(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103733340 B
(45)授权公告日 2017.02.15

(21)申请号 201280036132.9
(22)申请日 2012.07.11
(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 103733340 A
(43)申请公布日 2014.04.16
(30)优先权数据
2011-165786 2011.07.28 JP
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2014.01.21
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2012/067717 2012.07.11
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2013/015117 JA 2013.01.31
(73)专利权人 索尼公司
地址 日本东京
(72)发明人 横川创造
(74)专利代理机构 北京信慧永光知识产权代理有限责任公司 11290
代理人 陈桂香 褚海英
(51)Int.Cl.
H01L 27/14(2006.01)
G02B 5/20(2006.01)
H04N 5/374(2006.01)
(56)对比文件
CN 102403326 A,2012.04.04,
WO 2008082569 A1,2008.07.10,
US 2009002531 A1,2009.01.01,
CN 101252139 A,2008.08.27,
CN 101964348 A,2011.02.02,
CN 101887900 A,2010.11.17,
审查员 杨敏

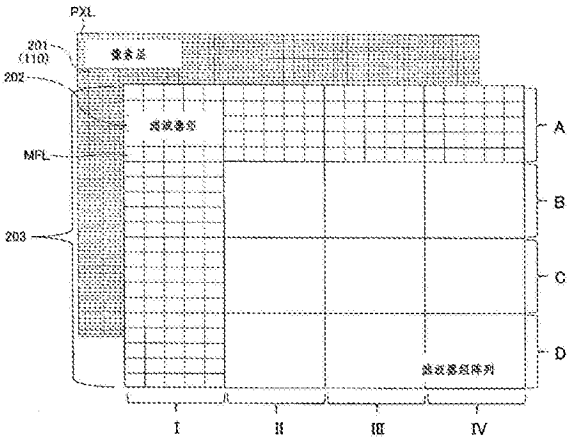
权利要求书3页 说明书19页 附图16页

(54)发明名称

固体摄像元件和摄像系统

(57)摘要

本发明涉及固态摄像元件和摄像系统，其中能够实现具有高灵敏性和高波长分辨率的可见光/近红外光分光/摄像器件，并且利用所述固态摄像元件和摄像系统能够使具有高空间分辨率的二维光谱制图成为可能。固体摄像元件具有二维像素阵列和面对着二维像素阵列的像素区域布置的多种类型的滤波器，这些滤波器具有分光功能并具有比待检测的波长短的周期性微细图案。各滤色器大于二维像素阵列中的各像素的光电转换元件，并且形成单个单元，在该单元中一种类型的滤波器相对于相邻的多个光电转换元件组而布置。多种类型的滤波器相对于相邻单元组而布置并形成滤波器组，并且布置有N×M个单元(N和M是1以上的整数)以使滤波器组面对二维像素阵列的像素区域。



CN 103733340 B

1.一种固体摄像元件,其包括:

二维像素阵列,在所述二维像素阵列中,均含有光电转换器件的像素以阵列形式布置;以及

多种类型的滤波器,这些滤波器面对着所述二维像素阵列的像素区域布置,所述滤波器均具有分光功能并具有短于待检测的波长的周期性微细图案,

其中,每个所述滤波器形成比所述二维像素阵列上的各像素的所述光电转换器件大的单元,其中,一种类型的所述滤波器是相对于多个相邻的光电转换器件组而布置的,

所述多种类型的滤波器是相对于相邻的单元组而布置的,以此形成滤波器组,并且

所述滤波器组面对着所述二维像素阵列的所述像素区域被布置为N×M个单元,其中N和M是1以上的整数,所述滤波器安装在整个所述固体摄像元件上。

2.根据权利要求1所述的固体摄像元件,

其中所述滤波器是包括具有周期性微细加工图案的金属薄膜的金属薄膜滤波器,所述周期性微细加工图案短于待检测的波长,并且

所述金属薄膜滤波器是由金属形成的并且是一维光栅或二维光栅,所述金属的等离子体频率处于紫外线范围/可见光波长范围内,并且所述一维光栅或二维光栅以亚微米级的间隔周期性地布置有凹/凸部或孔结构。

3.根据权利要求2所述的固体摄像元件,其中,

所述金属薄膜滤波器具有选择性地吸收/透过期望被检测的电磁波波长带中的特定电磁波的滤波功能,并且所述滤波器的所述凹/凸部或所述孔结构的周期性图案的间隙具有中空结构或者填充有介电材料。

4.根据权利要求2所述的固体摄像元件,其中,

所述金属薄膜滤波器具有选择性地吸收/透过期望被检测的电磁波波长带中的特定电磁波的滤波功能,所述滤波器的所述凹/凸部或所述孔结构的周期性图案的间隙填充有介电材料,并且多个所述滤波器组之中的至少一个滤波器组的间隙部填充的介电材料的折射率不同于多个所述滤波器组之中的其它滤波器组的间隙部填充的介电材料的折射率。

5.根据权利要求2所述的固体摄像元件,其中所述金属薄膜滤波器布置于由介电材料构成的平滑层上。

6.根据权利要求2所述的固体摄像元件,其中,

所述金属薄膜滤波器布置于由介电材料构成的平滑层上,并且对于所述像素区域的多个区域中的每个区域,由介电材料构成的所述平滑层的折射率是不同的。

7.根据权利要求2所述的固体摄像元件,其中,

面对着所述像素区域布置的所述金属薄膜滤波器的各所述滤波器的面积等于或大于形成所述二维像素阵列的各像素的面积,并且一种类型的所述滤波器是相对于由在X轴方向上水平相邻的U个像素和在Y轴方向上垂直相邻的V个像素形成的像素组布置的,U和V是1以上的整数。

8.根据权利要求1所述的固体摄像元件,

其中所述滤波器在X轴方向上有K种类型,在Y轴方向上有L种类型,并且

各滤波器组通过K*L种类型的滤波器形成一个滤波器组单元,其中存在1个以上的该滤波器组单元,K和L是1以上的整数。

9.根据权利要求8所述的固体摄像元件，其中，

将要布置的所述滤波器组在X轴方向上有N种类型，在Y轴方向上有M种类型，N和M是1以上的整数。

10.根据权利要求1所述的固体摄像元件，其包括：

存储单元，所述存储单元用于保持所述滤波器组的各滤波器对于各电磁波波长的透射率信息作为数据库。

11.根据权利要求1所述的固体摄像元件，其包括：

存储单元，所述存储单元用于保持所述滤波器组的各滤波器对于各波长的透射率信息作为数据库，

其中通过拍摄标准光源来实现所述数据库的重新校准和更新。

12.根据权利要求10所述的固体摄像元件，其包括：

信号处理单元，所述信号处理单元用于通过所述存储单元保持的所述数据库中的各滤波器的透射率信息与各像素输出的积和运算来估计输入光谱。

13.根据权利要求1所述的固体摄像元件，

其中由所述二维像素阵列形成的摄像元件包括用于在与二维地布置有像素的平面水平的平面上移动微小距离的机构，并且

移动所述摄像元件的时机与基准时间相一致，所述基准时间与传感器读取时机同步。

14.根据权利要求13所述的固体摄像元件，其中，

所述传感器读取时机是用于像素输出的读取帧时间。

15.根据权利要求1所述的固体摄像元件，

其中由所述二维像素阵列形成的摄像元件包括用于在与二维地布置有像素的平面水平的平面上移动微小距离的机构，

移动量是1个滤波器组单元的在X轴/Y轴方向上的尺寸的一半或者整数分之一，并且

所述固体摄像元件包括处理单元，所述处理单元用于通过每当所述摄像元件的传感器移位所述微小距离时获取各像素的光谱数据，并且合成出针对所述移动量的各种类型的组合图案获得的粗糙空间分辨率的光谱数据组，以此来合成更微细的空间分辨率的二维图。

16.根据权利要求1所述的固体摄像元件，

其中所述固体摄像元件是CMOS固体摄像元件，并且

各像素包括用于各像素的片上聚光元件，通过在所述片上聚光元件上堆叠折射率小于该聚光元件的折射率的材料以在保持聚光功能的同时布置平滑层，并且所述滤波器布置于所述平滑层上。

17.根据权利要求1所述的固体摄像元件，其中，

所述滤波器包括透过电磁波的光学滤波器，在该光学滤波器中堆叠有第一介质和第二介质，其中所述第一介质为四氮化三硅、二氧化钛、五氧化二钽、二氧化锆、五氧化二铌或二氧化铪，所述第二介质为二氧化硅膜或二氟化镁。

18.一种摄像系统，其包括：

固体摄像元件；以及

光学系统，所述光学系统用于使拍摄对象的图像在所述固体摄像元件的二维像素阵列上成像，

其中所述固体摄像元件包括：

二维像素阵列，在所述二维像素阵列中，均含有光电转换器件的像素以阵列形式布置；以及

多种类型的滤波器，这些滤波器面对着所述二维像素阵列的像素区域布置，所述滤波器均具有分光功能并具有短于待检测的波长的周期性微细图案，

每个所述滤波器形成比所述二维像素阵列上的各像素的所述光电转换器件大的单元，其中，一种类型的所述滤波器是相对于多个相邻的光电转换器件组而布置的，

所述多种类型的滤波器是相对于相邻的单元组而布置的，以此形成滤波器组，并且

所述滤波器组面对着所述二维像素阵列的所述像素区域被布置为N×M个单元，其中N和M是1以上的整数，所述滤波器安装在整个所述固体摄像元件上。

固体摄像元件和摄像系统

技术领域

[0001] 本发明涉及固体摄像元件和摄像系统，该固体摄像元件包括具有周期性细小图案的金属薄膜滤波器，该周期性细小图案短于待检测的波长。

背景技术

[0002] 光谱传感器被用于诸如医疗、美容护理和保健等各种领域中的非创伤性检查。

[0003] 一般的光谱传感器利用来自可见光光源或红外光源等的电磁光照射对象，或者利用在窄带波长发光的激光器或LED等照射对象，并且导致反射光或因拉曼散射而位移的光成分穿过狭缝，从而透过光栅/被光栅反射。因此，光谱传感器将在波长方向上的信号强度分布转换成空间信号强度分布。

[0004] 然后，通过检测各波长成分的电磁波强度就可以还原入射光谱，所述各波长成分已经被一维线性传感器或二维传感器空间分离。

[0005] 现在，作为被用作检测器的固体摄像元件，可以引用CCD(Charge Coupled Device，电荷耦合装置)型固体摄像元件或者CMOS(Complementary Metal Oxide Semiconductor，互补金属氧化物半导体)型固体摄像元件。

[0006] 这些摄像元件基本等同于在一般的便携式信息终端中使用的摄像元件，所述便携式信息终端诸如数码相机、摄录机或智能手机，并且用于一般的摄像用途的固体摄像元件的像素数量是很大的，在一千万个以上。

[0007] 关于用于光谱传感器的固体摄像元件和用于一般的摄像用途的固体摄像元件，摄像元件的各像素根据来自拍摄对象的光强度而积累信号电荷，然后对取决于积累的电荷量的电信号进行采样作为模拟或数字数据，并形成图像。

[0008] 现在，不管是光谱传感器或摄像传感器，固体摄像元件在特定的电 磁波波长带都具有灵敏度。

[0009] 例如，在可见光/近红外光带中使用的许多CCD或CMOS型固体摄像元件是基于硅而制造的。由于硅的带隙，硅只对比近红外线的波长更短(1.1μm以下)的波长敏感。

[0010] 然而，不存在对于波长比1.1μm更短的电磁波的能量分辨率(波长分辨率)，并且基于积累的电荷来识别出检测到的波长的光是困难的。于是，光谱传感器通常使用光栅，从而使各种颜色/波长的光强度的信息的检测成为可能。

[0011] 作为在通过光栅来分光的情况下的不可避免的问题，存在着光的能量在波长方向上被空间地分离的问题。

[0012] 即，为了实现具有高波长分辨率(高分散)的分光仪而在波长方向上稀释并且检测来自对象的全部的光，固体摄像元件的灵敏度必须增大到那样的程度，或者积分时间必须增加。

[0013] 此外，还存在这样的问题：因为入射光必须透过狭窄的狭缝传播，所以进入传感器的光量原本就少。

[0014] 另一方面，利用一般彩色摄像器件，在许多情况下采用下面的方法来获得彩色图

像。

[0015] 也即是，经常采用这样的方法，根据所述方法，设置有数种用于选择性地允许特定波长成分透过至每个二维布置的像素的片上滤色器，从少数相邻的像素组获得多个波长的光强度信息，并且通过利用色彩插值(demosaicing)的插值处理来还原彩色图像。

[0016] 在二维像素平面上布置数种滤波器的上述方法的情况下，与具有上述光栅或狭缝的结构不同，光不会被狭缝去除，但是在具有高波长分辨率的分光的情况下存在大的问题。

[0017] 也即是，由于通过涂布形成有机材料，所以同时应用数种类型的滤波器实际上是不可能的，所述有机材料诸如形成滤波器的染料和色素。

[0018] 即，与用于从R、G和B三色合成彩色图像的一般摄像器件相比，需要10种或20种颜色的大量滤波器的分光器件的成本大大增加，并且 也不易实现。

[0019] 然而，近年来，孔阵列结构或岛阵列结构作为等离子体激元共振器结构是已知的。在所述孔阵列结构中，与检测波长大约相同程度的孔或者比检测波长更细小的孔周期性地布置于导电薄膜上；所述岛阵列结构与上述孔阵列结构结构成正负关系。

[0020] 此外，报道称等离子体激元共振器结构起到这样的滤波器的功能：当周期和孔/点形状最优化时，该滤波器能够通过物理结构来调节透射波长(参见非专利文件1和2)。

[0021] 此外，还公开了使用等离子体激元共振器作为滤色器的技术(参见专利文件1、2和3)。

[0022] 这些技术在下述方面是有益的：由于通过根据金属薄膜上的周期性图案的图形化就可以实现各滤波器，所以可以同时应用很多类型的滤波器。

[0023] 引用列表

[0024] 专利文件

[0025] 专利文件1：日本专利申请第2008-177191号公报

[0026] 专利文件2：WO2008/082569A1

[0027] 专利文件3：日本专利申请第2010-165718号公报

[0028] 非专利文件

[0029] 非专利文件1：Ebbesen，T.W.et al.，Nature，Volume391，Issue6668，pp.667-669，1998

[0030] 非专利文件2：P.B.Catrysse&B.A.Wandell，J.Opt.Soc.Am.A，Vol.20，No.12，p.2293-2306，2003

发明内容

[0031] 本发明所解决的问题

[0032] 然而，利用之前的专利中公开的滤色器技术的固体摄像元件仍然存在问题。

[0033] 等离子体激元共振器结构是这样的结构，所述结构通过设置有特定间距(诸如电磁波波长的λ/2或λ/4)的重复的周期性结构的结构体来起到分光作用。于是，其不适用于小到大约与波长相同程度的像素，并且事实上只能应用到像素尺寸比电磁波波长大几倍的固体摄像元件。

[0034] 此外，为了获得具有高波长分辨率的光信号的强度分布，多个类型的滤波器是必需的，并且存在着空间分辨率大大减小的问题。另外，上述文件没有说明用于从所述固体摄

像元件的像素输出值来还原输入光谱的具体方法。

[0035] 而且，申请人提出了通过在固体摄像元件的部分像素区域上安装金属薄膜滤波器从而以低成本实现分光功能的方法。然而，以这种方法，由于可以安装滤波器的像素区域受到限制，所以存在这样的问题：能布置的滤波器的数量减少。

[0036] 因此，与在整个固体摄像元件上安装滤波器的情况相比，在波长分辨率或检测信号的SN等方面来看，这种方法是不利的。

[0037] 此外，微细加工的精度是受限制的，并且为了实现更高的波长分辨率，更具体地，约Δλ=1nm的超高光分散，仅该滤波器结构本身就存在关于微细加工的精度的问题，并且目前实现的可能性低。

[0038] 此外，一种等离子体激元共振器滤波器不是窄带滤波器，并且显示出对于各个波长的复杂透射特性。于是，为了根据滤波器的透射光强度来估计输入光谱，需要一些信号恢复处理。

[0039] 然而，上述专利文件没有公开与波形信号处理相关的方法。

[0040] 本发明是要提供这样的固体摄像元件和摄像系统，该固体摄像元件和摄像系统能够实现具有高灵敏度和高波长分辨率的用于可见光/近红外光的分光/摄像器件，并且能实现具有高空间分辨率的二维光谱制图。

[0041] 解决问题的方案

[0042] 根据本发明的第一方面的固体摄像元件包括：二维像素阵列，在所述二维像素阵列中，均含有光电转换器件的像素以阵列形式布置；以及多种类型的滤波器，这些滤波器面对着所述二维像素阵列的像素区域布 置，所述滤波器均具有分光功能并具有比待检测的波长短的周期性微细图案，其中每个所述滤波器形成比所述二维像素阵列上的各像素的所述光电转换器件大的单元，其中，一种类型的所述滤波器是相对于多个相邻的光电转换器件组而布置的，所述多种类型的滤波器相对于相邻的单元组而布置以形成滤波器组，并且所述滤波器组面对着所述二维像素阵列的所述像素区域被布置为N×M个单元，其中N和M是1以上的整数。

[0043] 根据本发明的第二方面的摄像系统包括：固体摄像元件；以及光学系统，所述光学系统用于使拍摄对象的图像在所述固体摄像元件的二维像素阵列上成像，其中所述固体摄像元件包括：二维像素阵列，在所述二维像素阵列中，均含有光电转换器件的像素以阵列形式布置；以及多种类型的滤波器，这些滤波器面对着所述二维像素阵列的像素区域布置，所述滤波器均具有分光功能并具有比待检测的波长短的周期性微细图案，其中每个所述滤波器形成比所述二维像素阵列上的各像素的所述光电转换器件大的单元，其中，一种类型的所述滤波器是相对于多个相邻的光电转换器件组而布置的，所述多种类型的滤波器相对于相邻的单元组而布置以形成滤波器组，并且所述滤波器组面对着所述二维像素阵列的所述像素区域被布置为N×M个单元，其中N和M是1以上的整数。

[0044] 本发明的效果

[0045] 根据本发明，可以实现具有高灵敏度和高波长分辨率的用于可见光/近红外光的分光/摄像器件，并且可以实现具有高空间分辨率的二维光谱制图。

附图说明

[0046] 图1是示出了本实施例的CMOS固体摄像元件的构造示例的框图；

[0047] 图2是用于说明本实施例的固体摄像元件与本金属薄膜滤波器的位置关系的图；

[0048] 图3的(A)至图3的(D)示出了本实施例的金属薄膜滤波器的结构示例；

[0049] 图4的(A)和图4的(B)示出了从孔阵列结构负正反转后的岛结 构的等离子体激元共振器结构；

[0050] 图5示出了布置有本金属薄膜滤波器的背面照射型(BSI)CMOS固体摄像元件的第一结构示例；

[0051] 图6示出了布置有本金属薄膜滤波器的背面照射型(BSI)CMOS固体摄像元件的第二结构示例；

[0052] 图7示出了布置有本金属薄膜滤波器的背面照射型(BSI)CMOS固体摄像元件的第三结构示例；

[0053] 图8示出了布置有本金属薄膜滤波器的背面照射型(BSI)CMOS固体摄像元件的第四结构示例；

[0054] 图9示出了布置有本金属薄膜滤波器的背面照射型(BSI)CMOS固体摄像元件的第五结构示例；

[0055] 图10示出了布置有本金属薄膜滤波器的背面照射型(BSI)CMOS固体摄像元件的第六结构示例；

[0056] 图11是用于示意性地说明利用光谱摄像(spectroscopic imaging)系统来估计拍摄对象的电磁波谱波形的方法的图，该光谱摄像系统包括本实施例的光谱固体摄像元件；

[0057] 图12是通过分光器件而获得的二维光谱图的示意图，该分光器件由总计20个单元(垂直4个单元和水平5个单元)的滤波器组(filter bank)构成；

[0058] 图13是用于示意性地说明下述方法的图，所述方法用于通过在将本实施例的固体摄像元件移动滤波器组的1单元的一半的间距的同时在各位置处拍摄彩色光谱来增大空间分辨率；

[0059] 图14是示出了本实施例的光谱摄像系统所保持的滤波器透光率的数据库的校准方法的流程图；

[0060] 图15是示出了本实施例的光谱摄像系统的构造示例的框图；以及

[0061] 图16是示出了金属薄膜滤波器的制造装置的示意性构造的图。

具体实施方式

[0062] 以下，将参照附图说明本发明的实施例。

[0063] 此外，将以下面的顺序进行说明。

[0064] 1.整个CMOS固体摄像元件的示意性构造示例

[0065] 2.固体摄像元件与金属薄膜滤波器的位置关系

[0066] 3.金属膜滤波器的构造示例

[0067] 4.布置有金属薄膜滤波器的固体摄像元件的结构示例

[0068] 5.对象的电磁波谱波形的估计方法

[0069] 6.光谱摄像系统的构造示例

[0070] 7.金属薄膜滤波器的制造方法

[0071] 1.整个CMOS固体摄像元件的示意性构造示例

[0072] 图1是示出了本实施例的CMOS固体摄像元件的构造示例的框图。

[0073] 在下文中，说明了将本发明的金属滤波器安装于背面照射型CMOS固体摄像元件上的示例。此外，不用说，应用于现有的前面照射型CMOS固体摄像元件、CCD固体摄像元件、使用除Si之外(诸如CdSe)的量子点结构作为光电探测器单元的摄像元件或者使用有机光电材料的光电导型摄像元件也是可能的。

[0074] 如图1所示，固体摄像元件100包括作为二维像素阵列的像素阵列110、垂直扫描电路120、水平传输扫描电路130和列ADC电路140，列ADC电路140是ADC(模拟数字转换器)组。

[0075] 固体摄像元件100包括PLL电路150、用于生成参考信号RAMP的DAC(数字模拟转换器)160和感测放大器电路(S/A)170。

[0076] 在像素阵列110中，多个像素110A以m行n列的方式二维(以矩阵的方式)排列，多个像素110A均包括光二极管(光电转换器件)和像素中的放大器。

[0077] 各像素110A是由用于执行光电转换的光二极管和像素读取电路构成的，该像素读取电路由用于读取累积信号的多个晶体管构成。

[0078] 图1示出了本实施例的由四个晶体管构成的CMOS图像传感器的像 素的示例。

[0079] 在像素110A中，光二极管111中累积的电荷经由传输晶体管112被传输至FD(Floating Diffusion，浮动扩散)113。FD113连接着放大晶体管114的栅极。

[0080] 通过导通选择晶体管115，可以选择将被读取信号的像素。通过以源极跟随器的方式驱动放大晶体管114，被选择像素的信号作为与累积电荷量相对应的信号被读取至信号线117。而且，通过导通复位晶体管116，可以将像素信号复位。

[0081] 从各像素读取的信号的信号电平通过CDS操作而被提取，并且经由列ADC电路140和感测放大器电路170而被输出至器件的外部。

[0082] 列ADC电路140中布置有多个列处理单元(ADC)141，列处理单元(ADC)141是ADC块。

[0083] 即，列ADC电路140包括k位数字信号转换功能，其中，各列处理单元141相对于各垂直信号线(列线)117而布置，这样构成了列平行ADC块。

[0084] 各列处理单元141包括用于比较参考信号RAMP与模拟信号VSL的比较器141-1，参考信号RAMP是通过以阶梯状的方式改变由DAC160生成的参考信号而获得的斜坡波形，模拟信号VSL是为了各行线而经过垂直信号线从像素获得的。

[0085] 此外，各列处理单元141包括用于计算比较次数和保存计数结果的计数器闩(计数器)141-2。

[0086] 各计数器141-2的输出与具有例如k位宽度的水平传输线LTRF连接。

[0087] 此外，感测放大器电路170是依照水平传送线LTRF而布置的。

[0088] 在列ADC电路140中，相对于各列而布置的比较器141-1将读取至垂直信号线117的模拟信号电位VSL与参考信号RAMP进行比较。

[0089] 这时，与比较器141-1一样相对于各列布置的计数器141-2在运行中。

[0090] 通过具有RAMP波形的参考信号RAMP和以一一对应的方式改变的计数器数值，各列处理单元141将垂直信号线117的电位(模拟信号)VSL转换成数字信号。

[0091] 列处理单元(ADC)141将参考信号RAMP的电压(电位Vslop)的变化转换成时间的变化，并且通过在预定周期(时钟)的计数而将时间转换成数字数值。

[0092] 当模拟信号VSL与参考信号RAMP(Vslop)相交时,比较器141-1的输出反向,计数器141-2的输入时钟停止,或者输入被停止的时钟被输入至计数器141-2,并且完成了AD转换。

[0093] 在上述的AD转换周期结束之后,计数器141-2所保持的数据通过水平传输扫描电路130被传输至水平传输线LTRF,然后经由感测放大器电路170而被输出至外部信号处理电路,并且通过预定信号处理生成二维图像。

[0094] 输出至外部的像素值数据只包括对应于各像素位置处的单个滤色器的强度信息,因此,通过凭借色彩插值处理或卷积处理等的插值,根据相邻的其它颜色像素的强度信息,将各像素位置处的各颜色成分的强度信息还原。

[0095] 此外,执行关于白平衡或伽马校正、轮廓增强、图像压缩等的处理,然后还原观察者满意的图像或者忠实于拍摄对象的图像。

[0096] 此外,在图像处理器安装于芯片上的片上系统(system-on-chip)图像传感器的情况下,可以在同一芯片上执行这些类型的信号处理,并且,除了原始图像数据之外,还可以输出依照jpeg和mpeg方法的压缩图像。

[0097] 2.固体摄像元件与金属薄膜滤波器的位置关系

[0098] 图2是用于说明本实施例的固体摄像元件与本金属薄膜滤波器的位置关系的图。

[0099] 在图2中,将图1中的像素阵列110显示为二维像素组201。

[0100] 例如,二维像素组201由1000×1000个像素PXL垂直地和水平地组成,并且形成非常大的二维像素组,该二维像素组对于具有小数量像素的器件而言包括大约一百万个像素,而当器件具有大量的像素的时候该二维像素组包括数千万个像素。

[0101] 本实施例的金属薄膜滤波器组(滤波器组)202是面对着二维像素组(像素阵列)201的光入射表面布置的。

[0102] 这里,各滤波器MFL对应于滤波器组202中的一个矩形。关于各滤波器MFL的大小,对于光检测像素PXL,在水平(X轴)方向上的U个像素和在垂直(Y轴)方向上的V个像素的像素区域采用的是一种类型。

[0103] 即,为U*V个相邻像素安装的是一种类型的滤波器MFL。

[0104] 此外,水平(X轴)方向上的K种类型的滤波器MFL和垂直(Y轴)方向上的L种类型的滤波器MFL形成一个单元(滤波器组)202。

[0105] 在图2中的示例中,一个滤波器组由二十种类型组成,即K=5和L=4。

[0106] 此外,滤波器组202被布置于二维摄像元件的整个表面上,在水平(X轴)方向上有N单元且在垂直(Y轴)方向上有M单元,并且形成N*M种类的滤波器组阵列203。

[0107] 即,图2的示例中的滤波器组202包括二十种类型(即K=5且L=4)的滤波器,并且总共有16个(即N=4且M=4)单元的滤波器。

[0108] 另外,滤波器组群的分光功能块的金属薄膜滤波器或滤波器组202设置在层间绝缘膜之间,并且绝缘膜可以具有多个折射率。

[0109] 例如,滤波器组阵列203之中,图2中对应于线A的折射率可以设定为1.42,对应于线B的折射率可以设定为1.40,对应于线C的折射率可以设定为1.38,对应于线D的折射率可以设定为1.36等。

[0110] 即,二维摄像元件区域的各像素区域可以设定不同的折射率。

[0111] 这里,关于SiO_2的折射率的控制,可以在例如由以等离子体CVD法形成SiO_2膜时通

过控制CF_4气体的流速来调节折射率。

[0112] 3.金属膜滤波器的构造示例

[0113] 图3的(A)至图3的(D)示出了本实施例的金属薄膜滤波器的结 构示例。

[0114] 在图3的(A)至图3的(D)中,用附图标记300表示金属膜滤波器。

[0115] 图3的(A)示出了蜂巢阵列301,图3的(B)示出了正交矩阵阵列302,图3的(C)示出了以混合的方式设置有贯穿开口和非贯穿开口的阵列303,并且图3的(D)示出了阵列304,阵列304是沿图3的(C)中的线A-A'的截面且包括具有凹结构的非贯穿孔。

[0116] 金属薄膜滤波器300生成表面等离子体激元,通过细小的结构图案使特定电磁波波长处的自由电子和光耦合。

[0117] 该金属薄膜滤波器300是亚波长结构,该亚波长结构是通过对具有紫外波段中的等离子体频率的导电材料(具体地,银、铝、金等是理想的)薄膜进行微细加工而获得的。

[0118] 另外,金属薄膜滤波器300具有共振波长,该共振波长是由导体的物理特性和图案周期、开口大小、点大小、膜厚度和结构周围的介质等物理特性而确定的。

[0119] 基本结构是孔阵列结构,并且二维地布置有直径小于检测波长的开口(孔)(H1)。

[0120] 优选地,孔布置是如图3的(A)所示的蜂巢阵列301或者如图3的(B)所示的正交矩阵阵列302,但是也可能是其它阵列,只要该阵列是具有周期性的结构。

[0121] 这里,孔间距、孔大小和膜厚度是透射特性的关键参数。在图3的(A)至图3的(D)中,用305表示孔开口,同时用306表示导体部分。

[0122] 孔开口305的开口大小比期望通过的波长小,并且优选地,孔开口305的直径是约100(nm)。由于设计的自由度,所以约50(nm)至200(nm)的范围是允许的。

[0123] 另外,优选地,导电薄膜306的厚度是约100(nm),但是允许约10(nm)至200(nm)的范围。

[0124] 此外,可以通过调节相邻孔之间的间距307和308来改变透射波长, 但是介质中的有效电磁波波长的半波长至一个波长的范围是理想的,具体地,约150(nm)至1000(nm)的孔间距是理想的。

[0125] 另外,孔阵列结构的开口不必都贯穿导电薄膜,并且如图3的(C)和图3的(D)中的阵列303和304所示,一些开口或所有开口还可以是非贯穿孔,所述非贯穿孔是导体上的凹结构。

[0126] 图3的(C)和图3的(D)是周期性地布置有贯穿开口305和非贯穿开口309的情况的示例。

[0127] 另外,从加工的角度来看,孔开口具有圆形是优选的,但是它还可以是例如椭圆形、多边形、星形、十字形、环形或万字形。

[0128] 图4的(A)和4的(B)示出了从孔阵列结构负正反转得到的岛结构的等离子体激元共振器结构。

[0129] 优选地,岛布置400是如图4的(A)所示的蜂巢阵列401或者如图4的(B)所示的正交矩阵阵列402。

[0130] 各岛403具有20至200(nm)的大小,并且岛间部分404充满介电材料,诸如二氧化硅膜。

[0131] 关于相邻岛之间的基本间距405和406,长度优选是介质中的有效电磁波波长的一

半，并且当考虑到设计自由度时，四分之一波长至一个波长的范围是理想的。另外，从加工的角度来看，岛结构优选地具有圆形，但是它还可以是例如椭圆形、多边形、星形、十字形、环形或万字形。

[0132] 4.布置有金属薄膜滤波器的固体摄像元件的结构示例

[0133] 图5示出了布置有本金属薄膜滤波器的背面照射型(BSI)CMOS固体摄像元件的第一结构示例。

[0134] 图5示出了形成二维固体摄像元件阵列的像素组之中的六个相邻像素的示意性横截面图。不用说，事实上，这些像素代表了二维平面上的所有像素。

[0135] 在图5中的固体摄像元件500中，附图标记501表示片上微透镜，附图标记502A和502B表示金属薄膜滤波器，附图标记503表示平滑层，附图标记504表示光二极管，附图标记505表示信号布线层，并且附图标记506A和506B表示相邻像素。

[0136] 片上微透镜501是用于将光有效地引导至光二极管504的光学元件。

[0137] 光二极管504是被P型区围绕的N型区，或者是被N型区围绕的P型区，并且起到在电位比周围区域的电位低的区域中累积电子/空穴作为信号电荷的功能，所述电子/空穴是通过光电转换生成的。

[0138] 例如，金属薄膜滤波器502A和502B是通过在Al或Ag形成的金属薄膜滤波器上以亚波长间距图形化形成周期结构而获得的结构(图3的(A)至图3的(D)、图4的(A)和图4的(B))。

[0139] 优选地，金属薄膜滤波器502A和502B安装于平滑层503上，平滑层503由二氧化硅膜、氮化物膜等形成于光二极管504上方。

[0140] 另外，优选地，用于保护金属薄膜滤波器502A和502B的层间绝缘膜/保护膜(平滑层)507具有主要由二氧化硅膜(SiO_2)和SiO_2组成的复合材料。或者，还可以使用氟化镁(MgF_2)、中空结构(空气间隙)等作为低折射率介质。

[0141] 现在，优选地，导电薄膜滤色器502A和502B是相邻像素之间共用的图案结构。例如，在图5中，金属薄膜滤波器502A安装于三个相邻像素506A上，并且金属薄膜滤波器502B安装于其它三个像素506B上。

[0142] 显然，滤色器的类型不局限于这两种，而且，共用相同滤波器的像素的数量不限于三个，并且任意整数个像素共用(例如，8个相邻像素、64个像素或128个像素共用)相同的滤色器也是可能的。

[0143] 信号布线层505被形成为信号布线层，该信号布线层用于将通过光电转换而累积在光二极管504中的信号电荷读取至外部。

[0144] 光二极管504被氧化物隔离件(诸如STI)元件隔离从而与相邻的光二极管电隔离，并且还通过例如借助杂质注入的CION结构或EDI结构而电隔离。

[0145] 图6示出了布置有本金属薄膜滤波器的背面照射型(BSI)CMOS固体摄像元件的第二结构示例。

[0146] 为了帮助理解，用相同的附图标记表示图6中的与图5中的结构部件相同的结构部件。

[0147] 图6中的CMOS固体摄像元件500A与图5中的CMOS固体摄像元件500的区别如下。

[0148] CMOS固体摄像元件500A具有位于片上微透镜501上方的低折射率的平滑层507A，

平滑层507A是由低折射率的材料形成的，所述低折射率的材料由SiO_2、氟化镁(MgF_2)等形成。这里，片上微透镜501的折射率必须高于平滑层507A的折射率。

[0149] 如上所述，优选地，金属薄膜滤波器502A和502B安装于平滑层503上，平滑层503由二氧化硅膜或氮化物膜等形成于光二极管504上方。

[0150] 在图6中的示例中，平滑层503形成于低折射率的平滑层507A上，并且金属薄膜滤波器502A和502B形成于平滑层503上。

[0151] 如上所述，滤波器502A和502B是由导电薄膜滤波器(等离子体激元共振器)502形成的，并且是这样的结构体：该结构体是通过在例如Al或Ag形成的金属薄膜滤波器(图3的(A)至图3的(D)、图4的(A)和图4的(B))上以亚波长间距图形化形成周期性结构而获得的。

[0152] 此外，对于一般的固体摄像元件，R、G和B的滤色器通常安装于片上微透镜501的下游(下方)，并且在图6的示例中，同样可以布置有包含有机颜料或染料的普通滤色器508。

[0153] 因此，关于现有的滤色器508以及金属薄膜滤波器502A和502B的组合的自由度增大，并且可以获得具有更高的波长分辨率的波长谱。

[0154] 图7示出了布置有本金属薄膜滤波器的背面照射型(BSI)CMOS固体摄像元件的第三结构示例。

[0155] 为了帮助理解，用相同的附图标记表示图7中的与图5和图6中的结构部件相同的结构部件。

[0156] 图7中的CMOS固体摄像元件500B与图6中的CMOS固体摄像元件500A的区别如下。

[0157] CMOS固体摄像元件500B是这样的示例：其中，金属薄膜滤波器502A安装于两个像素506A上，并且金属薄膜滤波器502C安装于另外两个像素506C上。

[0158] 用于对像素的整个表面遮光的金属薄膜滤波器502B安装于两个像素506A与两个像素506C之间的像素506B上。

[0159] 根据该构造，可以大大地减少混色成分，所述混色成分是已经透过金属薄膜滤波器502A的光混入到包括其它的金属薄膜滤波器502C的像素506C中去，并且可以减轻图像质量恶化或波长谱恶化的问题。

[0160] 如上所述，滤色器502A、502B和502C是由导电薄膜滤波器(等离子体激元共振器)502形成的，并且是这样的结构体：该结构体是通过在例如Al或Ag形成的金属薄膜滤波器(图3的(A)至图3的(D)、图4的(A)和图4的(B))上以亚波长的间距图形化形成周期性结构而获得的。

[0161] 此外，在图7中的示例中，还可以布置有包含有机颜料或染料的普通滤色器508。

[0162] 图8示出了布置有本金属薄膜滤波器的背面照射型(BSI)CMOS固体摄像元件的第四结构示例。

[0163] 为了帮助理解，用相同的附图标记表示图8中的与图5至图7中的结构部件相同的结构部件。

[0164] 图8中的CMOS固体摄像元件500C与图6中的CMOS固体摄像元件500A的区别如下。

[0165] CMOS固体摄像元件500C具有这样的结构：其中，金属薄膜滤波器502A和502B的四周填充有由诸如SiO或SiN等介电材料形成的平滑层503作为保护膜。

[0166] 图8中的固体摄像元件500C是这样的示例：其中，金属薄膜滤波器502A安装于三个像素506A上，并且金属薄膜滤波器502B安装于三个像素506B上。

[0167] 显然，金属薄膜滤波器的类型不限于两种，而且，共用相同滤波器的像素的数量可以是任意整数。

[0168] 如上所述，滤色器502A和502B是由导电薄膜滤波器(等离子体激元共振器)502形成的，并且是这样的结构体：该结构体是通过在例如由Al或Ag形成的金属薄膜滤波器(图3的(A)至图3的(D)、图4的(A)和图4的(B))上以亚波长的间距图形化形成周期性结构而获得的。

[0169] 此外，在图8中的示例中，同样可以布置有包含有机颜料或染料的普通滤色器508。

[0170] 图9示出了布置有本金属薄膜滤波器的背面照射型(BSI)CMOS固体摄像元件的第五结构示例。

[0171] 为了帮助理解，用相同的附图标记表示图9中的与图5至图8中的结构部件相同的结构部件。

[0172] 图9中的CMOS固体摄像元件500D与图8中的CMOS固体摄像元件500C的区别如下。

[0173] 优选地，导电薄膜滤波器是相邻像素共用的结构，并且根据该CMOS固体摄像元件500D，相同的金属薄膜滤波器安装于六个像素，即两个像素506A、两个像素506B和两个像素506C上。

[0174] 然而，对于不同的像素组形成有由填充的介电材料形成的平滑层503A、503B和503C，并且在图9的示例中，相邻的两个像素506A、506B和506C具有不同的折射率。

[0175] 例如，用于保护金属薄膜滤波器的层间绝缘膜(保护膜)由二氧化硅膜形成，并且该二氧化硅膜是通过等离子体CVD法形成的，并且可以借助形成膜的条件(例如，CF_4的流速)来控制折射率。

[0176] 显然，不必基于每个像素调节折射率，并且例如各滤波器组或区域可以实现的不同折射率。例如，参照图2，将纵列I的折射率设定为1.44，将纵列II的折射率设定为1.42，将纵列III的折射率设定为1.40，将纵列IV的折射率设定为1.38等。

[0177] 如上所述，滤色器502A、502B和502C是由导电薄膜滤波器(等离子体激元共振器)502形成的，并且是这样的结构体：该结构体是通过在例如由Al或Ag形成的金属薄膜滤波器(图3的(A)至图3的(D)、图4的(A)和图4的(B))上以亚波长的间距图形化形成周期性结构而获得的。

[0178] 此外，在图9中的示例中，同样可以布置有包含有机颜料或染料的普通滤色器508。

[0179] 图10示出了布置有本金属薄膜滤波器的背面照射型(BSI)CMOS固体摄像元件的第六结构示例。

[0180] 为了帮助理解，用相同的附图标记表示图10中的与图5至图9中的结构部件相同的结构部件。

[0181] 与图5至图9中的布置有金属薄膜滤波器的CMOS固体摄像元件500至500D不同，图10中的CMOS固体摄像元件500E具有布置有光子滤波器的结构。

[0182] 光子滤波器512A和512B是这样的光学滤波器，其中，高折射率的介质和低折射率的介质以期望透过的电磁波波形的1/4波长的间距堆叠。

[0183] 利用光子滤波器512A和512B，通过调节各滤波器之间的低折射率层的膜厚度，就可以实现仅通过特定电磁波波长的窄带滤波器。

[0184] 图10示出了安装有光子滤波器512而不是金属薄膜滤波器的示例结构。

[0185] 光子滤波器512可以使用二氧化硅膜(SiO_2)或二氟化镁(MgF_2)作为低折射率层。

[0186] 另一方面，作为高折射率的介质，诸如四氮化三硅(Si_3N_4)、二氧化钛(TiO_2)、五氧化二钽(Ta_2O_5)、二氧化锆(ZrO_2)、五氧化二铌(Nb_2O_5)或二氧化铪(HfO_2)等氧化物或氮化物是理想的。

[0187] 此处，光子滤波器512A安装于三个相邻像素506A上，并且光子滤波器512B安装于其它三个像素506B上，但是显然地，该滤波器不仅可以被三个像素共用，而且可以被任意数量的相邻像素共用。

[0188] 此外，在图10中的示例中，同样可以布置有包含有机颜料或染料的普通滤色器508。

[0189] 5.对象的电磁波谱波形的估计方法

[0190] 接下来，将示意性地说明利用包含本实施例的光谱固体摄像元件的光谱摄像系统来估计对象的电磁波谱波形的方法。

[0191] 图11是用于示意性地说明利用光谱摄像系统来估计对象的电磁波谱波形的方法的图，该光谱摄像系统包含有本实施例的光谱固体摄像元件。

[0192] 对象的光谱(I_λ0、I_λ1、…I_λN)是未知的。

[0193] 此处，为了简化，将考虑没有空间分辨率的波长方向上的强度分布而不是二维图像。考虑这样的情况：期望对象的光谱分布是作为N点处的波长的强度信息分布而获得的。如下，将使用N点处的波长来说明期望获得的波长谱。

[0194] 数1

[0195] λ_0、λ_1、…、λ_N (1)

[0196] 波长分别是λ_0、λ_1、…、λ_N。

[0197] 现在，本实施例的固体摄像元件拥有N种类型的滤波器作为滤波器组，并且各滤波器的透光率具有如下的透射特性。

[0198] 数2

[0199] F_0_λ0、F_0_λ1、…、F_0_λN (2-1)

[0200] F_1_λ0、F_1_λ1、…、F_1_λN (2-2)

[0201] F_N_λ0、F_N_λ1、…、F_N_λN (2-3)

[0202] 透射特性是由金属薄膜滤波器的结构和填充于金属薄膜滤波器周围的介质的折射率确定的，因此，提前设计/测量透射特性，以及作为数据库在摄像器件内的存储器中存储透射特性，这些均是可能的。

[0203] 然后，当固体摄像元件的各像素检测到的信号量如公式(3)所给出时，可以通过如图11所示的逆矩阵的计算直接从(2)和(3)获得对象的估计的电磁波谱。

[0204] 数3

[0205] S_0、S_1、…、S_N (3)

[0206] 然后，由于上文所述，如果信号的SN比率(信号噪声比)很高，并且精确测量了滤波器的透射率，那么就获得了N种类型的电磁波波长的电磁波强度，并因而可以通过计算而获得波长谱。

[0207] 此外，在本实施例中，滤波器组的透射特性数据可以被保持在该系统的记录部中作为可重写数据库。

[0208] 此处，输入光谱的波长分辨率可以被表示为Δλ/λ=N。Δλ表示波长分辨率，λ表示摄像元件捕获的带宽。滤波器的种类的数量假设为N。

[0209] 本摄像系统保持滤波器特性的矩阵因子或逆矩阵因子作为数据库。根据本摄像系统，可以通过与对应于各滤波器的像素值的积和运算来计算出输入光谱的各波长处的强度信息，并且可以通过在波长方向上排列计算结果来重现输入光谱。

[0210] 图12是通过分光器件而获得的二维光谱图的示意图，该分光器件由总计20单元(垂直4单元，水平5单元)的滤波器组构成。

[0211] 在图12中，附图标记601表示单元，附图标记602表示滤波器组阵列，附图标记603表示拍摄的图像。

[0212] 各单元601由具有K*L种类型(此处，K和L是1以上的整数)的滤波器的滤波器组构成，并且如图12所示，各单元601具有重现不具有空间分辨率的光谱的功能。

[0213] 此外，滤波器组被布置成阵列以形成滤波器组阵列。也即是，在图12中，获得了4×5=20像素的光谱二维拍摄图像603。

[0214] 接下来，将示意性地说明下述方法，所述方法用于通过在将固体摄像元件移动长度为滤波器组单元的一半的间距的同时在各位置处拍摄彩色光谱来增大空间分辨率。

[0215] 图13是用于示意性地说明下述方法的图，所述方法用于通过在将根据本实施例的固体摄像元件移动所述滤波器组的单元的一半的间距的同时在各位置处拍摄彩色光谱来增大空间分辨率。

[0216] 首先，在第一步骤ST1中，传感器位于位置A(1.A)处。当完成位置A处的拍摄时，在下一个步骤中发生移动至位置B(2.B)的位移。

[0217] 然后，在下一个步骤ST2中，发生移动至位置C(3.C)的位移。

[0218] 在下一个步骤ST3中，发生移动至位置D(4.D)的位移。

[0219] 然后，通过在步骤ST4中从位置D移动至位置A，到达第一位置(5.A)。在这些位置(A、B、C、D)中的每个位置处进行拍摄，并且合成各波长数据，从而能够实现更高分辨率的二维光谱成像。

[0220] 以这种方式，本实施例的固体摄像元件具有使摄像元件在与二维像素所在的平面水平的平面上移动微小距离的功能。移动摄像元件的时机与基准时间一致，所述基准时间与诸如用于像素输出的读取帧时间等传感器读取时机同步。

[0221] 另外，如上所述，固体摄像元件具有使摄像元件在与二维像素所在的平面水平的平面上移动微小距离的功能，并且移动量是滤波器组在X轴/Y轴方向上的一个单元的一半大小或者该单元的整数分之一。

[0222] 每次传感器移动微小距离，二维摄像元件都可以获得各像素的光谱数据。此外，通过将为移动量的组合图案的各种类型而获得的粗糙空间分辨率的光谱数据组合成，就可以合成出精细空间分辨率的二维图。

[0223] 接下来，将说明本实施例的光谱摄像系统所保存的滤波器透射率的数据库的构造方法。

[0224] 图14是示出了本实施例的光谱摄像系统所保存的滤波器透射率的数据库的校准方法的流程图。

[0225] 根据这种方法，当开始校准模式时(ST11)，判断是否执行数据库的校准(ST12)。

[0226] 在执行校准的情况下，通过拍摄标准光源(ST13)，可以重写/更新数据库(ST14)。于是，即使存在系统的长期退化，但是还可以保持传感器特性或滤波器特性的高再现性。

[0227] 此外，在不执行数据库的校准的情况下，不更新数据库(ST15)。

[0228] 6.光谱摄像系统的示例构造

[0229] 图15是示出了本实施例的光谱摄像系统的示例构造的框图。

[0230] 图15中的光谱摄像系统700包括传感器模块701、光学系统702、模块控制单元703、光学系统控制单元704、光源控制单元705、DSP(信号处理单元)706和摄像元件控制单元707。

[0231] 此外，光谱摄像系统700包括图像/光谱信号处理单元708、数据库709、记录单元710、微处理器711和用户界面712。

[0232] 在光谱摄像系统700中，模块控制单元703、光学系统控制单元704、光源控制单元705、摄像元件控制单元707、图像/光谱信号处理单元708、数据库709、记录单元710和微处理器711通过总线BS连接。

[0233] 微处理器711根据经由用户界面712通过用户输入接收的拍摄处理等来进行整体控制。

[0234] 传感器模块701设置有上述的本发明的固体摄像元件7011(图1等中的固体摄像元件100)和致动器7012。

[0235] 致动器7012是用于移动固体摄像元件7011的机构，并且形成为静电致动器、聚合物致动器、形状记忆合金等。

[0236] 模块控制单元703包括用于控制传感器模块701的模块光学系统的控制单元7031和用于控制致动器7012的控制单元7032，并且进行传感器模块701的驱动系统的控制。

[0237] 光学系统702由物镜7021、成像透镜7022等构成，成像透镜7022用于使拍摄对象在固体摄像元件7011的光接收表面上成像，并且光学系统702受光学系统控制单元704控制。

[0238] 光源控制单元705控制LED光源7051和激光光源7052。

[0239] 如上所述，本系统包括高亮度的并且是可见光波长或近红外光的特定波长的光源输出，诸如激光光源、LED光源等。

[0240] 传感器模块701所获得的拍摄数据经过DSP706和摄像元件控制单元707的预定处理，然后被传输至图像/光谱信号处理单元708等。

[0241] 在图像/光谱信号处理单元708中，进行诸如如上所述的光谱波估计等信号处理。此时，如上所述地酌情访问数据库709，并且在必要时进行 更新处理等。

[0242] 图像/光谱信号处理单元708具有信号恢复功能，该功能用于通过例如在由存储单元所保持的数据库709中的各滤波器的透射率信息与各像素输出的积和运算来估计输入光谱。

[0243] 7.金属薄膜滤波器的制造方法

[0244] 下面，将示意性地说明本光谱摄像器件的金属薄膜滤波器的制造方法。

[0245] 然而，只要可以实现高精度的本金属薄膜滤波器的结构，那么下面说明的制造方法就不是限制性的。另外，此处，说明了通过使用广泛用于普通CMOS固体摄像元件的制造工艺中的铝来安装本结构的方法，但是当然还可以使用诸如Ag或Au等其它导体。

[0246] 本结构基本上是这样的结构：平滑层(诸如二氧化硅膜)形成于固体摄像元件的光

检测器的上表面上，并且在该平滑层上布置有导电薄膜。

[0247] 不用说，下面的本结构的光检测器单元可以是一般的CMOS固体摄像元件，此外，其不限于CMOS固体摄像元件，还可以使用CCD固体摄像元件。于是，关于光电转换器件的结构和制造方法可以采用已知的方法，并且在此省略了它的说明。

[0248] 首先，通过利用等离子体CVD法等方法堆叠二氧化硅膜来实现平滑层，该平滑层是用于安装金属薄膜滤波器的基底。

[0249] 然后，在该平滑层的顶部上，通过溅射等堆叠作为金属薄膜滤波器的基底的金属薄膜。利用诸如电子束曝光、光刻、干涉曝光法或蚀刻等技术来制备用于实现金属薄膜的滤波器功能的细小结构。

[0250] 作为刻蚀，各向异性干法刻蚀是理想的，并且优选地，用于刻蚀的气体是四氟化碳(CF_4)系列的刻蚀气体。

[0251] 作为替代，六氟化硫、三氟甲烷、二氟化氙等也是适合的。或者，可以利用电子束曝光来制备基本结构的纳米压模(nano-stamper)，并且可以利用纳米压印技术来转印该结构。

[0252] 接下来，通过等离子体CVD方法等堆叠用于填充金属薄膜滤波器的 间隙的层间绝缘膜。这里使用等离子体CVD方法是因为与低压CVD方法相比较，等离子体CVD方法能够在相对低的温度(250℃至400℃)下形成膜，并且有利于在安装由金属(诸如Al)制成的金属薄膜滤波器之后形成保护膜。

[0253] 不用说，上述方法不是限制性的，另外，其它的方法也是允许的，只要可以在形成金属薄膜之后应用这些方法。

[0254] 此外，理想地，用于可见光波段的绝缘层的介质是主要由氧化硅(SiO_2)和SiO_2组成的复合材料。或者，还可以使用氟化镁(MgF_2)等。

[0255] 或者，虽然折射率较高，但是也可以使用诸如四氮化三硅(Si_3N_4)、二氧化钛(TiO_2)、五氧化二钽(Ta_2O_5)、二氧化锆(ZrO_2)、五氧化二铌(Nb_2O_5)或二氧化铪(HfO_2)等氧化物或氮化物。

[0256] 图16示出了金属薄膜滤波器的制造设备的示意性构造。

[0257] 图16中的制造设备800包括高频电源801和803、阻抗匹配单元802和804、基底805、靶材806、真空杜瓦瓶807等。

[0258] 基底805通过阻抗匹配单元802与高频电源801连接。

[0259] 以相同的方式，靶材806通过阻抗匹配单元804与高频电源803连接。

[0260] 此处，高频电源的频率通常是13.56MHz。

[0261] 真空杜瓦瓶807充满主要是惰性气体(例如，Ar气)的混合气体，并且典型地，大约0.1至10mTorr的气压是理想的。

[0262] 等离子体是通过高频电源803和801向靶材806和基底805供电而生成的。当向靶材806施加AC电压时，施加有由于探针特性的非线性而导致的DC偏压(自偏压效应)，并且靶材806的时间平均电位将是负的。

[0263] 因此，带正电的气体离子通过电势差和与靶材806的碰撞而获得动能。由于此作用，靶材物质的表面上的原子/分子飞散，然后材料颗粒附着于基底805上，之后在基底805上堆叠出薄膜。

[0264] 关于这部分，基底805还具有高频电源801和与高频电源801连接 的阻抗匹配单元802。因此，通过调节气体类型、压强以及提供给基底805的电力，就可以控制动能的大小、碰撞离子的类型以及溅射的效果。

[0265] 在仅进行溅射蚀刻(不涉及通过溅射来形成膜)的情况下，可以仅向基底805提供高频电。

[0266] 另外，在形成膜时，通过在进行膜形成的同时调节CF_4等气体的流速，可以在窄的范围内控制SiO_2的折射率。

[0267] 因此，像素区域可以被分为多个区域，并且可以为各区域安装具有不同折射率的介电膜。于是，即使金属薄膜滤波器的加工图案是相同的，等离子体共振波长也会略有不同，结果，使得能够安装更多类型的滤色器，从而能获得具有更高的波长分辨率(高分散)的光谱数据。

[0268] 如上所述，根据本实施例，可以实现下面的效果。

[0269] 利用单个芯片就可以产生高敏感度的光谱。即使金属薄膜滤波器的单个滤波器的大小和固体摄像元件的单个像素的大小不同，但是也可以通过摄像像素之中的相邻像素共用滤波器来实现下面的优势。

[0270] 也即是，在不用专用的固体摄像元件的情况下仅仅通过安装滤波器就可以实现分光/摄像功能，并且能以较低成本实现具有较高性能的分光/摄像器件。

[0271] 即使利用具有相同图案的金属薄膜滤波器，通过将折射率类型增加到X种类型，事实上滤波器的类型可以增大X倍，结果，能实现具有更高波长分辨率的分光/摄像。

[0272] 能够实现具有高空间分辨率的二维光谱制图。在8×8像素或16×16像素的相对宽的范围内的相邻像素共用金属薄膜滤波器，因此，现有方法存在这样的问题：在进行二维光谱制图时，空间分辨率大大降低。通过结合本发明的像素位移法，可以以较低成本实现更加昂贵的二维光谱摄像。

[0273] 通过保存N种类型的滤波器的透射特性的数据库，并且包括更新该数据库的功能，可以通过数据和输出像素值的积和运算来高精度地还原具有输入光谱。

[0274] 与诸如光栅等窄带滤波器不同，上述各滤波器不是窄带，且因此可以实现有效地利用光并通过计算来估计输入光谱的方法，同时可以实现高的波长分辨率和高的灵敏性。

[0275] 此外，还可以以下面的方式构造本发明。

[0276] (1)一种固体摄像元件，其包括：

[0277] 二维像素阵列，在所述二维像素阵列中，均含有光电转换器件的像素以阵列形式布置；以及

[0278] 多种类型的滤波器，这些滤波器面对着所述二维像素阵列的像素区域布置，所述滤波器均具有分光功能并具有短于待检测的波长的周期性微细图案，

[0279] 其中，每个所述滤波器形成比所述二维像素阵列上的各像素的所述光电转换器件大的单元，其中，一种类型的所述滤波器是相对于多个相邻的光电转换器件组而布置的，

[0280] 所述多种类型的滤波器是相对于相邻的单元组而布置的，以此形成滤波器组，并且

[0281] 所述滤波器组面对着所述二维像素阵列的所述像素区域被布置为N×M个单元，其中N和M是1以上的整数。

[0282] (2)根据(1)所述的固体摄像元件，

[0283] 其中所述滤波器包括具有周期性微细加工图案的金属薄膜，所述周期性微细加工图案短于待检测的波长，并且

[0284] 金属薄膜滤波器是由金属形成的并且是一维光栅或二维光栅，所述金属的等离子体频率处于紫外线范围/可见光波长范围内，并且所述一维光栅或二维光栅以亚微米级的间隔周期性地布置有凹/凸部或孔结构。

[0285] (3)根据上面的(2)所述的固体摄像元件，其中，

[0286] 所述金属薄膜滤波器具有选择性地吸收/透过期望被检测的电磁波波长带中的特定电磁波的滤波功能，并且所述滤波器的所述凹/凸部或所述孔结构的周期性图案的间隙具有中空结构或者填充有介电材料。

[0287] (4)根据上面的(2)所述的固体摄像元件，其中，

[0288] 所述金属薄膜滤波器具有选择性地吸收/透过期望被检测的电磁波 波长带中的特定电磁波的滤波功能，所述滤波器的所述凹/凸部或所述孔结构的周期性图案的间隙填充有介电材料，并且多个所述滤波器组之中的至少一个滤波器组的间隙部填充的介电材料的折射率不同于多个所述滤波器组之中的其它滤波器组的间隙部填充的介电材料的折射率。

[0289] (5)根据上面的(2)至(4)中的任一项所述的固体摄像元件，其中所述金属薄膜滤波器布置于由介电材料构成的平滑层上。

[0290] (6)根据上面的(2)至(4)中的任一项所述的固体摄像元件，其中，

[0291] 所述金属薄膜滤波器布置于由介电材料构成的平滑层上，并且对于所述像素区域的多个区域中的每个区域，由介电材料构成的所述平滑层的折射率是不同的。

[0292] (7)根据上面的(2)至(6)中的任一项所述的固体摄像元件，其中，

[0293] 面对着所述像素区域布置的所述金属薄膜滤波器的各所述滤波器的面积等于或大于形成所述二维像素阵列的各像素的面积，并且一种类型的所述滤波器是相对于由在X轴方向上水平相邻的U个像素和在Y轴方向上垂直相邻的V个像素形成的像素组布置的，U和V是1以上的整数。

[0294] (8)根据上面的(1)至(7)中的任一项所述的固体摄像元件，

[0295] 其中所述滤波器在X轴方向上有K种类型，在Y轴方向上有L种类型，并且

[0296] 各滤波器组通过K*L种类型的滤波器形成一个滤波器组单元，其中存在1个以上的滤波器组单元，K和L是1以上的整数。

[0297] (9)根据上面的(8)所述的固体摄像元件，其中，

[0298] 将要布置的所述滤波器组在X轴方向上有N种类型，在Y轴方向上有M种类型，N和M是1以上的整数。

[0299] (10)根据上面的(1)至(9)中的任一项所述的固体摄像元件，其包括：

[0300] 存储单元，所述存储单元用于保持所述滤波器组的各滤波器对于各电磁波波长的透射率信息作为数据库。

[0301] (11)根据上面的(1)至(9)中的任一项所述的固体摄像元件，其包括：

[0302] 存储单元，所述存储单元用于保持所述滤波器组的各滤波器对于各波长的透射率信息作为数据库，

[0303] 其中通过拍摄标准光源来实现所述数据库的重新校准和更新。

[0304] (12)根据上面的(10)或(11)所述的固体摄像元件,其包括:

[0305] 信号处理单元,所述信号处理单元用于通过所述存储单元保持的所述数据库中的各滤波器的透射率信息与各像素输出的积和运算来估计输入光谱。

[0306] (13)根据上面的(1)至(12)中的任一项所述的固体摄像元件,

[0307] 其中由所述二维像素阵列形成的摄像元件包括用于在与二维地布置有像素的平面水平的平面上移动微小距离的机构,并且

[0308] 移动所述摄像元件的时机与基准时间相一致,所述基准时间与诸如用于像素输出的读取帧的时间的传感器读取时机同步。

[0309] (14)根据上面的(1)至(13)中的任一项所述的固体摄像元件,

[0310] 其中由所述二维像素阵列形成的摄像元件包括用于在与二维地布置有像素的平面水平的平面上移动微小距离的机构,

[0311] 移动量是1个滤波器组单元的在X轴/Y轴方向上的尺寸的一半或者整数分之一,并且

[0312] 所述固体摄像元件包括处理单元,所述处理单元用于通过每当所述摄像元件的传感器移位所述微小距离时获取各像素的光谱数据,并且合成出针对所述移动量的各种类型的组合图案获得的粗糙空间分辨率的光谱数据组,以此来合成更微细的空间分辨率的二维图。

[0313] (15)根据上面的(1)至(14)中的任一项所述的固体摄像元件,

[0314] 其中所述固体摄像元件是CMOS固体摄像元件,并且

[0315] 各像素包括用于各像素的片上聚光元件,通过在所述片上聚光元件上堆叠折射率小于该聚光元件的折射率的材料以在保持聚光功能的同时布置平滑层,并且所述滤波器布置于所述平滑层上。

[0316] (16)根据上面的(1)、(8)至(15)中的任一项所述的固体摄 像元件,其中,

[0317] 所述滤波器包括透过电磁波的光学滤波器,在该光学滤波器中堆叠有高折射率的介质和低折射率的介质。

[0318] (17)一种摄像系统,其包括:

[0319] 固体摄像元件;以及

[0320] 光学系统,所述光学系统用于使拍摄对象的图像在所述固体摄像元件的二维像素阵列上成像,

[0321] 其中所述固体摄像元件包括:

[0322] 二维像素阵列,在所述二维像素阵列中,均含有光电转换器件的像素以阵列形式布置;以及

[0323] 多种类型的滤波器,这些滤波器面对着所述二维像素阵列的像素区域布置,所述滤波器均具有分光功能并具有短于待检测的波长的周期性微细图案,

[0324] 每个所述滤波器形成比所述二维像素阵列上的各像素的所述光电转换器件大的单元,其中,一种类型的所述滤波器是相对于多个相邻的光电转换器件组而布置的,

[0325] 所述多种类型的滤波器是相对于相邻的单元组而布置的,以此形成滤波器组,并且

[0326] 所述滤波器组面对着所述二维像素阵列的所述像素区域被布置为N×M个单元，其中N和M是1以上的整数。

[0327] 附图标记列表

[0328] 100固体摄像元件

[0329] 110像素阵列

[0330] 110A像素

[0331] 111光二极管(光电转换器件)

[0332] 112传送晶体管

[0333] 113FD

[0334] 114放大晶体管

[0335] 115选择晶体管

[0336] 116复位晶体管

[0337] 120垂直扫描电路

[0338] 130水平传输扫描电路

[0339] 140列ADC电路

[0340] 150PLL电路

[0341] 150DAC(数模转换器)

[0342] 170感测放大器电路(S/A)

[0343] 201二维像素组(像素阵列)

[0344] 202金属薄膜滤波器组(滤波器组，单元)

[0345] 203滤波器组阵列

[0346] 300金属薄膜滤波器

[0347] 500、500A至500E 固体摄像元件

[0348] 501片上微透镜

[0349] 502A、502B、502C 金属薄膜滤波器

[0350] 503平滑层

[0351] 504光二极管

[0352] 505信号布线层

[0353] 506A、506B、506C 相邻像素

[0354] 507、507A平滑层

[0355] 512A、512B 光子滤波器

[0356] 700光谱摄像系统

[0357] 701传感器模块

[0358] 702光学系统

[0359] 703模块控制单元

[0360] 704光学系统控制单元

[0361] 705光源控制单元

[0362] 706DSP(信号处理单元)

[0363] 707摄像元件控制单元

[0364] 708图像/光谱信号处理单元

[0365] 709数据库

[0366] 710记录单元

[0367] 711微处理器

[0368] 712用户界面

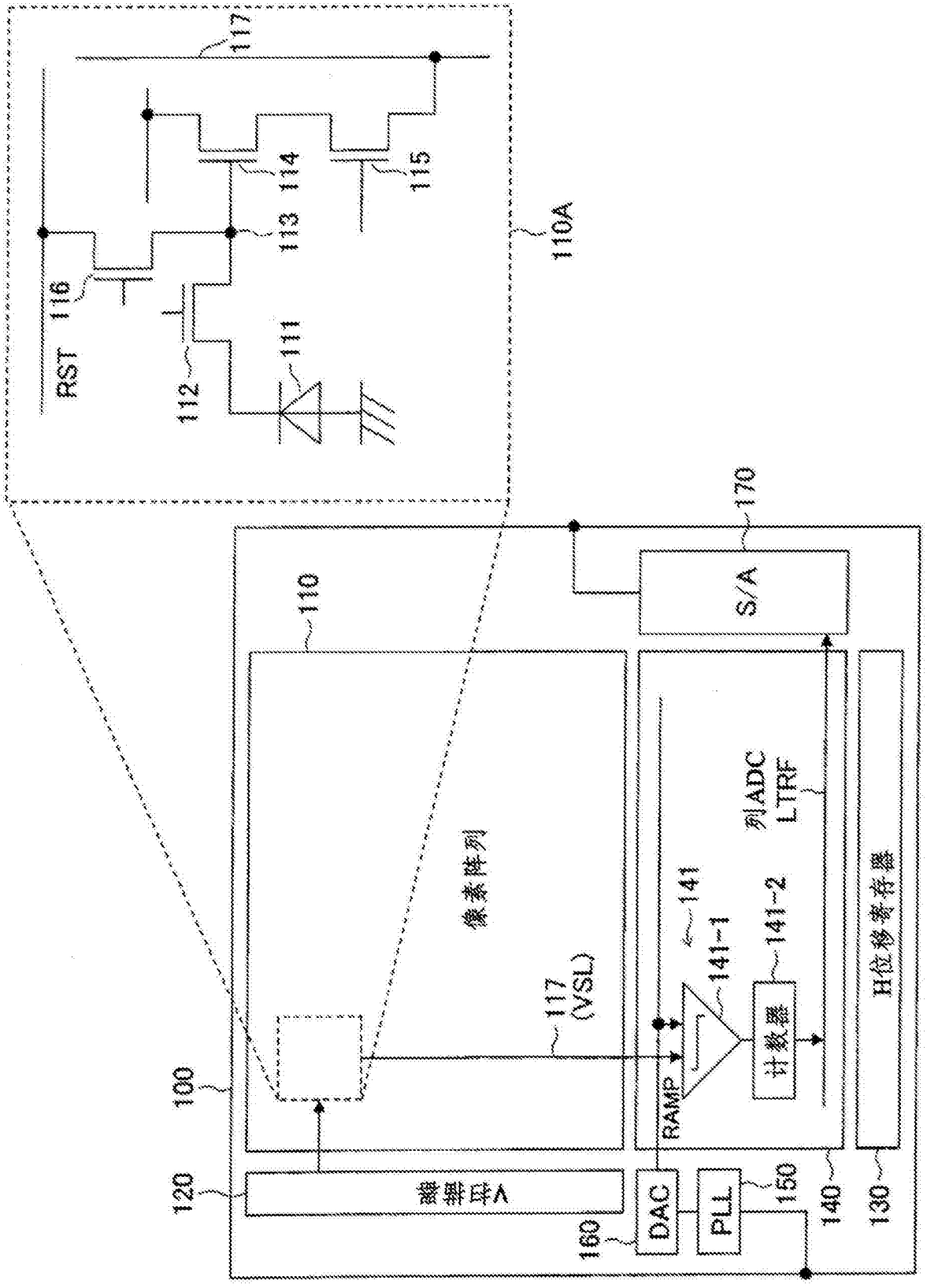

117
114
115
113
110A
116
RST
112
111
170
S/A
110
像素阵列
列ADC
LTRF
141
141-1
141-2
计数器
117
(VSL)
H位移寄存器
RAMP
100
120
V扫描器
160
DAC
PLL
150
140
130

图1

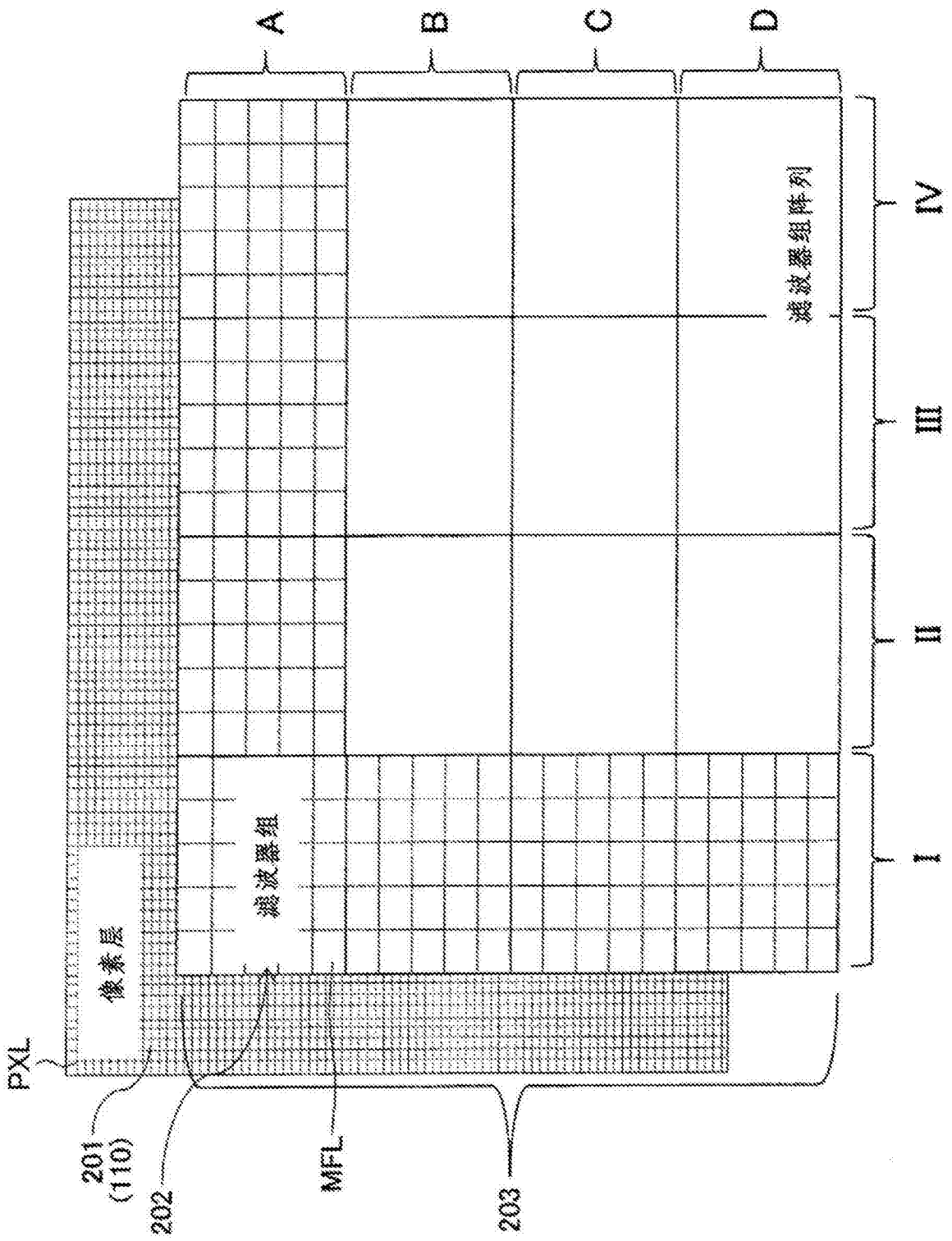


图2

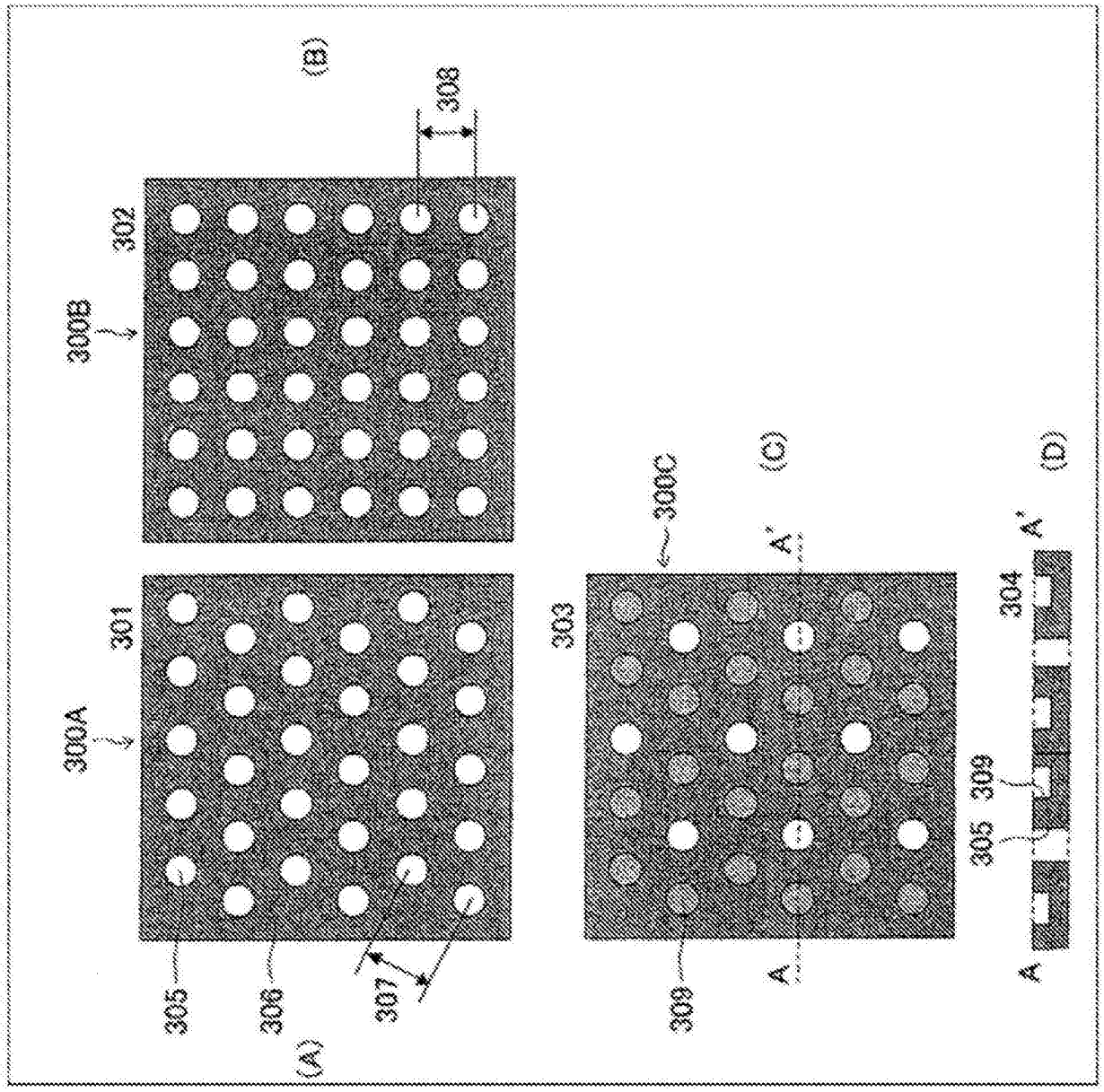


图3

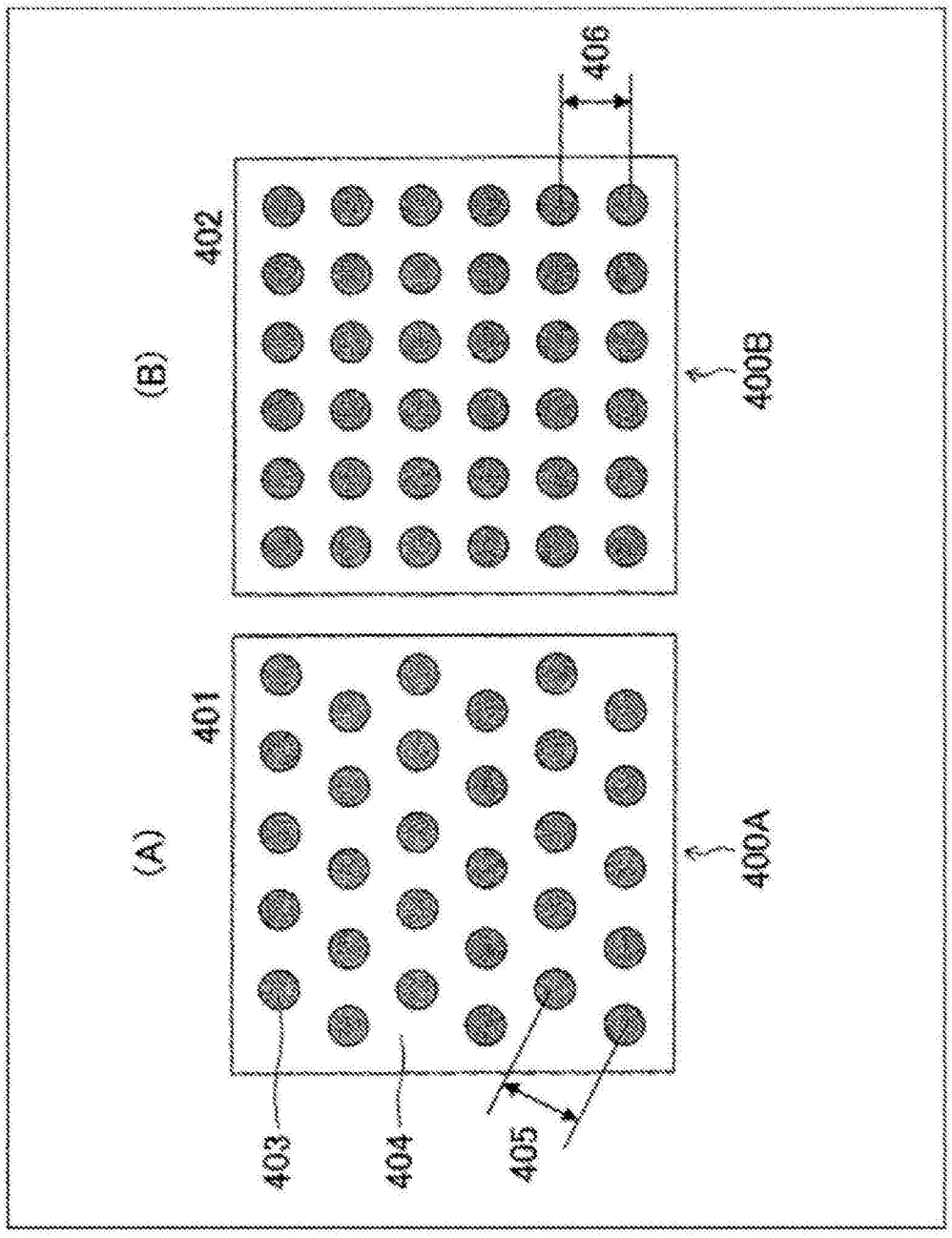


图4

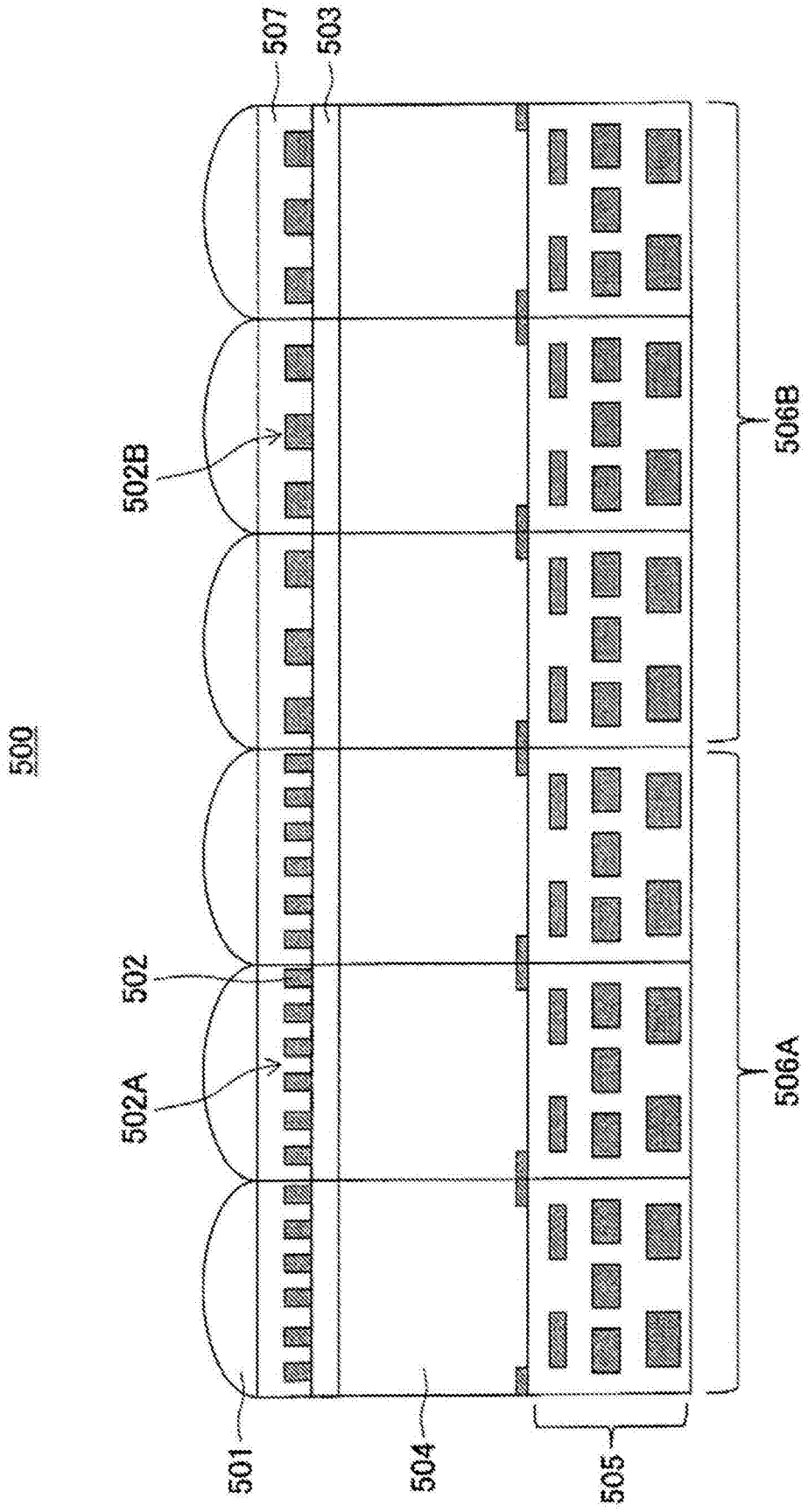


图5

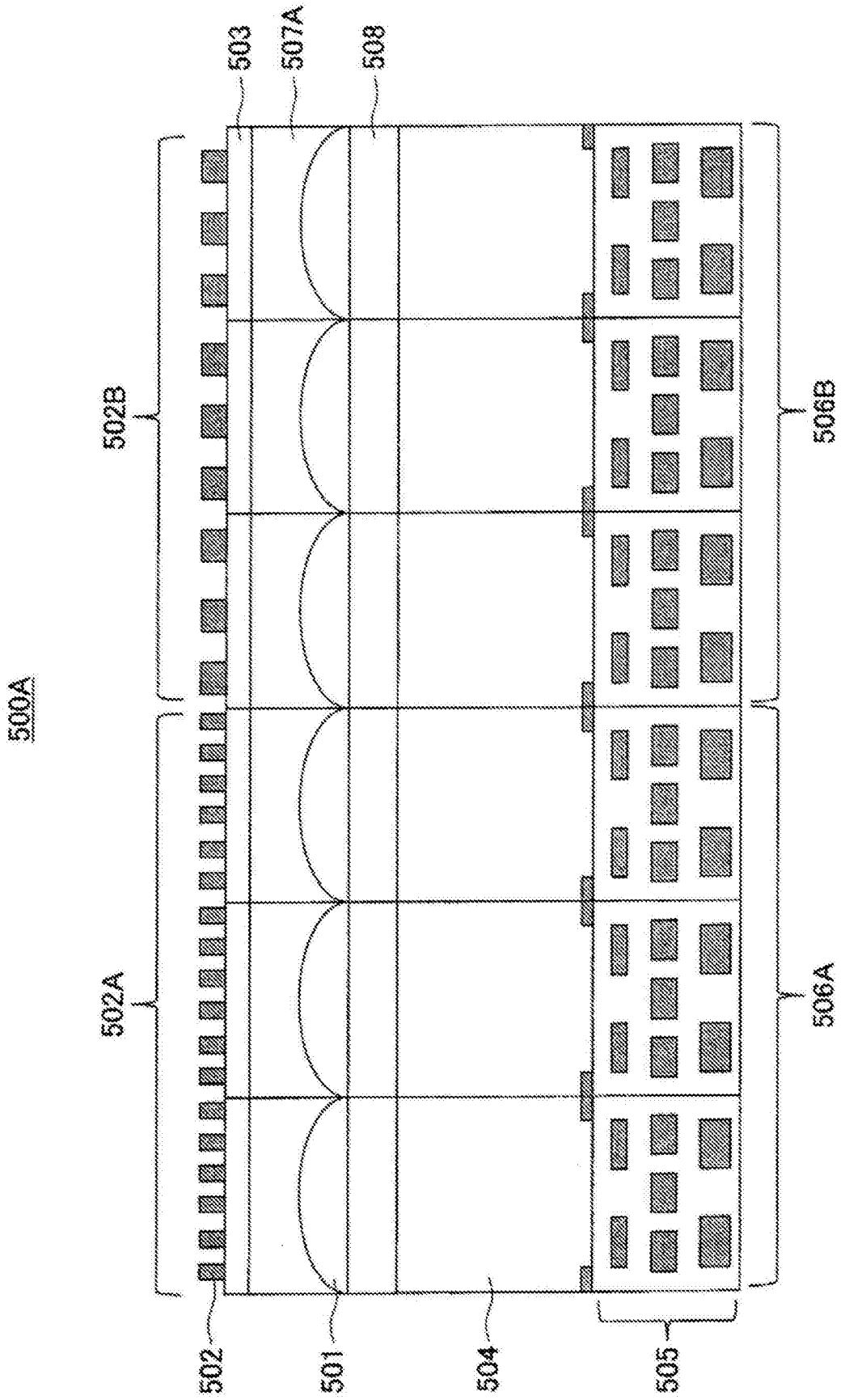


图6

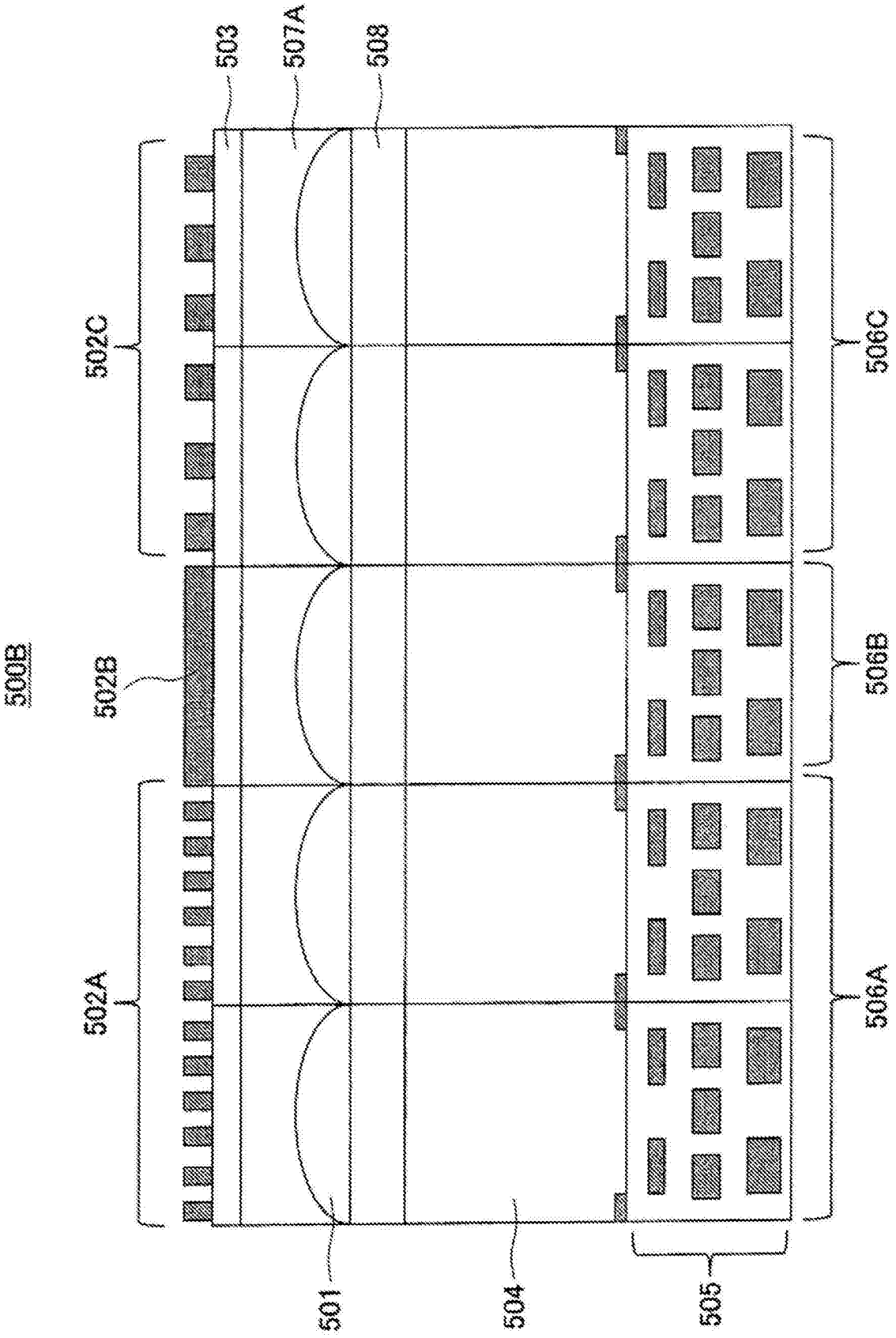


图7

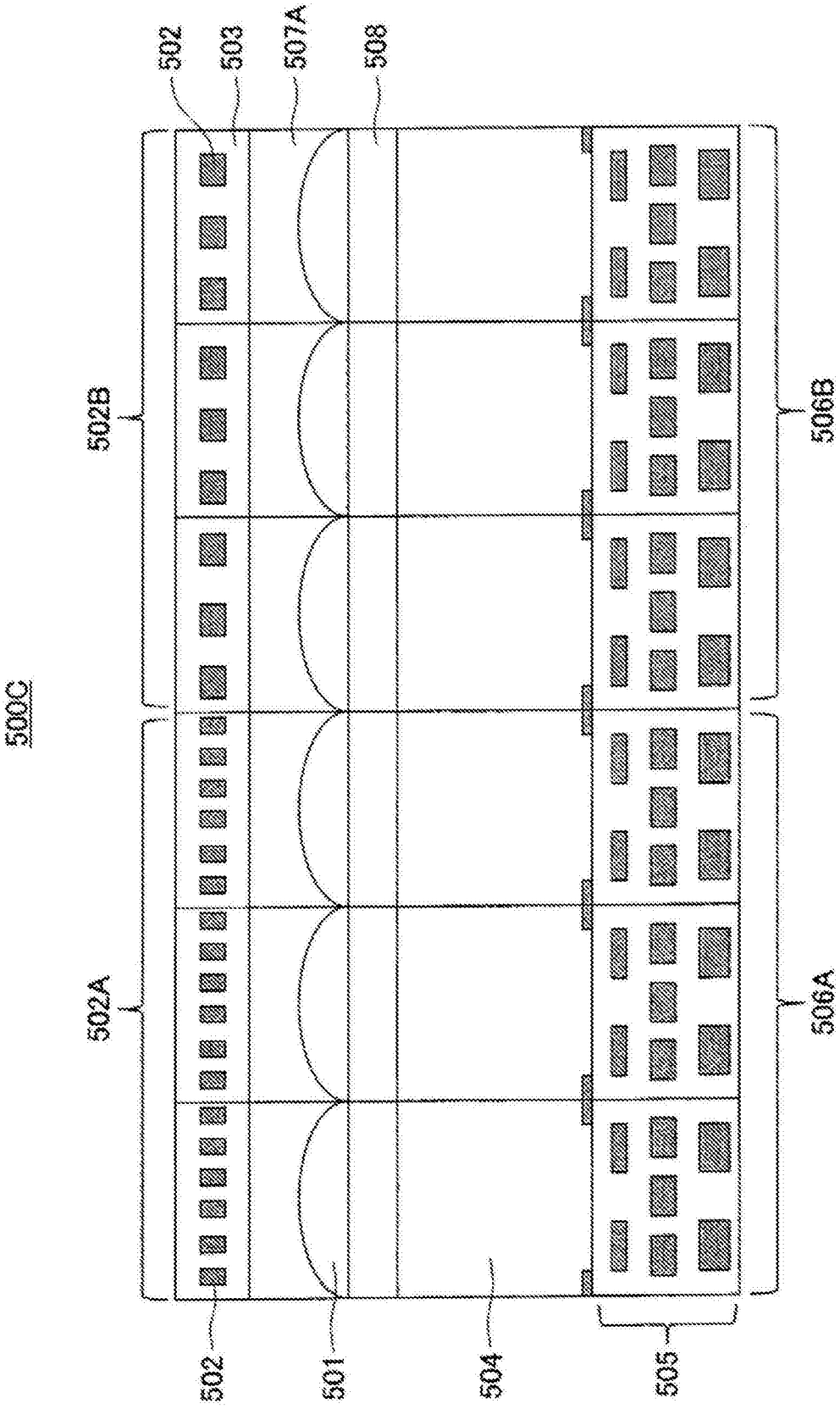


图8

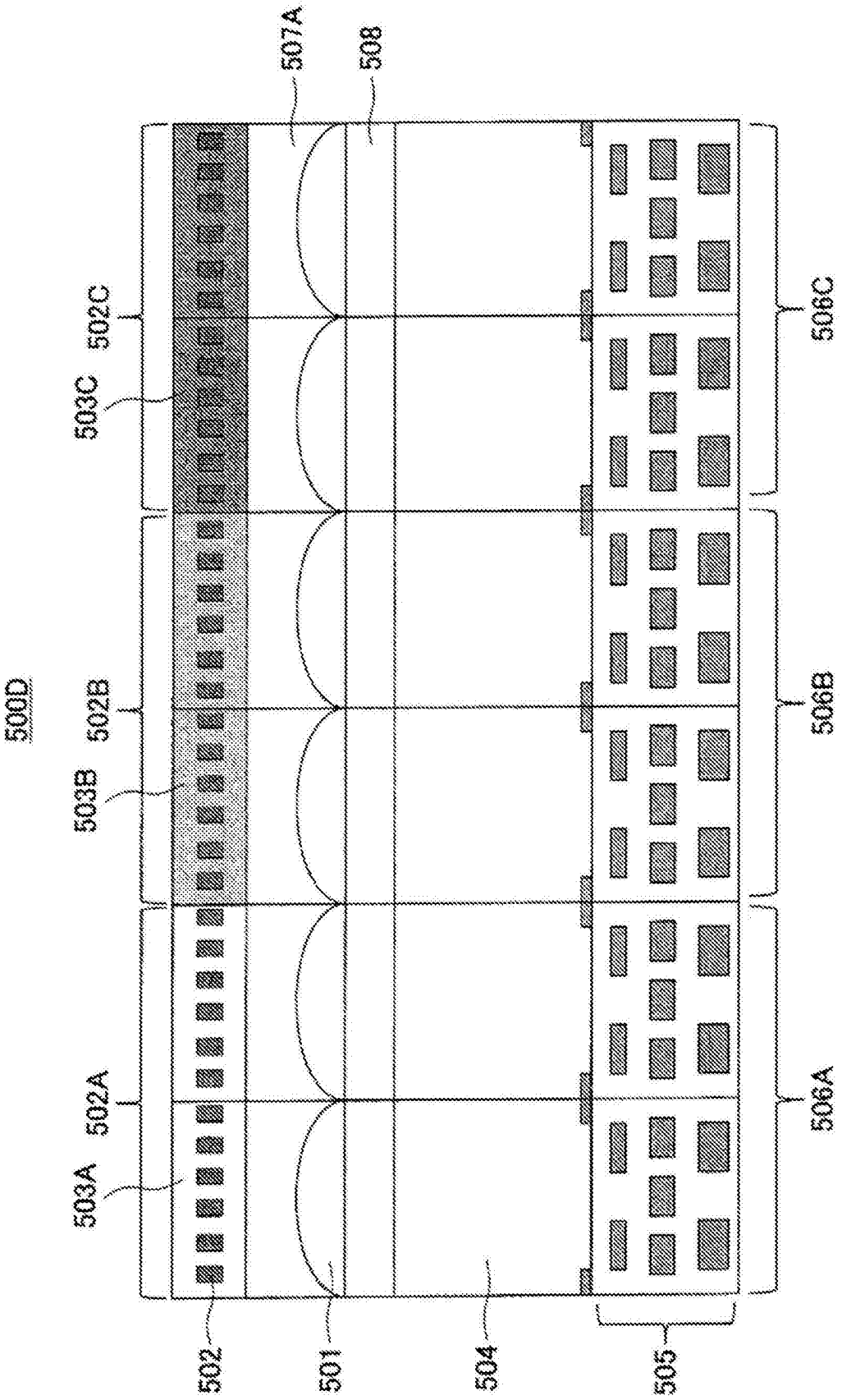

500D
507A
508
502C
503C
502B
503B
502A
503A
506C
506B
506A
502
501
504
505

图9

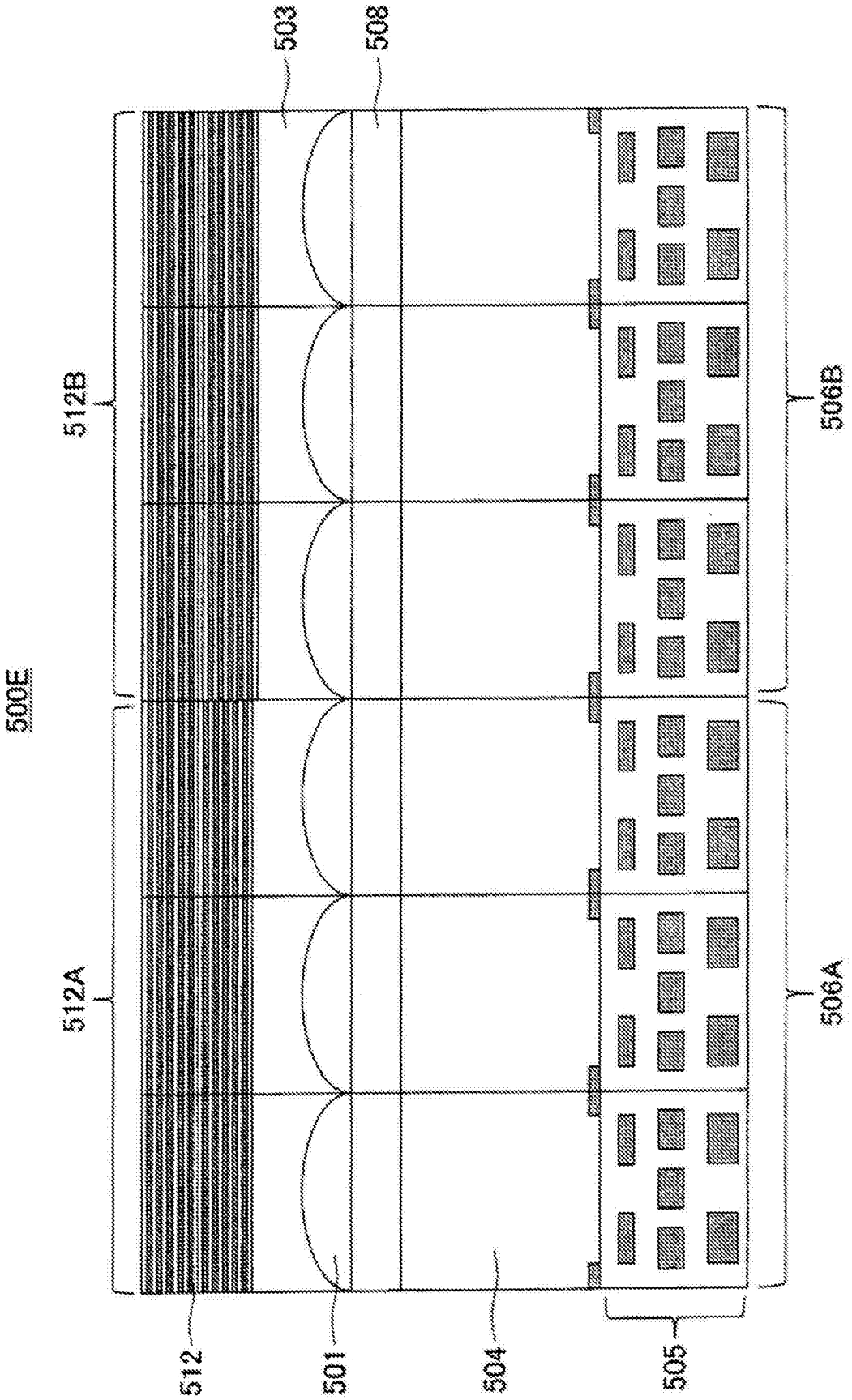


图10

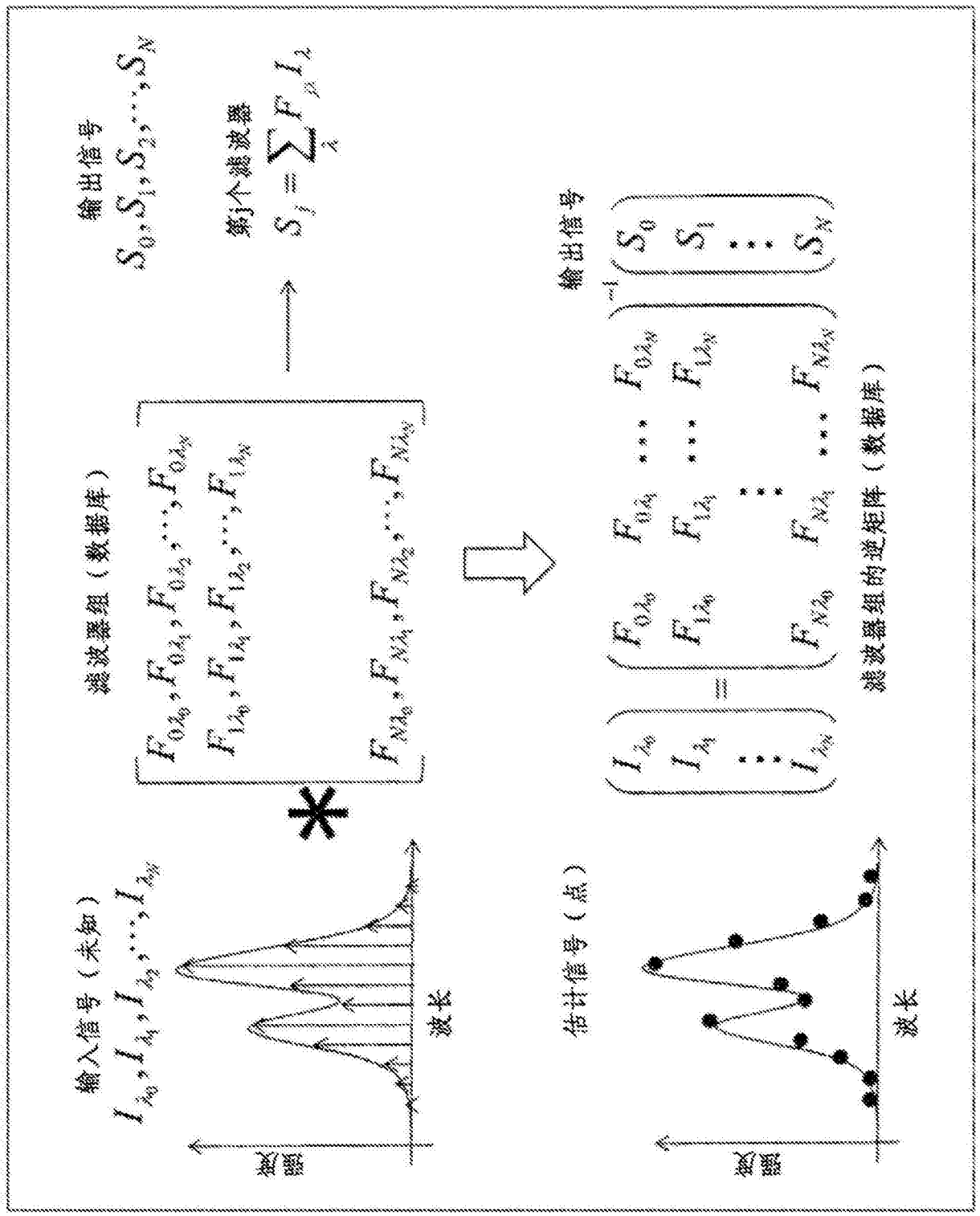

输入信号（未知）
$I_{\lambda_0}, I_{\lambda_1}, I_{\lambda_2}, \cdots, I_{\lambda_N}$
强度
波长
滤波器组（数据库）
$\begin{bmatrix} F_{0\lambda_0}, F_{0\lambda_1}, F_{0\lambda_2}, \cdots, F_{0\lambda_N} \\ F_{1\lambda_0}, F_{1\lambda_1}, F_{1\lambda_2}, \cdots, F_{1\lambda_N} \\ F_{N\lambda_0}, F_{N\lambda_1}, F_{N\lambda_2}, \cdots, F_{N\lambda_N} \end{bmatrix}$
第j个滤波器
$S_j = \sum_{\lambda} F_{j\lambda} I_{\lambda}$
输出信号
$S_0, S_1, S_2, \cdots, S_N$
估计信号（点）
$\begin{pmatrix} I_{\lambda_0} \\ I_{\lambda_1} \\ \cdots \\ I_{\lambda_N} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} F_{0\lambda_0} & F_{0\lambda_1} & \cdots & F_{0\lambda_N} \\ F_{1\lambda_0} & F_{1\lambda_1} & \cdots & F_{1\lambda_N} \\ & & \cdots & \\ F_{N\lambda_0} & F_{N\lambda_1} & \cdots & F_{N\lambda_N} \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} S_0 \\ S_1 \\ \cdots \\ S_N \end{pmatrix}$
滤波器组的逆矩阵（数据库）
输出信号
强度
波长

图11

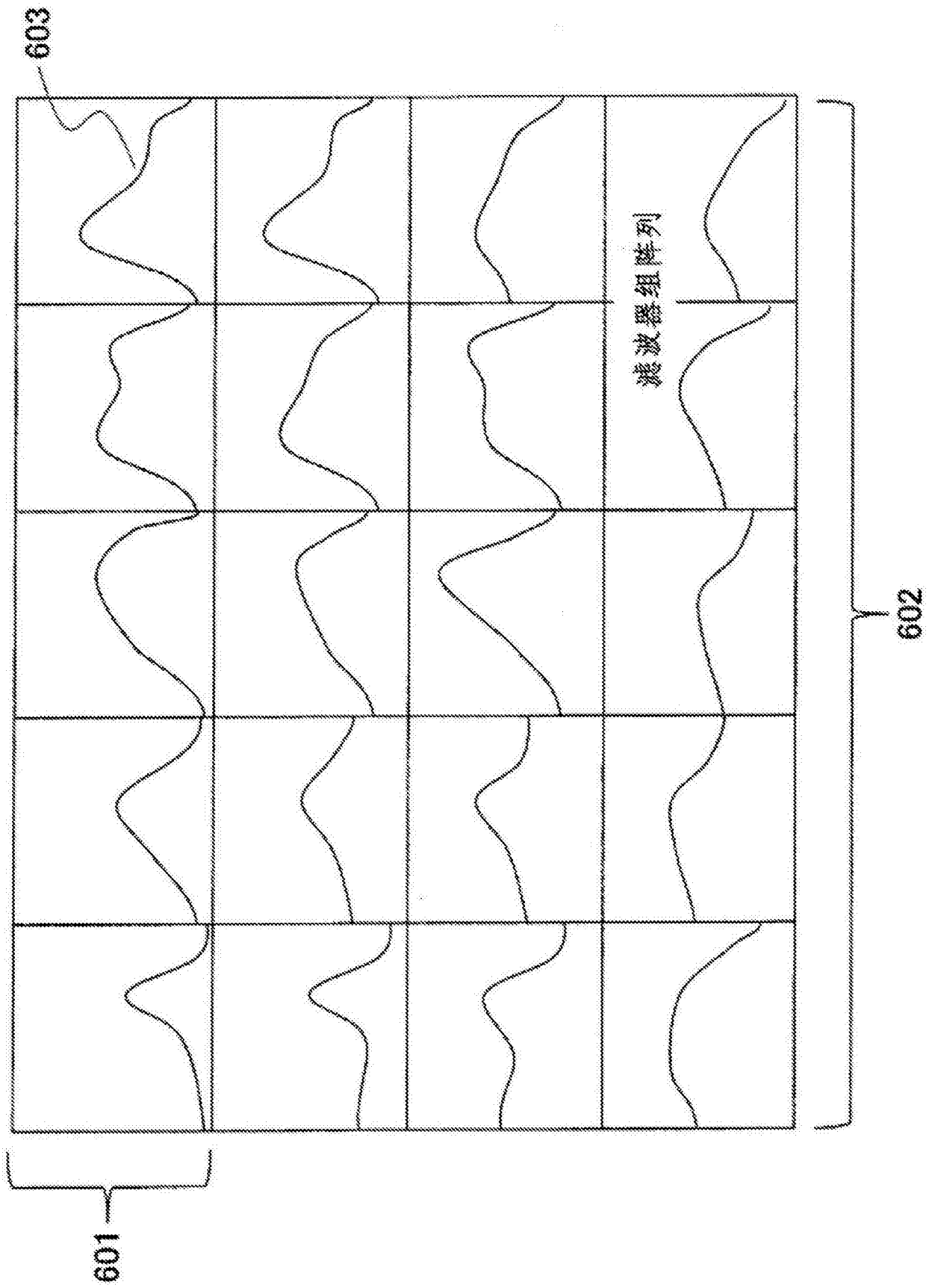


图12

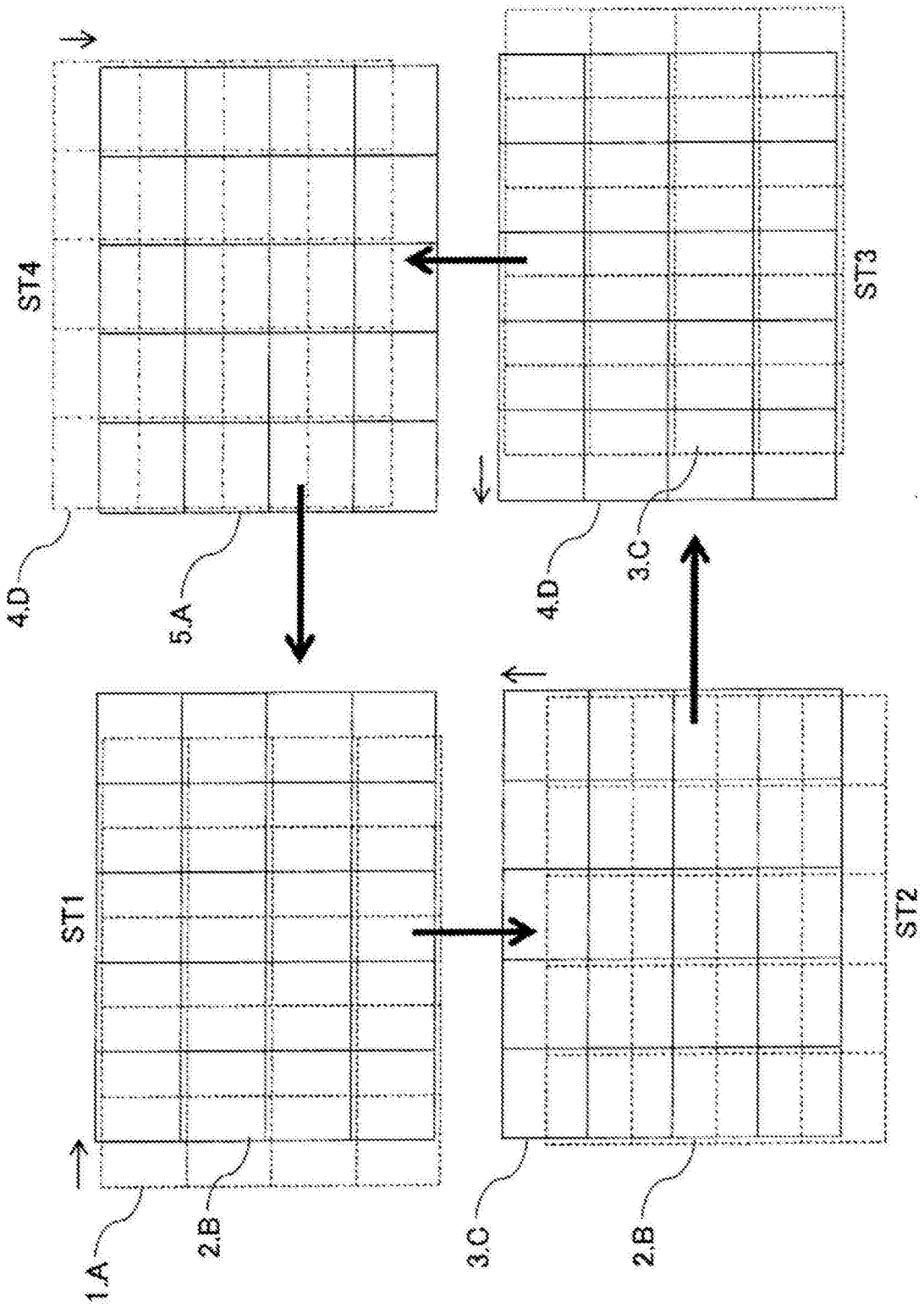


图13

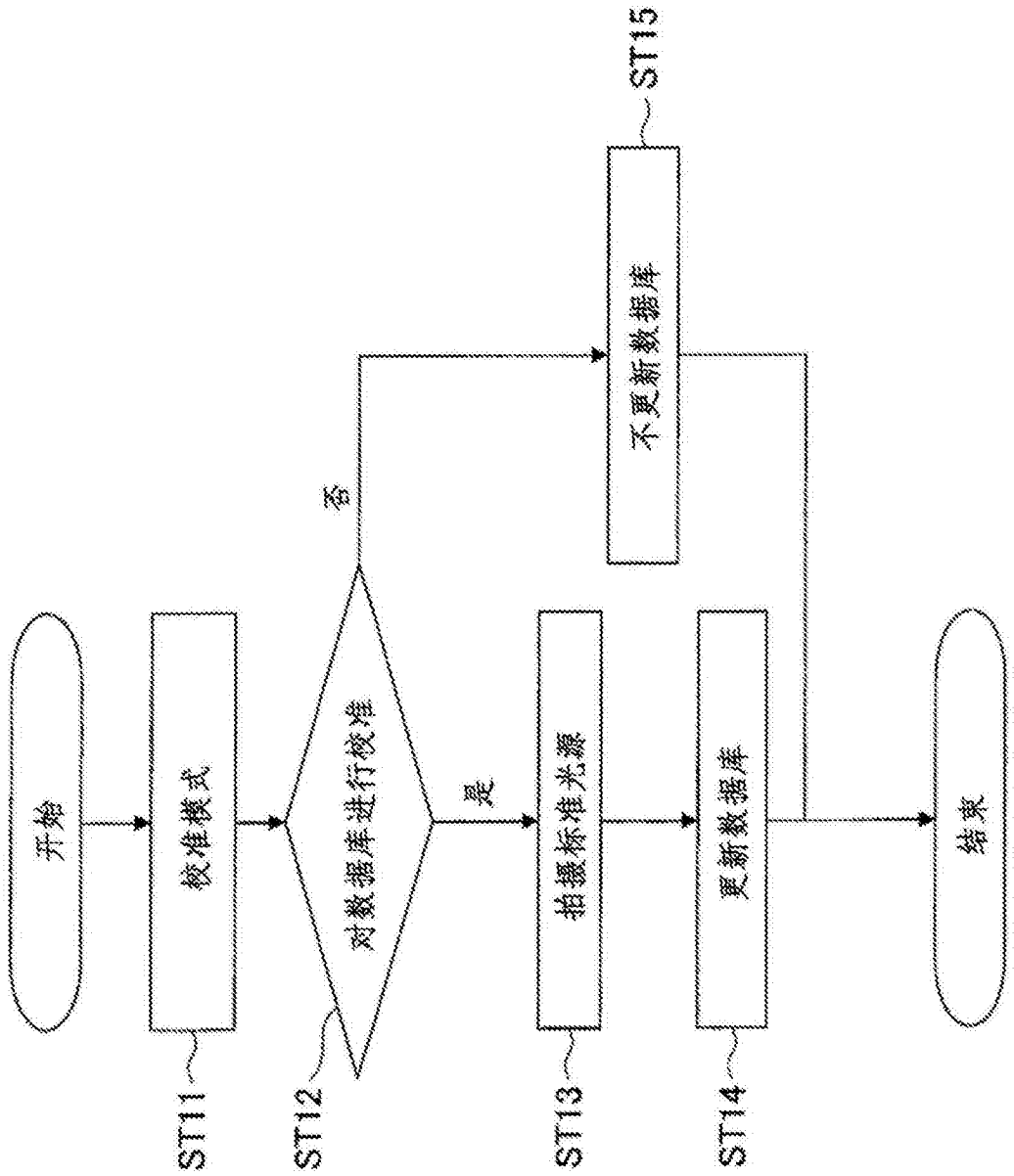

开始
校准模式
对数据库进行校准
否
是
不更新数据库
拍摄标准光源
更新数据库
结束
ST11
ST12
ST13
ST14
ST15

图14

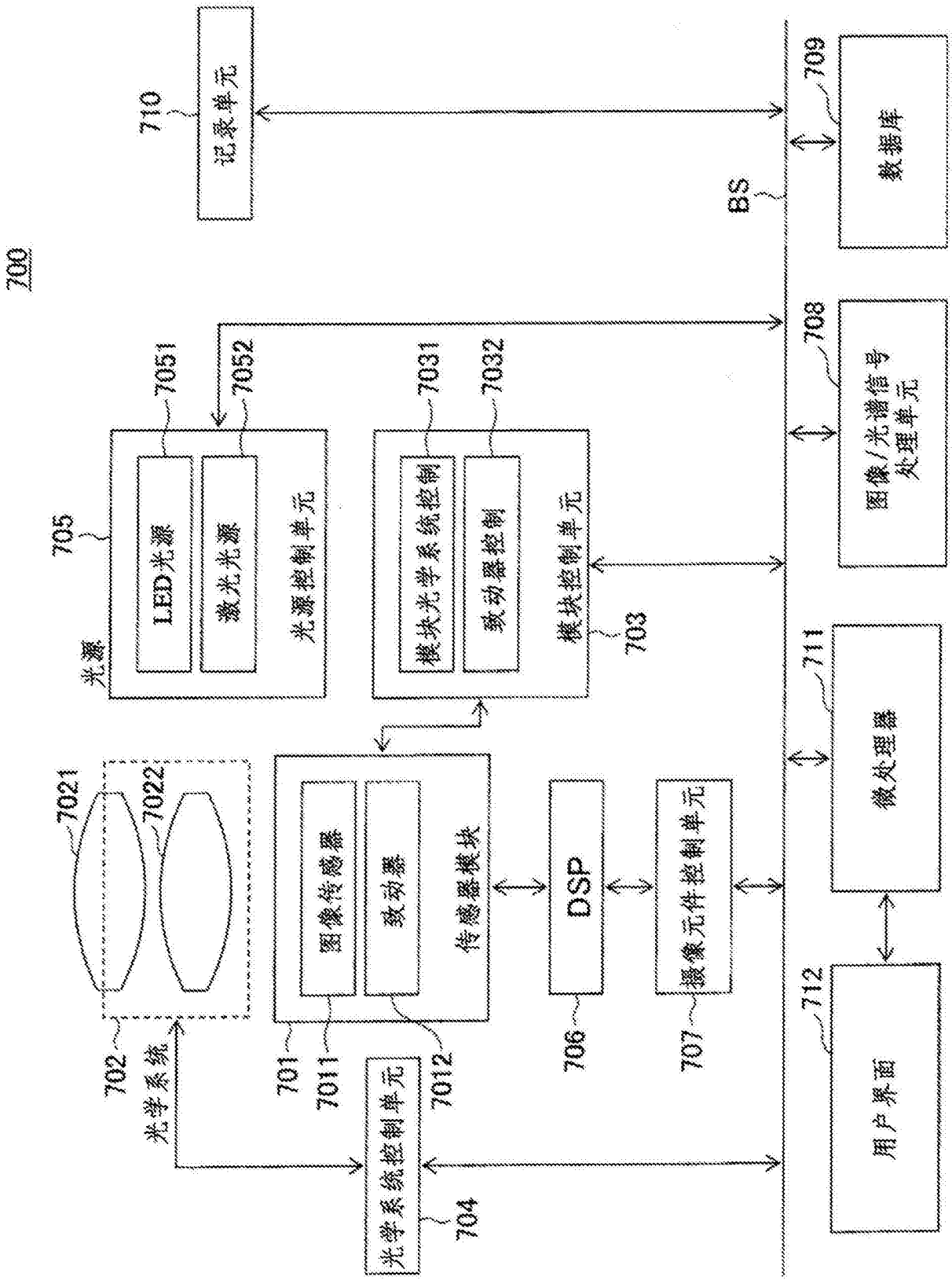

700
710
记录单元
BS
709
数据库
708
图像/光谱信号处理单元
705
光源
7051
LED光源
7052
激光光源
光源控制单元
7031
模块光学系统控制
7032
致动器控制
模块控制单元
703
711
微处理器
712
用户界面
7021
7022
702
光学系统
701
图像传感器
7011
致动器
7012
传感器模块
DSP
706
摄像元件控制单元
707
光学系统控制单元
704

图15

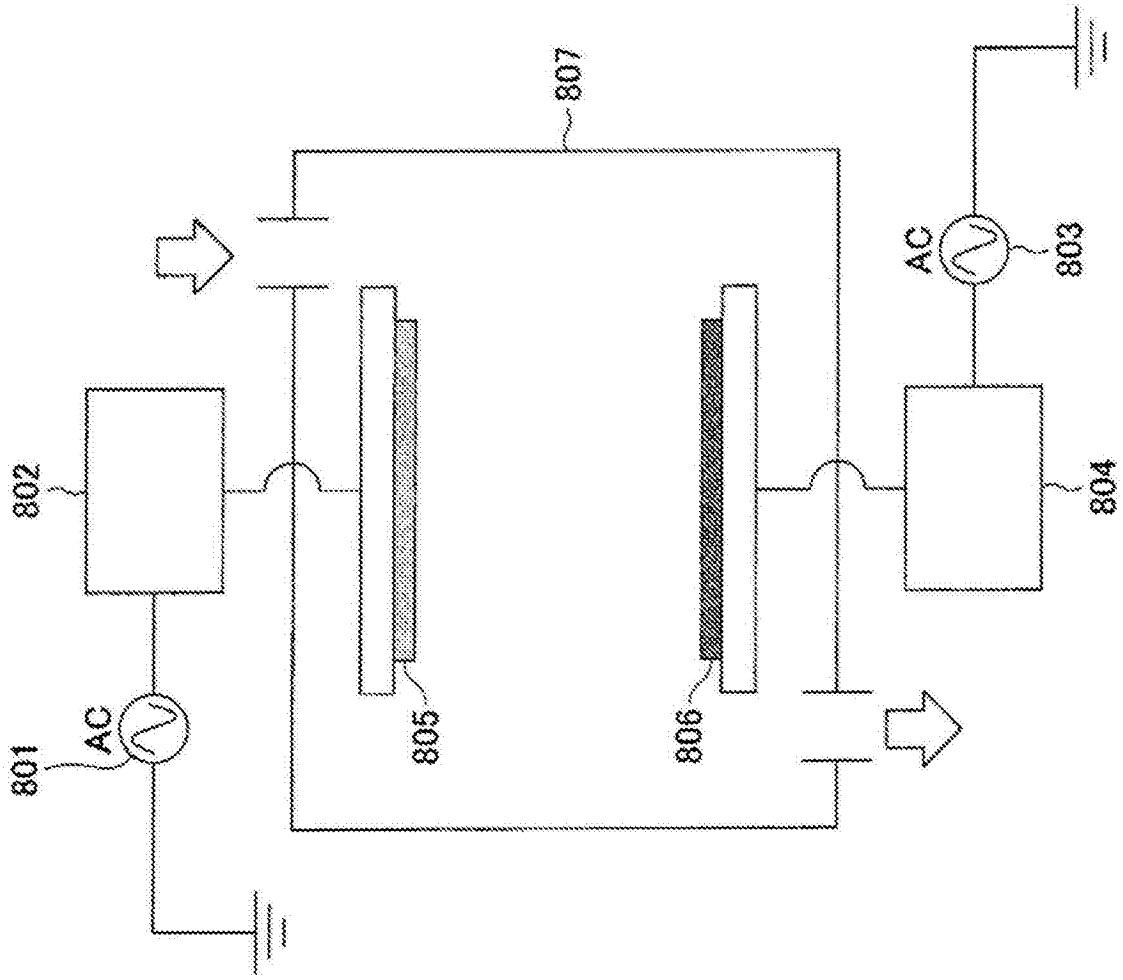


图16