



## (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 107370913 B

(45) 授权公告日 2021.03.16

(21) 申请号 201710191134.X

(22) 申请日 2017.03.28

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 107370913 A

(43) 申请公布日 2017.11.21

(30) 优先权数据  
2016-095055 2016.05.11 JP  
2016-095056 2016.05.11 JP

(73) 专利权人 松下知识产权经营株式会社  
地址 日本大阪府

(72) 发明人 能泽克弥 三宅康夫

(74) 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司  
72002

代理人 高迪

(51) Int.Cl.

H04N 5/225 (2006.01)

H04N 5/235 (2006.01)

(56) 对比文件

US 2005156121 A1, 2005.07.21

US 5218558 A, 1993.06.08

US 2009019419 A1, 2009.01.15

CN 102129152 A, 2011.07.20

审查员 陟爽

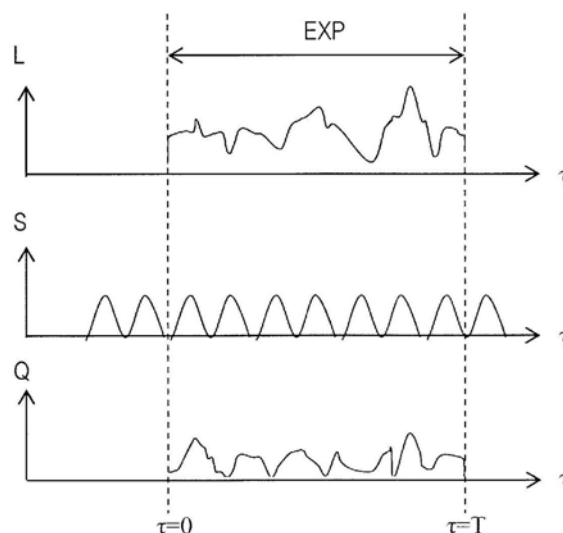
权利要求书1页 说明书38页 附图21页

(54) 发明名称

摄像装置、摄像系统以及光检测方法

(57) 摘要

本申请提供能够取得曝光时间内的与被摄体的亮度的时间性变化相关的信息的摄像装置、摄像系统以及光检测方法。摄像系统具有将强度在时间上变化的光放射到被摄体的至少一个照明装置、和检测来自被摄体的光的至少一个摄像装置。至少一个摄像装置具有分别能够变更灵敏度的至少一个摄像单元、和与至少一个摄像单元电连接的至少一个灵敏度控制线。至少一个摄像单元具有接受来自被摄体的光并生成信号电荷的光电转换部、和检测信号电荷的信号检测电路。至少一个灵敏度控制线在曝光期间中将灵敏度控制信号供应给至少一个摄像单元,该灵敏度控制信号具有由对构成正交系的函数系的基底之中的一个加上常数而得到的取正值的函数表示的波形。



1. 一种摄像装置,具备:  
至少一个摄像单元,分别能够变更灵敏度;以及  
至少一个灵敏度控制线,与所述至少一个摄像单元电连接,  
所述至少一个摄像单元具有:  
半导体基板;  
光电转换部,被层叠在所述半导体基板的上部,通过光的入射生成信号电荷;以及  
信号检测电路,被设置于所述半导体基板,检测所述信号电荷,  
所述光电转换部具有:  
第一电极;  
透光性的第二电极,与所述至少一个灵敏度控制线连接;以及  
光电转换层,被配置在所述第一电极及所述第二电极之间,  
所述至少一个灵敏度控制线,在从所述至少一个摄像单元的复位至读出通过曝光在所述至少一个摄像单元中积蓄的所述信号电荷为止的曝光期间中,将灵敏度控制信号供应给所述至少一个摄像单元,该灵敏度控制信号具有由如下函数表示的波形,该函数是对构成正交系的函数系的基底之中的一个加上常数而得到的取正值的函数。
2. 如权利要求1所述的摄像装置,  
所述信号检测电路具有与所述至少一个灵敏度控制线连接的放大器,  
所述放大器在所述曝光期间中的放大率示出由所述取正值的函数表示的变化。
3. 如权利要求1所述的摄像装置,  
所述信号检测电路具有:  
信号检测晶体管;  
电荷积蓄区域,与所述信号检测晶体管的输入连接;  
电荷排出区域;以及  
切换电路,连接于所述光电转换部与所述电荷积蓄区域及所述电荷排出区域之间,且与所述至少一个灵敏度控制线连接,  
所述切换电路基于所述灵敏度控制信号,在所述曝光期间的一部分中将所述光电转换部与所述电荷积蓄区域连接,在所述曝光期间的剩余的期间中将所述光电转换部与所述电荷排出区域连接。
4. 如权利要求1所述的摄像装置,  
所述光电转换部包含雪崩光电二极管,该雪崩光电二极管具有与所述至少一个灵敏度控制信号线连接的电极。
5. 如权利要求1至4的任一项所述的摄像装置,  
所述至少一个摄像单元是多个摄像单元。
6. 如权利要求5所述的摄像装置,  
所述至少一个灵敏度控制线向所述多个摄像单元供应公共的所述灵敏度控制信号。

## 摄像装置、摄像系统以及光检测方法

### 技术领域

[0001] 本申请涉及摄像装置、摄像系统以及光检测方法。

### 背景技术

[0002] 以往,广泛使用CCD(电荷耦合器件:Charge Coupled Device)传感器以及CMOS(互补金属氧化物半导体:Complementary MOS)传感器。众所周知,这些光传感器具有在半导体基板上形成的光电二极管,生成与照度相应的信号。近年,还提出了在覆盖形成了读出电路的半导体基板的层间绝缘层上配置了光电转换层而成的所谓层叠型的构造。

[0003] 以CMOS图像传感器为代表的数字图像传感器的摄像单元各自一般来说具有光电二极管等光电转换元件、电荷积蓄区域(也被称为“浮动扩散”)、以及与电荷积蓄区域电连接的读出电路。电荷积蓄区域对由光电转换元件生成的信号电荷进行积蓄,读出电路读出与在电荷积蓄区域中积蓄的信号电荷量相应的信号(典型地说为电压信号)。

[0004] 在各摄像单元的电荷积蓄区域中积蓄的信号电荷量具有与对于摄像单元的照度以及拍摄时的灵敏度之积在曝光期间的积分值成比例的大小。一般来说,在拍摄中,设定与场景相应的灵敏度,该灵敏度在取得1帧的图像的期间被固定。换言之,在帧期间的整体上,各摄像单元的灵敏度为一定。从而,从各摄像单元最终读出的信号对应于将在曝光期间中的各瞬间产生的信号电荷在时间上累积后的结果。

[0005] 这意味着,例如若在曝光期间中被摄体的位置变化,则得到重叠了在某瞬间的被摄体的像、和其他某瞬间的被摄体的像的图像。也就是说,图像中的被摄体的像产生模糊。下述的专利文献1公开了根据曝光期间中的各瞬间的被摄体(例如车辆)的像,检测在曝光期间中位置变化的被摄体的移动速度,构筑在曝光开始时的被摄体的像的图像形成方法。

[0006] 现有技术文献

[0007] 专利文献

[0008] 专利文献1:(日本)特开2006-050343号公报

### 发明内容

[0009] 如上所述,在以往的图像传感器中从各摄像单元输出的信号是与在曝光期间中生成的信号电荷的总量对应的信号。从而,即使被摄体的亮度在曝光期间中变化,也不能从各摄像单元的输出知晓其亮度变化。换言之,通过以往的图像传感器,不能取得与在比曝光期间短的时间中的被摄体的亮度的变化相关的信息。专利文献1中记载的技术虽然有效地去除曝光期间中位置在空间上变化的被摄体的拍摄中的模糊,但没有考虑曝光期间中的被摄体本身的亮度的变化。通过专利文献1中记载的技术而最终得到的图像数据是曝光开始时的被摄体的图像数据,在该图像数据中,不包含与曝光期间中的被摄体的亮度变化相关的信息。

[0010] 原理上,若缩短曝光期间,则能够取得在比较短的时间变化的亮度信息。但是,若缩短曝光期间,则在曝光期间中到达摄像单元的光子数减少,从而通过光电转换生成的电

荷量(信号电荷量)减少。在光传感器中,由于光的照射以外的原因而产生的伪信号电荷(噪声)是不可避免的,因此由于信号电荷量的减少而信噪比(所谓S/N)恶化。

[0011] 作为光检测元件的图像传感器不仅用于作为纪念的运动图像或静止图像的拍摄,在测定或分析的场景中也使用。此外,图像传感器作为机器视觉也是有用的。因此,若能够利用光检测元件从被摄体取得更多信息则是有益的。

[0012] 根据本申请的非限定性的某例示的实施方式,提供以下方案。

[0013] 一种摄像系统,具备:至少一个照明装置,将强度在时间上变化的光放射到被摄体;以及至少一个摄像装置,检测来自所述被摄体的光,所述至少一个摄像装置具有:至少一个摄像单元,分别能够变更灵敏度;以及至少一个灵敏度控制线,与所述至少一个摄像单元电连接,所述至少一个摄像单元具有:光电转换部,接受来自所述被摄体的光并生成信号电荷;以及信号检测电路,检测所述信号电荷,所述至少一个灵敏度控制线在从所述至少一个摄像单元的复位至读出通过曝光在所述至少一个摄像单元中积蓄的所述信号电荷为止的曝光期间中,将灵敏度控制信号供应给所述至少一个摄像单元,该灵敏度控制信号具有由对构成正交系的函数系的基底之中的一个加上常数而得到的取正值的函数表示的波形。

[0014] 总括性或具体性的方式也可以以元件、设备、装置、系统、集成电路或方法来实现。此外,总括性或具体性的方式也可以通过元件、设备、装置、系统、集成电路以及方法的任意的组合来实现。

[0015] 所公开的实施方式的追加的效果以及优点从说明书以及附图来看变得明确。效果及/或优点通过在说明书以及附图中公开的各种实施方式或特征而分别被提供,为了得它们的一个以上,不需要全部。

[0016] 根据本申请的一方式,能够取得曝光期间内的、与被摄体的亮度的时间性变化相关的信息。

## 附图说明

[0017] 图1是示意性地表示本申请的第一实施方式的摄像装置的例示的结构的图。

[0018] 图2是表示摄像单元10的例示的电路结构的示意图。

[0019] 图3是表示摄像单元10的例示的设备构造的示意剖面图。

[0020] 图4是表示外部量子效率的变化相对于施加给光电转换层的偏压的变化的例子的曲线图。

[0021] 图5是用于说明在以往的图像传感器中在曝光期间中电荷积蓄区域中积蓄的信号电荷的总量的示意图。

[0022] 图6是用于说明从照度L在曝光期间中的时间变化提取特定的频率成分的示意图。

[0023] 图7是表示在被摄体的亮度的变化的周期与摄像单元10的灵敏度的变化的周期一致,且被摄体的亮度的周期性变化中的相位与摄像单元10的灵敏度的周期性变化中的相位一致时得到的图像的例子的图。

[0024] 图8是表示在被摄体的亮度的变化的周期与摄像单元10的灵敏度的变化的周期一致,且被摄体的亮度的周期性变化中的相位与摄像单元10的灵敏度的周期性变化中的相位之间相差半周期时得到的图像的例子的图。

[0025] 图9是表示在被摄体的亮度的变化的周期与摄像单元10的灵敏度的变化的周期不

同,且被摄体的亮度的周期性变化中的相位与摄像单元10的灵敏度的周期性变化中的相位一致时得到的图像的例子的图。

[0026] 图10是表示在被摄体的亮度的变化的周期与摄像单元10的灵敏度的变化的周期不同,且被摄体的亮度的周期性变化中的相位与摄像单元10的灵敏度的周期性变化中的相位之间相差半周期时得到的图像的例子的图。

[0027] 图11是表示被摄体的亮度的周期性变化以及摄像单元10的灵敏度的周期性变化之间的相位差 $\Delta\theta$ 与在电荷积蓄区域中积蓄的平均电荷数 $N$ 之间的关系的例子的曲线图。

[0028] 图12是表示平均电荷数 $N$ 对于相位差 $\Delta\theta$ 的依赖性与曝光期间 $T$ 的长度之间的关系的典型例的曲线图。

[0029] 图13是表示能够在多个摄像单元10之间施加不同的灵敏度控制信号的结构例子的示意俯视图。

[0030] 图14是表示图13所示的多个摄像单元10之中的一部分的示意剖面图。

[0031] 图15是表示能够在多个摄像单元10之间施加不同的灵敏度控制信号的结构例子的另一例的示意俯视图。

[0032] 图16是表示能够在多个摄像单元10之间施加不同的灵敏度控制信号的结构例子的再另一例的示意俯视图。

[0033] 图17是表示能够进行灵敏度的调制的摄像单元的电路结构的例子的图。

[0034] 图18是表示能够进行灵敏度的调制的摄像单元的电路结构的另一例的图。

[0035] 图19是表示对光电转换部12应用了雪崩光电二极管的电路的例子的图。

[0036] 图20是表示以往的傅里叶变换型红外分光光度计的结构概略图。

[0037] 图21是表示使用了本申请的实施方式的摄像系统的分光成像系统的例子的示意图。

[0038] 图22是表示由具有与移动镜248的物理性振幅的2倍相等的波长的光形成的干涉光的波形的曲线图。

[0039] 图23是表示由具有移动镜248的物理性振幅的4倍的波长的光形成的干涉光的波形的曲线图。

[0040] 图24是表示具有应用了多个单色性的光源而成的照明装置250P的分光成像系统200P的结构例子的图。

[0041] 图25是表示将本申请的实施方式的摄像系统应用于肿瘤观察系统的例子的图。

[0042] 图26是表示将本申请的实施方式的摄像系统应用于物标检测系统的例子的图。

[0043] 图27是 $W_{16,13}(0, \tau)$ 的曲线图。

[0044] 图28是 $W_{16,14}(0, \tau)$ 的曲线图。

[0045] 图29是用于说明长度相等的两个沃尔什函数之积在一周期上的积分值的对于相位差的依赖性的图。

[0046] 图30是表示磷光的强度的变化与周围的氧浓度之间的关系的一例的曲线图。

[0047] 图31是表示将本申请的实施方式的摄像系统应用于磷光观察系统的例子的示意图。

[0048] 图32是用于说明对从BTP发出的磷光的拍摄应用了本申请的摄像系统时的动作例的图。

- [0049] 标号说明：
- [0050] 10、10A、10B 摄像单元
- [0051] 50、60、70 摄像单元
- [0052] 12、12A、12B、12P 光电转换部
- [0053] 12a、12aA、12aB 像素电极
- [0054] 12b、12bA、12bB 光电转换层
- [0055] 12c、12cA、12cB 透明电极
- [0056] 14、14D、14G 信号检测电路
- [0057] 22 信号检测晶体管
- [0058] 52 放大器
- [0059] 62 切换电路
- [0060] 72 雪崩光电二极管
- [0061] 82、82A、82B 灵敏度控制线
- [0062] 92、92A~92C 电压供应电路
- [0063] 92D 直流信号源
- [0064] 93 移相器
- [0065] 99 控制电路
- [0066] 100、100A、100B 摄像装置
- [0067] 200A、200B 摄像系统(物标检测系统)
- [0068] 200E 肿瘤观察系统
- [0069] 200F 磷光观察系统
- [0070] 200P 分光成像系统
- [0071] 250、250A、250B 照明装置
- [0072] 250E、250F、250P 照明装置
- [0073] 256 同步化电路
- [0074] 300 物标检测系统。

### 具体实施方式

- [0075] 本申请的一方式的概要如以下那样。
- [0076] [项目1]
- [0077] 一种摄像系统,具备:
- [0078] 至少一个照明装置,将强度在时间上变化的光放射到被摄体;以及
- [0079] 至少一个摄像装置,检测来自被摄体的光,
- [0080] 至少一个摄像装置具有:
- [0081] 至少一个摄像单元,分别能够变更灵敏度;以及
- [0082] 至少一个灵敏度控制线,与至少一个摄像单元电连接,
- [0083] 至少一个摄像单元具有:
- [0084] 光电转换部,接受来自被摄体的光并生成信号电荷;以及
- [0085] 信号检测电路,检测信号电荷,

[0086] 至少一个灵敏度控制线,在从至少一个摄像单元的复位至读出通过曝光在至少一个摄像单元中积蓄的信号电荷为止的曝光期间中,将灵敏度控制信号供应给至少一个摄像单元,该灵敏度控制信号具有由对构成正交系的函数系的基底之中的一个加上常数而得到的取正值的函数表示的波形。

[0087] 根据项目1的结构,能够使被摄体产生亮度的变化,取得被摄体的亮度的时间性变化之中与特定的成分对应的信息。

[0088] [项目2]

[0089] 如项目1所述的摄像系统,

[0090] 照明装置使光的强度以周期性变化。

[0091] [项目3]

[0092] 如项目1或2所述的摄像系统,

[0093] 至少一个摄像装置具有:同步化电路,使灵敏度控制信号与光的强度的时间性变化同步。

[0094] 根据项目3的结构,能够使被摄体的亮度的时间性变化中的相位与摄像单元的灵敏度的时间性变化中的相位一致。

[0095] [项目4]

[0096] 如项目1至3的任一项所述的摄像系统,

[0097] 至少一个照明装置以及至少一个摄像装置包含:第一照明装置及第一摄像装置所成的组、以及第二照明装置及第二摄像装置所成的组,

[0098] 第一摄像装置中的灵敏度控制信号的波形具有由对基底之中的一个加上第一常数而得到的取正值的第一函数表示的波形,

[0099] 第二摄像装置中的灵敏度控制信号的波形具有由对基底之中的另一个加上第二常数而得到的取正值的第二函数表示的波形。

[0100] 根据项目4的结构,即使在同时使用了多个摄像系统的情况下,也能够防止它们之间的串扰。

[0101] [项目5]

[0102] 如项目1至4的任一项所述的摄像系统,

[0103] 基底之中的一个是三角函数。

[0104] 根据项目5的结构,能够从构成曝光期间中的照度的变化的成分之中,提取与振幅以特定的频率变化的成分相关的信息。

[0105] [项目6]

[0106] 如项目1至4的任一项所述的摄像系统,

[0107] 基底之中的一个是并非常数函数的沃尔什函数。

[0108] [项目7]

[0109] 如项目1至6的任一项所述的摄像系统,

[0110] 至少一个灵敏度控制线为:

[0111] 在曝光期间中,将第一灵敏度控制信号供应给至少一个摄像单元,该第一灵敏度控制信号具有由取正值的函数表示的波形,

[0112] 在比曝光期间晚的第二曝光期间中,将第二灵敏度控制信号供应给至少一个摄像

单元,该第二灵敏度控制信号具有由通过使取正值的函数在时间上偏移而得到的函数表示的波形。

[0113] 根据项目7的结构,能够更高速地取得用于消除明度中的多余的偏置(offset)的图像信号。

[0114] [项目8]

[0115] 如项目1至6的任一项所述的摄像系统,

[0116] 至少一个灵敏度控制线为:

[0117] 在曝光期间中,将第一灵敏度控制信号供应给至少一个摄像单元,该第一灵敏度控制信号具有由取正值的函数表示的波形,

[0118] 在比曝光期间晚的第二曝光期间中,将第二灵敏度控制信号供应给至少一个摄像单元,该第二灵敏度控制信号具有由常数函数表示的波形。

[0119] 根据项目8的结构,能够形成消除了明度中的多余的偏置的图像。

[0120] [项目9]

[0121] 如项目1至6的任一项所述的摄像系统,

[0122] 至少一个摄像单元包含第一摄像单元以及第二摄像单元,

[0123] 至少一个灵敏度控制线包含与第一摄像单元电连接的第一灵敏度控制线以及与第二摄像单元电连接的第二灵敏度控制线,

[0124] 第一灵敏度控制线在曝光期间中,将第一灵敏度控制信号供应给第一摄像单元,该第一灵敏度控制信号具有由取正值的函数表示的波形,

[0125] 第二灵敏度控制线在曝光期间中,将第二灵敏度控制信号供应给第二摄像单元,该第二灵敏度控制信号具有由通过使取正值的函数在时间上偏移而得到的函数表示的波形。

[0126] 根据项目9的结构,能够形成消除了明度中的多余的偏置的图像。

[0127] [项目10]

[0128] 如项目1至6的任一项所述的摄像系统,

[0129] 至少一个摄像单元包含第一摄像单元以及第二摄像单元,

[0130] 至少一个灵敏度控制线包含与第一摄像单元电连接的第一灵敏度控制线以及与第二摄像单元电连接的第二灵敏度控制线,

[0131] 第一灵敏度控制线在曝光期间中,将第一灵敏度控制信号供应给第一摄像单元,该第一灵敏度控制信号具有由取正值的函数表示的波形,

[0132] 第二灵敏度控制线在曝光期间中,将第二灵敏度控制信号供应给第二摄像单元,该第二灵敏度控制信号具有由常数函数表示的波形。

[0133] 根据项目10的结构,能够更高速地取得用于消除明度中的多余的偏置的图像信号。

[0134] [项目11]

[0135] 如项目1至10的任一项所述的摄像系统,

[0136] 正交系是完全正交系。

[0137] 根据项目11的结构,即使是在被摄体的亮度的时间性变化非周期的情况下,也能够从被摄体的亮度的时间性变化,提取与特定的成分相关的信息。



[0138] [项目12]

[0139] 一种摄像系统,具备:

[0140] 至少一个照明装置,将强度以脉冲状变化的光放射到被摄体;以及

[0141] 至少一个摄像装置,检测来自被摄体的光,

[0142] 至少一个摄像装置具有:

[0143] 至少一个摄像单元,分别能够变更灵敏度;以及

[0144] 至少一个灵敏度控制线,与至少一个摄像单元电连接,

[0145] 至少一个摄像单元具有:

[0146] 光电转换部,接受来自被摄体的光并生成信号电荷;以及

[0147] 信号检测电路,检测信号电荷,

[0148] 至少一个灵敏度控制线,在从至少一个摄像单元的复位至读出通过曝光在至少一个摄像单元中积蓄的信号电荷为止的曝光期间中,将具有脉冲波形的灵敏度控制信号供应给至少一个摄像单元。

[0149] 根据项目12的结构,能够使摄像单元的灵敏度以脉冲性变化。

[0150] [项目13]

[0151] 如项目12所述的摄像系统,

[0152] 至少一个摄像装置具有:同步化电路,使灵敏度控制信号与光的强度的时间性变化同步。

[0153] 根据项目13的结构,能够在比从照明装置射出光延迟了特定的时间后的定时,执行灵敏度增大的摄像。

[0154] [项目14]

[0155] 项目12或13所述的摄像系统,

[0156] 至少一个摄像单元是多个摄像单元。

[0157] 根据项目14的结构,能够取得与特定的成分相关的二维或一维的图像。

[0158] [项目15]

[0159] 如项目14所述的摄像系统,

[0160] 至少一个灵敏度控制线向多个摄像单元供应公共的灵敏度控制信号。

[0161] 根据项目15的结构,能够一边在多个摄像单元之间取同步,一边对这些摄像单元的灵敏度施加公共的调制。

[0162] [项目16]

[0163] 一种摄像装置,具备:

[0164] 至少一个摄像单元,分别能够变更灵敏度;以及

[0165] 至少一个灵敏度控制线,与至少一个摄像单元电连接,

[0166] 至少一个摄像单元具有:

[0167] 光电转换部,通过光的入射并生成信号电荷;以及

[0168] 信号检测电路,检测信号电荷,

[0169] 至少一个灵敏度控制线在从至少一个摄像单元的复位至读出通过曝光在至少一个摄像单元中积蓄的信号电荷为止的曝光期间中,将灵敏度控制信号供应给至少一个摄像单元,该灵敏度控制信号具有由对构成正交系的函数系的基底之中的一个加上常数而得到

的取正值的函数表示的波形。

[0170] 根据项目16的结构,能够提取被摄体的亮度的时间性变化之中与特定的成分对应的信息。

[0171] [项目17]

[0172] 如项目16所述的摄像装置,

[0173] 信号检测电路具有与至少一个灵敏度控制线连接的放大器,

[0174] 放大器在曝光期间中的放大率示出由取正值的函数表示的变化。

[0175] 根据项目17的结构,能够使用灵敏度控制信号对摄像单元的灵敏度施加调制。

[0176] [项目18]

[0177] 如项目16所述的摄像装置,

[0178] 信号检测电路具有:

[0179] 信号检测晶体管;

[0180] 电荷积蓄区域,与信号检测晶体管的输入连接;

[0181] 电荷排出区域;以及

[0182] 切换电路,连接于光电转换部与电荷积蓄区域及电荷排出区域之间,且与至少一个灵敏度控制线连接,

[0183] 切换电路基于灵敏度控制信号,在曝光期间的一部分中将光电转换部与电荷积蓄区域连接,在曝光期间的剩余的期间中将光电转换部与电荷排出区域连接。

[0184] 根据项目18的结构,能够使用灵敏度控制信号对摄像单元的灵敏度施加调制。

[0185] [项目19]

[0186] 如项目16所述的摄像装置,

[0187] 光电转换部包含具有与至少一个灵敏度控制信号线连接的电极的雪崩光电二极管。

[0188] 根据项目19的结构,能够使用灵敏度控制信号对摄像单元的灵敏度施加调制。

[0189] [项目20]

[0190] 如项目16至18的任一项所述的摄像装置,

[0191] 光电转换部具有:

[0192] 第一电极;

[0193] 透光性的第二电极,与至少一个灵敏度控制线连接;以及

[0194] 光电转换层,被配置在第一电极及第二电极之间。

[0195] 根据项目20的结构,能够通过灵敏度控制信号比较容易地调制灵敏度。

[0196] [项目21]

[0197] 如项目16至20的任一项所述的摄像装置,

[0198] 至少一个摄像单元是多个摄像单元。

[0199] 根据项目21的结构,能够取得与特定的成分相关的二维或一维的图像。

[0200] [项目22]

[0201] 如项目21所述的摄像装置,

[0202] 至少一个灵敏度控制线向多个摄像单元供应公共的灵敏度控制信号。

[0203] 根据项目22的结构,能够一边在多个摄像单元之间取同步,一边对这些摄像单元

的灵敏度施加公共的调制。

[0204] [项目23]

[0205] 一种光检测方法,包含:

[0206] 步骤(a),将具有1个以上的摄像单元的摄像装置的摄像面朝向亮度在时间上变化的被摄体;以及

[0207] 步骤(b),在1个以上的摄像单元的复位后,一边使1个以上的摄像单元之中的至少一部分摄像单元中的第一灵敏度变化一边执行曝光,

[0208] 在步骤(b)中,表示第一灵敏度的变化的波形具有由对构成正交系的函数系的基底之中的一个加上第一常数而得到的取正值的第一函数表示的形状。

[0209] 根据项目23的结构,能够取得被摄体的亮度的时间性变化之中与特定的成分对应的信息。

[0210] [项目24]

[0211] 如项目23所述的光检测方法,

[0212] 步骤(a)包含:

[0213] 步骤(a1),用强度在时间上变化的光照射被摄体。

[0214] 根据项目24的结构,能够使被摄体产生期望的亮度的变化。

[0215] [项目25]

[0216] 如项目24所述的光检测方法,

[0217] 步骤(b)包含:

[0218] 步骤(b1),使第一灵敏度的变化与光的时间性的强度的变化同步。

[0219] 根据项目25的结构,能够取得明度比较高的图像。

[0220] [项目26]

[0221] 如项目23至25的任一项所述的光检测方法,还包含:

[0222] 步骤(c),在1个以上的摄像单元的复位后,一边使1个以上的摄像单元之中的另一部分摄像单元中的第二灵敏度变化一边执行曝光,

[0223] 第一函数是周期函数,

[0224] 表示第二灵敏度的变化的波形相对于表示第一灵敏度的变化的波形,相位及/或周期不同。

[0225] 根据项目26的结构,能够取得用于消除明度中的多余的偏置的图像信号。

[0226] [项目27]

[0227] 如项目23至25的任一项所述的光检测方法,还包含:

[0228] 步骤(c),在1个以上的摄像单元的复位后,使1个以上的摄像单元之中的另一部分摄像单元中的第二灵敏度固定地执行曝光。

[0229] 根据项目27的结构,能够取得用于消除明度中的多余的偏置的图像信号。

[0230] [项目28]

[0231] 如项目26或27所述的光检测方法,

[0232] 步骤(c)在步骤(b)之后被执行。

[0233] [项目29]

[0234] 如项目26或27所述的光检测方法,

- [0235] 步骤(b)以及步骤(c)同时被执行。
- [0236] 根据项目29的结构,能够更高速地取得用于消除明度中的多余的偏置的图像信号。
- [0237] [项目30]
- [0238] 如项目26至29的任一项所述的光检测方法,还包含:
- [0239] 步骤(d),基于在步骤(b)中取得的图像信号与在步骤(c)中取得的图像信号之间的差分来形成图像。
- [0240] 根据项目30的结构,能够形成消除了明度中的多余的偏置的图像。
- [0241] [项目31]
- [0242] 一种光检测方法,包含:
- [0243] 步骤(a),将具有1个以上的摄像单元的摄像装置的摄像面朝向亮度在时间上变化的被摄体;以及
- [0244] 步骤(b),在1个以上的摄像单元的复位后,一边使1个以上的摄像单元之中的至少一部分摄像单元中的第一灵敏度变化一边执行曝光,
- [0245] 在步骤(b)中,表示第一灵敏度的变化的波形具有脉冲形状。
- [0246] 根据项目31的结构,能够使摄像单元的灵敏度以脉冲性变化。
- [0247] [项目32]
- [0248] 如项目31所述的光检测方法,
- [0249] 步骤(a)包含:
- [0250] 步骤(a1),由强度以脉冲性变化的光照射被摄体。
- [0251] [项目33]
- [0252] 如项目32所述的光检测方法,
- [0253] 步骤(b)包含:
- [0254] 步骤(b1),使第一灵敏度的变化与光的时间性的强度的变化同步。
- [0255] 根据项目33的结构,能够在比从照明装置射出光延迟了特定的时间后的定时,执行灵敏度增大的摄像。
- [0256] [项目34]
- [0257] 一种摄像装置,具备:
- [0258] 1个以上的第一摄像单元,分别具有第一光电转换部;
- [0259] 第一信号线;
- [0260] 1个以上的第二摄像单元。分别具有第二光电转换部;以及
- [0261] 第二信号线,
- [0262] 第一光电转换部包含:
- [0263] 第一电极;
- [0264] 透光性的第二电极,与第一信号线电连接;以及
- [0265] 第一光电转换层,被配置在第一电极及第二电极之间,
- [0266] 第二光电转换部包含:
- [0267] 第三电极;
- [0268] 透光性的第四电极,与第二信号线电连接;

- [0269] 第二光电转换层,被配置在第三电极及第四电极之间,
- [0270] 第一信号线在从1个以上的第一摄像单元的复位至读出通过曝光在1个以上的第一摄像单元中积蓄的信号电荷为止的曝光期间中,将第一信号供应给1个以上的第一摄像单元,该第一信号具有由对构成正交系的函数系的基底之中的一个加上常数而得到的取正值的函数表示的波形,
- [0271] 第二信号线在曝光期间中,将具有表示与第一信号不同的时间变化的波形的第二信号供应给1个以上的第二摄像单元。
- [0272] 根据项目34的结构,能够对第一摄像单元以及第二摄像单元独立施加具有不同的波形的灵敏度调整信号。
- [0273] [项目35]
- [0274] 如项目34所述的摄像装置,还具备:
- [0275] 第一信号源,向第一信号线供应第一信号;以及
- [0276] 第二信号源,向第二信号线供应第二信号。
- [0277] [项目36]
- [0278] 如项目34所述的摄像装置,还具备:
- [0279] 信号源,与第一信号线连接;以及
- [0280] 移相器,与第二信号线及信号源之间连接。
- [0281] 根据项目36的结构,能够降低信号源的数目。
- [0282] [项目37]
- [0283] 如项目34至36的任一项所述的摄像装置,
- [0284] 第一信号以及第二信号是在曝光期间中示出周期性变化的信号,
- [0285] 第一信号以及第二信号的周期以及相位的至少一方相互不同。
- [0286] 根据项目37的结构,能够得到用于去除偏置的图像信号。
- [0287] [项目38]
- [0288] 如项目35所述的摄像装置,
- [0289] 第二信号源是直流信号源。
- [0290] 根据项目38的结构,能够得到用于去除偏置的图像信号。
- [0291] [项目39]
- [0292] 如项目34至38的任一项所述的摄像装置,
- [0293] 第一光电转换层以及第二光电转换层是连续的单一的层。
- [0294] 根据项目39的结构,能够避免制造步骤的复杂化。
- [0295] [项目40]
- [0296] 如项目34至39的任一项所述的摄像装置,
- [0297] 1个以上的第一摄像单元是多个第一摄像单元,
- [0298] 1个以上的第二摄像单元是多个第二摄像单元。
- [0299] 根据项目40的结构,能够取得与特定的成分相关的二维或一维的图像。
- [0300] [项目41]
- [0301] 如项目40所述的摄像装置,
- [0302] 第一信号线向多个第一摄像单元供应公共的第一信号,

[0303] 第二信号线向多个第二摄像单元供应公共的第二信号。

[0304] 根据项目41的结构,能够一边在多个第一摄像单元之间以及多个第二摄像单元之间分别取同步,一边对多个第一摄像单元的灵敏度以及多个第二摄像单元的灵敏度分别施加公共的调制。

[0305] 以下,参照附图,详细说明本申请的实施方式。另外,以下说明的实施方式都表示总括性或具体性的例子。以下的实施方式所示的数值、形状、材料、结构要素、结构要素的配置以及连接方式、步骤、步骤的顺序等是一例,其意图并非限定本申请。本说明书中说明的各种方式只要不产生矛盾就能够相互组合。此外,关于以下的实施方式中的结构要素之中在表示最上位概念的独立权利要求中没有记载的结构要素,作为任意的结构要素来说明。在以下的说明中,具有实质上相同的功能的结构要素以公共的参照标号来表示,有时省略说明。

[0306] (第一实施方式)

[0307] 图1示意性地表示本申请的第一实施方式的摄像装置的例示的结构。图1所示的摄像装置100具有1个以上的摄像单元10。在此,例示摄像装置100包含多个摄像单元10的结构。摄像单元10的数目不限定于特定的数目。例如若摄像单元10的数目为一个,则能够将摄像装置100用作光检测元件,若摄像单元10的数目为多个,且这些摄像单元10以一维或二维的方式排列,则能够将摄像装置100用作图像传感器。如后述那样,摄像单元10各自具有能够变更灵敏度的结构。

[0308] 在该例中,摄像单元10被配置为 $m$ 行 $n$ 列的矩阵状,从而形成摄像区域( $m$ 、 $n$ 为2以上的整数)。摄像单元10例如在半导体基板上以二维的方式排列。在此,各摄像单元10的中心位于正方栅格的栅格点上。当然,摄像单元10的配置不限定于图示的例子,例如,也可以以各中心位于三角栅格、六角栅格等的栅格点上的方式配置多个摄像单元10。

[0309] 摄像装置100具有包含多个摄像单元10的像素阵列、以及用于驱动这些摄像单元10的周边电路。在图1所例示的结构中,摄像装置100的周边电路包含行扫描电路90、电压供应电路92、列电路94、信号处理电路96、输出电路98以及控制电路99。既可以是构成周边电路的各要素被配置在形成像素阵列PA的半导体基板上,也可以是其一部分被配置在其他基板上。

[0310] 如图1中示意性所示,电压供应电路92以及摄像单元10经由灵敏度控制线82电连接。另外,在图1中,描绘有1根灵敏度控制线82。但是,灵敏度控制线82的根数也可以是2根以上。例如,既可以与摄像单元10对应而设置有与摄像单元10相同数量的灵敏度控制线82,也可以对全部摄像单元10公共连接1根灵敏度控制线82。

[0311] 电压供应电路92是构成为能够供应至少两个电压电平的信号产生电路,生成期望的波形的灵敏度控制信号。作为电压供应电路92,能够使用公知的信号源。电压供应电路92不限定于特定的电源电路,既可以是生成规定的电压的电路,也可以是从其他电源供应的电压转换为规定的电压的电路。如图1中示意地所示,电压供应电路92的动作能够通过从控制电路99供应的控制信号被控制。

[0312] 电压供应电路92在拍摄时经由灵敏度控制线82向摄像单元10施加规定的波形的灵敏度控制信号。作为灵敏度控制信号,能够使用模拟信号以及数字信号的任一个。基于经由灵敏度控制线82供应的灵敏度控制信号,摄像单元10的灵敏度被电控制。在本申请的典

型的实施方式中,至少关于一部分摄像单元10,在定义为从复位至读出信号电荷为止的期间的曝光期间中一边使灵敏度变化一边执行拍摄。一边使用与被摄体的亮度的时间性变化中的特定的成分具有关联的波形的灵敏度控制信号来调制灵敏度一边执行拍摄,从而能够提取被摄体的亮度的时间性变化之中与特定的成分对应的信息。例如,在通过强度以第一频率变化的第一光、和强度以第二频率变化的第二光照射被摄体的情况下,能够得到相当于仅以一方的光照射的状态的被摄体像。摄像单元10的结构的具体例、以及通过灵敏度的调制提取特定成分的原理在后面叙述。

[0313] 行扫描电路90与对应于多个摄像单元10的各行而设置的地址控制线84以及复位控制线86相连接。各地址控制线84以及各复位控制线86与对应的行的摄像单元10连接。行扫描电路90能够通过向地址控制线84施加规定的电压,以行为单位选择摄像单元10,进行信号电压的读出。也可以将行扫描电路90称为垂直扫描电路。此外,行扫描电路90能够通过向复位控制线86施加规定的电压,对所选择的摄像单元10执行复位动作。

[0314] 列电路94与对应于多个摄像单元10的各列而设置的输出信号线88相连接。属于同一列的摄像单元10与多个输出信号线88之中的对应的一个输出信号线88公共连接。由行扫描电路90以行为单位选择的摄像单元10的输出信号经由输出信号线88被读出到列电路94。列电路94对从摄像单元10读出的输出信号,进行以相关二重采样为代表的噪声抑制信号处理、模拟-数字转换(AD转换)等。

[0315] 信号处理电路96对从摄像单元10取得的图像信号实施各种处理。如之后详细说明那样,在本申请的典型的实施方式中,改变灵敏度控制信号的波形地执行第一以及第二拍摄,求得通过这些拍摄取得的图像数据间的差分。此外,在本申请的实施方式中,有时基于图像数据间的差分而算出从摄像面至被摄体为止的距离。这样的计算处理也可以由信号处理电路96执行。信号处理电路96的输出经由输出电路98被读出至摄像装置100的外部。

[0316] 控制电路99接受从摄像装置100的例如外部施加的指令数据、时钟等,控制摄像装置100整体。控制电路99典型地说具有定时发生器,向行扫描电路90、列电路94等供应驱动信号。典型地说,控制电路99将与应生成的灵敏度控制信号的波形相应的驱动信号供应给电压供应电路92,以使灵敏度控制信号的波形成为期望的波形。也可以是具有与应生成的灵敏度控制信号的波形对应的波形的控制信号从外部被施加给控制电路99或电压供应电路92。也可以通过控制电路99,执行算出从摄像面至被摄体为止的距离等上述的计算处理。

[0317] 图2表示摄像单元10的例示的电路结构。为了避免附图变得过度复杂,在此取出配置为矩阵状的多个摄像单元10之中的四个而示出。如图2中示意地所示,各摄像单元10概略地包含光电转换部12和信号检测电路14。

[0318] 光电转换部12接受入射光并生成与照度相应的信号电荷。信号电荷的极性也可以是正以及负的任一个。在此,作为摄像装置100,例示层叠型的摄像装置。即,在此,关于光电转换部12,在其一部分中包含由有机材料或非晶硅等无机材料形成的光电转换层。光电转换层例如被配置在覆盖半导体基板的层间绝缘层上。当然,作为光电转换部12,还能够使用光电二极管。

[0319] 如图所示,在应用层叠型的构造的情况下,上述的灵敏度控制线82与光电转换部12电连接。在该例中,灵敏度控制线82与图2所示的四个摄像单元10的光电转换部12公共连接。从而,在摄像装置100的动作时,对这些四个摄像单元10施加公共的灵敏度控制信号。

[0320] 各摄像单元10具有检测由光电转换部12生成的信号电荷的信号检测电路14。在此,信号检测电路14包含信号检测晶体管22以及地址晶体管24。信号检测晶体管22以及地址晶体管24典型地说是半导体基板上形成的场效应晶体管(FET)。以下,只要没有特别说明,说明使用N沟道MOS作为晶体管的例子。

[0321] 如图所示,作为信号检测晶体管22的输入的栅极与光电转换部12电连接。由光电转换部12生成的信号电荷暂时被积蓄在光电转换部12与信号检测晶体管22之间的节点中。以下,将光电转换部12和信号检测晶体管22之间的节点称为“电荷积蓄节点FD”。电荷积蓄节点FD构成积蓄信号电荷的电荷积蓄区域的一部分。信号检测晶体管22的源极经由地址晶体管24与输出信号线88连接。在地址晶体管24的栅极上连接地址控制线84。经由地址控制线84,通过行扫描电路90控制地址晶体管24的导通以及截止。

[0322] 关于输出信号线88,在其一端具有由上述的列电路94(参照图1)等构成的恒流源89。信号检测晶体管22的漏极与电源布线(源极跟随器电源)81连接,由信号检测晶体管22以及恒流源89形成源极跟随器电路。在摄像装置100的动作时,信号检测晶体管22通过在漏极接受电源电压VDD的供应,从而将被施加给栅极的电压、即电荷积蓄节点FD的电压放大并输出。由信号检测晶体管22放大后的信号经由输出信号线88作为信号电压而选择性地被读出。

[0323] 在图2所例示的结构中,摄像单元10各自包含源极以及漏极的一方与复位电压线85连接的复位晶体管26。在复位电压线85上连接有复位电压源95。复位电压源95在摄像装置100的动作时,向复位电压线85施加规定的复位电压 $V_r$ 。复位电压源95具有在摄像装置100的动作时能够向复位电压线85供应规定的复位电压 $V_r$ 的结构即可,与上述的电压供应电路92同样,不限于特定的电源电路。作为复位电压 $V_r$ ,还能够使用信号检测电路14的电源电压VDD。在该情况下,能够使向各摄像单元10供应电源电压的电压供应电路(图1中未图示)与复位电压源95共通。

[0324] 复位晶体管26的源极以及漏极的另一方与电荷积蓄节点FD连接,在复位晶体管26的栅极上连接复位控制线86。即,在该例中,复位晶体管26的导通以及截止通过行扫描电路90被控制。通过将复位晶体管26设为导通,从而规定的复位电压 $V_r$ 被施加给电荷积蓄节点FD,电荷积蓄节点FD的电位被复位。即,通过复位晶体管26的导通,摄像单元10被复位。

[0325] 在拍摄中,首先,通过将复位晶体管26设为导通,从而将摄像单元10复位。在复位晶体管26的截止后,开始向电荷积蓄节点FD积蓄信号电荷。光电转换部12接受光的入射并生成信号电荷(曝光)。所生成的信号电荷被积蓄在其一部分包含电荷积蓄节点FD的电荷积蓄区域。并且,在期望的定时将地址晶体管24设为导通,读出与在电荷积蓄区域中积蓄的信号电荷量对应的图像信号。在本说明书中,在着眼于某摄像单元时,将从该摄像单元的复位至读出与通过曝光生成并积蓄在电荷积蓄区域中的信号电荷的总量对应的信号为止的期间称为“曝光期间”。在具有图2所例示的电路结构的摄像装置100中,在着眼于某摄像单元10时,从将该摄像单元10的复位晶体管26从导通切换为截止的时刻至将地址晶体管24设为导通的时刻为止的期间,相当于该摄像单元10的曝光期间。另外,向电荷积蓄区域积蓄信号电荷的期间不需要跨整个曝光期间。例如,也可以在曝光期间中的一部分期间中执行信号电荷被积蓄在电荷积蓄区域中那样的动作。即,在本申请的实施方式中,曝光期间和信号电荷的积蓄期间不一定一致。



[0326] (摄像单元10的例示的设备构造)

[0327] 图3示意性地表示摄像单元10的例示的设备构造。在图3所例示的结构中,上述的信号检测晶体管22、地址晶体管24以及复位晶体管26被形成在半导体基板20上。半导体基板20不限于其整体为半导体的基板。半导体基板20也可以是在形成摄像区域的一侧的表面上设置了半导体层的绝缘基板等。在此,说明使用P型硅(Si)基板作为半导体基板20的例子。

[0328] 半导体基板20具有杂质区域(在此为N型区域)24s、22s、22d、26d以及26s、和用于摄像单元10间的电分离的元件分离区域20t。在此,元件分离区域20t还被设置在杂质区域22d和杂质区域26d之间。元件分离区域20t例如通过在规定注入条件下进行受体的离子注入来形成。

[0329] 杂质区域24s、22s、22d、26d以及26s典型地说是在半导体基板20内形成的扩散层。如图3示意地所示,信号检测晶体管22包含杂质区域22s以及22d、和栅极电极22g(典型地说为多晶硅电极)。杂质区域22s以及22d分别作为信号检测晶体管22的例如源极区域以及漏极区域而发挥作用。在杂质区域22s和22d之间,形成信号检测晶体管22的沟道区域。

[0330] 同样,地址晶体管24包含杂质区域24s以及22s、和与地址控制线84(参照图2)连接的栅极电极24g(典型地说为多晶硅电极)。在该例中,信号检测晶体管22以及地址晶体管24通过共享杂质区域22s而相互电连接。杂质区域24s作为地址晶体管24的例如源极区域而发挥作用。杂质区域24s与图3中未图示的输出信号线88(参照图2)相连接。

[0331] 复位晶体管26包含杂质区域26d以及26s、和与复位控制线86(参照图2)连接的栅极电极26g(典型地说为多晶硅电极)。杂质区域26s作为复位晶体管26的例如源极区域而发挥作用。杂质区域26s与图3中未图示的复位电压线85(参照图2)相连接。

[0332] 在半导体基板20上,配置覆盖信号检测晶体管22、地址晶体管24以及复位晶体管26的层间绝缘层30(典型地说为二氧化硅层)。在该例中,在层间绝缘层30上,配置有光电转换部12。光电转换部12包含像素电极12a、透明电极12c、和被配置在它们之间的光电转换层12b。像素电极12a按每个摄像单元10被设置,通过从邻接的其他摄像单元10的像素电极12a在空间上分离,从而从其他摄像单元10的像素电极12a电分离。另一方面,透明电极12c以及光电转换层12b能够跨多个摄像单元10形成。

[0333] 透明电极12c典型地说由透明的导电性材料形成。构成透明电极12c的材料的典型例是ITO、IZO、AZO、FTO、SnO<sub>2</sub>、TiO<sub>2</sub>、ZnO<sub>2</sub>等透明导电性氧化物(Transparent Conducting Oxide:TCO)。透明电极12c被配置在光电转换层12b中光被入射的一侧。从而,透射了透明电极12c的光入射到光电转换层12b。在透明电极12c上,能够配置保护层、滤色器等。另外,由摄像装置100检测的光不限于可见光的波长范围(例如,380nm以上且780nm以下)内的光。本说明书中的“透明”以及“透光性”的用语意味着透射要检测的波长范围的光的至少一部分,不一定在可见光的波长范围整体上透射光。在本说明书中,为了方便将包含红外线以及紫外线的电磁波整体表现为“光”。

[0334] 透明电极12c与上述灵敏度控制线82相连接(参照图2)。在多个摄像单元10之间,以连续的单一的电极的形式形成透明电极12c,从而能够经由灵敏度控制线82,向多个摄像单元10一并施加期望的波形的灵敏度控制信号。

[0335] 光电转换层12b典型地说由具有半导体性的有机材料形成,接受所入射的光而产

生正以及负的电荷的对(例如空穴-电子对)。光电转换层12b典型地说跨多个摄像单元10形成。换言之,光电转换层12b在多个摄像单元10中,可以是连续的单一的层。当然,光电转换层12b也可以按每个摄像单元10分离而设置。

[0336] 像素电极12a由通过掺杂铝、铜等金属、金属氮化物、或杂质而赋予了导电性的多晶硅等形成。通过控制透明电极12c的电位相对于像素电极12a的电位,从而能够由像素电极12a收集将通过光电转换而在光电转换层12b内产生的正以及负的电荷之中的一方。例如在利用正的电荷(典型地说为空穴)作为信号电荷的情况下,使用灵敏度控制信号,使得与像素电极12a相比透明电极12c的电位更高即可。由此,能够由像素电极12a选择性地收集正的电荷。以下,例示利用正的电荷作为信号电荷的情况。当然,还能够利用负的电荷(例如电子)作为信号电荷。

[0337] 如图3中示意地所示,像素电极12a经由插塞(plug)32、布线33以及接触插塞34而与信号检测晶体管22的栅极电极22g连接。换言之,信号检测晶体管22的栅极与像素电极12a电连接。插塞32、布线33例如由铜等金属形成。插塞32、布线33以及接触插塞34构成信号检测晶体管22和光电转换部12之间的电荷积蓄节点FD(参照图2)的至少一部分。像素电极12a进而还经由插塞32、布线33以及接触插塞35而与杂质区域26d连接。在图3所例示的结构中,信号检测晶体管22的栅极电极22g、插塞32、布线33、接触插塞34以及35、及作为复位晶体管26的源极区域以及漏极区域的一方的杂质区域26d作为积蓄由像素电极12a收集到的信号电荷的电荷积蓄区域的至少一部分而发挥作用。

[0338] 摄像装置100中的像素阵列PA能够使用一般的半导体制造工艺来制造。特别是,在使用硅基板作为半导体基板20的情况下,能够通过利用各种硅半导体工艺来制造摄像装置100。

[0339] 采用层叠型的构造使得容易应用两个电极(在此透明电极12c以及像素电极12a)中夹着光电转换层12b的构造(以下为了便于说明,有时称为“三明治构造”)的光电转换部12。在使用了单晶硅等的无机半导体光电二极管中,即使不向阳极以及阴极间施加偏压,通过光电转换生成的光电二极管内部的正以及负的电荷也向阴极以及阳极分别移动。相对于此,在具有如图3所例示那样的三明治构造的光电转换元件中,在没有对光电转换层施加偏压的状态下,通过光电转换生成的正以及负的电荷在光电转换层内基本不移动。从而,在到达阳极或阴极前通过再结合而消失的比例高。随着偏压增大,到达阳极或阴极的电荷的比例、换言之在电荷积蓄区域中积蓄的每单位时间的信号电荷数相对于在光电转换层中单位时间中吸收的光子数的比例(以下有时称为“外部量子效率”)增加。

[0340] 图4表示外部量子效率的变化相对于施加给光电转换层的偏压的变化的例子。在图4中,横轴表示以夹着光电转换层的两个电极的一方的电位为基准时的被施加给另一方的电极的偏压的大小,纵轴示出以偏压为10V时为基准归一化后的外部量子效率。从图4可知具有三明治构造的光电转换元件中的外部量子效率依赖于所施加的偏压而变化。这意味着能够通过来自光电转换元件的外部的施加电压来电控制光电转换元件的外部量子效率(也可以称为灵敏度)。

[0341] 在图4所示的例子中,量子效率相对于偏压是单值的连续函数。从而,在能够设定的量子效率的范围中,存在逆函数,能够求得赋予期望的量子效率的偏压的函数。

[0342] 赋予该量子效率对于偏压的依赖性的函数是由光电转换元件的构造、材料等决定

的值,基本上在光电转换元件制造时决定。因此,只要预先调查赋予量子效率对于偏压的依赖性的函数,就能够求得赋予期望的量子效率的偏压的函数。若该函数为已知,则在使量子效率进行期望的时间变化的情况下,能够决定需要怎样的偏压的时间变化。

[0343] 若灵敏度控制信号为偏压本身,则将通过上述过程求得的偏压的时间变化设为灵敏度控制信号即可。

[0344] 此外,即使灵敏度控制信号不是偏压本身,只要同样地预先确认相对于灵敏度控制信号的量子效率的值,就能够得到期望的量子效率的时间变化。

[0345] 在图4所示的例子中,在偏压为1V至3V的范围中,量子效率相对于偏压是一次函数。因此逆函数也是一次函数。在该情况下若将偏压限定于1V至3V的范围而以正弦波+常数的形式变化,则量子效率也成为正弦波+常数的形式。因此,灵敏度控制信号成为单纯的信号。

[0346] 在图4所示的例子中,在包含3V以上的范围地使用偏压的情况下,量子效率相对于偏压不是一次函数。因此,将量子效率设为正弦波+常数的形式时,偏压不得不以不是单纯的正弦波+常数的非线性的形式变化。但是,当然能够通过上述过程求得期望的偏压的时间变化、以及进行那样的控制。

[0347] 在无机半导体光电二极管等光电转换元件中,外部量子效率依赖于构成该元件的材料以及构造,因此在元件的制造后使外部量子效率变化一般来说是困难的。相对于此,根据参照图3说明的结构,易于一边将阳极或阴极的一方与电荷积蓄区域电连接来用于积蓄信号电荷,一边对另一方施加偏压。例如,通过在透明电极12c上连接灵敏度控制线82,作为偏压而将灵敏度控制信号施加给透明电极12c,从而能够通过灵敏度控制信号电调制摄像单元10的灵敏度。根据本发明人的研究,外部量子效率跟随偏压的变化而高速地变化。因此,通过使用具有由特定的函数表示的波形的灵敏度控制信号,能够使摄像单元10的灵敏度按照该函数的波形而比较容易地在时间上变化。

[0348] 特别是,通过在多个摄像单元10之间将透明电极12c电连接,能够对多个摄像单元10的透明电极12c一并施加公共的灵敏度控制信号。即,能够一边在多个摄像单元10之间取同步,一边对这些摄像单元10的灵敏度施加公共的调制。能够使这样多个摄像单元10中的灵敏度的调制同步的结构,对于包含多个摄像单元10的摄像装置、或具有集成了多个摄像单元10和其他电路(例如周边电路)而成的结构的摄像装置等特别有效。另外,如后述那样,这样的灵敏度的调制在使用无机半导体光电二极管等光电转换元件作为光电转换部12的结构中也能够实现。能够使在电荷积蓄区域中积蓄的每单位时间的信号电荷数相对于在光电转换层中单位时间中吸收的光子数的比例在曝光期间中变化的其他结构的例子在后面叙述。

[0349] (特定的频率成分的提取)

[0350] 接着,说明从曝光期间中的照度的变化提取特定的成分的原理。为了易于理解,以下,首先作为具体例,说明从曝光期间中的照度的变化提取具有以特定的频率变动的振幅的成分的方法。

[0351] 图5是用于说明在以往的图像传感器中在曝光期间中电荷积蓄区域中积蓄的信号电荷的总量的示意图。在图5中,最上的曲线图表示对于摄像单元的光电转换元件的照度L的时间性变化的例子,中央的曲线图表示摄像单元中的灵敏度S。最下的曲线图表示在电荷

积蓄区域中积蓄的信号电荷量 $Q$ 的时间性变化。图5所示的各曲线图的横轴表示时间 $\tau$ ,图5中的双向箭头EXP示意性地表示曝光期间。在该例中,曝光期间的开始以及结束分别是时刻 $\tau=0$ 以及 $\tau=T$ 。

[0352] 首先,关注图5中的最上的曲线图。一般来说,对于摄像单元的照度 $L$ 在曝光期间中具有时间性变动。换言之,在曝光期间中入射到摄像单元的光电转换元件的光子数在曝光期间中不是一定的,一般来说在时间上变化。因此,表示对于光电转换元件的照度 $L$ 的时间变化的 $L(\tau)$ 的曲线图如图5中最上示意性地示出,一般来说具有不规则的波形。

[0353] 着眼于曝光期间中的某瞬间 $\tau=t_1$ 。在时刻 $t_1$ ,在电荷积蓄区域中,与时刻 $t_1$ 入射到光电转换元件的光子数和时刻 $t_1$ 的摄像单元的灵敏度之积相应的量的信号电荷被积蓄。如上所述,在以往的摄像装置中,在曝光期间中灵敏度 $S$ 被固定为一定。在该例中,摄像单元的灵敏度被固定为某值 $S_f$ ,因此在时刻 $t_1$ 在电荷积蓄区域中,结果,与时刻 $t_1$ 的照度 $L_1$ 和灵敏度 $S_f$ 之积成比例的量的信号电荷 $Q_1$ 被积蓄。在此,曝光期间中的灵敏度 $S$ 为一定,因此在电荷积蓄区域中积蓄的信号电荷量 $Q(\tau)$ 在图5中最下示意性地示出,表示与对于摄像单元的照度 $L(\tau)$ 的时间变化对应的变化。

[0354] 在曝光期间的结束后,从摄像单元读出的图像信号是与在曝光期间整体中电荷积蓄区域中积蓄的信号电荷的总量对应的信号。典型地说,作为图像信号,与在电荷积蓄区域中积蓄的信号电荷的总量对应的大小的电压作为图像信号而被读出。在曝光期间中电荷积蓄区域中积蓄的信号电荷的总量 $Q_t$ 如下述的式(1)所示,表示为曝光期间中的各时刻中的灵敏度 $S(\tau)$ 及照度 $L(\tau)$ 之积的从时刻 $\tau=0$ 至 $\tau=T$ 为止的积分。

[0355] 【数学式1】

$$[0356] \quad Q_t = C \int_0^T L(\tau) S(\tau) d\tau \quad (1)$$

[0357] 式(1)中的 $C$ 是由摄像光学系统中的透镜的结构、光圈、被摄体的反射率、拍摄时的倍率等决定的比例常数。灵敏度 $S(\tau)$ 相当于在电荷积蓄区域中积蓄的每单位时间的信号电荷数相对于向光电转换元件在单位时间中入射的光子数的比例。在此, $S(\tau) = S_f$ 为一定,因此在曝光期间中电荷积蓄区域中积蓄的信号电荷的总量 $Q_t$ 如下述的式(2)那样表示。

[0358] 【数学式2】

$$[0359] \quad Q_t = CS_f \int_0^T L(\tau) d\tau \quad (2)$$

[0360] 在此,假设为对于光电转换元件的照度 $L(\tau)$ 能够通过振幅以 $\omega_m$ 的频率振动的光的重合来表现。即,假设为照度 $L(\tau)$ 能够如下述的式(3)那样展开。

[0361] 【数学式3】

$$[0362] \quad L(\tau) = \sum_m L_m (\sin(\omega_m \tau + \theta_m) + 1) \quad (3)$$

[0363] 在式(3)中, $\omega_m = m(2\pi/T)$  ( $m$ 为1以上的整数), $\theta_m$ 表示相位。式(3)相当于将照度 $L(\tau)$ 的时间变化按每个频率 $\omega_m$ 分解。需要注意式(3)所示的展开不是入射到光电转换元件的光的每个频率(也可以称为波长)的展开,而是入射到光电转换元件的光的强度中的每个

频率的展开。另外,在式(3)中,对正弦函数加上1是为了使得各瞬间的 $L(\tau) \geq 0$ 因此和的各项不为负。

[0364] 通过将式(3)代入上述的式(2),得到下述的式(4)。

[0365] 【数学式4】

$$[0366] \quad Q_t = c S_f \sum_m L_m \cdot T \quad (4)$$

[0367] 式(4)表示随着曝光期间变长,在电荷积蓄区域中积蓄的信号电荷的总量 $Q_t$ 单调增加。从式(4)可知,信号电荷的总量 $Q_t$ 不包含与照度 $L$ 的时间变化相关的信息。也就是说,通过以往的摄像,关于照度 $L$ ,不能得到曝光期间中的时间变化的信息。

[0368] 相对于此,根据本申请的至少任一个实施方式,如以下详细说明那样,例如,能够从照度 $L$ 的曝光期间中的时间变化之中提取特定的频率成分。

[0369] 图6是用于说明从照度 $L$ 的曝光期间中的时间变化提取特定的频率成分的示意图。在图6中,最上的曲线图表示入射到摄像单元10的光电转换部12的光量的时间性变化的例子,中央的曲线图表示摄像单元10中的灵敏度的调制的一例。最下的曲线图示意性地表示在摄像单元10的电荷积蓄区域中积蓄的信号电荷的时间性变化。

[0370] 如上所述,在摄像装置100中,使用被施加给灵敏度控制线82的灵敏度控制信号,能够控制曝光期间中的各摄像单元10的灵敏度。从而,例如,通过将以周期性变动的电压作为灵敏度控制信号而施加给灵敏度控制线82,从而能够以期望的周期使各摄像单元10的灵敏度变化。例如,通过将以频率 $\omega_j$ 振动的电压信号施加给灵敏度控制线82,如下述的式(5)所示,能够使摄像单元10中的灵敏度 $S$ 以周期性变化。

[0371] 【数学式5】

$$[0372] \quad S(\tau) = S_0 \sin(\omega_s \tau + \theta) + S_g \quad (5)$$

[0373] 在式(5)中,第一项的 $S_0$ 表示灵敏度的振幅,第二项的 $S_g$ 是为了使灵敏度不为负(为了满足 $S(\tau) \geq 0$ 的条件)而附加的常数项。通过将该式(5)、和上述的式(3)应用于式(1),作为表示在曝光期间中电荷积蓄区域中积蓄的信号电荷的总量 $Q_t$ 的式子,得到下述的式(6)。

[0374] 【数学式6】

$$[0375] \quad Q_t = c \int_0^T \sum_m \left[ -\frac{1}{2} S_0 L_m \cos \theta_m \cos \theta (\cos(\omega_m + \omega_s) \tau - \cos(\omega_m - \omega_s) \tau) \right. \\ \left. + \frac{1}{2} S_0 L_m \cos \theta \sin \theta_m (\sin(\omega_s + \omega_m) \tau + \sin(\omega_s - \omega_m) \tau) \right. \\ \left. + \frac{1}{2} S_0 L_m \sin \theta \cos \theta_m (\sin(\omega_m + \omega_s) \tau + \sin(\omega_m - \omega_s) \tau) \right. \\ \left. + \frac{1}{2} S_0 L_m \sin \theta \sin \theta_m (\cos(\omega_m + \omega_s) \tau + \cos(\omega_m - \omega_s) \tau) \right. \\ \left. + L_m S_g \cos \theta_m \sin \omega_m \tau + L_m S_g \sin \theta_m \cos \omega_m \tau + L_m S_0 \cos \theta \sin \omega_s \tau + L_m S_0 \sin \theta \cos \omega_s \tau \right. \\ \left. + L_m S_g \right] d\tau \quad (6)$$

[0376] 在式(6)中,关于与被积分函数中的 $\cos(\omega_m + \omega_s) \tau$ 、 $\sin(\omega_m + \omega_s) \tau$ 、 $\cos \omega_m \tau$ 、 $\sin \omega_m \tau$ 、 $\cos \omega_s \tau$ 以及 $\sin \omega_s \tau$ 成比例的各项,即使进行积分,也成为正弦函数或余弦函数,即使

使作为曝光期间的长度的 $T$ 增大,也仅是在一定范围中振动,而不示出增大。此外,在与 $\cos(\omega_m - \omega_s)\tau$ 成比例的项以及 $\sin(\omega_m - \omega_s)\tau$ 成比例的项之中,关于 $\omega_m \neq \omega_s$ 的项也是同样,即使使曝光期间增大,也仅是在一定范围中振动。相对于此,在与 $\cos(\omega_m - \omega_s)\tau$ 成比例的项之中, $\omega_m = \omega_s$ (即, $m=s$ )的项、及与 $L_m S_g$ 成比例的项关于 $\tau$ 的积分值相对于曝光期间的增大而单调增加。从而,若曝光期间充分长,则与 $T$ 成比例的项的影响成为支配性,结果,作为表示信号电荷的总量 $Q_t$ 的式子,得到下述的式(7)。

[0377] 【数学式7】

$$[0378] \quad Q_t \sim \frac{CL_s S_0}{2} \cos(\theta_s - \theta) \cdot T + CS_g \sum_m L_m \cdot T \quad (7)$$

[0379] 如式(7)所示, $Q_t$ 的表式的第一项包含与频率 $\omega_s$ 对应的振幅 $L_s$ 。即,从构成表示曝光期间中的照度的变化的 $L(\tau)$ 的成分之中,得到与具有以特定的频率(在此 $\omega_s$ )变动的振幅的成分相关的信息。换言之,通过使摄像单元10中的灵敏度 $S$ 按特定的频率以周期性变化,从而能够将摄体的亮度的变化之中与特定的频率对应的量的信号电荷积蓄在电荷积蓄区域中。

[0380] (偏置的消除)

[0381] 式(7)中的第二项表示照度 $L$ 以及灵敏度 $S$ 不取负值所引起的偏置发生。该偏置能够通过从与式(7)所示的信号电荷量对应的图像信号减去与第二项所示的信号电荷量对应的图像信号来消除。

[0382] 例如,也可以一边在曝光期间中使灵敏度 $S$ 变化一边进行第一拍摄,相对于第一拍摄改变灵敏度 $S$ 的相位地进行第二拍摄,取得由第一拍摄得到的图像信号与由第二拍摄得到的图像信号的差分。若参照式(7)可知,在该例中,信号电荷量 $Q_t$ 在照度 $L(\tau)$ 的第 $s$ 个振动成分中的相位 $\theta_s$ 与灵敏度 $S(\tau)$ 中的相位 $\theta$ 相等时取最大值 $Q_{tM}$ ,在相位 $\theta_s$ 与 $\theta$ 的差为 $\pi$ (或 $-\pi$ )时取最小值 $Q_{tm}$ 。最大值 $Q_{tM}$ 以及最小值 $Q_{tm}$ 分别由下述的式(8)以及式(9)表示。

[0383] 【数学式8】

$$[0384] \quad Q_{tM} \sim \frac{CL_s S_0}{2} T + CS_g \sum_m L_m \cdot T \quad (8)$$

[0385] 【数学式9】

$$[0386] \quad Q_{tm} \sim -\frac{CL_s S_0}{2} T + CS_g \sum_m L_m \cdot T \quad (9)$$

[0387] 通过求得最大值 $Q_{tM}$ 及最小值 $Q_{tm}$ 的差分,能够消除偏置的项 $CS_g \sum L_m \cdot T$ 。另外,在消除偏置的项中,不一定使用最大值 $Q_{tM}$ 以及最小值 $Q_{tm}$ ,若使用相位相互不同的灵敏度 $S(\tau)$ ,则同样能够消除偏置的项。

[0388] 图7~图10表示通过一边使摄像单元10的灵敏度以周期性变化,一边拍摄亮度具有周期性变化的被摄体而得到的图像的例子。在此,通过从驱动电压以正弦函数的方式变化的LED发出的光照射被摄体,由此对被摄体的亮度赋予周期性变化,使施加给透明电极12c的偏压(灵敏度调整信号)以3kHz的周期以正弦函数的方式变化,从而使摄像单元10的灵敏度以3kHz的周期变化。拍摄中的曝光期间都大致设为20m秒(毫秒)。

[0389] 图7以及图8所示的图像是使供应给LED的驱动电压以3kHz的周期变化时的图像。换言之,是对亮度以3kHz的周期变化的被摄体使用灵敏度以3kHz的周期变化的摄像单元10进行拍摄而得到的图像。图7表示使LED的驱动电压的周期性变化中的相位与被施加给透明电极12c的偏压的周期性变化中的相位一致时的图像。从图7可知,在基于LED的照明的周期性变化中的相位、即被摄体的亮度的周期性变化中的相位与摄像单元10的灵敏度的周期性变化中的相位一致的情况下,得到清楚的图像。

[0390] 图8表示在LED的驱动电压的周期性变化中的相位与被施加给透明电极的偏压的周期性变化中的相位之间赋予半周期的差时的图像。如图8所示,在LED的驱动电压的周期性变化与被施加给透明电极12c的偏压的周期性变化之间的相位差为 $\pi$ 的情况下,得到整体上明度低的图像。

[0391] 这样,在基于LED的照明的周期、即被摄体的亮度的变化的周期与摄像单元10的灵敏度的变化的周期一致的情况下,根据被摄体的亮度的周期性变化与摄像单元10的灵敏度的周期性变化之间的相位差,所得到的图像的明度显现明确的变化。理想上,在相位差为 $\pi$ 的情况下,图像的明度应成为0。但是,从图8可知,即使相位差为 $\pi$ ,尽管不清楚也能够确认被摄体的像。这是上述的偏置的影响。

[0392] 该偏置也被包含于在使LED的驱动电压的周期性变化中的相位与被施加给透明电极12c的偏压的周期性变化中的相位一致的情况下得到的图像(参照图7)。从而,若从与图7所示的图像对应的图像信号,减去与图8所示的图像对应的图像信号,能够消除该偏置。也就是说,例如通过以下的过程,能够消除明度中的多余的偏置。

[0393] 首先,将摄像装置100中的摄像面朝向被摄体。换言之,将摄像单元10中的光电转换层12b的透明电极12c侧的表面朝向被摄体。在摄像单元10的复位后,在曝光期间中,将具有由取正值的函数表示的波形的灵敏度控制信号,经由灵敏度控制线82施加给摄像单元10,从而一边使摄像单元10中的灵敏度变化一边执行第一拍摄而取得第一图像信号。表示灵敏度控制信号的波形的函数例如能够是周期函数。在该情况下,摄像单元10的灵敏度以周期性变化。另外,执行摄像单元10的复位也可以是在将摄像装置100的摄像面朝向被摄体之前。

[0394] 进而,一边将波形与第一拍摄中的波形不同的灵敏度控制信号经由灵敏度控制线82施加给摄像单元10而使摄像单元10中的灵敏度变化,一边执行第二拍摄,取得第二图像信号。表示用于第二拍摄的灵敏度控制信号的波形的函数例如是使表示用于第一拍摄的灵敏度控制信号的波形的函数在时间上偏移而得到的函数。若表示用于第一拍摄的灵敏度控制信号的波形的函数为周期函数,则表示用于第二拍摄的灵敏度控制信号的波形的函数是改变了表示用于第一拍摄的灵敏度控制信号的波形的函数的相位而得到的函数。如后述那样,这些函数之间的相位差不限于 $\pi$ 。

[0395] 算出第一图像信号及第二图像信号的差分,基于该差分而形成图像,从而得到消除了明度中的多余的偏置的图像。第二拍摄例如在第一拍摄之后被执行。即,也可以在第一拍摄后再次复位摄像单元10,其后,执行第二拍摄。如后述那样,也可以是第一拍摄和第二拍摄同时被执行。

[0396] 在此,参照图11。图11表示被摄体的亮度的周期性变化以及摄像单元10的灵敏度的周期性变化之间的相位差 $\Delta\theta$ 与在电荷积蓄区域中积蓄的平均电荷数 $N$ 之间的关系的例

子。在图11中,黑圆“●”的标绘表示被摄体的亮度的变化的周期与摄像单元10的灵敏度的变化的周期一致的情况下的计测结果,与参照图7以及图8说明的拍摄对应。参照图7说明的例子是在使LED的驱动电压的周期性变化中的相位与被施加给透明电极12c的偏压的周期性变化中的相位一致时的图像,因此对应于 $\Delta\theta=0$ 中的标绘。另一方面,参照图8说明的例子是在LED的驱动电压的周期性变化中的相位与被施加给透明电极的偏压的周期性变化中的相位之间赋予半周期的差时的图像,因此对应于 $\Delta\theta=-\pi$ 或 $\Delta\theta=\pi$ 中的标绘。

[0397] 从图11可知,在被摄体的亮度的变化的周期与摄像单元10的灵敏度的变化的周期一致的情况下,平均电荷数N对于相位差 $\Delta\theta$ 示出强依赖性。此时,图像信号的电平与对应于偏置的某电平相比始终高,在该例中,在 $\Delta\theta=0$ 得到最高的信号电平。改变了相位差 $\Delta\theta$ 的拍摄数不限定于2次,也可以进行3次以上的拍摄。例如,也可以改变相位差 $\Delta\theta$ 地进行3次以上的拍摄,通过回归分析等求得平均电荷数N成为最大的相位差 $\Delta\theta_M$ 以及平均电荷数N成为最小的相位差 $\Delta\theta_m$ ,基于与相位差 $\Delta\theta_M$ 以及 $\Delta\theta_m$ 对应的图像信号,形成消除了偏置后的图像。

[0398] 从得到明度高的图像的观点来看,使第一拍摄中的灵敏度的变化与被摄体的亮度的变化的周期同步为佳。但是,不需要一定使被摄体的亮度的周期性变化中的相位与摄像单元10的灵敏度的周期性变化中的相位一致。若得到与对应于偏置的电平相比显著高的信号电平,则能够基于该信号电平而形成图像。也就是说,在使第一拍摄中的灵敏度的变化与被摄体的亮度的变化的周期同步的情况下,能够省略第二拍摄。

[0399] 图12表示平均电荷数N对于相位差 $\Delta\theta$ 的依赖性与曝光期间T的长度之间的关系典型例。图12中的各标绘表示将曝光期间T设为1msec、2msec、5msec、10msec、20msec、50msec以及100msec时的平均电荷数N和相位差 $\Delta\theta$ 之间的关系。如图12所示,可知曝光期间T变得越长,则在平均电荷数N中,对于相位差 $\Delta\theta$ 的依赖性更强地显现。这是因为曝光期间越长,则表示灵敏度的变化的波形以及表示照度的变化的波形中的循环较多地包含在曝光期间中,与表示信号电荷的总量 $Q_t$ 的式中的T成比例的项的影响变大。从图12可知,从得到与对应于偏置的电平相比显著高的信号电平的观点来看,曝光期间长是有利的。例如,通过应用充分长的曝光期间,能够省略第二拍摄。其中,通过改变相位地进行第一以及第二拍摄,在第一拍摄中得不到充分高的信号电平的情况下,能够区分是由于相位差 $\Delta\theta$ 偶然接近 $\pi$ 而图像暗、还是对于摄像单元10的照度低。

[0400] 根据本申请的实施方式的摄像装置,能够容易地以电的方式变更灵敏度调制中的相位( $\theta$ ,参照式(5)),因此能够容易地调整相位差 $\Delta\theta$ 。在拍摄之前,也可以作为校准的一部分而执行相位差 $\Delta\theta$ 的调整。

[0401] 参照图9以及图10。图9以及图10所示的图像是使供应给LED的驱动电压以2kHz的周期变化时的图像。也就是说,是使被摄体的亮度的变化的周期与摄像单元10的灵敏度的变化的周期不一致时得到的图像的例子。图9是使LED的驱动电压的周期性变化中的相位与被施加给透明电极12c的偏压的周期性变化中的相位一致时的图像( $\Delta\theta=0$ ),图10时在LED的驱动电压的周期性变化中的相位与被施加给透明电极12c的偏压的周期性变化中的相位之间赋予半周期的差时的图像( $\Delta\theta=-\pi$ 或 $\Delta\theta=\pi$ )。两者都显现了相当于偏置的明度。从图9以及图10可知,在被摄体的亮度的变化的周期与摄像单元10的灵敏度的变化的周期不一致的情况下,与它们中的周期性变化之间的相位差无关地得到整体上明度低的图像。



[0402] 再次参照图11。在图11中,黑矩形“■”的标绘表示在被摄体的亮度的变化的周期与摄像单元10的灵敏度的变化的周期之间存在偏差的情况下的计测结果,与参照图9以及图10说明的拍摄对应。在被摄体的亮度的变化的周期与摄像单元10的灵敏度的变化的周期不一致的情况下,即使相位差 $\Delta\theta$ 变化,平均电荷数 $N$ 也基本不变化。即,可知在被摄体的亮度的变化的周期与摄像单元10的灵敏度的变化的周期不一致的情况下,平均电荷数 $N$ 对于相位差 $\Delta\theta$ 的依赖性弱。平均电荷数 $N$ 的变化相对于相位差 $\Delta\theta$ 的变化不完全固定,其理由推测为输出相对于LED的驱动电压的非线性、光电转换部12中的外部量子效率相对于针对透明电极12c的偏压的非线性等的影响。

[0403] 在图11中,黑圆“●”的标绘示出与黑矩形“■”的标绘排列的 $N=2800$ (ele)的附近相比更高的值,因此可知通过减去一边以与被摄体的亮度的变化的周期不同的周期使摄像单元10的灵敏度变化一边取得的图像信号,也能够消除上述的偏置。即,在表示用于第一拍摄的灵敏度控制信号的波形的函数为周期函数的情况下,作为表示用于第二拍摄的灵敏度控制信号的波形的函数,能够使用改变了表示用于第一拍摄的灵敏度控制信号的波形的函数的周期而得到的函数。

[0404] 或者,也可以一边使灵敏度 $S$ 变化一边进行第一摄像,固定灵敏度 $S$ 而进行第二摄像。即,也可以使用具有由常数函数表示的波形的信号,作为在第二摄像中经由灵敏度控制线82供应给摄像单元10的灵敏度控制信号。若将上述的式(4)与式(7)的第二项比较可知,若使用与第一摄像中的 $S_g$ 相同的大小的灵敏度 $S_f$ 来执行第二摄像,则通过第二摄像,得到与第一摄像中的偏置量相当的图像信号、换言之、用于消除明度中的多余的偏置的图像信号。从而,取得通过第一摄像得到的图像信号与通过第二摄像得到的图像信号的差分,从而能够去除这样的偏置的影响。

[0405] 另外,在使相位差 $\Delta\theta$ 固定来考虑的情况下,在横轴取被摄体的亮度的变化中的频率与摄像单元10的灵敏度的变化中的频率之间的差 $\Delta\omega$ 时的平均电荷数 $N$ 的曲线图示出多个峰。因此,即使不消除偏置,也能够找到平均电荷数 $N$ 的曲线图成为极大的灵敏度调制的频率。多个峰之中最大的峰是 $\Delta\omega=0$ 中的峰,越使得曝光期间长,则该峰变得越尖锐。从而,在想要一边降低其他频率成分的影响,一边选择性地取得与特定的频率成分相关的信息的情况下,通过将曝光期间取得长,能够降低偏置的影响。

[0406] 上述的第一拍摄以及第二拍摄例如在时间上顺次被执行。第一拍摄以及第二拍摄不需要连续执行,例如,也可以在第一拍摄以及第二拍摄之间,执行第三拍摄。第一拍摄以及第二拍摄也可以同时。若同时执行第一拍摄以及第二拍摄,能够更高速地取得用于消除明度中的多余的偏置的图像信号。例如,也可以使用摄像区域中的一部分摄像单元10取得第一图像信号,与取得第一图像信号并行地使用另一部分摄像单元10取得第二图像信号。

[0407] 图13表示能够在多个摄像单元10之间施加不同的灵敏度控制信号的结构例子。图13取出构成摄像区域的多个摄像单元10之中12个摄像单元10并示出。在此,12个摄像单元10被配置为3行4列的矩阵状。

[0408] 在图13所例示的结构中,摄像区域包含具有透明电极12cA的1个以上的摄像单元10A、和具有透明电极12cB的1个以上的摄像单元10B。在该例中,透明电极12cA以及透明电极12cB具有梳齿状的形状,摄像单元10A以及摄像单元10B分别位于矩阵状的配置的偶数列以及奇数列。如图13中示意地所示,在透明电极12cA以及透明电极12cB上,分别连接有与电

压供应电路92A连接的灵敏度控制线82A以及与电压供应电路92B连接的灵敏度控制线82B。从而,能够对摄像单元10A以及摄像单元10B独立施加具有不同的波形的灵敏度调整信号。

[0409] 电压供应电路92A例如是生成示出周期性变化的第一灵敏度控制信号的信号源。灵敏度控制线82A在摄像单元10A的曝光期间中,将从电压供应电路92A被供应的示出周期性变化的第一灵敏度控制信号施加给透明电极12cA。电压供应电路92B是生成具有表示与第一灵敏度控制信号不同的时间变化的波形的第二灵敏度控制信号的信号源。第二灵敏度控制信号也可以与第一灵敏度控制信号同样,是示出周期性变化的信号。此时,灵敏度控制线82B将从电压供应电路92B供应的示出周期性变化的第二灵敏度控制信号施加给透明电极12cB。若将第一灵敏度控制信号中的频率以及相位分别设为 $\omega 1$ 、 $\theta 1$ ,将第二灵敏度控制信号中的频率以及相位分别设为 $\omega 2$ 、 $\theta 2$ ,则 $\omega 1 \neq \omega 2$ 或 $\theta 1 \neq \theta 2$ 。例如,第二灵敏度控制信号具有使第一灵敏度控制信号的波形在时间上偏移而得到的波形。

[0410] 根据图13所例示的结构,与电压供应电路92A连接的灵敏度控制线82A同与电压供应电路92B连接的灵敏度控制线82B相互独立,因此能够将相互不同的灵敏度控制信号并行地施加给摄像单元10A以及摄像单元10B。换言之,在公共的曝光期间中,能够在摄像单元10A以及摄像单元10B之间应用相互不同的灵敏度调制。

[0411] 在图13所例示的结构中,与多个摄像单元10的透明电极(透明电极12cA或透明电极12cB)对置地配置有滤色器的阵列。在此,在多个摄像单元10的第1行,配置有透射红的波段的光的滤色器36R,在第2行,配置有透射绿的波段的光的滤色器36G。在第3行,配置有透射蓝的波段的光的滤色器36B。也就是说,在该例中,具有所透射的波段共通的滤色器的摄像单元10A以及摄像单元10B沿着多个摄像单元10的行所延伸的方向(行方向)邻接。

[0412] 图14表示图13所示的多个摄像单元10之中的一部分的示意剖面。图14取出沿着行方向相互邻接的摄像单元10A以及摄像单元10B的组之中具有滤色器36R的摄像单元10A以及摄像单元10B的组并示出。典型地说,在相互邻接的滤色器间,配置黑掩膜(网格状的遮光层)。其中,若所透射的波段共通,则如图14所示,能够省略滤色器间的黑掩膜。

[0413] 在图14所例示的结构中,摄像单元10A具有包含像素电极12aA、光电转换层12bA以及透明电极12cA的光电转换部12A。同样,摄像单元10B具有包含像素电极12aB、光电转换层12bB以及透明电极12cB的光电转换部12B。在此,与灵敏度控制线82A相连接的透明电极12cA以及与灵敏度控制线82B相连接的透明电极12cB在空间上分离从而被电分离。另外,在该例中,光电转换部12A的光电转换层12bA以及光电转换部12B的光电转换层12bB是连续的单一的层。通过在摄像单元10A以及摄像单元10B之间以连续的单一的层的形式形成光电转换层,能够避免制造步骤的复杂化。

[0414] 如图14中示意地所示,摄像单元10A的像素电极12aA以及摄像单元10B的像素电极12aB各自与对应的信号检测晶体管22的栅极电连接。也就是说,构成摄像区域的摄像单元10能够称为分别包含信号检测晶体管22的单位构造。典型地说,摄像区域就有多个摄像单元10的反复构造。

[0415] 在图像的取得中,利用由摄像单元10A得到的图像信号以及由摄像单元10B得到的图像信号的任一方向作为用于去除偏置的信号。例如,在执行摄像单元10A以及摄像单元10B的复位后,使用第一灵敏度控制信号,一边使灵敏度在时间上变化一边执行摄像单元10A中的信号电荷的积蓄(第一拍摄)。与摄像单元10A中的信号电荷的积蓄并行地,使用波形与第

一灵敏度控制信号不同的第二灵敏度控制信号,一边使灵敏度在时间上变化一边执行摄像单元10B中的信号电荷的积蓄(第二拍摄)。通过算出摄像单元10A以及摄像单元10B的输出差分,从而得到去除了偏置的影响的图像信号。即,与在时间上依次执行第一拍摄和第二拍摄的情况相比,能够以更短的时间得到用于去除偏置的图像信号。

[0416] 这样,也可以一边改变像素阵列PA中的一部分摄像单元(在此摄像单元10A)中的第一灵敏度一边进行曝光,在其他摄像单元(在此摄像单元10B)中,在与第一灵敏度的调制不同的灵敏度调制下进行曝光。例如,通过在多个摄像单元10A之间将透明电极12cA电连接,从而能够使用公共的第一灵敏度控制信号将这些摄像单元10A的灵敏度一并调制。曝光期间中的灵敏度的调制共通的摄像单元10A都提取被摄体的亮度的时间性变化之中与特定的成分相关的信息。即,能够基于摄像单元10A的输出信号,构筑与特定的成分相关的二维(或一维)的图像。

[0417] 在图13以及图14所示的结构中,沿着行方向邻接的摄像单元10A以及摄像单元10B的组的输出被利用于决定最终得到的图像中的某像素的亮度值。从而,最终得到的图像的行方向中的像素数是在摄像区域中沿着行方向配置的摄像单元10的数目的一半。滤色器的配置、各摄像单元的受光区域的形状不限于图13所示的例子,能够任意设定。

[0418] 图15以及图16表示能够在多个摄像单元10之间施加不同的灵敏度控制信号的结构的一例。也可以将作为信号源的电压供应电路92C设为公共,在电压供应电路92C和灵敏度控制线82A之间、或电压供应电路92C和灵敏度控制线82B之间的任一个上连接移相器。在图15所示的例子中,在电压供应电路92C和灵敏度控制线82B之间连接有移相器93。移相器93使从电压供应电路92C供应的信号相位偏移。根据这样的结构,能够降低信号源的数目。

[0419] 如图16所示,也可以将电压供应电路92A以及电压供应电路92B的一方置换为直流信号源92D。根据这样的结构也同样,能够得到用于去除偏置的图像信号。这样,也可以采用按将多个摄像单元10按相互电分离的每个透明电极而分组的结构。

[0420] (普遍化)

[0421] 在上述的例子中,假设为照度 $L(\tau)$ 能够通过振幅以 $\omega_m$ 的频率变化的光的重合来表现。严格来说,入射到光电转换部12的光不限于振幅以频率 $\omega_m$ 而变化的光的重合。但是,如后述那样,通过向被摄体照射光,能够使被摄体积极地产生亮度的变化,例如若将强度以周期性变化的光照射到被摄体,则能够使被摄体表面反射的光产生周期性变化。即,能够实现通过周期 $T$ 的周期函数表现的照度的变化。

[0422] 在曝光期间中照度 $L(\tau)$ 以周期函数来表现的情况下,能够对 $L(\tau)$ 进行傅里叶级数展开。即,能够在闭区间 $[0, T]$ 中将 $L(\tau)$ 通过函数系 $\{1, \cos \omega_1 \tau, \sin \omega_1 \tau, \cos \omega_2 \tau, \sin \omega_2 \tau, \dots, \cos \omega_m \tau, \sin \omega_m \tau, \dots\}$ 展开。此时,若作为灵敏度 $S(\tau)$ 的波形,选择对任意的频率的正弦函数或余弦函数加上常数而得到的取正值的函数,则能够提取照度 $L(\tau)$ 之中振幅以该频率振动的成分。这意味着即使在由于多个原因而被摄体的亮度产生了时间性变化的情况下,也能够选择性地提取由于多个原因之中的一个引起的曝光时间内的亮度变化。

[0423] 例如,在通过强度以3kHz的频率正弦变化的第一光源、和强度以2kHz的频率正弦变化的第二光源照明被摄体的情况下,被摄体的亮度的变化包含以3kHz的频率变化的第一成分、和以2kHz的频率变化的第二成分。灵敏度控制信号中的频率能够由摄像装置100的用

户任意选择,例如若使灵敏度控制信号的信号电平以3kHz的频率正弦变化,则得到与将被摄体仅以第一光源照明时得到的图像同样的图像。若将灵敏度控制信号的信号电平的变化中的频率设为2kHz,则得到与将被摄体仅以第二光源照明时得到的图像同样的图像。也就是说,即使例如通过在空间上分离的位置上配置的多个光源照明被摄体的情况下,若使从各光源放射的光的强度的调制中的频率相互不同,则能够得到与仅以某特定的光源照明了被摄体时得到的图像同样的图像。这样,根据本申请的实施方式,即使在通过多个光源照明了被摄体的情况下,也能够分离地提取亮度的时间性变化中的各频率成分。这是通过单纯地缩短曝光期间而得不到的效果。

[0424] 从照度的时间性变化提取振幅以特定的频率振动的成分,对应于傅里叶级数展开中的傅里叶系数的算出。在上述的式(6)的被积分函数中,与 $\cos(\omega_m - \omega_s)\tau$ 成比例的项之中 $\omega_m = \omega_s$ 的项相对于曝光时间的增大而单调增加。相对于此,即使使曝光时间增大,与 $\cos(\omega_m - \omega_s)\tau$ 成比例的项以及 $\sin(\omega_m - \omega_s)\tau$ 成比例的项之中 $\omega_m \neq \omega_s$ 的项也仅在一定范围中振动。这是三角函数的正交性的一个侧面的体现。据此,可以说代替三角函数而使用正交函数也得到同样的结果。即,作为在曝光期间中供应给摄像单元10的灵敏度控制信号,能够应用具有由对构成正交系的函数系的基底之中的一个加上常数而得到的取正值的函数表示的波形的信号。另外,本说明书中的“基底”是指构成正交系的函数系的各要素。在本说明书中的“正交系”中也包含正交多项式系。

[0425] 即,上述的讨论对周期函数以外的函数也能够普遍化。特别是,已知若适当选择闭区间,则能够将任意的函数通过构成完全系的函数系 $\{\phi_n(\tau)\}$ 展开( $n$ 为0以上的整数)。若是构成完全系的函数系,则通过适当的线性结合,选择相互正交的基底,能够构成完全正交系 $\{\phi_n(\tau)\}$ 。也就是说,能够使用具有由对构成完全正交系的函数系的基底之中的一个加上常数而得到的取正值的函数表示的波形的信号作为灵敏度控制信号。上述的函数系 $\{1, \cos \omega_1\tau, \sin \omega_1\tau, \cos \omega_2\tau, \sin \omega_2\tau, \dots\}$ 是完全正交系的一例。

[0426] 如参照图5以及图6说明的那样,照度 $L(\tau)$ 的波形一般来说具有不规则的形状。但是,在区间 $[0, T]$ 中,认为能够将照度 $L(\tau)$ 通过某些完全正交系来记述。即,如以下的式(10)所示,能够使用函数系 $\{\phi_n(\tau)\}$ 展开 $L(\tau)$ 。在式(10)中, $a_0, a_1, a_2, \dots$ 为展开的系数。

[0427] 【数学式10】

$$[0428] \quad L(\tau) = a_0 \phi_0 + a_1 \phi_1 + a_2 \phi_2 + a_3 \phi_3 + \dots \quad (10)$$

[0429] 若将式(10)所示的展开带入信号电荷的总量 $Q_t$ 的式(1),则得到以下的式(11)。

[0430] 【数学式11】

$$[0431] \quad Q_t = C \int_0^T (a_0 \phi_0 + a_1 \phi_1 + a_2 \phi_2 + a_3 \phi_3 + \dots) S(\tau) d\tau \quad (11)$$

[0432] 在此,设想使用具有与完全正交系 $\{\phi_n(\tau)\}$ 的基底的任一个、例如 $\phi_s(\tau)$ 同样的波形的灵敏度控制信号,将曝光期间中的摄像单元10的灵敏度进行了调制的情况。也就是说,设想使用 $\phi_s(\tau)$ 作为式(11)中的灵敏度 $S(\tau)$ 的情况。若着眼于式(1)的右边成为函数 $L(\tau)$ 以及 $S(\tau)$ 的内积 $\langle L, S \rangle$ 的形式,则根据各基底的正交性,仅 $\phi_s(\tau)$ 之间的内积剩余,结果,得到以下的式(12)。

[0433] 【数学式12】

$$Q_t = C \int_0^T (a_0\phi_0 + a_1\phi_1 + a_2\phi_2 + a_3\phi_3 + \dots) S(\tau) d\tau$$

[0434]

$$= C \int_0^T (a_0\phi_0 + a_1\phi_1 + a_2\phi_2 + a_3\phi_3 + \dots + a_s\phi_s + \dots) \phi_s d\tau$$

$$= C a_s \quad (12)$$

[0435] 即,能够提取第s个展开系数 $a_s$ 。这意味着通过使用构成完全正交系的函数系的基底作为灵敏度 $S(\tau)$ ,能够从曝光期间内的照度 $L(\tau)$ 的变化,提取与该基底对应的成分相关的信息。换言之,即使在被摄体的亮度的时间性变化非周期的情况下,也能够从被摄体的亮度的时间性变化,提取与特定的成分相关的信息。

[0436] 但是,现实上,完全正交系 $\{\phi_n(\tau)\}$ 的基底能够在闭区间 $[0, T]$ 中取负值,相对于此,灵敏度 $S(\tau)$ 不取负值,因此不能直接应用完全正交系 $\{\phi_n(\tau)\}$ 的基底作为 $S(\tau)$ 。因此,为了满足闭区间 $[0, T]$ 中 $S(\tau) \geq 0$ 的条件,定义函数 $\chi_n(\tau) = \phi_n(\tau) + \chi_0$ ,使用该 $\chi_n(\tau)$ 作为 $S(\tau)$ 。在此, $\chi_0$ 是为了在闭区间 $[0, T]$ 中成为 $\chi_n(\tau) \geq 0$ 而选择的适当的常数。

[0437] 若将新定义的函数 $\chi_n(\tau)$ 应用于式(11)的 $S(\tau)$ ,则得到下述的式(13)。

[0438] 【数学式13】

$$[0439] \quad Q_t = C a_s + Q_0 \quad (13)$$

[0440] 下述的式(13)中的 $Q_0$ 是通过下述的式(14)计算的常数,相当于上述的偏置。

[0441] 【数学式14】

$$[0442] \quad Q_0 = C \chi_0 \int_0^T L(\tau) d\tau \quad (14)$$

[0443] 如已经说明那样,该偏置例如能够通过减除通过在曝光期间中将灵敏度 $S(\tau)$ 设为一定的第二拍摄而得到的图像信号从而消除。或若 $S(\tau)$ 为周期函数,则也可以改变 $S(\tau)$ 的相位或周期地取得2种图像信号,并求得它们的差分。

[0444] 这样,表示在曝光期间中供应给摄像单元10的灵敏度控制信号的函数不限于对三角函数加上常数而得到的取正值的函数,是对构成正交系的函数系的基底之中的一个加上常数而得到的取正值的函数即可。如后述那样,作为构成正交系的函数系,例如还使用沃尔什函数系等。特别是,若选择完全正交系作为构成正交系的函数系,则与表示照度的时间性变化的函数 $L(\tau)$ 是否是周期函数无关,能够从构成 $L(\tau)$ 的成分之中,提取与特定的成分相关的信息。若函数 $L(\tau)$ 为周期函数,则如使用式(5)说明的那样,例如使用对正弦函数(或余弦函数)加上常数而得到的取正值的函数即可。在该情况下,从构成表示曝光期间中的照度的变化的 $L(\tau)$ 的成分之中,提取与振幅以特定的频率变化的成分相关的信息。

[0445] (摄像单元的变形例)

[0446] 对摄像单元的灵敏度施加调制的结构不限于上述的例子。图17表示能够进行灵敏度的调制的摄像单元的电路结构的例子。图17所示的摄像单元50具有包含与灵敏度控制线82连接的放大器52的信号检测电路14G。在图17所例示的结构中,放大器52连接于光电转换部12与信号检测晶体管22的输入之间。放大器52例如是可变增益放大器,灵敏度控制线

82与可变增益放大器的增益控制端子连接。另外,在该例中,在光电转换部12上连接有电压线81。电压线81与透明电极12c(图17中未图示)连接,在摄像装置100的动作时,向透明电极12c供应规定的偏压。该偏压典型地说是固定的电压。

[0447] 根据这样的结构,能够使放大器52中的放大率根据灵敏度调整信号的波形而在时间上变化。换言之,能够使摄像单元50的灵敏度在曝光期间中变化。放大器52的放大率在曝光期间中的变化的波形例如由对构成正交系的函数系的基底之中的一个加上常数而得到的取正值的函数表示。

[0448] 图18表示能够进行灵敏度的调制的摄像单元的电路结构的另一例。图18所示的摄像单元60具有包含与灵敏度控制线82连接的切换电路62、和电荷排出区域DP的信号检测电路14D。如图所示,切换电路62连接于光电转换部12与电荷积蓄节点FD及电荷排出区域DP之间。切换电路62例如包含场效应晶体管等开关元件,基于被施加给灵敏度控制线82的灵敏度控制信号,切换将光电转换部12与电荷积蓄节点FD以及电荷排出区域DP的哪个连接。

[0449] 电荷排出区域DP例如是在半导体基板20上形成的杂质区域,该电位典型地说是接地电位。若光电转换部12与电荷排出区域DP连接,则由光电转换部12生成的信号电荷经由切换电路62被排出至电荷排出区域DP。从而,也可以使用灵敏度控制信号,例如在曝光期间的一部分中将光电转换部12与电荷积蓄节点FD连接而进行信号电荷的积蓄,在曝光期间的剩余的期间中将光电转换部12与电荷排出区域DP连接,排出信号电荷。在图17以及图18所示的结构例中,还能够使用一般的光电二极管作为光电转换部12。

[0450] 或者,也可以使用雪崩光电二极管作为光电转换部12。图19表示对光电转换部12应用了雪崩光电二极管的电路的例子。图19所示的摄像单元70的光电转换部12P包含具有与灵敏度控制线82连接的电极的雪崩光电二极管72。

[0451] 雪崩光电二极管72中的雪崩倍增的程度依赖于被施加给雪崩光电二极管72的偏压。从而,通过使经由灵敏度控制线82向雪崩光电二极管72施加的偏压变化,从而能够电控制摄像单元70中的灵敏度。

[0452] 根据参照图17~图19说明的结构,也能够使用灵敏度控制信号对摄像单元的灵敏度施加调制。这样,在曝光期间中使摄像单元的灵敏度在时间上变化的方法以及机构不限于特定的方法以及机构。其中,若考虑由于布线的寄生电容引起的信号延迟的影响等,则使多个摄像单元中的灵敏度一并变化,从这个观点来看,参照图3说明的具有三明治构造的光电转换部12是有利的。

[0453] (第二实施方式)

[0454] 如以上说明的那样,在被摄体的亮度按照某种规则变化的情况下,按照与该规则具有关联的规则使摄像单元的灵敏度在曝光期间中变化,从而能够从被摄体的亮度的时间性变化提取与特定的成分相关的信息。例如,在被摄体的亮度的变化包含以某频率变化的成分时,使摄像单元的灵敏度的调制中的频率与该频率一致,从而得到与由强度以该频率变化的光选择性地照射了被摄体时同样的图像。

[0455] 进而,如以下说明那样,也可以通过使用照明装置以光照射被摄体,从而使被摄体的亮度积极地产生变化。通过构筑使用了照明装置的摄像系统,能够进行各种应用。

[0456] (分光成像系统)

[0457] 例如,使用摄像装置100、和发出强度在时间上变化的光的照明装置,能够实现分

光成像系统。为了使得本申请的摄像系统的优点容易理解,首先,说明以往的傅里叶变换型红外分光光度计的结构以及动作。

[0458] 图20表示以往的傅里叶变换型红外分光光度计的结构概略。图20所示的红外分光光度计500在其一部分中包含干涉计240。具体而言,红外分光光度计500具有红外光源552、分束器244、固定镜246、移动镜248和检测器560。从红外光源552发出的光的一部分在固定镜246中被反射,另一部分通过移动镜248被反射。通过固定镜246被反射的光以及通过移动镜248被反射的光由分束器244合成,形成干涉光。干涉光入射到被配置在分束器244以及检测器560之间的测定对象SP。来自测定对象SP的透射光入射到检测器560。

[0459] 如图20中双向箭头MV所示,通过使移动镜248向图中的左右移动,从而能够在来自固定镜246的反射光与来自移动镜248的反射光之间产生以周期性变化的相位差。将相位差在时间上变化的干涉光照射到测定对象SP,通过检测器560检测透射光,从而得到干涉图。通过计算机,对该干涉图实施傅里叶变换处理,从而得到在横轴取波数的透射光的红外光谱。

[0460] 图21示意性地表示使用了本申请的实施方式的摄像系统的分光成像系统的例子。图21所示的分光成像系统200概略上具有将图20所示的红外分光光度计中的红外光源552以及检测器560分别置换为光源252以及上述的摄像装置100的结构。

[0461] 作为光源252,例如能够使用白色光源。由从光源252射出的光形成干涉光,这一点与上述的红外分光光度计500同样。在此,使移动镜248的位置正弦振动。通过使移动镜248的位置正弦变化,能够形成强度具有正弦的波形的干涉光。也就是说,对测定对象SP入射强度在时间上变化的光。从而,在图21所例示的结构中,能够将光源252以及干涉计240的整体视为将强度在时间上变化的光放射到被摄体(在此测定对象SP)的照明装置250。

[0462] 来自光源252的射出光包含各种波长的光,因此干涉光成为强度的变化中的频率不同的光的重合。也就是说,通过移动镜248的物理上的振动,能够按每个波长,以不同的频率对强度施加调制。图22表示由具有与移动镜248的物理性振幅的2倍相等的波长的光形成的干涉光的波形,图23表示由具有移动镜248的物理性振幅的4倍的波长的光形成的干涉光的波形。图22以及图23所示的曲线图的横轴以及纵轴都分别表示时间 $t$ 以及干涉光的强度 $I$ 。如图22以及图23可知,在该例中,从照明装置250照射的光的强度的变化是周期性的。

[0463] 由干涉计240形成的干涉光入射到测定对象SP。被配置在测定对象SP和摄像装置100之间的光学系统254将由透射了测定对象SP的光形成的像,形成在摄像装置100的摄像面上。摄像装置100检测来自测定对象SP的光。换言之,摄像装置100中的光电转换部12接受来自测定对象SP的光(在此透射光)并生成信号电荷。

[0464] 在此,使摄像装置100的摄像单元10的灵敏度正弦变化而执行摄像。根据上述的原理,使摄像单元10的灵敏度正弦变化,从而从透射光提取具有与灵敏度调制中的频率相同的频率的成分。换言之,能够取得对应于与灵敏度调制中的频率相同的频率成分的图像信号。若变更灵敏度调制中的频率,则能够取得对应于与变更后的频率相同的频率成分的图像信号。在此,透射光的强度的变化中的频率和透射光的波长一一对应,因此通过切换灵敏度调制中的频率,能够取得与对应于频率的波长相关的图像信号。

[0465] 这意味着根据分光成像系统200,通过改变供应给摄像单元10的灵敏度控制信号的波形,不进行基于计算机的计算,就能够得到与通过傅里叶变换得到的数据同样的数据。



根据分光成像系统200,通过模拟的调制,从各摄像单元10自动地输出与执行了傅里叶变换同样的结果。也就是说,不需要计算机的计算处理,能够实时取得与通过傅里叶变换而得到的数据同样的数据。

[0466] 而且,根据分光成像系统200,能够在多个摄像单元10中一并取得对应于与灵敏度调制中的频率相同的频率成分的图像信号。也就是说,能够按每个波长取得二维的图像。摄像装置100中的摄像单元10的数目还能够设为数十万至数百万以上。这样,根据分光成像系统200,通过变更灵敏度调制中的频率,能够容易地得到与特定波长相关的图像。在分光成像系统200中,能够选择性地得到想要进行测定的波长的图像,因此不需要关于一切波长执行拍摄,能够缩短分析所需的时间。假设,如果关于与使用了以往的红外分光光度计500的分析同样的数目的波长取得图像,所需的图像数据的数目也最多几百左右,与以往相比能够缩短分析所需的时间。另外,在各图像的取得中,应用使各摄像单元10之间信号电荷的积蓄的开始的定时与积蓄的结束的定时一致的所谓全局快门即可。

[0467] 根据分光成像系统200,通过模拟的调制,从各摄像单元10自动地输出与执行了傅里叶变换同样的结果,因此与同时能够测定的点的数目为一个、且在一次测定中需要几十秒的时间的以往的红外分光光度计500相比,对试样的分析更有利。此外,不需要基于计算机的计算处理,因此相对于在以往的红外分光光度计500中需要能够保持干涉图的存储器,在分光成像系统200中能够使用与一般的数码相机同样的存储器,因此不需要较大的存储量。进而,与以往的红外分光光度计500不同,还能够进行运动图像的拍摄。

[0468] 从上述的说明可知,在分光成像系统200中,能够在事后电控制摄像单元10中的灵敏度调制,因此不需要滤色器和分光器,且能够进行与想要进行测定的波长相应的拍摄。由于不需要滤色器,因此即使想要进行测定的波长增加,也不需要降低分辨率。此外,也不需要在制造摄像装置100的时刻决定滤色器的特性。在分光成像系统200中,不需要包含衍射栅格、棱镜等的分光器,因此比较容易小型化,例如,以能够安装于显微镜的附件的形式实现分光成像系统200也不是不可能。

[0469] 如图21所例示,分光成像系统200能够具有使向被摄体放射的光的强度的变化与被供应给摄像装置100的各摄像单元10的灵敏度控制信号同步的同步化电路256。同步化电路256例如使被供应给照明装置的光源的驱动信号与被供应给摄像装置100的各摄像单元10的灵敏度控制信号同步。在该例中,同步化电路256通过对移动镜248的驱动机构以及摄像装置100供应控制信号,从而使灵敏度控制信号与光的强度的时间性变化同步。由此,能够使被摄体的亮度的时间性变化中的相位与摄像单元10的灵敏度的时间性变化中的相位一致。同步化电路256也可以是摄像装置100或照明装置250的一部分。也能够采用在摄像装置100和照明装置250之间共享摄像单元10的驱动信号以及照明装置250的驱动信号(在该例中对于移动镜248的驱动机构的驱动信号)的结构。也可以在摄像装置100以及照明装置250的一方中生成用于使摄像单元10的驱动信号以及照明装置250的驱动信号同步的信号,并供应给另一方。

[0470] 在图21中,作为干涉计240,例示了迈克尔逊型干涉计,但也可以使用法布里珀罗型、马赫曾德尔型等干涉计。此外,也可以代替光源252,使用多个单色性的光源(发光二极管(LED)等)。图24表示具有应用了多个单色性的光源而成的照明装置250P的分光成像系统200P的结构例子。图24所示的分光成像系统200P具有单色性的光源252P以及252Q。作为



光源252P以及252Q,选择射出光的波长相互不同的光源即可。照明装置250P中的光源的数目根据想要进行测定的波长的数目而适当变更即可。

[0471] 这样,也可以在拍摄之前,以强度在时间上变化的光照射被摄体。在参照图21~图24说明的例子中,对波长相互不同的光施加相互不同的频率的调制。但是,不限于该例,例如也可以对相互不同的偏振光施加相互不同的频率的调制。通过对相互不同的偏振光施加相互不同的频率的调制,从而能够构筑能够取得与被摄体对于偏振光的反射特性相关的信息的观察系统。

[0472] (肿瘤观察系统)

[0473] 已知利用在肿瘤中特异地积蓄的荧光色素分子来确定肿瘤的位置的荧光诊断。在荧光诊断中,向患者投放5-氨基乙酰丙酸(5-ALA),由激励光照射要做手术的部位。5-氨基乙酰丙酸在肿瘤中特异地积蓄,因此能够以从5-氨基乙酰丙酸发出的荧光作为标识,确定肿瘤的形状以及位置。但是,由于该荧光不太强,为了观察荧光,需要降低周围的照明。

[0474] 图25表示将本申请的实施方式的摄像系统应用于肿瘤观察系统的例子。图25所示的肿瘤观察系统200E包含放射激励光的照明装置250E、和检测从肿瘤发出的荧光的摄像装置100。在该例中,肿瘤观察系统200E还包含同步化电路256。

[0475] 照明装置250E向对象部位,照射以某频率进行了强度调制后的激励光。通过被强度调制后的激励光的照射,从在肿瘤中积蓄的荧光色素分子,发出强度以与激励光的强度调制的频率相同的频率变化的荧光。一边以与激励光的强度调制的频率相同的频率调制摄像装置100的摄像单元10中的灵敏度,一边捕捉该荧光,从而能够得到使强度被调制的荧光以选择性地较强映出的图像(静止图像或运动图像)。

[0476] 在该例中,同步化电路256将对从照明装置250E放射的激励光的调制中的相位、和摄像单元10的灵敏度的调制中的相位进行调整的控制信号供应给照明装置250E以及摄像装置100。通过调整摄像单元10的灵敏度的周期性变化中的相位,能够进一步强调荧光被发出的部位。从而,能够确定肿瘤的形状以及位置而不降低周围的照明。

[0477] (物标检测系统)

[0478] 图26表示将本申请的实施方式的摄像系统应用于物标检测系统的例子。图26所示的摄像系统200A以及200B分别包含照明装置250A和摄像装置100A的组、以及照明装置250B和摄像装置100B的组。作为摄像装置100A以及100B,能够应用与上述的摄像装置100同样的结构。摄像系统200A以及200B例如可以是能够搭载于载客车等车辆的物标检测系统。摄像系统200A以及200B也可以是位置被固定的定点摄像系统。

[0479] 摄像系统200A的照明装置250A射出强度被调制后的光。从照明装置250A射出的光被照明装置250A的例如前方的物标(为障碍物、其他车辆等,在此为行人)TG反射。来自物标TG的反射光的强度示出与从照明装置250A射出的光的强度同样的时间性变化。在照明装置250A将例如强度以周期性变化的光向物标TG射出的情况下,来自物标TG的反射光的强度示出与来自照明装置250A的射出光相同的周期的变化。其中,在从照明装置250A射出的光和来自物标TG的反射光之间,产生与从照明装置250A至物标TG为止的距离相应的相位差。

[0480] 摄像系统200A的摄像装置100A接受从物标TG反射的光。在此,摄像装置100A的各摄像单元10的灵敏度通过第一灵敏度控制信号来调制,该第一灵敏度控制信号具有与表示从照明装置250A射出的光的强度的调制的波形同样的波形。作为第一灵敏度控制信号,能

够使用具有由对构成正交系的函数系的基底的一个加上第一常数而得到的取正值的第一函数来表示的波形的信号。

[0481] 如上所述,在来自照明装置250A的射出光与来自物标TG的反射光之间,产生与从照明装置250A至物标TG为止的距离相应的相位的偏差。基于在反射光中产生的相位差,能够算出至物标TG为止的距离。这样的测距的方法也被称为TOF(飞行时间:Time of Flight)法。

[0482] 在图26所例示的结构中,摄像系统200B也执行与摄像系统200A同样的动作。其中,在此,作为被供应给摄像装置100B的各摄像单元10的第二灵敏度控制信号,使用具有由与第一函数不同的第二函数表示的波形的信号。第二函数是对上述的函数系的基底的另一个加上常数而得到的取正值的函数。也就是说,在此,基于从同一正交函数系选择的相互不同的基底,生成具有由第一函数表示的波形的第一灵敏度控制信号、和具有由第二函数表示的波形的第二灵敏度控制信号。

[0483] 如图26所示,完全可以想到同时使用多个摄像系统(在此作为物标检测系统的摄像系统200A以及200B)。此时,摄像系统200A的摄像装置100A除了从照明装置250A射出而从物标TG反射的光之外,还接受从摄像系统200B的照明装置250B射出而从物标TG反射的光。如以下说明那样,通过对摄像系统200A以及200B分别应用基于从同一正交函数系选择的相互不同的基底生成的第一灵敏度控制信号以及第二灵敏度控制信号,能够避免摄像系统200A以及200B之间的串扰。从这样的观点来看,也可以说包含摄像系统200A以及200B的多个摄像系统的整体构成物标检测系统300。

[0484] 在此,作为正交函数系,说明将沃尔什函数系利用于照明光以及灵敏度的调制的例子。首先,简单说明沃尔什函数系。作为沃尔什函数系的基底的沃尔什函数是由沃尔什矩阵的各行中的要素的值决定的周期函数。若将n设为自然数,则长度为 $2^n$ 的沃尔什函数由维为 $2^n$ 的沃尔什矩阵的各行中的要素的值来决定。沃尔什矩阵是将阿达玛矩阵中的行基于与过零相关的序列性(sequence)调换从而得到的矩阵。维为 $2^n$ 的阿达玛矩阵通过以下的式(15)以及式(16)回归地被赋予,例如维为16的沃尔什矩阵W(16)以以下的式(17)的形式来表示。

[0485] 【数学式15】

$$[0486] \quad H(2^1) = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix} \quad (15)$$

[0487] 【数学式16】

$$[0488] \quad H(2^{n+1}) = \begin{bmatrix} H(2^n) & H(2^n) \\ H(2^n) & -H(2^n) \end{bmatrix} \quad (16)$$

[0489] 【数学式17】

$$[0490] \quad W(16) = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 \end{bmatrix} \quad (17)$$

[0491] 从式(17)可知,  $W(16)$  的各行中的1以及-1的排列按每行而不同, 某行的过零的次数比该行的上一行的过零的次数多一次。长度为 $2^n$ 的沃尔什函数存在 $2^n$ 个, 其中的一个是常数函数。在本说明书中, 将与时间 $\tau$ 相关的长度为 $d$ 的第 $k$ 个( $k$ 为自然数)沃尔什函数记载为 $W_{d,k}(\alpha, \tau)$ 。在此,  $\alpha$ 是表示相位的常数。以下, 设为 $0 \leq \alpha \leq 1$ , 以相对于周期的比例来指定相位 $\alpha$ 。

[0492] 例如,  $W_{16,13}(0, \tau)$  由式(17)所示的 $W(16)$ 的第十三行中的1以及-1的排列 $\{1, -1, 1, -1, -1, 1, 1, -1, -1, 1, 1, -1, -1, 1, -1, 1\}$ 决定。同样,  $W_{16,14}(0, \tau)$  由 $W(16)$ 的第十四行中的1以及-1的排列 $\{1, -1, 1, -1, -1, 1, 1, -1, -1, 1, 1, -1, -1, 1, -1, 1\}$ 决定。图27以及图28分别表示 $W_{16,13}(0, \tau)$ 以及 $W_{16,14}(0, \tau)$ 的具体的曲线图。图27以及图28中的横轴表示时间 $\tau$ , 将周期设为 $T$ 。从图27以及图28可知, 各沃尔什函数是在各点中能取的值为1或-1中的某一个的分段连续函数。在不是常数函数(即,  $k \neq 1$ )的沃尔什函数的一周期上的积分值为0。

[0493] 图29是用于说明在长度相等的两个沃尔什函数之积的一周期上的积分值(以下, 有时称为“一周期平均”)对于相位差的依赖性的图。图29中的横轴表示两个沃尔什函数的相位差 $\Delta\alpha$ , 纵轴表示两个沃尔什函数之积的一周期平均。在图29中, 曲线图G1表示 $W_{16,13}(\alpha_a, \tau)$ 以及 $W_{16,13}(\alpha_b, \tau)$ 之间的积的一周期平均, 曲线图G2表示 $W_{16,14}(\alpha_a, \tau)$ 以及 $W_{16,14}(\alpha_b, \tau)$ 之间的一周期平均。即,  $\Delta\alpha = |\alpha_a - \alpha_b|$ 。在图29中, 曲线图G3表示 $W_{16,13}(\alpha_a, \tau)$ 以及 $W_{16,14}(\alpha_b, \tau)$ 之间的积的一周期平均。

[0494] 从图29的曲线图G1以及G2可知, 相同的沃尔什函数之间的积的一周期平均与被积分函数为第几个沃尔什函数之间的积无关, 根据相位差 $\Delta\alpha$ 而变化,  $\Delta\alpha = 0$ 、即同相位时成为极大或极小。另一方面, 从曲线图G3可知, 相互不同的两个沃尔什函数之间的积的一周期平均与相位差 $\Delta\alpha$ 无关而成为0。

[0495] 在图26所示的物标检测系统300中, 利用沃尔什函数具有的这样的性质。即, 对摄像系统200A以及200B中的从照明装置放射的光的强度的调制以及摄像装置的摄像单元的灵敏度的调制, 应用长度相等、且相互不同的不是常数函数的沃尔什函数。例如, 作为供应给摄像系统200A的照明装置250A的光源的驱动信号, 使用具有由对第一沃尔什函数加上第一常数而得到的取正值的第一函数表示的波形的信号。此外, 作为供应给摄像系统200B的照明装置250B的光源的驱动信号, 使用具有由对第二沃尔什函数加上第二常数而得到的取正值的第二函数表示的波形的信号。第一沃尔什函数以及第二沃尔什函数是从相同的长度的沃尔什函数的群中选择的不是常数函数的相互不同的沃尔什函数。

[0496] 此时,从摄像系统200A的照明装置250A射出的光的强度 $I_1(\tau)$ 以及从摄像系统200B的照明装置250B射出的光的强度 $I_2(\tau)$ 分别如下述的式(18)以及式(19)那样表示。在式(18)以及式(19)中, $A_1$ 以及 $A_2$ 是正常数, $C_1$ 以及 $C_2$ 是比1大的常数。

[0497] 【数学式18】

$$[0498] \quad I_1(\tau) = A_1 (W_{d,k1}(\alpha_1, \tau) + G_1) \quad (18)$$

[0499] 【数学式19】

$$[0500] \quad I_2(\tau) = A_2 (W_{d,k2}(\alpha_2, \tau) + C_2) \quad (19)$$

[0501] 接受从摄像系统200A的照明装置250A射出的光以及从摄像系统200B的照明装置250B射出的光的物标TG的亮度示出时间性变化。在此,若着眼于摄像系统200A的摄像装置100A,则由于物标TG的亮度在时间上变化,因此通过物标TG被反射而到达摄像装置100A的摄像单元10的光的强度、换言之、对于摄像单元10的照度 $L(\tau)$ 也示出时间性变化。该照度 $L(\tau)$ 的时间性变化包含与从照明装置250A射出的光的强度的时间性变化对应的成分即 $L_1(\tau)$ 、和与从照明装置250B射出的光的强度的时间性变化对应的成分即 $L_2(\tau)$ 。从而,将照度 $L(\tau)$ 如下述的式(20)那样写出。

[0502] 【数学式20】

$$[0503] \quad L(\tau) = B_1 (W_{d,k1}(\beta_1, \tau) + C_1) + B_2 (W_{d,k2}(\beta_2, \tau) + C_2) \quad (20)$$

[0504] 在式(20)中, $B_1$ 是由物标TG以及摄像系统200A之间的相对的位置关系、及物标TG的反射率决定的常数。 $B_2$ 是由物标TG、摄像系统200B的照明装置250B及摄像系统200A的摄像装置100A之间的相对的位置关系、以及物标TG的反射率决定的常数。相位 $\beta_1$ 根据摄像系统200A和物标TG之间的距离来决定。若将摄像系统200A和物标TG之间的距离设为 $D$ ,将光的速度设为 $c$ ,则 $\beta_1 = \alpha_1 + (2D/c)$ 。若使距离 $D$ 假设为0,则 $\beta_1 = \alpha_1$ ,从照明装置250A射出的光的调制中的相位与摄像单元10检测的照度的变化之中与从照明装置250A射出的光对应的成分的相位一致。另外,相位 $\beta_1$ 随着距离 $D$ 的增大而示出周期性变化。以下,为了避免说明变得过度复杂,设为 $2D < cT$ 。即使这样假设也不失普遍性。

[0505] 若将摄像装置100A的摄像单元10中的灵敏度的时间性变化设为 $S_1(\tau)$ ,则在曝光期间中摄像单元10的电荷积蓄区域中积蓄的信号电荷的总量 $Q_t$ 如下述的式(21)那样写出。曝光期间的长度设定为与沃尔什函数的周期 $T$ 的自然数倍相等。式(21)中的 $F$ 是比例常数。

[0506] 【数学式21】

$$[0507] \quad Q_t = F \int_0^T \left( B_1 (W_{d,k1}(\beta_1, \tau) + C_1) + B_2 (W_{d,k2}(\beta_2, \tau) + C_2) \right) \cdot S_1(\tau) d\tau \quad (21)$$

[0508] 在此,供应具有由对第一沃尔什函数加上第一常数而得到的取正值的第一函数表示的波形的灵敏度控制信号,从而调制摄像装置100A的摄像单元10的灵敏度。即,作为 $S_1(\tau)$ ,应用以下述的式(22)表示的第一函数。

[0509] 【数学式22】

$$[0510] \quad S_1(\tau) = D_1 (W_{d,k1}(\gamma_1, \tau) + E_1) \quad (22)$$

[0511] 在式(22)中, $D_1$ 是正常数, $E_1$ 是比1大的常数。 $\gamma_1$ 表示相位。从式(22)以及上述的式(18)可知,在摄像装置100A的摄像单元10的灵敏度的调制中,应用与应用于从照明装置250A射出的光的调制的沃尔什函数相同的沃尔什函数。摄像系统200A包含摄像装置100A以及照明装置250A的组,因此在摄像系统200A内,对摄像单元10的灵敏度调制与来自照明装

置250A的射出光的调制应用同一沃尔什函数是容易的。也可以根据需要,通过同步化电路,使摄像单元10的灵敏度调制中的相位与来自照明装置250A的射出光的调制中的相位一致。

[0512] 根据上述的式(21)以及(22),得到下述的式(23)。

[0513] 【数学式23】

$$Q_t = D_1 F \int_0^T \left( B_1 W_{d,k1}(\beta_1, \tau) W_{d,k1}(\gamma_1, \tau) + B_2 W_{d,k2}(\beta_2, \tau) W_{d,k1}(\gamma_1, \tau) + B_1 E_1 W_{d,k1}(\beta_1, \tau) + B_2 E_1 W_{d,k2}(\beta_2, \tau) \right. \\ \left. + (B_1 C_1 + B_2 C_2) W_{d,k1}(\gamma_1, \tau) + E_1 (B_1 C_1 + B_2 C_2) \right) d\tau \quad (23)$$

[0515] 在式(23)中,被积分函数中的第二项是从公共的沃尔什函数系选择的相互不同的沃尔什函数之积,因此如参照图29说明的那样,与相位差 $|\beta_2 - \gamma_1|$ 的值无关,区间 $[0, T]$ 中的积分的结果(即,一周期平均)为0。被积分函数中的第三项、第四项以及第五项仅包含一个沃尔什函数(不是常数函数),因此一周期平均为0。另外,在曝光期间和沃尔什函数的周期不一致的情况下,这些都随着曝光期间的增大而单调增加。不包含沃尔什函数的被积分函数中的第六项相对于曝光期间的增大而单调增加。

[0516] 另一方面,被积分函数中的第一项是相同的沃尔什函数之间的积。因此,如参照图29说明的那样,作为积分的结果的一周期平均,根据照度的时间性变化之中由于从照明装置250A射出的光的强度调制引起的成分中的相位 $\beta_1$ 与摄像单元10的灵敏度调制中的相位 $\gamma_1$ 之间的差而变化,且在曝光期间中成比例变大。第一项的一周期平均例如在某长度的曝光期间下,在相位 $\beta_1$ 与相位 $\gamma_1$ 一致时取极大值或极小值。

[0517] 从而,例如,若改变摄像单元10的灵敏度调制中的相位 $\gamma_1$ 地进行多次的拍摄,并调查在电荷积蓄区域中积蓄的信号电荷的总量 $Q_t$ 成为极大或极小的 $\gamma_1$ 的值,则能够基于 $\beta_1 = \alpha_1 + (2D/c)$ 的关系,算出摄像系统200A和物标TG之间的距离。另外,若参照图13说明的那样,将多个摄像单元10分组,按每个该组改变灵敏度调制中的相位地拍摄,则能够更高速地算出在电荷积蓄区域中积蓄的信号电荷的总量 $Q_t$ 成为极大或极小的相位。

[0518] 在摄像系统200B中,也能够通过同样的原理,算出摄像系统200B和物标TG之间的距离。这样,通过在多个物标检测系统之间,使用长度相等且相互不同的沃尔什函数,各摄像系统的摄像装置不会受到来自其他摄像系统的射出光的影响,能够选择性地取得与通过来自对应的照明装置(若是摄像装置100A,则为同一系统内的照明装置250A)的射出光而在物标TG中产生的亮度的变化相关的信息。即,通过将多个摄像系统之间使用于调制的函数设为对从某正交函数系选择的相互不同的基底加上常数而得到的取正值的函数,从而即使在同时使用了多个摄像系统的情况下,也能够防止它们之间的串扰。

[0519] 在上述的物标检测系统300中,被照射到物标TG的光的波长既可以在多个照明装置之间不同,也可以相同。根据上述的物标检测系统300,还能够使用具有处于可见波段的波长的光,从而,波长的选择的范围变广。根据本申请的实施方式,还易于在摄像装置(例如摄像装置100A以及100B)中将摄像单元10设为阵列,从而,还能够抑制串扰地取得距离图像。

[0520] 不需要从最初就固定摄像系统200A以及200B中使用于调制的函数。也可以检测从物标TG来到的光的强度的调制,动态地变更应用于照明装置以及摄像装置中的调制的函数。例如,在检测到从物标TG来到的光的强度示出以某正交函数系的某基底表示的变化的情况下,也可以将应用于照明装置以及摄像装置中的调制的函数动态地变更为该正交函数

系的其他某基底。

[0521] 易于理解能够将上述的物标检测系统300进一步扩展为包含大量的数目的摄像系统的系统。随着能够同时使用的摄像系统的数目的增加,应用长度更大的沃尔什函数的系即可。若在不同的摄像系统之间,将相互不同的除了常数函数以外的沃尔什函数利用于调制,则即使在从3个以上的照明装置同时向同一物标照射了强度调制后的光的情况下,也能够避免这些摄像系统间的串扰。

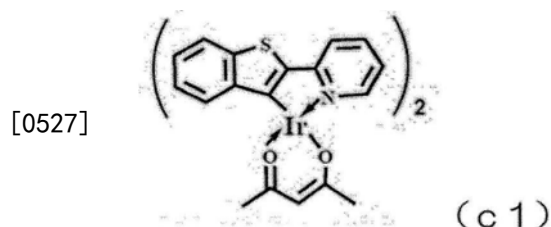
[0522] 另外,若在相互不同的摄像系统之间应用使用了相互不同的正交函数的调制,则能够进行通信,其中只有通过应用了与来自照明装置的射出光的调制一致的灵敏度调制的摄像装置才能够取得信息。例如,如上所述,在应用了在相互不同的摄像系统之间使用了相互不同的正交函数的调制的情况下,还能够使用具有处于可见波段的波长的光,因此能够进行可见光通信。也可以将使用于照明装置的强度调制的基底作为公共密钥在信息的发送者和接收者之间共享。接收者通过应用作为公共密钥的基底调制了摄像单元的灵敏度的摄像装置,接受来自发送者侧的照明装置的射出光、或通过某些物体反射的光。具有公共密钥的接收者能够通过该摄像装置,取得发送者意图的图像。相对于此,不具有公共密钥的第三者不能复原从发送者侧的照明装置发送的信息。即,能够进行加密通信。对加密通信也能够使用可见光。

[0523] (磷光的拍摄)

[0524] 作为对灵敏度的调制有用的函数,还能够例示德尔塔函数。如以下说明的那样,通过使用具有脉冲波形的灵敏度控制信号,例如能够映射生物体组织内的氧浓度。以下,说明使用摄像装置100拍摄来自被取入至生物体组织内的发光探头的磷光的例子。

[0525] 在此,作为发光探头,使用铱络合物(BTP)。下述的式(c1)表示BTP的构造。

[0526] 【化学式1】



[0528] 被取入至生物体组织内的BTP接受激励光的照射而发出磷光。磷光与荧光相比发光寿命长。荧光以纳秒的量级衰减,相对于此,磷光以微秒~毫秒的量级衰减。其中,磷光的发光强度以及发光寿命依赖于发出磷光的分子的周围的氧浓度而变化。

[0529] 图30表示磷光的强度的变化与周围的氧浓度之间的关系的一例。在图30中,横轴表示从照射激励光经过的时间,纵轴表示以对数尺度表示在单位时间中检测的光子数。曲线图F1以及曲线图F2分别表示在BTP的周围的氧浓度为100%时以及0%时的磷光的强度变化的一例。另外,图30中的曲线图F3表示通气时的磷光的强度变化。在图30所示的例子中,BTP的周围的氧浓度为100%时、以及0%时的磷光的发光寿命分别是95(ns)以及5.3(μs)左右。

[0530] 图31表示将本申请的实施方式的摄像系统应用于磷光观察系统的例子。图31所示的磷光观察系统200F具有向被摄体放射激励光的照明装置250F、和摄像装置100。在该例中,磷光观察系统200F还具有同步化电路256。照明装置250F将强度以脉冲状变化的光放射

到被摄体。

[0531] 图32是用于说明对从BTP发出的磷光的拍摄应用了本申请的摄像系统时的动作例的图。在图32中,最上图表示照明装置250中的光源的驱动脉冲的典型例,从上起第2个以及第3个图分别示意性地表示通过照射来自照明装置250的激励光而从生物体组织内的BTP发出的荧光以及磷光的强度变化。在此,激励光的照射时间小于微秒。通过激励光的照射,产生荧光以及磷光。如上所述,相对于荧光以纳秒的量级衰减,磷光以微秒~毫秒的量级衰减。

[0532] 在图32中,最下图表示供应给摄像装置100的摄像单元10的灵敏度调整信号的波形的典型例。在此,灵敏度控制线82将具有与德尔塔函数的波形相当的脉冲波形的灵敏度控制信号供应给各摄像单元10。其中,在严密意义下在灵敏度控制信号中实现德尔塔函数的波形是不可能的,因此通过具有在相对于曝光期间充分短的期间(例如100n秒(纳秒)左右)中成为高电平的波形的矩形脉冲的灵敏度控制信号,来近似德尔塔函数的波形。灵敏度控制信号具有与德尔塔函数的波形相当的脉冲波形,因此在该例中,表示各摄像单元10的灵敏度的变化的波形也具有脉冲形状。

[0533] 如图32中示意地所示,在该例中,灵敏度控制信号的脉冲波形的上升相对于光源的驱动脉冲中的上升具有 $\Delta\tau$ 的延迟。即,从激励光的照射延迟某一定的时间 $\Delta\tau$ ,使摄像单元10中的灵敏度以脉冲状变化。为了在与荧光的发光不同的定时具有灵敏度而使灵敏度控制信号的信号电平变化,从而能够取得选择性地捕捉磷光且抑制了荧光的影响的图像。灵敏度控制信号的脉冲波形的上升相对于光源的驱动脉冲中的上升的定时能够通过同步化电路256任意变更。例如通过从同步化电路256向照明装置250F以及摄像装置100供应控制信号,能够使摄像单元10中的灵敏度的变化与从照明装置250F放射的光(在该例中激励光)的强度的变化同步。本说明书中的“同步”不限于使信号的上升或下降一致,如该例所示,还包含调整多个信号之间上升或下降的定时。

[0534] 如图32所示,通过多次反复进行这样的拍摄的循环,能够累积信号电荷而得到充分高的电平的图像信号。即,在各摄像单元的复位后,将脉冲状的激励光照射到被摄体,从激励光的照射延迟期望的时间地使摄像单元10的灵敏度以脉冲状变化,执行信号电荷的积蓄。空开间隔,将激励光的照射以及信号电荷的积蓄的循环执行期望的次数。其后,读出在电荷积蓄区域中最终积蓄的信号电荷量。在该例中,在曝光期间中包含多次的信号电荷的积蓄的期间。

[0535] 在具有三明治构造的光电转换元件中,在没有对光电转换层施加偏压的状态下,基本不产生光电转换层和电极之间的电荷的移动。因此,在从灵敏度控制线82供应的信号电平被降低的状态下,基本不产生从电荷积蓄区域向光电转换部12的信号电荷的移动。从而,通过如图32所示空开间隔地多次施加脉冲状的灵敏度控制电压,能够比较容易地实现信号电荷的累积。另外,在各循环的拍摄中,执行基于全局快门的拍摄。

[0536] 如图30所示,磷光的发光寿命根据BTP的周围的氧浓度而不同。因此,通过进行改变了从激励光的照射至摄像单元10中的灵敏度的上升为止的时间 $\Delta\tau$ 的摄像,从而能够取得与BTP的周围的氧浓度相应的不同的图像。也就是说,能够得到与生物体组织内的氧浓度相关的信息。这样,根据本申请的实施方式,能够进行非侵入性的氧浓度的计测。与氧浓度相关的映射对确定癌的位置也是有用的。癌组织中的氧浓度比正常组织中的氧浓度低。从

而,通过取得与氧浓度相关的映射图像,并确定氧浓度特异地低的部位,从而能够确定癌组织的位置。另外,使用具有德尔塔函数状的波形的灵敏度控制信号,并在比从照明装置射出光延迟了特定的时间后的定时增大灵敏度,上述的这种摄像还能够应用于荧光寿命测定法(Fluorescence Lifetime Imaging Microscopy:FLIM)。荧光中的光谱能够根据周围的pH而不同。从而,例如,能够进行生物体组织内的pH的映射。在比从照明装置射出光延迟了特定的时间后的定时增大灵敏度,上述的这种摄像还能够应用于利用了TOF法的测距。这样,根据本申请的实施方式,能够实现与氧浓度相关的映射、pH的映射等。特别是,通过将具有三明治构造的光电转换元件应用于光电转换部12,能够实现比较简易的结构,且能够进行与氧浓度、pH等相关的映射。

[0537] 如以上说明的那样,根据本申请的实施方式,能够从被摄体的亮度的时间性变化,提取与特定的成分相关的信息。通过使用照明装置使被摄体的亮度积极地产生时间性变化,能够取得至被摄体为止的距离等与被摄体相关的有用的信息。特别是,通过使摄像单元10的灵敏度中的调制与来自照明装置的射出光的调制同步,从而能够进行广泛的应用。

[0538] 这样,根据本申请的实施方式,能够得到与在曝光期间中在时间上变化的被摄体的亮度相关的信息。另外,在上述的各方式中,说明了信号检测晶体管22、地址晶体管24以及复位晶体管26各自为N沟道MOS的例子。但是,本申请的实施方式中的晶体管不限于N沟道MOS,也可以是P沟道MOS。此外,它们不需要被统一为N沟道MOS或P沟道MOS的某一个。作为这些晶体管,除了FET之外,还能够使用双极晶体管。

[0539] 工业实用性

[0540] 本申请的摄像装置能够广泛应用于理化学用、医疗用等的分析装置、拍摄装置等。此外,例如,还能够用于安保摄像机、被搭载于车辆而使用的摄像机等。车辆搭载用相机例如能够作为对控制装置的输入而利用,以用于车辆安全行驶。或者,能够利用于操作者的辅助,以用于车辆安全行驶。



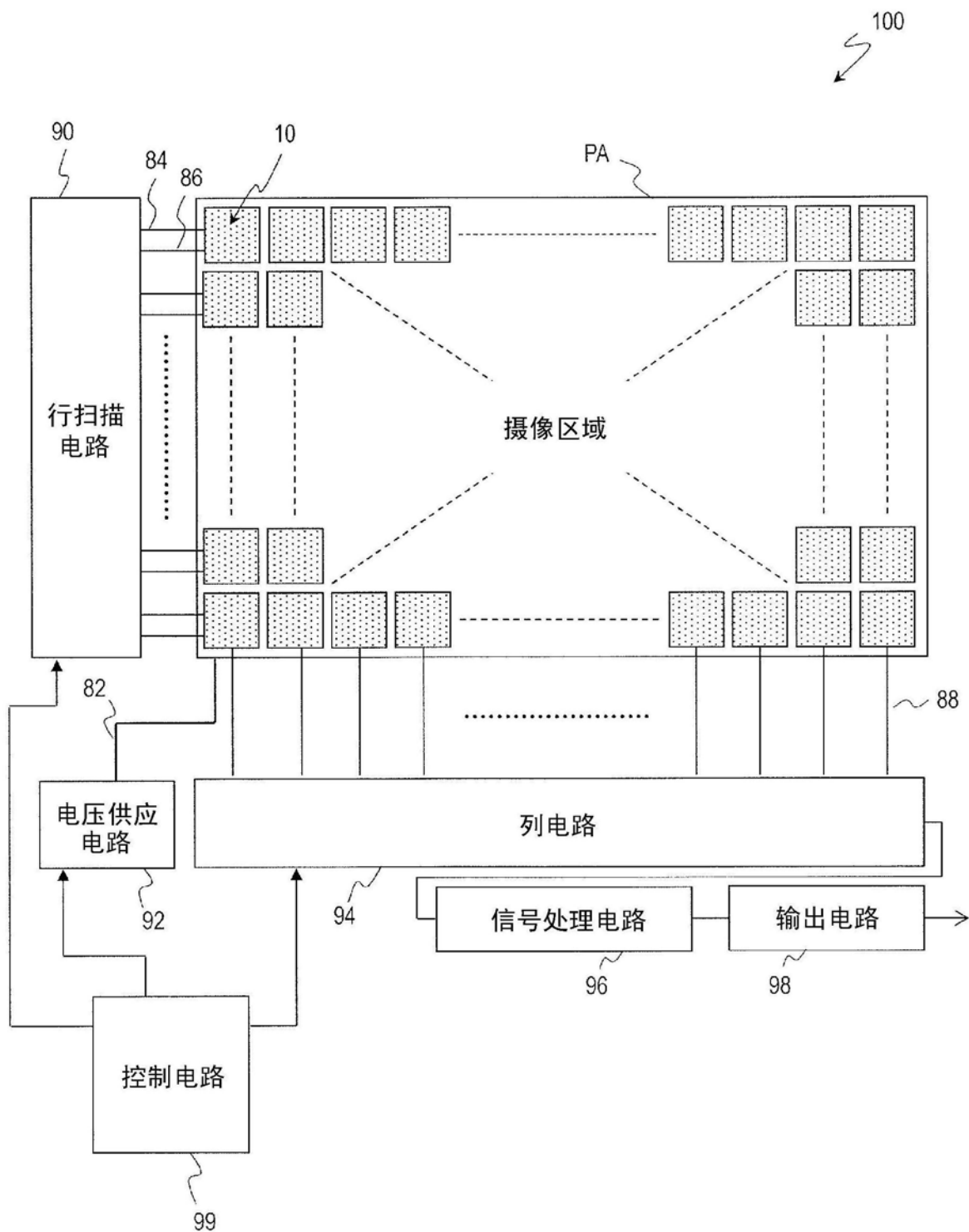


图1

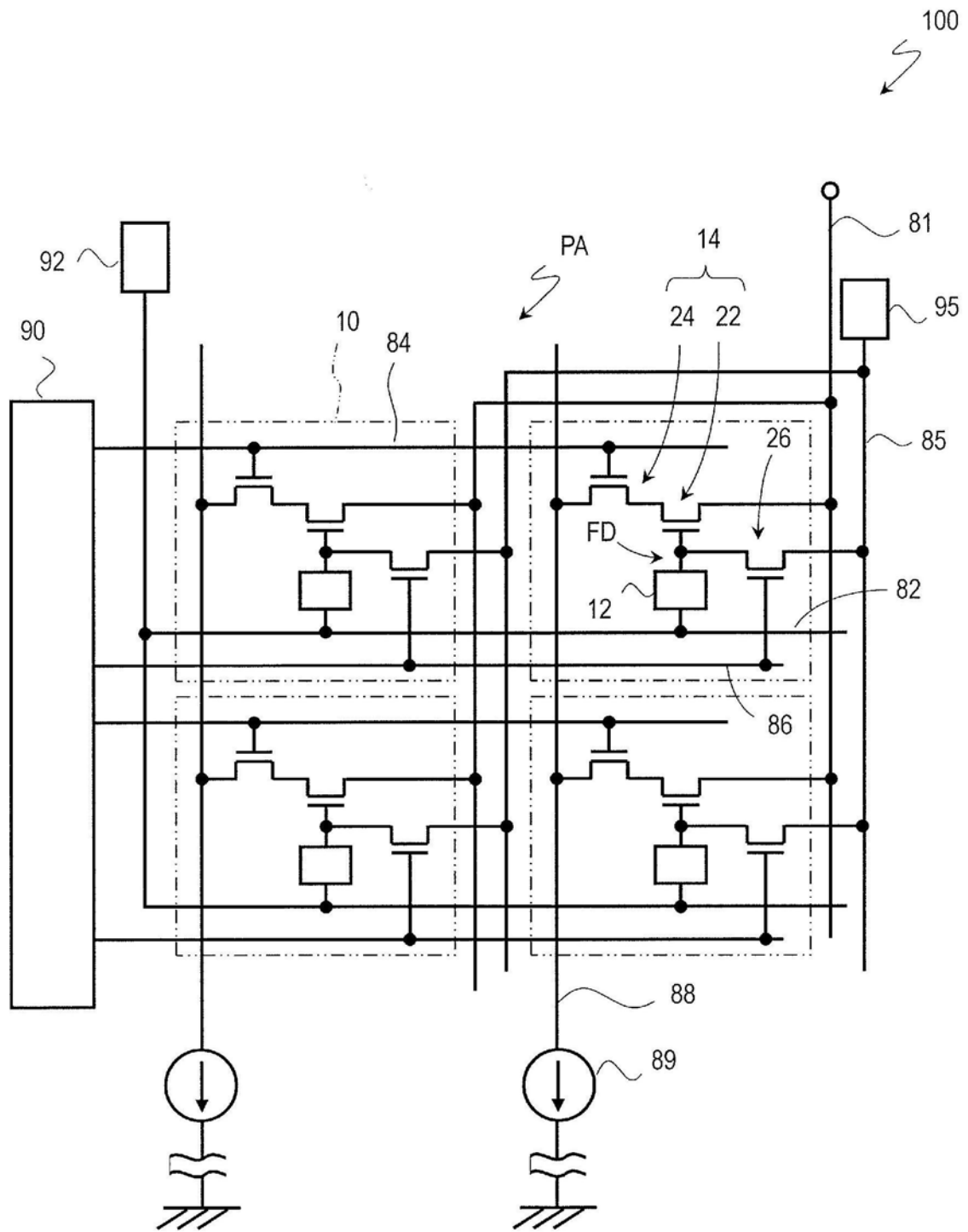


图2

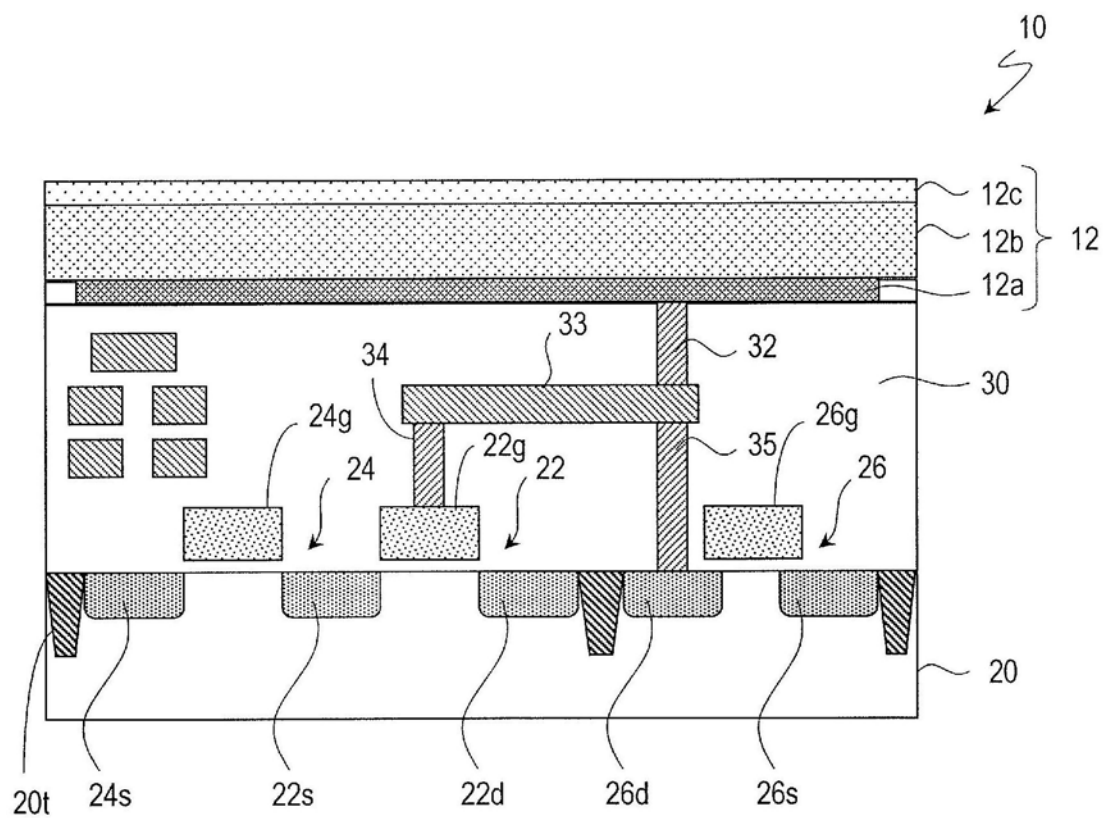


图3

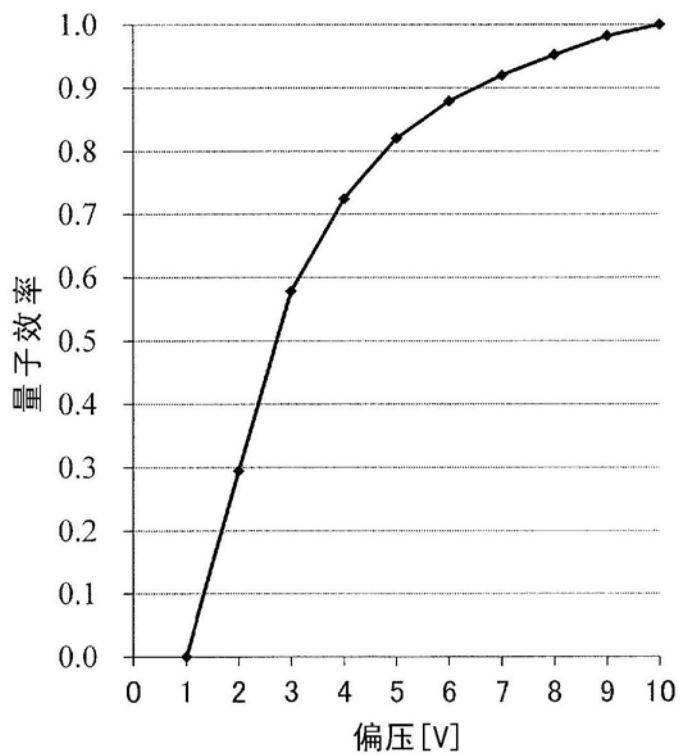


图4

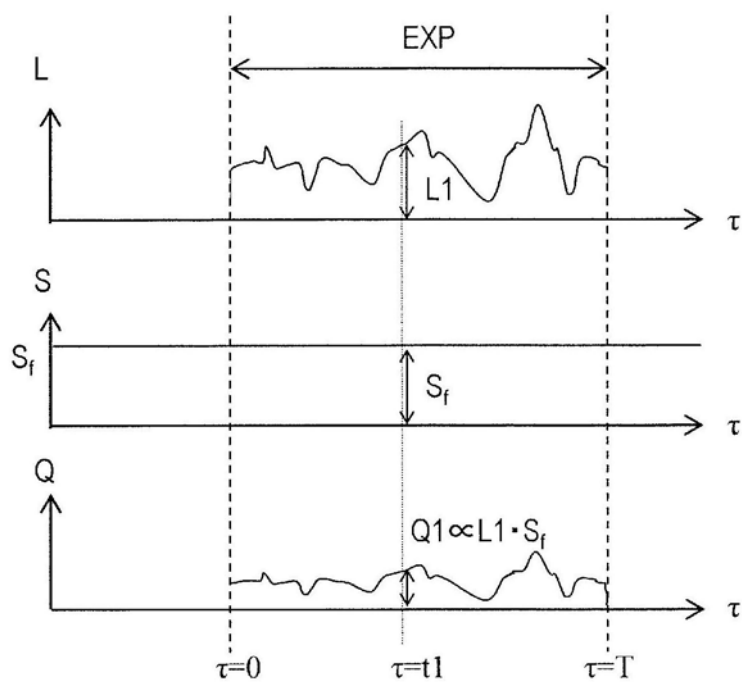


图5

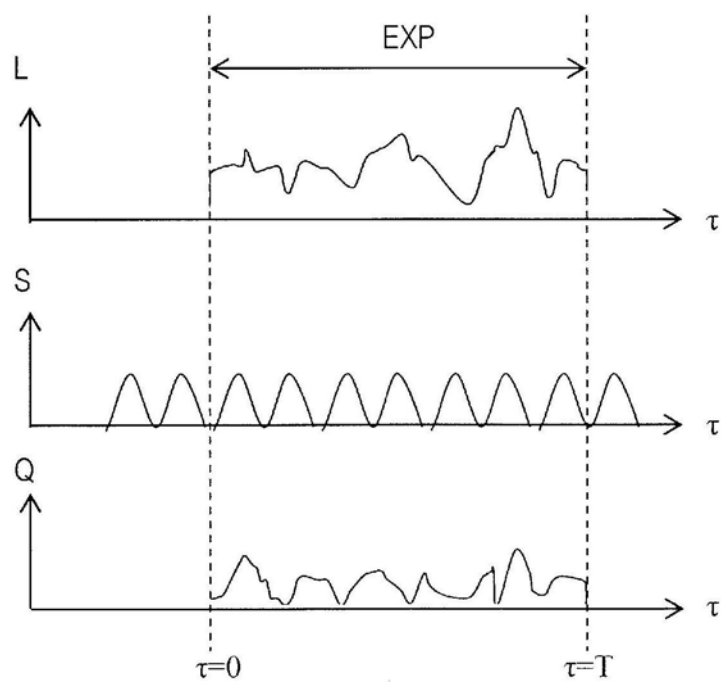


图6

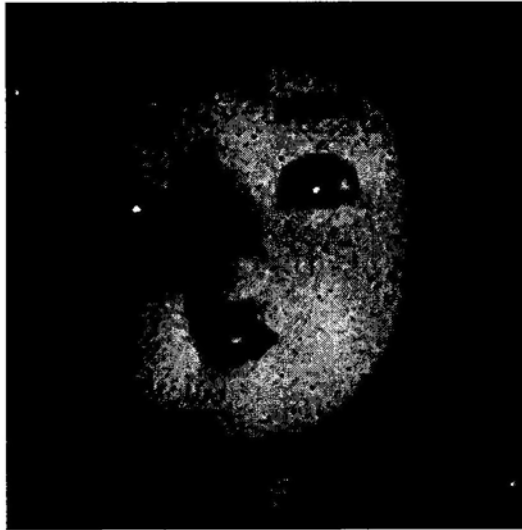


图7

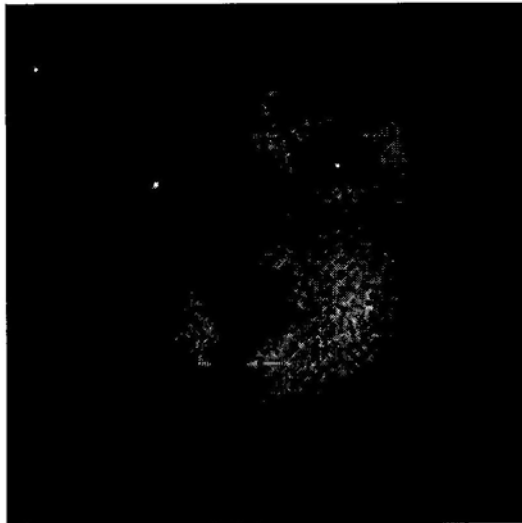


图8

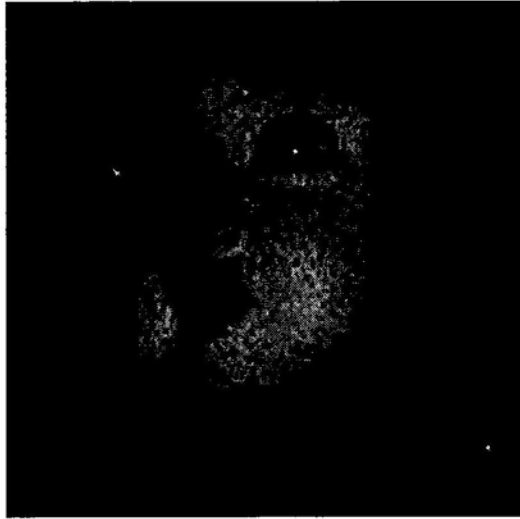


图9

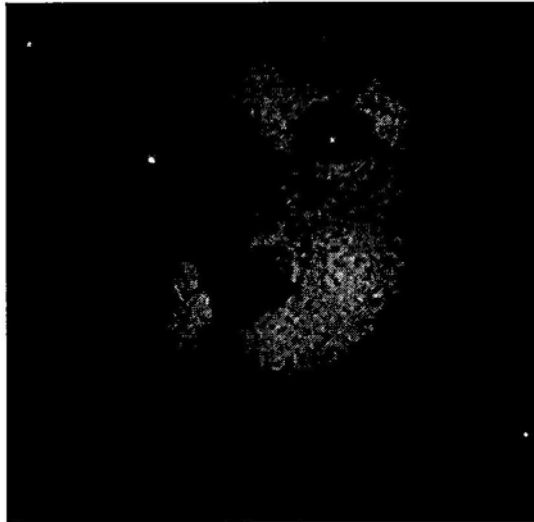


图10

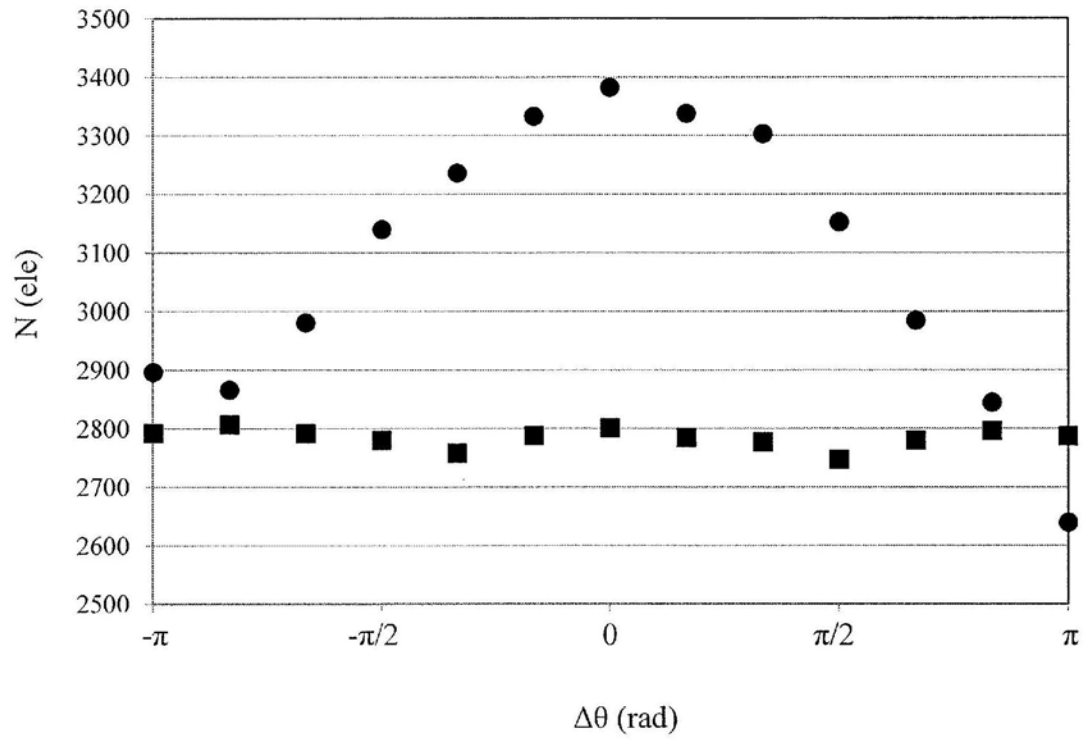


图11

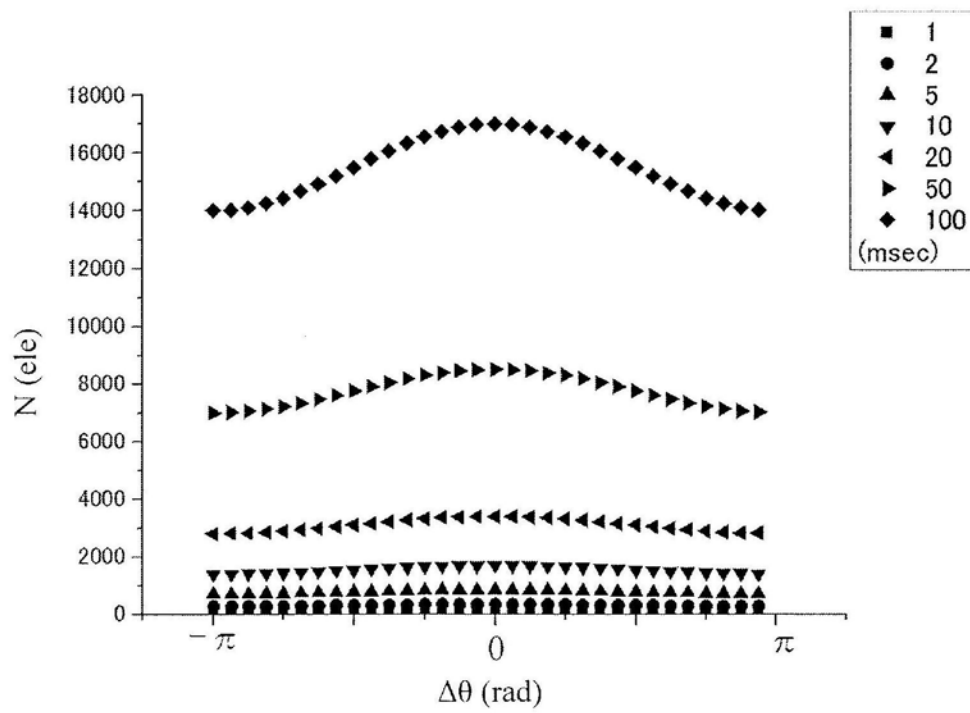


图12

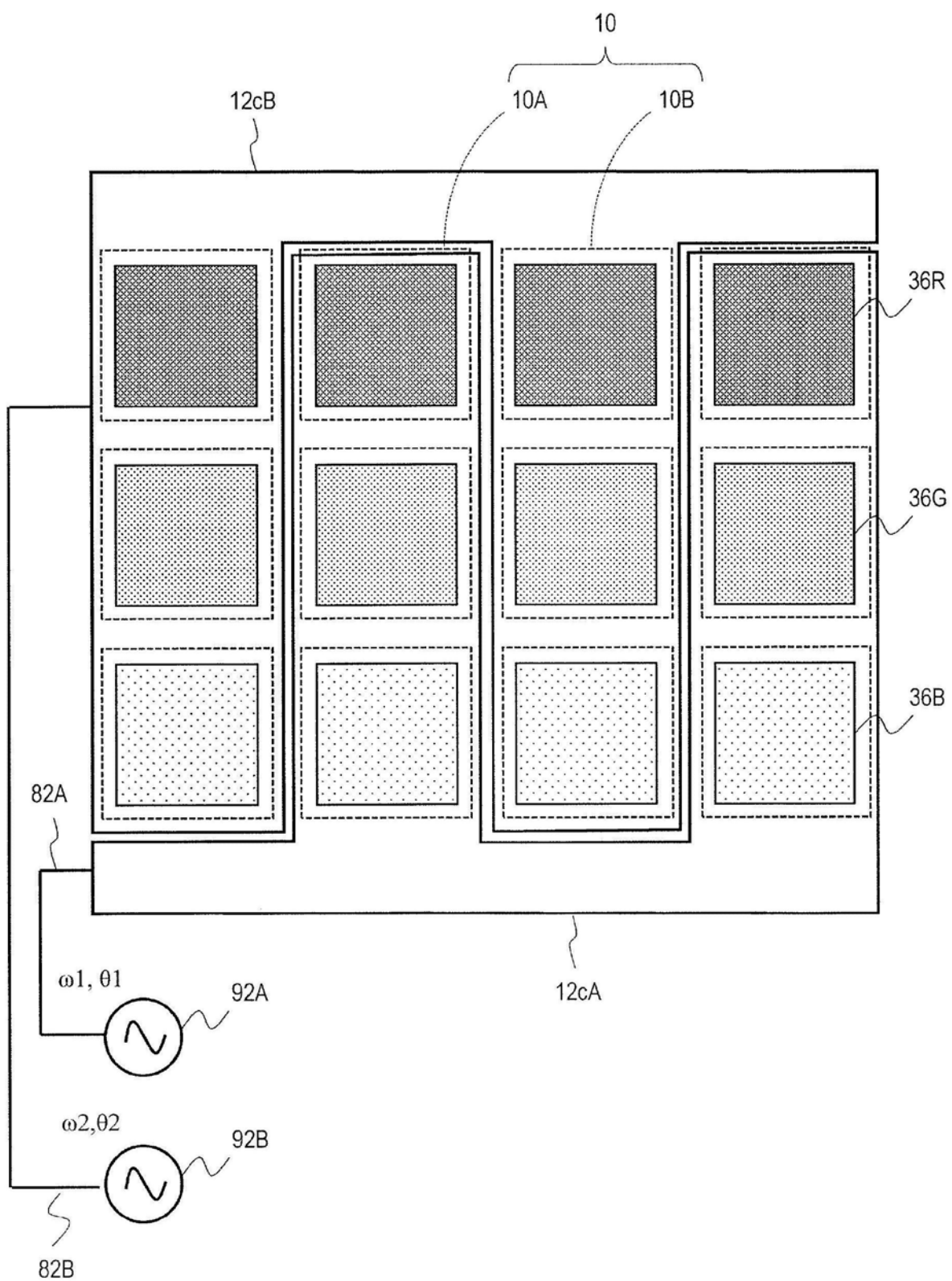


图13



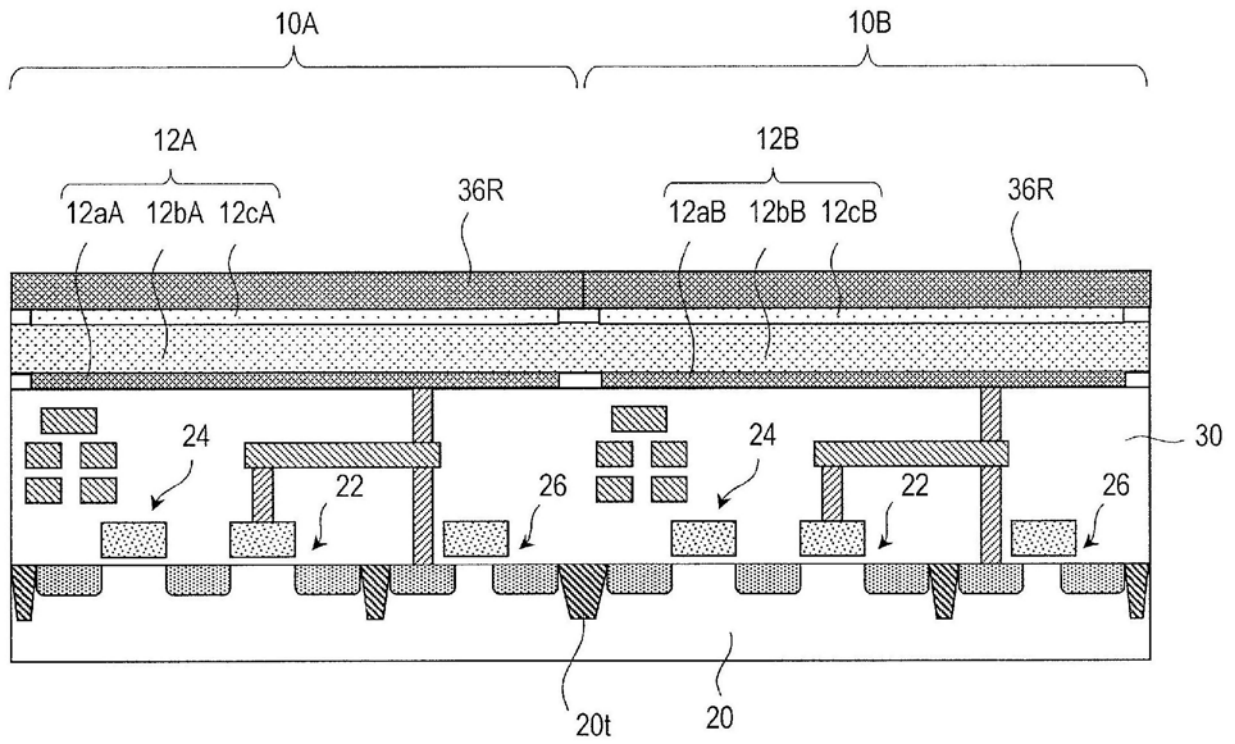


图14

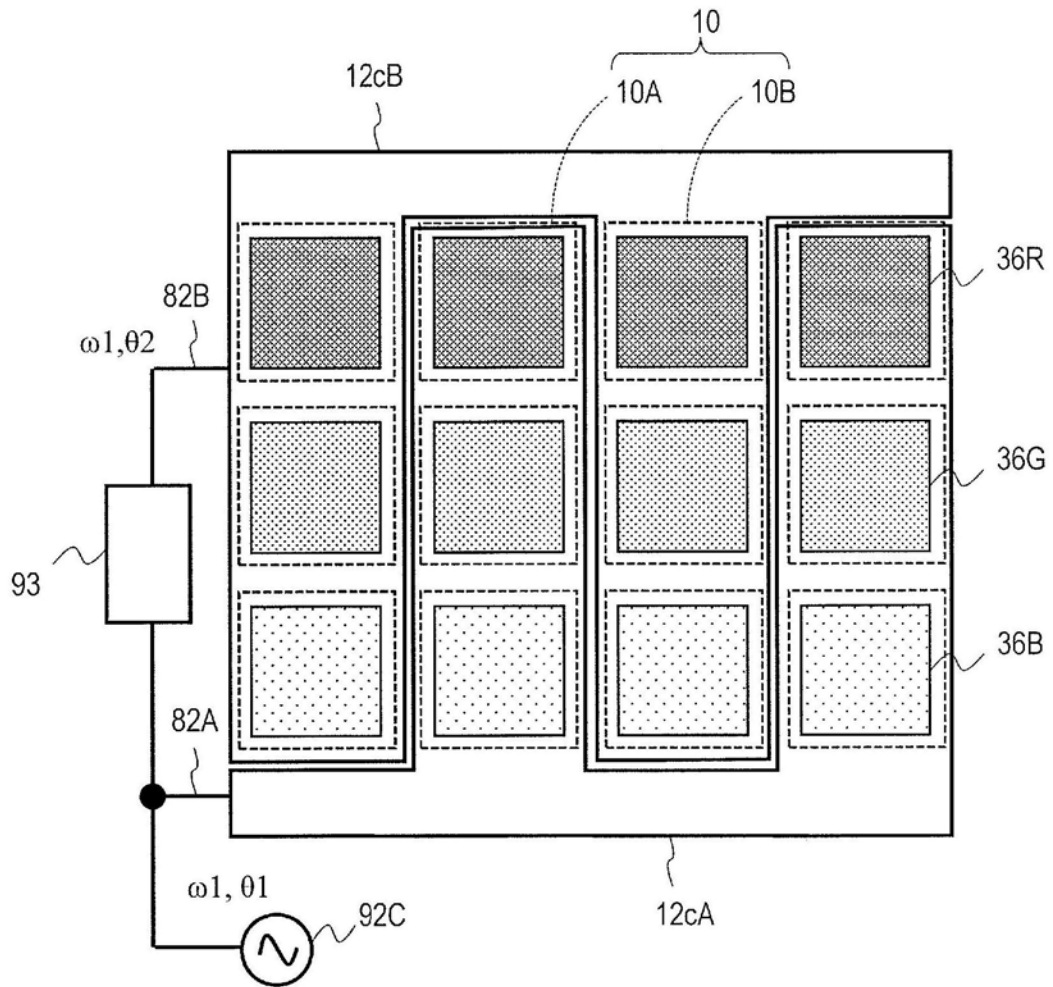


图15

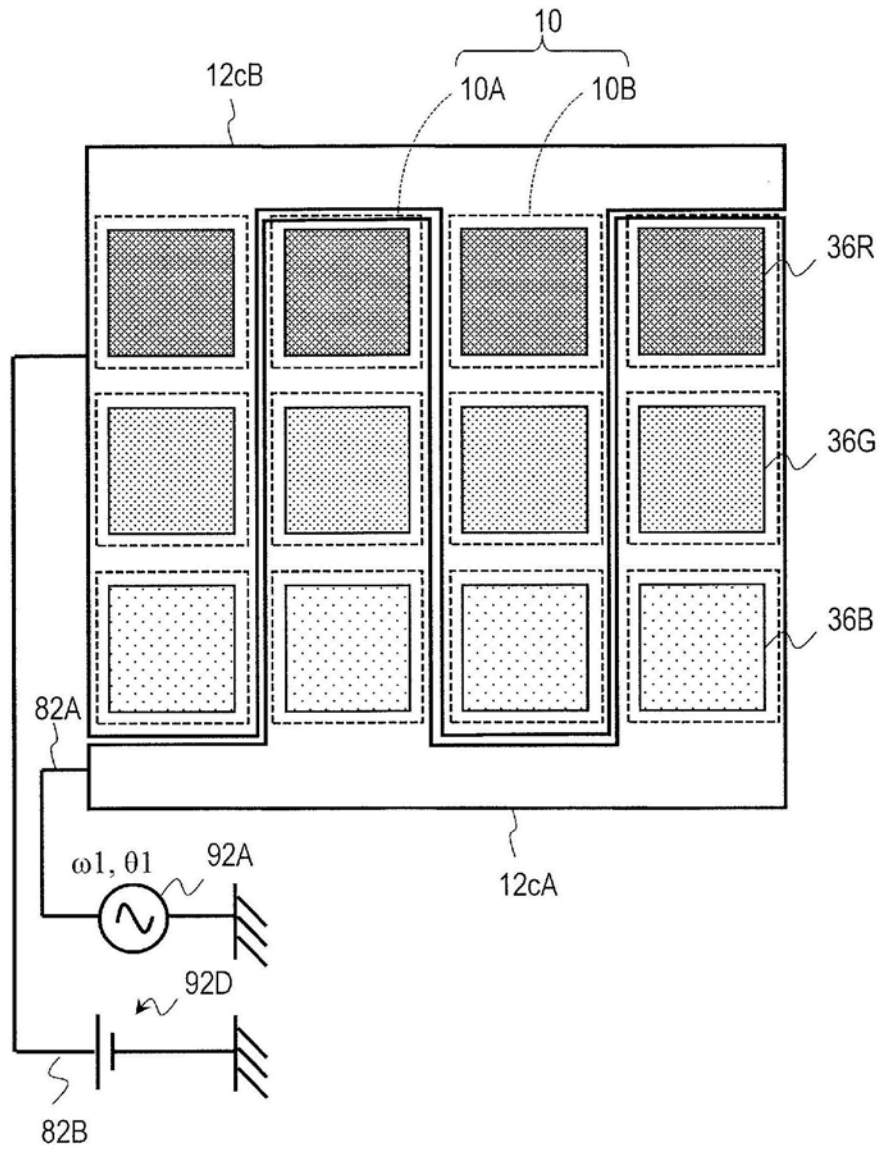


图16

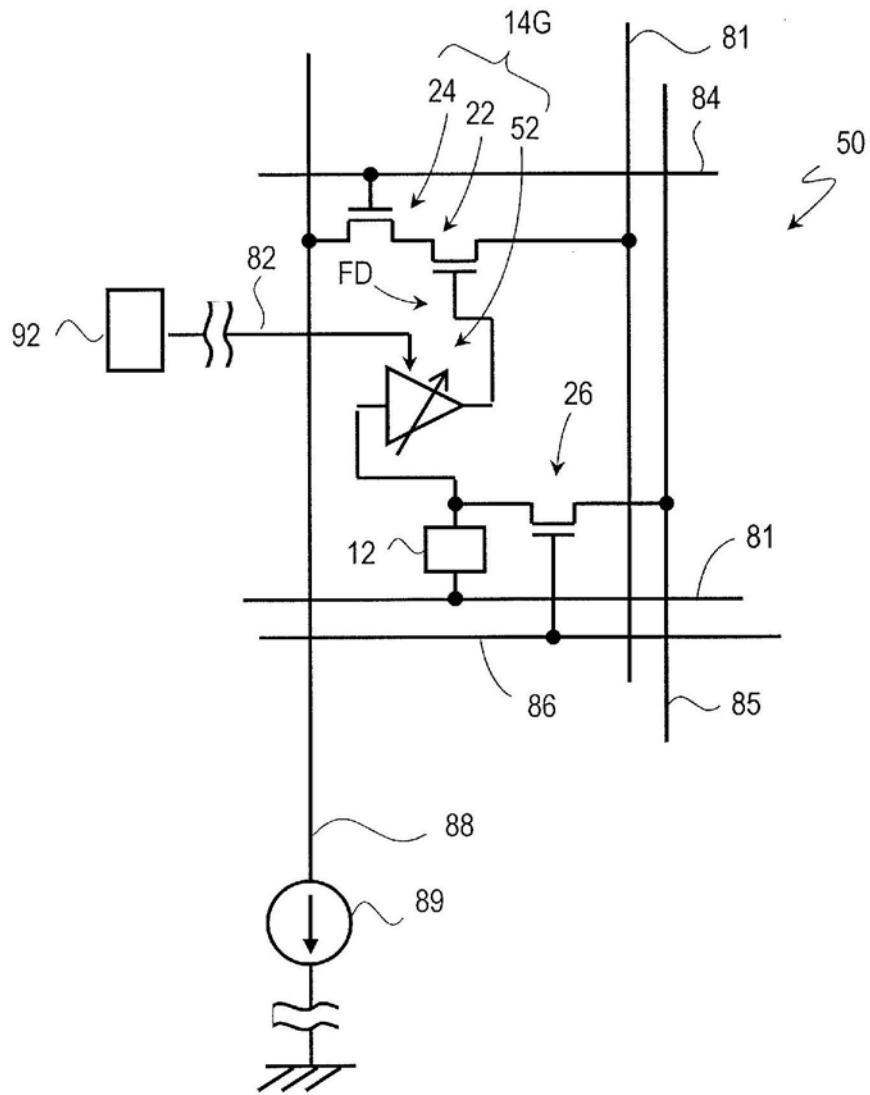


图17



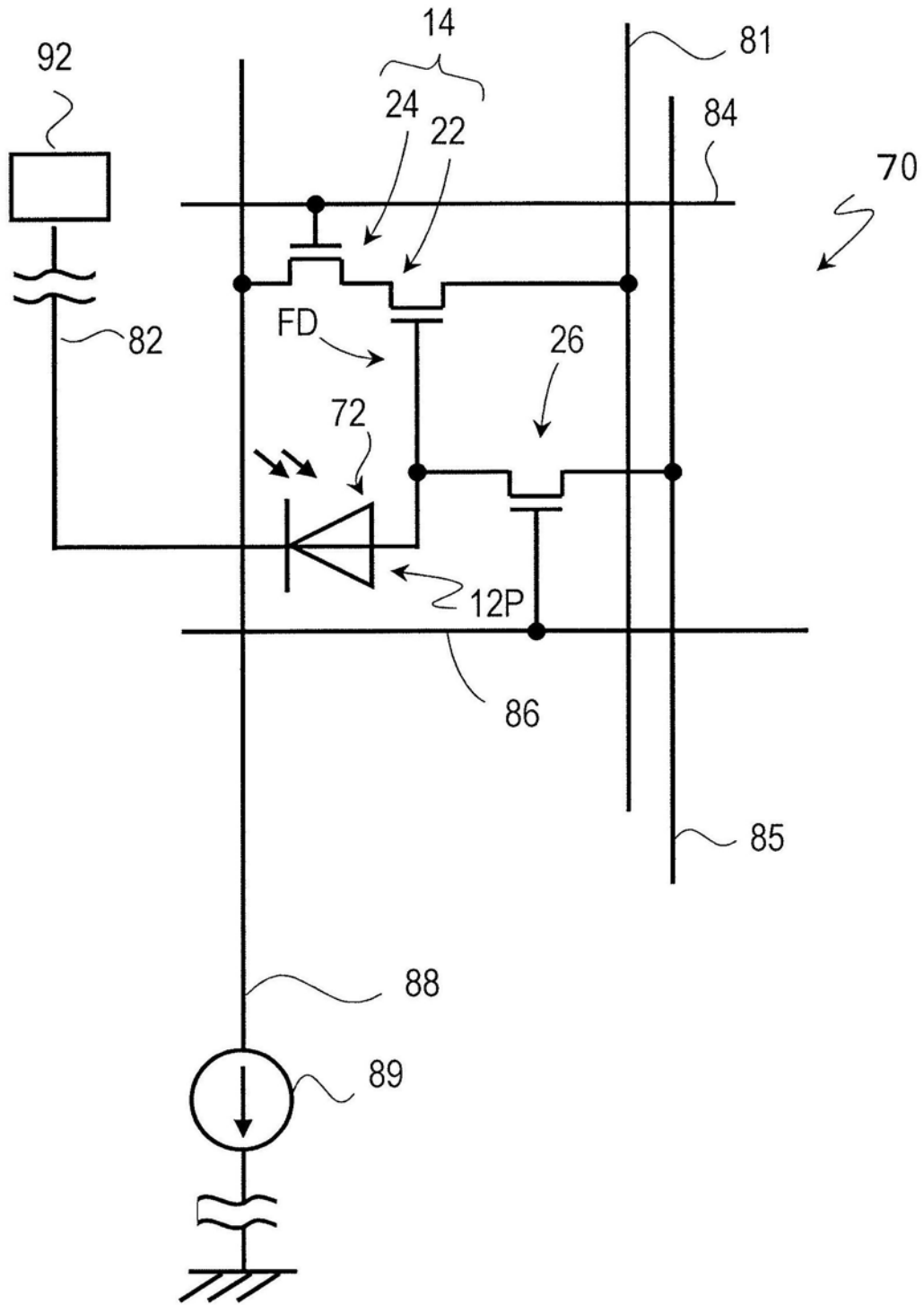


图19

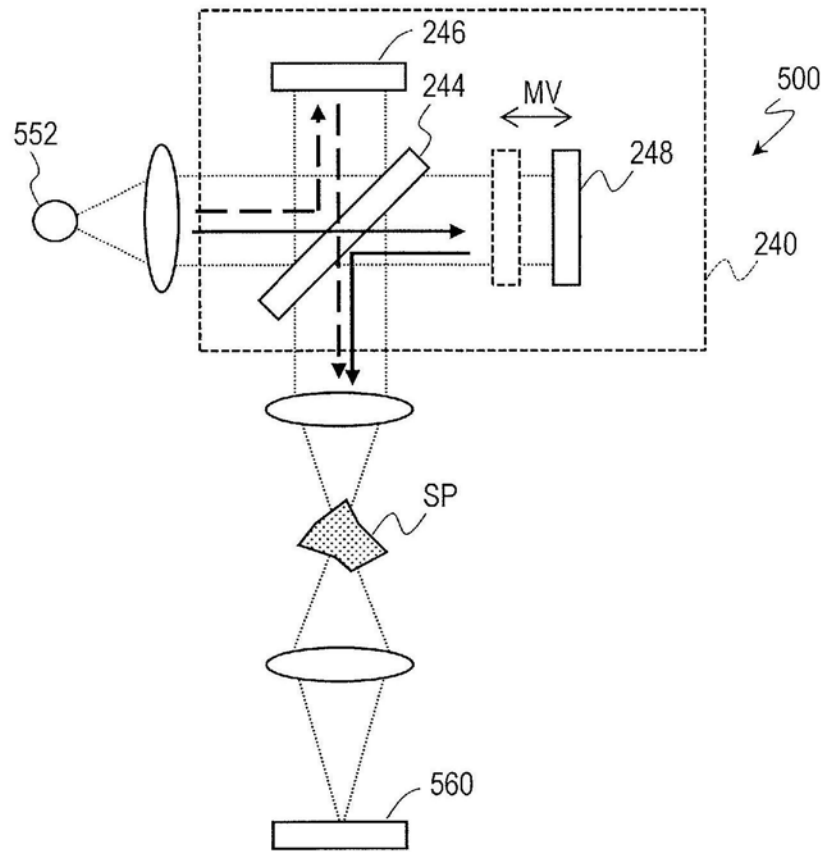


图20

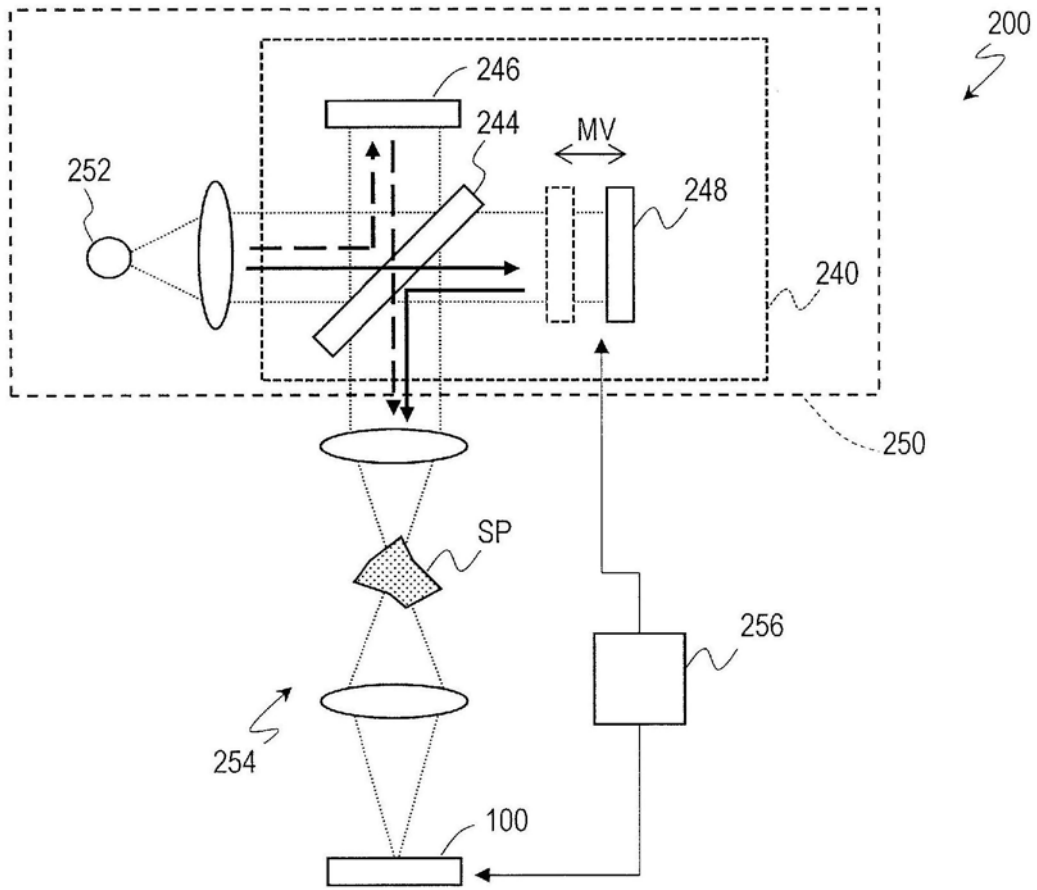


图21

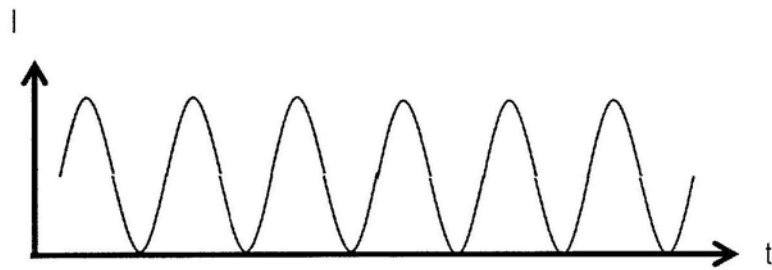


图22

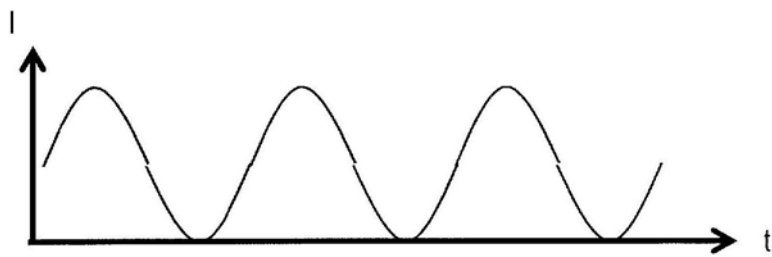


图23



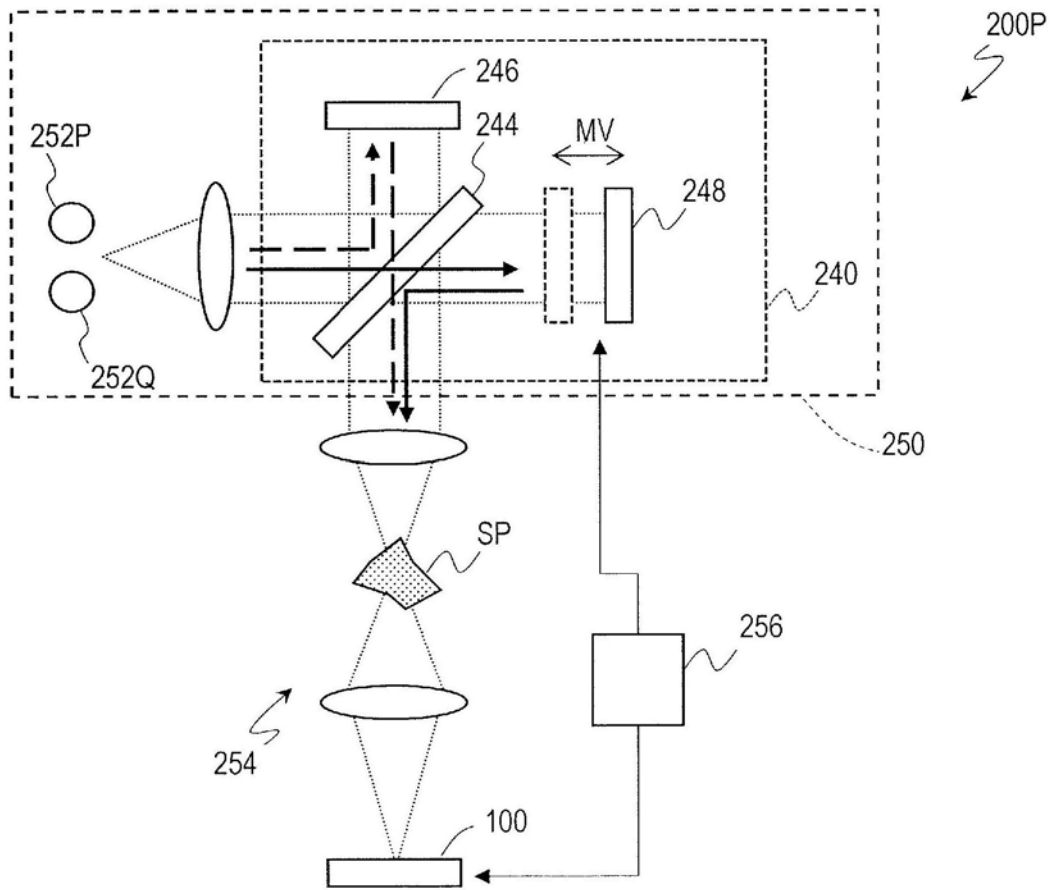


图24

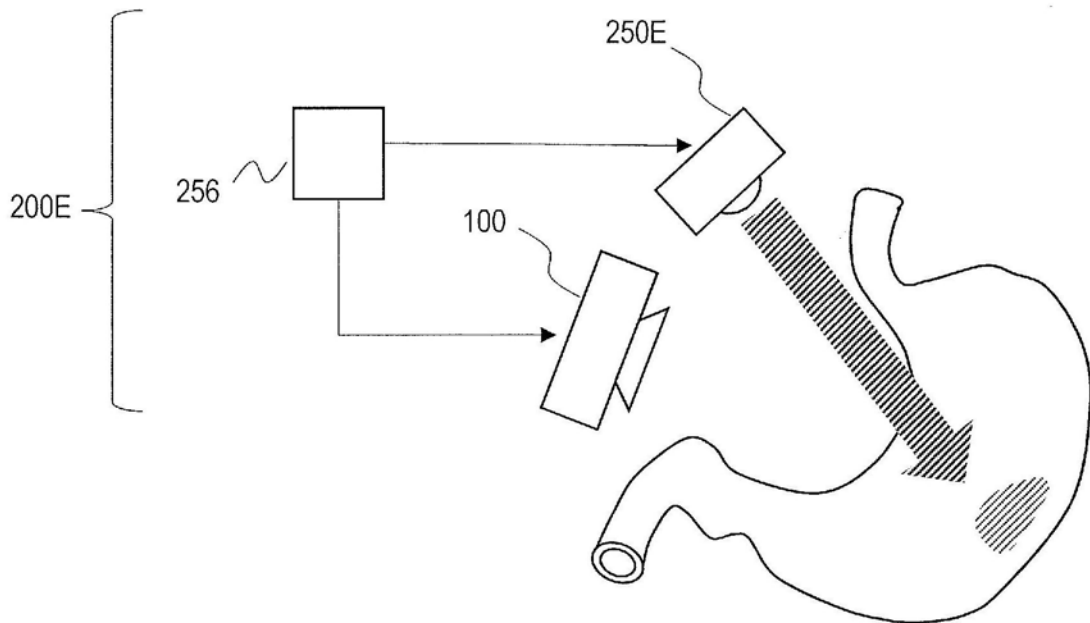


图25

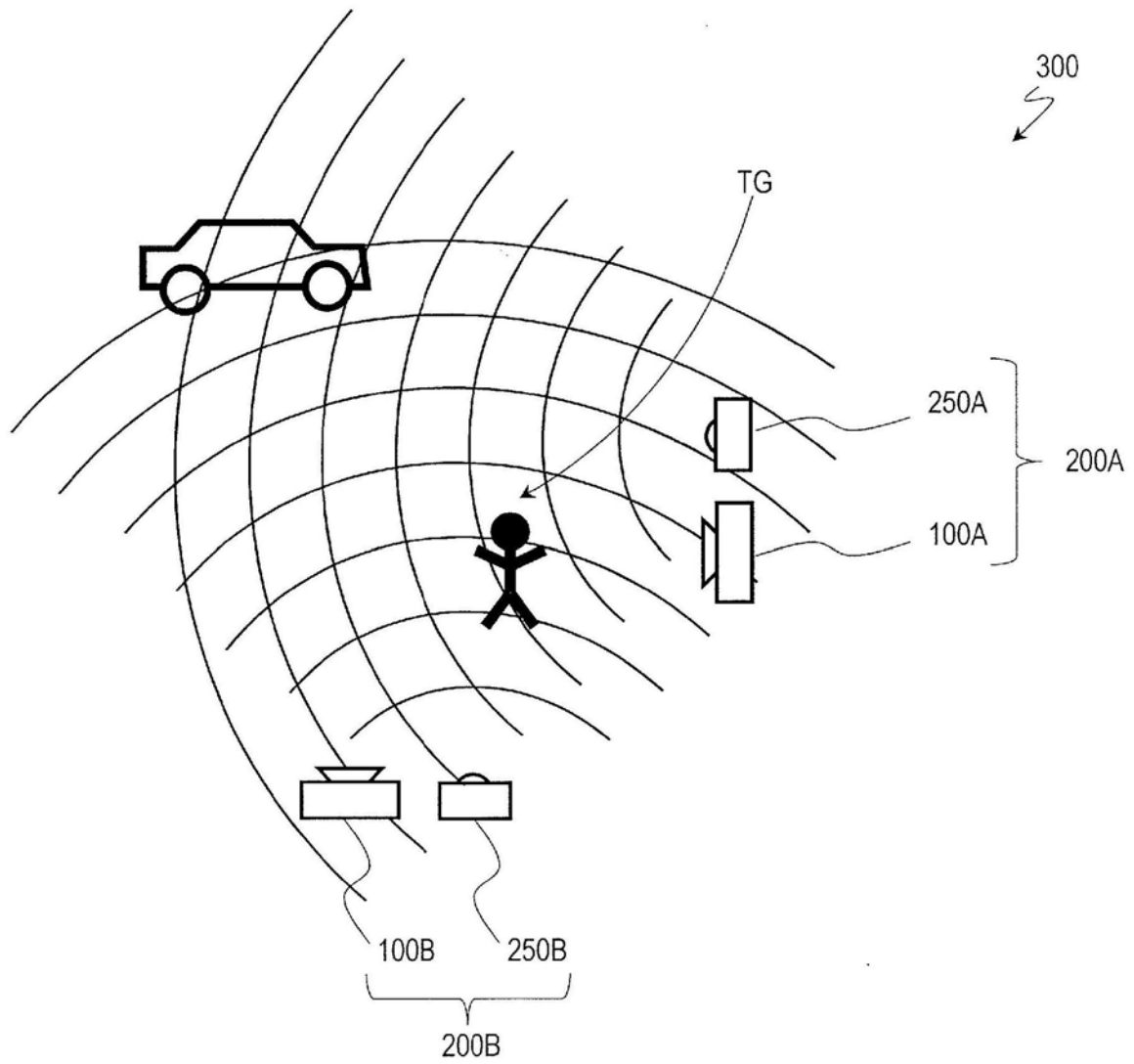


图26

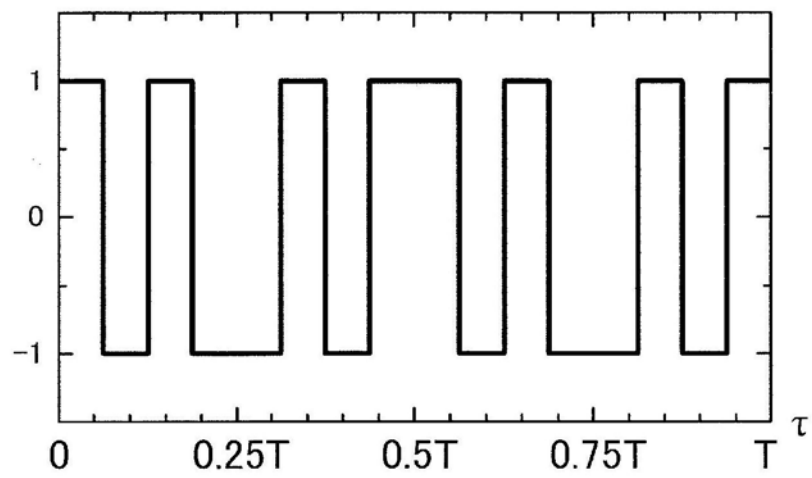


图27

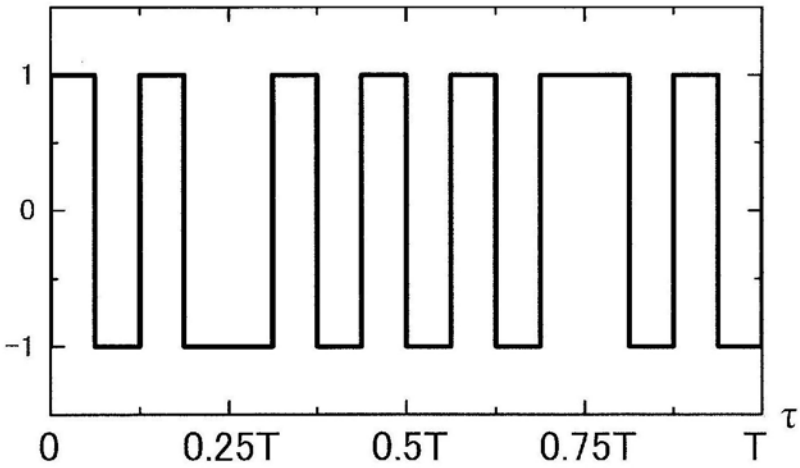


图28

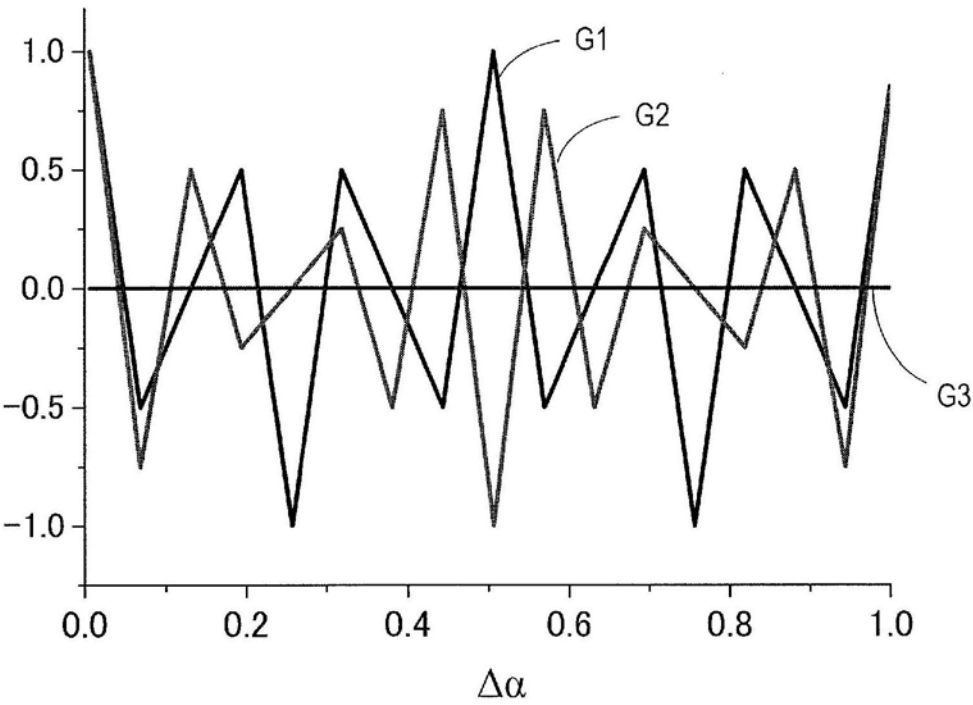


图29

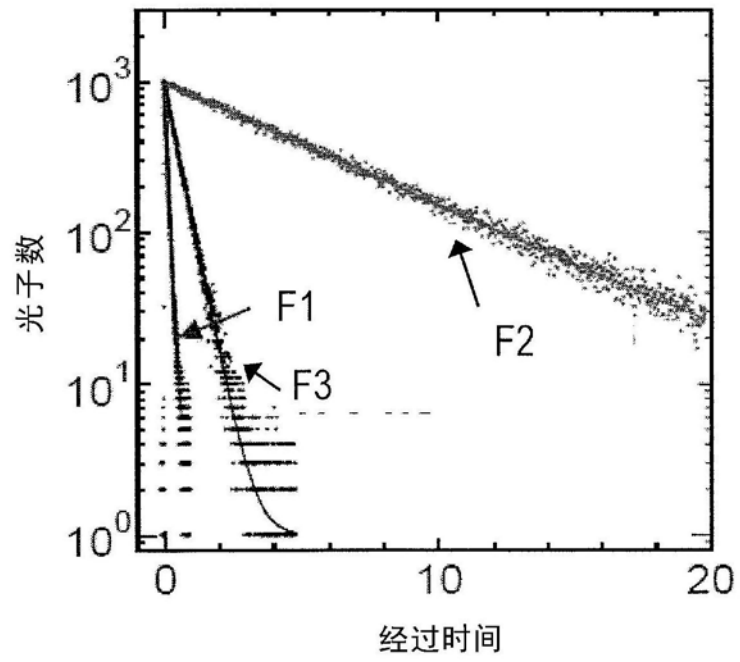


图30

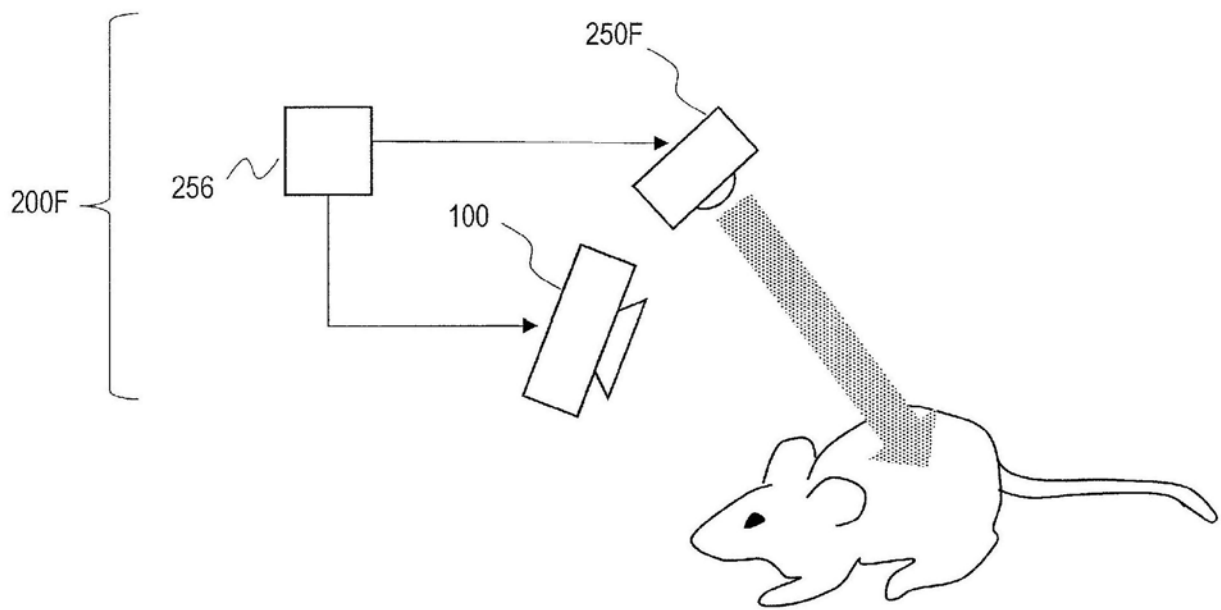


图31

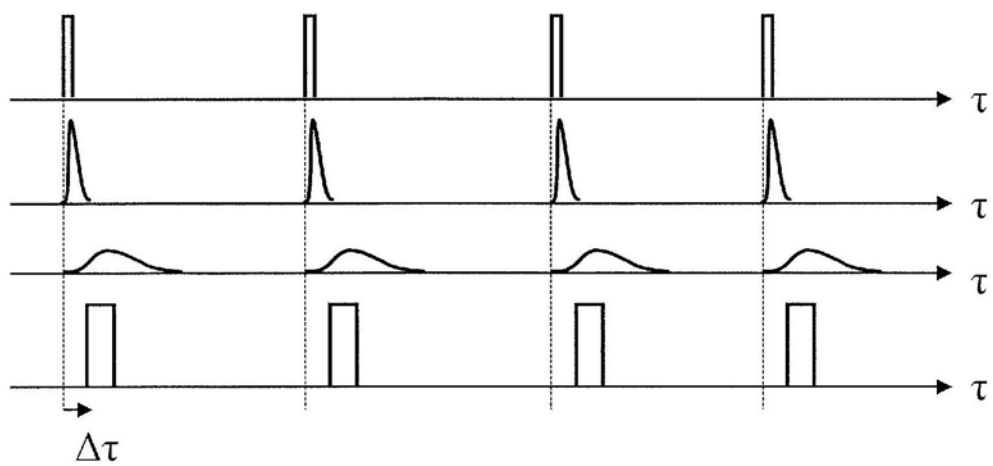


图32