



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105556672 B

(45)授权公告日 2019.11.12

(21)申请号 201480051607.0

(22)申请日 2014.09.12

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 105556672 A

(43)申请公布日 2016.05.04

(30)优先权数据

2013-197861 2013.09.25 JP

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2016.03.18

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2014/074244 2014.09.12

(87)PCT国际申请的公布数据

W02015/045914 JA 2015.04.02

(73)专利权人 索尼公司

地址 日本国东京都港区港南1-7-1

(72)发明人 大塚洋一 西木户健树 葭叶一平

(74)专利代理机构 北京正理专利代理有限公司

11257

代理人 付生辉 张雪梅

(51)Int.Cl.

H01L 27/14(2006.01)

G02B 3/00(2006.01)

H04N 5/369(2006.01)

(56)对比文件

US 2001/0036014 A1, 2001.11.01,

CN 102881699 A, 2013.01.16,

CN 102763018 A, 2012.10.31,

US 2009/0122171 A1, 2009.05.14,

审查员 徐晓雷

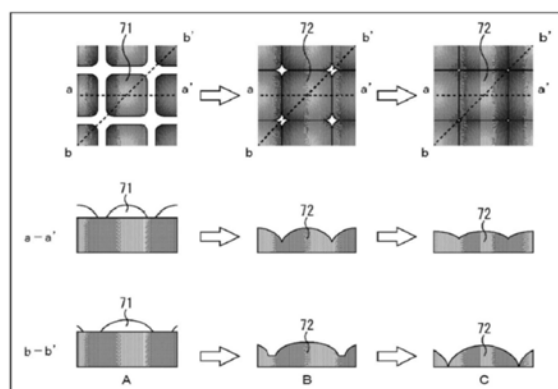
权利要求书2页 说明书18页 附图24页

(54)发明名称

透镜阵列及其制造方法、固态成像设备和电子设备

(57)摘要

本技术涉及可在抑制图像质量劣化的同时提高AF性能的透镜阵列及其制造方法、固态成像设备和电子设备。一种透镜阵列包括微透镜,所述微透镜对应于相位差检测像素形成,所述相位差检测像素被设置成混在成像像素中。所述微透镜中的每个被形成为使得其透镜面是基本上球形面,所述微透镜在平面图上具有矩形形状并且四个拐角基本上没有被倒圆,以及在剖视图上包括像素边界部分的对边中心部分的对边边界部分附近的底表面比包括对角边界部分的对角边界部分附近的底表面高。例如,本技术可应用于CMOS图像传感器的透镜阵列。



1. 一种透镜阵列,所述透镜阵列包括:

微透镜,其对应于相位差检测像素形成,所述相位差检测像素被设置成混在成像像素中,所述微透镜被形成为使得

其透镜面是基本上球形面,

所述微透镜在平面图上具有矩形形状并且四个拐角没有被倒圆,以及

在剖视图上包括像素边界部分的对边中心部分的对边边界部分附近的底表面比包括对角边界部分的对角边界部分附近的底表面高,

所述微透镜被形成为使得

所述微透镜在平面图上具有正方形形状,以及

第一曲率半径和第二曲率半径相等,所述第一曲率半径是所述对边中心部分的横截面中所述透镜面的曲率半径,所述第二曲率半径是所述对角边界部分的横截面中所述透镜面的曲率半径,

所述相位差异检测像素的像素大小被设置成等于或大于 $3\mu\text{m}$,以及

如果用 $r = (d^2 + 4t^2) / 8t$ 表达所述透镜面的曲率半径 r 而其中 d 指代底表面的贯穿所述透镜面的顶部的横截面的宽度并且 t 指代以所述底表面为基准的所述透镜面的所述顶部的高度,则曲率半径比 r_1/r_2 即所述第一曲率半径 r_1 和所述第二曲率半径 r_2 之比被设置成0.98至1.20的范围内包括的值。

2. 根据权利要求1所述的透镜阵列,其中

形成至少一个无机膜作为所述透镜面的顶表面上的抗反射膜。

3. 根据权利要求2所述的透镜阵列,其中

所述无机膜使所述第一曲率半径 r_1 和所述第二曲率半径 r_2 之间的差异较小。

4. 一种透镜阵列的制造方法,所述透镜阵列包括微透镜,所述微透镜对应于相位差检测像素形成,所述相位差检测像素被设置成混在成像像素中,所述方法包括以下步骤:

形成所述微透镜使得

其透镜面是基本上球形面,

所述微透镜在平面图上具有矩形形状并且四个拐角没有被倒圆,以及

在剖视图上包括像素边界部分的对边中心部分的对边边界部分附近的底表面比包括对角边界部分的对角边界部分附近的底表面高,

所述微透镜被形成为使得

所述微透镜在平面图上具有正方形形状,以及

第一曲率半径和第二曲率半径相等,所述第一曲率半径是所述对边中心部分的横截面中所述透镜面的曲率半径,所述第二曲率半径是所述对角边界部分的横截面中所述透镜面的曲率半径,

所述相位差异检测像素的像素大小被设置成等于或大于 $3\mu\text{m}$,以及

如果用 $r = (d^2 + 4t^2) / 8t$ 表达所述透镜面的曲率半径 r 而其中 d 指代底表面的贯穿所述透镜面的顶部的横截面的宽度并且 t 指代以所述底表面为基准的所述透镜面的所述顶部的高度,则曲率半径比 r_1/r_2 即所述第一曲率半径 r_1 和所述第二曲率半径 r_2 之比被设置成0.98至1.20的范围内包括的值。

5. 一种固态成像设备,所述固态成像设备包括:

透镜阵列,其包括微透镜,所述微透镜均

对应于相位差检测像素形成,所述相位差检测像素被设置成混在成像像素中,所述微透镜被形成为使得

其透镜面是基本上球形面,

所述微透镜在平面图上具有矩形形状并且四个拐角没有被倒圆,以及

在剖视图上包括像素边界部分的对边中心部分的对边边界部分附近的底表面比包括对角边界部分的对角边界部分附近的底表面高,

所述微透镜被形成为使得

所述微透镜在平面图上具有正方形形状,以及

第一曲率半径和第二曲率半径相等,所述第一曲率半径是所述对边中心部分的横截面中所述透镜面的曲率半径,所述第二曲率半径是所述对角边界部分的横截面中所述透镜面的曲率半径,

所述相位差检测像素的像素大小被设置成等于或大于 $3\mu\text{m}$,以及

如果用 $r = (d^2 + 4t^2) / 8t$ 表达所述透镜面的曲率半径 r 而其中 d 指代底表面的贯穿所述透镜面的顶部的横截面的宽度并且 t 指代以所述底表面为基准的所述透镜面的所述顶部的高度,则曲率半径比 r_1/r_2 即所述第一曲率半径 r_1 和所述第二曲率半径 r_2 之比被设置成0.98至1.20的范围内包括的值。

6.一种电子设备,所述电子设备包括:

固态成像设备,其包括

透镜阵列,其包括微透镜,所述微透镜均

对应于相位差检测像素形成,所述相位差检测像素被设置成混在成像像素中,所述微透镜被形成为使得

其透镜面是基本上球形面,

所述微透镜在平面图上具有矩形形状并且四个拐角没有被倒圆,以及

在剖视图上包括像素边界部分的对边中心部分的对边边界部分附近的底表面比包括对角边界部分的对角边界部分附近的底表面高,

所述微透镜被形成为使得

所述微透镜在平面图上具有正方形形状,以及

第一曲率半径和第二曲率半径相等,所述第一曲率半径是所述对边中心部分的横截面中所述透镜面的曲率半径,所述第二曲率半径是所述对角边界部分的横截面中所述透镜面的曲率半径,

所述相位差检测像素的像素大小被设置成等于或大于 $3\mu\text{m}$,以及

如果用 $r = (d^2 + 4t^2) / 8t$ 表达所述透镜面的曲率半径 r 而其中 d 指代底表面的贯穿所述透镜面的顶部的横截面的宽度并且 t 指代以所述底表面为基准的所述透镜面的所述顶部的高度,则曲率半径比 r_1/r_2 即所述第一曲率半径 r_1 和所述第二曲率半径 r_2 之比被设置成0.98至1.20的范围内包括的值。

透镜阵列及其制造方法、固态成像设备和电子设备

技术领域

[0001] 本技术涉及透镜阵列及其制造方法、固态成像设备和电子设备,更具体地,涉及可在抑制图像质量劣化的同时提高AF性能的透镜阵列及其制造方法、固态成像设备和电子设备。

背景技术

[0002] 在成像设备中,进行自动聚焦的AF(自动聚焦)系统被大致分类为对比度检测系统和相位差检测系统。相位差检测系统的优异之处在于,相比于对比度检测系统,可以进行高速AF运动。

[0003] 至于相位差检测系统,一般已知的是瞳孔划分(pupil division)相位差检测系统。瞳孔划分相位差检测系统是在同一光接收区域(成像区域)中设置用于相位差检测(用于焦点检测)的像素(下文中,被称为相位差检测像素)以及成像像素并且对成像表面执行AF测量(也就是说,得到代表焦点的偏离方向和偏离量的相位差检测信号)的系统。

[0004] 在固态成像设备的成像区域中包含相位差检测像素的情况下,必须保持成像像素的高敏感度特性并且增加相位差检测像素的相位差检测的敏感度以提高AF性能。因此,传统上,关于形成有对应于像素的开口的遮光膜,开口被形成为小于成像像素并且对应于相位差检测像素的微透镜的焦点被设置成提供前焦点状态(例如,参见专利文献1)。这里,“前焦点状态”意指焦点相对于受试对象偏向前方的状态。

[0005] 专利文献1:日本专利申请特开No.2009-109965

发明内容

[0006] 本发明要解决的问题

[0007] 然而,在专利文献1的技术中,微透镜在平面图上的形状被设置成圆形形状,以便将对对应于相位差检测像素的微透镜的焦点设置成前焦点,因此在相邻像素之间形成间隙。

[0008] 结果,要担心,进入间隙的光会进入相邻像素从而会出现颜色混合或者微透镜不能收集的光会被反射到形成在微透镜下方的层中形成的布线金属等,结果是会出现闪光,这使待输出图像的质量劣化。

[0009] 依据以上提到的情形,实施本技术以在抑制图像质量劣化的同时提高AF性能。

[0010] 用于解决问题的手段

[0011] 根据本技术的一方面的一种透镜阵列包括:微透镜,其对应于相位差检测像素形成,所述相位差检测像素被设置成混在成像像素中,所述微透镜被形成为使得其透镜面是基本上球形面,所述微透镜在平面图上具有矩形形状并且四个拐角基本上没有被倒圆,以及在剖视图上包括像素边界部分的对边中心部分的对边边界部分附近的底表面比包括对角边界部分的对角边界部分附近的底表面高。

[0012] 所述微透镜可被形成为使得所述微透镜在平面图上具有正方形形状,以及第一曲率半径和第二曲率半径大致相等,所述第一曲率半径是对边中心部分的横截面中透镜面的

曲率半径,所述第二曲率半径是对角边界部分的横截面中透镜面的曲率半径。

[0013] 所述相位差异检测像素的像素大小可被设置成等于或大于 $3\mu\text{m}$,以及如果用 $r = (d^2 + 4t^2) / 8t$ 表达所述透镜面的曲率半径 r 而其中 d 指代底表面的贯穿所述透镜面顶部的横截面的宽度并且 t 指代以底表面为基准的所述透镜面顶部的高度,则曲率半径比 r_1/r_2 即所述第一曲率半径 r_1 和所述第二曲率半径 r_2 之比可被设置成0.98至1.20的范围内包括的值。

[0014] 可形成至少一个无机膜作为所述透镜面的顶表面上的抗反射膜。

[0015] 所述无机膜可使所述第一曲率半径 r_1 和所述第二曲率半径 r_2 之间的差异较小。

[0016] 根据本技术的一方面的透镜阵列的制造方法是以下的一种透镜阵列的制造方法,所述透镜阵列包括微透镜,所述微透镜对应于相位差检测像素形成,所述相位差检测像素被设置成混在成像像素中。所述方法包括以下步骤:形成所述微透镜使得其透镜面是基本上球形面,所述微透镜在平面图上具有矩形形状并且四个拐角基本上没有被倒圆,以及在剖视图上包括像素边界部分的对边中心部分的对边边界部分附近的底表面比包括对角边界部分的对角边界部分附近的底表面高。

[0017] 根据本技术的一方面的一种固态成像设备包括:透镜阵列,其包括微透镜,所述微透镜均对应于相位差检测像素形成,所述相位差检测像素被设置成混在成像像素中,所述微透镜被形成为使得其透镜面是基本上球形面,所述微透镜在平面图上具有矩形形状并且四个拐角基本上没有被倒圆,以及在剖视图上包括像素边界部分的对边中心部分的对边边界部分附近的底表面比包括对角边界部分的对角边界部分附近的底表面高。

[0018] 根据本技术的一方面的一种电子设备包括固态成像设备,所述固态成像设备包括透镜阵列,所述透镜阵列包括微透镜,所述微透镜均对应于相位差检测像素形成,所述相位差检测像素被设置成混在成像像素中,所述微透镜被形成为使得其透镜面是基本上球形面,所述微透镜在平面图上具有矩形形状并且四个拐角基本上没有被倒圆,以及在剖视图上包括像素边界部分的对边中心部分的对边边界部分附近的底表面比包括对角边界部分的对角边界部分附近的底表面高。

[0019] 在本技术的一方面,所述微透镜被形成为使得其透镜面是基本上球形面,所述微透镜在平面图上具有矩形形状并且四个拐角基本上没有被倒圆,以及在剖视图上包括像素边界部分的对边中心部分的对边边界部分附近的底表面比包括对角边界部分的对角边界部分附近的底表面高。

[0020] 本发明的效果

[0021] 根据本技术的一方面,变得可以在抑制图像质量劣化的同时提高AF性能。

附图说明

[0022] [图1]示出应用本技术的图像传感器的实施例的框图。

[0023] [图2]示出单位像素的电路构造的示例的示图。

[0024] [图3]示出成像像素和相位差检测像素的结构示例的剖视图。

[0025] [图4]示出相位差检测像素的遮光膜的示例的示图。

[0026] [图5]用于描述传统相位差检测像素中的焦点位置的示图。

[0027] [图6]示出本技术的微透镜的构造示例的平面图。

[0028] [图7]用于描述本技术的相位差检测像素中的焦点位置的示图。

- [0029] [图8]用于描述本技术的微透镜的曲率半径的示图。
- [0030] [图9]用于描述传统干蚀刻方法的示图。
- [0031] [图10]用于描述相对于像素大小的与相邻像素对应的抗蚀剂图案之间的距离的示图。
- [0032] [图11]用于描述形成微透镜的流程的示图。
- [0033] [图12]用于描述相对于像素大小的曲率半径比的示图。
- [0034] [图13]用于描述像素大小和曲率半径比之间的依赖性关系的示图。
- [0035] [图14]用于描述形成微透镜的处理示例的流程图。
- [0036] [图15]用于描述形成微透镜的步骤的示图。
- [0037] [图16]用于描述形成微透镜的另一个处理示例的流程图。
- [0038] [图17]用于描述形成微透镜的步骤的示图。
- [0039] [图18]用于描述相对于像素大小的曲率半径比的示图。
- [0040] [图19]示出正面照明型固态成像设备的构造示例的剖视图。
- [0041] [图20]示出背面照明型固态成像设备的构造示例的剖视图。
- [0042] [图21]示出包括下凸形层内透镜的相位差检测像素的构造示例的剖视图。
- [0043] [图22]用于描述下凸形层内透镜的周向位置和曲率半径的示图。
- [0044] [图23]示出包括上凸形层内透镜的相位差检测像素的构造示例的剖视图。
- [0045] [图24]用于描述上凸形层内透镜的周向位置和曲率半径的示图。
- [0046] [图25]示出应用本技术的电子设备的实施例的框图。

具体实施方式

[0047] 下文中,将参照附图描述根据本技术的实施例。

[0048] <固态成像设备的构造示例>

[0049] 图1是示出应用本技术的固态成像设备的实施例的框图。下文中,将描述作为放大型固态成像设备中的一种的CMOS(互补型金属氧化物半导体)图像传感器的构造。注意的是,本技术不限于应用于CMOS图像传感器并且还可应用于其它放大型固态成像设备和诸如CCD(电荷耦合器件)图像传感器的电荷转移型固态成像设备。

[0050] 图1中示出的CMOS图像传感器10被构造成包括形成在半导体基板(下文中,被称为芯片)11上的像素阵列部分12和与像素阵列部分12集成在同一芯片11上的外围电路部分。在这个示例中,例如,设置行扫描单元13、列处理单元14、列扫描单元15和系统控制单元16作为外围电路部分。

[0051] 在像素阵列部分12中,单位像素(下文中,也被简称为像素)布置成二维矩阵形式。单元像素包括光电转换单元,光电转换单元产生电荷量与入射光的光量对应的光致电荷并且将光致电荷累积在其中。本文中阐述的术语“单位像素”意指用于得到成像信号的成像像素。随后,将描述单位像素(成像像素)的特定电路构造。

[0052] 另外,在像素阵列部分12中,相对于矩阵形式的像素布置,像素驱动线17沿着各像素行的行方向(像素行中的像素的布置方向)布置并且垂直信号线18沿着各像素列的列方向(像素列中的像素的布置方向)布置。像素驱动线17发送用于驱动像素的驱动信号。从行扫描单元13针对各行输出驱动信号。尽管像素驱动线17在图1中被示出为单条布线,但不限

于单条布线。像素驱动线17的一端连接到与行扫描单元13的行对应的输出端。

[0053] 行扫描单元13由移位电阻器、地址解码器等构成并且例如针对各行驱动像素阵列部分12的像素。尽管省略了行扫描单元13的具体构造的图示,但一般采用的是包括读出(read-out)扫描系统和扫出(sweep-out)扫描系统这两个扫描系统的构造。

[0054] 读出扫描系统顺序地选择性扫描各行的像素阵列部分12的单位像素,以从单位像素读出信号。从单位像素读出的信号是模拟信号。相对于被读出扫描系统执行读出扫描的读出行,扫出扫描系统执行扫出扫描,比读出扫描领先达快门速度的时间量。

[0055] 扫出扫描系统进行扫出扫描的结果是,从读出行中的单位像素的光电转换单元扫出不必要电荷并且重置光电转换单元。然后,通过用扫出扫描系统扫出(重置)不必要电荷,执行所谓的电子快门操作。这里,电子快门操作意指丢弃光电转换单元的光致电荷并且开始新曝光(开始累积光电荷)的操作。

[0056] 读出扫描系统在读出操作中读出的信号对应于前一读操作或电子开关操作之后的入射光的量。从电子开关操作的前一读操作的读出时间或扫出时间到当前读出操作的读出时间的时间段是单位像素中的光致电荷的累积时段(曝光时段)。

[0057] 被行扫描单元13选择性扫描的像素行中的单位像素输出的信号通过相应的垂直信号线18被供应到列处理单元14。对于像素阵列部分12的像素列中的每个,列处理单元14对通过垂直信号线18从所选择行中的像素输出的信号执行预定的信号处理并且在信号处理之后暂时保留像素信号。

[0058] 具体地,列处理单元14接收单位像素的信号并且对信号执行信号处理,例如,通过CD(相关双采样)进行的噪声消除、信号放大、或AD(模-数)转换。噪声消除处理的结果是,像素特有的固定模式噪声(例如,重置噪声或放大晶体管的阈值变化)被消除。注意的是,这里表示的信号处理只是示例,信号处理不限于此。

[0059] 列扫描单元15由移位电阻器、地址解码器等构成,并且通过顺序地选择与列处理单元14的像素列对应的单元电路来执行扫描。通过用列扫描单元15进行选择扫描,经受由列处理单元14的单元电路进行的信号处理的像素信号被顺序输出到水平总线19并且通过水平总线19发送到芯片11外部。

[0060] 系统控制单元16接收从芯片11外部供应的时钟、用于指定操作模式的数据等并且输出关于CMOS图像传感器10的内部信息等的信息。另外,系统控制单元16包括产生各种时序信号的时序发生器,并且基于时序发生器产生的各种时序信号,对诸如行扫描单元13、列处理单元14和列扫描单元15的外围电路部分执行驱动控制。

[0061] <单位像素的电路构造>

[0062] 图2是示出单位像素的电路构造的示例的电路图。

[0063] 如图2中所示,单位像素20包括例如作为光电转换单元的光电二极管21。此外,除了光电二极管21之外,单位像素20还包括例如转移晶体管(读出门部分)22、重置晶体管23、放大晶体管24和选择晶体管25这四个晶体管。

[0064] 这里,例如,使用N沟道MOS晶体管作为这四个晶体管。注意的是,这里例示的转移晶体管22、重置晶体管23、放大晶体管24和选择晶体管25的导电型组合只是示例,它们不限于这个组合。

[0065] 此外,相对于单位像素20,例如,设置例如转移线17a、重置线17b和选择线17c这三

条驱动线作为与同一像素行的像素公共的像素驱动线17。针对行扫描单元13的各像素行，转移线17a、重置线17b和选择线17c的一端连接到对应于各像素行的输出端，并且发送作为用于驱动单位像素20的驱动信号的转移脉冲 ϕTRF 、重置脉冲 ϕRST 和选择脉冲 ϕSEL 。

[0066] 光电二极管21的阳极电极连接到负侧电源(例如,地),以将接收到的光(入射光)光电转换成电荷量对应于其光量的光致电荷并且累积光致电荷。光电二极管21的阴极电极经由转移晶体管22电连接到放大晶体管24的栅极。与放大晶体管24的栅极电连接的节点将被称为FD(悬浮扩散)部分26。

[0067] 转移晶体管22连接在光电二极管21的阴极电极和FD单元26之间。经由转移线17a向转移晶体管22的栅极供应高电平(例如,Vdd电平)时启动(下文中,被称为高时启动(high-active))的转移脉冲 ϕTRF 。据此,使转移晶体管22成为导通状态,被光电二极管21光电转换的光致电荷被转移到FD单元26。

[0068] 关于重置晶体管23,漏极连接到像素电源Vdd并且源极连接到FD单元26。经由重置线17b向重置晶体管23的栅极供应高时启动的重置脉冲 ϕRST 。据此,使重置晶体管23成为导通状态,通过将FD单元26的电荷丢弃到像素电源Vdd来重置FD单元26。

[0069] 关于放大晶体管24,栅极连接到FD单元26并且漏极连接到像素电源Vdd。放大晶体管24将在FD单元26被重置晶体管23重置之后的输出FD单元26的电势作为重置信号(重置电平)Vrst输出。另外,放大晶体管24将在信号电荷被转移晶体管22转移之后的FD单元26的电势作为光累积信号(信号电平)Vsig输出。

[0070] 关于选择晶体管25,例如,漏极连接到放大晶体管24的源极并且源极连接到垂直信号线18。经由选择线17c向选择晶体管25的栅极供应高时启动的选择脉冲 ϕSEL 。据此,使选择晶体管25成为导通状态,选择单位像素20,并且放大晶体管24供应的信号被输出到垂直信号线18。

[0071] 尽管在图2的示例中,选择晶体管25被设置成具有它连接在放大晶体管24的源极和垂直信号线18之间的电路构造,但还可以采用选择晶体管25连接在像素电源Vdd和放大晶体管24的漏极之间的电路构造。

[0072] 此外,像素单元20不限于具有它由以上提到的四个晶体管形成的像素构造的像素单元。例如,可采用具有它由三个晶体管形成使这三个晶体管中的一个既用作放大晶体管24又用作选择晶体管25的像素构造的像素单元。在这种情况下,像素电路可具有任何构造。

[0073] <相位差检测像素的结构示例>

[0074] 以上提到的CMOS图像传感器10包括为了实现瞳孔划分型相位差检测而得到相位差检测信号的相位差检测像素。相位差检测信号是代表焦点的偏离方向(散焦方向)和偏离量(散焦量)的信号。

[0075] 相位差检测像素被设置成被混在图1中示出的像素阵列部分12(有效像素区)中,像素阵列部分12是通过将成像像素(单位像素20)布置成二维矩阵形式而形成的。具体地,相位差检测像素设置在有效像素区中,例如,在左、右、上和下方向上相交。

[0076] 图2中示出的像素电路是成像像素和相位差检测像素公共的像素电路。相位差检测像素的结构与成像像素的结构略有不同。这里,将参照图3和图4描述相位差检测像素的结构示例。图3示出成像像素和相位差检测像素的剖视图。图4示出相位差检测像素的遮光

膜的平面图。

[0077] 成像像素20和相位差检测像素40均具有以下构造。具体地,作为光电转换单元的光电二极管21形成在半导体基板11的表面层部分中并且遮光膜41设置在光电二极管21的光接收表面侧。成像像素20中的遮光膜41包括开口41A,开口41A对应于光电二极管21的光接收表面(光接收区域)设置。另一方面,相位差检测像素40中的遮光膜41是用于检测相位差的遮光膜并且包括使瞳孔划分光束中的一个从中穿过的开口41A。依据遮光膜41中设置的开口41A的大小,相位差检测像素40在结构上不同于成像像素20。如图4中所示,在平面图上,相位差检测像素40中的遮光膜41的开口41A的大小是单位像素的大约一半。

[0078] 如图3中所示,遮光膜41形成为以下状态:形成为布线层42的部分,具体地,布线层42的最靠下布线层也用作遮光膜。在包括遮光膜41和布线层42的层间绝缘膜43上层合绝缘膜44,在绝缘膜44上层合滤色器45,在滤色器45上层合由丙烯酸树脂等形成的平整膜46,在平整膜46上层合微透镜(片上透镜)47。

[0079] 注意的是,除了被形成为也用作布线层42的最靠下布线层外,可独立于布线层42形成专用遮光膜41。遮光膜41由诸如钨(W)、钛(Ti)、铝(Al)和铜(Cu)的具有遮光属性的材料形成。注意的是,图4的A和B中示出的遮光膜41的结构是针对以下情况:相位差检测像素布置在有效像素区中的左方向和右方向上,以从出瞳(exit pupil)中分出左光通量和右光通量。在相位差检测像素40中的遮光膜41布置在有效像素区中的上方向和下方向上的情况下,遮光膜41的结构是通过将图4的A和B中的开口41A旋转90度而得到的结构。

[0080] <相位差检测像素中的焦点位置>

[0081] 如上所述,除了遮光膜41中设置的开口41A的大小差异之外,相位差检测像素40和成像像素(单位像素)20在微透镜47的焦距内在结构上也不同。

[0082] 为了保持成像像素20的高敏感度特性,有利的是,形成对应于成像像素20形成的微透镜(第一微透镜),使得焦点位置处于光电二极管21的光接收表面中。另一方面,为了保持相位差检测像素40的优良相位差检测特性,有利的是,形成对应于相位差检测像素40形成的微透镜(第二微透镜),使得焦点位置处于遮光膜41中。

[0083] 出于此原因,有利的是,形成对应于相位差检测像素40形成的微透镜,使得相比于对应于成像像素20形成的微透镜,焦距较短。焦距较短意味着,对应于相位差检测像素40形成的微透镜的焦点位置位于背离光电二极管21的光接收表面的位置。

[0084] 这里,参照图5,将描述大体对应于相位差检测像素40形成的微透镜47和遮光膜41之间的关系。图5的A示意性示出对边方向上的微透镜47的横截面。图5的B示意性示出对角方向上的微透镜47的横截面。注意的是,在平面图上,微透镜47形成为大致正方形形状。

[0085] 这里,对边方向指示像素布置方向。例如,像素布置方向被设置成图1中示出的行方向x或列方向y。在这个示例中,对边方向指示图1的像素阵列部分12的水平方向。此外,对角方向被设置成形成正方形形状的微透镜47中的对角方向。因此,对角方向相对于像素布置方向倾斜。在这个示例中,假设对边方向指示图1的像素阵列部分12的倾斜方向。

[0086] 光(光通量)通过成像透镜(未示出)的出瞳的区域入射到微透镜47上。已穿过微透镜47的光被导向包括开口41A的遮光膜41,在平面图上,开口41A的大小是单位像素的大约一半。在图5的示例中,遮光膜41的左半部是开口41A。因此,有利的是,只有通过出瞳的区域入射的右边光束穿过开口41A并且被导向位于遮光膜41下方的光电二极管21。此时,通过出

瞳的区域入射的左边光束被遮光膜41遮蔽。

[0087] 关于宽度尺寸较短的对边方向(水平方向)上的微透镜47的透镜部分,如图5的A中所示,透镜面的横截面的曲率半径 r_1 被设计成,使得焦点位置 f_p 是遮光膜41中的位置。因此,通过出瞳的左边和右边入射的光束有利地穿过遮光膜41的开口41A或者被遮光膜41遮蔽。

[0088] 然而,关于相比于水平方向上的透镜部分具有较长宽度尺寸的对角方向(倾斜方向)上的透镜部分,在水平方向上,其底表面形成在与透镜部分的底表面相同的平面上。因此,如图5的B中所示,在水平方向上,透镜面的横截面的曲率半径 r_2 大于透镜面的横截面的曲率半径 r_1 。因此,相比于遮光膜41,焦点位置 f_p 的位置更靠近光电二极管21。换言之,焦距较长。因此,左边和右边的光束没有遮光膜41有利地分开并且相位差检测像素40的检测精度(下文中,在一些情况下被称为AF检测精度)降低。

[0089] 另一方面,在本技术的CMOS图像传感器中,构成对应于布置在像素阵列部分12中的像素形成的透镜阵列的微透镜47中的每个被形成为,使得其透镜面是基本上球状表面,如图6中所示,在平面图上,微透镜47具有对应于单位像素边界部分的矩形形状(正方形形状),四个角基本上没有被倒圆。具体地,微透镜47的四个拐角被形成为,使得如图6中所示,在对角方向上彼此相邻的微透镜47的拐角之间的距离 c 小于 $0.4\mu\text{m}$ 即可见光区域中的光的波长。

[0090] 因此,相邻像素之间的间隙极小。因此,变得可以抑制由于光进入相邻像素而导致的颜色混合和由于光被反射到微透镜47下方的层中形成的布线层42而导致的闪光并且抑制图像质量劣化。

[0091] 另外,本技术的CMOS图像传感器10中的微透镜47被形成为,使得在剖视图上,包括对角边界部分的对角边界部分附近的底表面,也就是说,倾斜方向($b-b'$ 方向)上的底表面低于包括像素边界部分的对边中心部分的对边边界部分附近的底表面,也就是说,水平方向($a-a'$ 方向)上的底表面。

[0092] 这里,参照图7,将描述对应于相位差检测像素40形成的本技术的微透镜47和遮光膜41之间的关系。图7的A示意性示出对边方向上的微透镜47的横截面。图7的B示意性示出对角方向上的微透镜47的横截面。尽管将在假设在平面图上微透镜47形成为大致正方形形状的情况下进行以下描述,但微透镜47在平面图上可形成为大致矩形形状。

[0093] 在宽度尺寸较短的对边方向(水平方向)上的微透镜47的透镜部分中,如图7的A中所示,透镜面的横截面的曲率半径 r_1 被设计成,使得焦点位置 f_p 位于遮光膜41中。因此,通过出瞳的左边和右边入射的光束有利地穿过遮光膜41的开口41A或者被遮光膜41遮蔽。

[0094] 此外,在相比于水平方向上的透镜部分具有较长宽度尺寸的对角方向(倾斜方向)上的透镜部分中,在水平方向上,其底表面被形成为低于透镜部分的底表面。因此,如图7的B中所示,在水平方向上,透镜面的横截面的曲率半径 r_2 基本上等于透镜面的横截面的曲率半径 r_1 并且焦点位置 f_p 是遮光膜41中的位置。如果微透镜47被形成为使得如上所述地在水平方向和倾斜方向上的透镜部分的底表面位置有所不同,则可以在保持水平方向上的优良分光特性的同时,提高倾斜方向上的分光特性。因此,AF检测精度变好并且变得可以提高AF性能。

[0095] 此外,如随后将描述的,假设本技术的微透镜47应用于其像素大小(具有正方形形

状的像素区中的一侧的长度)是 $3\mu\text{m}$ 或更大的相位差检测像素40。

[0096] 另外,如图8中所示,如果用 $r = (d^2 + 4t^2) / 8t$ 表达透镜面的曲率半径 r (其中, d 指示底表面的贯穿透镜面顶部的横截面的宽度, t 指示以底表面为基准的透镜面顶部的高度),则在本技术的微透镜47中,曲率半径比 r_1/r_2 即图7中示出的曲率半径 r_1 与曲率半径 r_2 之比是0.98至1.20的范围内包括的值。

[0097] <形成微透镜的方法>

[0098] 顺带一提,已知热熔流(thermal melt flow)方法和干蚀刻方法是形成微透镜的常用方法。

[0099] 热熔流方法是以下方法:将作为感光树脂的微透镜材料施用到基板上,顺序地执行诸如预烘焙、曝光、显影和脱色曝光(bleaching exposure)的各种类型的处理,并且在温度等于或高于感光树脂的在上面形成凸形透镜的热软化温度的情况下,执行热处理(热熔流)。如果在这个热处理中将浮动的树脂彼此相接触,则图案由于表面张力而流动并且透镜形状出现塌陷。据此,在热处理中设置对应于相邻像素形成的感光树脂图案没有熔化的状况。

[0100] 干蚀刻方法是以下的方法:在基板上形成微透镜材料,在其上施用感光树脂,顺序地执行诸如预烘焙、曝光和显影的各种类型的处理,在温度等于或高于感光树脂的在上面形成具有凸形透镜形状的掩模层的热软化温度的情况下,执行热处理,这个掩模层被蚀刻(转印)到作为其基体的微透镜材料。根据这种方法,可以形成在平面图上比掩模层的尺寸大的微透镜,因此形成有效面积大且光收集效率高的透镜。

[0101] <传统干蚀刻方法的考虑>

[0102] 这里,例如,将考虑作为使用干蚀刻方法形成微透镜的方法的日本专利申请特开No.2008-52004中公开的方法。

[0103] 在这种方法中,如图9的左侧示出的,首先,在各像素中,形成横截面是矩形的、在平面图上具有圆形形状的抗蚀剂图案51。接下来,通过使抗蚀剂图案51经受热处理,抗蚀剂图案51变形成球形面透镜形状,如图9的右侧示出的。此时,抗蚀剂图案51变形,使得它们的曲率半径在周向方向上基本上相等。然后,在对应于相邻像素的透镜之间的距离减小的状况下,对整个表面执行回蚀。通过将抗蚀剂图案51蚀刻(转印)到作为其基体的微透镜材料,形成使对应于相邻像素的透镜之间的距离减小的透镜阵列。

[0104] 注意的是,另外,在这种方法中,在形成期间对具有球形面透镜形状的抗蚀剂图案51执行热处理的情况下,设置对应于相邻像素形成的感光树脂图案不熔化的状况。

[0105] 如果如图9的右侧所示地用 w 指示在水平方向(对边方向)上的相邻像素之间的抗蚀剂图案51之间的距离,则距离 w 取决于将使用的曝光设备、材料类型和工艺条件(热处理温度、时间等)。例如,在使用 i 线步进机作为曝光设备的情况下,距离 w 是大致 0.2 至 $0.6\mu\text{m}$ 。这里,如果如图9的左侧所示地用 a 指示像素大小并且用 x 指示如图9的右侧所示的对应于倾斜方向(对角方向)上的相邻像素的抗蚀剂图案51之间的距离,则用近似方程 $a * \sqrt{2} - (a - w)$ 来表达距离 x 。

[0106] 图10是示出在形成抗蚀剂图案51使得距离 w 基于以上提到的近似方程是 $0.35\mu\text{m}$ 的情况下的像素大小和距离 x 之间的关系的视图。

[0107] 如图10中所示,随着像素大小变大,对角方向上的距离 x 也变大。

[0108] 顺带一提,本技术的微透镜被形成为在平面图上基本上等于像素区,因此,在这个形成过程中,必须执行干蚀刻,直到距离 w 和距离 x 变成0。然而,随着像素大小变大,相邻像素之间的距离 w 和距离 x 也变大,因此进行干蚀刻以将距离 w 和距离 x 设置成0所需的时间变长。例如,在像素大小是 $4\mu\text{m}$ 的情况下进行干蚀刻的过程中,需要是在像素大小是 $1\mu\text{m}$ 的情况下所需的时间长度的2.6倍的时间。因此,如果干蚀刻所需的时间变长,则有助于制造成本提高并且由于固态成像装置的等离子体损伤等增加而导致性能劣化。

[0109] <关于根据本技术形成微透镜的方法>

[0110] 接下来,将描述根据本技术形成微透镜的方法。

[0111] 在基板上形成微透镜材料。在其上施用感光树脂。对感光树脂进行预烘焙。然后,使用如图11的A中所示的光掩模61开始曝光。在图11的A中示出的光掩模61中,黑色部分指示遮蔽曝光用光的遮光部分而白色部分是将曝光用光从中透射的透射部分。注意的是,在光掩模61中,透射部分对应于在曝光之后使抗蚀剂图案保留下来的部分并且透射部分对应于在曝光之后使抗蚀剂图案被曝光并且去除的部分。

[0112] 这里,例如,使用投影倍数是 $1/4$ 的缩小投影曝光设备作为曝光设备,使用 KrF 、 ArF 等的 i 线或准分子激光作为曝光用光。例如,如果使用 i 线作为投影倍数是 $1/4$ 的缩小投影曝光设备中的曝光用光,则将光掩模61中的水平方向(对边方向)上的相邻遮光部分之间的距离 w 设置成 $1.4\mu\text{m}$ 。在这种情况下,投影倍数是 $1/4$,因此当实际执行图案曝光时的距离是 $0.35\mu\text{m}$ 。

[0113] 注意的是,在图11的A中示出的光掩模61中,将对应于单位像素的倾斜(对角)方向上的遮光部分的宽度设置成水平方向上的宽度的 $\sqrt{2}$ 倍。

[0114] 图11的B示出正型光致抗蚀剂图案,使用光掩模61将正型光致抗蚀剂图案曝光并且使用诸如四甲基氢氧化物的有机碱性水溶液进行显影,正型光致抗蚀剂图案包含酚醛清漆树脂等作为主要成分。注意的是,在对应于单位像素形成的光致抗蚀剂图案62中,由于曝光器件的光学衍射等影响,导致四个拐角被略微倒圆,因此倾斜(对角)方向上的光致抗蚀剂图案62的宽度略小于水平方向上的宽度的 $\sqrt{2}$ 倍。

[0115] 当从图11的B的状态起在温度等于或高于光致抗蚀剂图案62的热软化温度的情况下对光致抗蚀剂图案62执行进一步热处理时,光致抗蚀剂图案62的表面形成为球形面形状,如图11的C中所示。

[0116] 图11的C中示出的光致抗蚀剂图案62被蚀刻(转印)到诸如基于苯乙烯的树脂的已形成为其基体的微透镜材料。使用例如基于氟碳化合物的蚀刻气体 CF_4 执行这个干蚀刻,直到所形成的微透镜的有效面积扩大并且变得基本上等于像素区并且微透镜之间的间隔被消除。结果,形成微透镜63,如图11的D中所示,在平面上,微透镜63与像素区基本上相等。

[0117] 本发明申请人研究了在根据以上提到的方法形成微透镜63使图11的A中的距离 w 固定在 $1.4\mu\text{m}$ 的情况下的曲率半径比(在对边方向上的透镜面的横截面的曲率半径 r_1 /对角方向上的透镜面的横截面的曲率半径 r_2)和像素大小之间的关系。在图12中示出结果。

[0118] 如图12中所示,发现当像素大小是大致1至 $2\mu\text{m}$ 时曲率半径比小于1.1而当像素大小超过 $2\mu\text{m}$ 时曲率半径比超过1.2。

[0119] <像素大小和曲率半径比之间的依赖性关系>

[0120] 这里,参照图13,将描述曲率半径比取决于像素大小的原因。

[0121] 图13的A示出在像素大小是 $3.0\mu\text{m}$ 的情况下的光致抗蚀剂图案62的平面图。图13的B示出在像素大小是 $1.0\mu\text{m}$ 的情况下的光致抗蚀剂图案62的平面图。

[0122] 如上所述,形成通过显影而形成的光致抗蚀剂图案62,光致抗蚀剂图案62具有倒圆的四个拐角。倒圆的程度被设置成,只要图11的A中示出的光掩模61的遮光部分的大小(具有正方形形状的遮光部分的一条边的长度)等于或大于 $2.6\mu\text{m}$ (投影倍数是 $1/4$,因此实际执行图案曝光时的距离是 $0.65\mu\text{m}$ 。像素大小等于 $1.0\mu\text{m}$),就基本上不变。

[0123] 如图13的A中所示,在像素大小是 $3.0\mu\text{m}$ 的情况下,光致抗蚀剂图案62的两条边的虚拟延长线的交点和光致抗蚀剂图案62的倒圆部分之间的距离被设置成 $0.12\mu\text{m}$ 。另一方面,如图13的B中所示,在像素大小是 $1.0\mu\text{m}$ 的情况下,光致抗蚀剂图案62的两条边的虚拟延长线的交点和光致抗蚀剂图案62的倒圆部分之间的距离被设置成 $0.13\mu\text{m}$ 。

[0124] 也就是说,在像素大小是 $3.0\mu\text{m}$ 的情况下,相对于水平方向(对边方向)上的光致抗蚀剂图案62的宽度的倾斜方向(对角方向)上的宽度是足够大的值。在平面图上,形成的光致抗蚀剂图案62的形状更接近正方形。

[0125] 另一方面,在像素大小是 $1.0\mu\text{m}$ 的情况下,在平面图上,形成的光致抗蚀剂图案62的形状更接近大致圆形形状。在形成的光致抗蚀剂图案62的形状更接近大致圆形形状的情况下,如图9的示例中一样,光致抗蚀剂图案62被形成使得在周向方向上的曲率半径基本上相等。通过将此光致抗蚀剂图案62蚀刻(转印)到形成为其基体的微透镜材料,形成曲率半径比等于或低于1.1的微透镜。

[0126] 如上所述,在像素大小等于或小于 $2.0\mu\text{m}$ 的情况下,结果是形成在周向方向上具有基本上相同曲率半径的微透镜,因此曲率半径比也等于或低于1.1。

[0127] 顺带一提,近年来,在同一光接收区域中设置成像像素和相位差检测像素的构造特别地应用于APS-C尺寸或35mm全尺寸的固态成像设备并且已进行了关于提高其性能的各种考虑。这种固态成像设备中的像素大小一般被设置成大致3至 $6\mu\text{m}$ 。

[0128] 然而,如上所述,在像素大小大于 $2.0\mu\text{m}$ 的情况下,微透镜的曲率半径比大于1.2。本发明申请人根据以上提到的方法制造用于像素大小是 $3.9\mu\text{m}$ 的APS-C尺寸固态成像设备的微透镜(透镜阵列)。结果,其曲率半径比是1.34。另外,本发明申请人研究了包括这些微透镜的固态成像设备的AF性能。结果,不能够得到优良的AF性能。

[0129] 据此,为了提高APS-C尺寸或35mm全尺寸的固态成像设备的AF性能,下文中将描述形成微透镜的方法,通过该方法,即使像素大小是3至 $6\mu\text{m}$,在抑制干蚀刻时间增加的同时,也保持曲率半径比低。

[0130] <根据本技术形成微透镜的方法1>

[0131] 参照图14和图15,将描述根据本技术形成微透镜的方法。图14是用于描述形成微透镜的处理的流程图。图15是示出形成微透镜的步骤的平面图、水平方向上的剖视图和倾斜方向上的剖视图。

[0132] 首先,在步骤S11中,在平整膜上形成诸如基于苯乙烯的树脂的微透镜材料的膜。

[0133] 在步骤S12中,通过光刻方法,在微透镜材料上形成由酚醛清漆树脂等形成的正型光致抗蚀剂图案。

[0134] 在步骤S13中,如图15的过程A中所示的,通过热处理,形成上部凸形透镜形状的光致抗蚀剂图案71。此时,光致抗蚀剂图案71在倾斜方向(b-b'方向)上的宽度大于水平方向

(a-a'方向)上的宽度。此外,得到对角方向上的横截面的曲率半径大于对边方向上的横截面的曲率半径的状态。

[0135] 在步骤S14中,通过将光致抗蚀剂图案71蚀刻(转印)到形成为其基体的微透镜材料,执行干蚀刻。

[0136] 这里,将描述此时使用的蚀刻设备和蚀刻气体。

[0137] (关于蚀刻设备)

[0138] 除了微波等离子体型蚀刻设备外,还使用诸如平行板RIE(反应离子蚀刻)设备、高压窄间隙型等离子体蚀刻设备、ECR(电子回旋谐振)型蚀刻设备、变压器耦合等离子体型蚀刻设备、电感耦合等离子体型蚀刻设备和螺旋波等离子体型蚀刻设备的其它高密度等离子体型蚀刻设备作为蚀刻设备。

[0139] (关于蚀刻气体)

[0140] 使用用于控制蚀刻速率的第一组气体和用于控制CD(临界尺寸)增益的第二组气体中的至少两种类型的气体作为蚀刻气体。

[0141] 第一组气体包括 CF_4 、 NF_3 、 SF_6 等并且第二组气体包括 C_3F_8 、 C_4F_8 、 C_4F_6 、 C_5F_8 、 C_2F_6 等。

[0142] 这种含氟气体在等离子体中产生F激子和CF激子。在干蚀刻过程中,F激子用于在相对于光致抗蚀剂图案的深度方向上蚀刻并且CF激子用于由于基于氟碳化合物的沉积物而造成微透镜的有效面积扩大。也就是说,第一组气体产生许多F激子并且第二组气体产生许多CF激子。

[0143] 可适当调节第一组气体与第二组气体之比,以得到微透镜所需的曲率半径比。此外,可添加其它气体。

[0144] 在图15的过程B中,在干蚀刻过程中,在微透镜的有效面积扩大的同时,进行相对于光致抗蚀剂图案71和微透镜72的深度方向上的蚀刻。在图15的过程B中,得到与水平方向(a-a'方向)上的相邻像素对应的微透镜72保持彼此接触的状态。此时,微透镜72处于对角方向上的横截面的曲率半径略大于对边方向上的横截面的曲率半径的状态。

[0145] 通过从在图15的过程B的状态起连续执行干蚀刻,在图15的过程C中,得到与倾斜方向(b-b'方向)上的相邻像素对应的微透镜72保持彼此接触的状态。此时,微透镜72处于在平面图上在对应于相邻像素的微透镜72之间基本上没有形成间隙的状态。此外,此时,在微透镜72中,水平方向(对边方向)上的横截面的曲率半径更接近倾斜方向(对角方向)上的横截面的曲率半径。

[0146] 根据以上提到的处理,微透镜的有效面积扩大并且对边方向上的横截面的曲率半径更接近对角方向上的横截面的曲率半径。也就是说,曲率半径比更接近1.0,这有助于提高AF性能。本发明申请人根据本技术的以上提到的方法,制造用于像素大小是 $3.9\mu\text{m}$ 的APS-C尺寸固态成像设备的微透镜(透镜阵列)。结果,其曲率半径比是1.20并且能够得到优良的AF性能。因此,根据本技术的方法,变得可以形成可在抑制图像质量劣化的同时提高AF性能的微透镜。

[0147] 注意的是,当本发明人在通过改变本技术的以上提到的方法中的蚀刻条件使曲率半径比在1.20至1.34之间变化的情况下评价AF性能时,不能够得到优良的AF性能。因此,可以说,为了得到优良的AF性能,期望将曲率半径比设置成等于或低于1.20。

[0148] <根据本技术形成微透镜的方法2>

[0149] 接下来,参照图16和图17,将描述根据本技术的形成微透镜的方法的另一个示例。图16是用于描述形成微透镜的处理的流程图。图17是示出形成微透镜的步骤的水平方向上的剖视图和倾斜方向上的剖视图。

[0150] 注意的是,图16的流程图中的步骤S31至S34的过程与图14的流程图中的步骤S11至S14的过程相同,因此将省略对其的描述。

[0151] 也就是说,在如图17的过程C中所示通过步骤S34中的干蚀刻形成微透镜72之后,图17的过程D中所示在步骤S35中在微透镜72上形成第一无机膜81。

[0152] 通过用例如诸如等离子体CVD(化学气相沉积)的干膜形成方法在大致160℃至200℃的温度下沉积SiON等,形成第一无机膜81。此时,调节膜形成条件,使得SiON的折射率变得基本上等于作为基于聚苯乙烯的树脂的微透镜材料的大致1.57至1.61的折射率。

[0153] 根据以上提到的干膜形成方法,由于膜形成分子的平均自由程的差异,导致在具有较长平均自由程的微透镜72的顶部部分81a附近,第一无机膜81的膜形成速度较高,而在具有较短平均自由程的微透镜72的凹槽部分81b和81c附近,第一无机膜81的膜形成速度较低。特别地,在微透镜72的凹槽部分81c附近,膜形成速度最低。因此,在微透镜72中,水平方向(a-a'方向)上的横截面的曲率半径和倾斜方向(b-b'方向)上的横截面的曲率半径之间的差异变小。结果,曲率半径比从在干蚀刻之后的1.20改善至1.15。

[0154] 另外,在形成第一无机膜81之后,在步骤S36中,在第一无机膜81上形成第二无机膜82,如图17的过程E中所示。

[0155] 通过在大致160℃至200℃的温度下沉积折射率比SiON的折射率低的SiO、SiOC、SiOF、SiOCH等,形成第二无机膜82。此时,第二无机膜82通过被形成为具有是可见光波长的1/4的膜厚度而充当微透镜72的抗反射膜。注意的是,在这种情况下,微透镜72、第一无机膜81和第二无机膜82之间的大小关系如下。

[0156] $(\text{微透镜72}) \approx (\text{第一无机膜81}) > (\text{第二无机膜82})$

[0157] 根据以上提到的处理,如在以上参照图14的流程图描述的处理中,变得可以形成可在抑制图像质量劣化的同时提高AF性能的微透镜。另外,第二无机膜82充当微透镜72的抗反射膜,因此微透镜72上的反射率减低并且可实现固态成像设备的敏感度特性的提高并且可实现闪光的减少。因此,变得可以进一步提高图像质量。

[0158] 注意的是,在以上提到的处理中,可通过在大致160℃至200℃的温度下沉积折射率比微透镜72的折射率高的SiON、SiN等,形成第一无机膜81并且可通过在大致160℃至200℃的温度下沉积折射率比微透镜72和第一无机膜81的折射率低的SiO、SiOC、SiOF、SiOCH等,形成第二无机膜82。此时,第一无机膜81和第二无机膜82充当双层抗反射膜。据此,可以进一步降低微透镜72上的反射率。

[0159] 注意的是,在这种情况下,微透镜72、第一无机膜81和第二无机膜82之间的大小关系如下。

[0160] $(\text{第一无机膜81}) > (\text{微透镜72}) > (\text{第二无机膜82})$

[0161] 本发明申请人研究了在根据本技术的以上提到的方法的两个示例形成微透镜72的情况下曲率半径比与像素大小的关系。在图18中示出结果。

[0162] 如图18中所示,在传统技术(黑色圆形图线)中,当像素大小大于 $3.0\mu\text{m}$ 时,曲率半径高于理想值1.2。另一方面,在以上参照图14和图15描述的本技术的示例(实例1)(白色方

形图线)中,即使当像素大小是 $4.0\mu\text{m}$ 时,曲率半径比是等于或低于理想值1.2的值。另外,在以上参照图16和图17描述的本技术的示例(实例2)(白色三角形图线)中,即使当像素大小是 $5.0\mu\text{m}$ 时,曲率半径比是等于或低于理想值1.2的值。如上所述,根据本技术,即使像素大小是 $3\mu\text{m}$ 至 $5\mu\text{m}$ 时,曲率半径比也可保持低。因此,变得可以实现特别地APS-C尺寸、35mm全尺寸等固态成像设备的AF性能的提高,这些固态成像设备包括对应于相位差检测像素形成的微透镜,相位差检测像素被设置成混在成像像素中。

[0163] 注意的是,通过以上提到的干膜形成方法形成的膜的类型不限于 SiON 、 SiN 、 SiO_2 、 SiOC 等并且还可使用 ZnO 、 ZrO_2 、 Al_2O_3 、 TiO_2 、 CaF_2 、 LiF 、 MgO 等并且适当且合适地调节其折射率。

[0164] 尽管以上使用等离子体CVD作为干膜形成方法,但可使用诸如热CVD、有机金属CVD和光学CVD的其它CVD方法。此外,还可使用诸如真空气相沉积、离子镀、溅射、激光消融和分子束外延的PVD(物理气相沉积)方法作为其它膜形成方法。

[0165] <针对固态成像设备的应用>

[0166] 可应用本技术的固态成像设备被大致分类为正面照明型固态成像设备和背面照明型固态成像设备。

[0167] 图19是示出正面照明型固态成像设备的结构示例的剖视图。

[0168] 如图19中所示,在正面照明型固态成像设备中,在形成在光电二极管101上方的绝缘膜102上,形成作为像素晶体管的栅极103。例如,在其上方形成三个布线层104。栅极103和布线层104借助接触件105电连接并且布线层104借助接触件105电连接。

[0169] 在布线层104上方形成平整膜106。在平整膜106上形成滤色器107。然后,在滤色器107上形成微透镜108。

[0170] 在图19的正面照明型固态成像设备中设置相位差检测像素的情况下,形成第一(最靠下)布线层104作为用于在像差检测像素中进行瞳孔划分的遮光膜。因此,在图19的示例中,像差检测像素中的遮光膜和光电二极管101的顶表面之间的距离 t_1 是包括接触件105的厚度。

[0171] 图20是示出背面照明型固态成像设备的结构示例的剖视图。

[0172] 如图20中所示,在背面照明型固态成像设备中,针对各像素,在形成在光电二极管11上方的绝缘膜112上形成遮光膜113。在其上方形成滤色器114。然后,在滤色器114上形成微透镜115。

[0173] 注意的是,在背面照明型固态成像设备中,在与上面形成有微透镜115的表面相对的表面中,形成像素晶体管和布线层(未示出)。

[0174] 在图20的背面照明型固态成像设备中设置相位差检测像素的情况下,各像素中设置的遮光膜113被形成为用于在相位差检测像素中进行瞳孔划分的遮光膜。因此,在图20的示例中,可以使像差检测像素中的遮光膜和光电二极管111的顶表面之间的距离 t_2 比图19的距离 t_1 短。

[0175] 顺带一提,本技术的微透镜还可应用于与以上提到的正面照明型固态成像设备或背面照明型固态成像设备中的成像像素对应的微透镜。据此,在包括成像像素和相位差检测像素混合而成的像素阵列的固态成像设备中,可以形成同时具有相同形状的微透镜(透镜阵列),而不用将制造过程划分成用于对应于成像像素的微透镜的制造过程和用于对应

于相位差检测像素的微透镜的制造过程。因此,可以避免增加步骤的数量。

[0176] 注意的是,优选地,凭借AF性能的提高,将对应于相位差检测像素的微透镜的焦点位置设置成在遮光膜中。此外,优选地,凭借敏感度特性的提高,将对应于成像像素的微透镜的焦点位置设置成在光电二极管表面中。

[0177] 这里,当比较图19的正面照明型固态成像设备与图20的背面照明型固态成像设备时,在背面照明型固态成像设备中,遮光膜和光电二极管表面之间的距离较短。因此,在针对成像像素和相位差检测像素同时形成具有相同形状的微透镜的情况下,相比于正面照明型固态成像设备,可以抑制这些像素的性能劣化。

[0178] 然而,另外,在正面照明型固态成像设备中,在使用本技术形成针对成像像素和相位差检测像素具有相同形状的微透镜的情况下,相比于传统技术,这些像素的性能变得更好。

[0179] 顺带一提,在形成针对成像像素和相位差检测像素具有相同形状的微透镜的情况下,可设置层间透镜,作为用于校正对应于这些像素的微透镜的焦点位置的偏离的构造。

[0180] 这里,将描述下凸形层内透镜和上凸形层内透镜的结构示例。这里,将以将它们应用于背面照明型固态成像设备的情况为例进行描述。

[0181] <下凸形层内透镜>

[0182] 图21示出包括形成在滤色器上的下凸形层内透镜的像素结构的剖视图。这里,示出与彼此相邻的成像像素20和相位差检测像素40这两种像素对应的剖视结构。

[0183] 如图21中所示,仅仅针对相位差检测像素40,形成包括使瞳孔划分的光束从中穿过的开口41A的遮光膜41。另外,在滤色器45上的平整膜46中形成下凸形层内透镜121。注意的是,遮光膜41还用作对应于单位像素形成的遮光膜,用于遮蔽像素之间的光。用平整膜48将粗糙的遮光膜41平整化。

[0184] 形成对应于成像像素20的滤色器45作为针对红色、绿色和蓝色中的每种的滤色器。另一方面,形成对应于相位差检测像素40的滤色器45作为绿色或青色滤色器、使可见光从中穿过的膜、或由诸如炭黑和钛黑的黑色颜料形成的层。注意的是,在没有设置对应于相位差检测像素40的滤色器45的情况下,可在形成对应于成像像素20的滤色器45之后埋入平整膜46。

[0185] 平整膜46由折射率是大约1.5的丙烯酸树脂、折射率是大约1.45至1.5的基于硅氧烷的树脂、通过在这些树脂中的一种中添加氟而将其折射率调节成大约1.4至1.44的树脂、通过在这些树脂中的一种中添加空心二氧化硅颗粒而将其折射率调节成大约1.2至1.39的树脂、等等形成。

[0186] 平整膜46中的将要形成下凸形层内透镜121的一部分经受光刻和干蚀刻,以具有对应于下凸形层内透镜121的形状。

[0187] 下凸形层内透镜121被形成为,使得如图22中所示,有利地,在平面图上是圆形形状,周向方向上的横截面的曲率半径 r 相等,而不管以平面图上的中点为中心在周向方向上的位置如何。

[0188] 此时,有利地,下凸形层内透镜121与微透镜47一体地由与微透镜47相同的材料形成。使用例如折射率是大约1.57至1.61的基于苯乙烯的树脂、折射率是大约1.6的酚醛清漆树脂、折射率是大约1.7的基于聚酰亚胺的树脂、或通过在树脂中添加例如诸如氧化锌、氧

化锆、氧化铌、氧化钛和氧化锡的金属氧化物细小颗粒来调节其折射率至大致1.7至2.0的树脂来同时形成形状相同的、针对成像像素和相位差检测像素的微透镜47。

[0189] 在图21的固态成像设备中,下凸形层内透镜121将微透镜47收集的光的焦点位置向着微透镜47调整并且焦点位置变得恒定,而不管在下凸形层内透镜121的平面图上的周向方向上的位置如何。因此,不管遮光膜和光电二极管之间的距离如何,可提高固态成像设备的AF性能。

[0190] 尽管在这个示例中,以在滤色器45上的平整膜46上形成下凸形层内透镜121的构造为例进行描述,但可采用在滤色器45下方形成平整膜并且在平整膜中形成下凸形层内透镜121的构造。

[0191] <上凸形层内透镜>

[0192] 图23是示出包括形成在滤色器上的上凸形层内透镜的像素结构的剖视图。这里,示出与彼此相邻的成像像素20和相位差检测像素40这两种像素对应的剖视结构。

[0193] 如图23中所示,仅仅针对相位差检测像素40,形成包括使瞳孔划分的光束之一从中穿过的开口41A的遮光膜41。另外,在滤色器45上的平整膜46中形成上凸形层内透镜122。注意的是,遮光膜41还用作对应于单位像素形成的遮光膜,用于遮蔽像素之间的光。用平整膜48将粗糙的遮光膜41平整化。

[0194] 形成对应于成像像素20的滤色器45作为针对红色、绿色和蓝色中的每种的滤色器。另一方面,形成对应于相位差检测像素40的滤色器45作为绿色或青色滤色器、使可见光从中穿过的膜、或由诸如炭黑和钛黑的黑色颜料形成的层。注意的是,在没有设置对应于相位差检测像素40的滤色器45的情况下,可在形成对应于成像像素20的滤色器45之后埋入由丙烯酸树脂等形成的滤色器覆盖膜45A。

[0195] 上凸形层内透镜122被形成为,使得如图24中所示,有利地,在平面图上是圆形形状,周向方向上的横截面的曲率半径 r 相等,而不管以平面图上的中点为中心在周向方向上的位置如何。

[0196] 通过对例如折射率是大致1.57至1.61的基于苯乙烯的树脂、折射率是大约1.6的酚醛清漆树脂、折射率是大约1.7的基于聚酰亚胺的树脂、或通过在树脂中添加例如诸如氧化锌、氧化锆、氧化铌、氧化钛和氧化锡的金属氧化物细小颗粒将其折射率调节成大致1.7至2.0的材料、和根据干膜形成方法形成其膜的折射率是大约1.6至1.9的SiON、SiN等执行光刻和干蚀刻,形成上凸形层内透镜122。

[0197] 平整膜46由折射率是大约1.5的丙烯酸树脂、折射率是大约1.45至1.5的基于硅氧烷的树脂、通过在这些树脂中的一种中添加氟而将其折射率调节成大约1.4至1.44的树脂、通过在这些树脂中的一种中添加空心二氧化硅颗粒而将其折射率调节成大约1.2至1.39的树脂等等形成。这些折射率低于上凸形层内透镜122的折射率。

[0198] 使用例如基于苯乙烯的树脂,同时形成形状相同的针对成像像素和相位差检测像素的微透镜47。

[0199] 在图23的固态成像设备中,上凸形层内透镜122将微透镜47收集的光的焦点位置校正成更靠近微透镜47并且焦点位置变得恒定,而不管在上凸形层内透镜122的平面图上的周向方向上的位置如何。因此,不管遮光膜和光电二极管之间的距离如何,可提高固态成像设备的AF性能。

[0200] 尽管在这个示例中,以在滤色器45上的平整膜46中形成上凸形层内透镜122的构造为例进行描述,但可采用在滤色器45下方形成平整膜并且在平整膜中形成上凸形层内透镜122的构造。

[0201] 本技术不限于应用于固态成像设备。本技术可应用于均包括固态成像设备的电子设备,例如,诸如数字静态相机和摄像机、诸如蜂窝电话的具有成像功能的便携式终端设备等成像设备。

[0202] <针对电子设备的应用>

[0203] 图25是示出作为应用本技术的电子设备的示例的成像设备的构造示例的框图。

[0204] 如图25中所示,成像设备200包括含成像镜头201等的光学系统、成像元件202、作为相机信号处理单元的DSP(数字信号处理器)电路203、帧存储器204、显示设备205、记录设备206、操作系统207、电源系统208等。DSP电路203、帧存储器204、显示设备205、记录设备206、操作系统207和电源系统208经由总线线路209连接,以相互可进行通信。

[0205] 成像镜头201从受试对象获取入射光并且在成像元件202的成像表面上形成其图像。成像元件202将其图像被成像镜头201形成在成像表面上的入射光的光量转换成针对各像素的电信号并且将电信号作为像素信号输出。可使用包括用于相位差异检测的像素的本技术的固态成像设备作为这个成像元件202。

[0206] 显示设备205由诸如液晶显示设备和有机EL(电致发光)显示设备的平板型显示设备构成。显示设备205显示成像元件202获取的移动图像或静止图像。记录设备206将成像元件202获取的移动图像或静止图像记录在诸如存储卡、录像带和DVD(数字通用盘)上。

[0207] 操作系统207根据用户的操作,发出与成像设备200的各种功能相关的操作命令。电源系统208适当地将各种电力作为操作电源供应到作为其供应目标的DSP电路203、帧存储器204、显示设备205、记录设备206和操作系统207。

[0208] 另外,成像设备200包括镜头驱动单元210,镜头驱动单元210将成像镜头201在其光轴方向上驱动。镜头驱动单元210和成像透镜201构成用于调节焦点的聚焦机构。系统控制器211执行成像设备200中的各种控制(诸如,对聚焦机构、以上提到的组件等的控制)。

[0209] 关于对聚焦机构的控制,基于本技术的固态成像设备中的用于相位差异检测的像素输出的相位差检测信号,执行算术处理来计算例如DSP电路203中的焦点的偏移方向和偏移量。当接收到算术结果时,系统控制器211通过借助镜头驱动单元210将成像镜头201在其光轴方向上移动来执行聚焦控制,以致实现聚焦。

[0210] 尽管本技术的实施例不限于以上提到的实施例并且可在不脱离本技术的主旨的情况下进行各种修改。

[0211] 应该注意,本技术还可采用以下构造。

[0212] (1) 一种透镜阵列,所述透镜阵列包括:

[0213] 微透镜,其对应于相位差检测像素形成,所述相位差检测像素被设置成混在成像像素中,所述微透镜被形成为使得

[0214] 其透镜面是基本上球形面,

[0215] 所述微透镜在平面图上具有矩形形状并且四个拐角基本上没有被倒圆,以及

[0216] 在剖视图上包括像素边界部分的对边中心部分的对边边界部分附近的底表面比包括对角边界部分的对角边界部分附近的底表面高。

- [0217] (2) 根据 (1) 所述的透镜阵列, 其中,
- [0218] 所述微透镜被形成为使得
- [0219] 所述微透镜在平面图上具有正方形形状, 以及
- [0220] 第一曲率半径和第二曲率半径大致相等, 所述第一曲率半径是相对所述侧中心部分的横截面中所述透镜面的曲率半径, 所述第一曲率半径是对边中心部分的透镜面的横截面的曲率半径, 所述第二曲率半径是所述对角边界部分的横截面中所述透镜面的曲率半径。
- [0221] (3) 根据 (2) 所述的透镜阵列, 其中,
- [0222] 所述相位差异检测像素的像素大小被设置成等于或大于 $3\mu\text{m}$, 以及
- [0223] 如果用 $r = (d^2 + 4t^2) / 8t$ 表达所述透镜面的曲率半径 r 而其中 d 指代底表面的贯穿所述透镜面的顶部的横截面的宽度并且 t 指代以底表面为基准的所述透镜面的所述顶部的高度, 则曲率半径比 r_1/r_2 即所述第一曲率半径 r_1 和所述第二曲率半径 r_2 之比被设置成 0.98 至 1.20 的范围内包括的值。
- [0224] (4) 根据 (2) 或 (3) 所述的透镜阵列, 其中, 形成至少一个无机膜作为所述透镜面的顶表面上的抗反射膜。
- [0225] (5) 根据 (4) 所述的透镜阵列, 其中, 所述无机膜使所述第一曲率半径 r_1 和所述第二曲率半径 r_2 之间的差异较小。
- [0226] (6) 一种透镜阵列的制造方法, 所述透镜阵列包括微透镜, 所述微透镜对应于相位差检测像素形成, 所述相位差检测像素被设置成混在成像像素中, 所述方法包括以下步骤:
- [0227] 形成所述微透镜使得
- [0228] 其透镜面是基本上球形面,
- [0229] 所述微透镜在平面图上具有矩形形状并且四个拐角基本上没有被倒圆, 以及
- [0230] 在剖视图上包括像素边界部分的对边中心部分的对边边界部分附近的底表面比包括对角边界部分的对角边界部分附近的底表面高。
- [0231] (7) 一种固态成像设备, 所述固态成像设备包括:
- [0232] 透镜阵列, 其包括微透镜, 所述微透镜均
- [0233] 对应于相位差检测像素形成, 所述相位差检测像素被设置成混在成像像素中, 所述微透镜被形成为使得
- [0234] 其透镜面是基本上球形面,
- [0235] 所述微透镜在平面图上具有矩形形状并且四个拐角基本上没有被倒圆, 以及
- [0236] 在剖视图上包括像素边界部分的对边中心部分的对边边界部分附近的底表面比包括对角边界部分的对角边界部分附近的底表面高。
- [0237] (8) 一种电子设备, 所述电子设备包括:
- [0238] 固态成像设备, 其包括
- [0239] 透镜阵列, 其包括微透镜, 所述微透镜均
- [0240] 对应于相位差检测像素形成, 所述相位差检测像素被设置成混在成像像素中, 所述微透镜被形成为使得
- [0241] 其透镜面是基本上球形面,
- [0242] 所述微透镜在平面图上具有矩形形状并且四个拐角基本上没有被倒圆, 以及

[0243] 在剖视图上包括像素边界部分的对边中心部分的对边边界部分附近的底表面比包括对角边界部分的对角边界部分附近的底表面高。

[0244] 对参考符号的描述

[0245] 10 CMOS图像传感器

[0246] 12 像素阵列部分

[0247] 20 成像像素

[0248] 40 相位差检测像素

[0249] 41 遮光膜

[0250] 47 微透镜

[0251] 200 成像设备

[0252] 202 成像元件

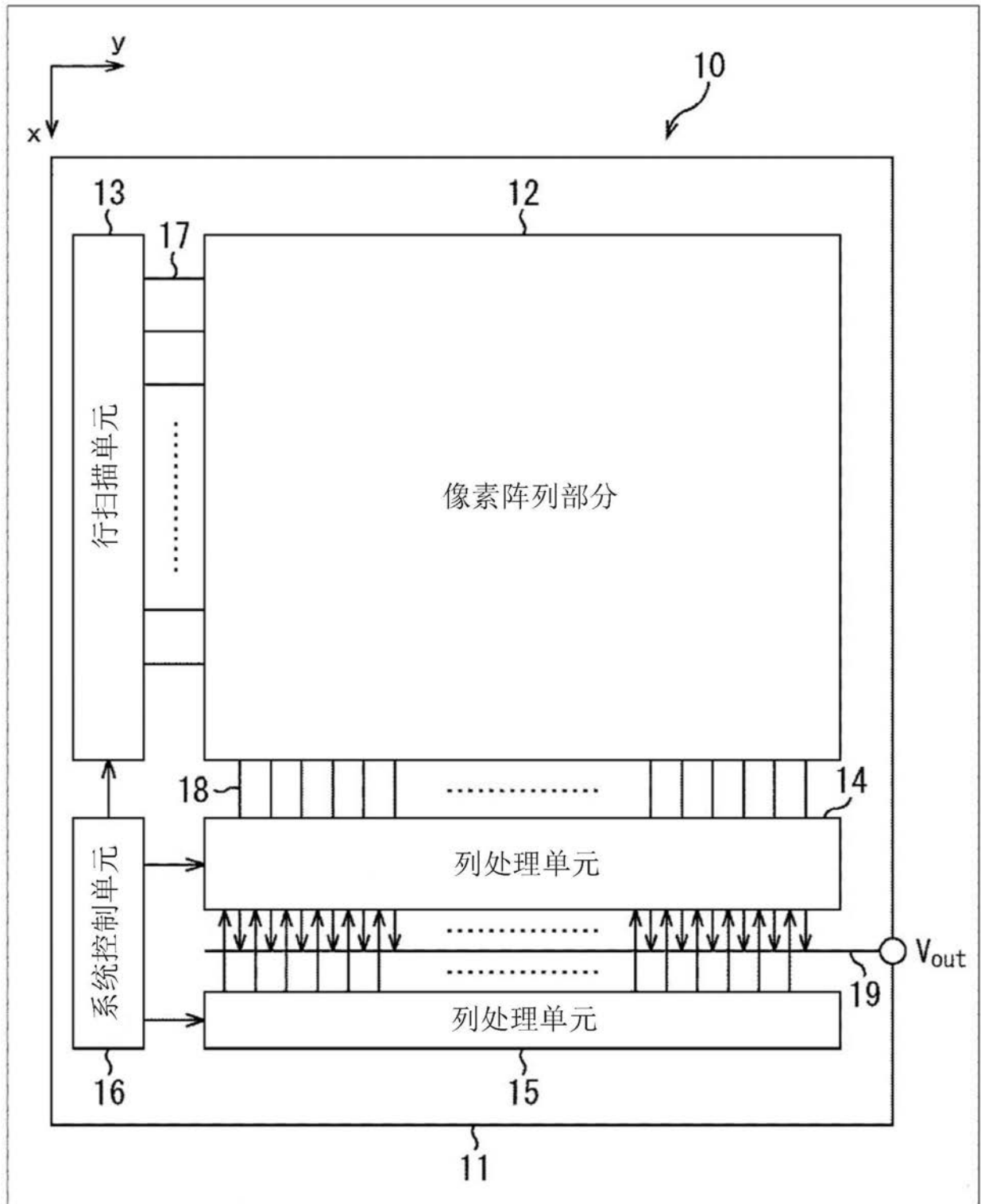


图1

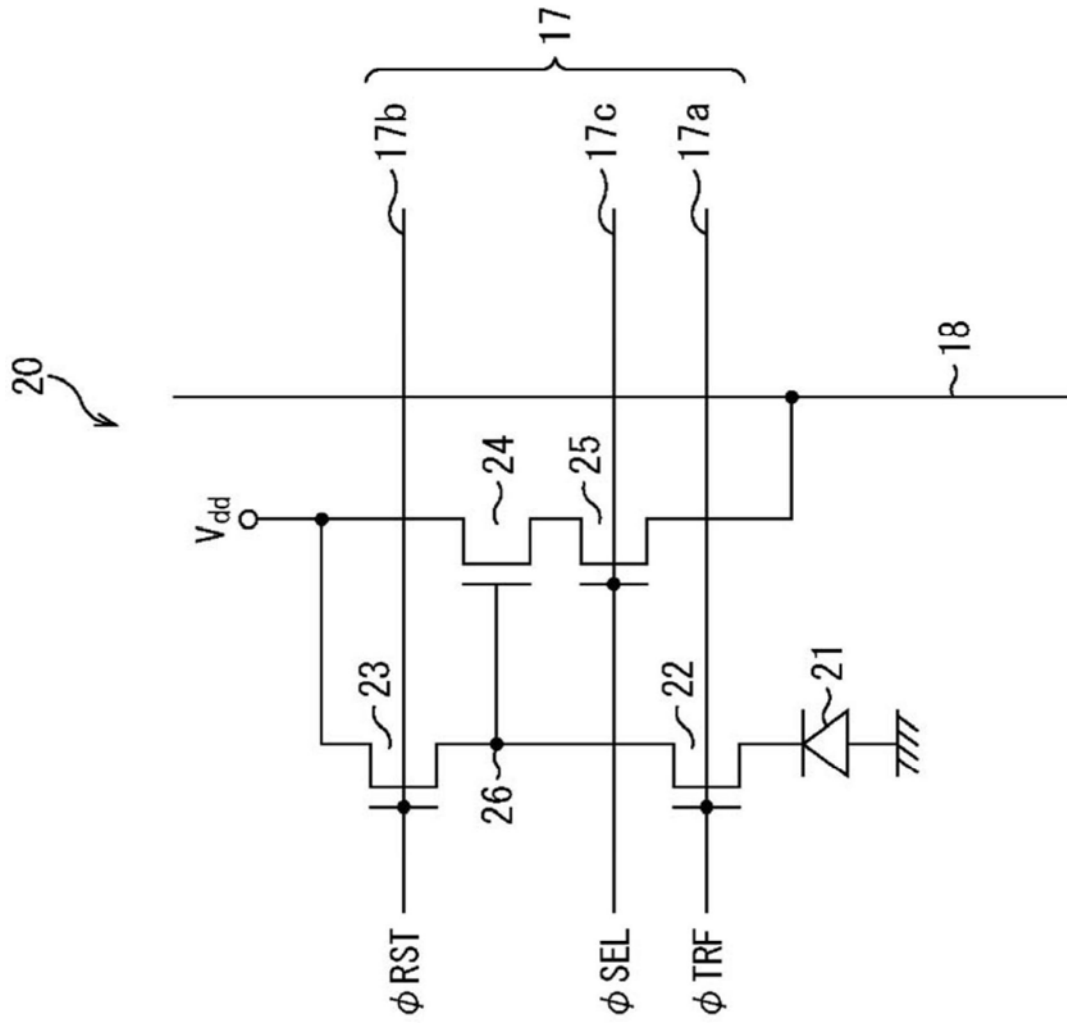


图2

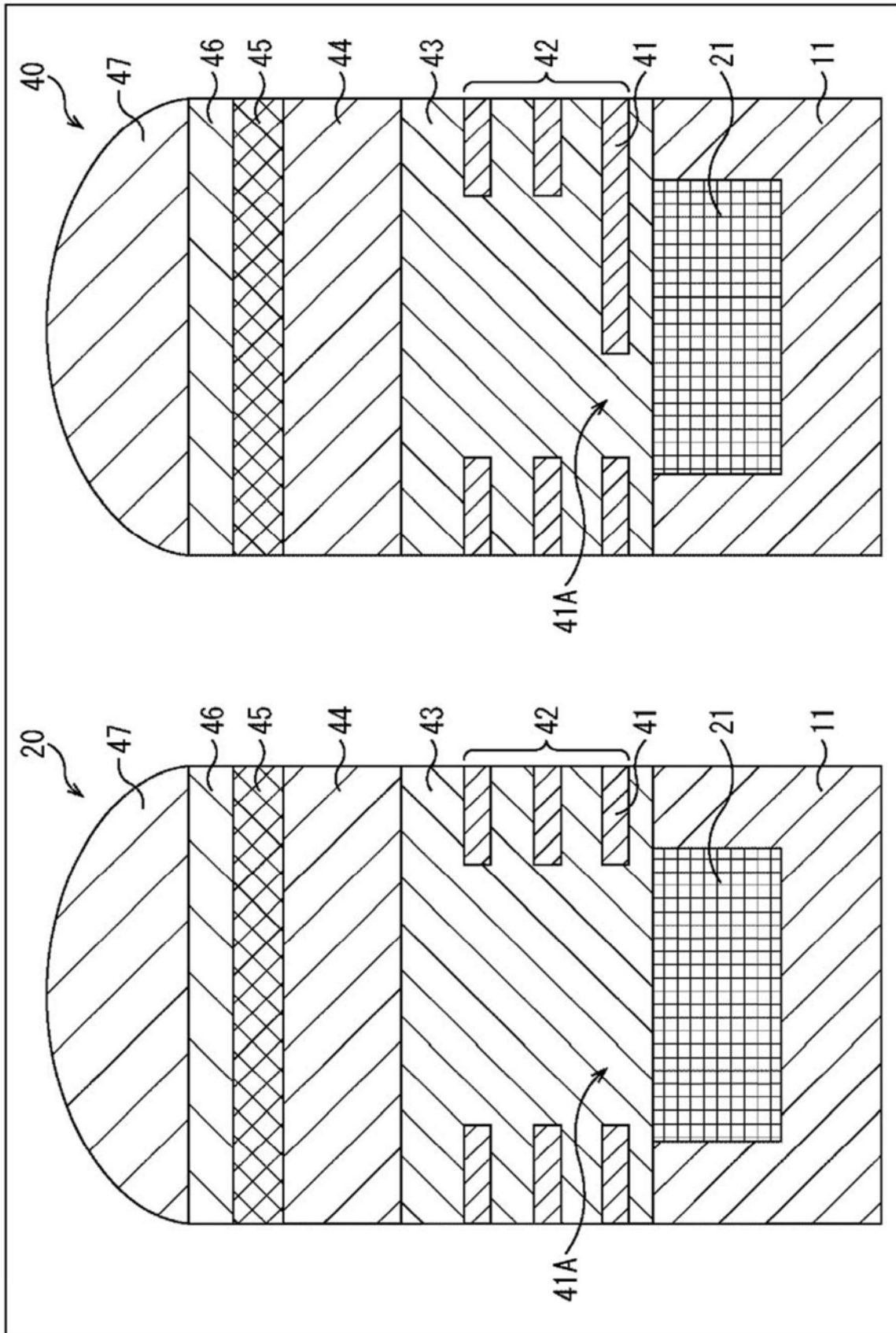


图3

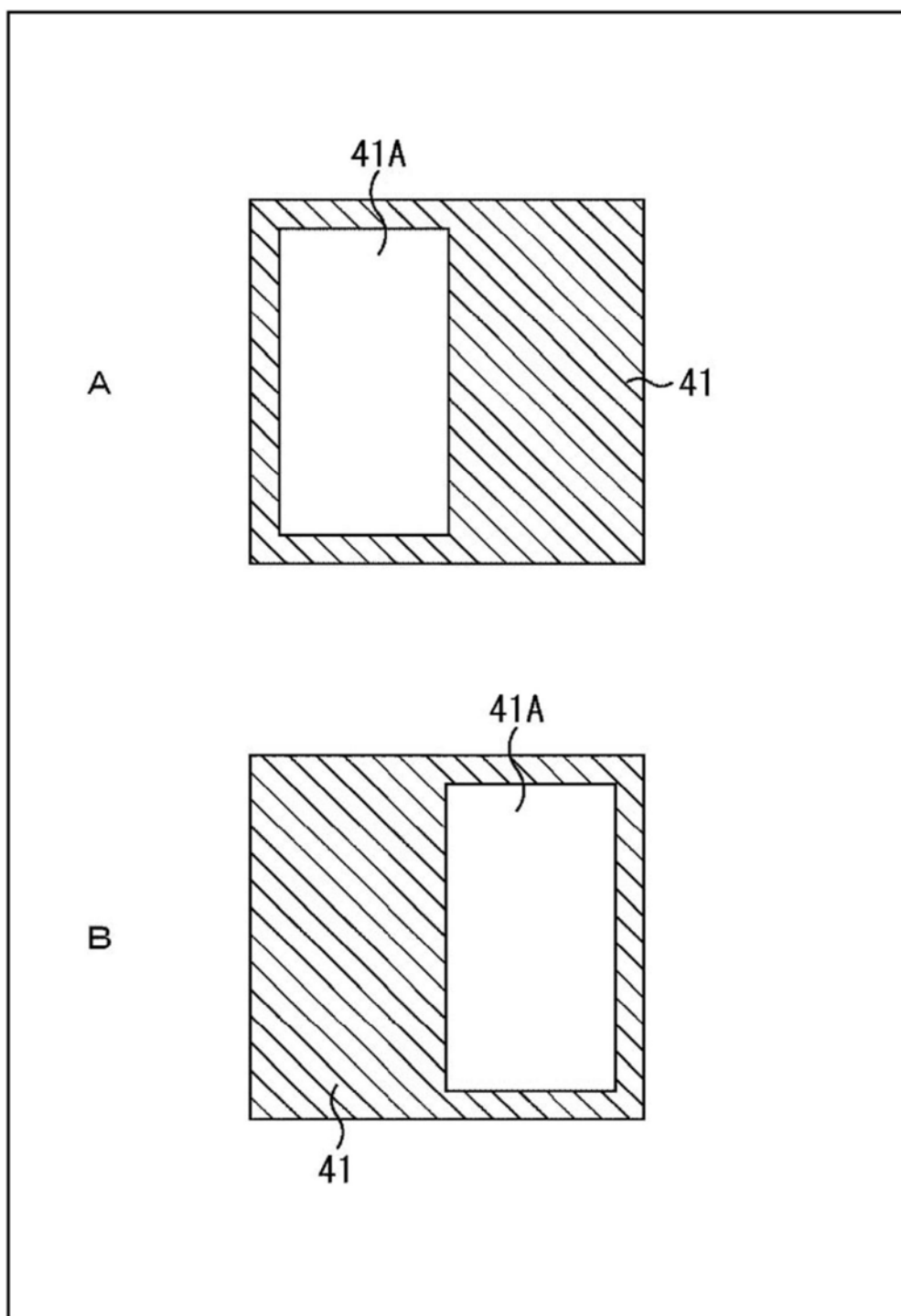


图4

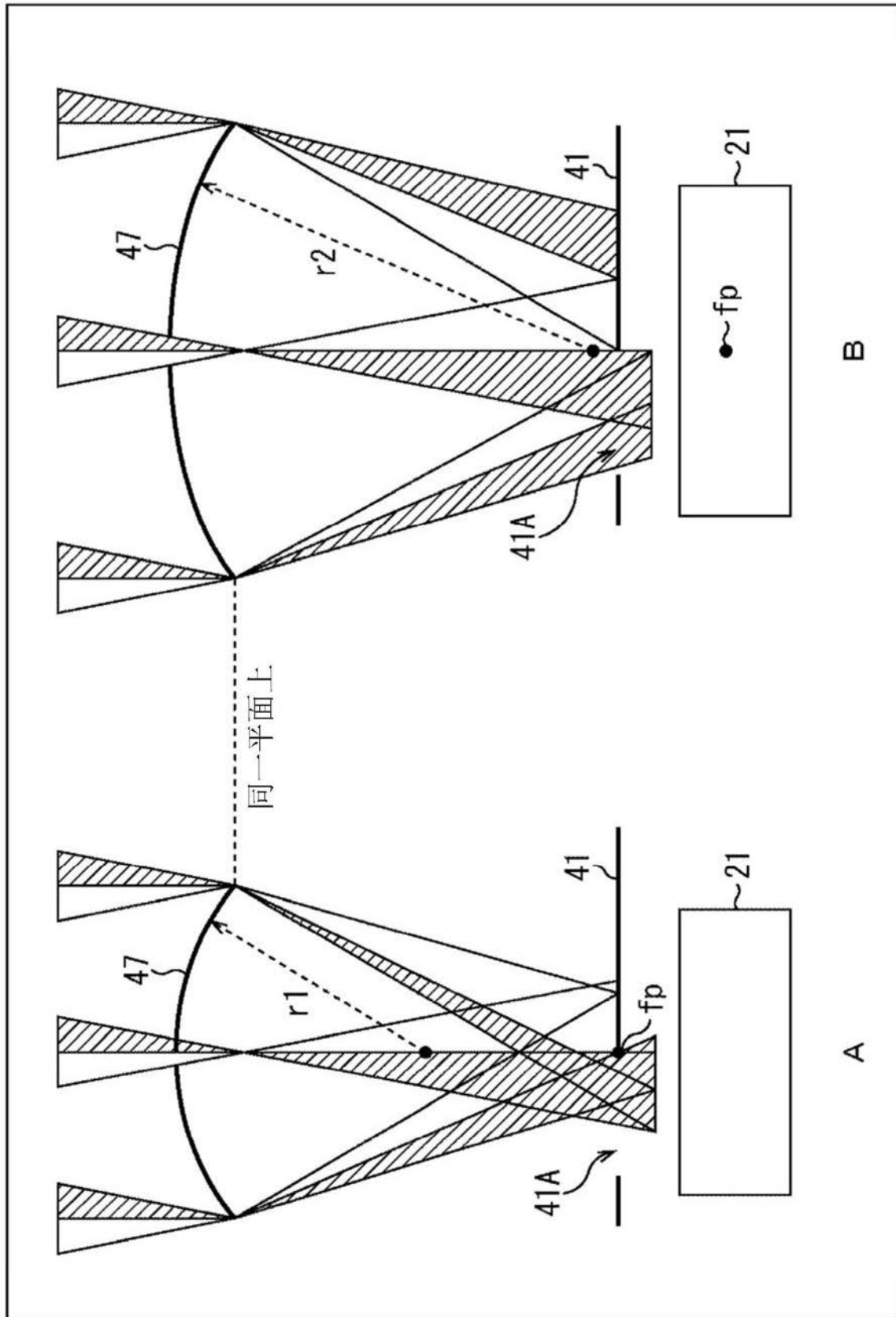


图5

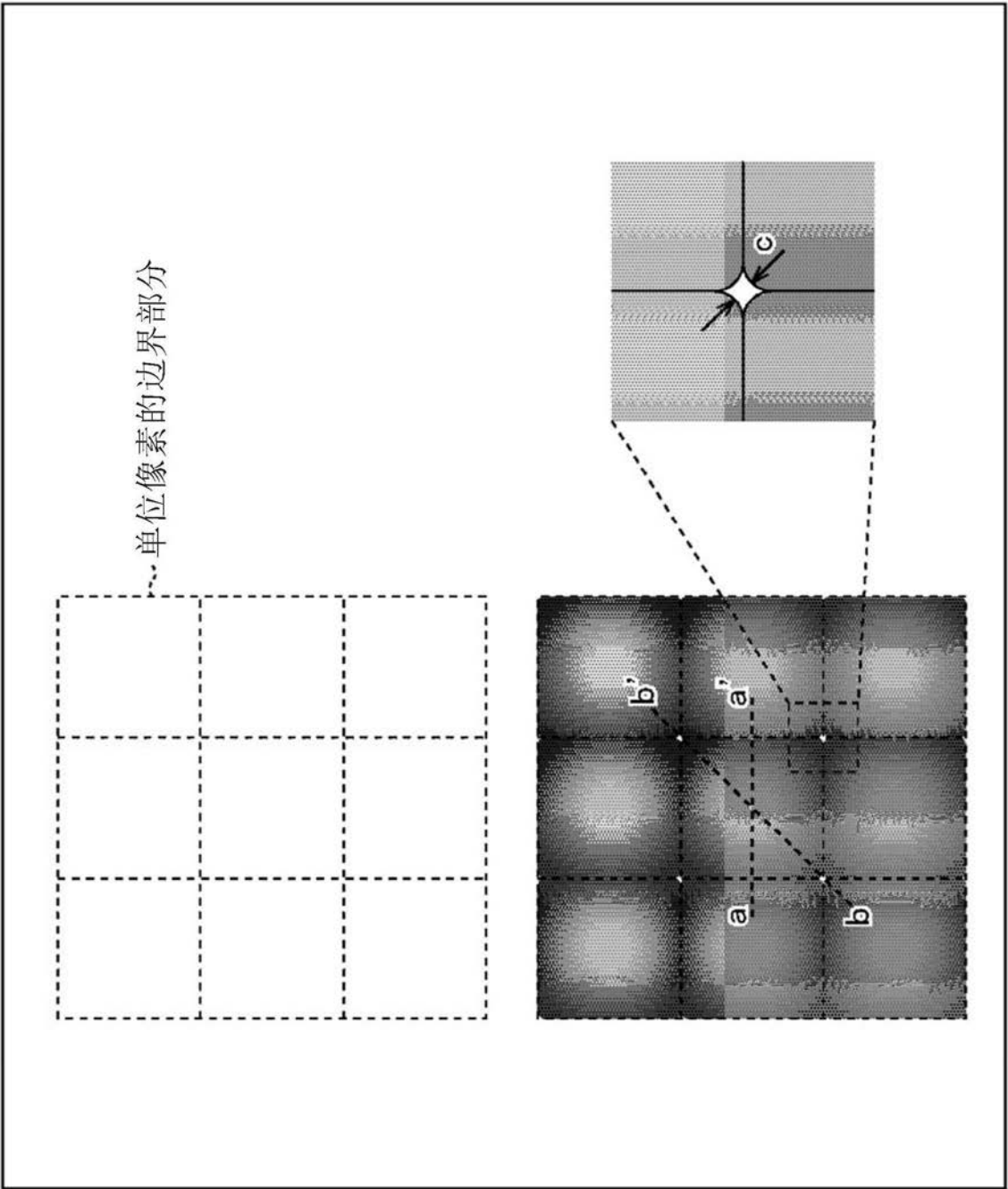


图6

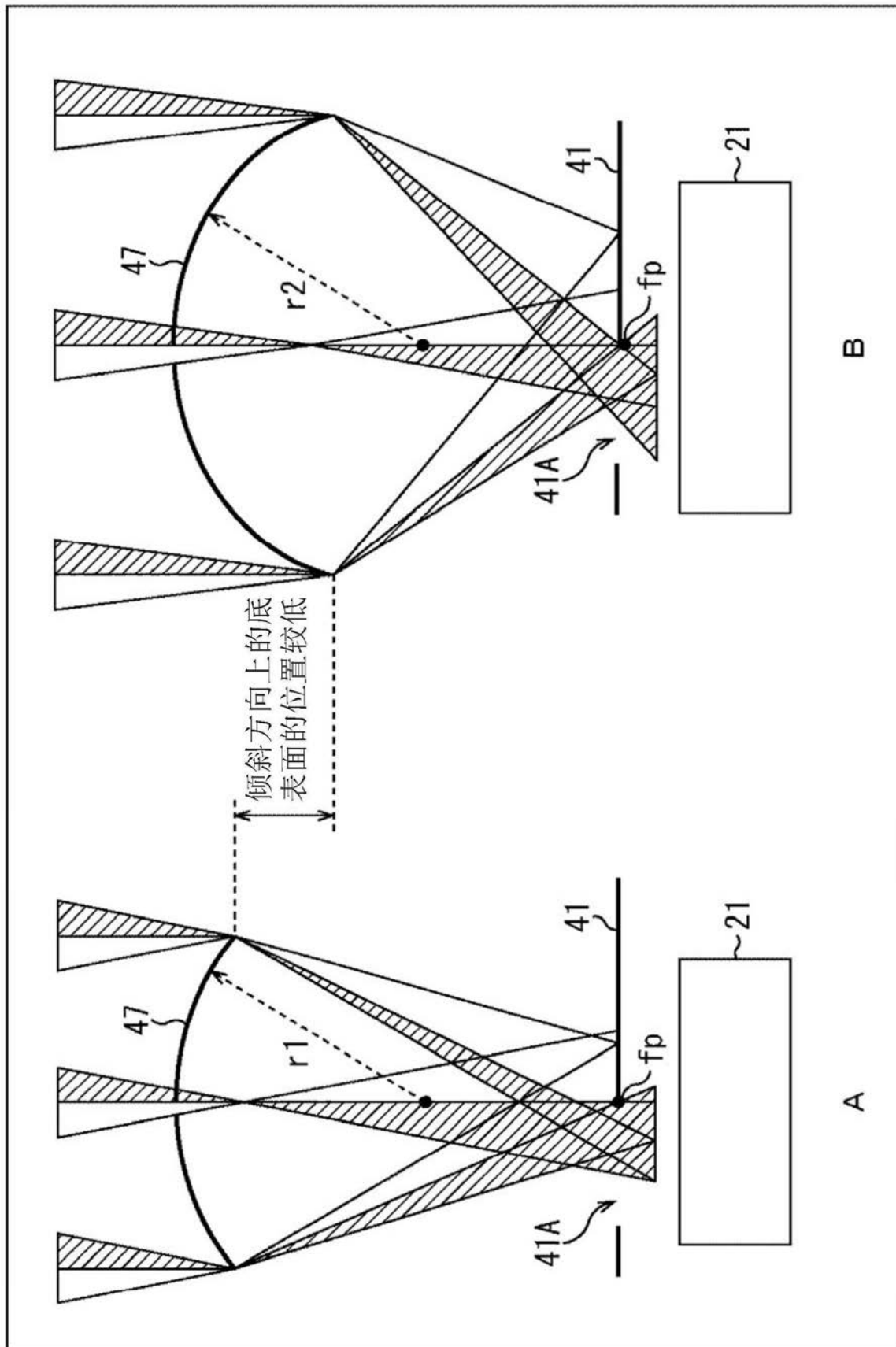


图7

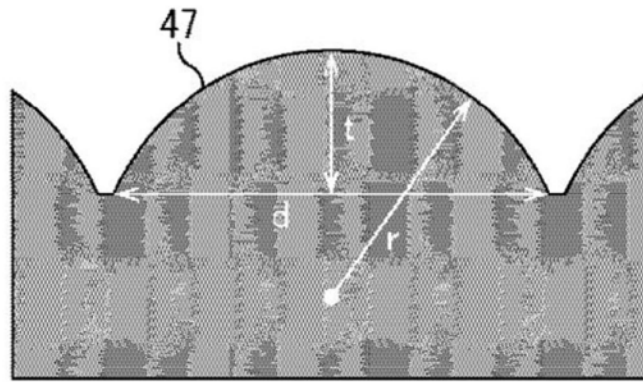


图8

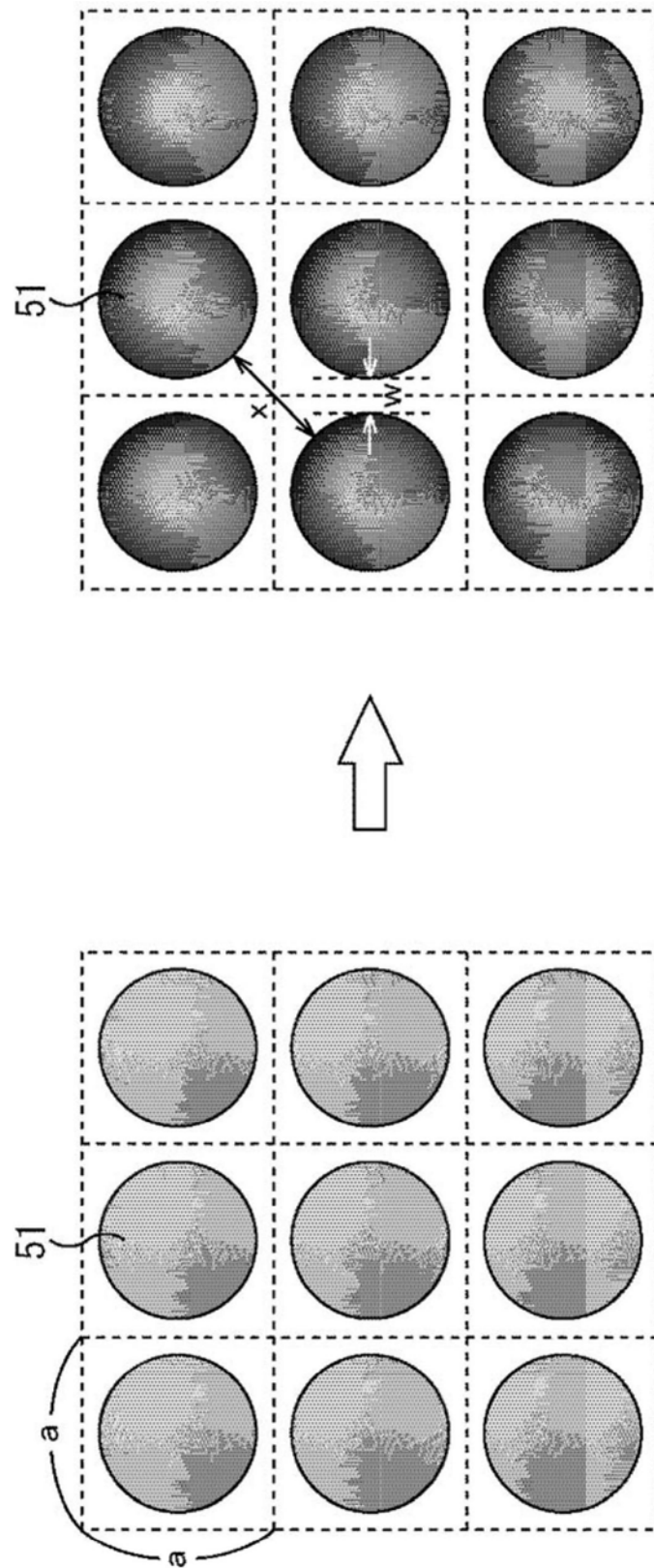


图9

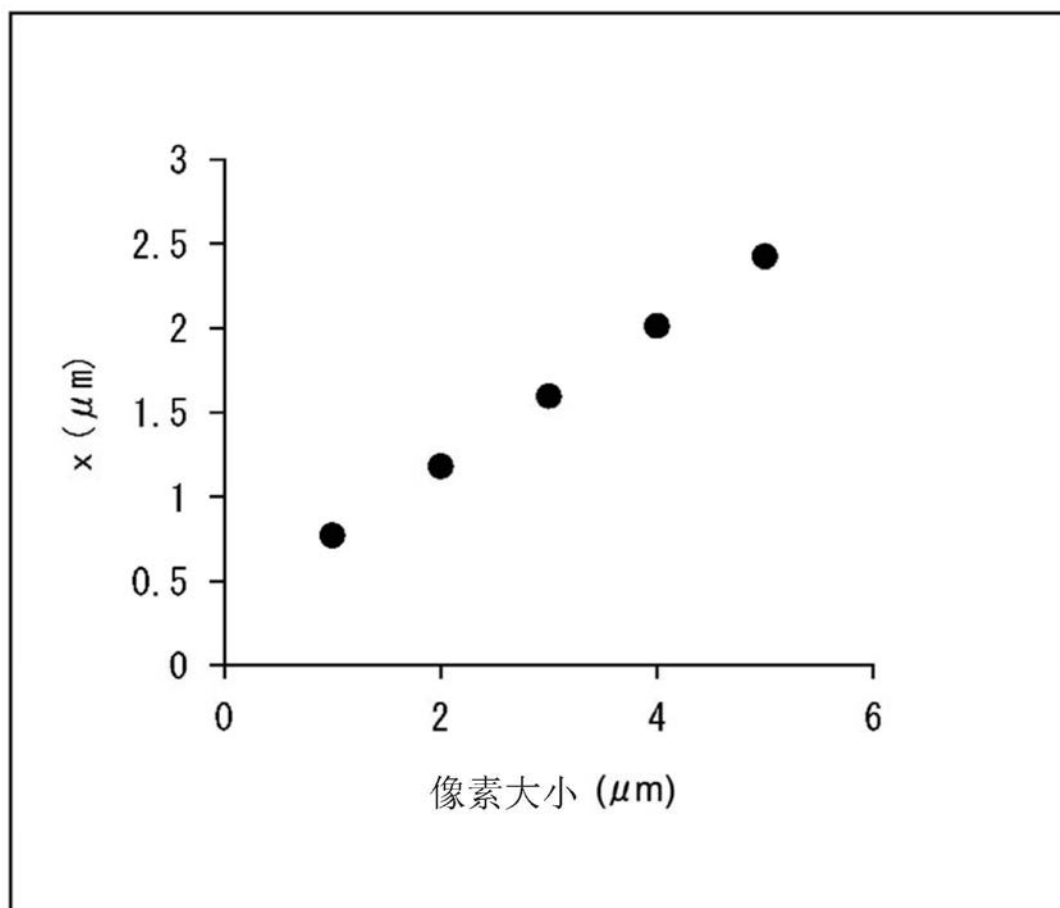


图10

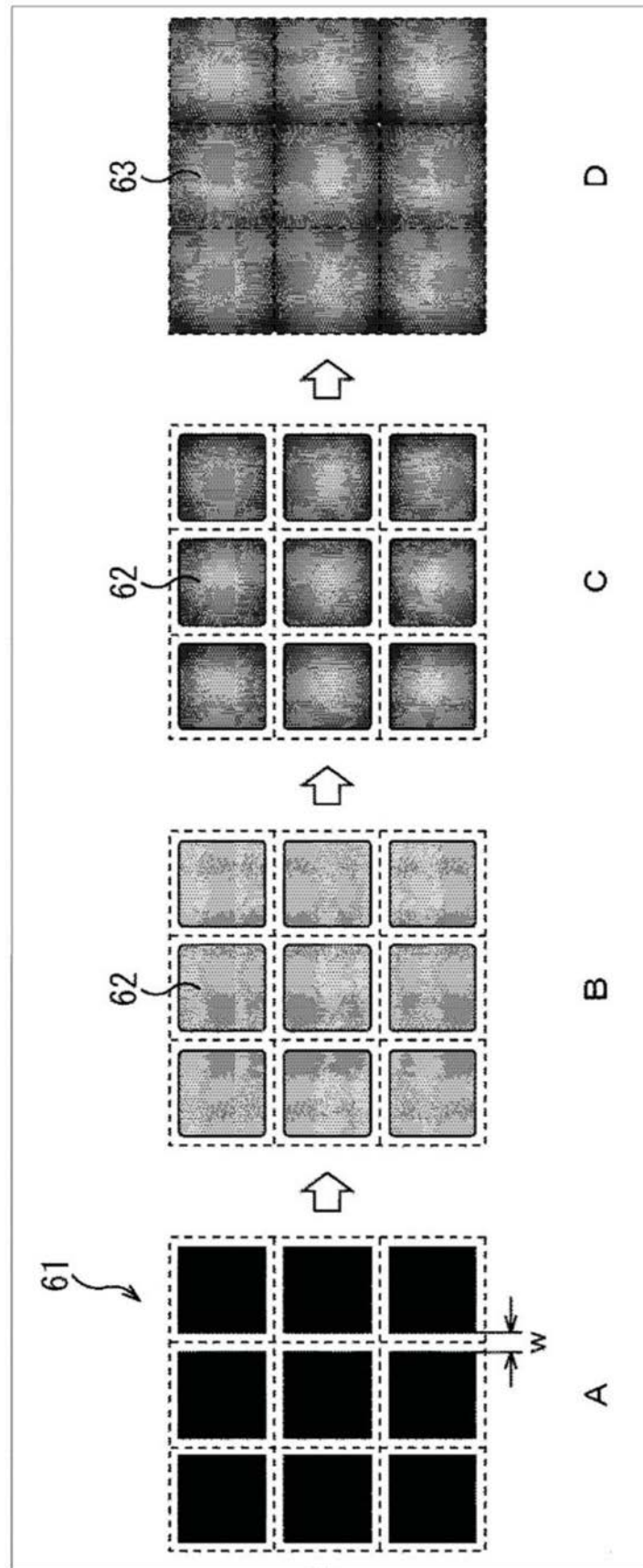


图11

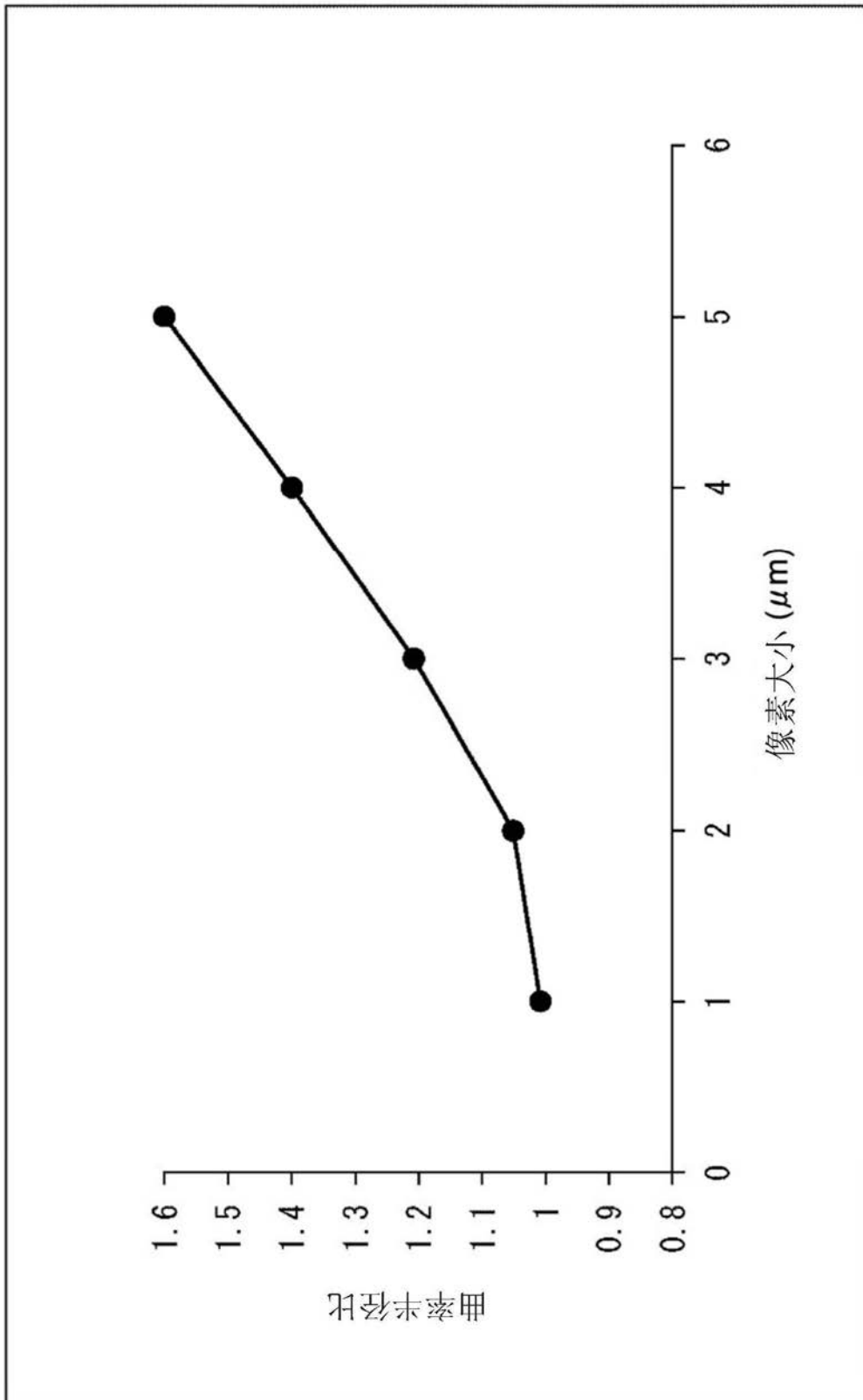


图12

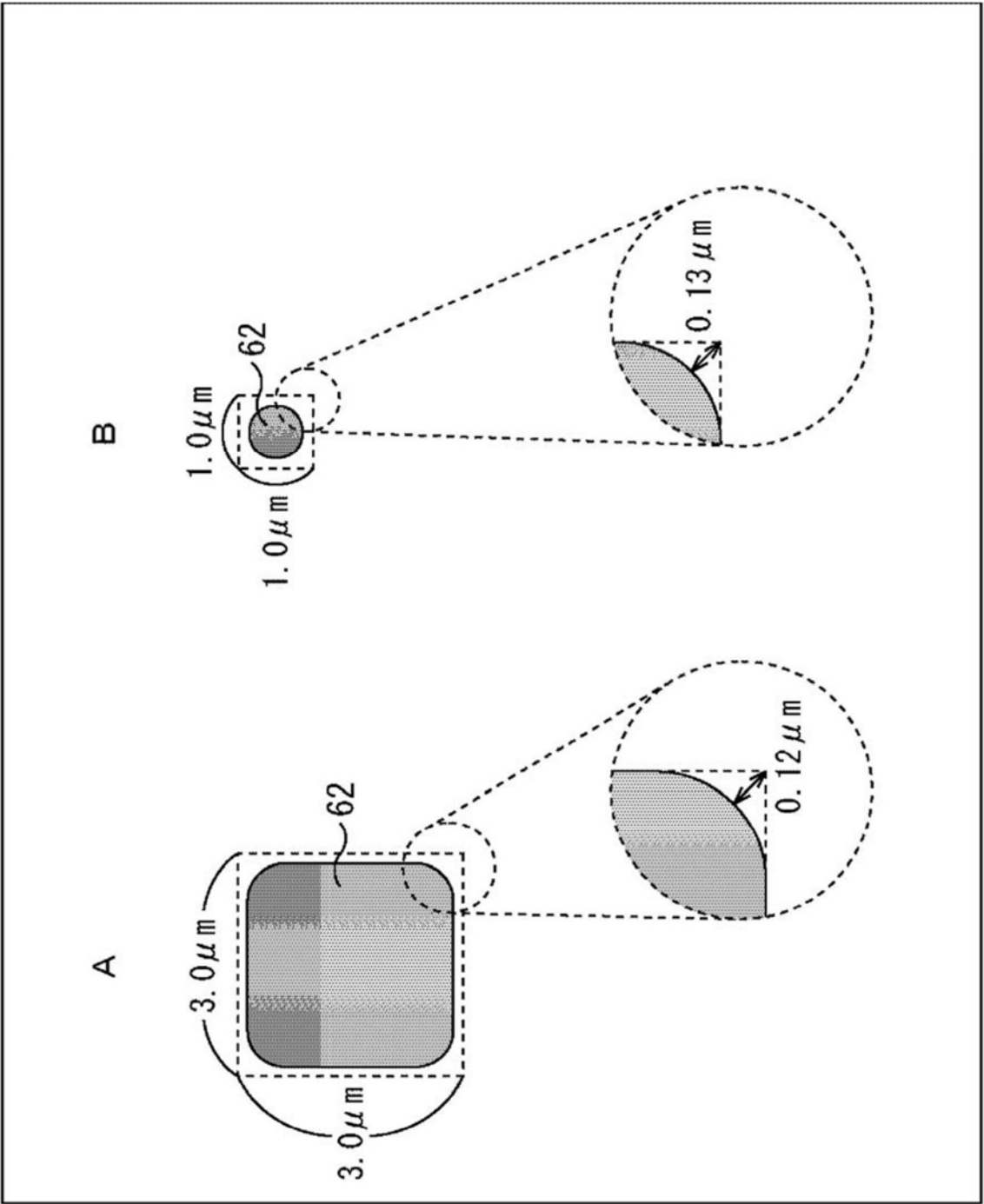


图13

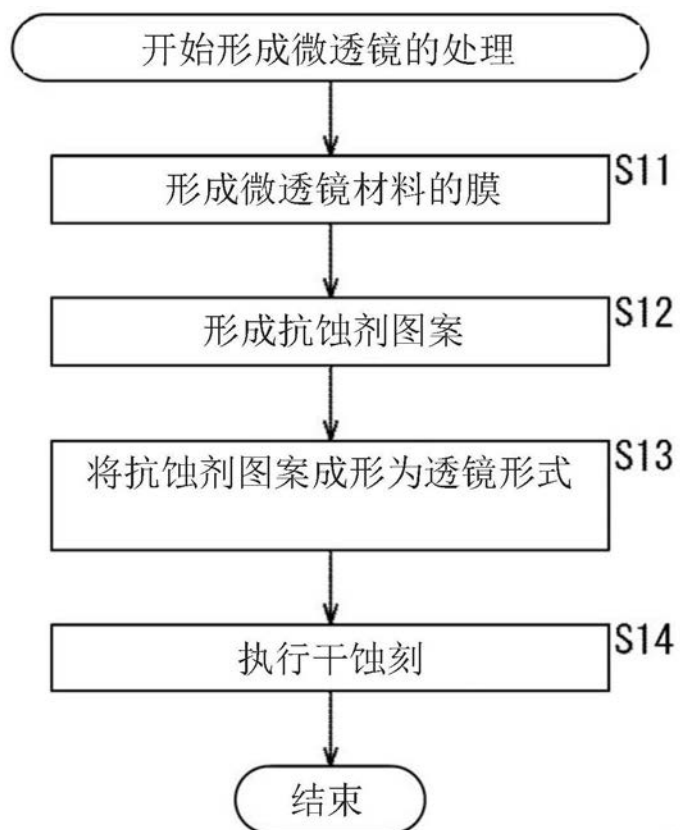


图14

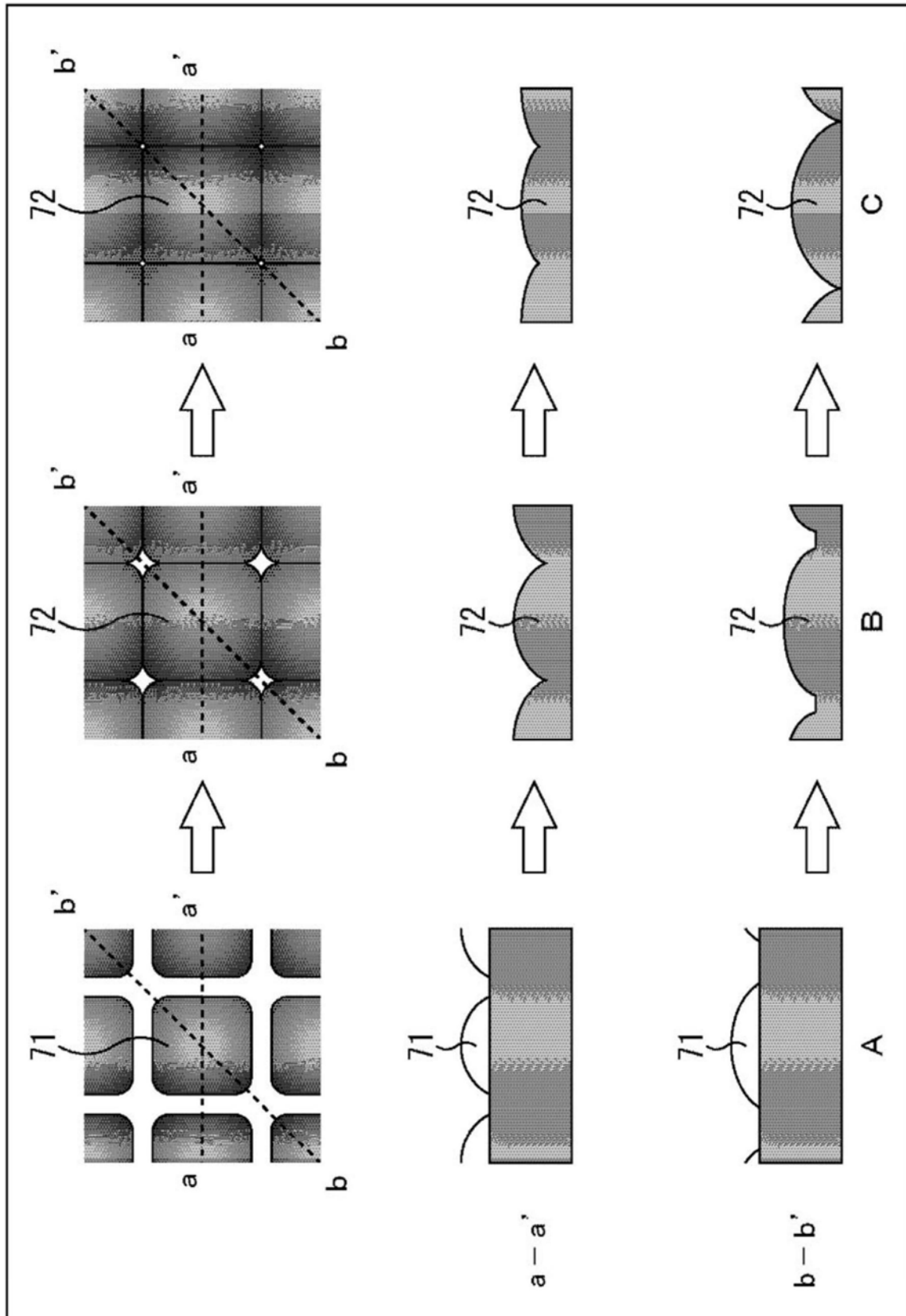


图15

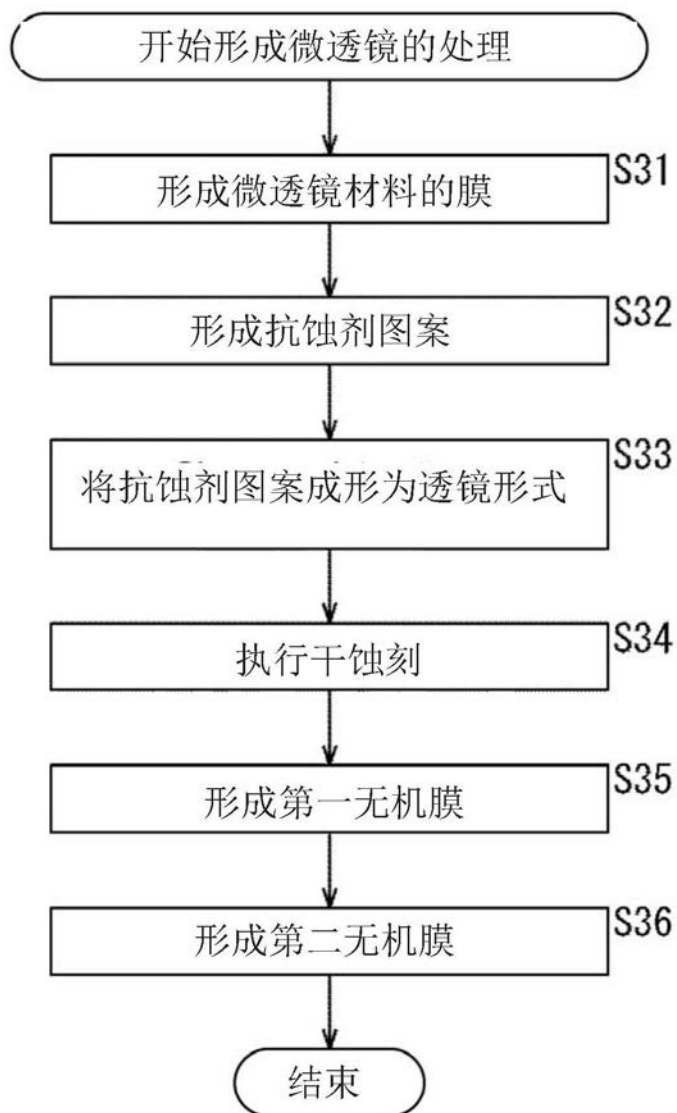


图16

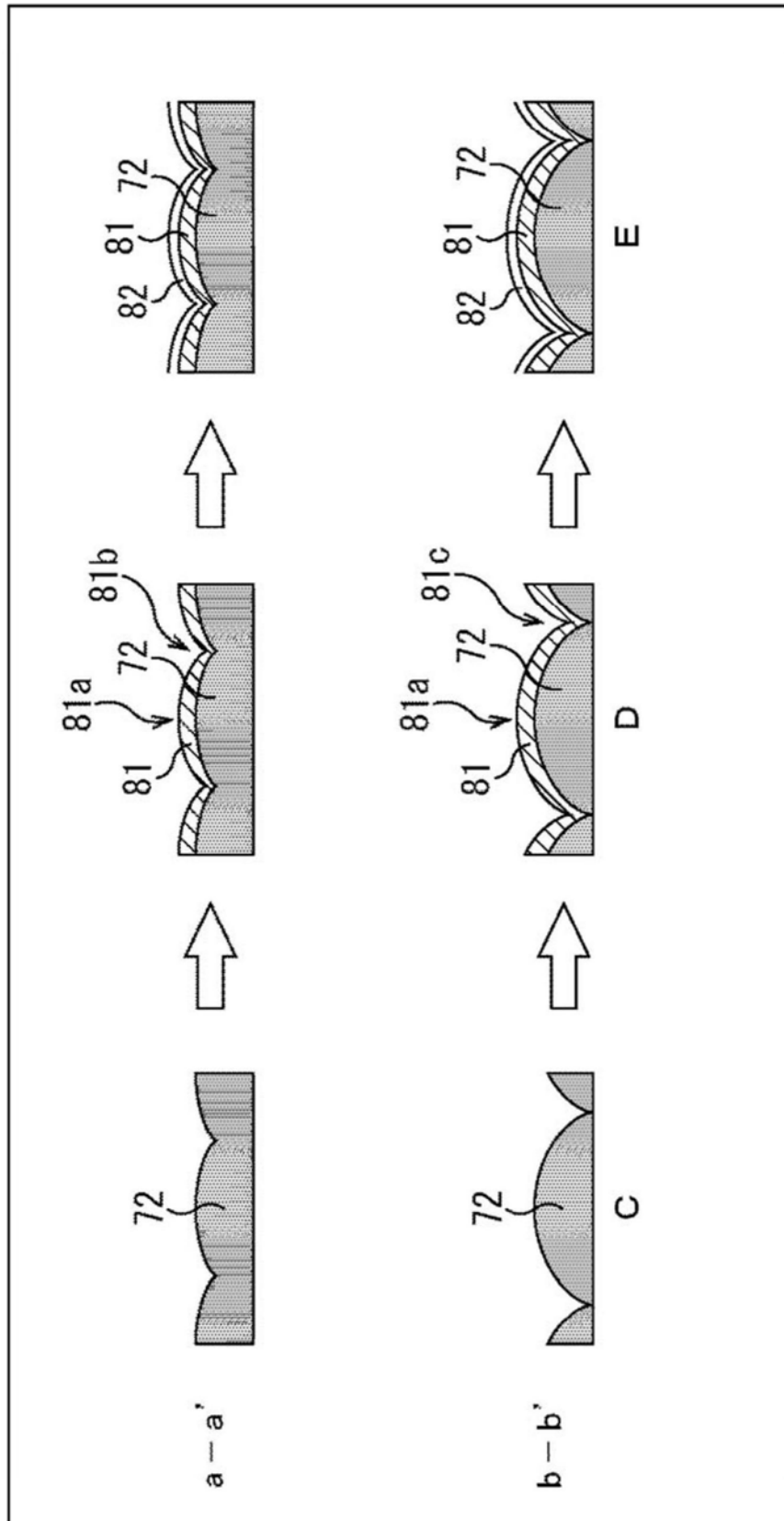


图17

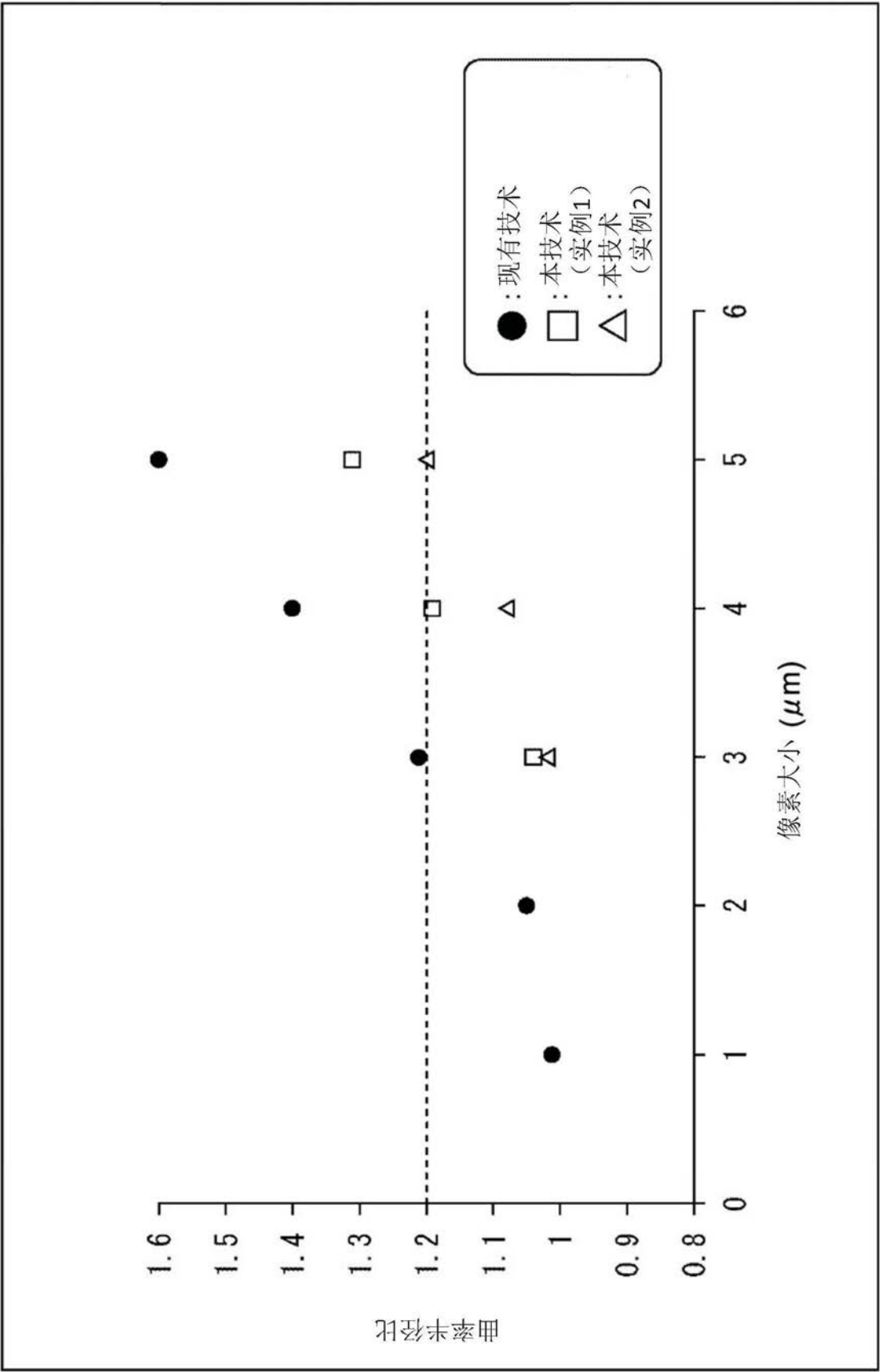


图18

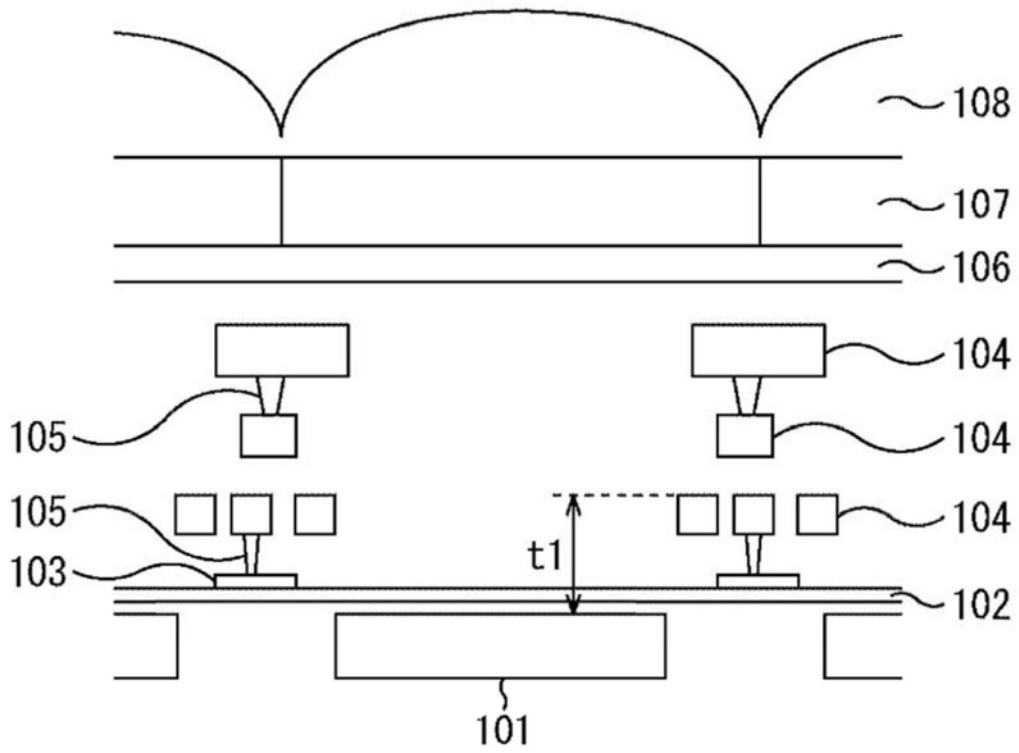


图19

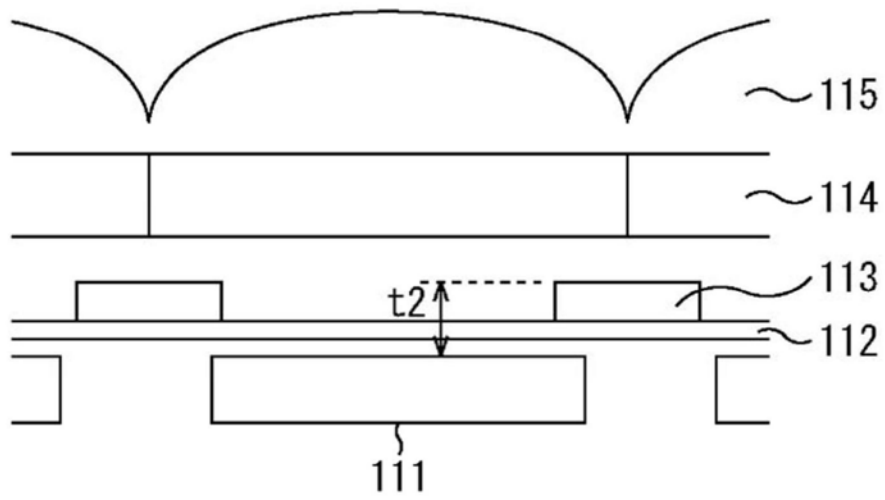


图20

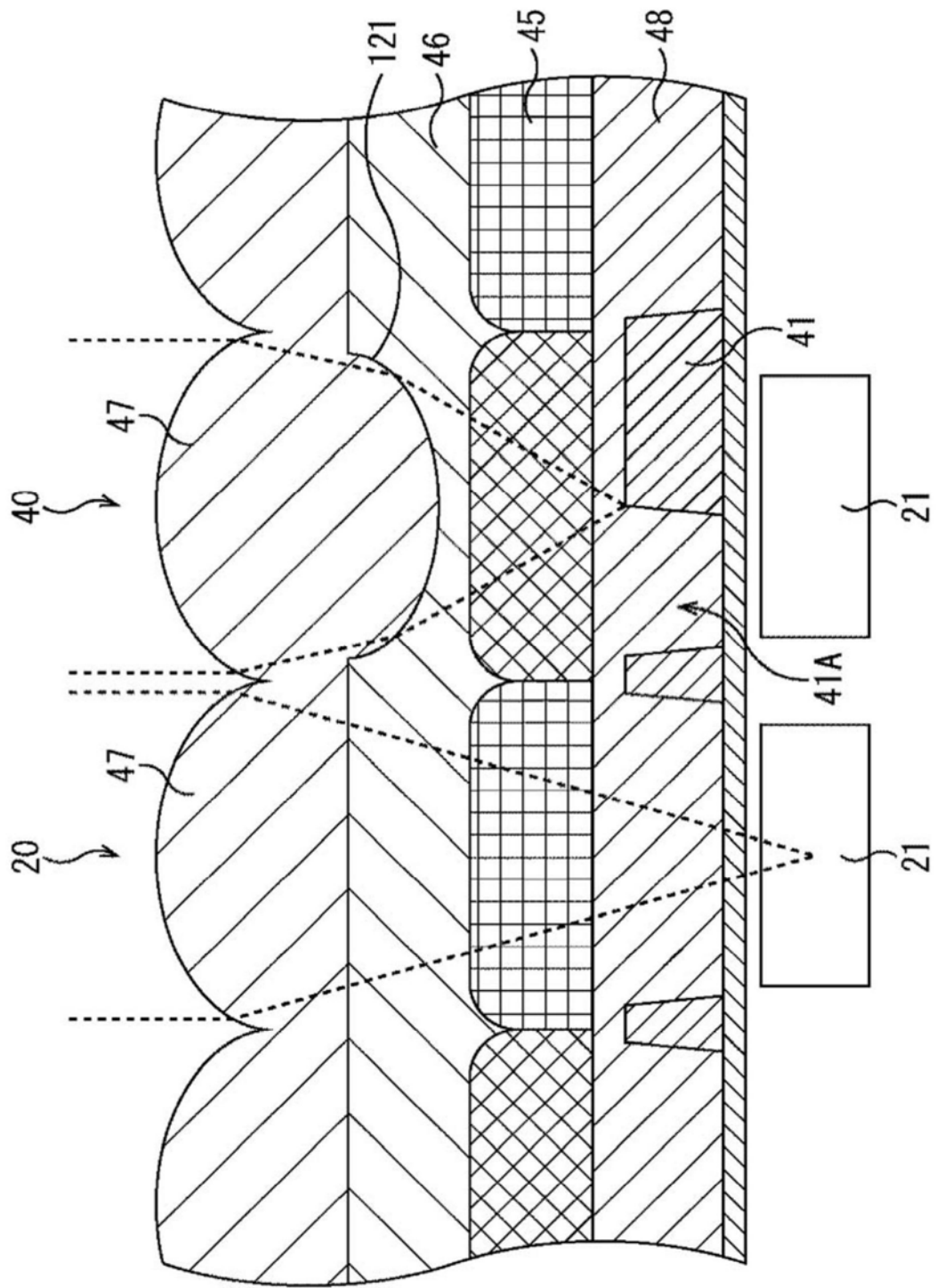


图21

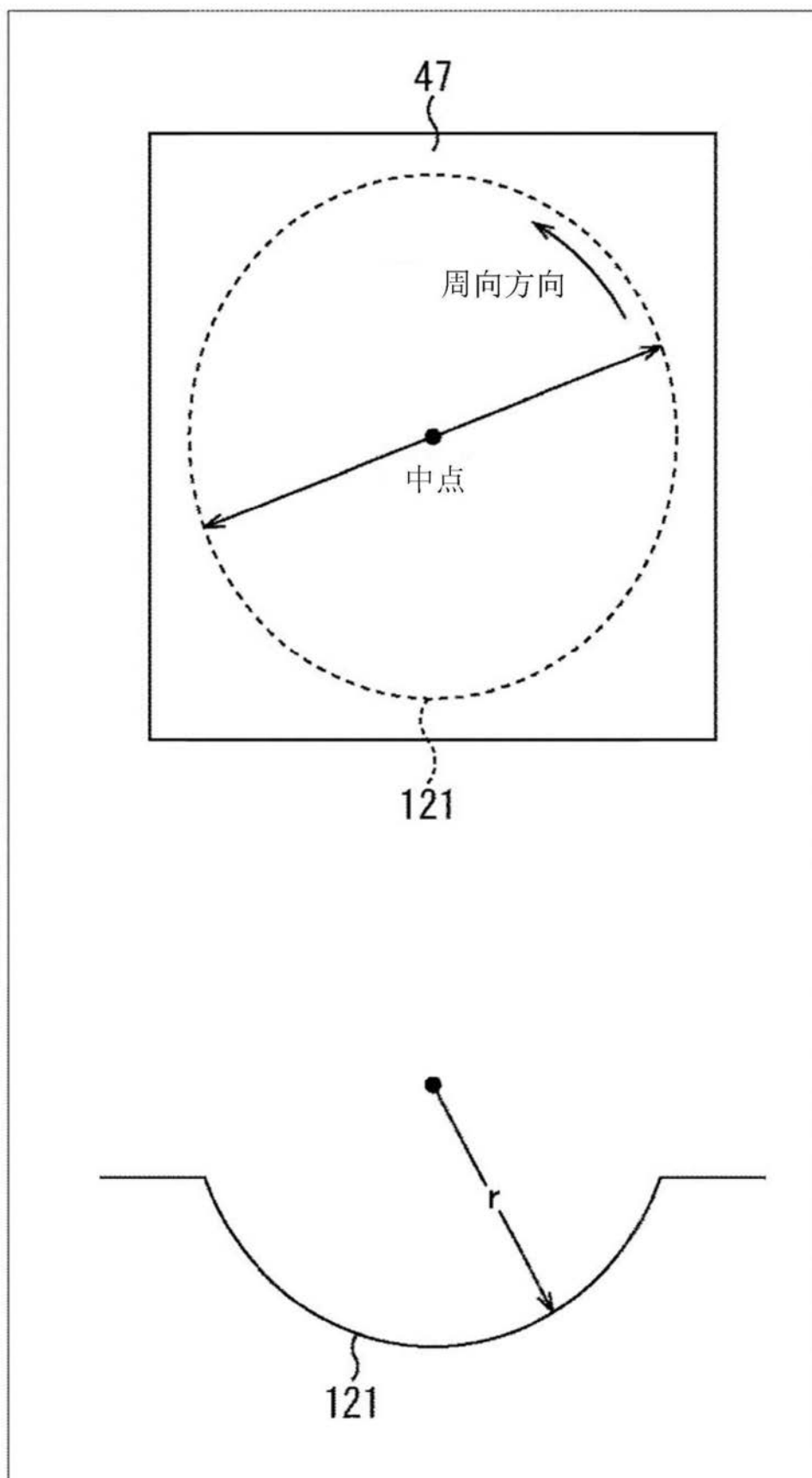


图22

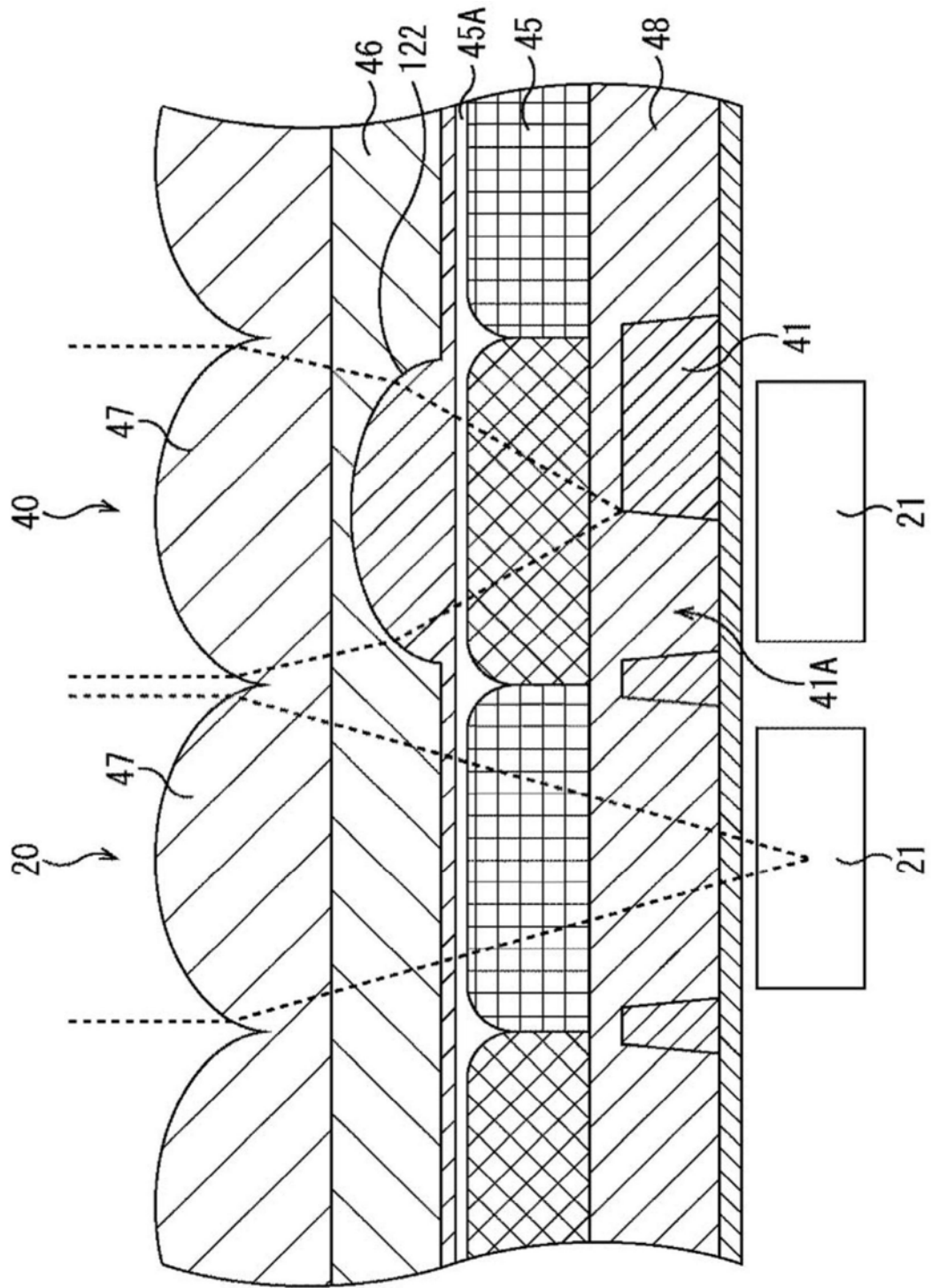


图23

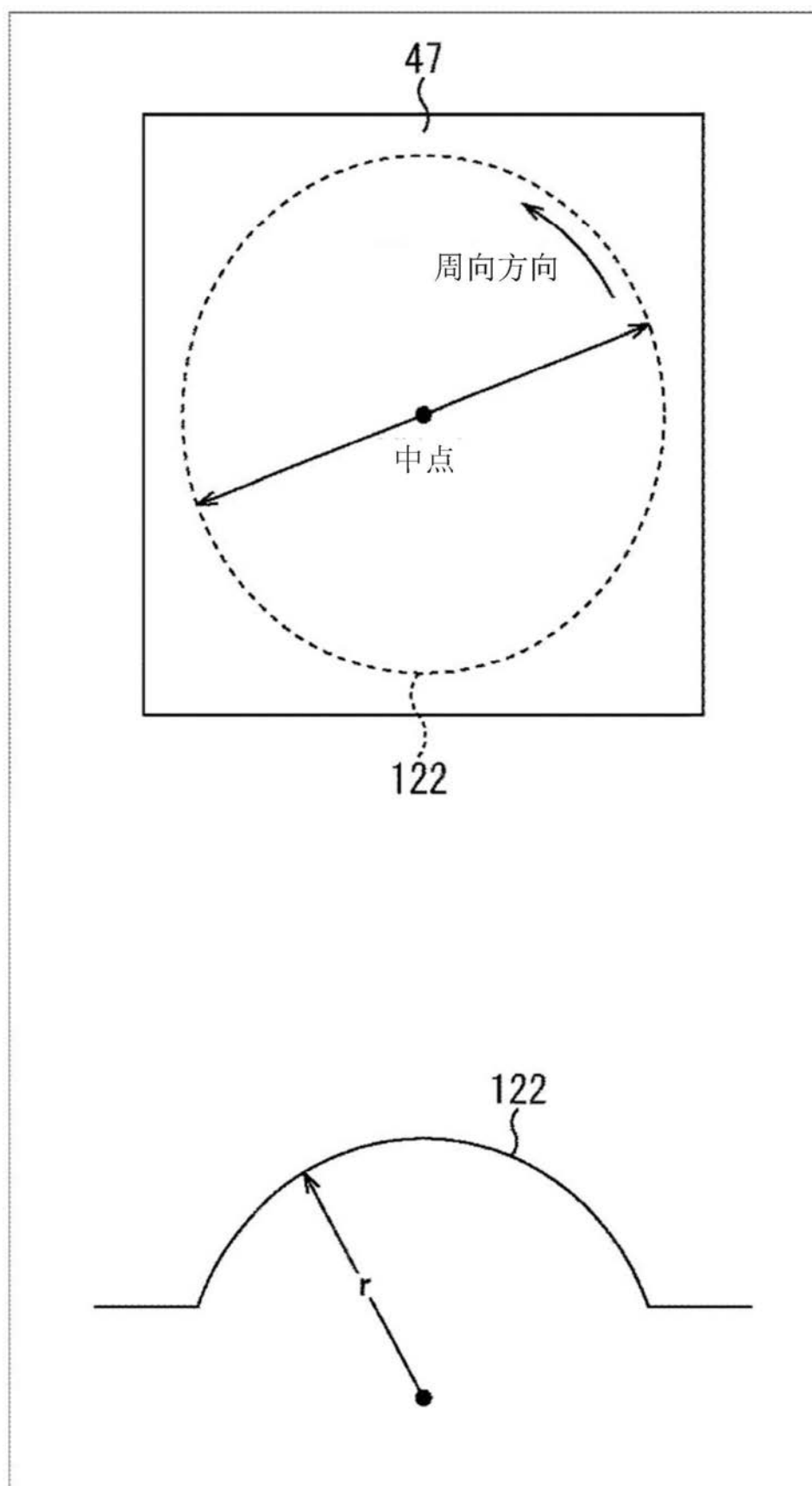


图24

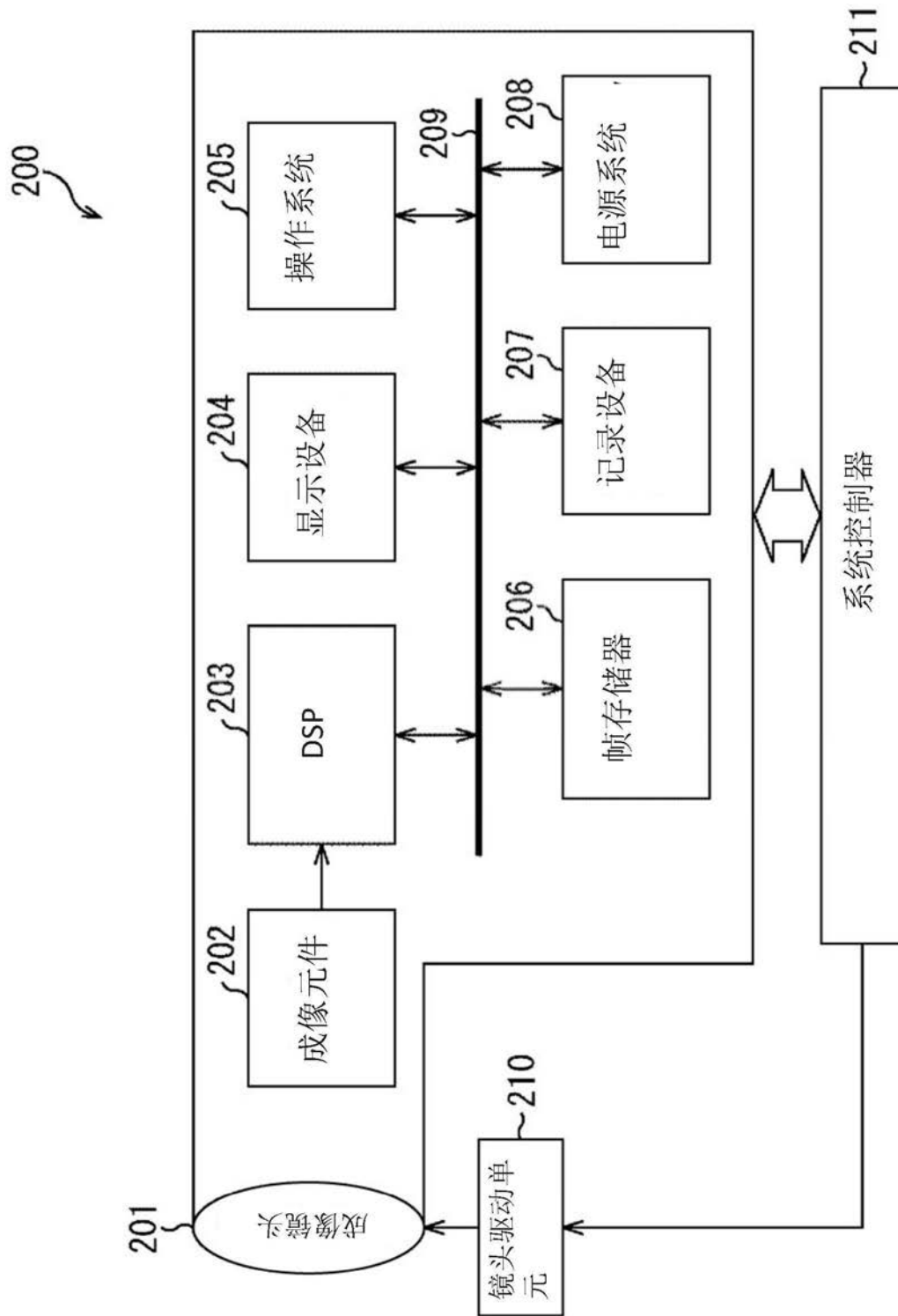


图25