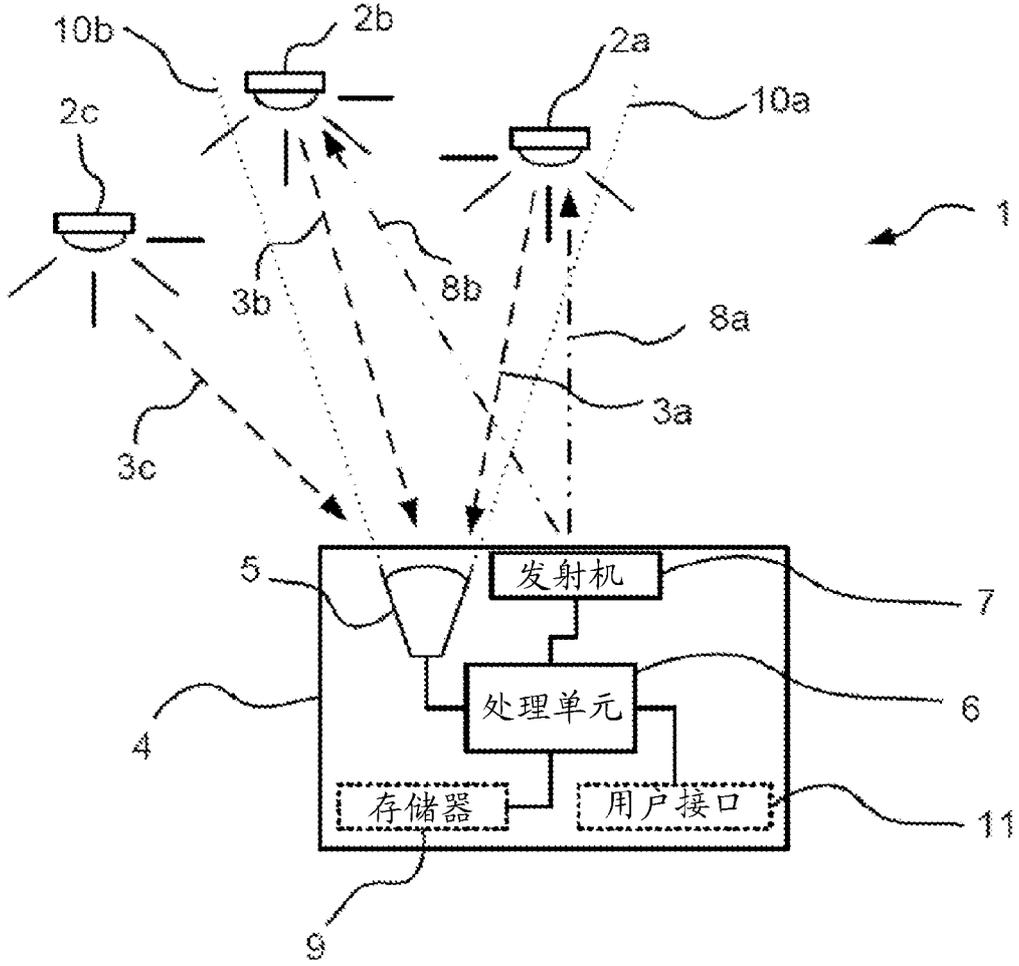


图 1

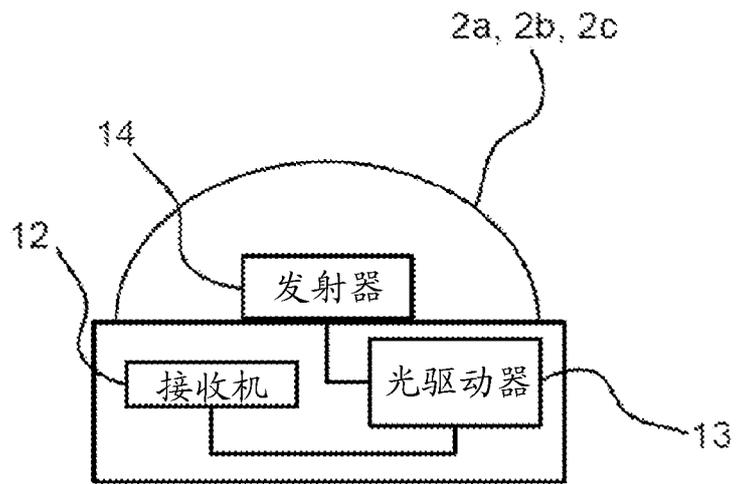


图 2

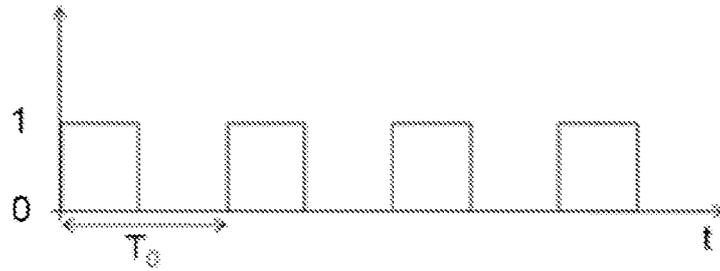


图 3

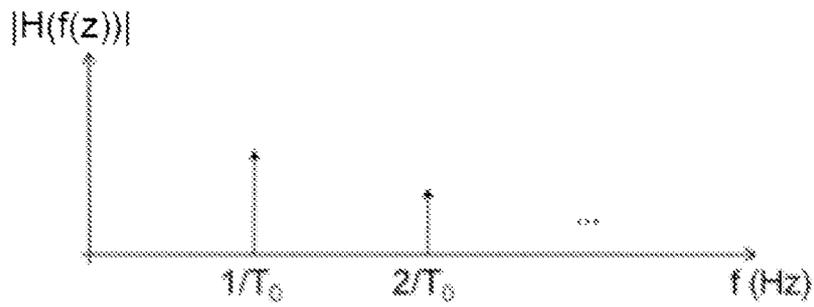


图 4

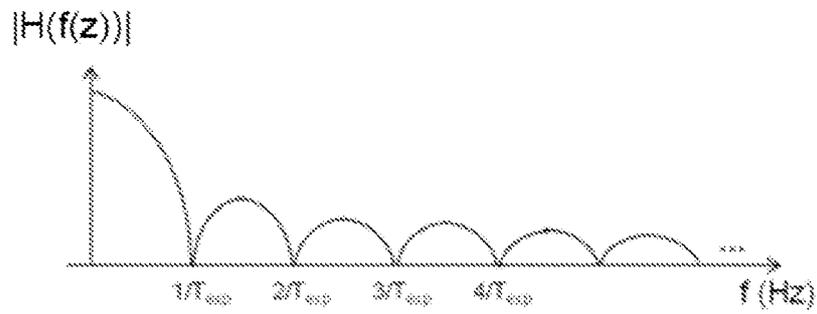


图 5

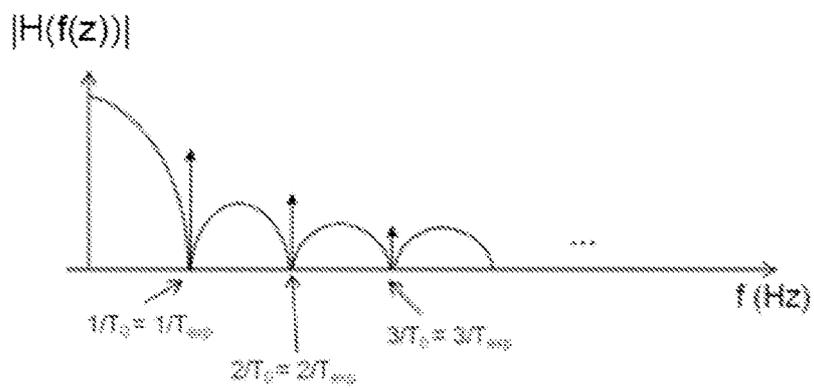


图 6

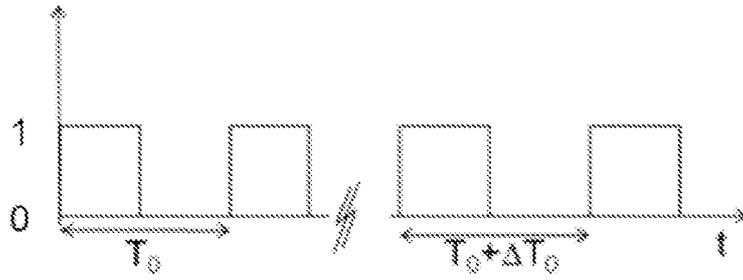


图 7

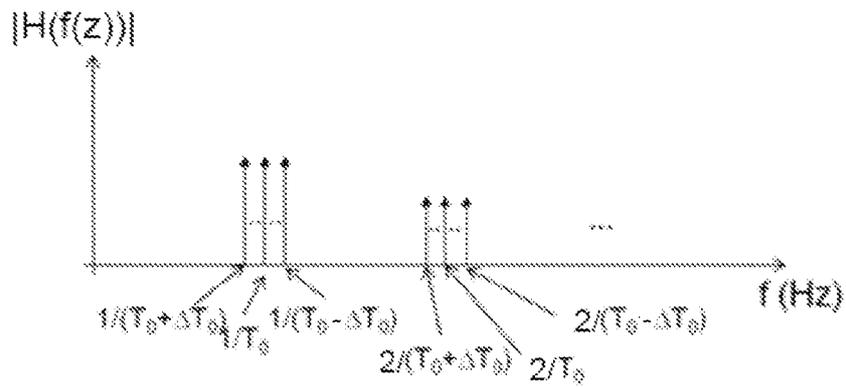


图 8

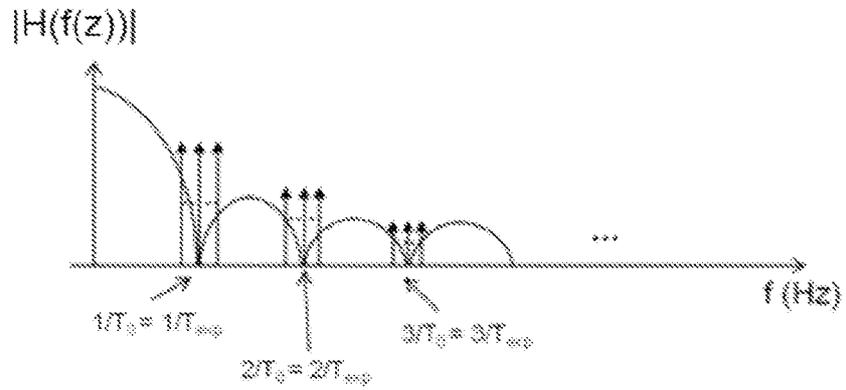


图 9

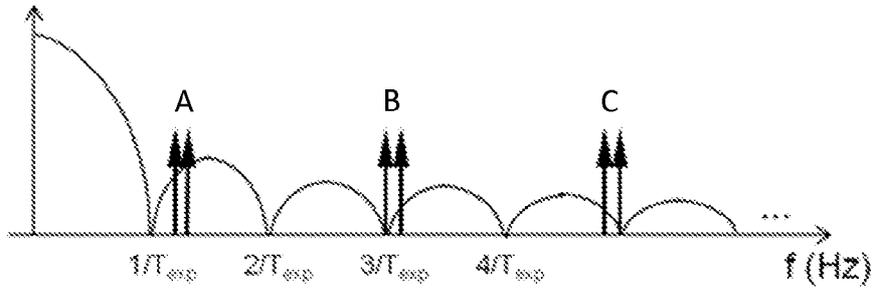


图 10

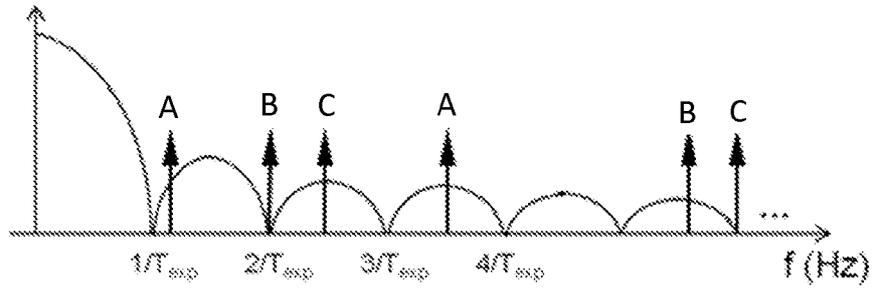


图 11