

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G02F 1/17 (2006.01)

G02B 3/14 (2006.01)



# [12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200780026227.1

[43] 公开日 2009年7月22日

[11] 公开号 CN 101490614A

[22] 申请日 2007.7.10

[21] 申请号 200780026227.1

[30] 优先权

[32] 2006.7.10 [33] JP [31] 188781/2006

[86] 国际申请 PCT/JP2007/064049 2007.7.10

[87] 国际公布 WO2008/007797 日 2008.1.17

[85] 进入国家阶段日期 2009.1.12

[71] 申请人 索尼株式会社

地址 日本东京都

[72] 发明人 高井雄一

[74] 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

代理人 彭久云

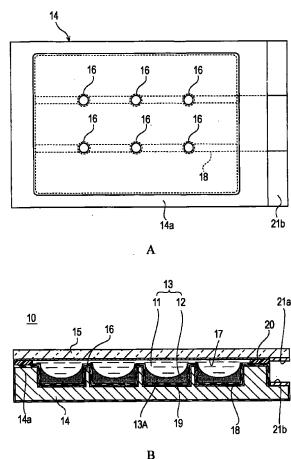
权利要求书 2 页 说明书 16 页 附图 15 页

[54] 发明名称

透镜阵列

[57] 摘要

提供一种能使透镜元件的特性均一的透镜阵列。透镜阵列(10)提供有导电的第一液体(11)、具有与第一液体(11)的折射率不同折射率的绝缘的第二液体(12)以及以第一和第二液体(11, 12)之间的界面形成透镜面(13A)的多个透镜元件(13)。透镜元件(13)的透镜面(13A)根据所施加的电压的输出控制而可逆地变化。因为相邻透镜元件(13)通过液体相通,所以可以避免透镜元件之间第一和第二液体(11, 12)的液体数量的波动,并且可以使得透镜特性均一。



1、一种透镜阵列，包括：

导电的第一液体；

绝缘的第二液体，具有与所述第一液体的折射率不同的折射率；和

多个透镜元件，在所述第一液体和所述第二液体之间的界面形成透镜面，

其中所述透镜元件的所述透镜面根据所施加的电压的输出控制而可逆地变化，并且

其中所述透镜阵列的特征在于，相邻的所述透镜元件彼此液体相通。

2、根据权利要求1所述的透镜阵列，其特征在于

所述透镜元件二维地设置在形成于公共基板与面对所述公共基板的盖体之间的液体腔中，并且

所述第一液体和所述第二液体的至少一个在所述相邻透镜元件之间彼此相通。

3、根据权利要求1所述的透镜阵列，其特征在于

所述透镜元件由提供为竖立在所述公共基板上的多个突起分开。

4、根据权利要求3所述的透镜阵列，其特征在于

所述突起是棒状突起，设置在所述透镜元件的每一个的四角。

5、根据权利要求3所述的透镜阵列，其特征在于

所述突起是线性突起，设置在相邻的所述透镜元件之间，并且在所述突起中形成允许所述相邻的透镜元件之间的液体相通的通道。

6、根据权利要求3所述的透镜阵列，其特征在于

相邻的所述突起之间的距离设定为等于或者小于毛细管长度。

7、根据权利要求3所述的透镜阵列，其特征在于

所述突起的表面覆盖有透明电极膜，并且所述透明电极膜的表面覆盖有憎水膜。

8、根据权利要求2所述的透镜阵列，其特征在于

在所述液体腔中设置多孔板，所述多孔板形成至少在所述多孔板和所述公共基板之间允许液体相通的通道，并且

所述透镜元件由所述多孔板的非开口部分分开。

9、根据权利要求8所述的透镜阵列，其特征在于所述多孔板中的开口具有圆形形状。

10、根据权利要求8所述的透镜阵列，其特征在于所述多孔板中的至少所述开口的周边部分由导体形成，并且所述开口的所述周边部分覆盖有憎水膜。

11、根据权利要求2所述的透镜阵列，其特征在于

将所述第一液体和所述第二液体从所述液体腔的外部引入到内部的液体进口和将所述第一液体和所述第二液体从所述液体腔的内部排出到外部的液体出口提供在所述公共基板和所述盖体之间。

## 透镜阵列

## 技术领域

本发明涉及利用电润湿效应（电毛细管现象）的透镜阵列。

## 背景技术

近来，利用电润湿效应（electrowetting effect）的光学元件的发展已经取得了进步。电润湿效应是这样的现象，其中当在导电液体和电极之间施加电压时，电极表面和液体之间的固液界面上的能量发生变化，并且液体表面的形状相应地变化。

图 14 的部分 A 和图 14 的部分 B 的原理图图解了电润湿效应。如图 14 的部分 A 所示，绝缘膜 2 形成在电极 1 的表面上，并且电解液的液滴 3 设置在绝缘膜 2 上。绝缘膜 2 的表面经过憎水处理（water repellent finishing）。在图 14 的部分 A 所示的无电压状态下，绝缘膜 2 的表面和液滴 3 之间的相互作用能低，并且接触角 $\theta_0$ 大。这里，接触角 $\theta_0$ 是绝缘膜 2 的表面与液滴 3 的切线之间的角度，并取决于诸如液滴 3 的表面张力和绝缘膜 2 的表面能量的特性。

另一方面，如图 14 的部分 B 所示，当电极 1 和液滴 3 之间施加预定电压时，液滴 3 中的电解离子聚集在绝缘膜 2 的表面，从而双电层（charge double layer）的电荷量发生变化，并且诱导液滴 3 的表面张力的变化。这样的现象就是电润湿效应，并且液滴 3 的接触角 $\theta_v$ 根据施加电压的大小而变化。换言之，在图 14 的部分 B 中，接触角 $\theta_v$ 可以表示成电压 V 的函数，如下面的公式（1）所示：

[公式 1]

$$\cos \theta_v = \cos \theta_0 + \frac{\epsilon_0 \epsilon}{2e\gamma_{LG}} V^2 \dots\dots (1)$$

$\gamma_{LG}$ : 电解液的表面张力

e: 绝缘膜的膜厚

$\epsilon$ : 绝缘膜的相对介电常数

$\epsilon_0$ : 真空磁导率

如上所述,液滴3的表面形状(曲率)根据电极1和液滴3之间施加的电压大小而变化。因此,当液滴3用作透镜元件时,可以获得具有可以电控制的焦点位置的光学元件。

现在,包括如上构造的光学元件的光学设备正在发展之中。例如,在日本未审查专利申请公开 No. 2000-356708 中揭示了用于频闪(strobe)设备的透镜阵列。在该实例中,通过在提供在基板表面上的憎水膜上封入导电液体和布置成阵列图案的绝缘液滴来构造变焦透镜。在该结构中,各透镜形成为绝缘液体和导电液体之间界面的形状。每个透镜的形状通过利用电润湿效应来电控制,并且相应地变化焦距。

另外,日本未审查专利申请公开 No. 2004-252444 揭示了利用电润湿效应的显示装置的结构。在该显示装置中,包含彩色液滴的单元设置为矩阵图案,并且通过选择性地驱动该单元来显示希望颜色的图像。上述单元不仅可以构造为图像显示单元,而且也能构造为透镜元件,例如变焦透镜。这样结构的实例示出在图15的部分A和图15的部分B中。图15展示了通过将透镜元件设置成阵列图案所构造的透镜阵列50的示意性结构。图15的部分A是包括在透镜阵列50中的公共基板54的平面图,而图15的部分B是透镜阵列50的主要部分的截面图。

透镜阵列50包括多个透镜元件53,其中透镜面由导电的第一液体51和绝缘的第二液体52之间的界面形成。第一液体51和第二液体52具有彼此不同的折射率,并且能不会彼此混合地存在。各透镜元件53二维地设置在密封液体腔中,该密封液体腔形成在透明公共基板54和透明盖体55之间。相邻透镜元件53由分隔壁56彼此分隔。透明电极膜58形成在公共基板54的底表面上,并且公共基板54的顶部表面在第二液体52接触的区域经过憎水处理。透明电极膜57在第一液体51接触的区域形成为盖体55的底表面上的对向电极。

在具有上述结构的透镜阵列50中,当控制施加在成对的透明电极膜57和58之间的电压时,每个透镜元件53中的第一液体51和第二液体52之间的界面的形状发生变化。因此,使得能够可逆地改变通过透镜阵列50的光的焦距,并且透镜阵列50适合于用作照相机的频闪设备中的变焦透镜。

然而,在根据现有技术的上述透镜阵列50中,每个透镜元件53的周边

由分隔壁 56 围绕。因此，在制造透镜阵列 50 的工艺中，每一个单元都单独地提供构成透镜元件 53 的第一液体 51 和第二液体 52，特别是第二液体 52。该项工作量随着元件数的增加而增加。另外，会有单元之间供给量不同以及透镜元件 53 的特性变得不均匀的情况。

本发明针对上述问题而进行，并且本发明的目的是提供能够使透镜元件的特性均一的透镜阵列。

## 发明内容

为了实现上述目标，根据本发明的透镜阵列包括：导电的第一液体；绝缘的第二液体，具有与第一液体的折射率不同的折射率；以及多个透镜元件，在第一液体和第二液体之间的界面处形成透镜面。透镜元件的透镜面根据施加电压的输出控制而可逆地变化。该透镜阵列的特征在于，相邻透镜彼此液体相通。

根据本发明，取代每个透镜元件周边完全被覆盖的结构，采用相邻透镜元件彼此液体相通的结构。因此，可以避免透镜元件之间第一液体和第二液体数量的差异，并且可以使得透镜特性均一。

更具体地讲，根据本发明的透镜阵列，透镜元件设置在公共基板与盖体之间形成的液体腔中，并且第一液体和第二液体的至少之一在相邻透镜元件之间彼此相通。

在此情况下，透镜元件可以由提供为竖立 (stand upright) 在公共基板上的多个突起分开。该突起可以是棒状突起，设置在每个透镜元件的四角。另外，该突起可以由相邻透镜元件之间设置的线性突起形成，并且其中形成允许相邻透镜元件之间液体相通的通道。

另外，透镜元件可以由设置在液体腔中的多孔板 (perforated plate) 的非开口部分分开。多孔板至少有多孔板和公共基板之间形成允许液体相通的通道。多孔板中的开口的形状可以是例如圆形。然而，该形状不限于此，而是也可以为椭圆形或者多边形等。

如上所述，在根据本发明的透镜阵列中，透镜元件彼此液体相通。因此，可以避免透镜元件之间第一液体和第二液体数量的差异，并且可以使得透镜特性均一。另外，可以易于获得非常小尺寸的结构，而这不能通过采用注射器 (syringe) 或者分配器喷嘴 (dispenser nozzle) 的液体引入方法获得。

## 附图说明

图 1 的示意图展示了根据本发明第一实施例的透镜阵列的示意性结构，其中图 1 的部分 A 是公共基板的平面图，而图 1 的部分 B 是透镜阵列的主要部分的截面图。

图 2 的截面图图解了形成分开图 1 所示的透镜阵列中的各透镜元件的突起的间隔。

图 3 是示意图，其中对水和空气的结合以及水和油的结合的界面张力、密度差和毛细管长度进行了彼此比较。

图 4 的截面图图解了透镜面的初始形状，其根据分开图 1 所示的透镜阵列中各透镜元件的突起形状而不同。

图 5 展示了公共基板的平面图，以图解根据本发明第二实施例的透镜阵列的结构。

图 6 的示意图展示了根据本发明第三实施例的透镜阵列的示意性结构，其中部分 A 是展示透镜阵列的内部结构的平面图，而部分 B 是透镜阵列的主要部分的截面图。

图 7 展示了多孔板的平面图，以图解根据本发明第三实施例的修改的透镜阵列的结构。

图 8 是具有如图 7 的部分 B 所示的多孔板结构的透镜阵列主要部分的截面图。

图 9 展示了多孔板的截面图，以图解根据本发明第三实施例的其它修改的透镜阵列的结构。

图 10 的主要部分截面图图解了制造根据本发明第三实施例的透镜阵列的方法步骤。

图 11 的示意图展示了根据本发明第三实施例的修改的透镜阵列的结构，其中图 11 的部分 A 是透镜阵列的主要部分的截面图，而图 11 的部分 B 是沿着[B]-[B]线剖取的图 11 的部分 A 的截面图。

图 12 的主要部分截面图图解了制造图 11 所示的透镜阵列的方法步骤。

图 13 的主要部分截面图图解了制造图 11 所示的透镜阵列的方法步骤。

图 14 的原理图图解了电毛细管现象。

图 15 的示意图展示了根据现有技术的透镜阵列的示意性结构，其中图 15 的部分 A 是公共基板的平面图，而图 15 的部分 B 是透镜阵列的主要部分的截面图。

### 具体实施方式

在下文，将参考附图描述本发明的每个实施例。应当注意的是，本发明不限于下面描述的每个实施例，而是能够根据本发明的技术构思进行各种修改。

#### (第一实施例)

图 1 的部分 A 和图 1 的部分 B 展示了根据本发明第一实施例的透镜阵列的示意性结构。图 1 的部分 A 是包括在透镜阵列 10 中的公共基板 14 的平面图，而图 1 的部分 B 是透镜阵列 10 的主要部分的截面图。根据本实施例的透镜阵列 10 包括多个透镜元件 13，其中透镜面 13A 由导电的第一液体 11 和绝缘的第二液体 12 之间的界面形成。透镜阵列 10 例如用于照明光学系统中，并且构造为能任意变化通过透镜阵列 10 的光的焦距的变焦透镜。

透明导电液体用作第一液体 11。例如，可以采用极性液体，例如水、电解液（诸如氯化钾、氯化钠和氯化锂的电解质的水溶液）、诸如甲醇和乙醇的分子量小的醇和环境温度熔融盐（离子性液体）。

透明绝缘液体用作第二液体 12。例如，可以采用非极性溶剂，如包括癸烷、十二烷（dodecane）、十六烷和十一烷的碳氢化合物材料以及氟化材料。

第一液体 11 和第二液体 12 具有彼此不同的折射率，并且由能彼此不混合地存在的材料制造。更具体地讲，在本实施例中，氯化锂的水溶液（浓度 3.66 wt%，折射率 1.34）用作第一液体 11，并且硅酮油（GE Toshiba Silicone Co., Ltd.生产的 TSF437，折射率 1.49）用作第二液体 12。另外，第一液体 11 和第二液体 12 优选具有彼此类似的比重。另外，第一液体 11 和第二液体 12 必要时可以着色。

密封液体腔形成在公共基板 14 和盖体 15 之间，并填充有第一液体 11 和第二液体 12，并且各透镜元件 13 二维地设置在密封液体腔中。公共基板 14 是光学透明的，并且可以由通过注射成型（injection molding）或者切割等获得的电绝缘塑料材料体形成。盖体 15 是光学透明的，并且可以由电绝缘的塑料材料或者玻璃材料等形成。



盖体 15 固定到公共基板 14 的侧壁 14a 的顶表面，它们之间设有密封构件 20。连接到端子部 21a 的透明电极膜 17 形成在盖体 15 面对液体腔的内表面侧。这里，透明电极膜 17 可以由金属、导电氧化物或者半导体材料等形成。另外，替代透明电极，只要在透光表面的外部的区域中形成图案，也可以采用光学不透明电极材料。

相邻透镜元件 13 由多个突起 16 彼此分开，突起 16 提供为竖立在公共基板 14 的顶表面上。突起 16 与公共基板 14 一体地形成，设置在对应于各透镜元件 13 的四角的位置，并且为棒状。突起 16 例如在通过注射成型形成公共基板 14 的时候形成。作为选择，突起 16 也可以在形成公共基板 14 后通过后加工例如粘合或者挤压配合（press fitting）而形成。

这里，透明电极膜 18 形成在公共基板 14 的顶表面上。在本实施例中，透明电极膜 18 形成图案，以便覆盖公共基板 14 的侧壁 14a 的内周边表面和突起 16 的外表面。然而，透明电极膜 18 也可以形成为延伸在公共基板 14 的顶表面的整个区域上。透明电极膜 18 通过公共基板 14 的侧壁部分连接到端子部 21b。这里，透明电极膜 18 可以由金属、导电氧化物或者半导体材料等形成。另外，在电极膜形成图案的情况下，也可以采用非透明电极膜，只要不在很大程度上阻挡光的透射。

另外，绝缘膜 19 形成在公共基板 14 的表面上，以便覆盖透明电极膜 18。在本实施例中，绝缘膜 19 形成为覆盖公共基板 14 的外表面的整个区域。然而，也可以例如仅在公共基板 14 的顶表面侧上形成绝缘膜 19。

绝缘膜 19 没有特别限定，只要它由电绝缘材料制造，但是优选由具有相对高介电常数的材料制造。另外，为了获得相对大的电容，绝缘膜 19 的膜厚度优选为小的。然而，必须使得膜厚度等于或者大于能保证绝缘强度的厚度。相对高介电常数材料的实例包括诸如氧化钽和氧化钛的金属氧化物。然而，该材料当然不限于此。形成绝缘膜 19 的方法也不作特别限定，并且可以采用诸如溅射法、CVD 法和沉积法的真空薄膜形成方法以及诸如镀覆法、电沉积法、涂敷法（coating method）和浸渍法（dipping method）的其他各种涂敷方法。

另外，绝缘膜 19 优选在第二液体 12 与其接触的区域中显示出憎水性。形成憎水膜方法的实例包括用 CVD 法形成聚对二甲苯（poly-para-xylylene）膜的方法和用类似 PVDF（聚偏二氟乙烯，polyvinylidene fluoride）和 PTFE

(聚四氟乙烯, polytetrafluoroethylene) 的材料涂敷公共基板 14 的方法, PVDF 和 PTFE 都是氟化聚合物。作为选择, 绝缘膜 19 也可以形成分层结构, 其中结合了包括高介电常数材料和憎水材料的多种材料。

根据本实施例的透镜阵列 10 包括多个透镜元件 13, 其中第一液体 11 设置在盖体 15 侧, 而第二液体 12 设置在公共电极 14 侧。各透镜元件 13 的设置位置由公共基板 14 的侧壁 14a 的内周边部分和突起 16 确定。更具体地讲, 在图 1 的部分 A 所示的实例中, 沿着平面设置成三行四列的阵列图案的共十二个矩形透镜元件 13 提供在侧壁 14a 的内周边部分和与其相邻的突起 16 之间以及彼此相邻的突起 16 之间。这里, 实际上, 竖立设置的突起 16 的数量多于如图所示实例的数量, 并且相应地设置更多数量的透镜元件 13。

在图 1 的部分 B 所示的状态下, 第一液体 11 以预定的接触角与公共基板 14 的侧壁 14a 的内表面或者突起 16 的周边表面接触, 从而各透镜元件 13 的透镜面 13A 具有预定的弯曲表面形状。透镜面 13A 具有弯曲的表面形状, 从而将侧壁 14a 的内表面连接到突起 16 或者将突起 16 彼此连接的线定义为脊线 (ridgeline), 并且在矩形元件的中心区域是凹状弯曲的。

当在此状态下在端子部 21a 和 21b 之间施加电压时, 第一液体 11 由于电润湿效应 (电毛细管现象) 铺展在侧壁 14a 的内周边表面和突起 16 的周边表面。因此, 第一液体 11 与侧壁 14a 的内周边表面和突起 16 的周边表面接触的接触角改变, 这引起透镜面 13A 的形状改变。透镜面 13A 的形状可逆地改变。因此, 各透镜元件 13 的透镜面 13A 根据施加到端子部 21a 和 21b 的电压的大小而任意变化。更具体地讲, 当所施加的电压增加时, 透镜面 13A 的曲率半径增加。结果, 焦距也增加。因此, 可以使透镜阵列 10 对于通过透镜阵列 10 的光起变焦透镜的作用。

这里, 根据本实施例, 相邻透镜元件 13 中的第一液体 11 和第二液体 12 通过棒状突起 16 之间的空间彼此相通。因此, 与根据现有技术用分隔壁围绕每个透镜元件周边的结构相比, 透镜元件之间的分隔形成区域可以显著减小。因此, 可以增加有效的透镜区域, 并且可以改善透射率。

另外, 每个透镜元件 13 的形状精确度可以由突起 16 的加工精度来控制。因此, 保证透镜元件 13 的形状精度的加工区域与现有技术的结构相比可以减少, 并且可以大大减少透镜阵列 10 的制造成本。

此外, 在本实施例的结构中, 相邻透镜元件 13 中的第一液体 11 和第二

液体 12 彼此相通。因此，第一液体 11 和第二液体 12 之间的界面彼此连接以形成单一界面。另外，该界面的界面能量使其自身最小化，从而减少了各透镜元件 13 之间的差别。因此，可以减少各透镜元件 13 之间第一液体 11 和第二液体 12 数量上的差别。另外，高精度调整每个元件的液体量变得不再必要。由于上述结构，可以易于而均匀地实现包括在透镜阵列 10 中的各透镜元件 13 的透镜特性，并且可以易于组装透镜阵列 10。

另外，可以抑制在液体腔中产生气泡。甚至在产生气泡时，因为液体腔中的液体在元件之间相通，所以气泡可以易于排放到外面。另外，还可以获得这样的优点，可以易于排放混入液体腔中的异物。

这里，透镜元件 13 的形状、尺寸等基本上可以根据形成突起 16 的间隔和突起 16 的截面形状等来任意设定。例如，当在图 1 中的垂直方向和水平方向二者都以恒定的间隔形成突起 16 时，可以获得在平面图中具有正方形的透镜元件，并且同时可以获得具有均匀透镜特性的透镜阵列。反过来，当每个区域形成突起 16 的间隔改变时，可以获得具有不同透镜特性的透镜阵列。

另外，彼此相邻的突起 16 之间的距离以及公共基板的侧壁 14a 的内表面和与其相邻的突起 16 之间的距离设定为等于或者小于毛细管长度。毛细管长度是可以忽略重力对界面张力的影响的最大长度。在导电液体和绝缘液体之间的关系上，毛细管长度可以以下面的公式 (2) 表示：

[公式 2]

$$k^{-1} = \sqrt{\frac{\gamma}{\rho g}} \quad \dots \dots (2)$$

$\gamma$ : 导电液体和绝缘液体之间的表面张力

$\rho$ : 导电液体和绝缘液体之间的比重差

$g$ : 重力加速度

图 2 的部分 A 展示了在突起 16 之间的距离等于或者小于毛细管长度 ( $k^{-1}$ ) 的情况下第一液体 11 和第二液体 12 之间的界面的形状。如果突起 16 之间的距离等于或者小于毛细管长度，则第一液体 11 和第二液体 12 之间的界面保持其弯曲的表面形状而不受重力的影响。因此，采用电毛细管现象可以控制界面的形状。相比之下，如果突起 16 之间的距离大于毛细管长度，

如图 2 的部分 B 所示, 则第一液体 11 和第二液体 12 之间的界面受重力的影响, 并且在其中心区域形成平坦部分。因此, 变得难于采用毛细管现象来改变界面的形状。因此, 必须使得彼此相邻的突起 16 之间的距离以及公共基板的侧壁 14a 的内表面和与其相邻的突起 16 之间的距离设定为等于或小于毛细管长度。换言之, 矩形透镜元件的边和对角线的长度设定为等于或小于毛细管的长度。

毛细管长度根据形成界面的两种介质的种类而不同。在图 3 中, 示出了对于水和空气的结合以及水和油的结合的界面张力、密度差和毛细管长度, 以进行彼此比较。对于水和空气的情况毛细管长度为 2.7 mm, 而对于水和油的情况毛细管长度为 15.2 mm。因此, 通过减少上述第一液体 11 和第二液体 12 之间的密度差 (比重差) 到 0.0129, 可以将突起 16 之间的间隔增加到 15.2 mm。

尽管在如图所示的实例中棒状突起 16 的截面形状为圆形, 但是该形状当然不限于此, 并且也可以是椭圆形或者如三角形或者矩形的形状。另外, 突起 16 的高度不限于如图 1 的部分 B 所示的突起 16 的高度小于公共基板 14 的侧壁 14a 的高度的情况, 并且也可以等于侧壁 14a 的高度。在此情况下, 突起 16 在其顶端与盖体 15 接触。因此, 即使透镜阵列 10 的面积增加, 基板 14 和盖体 15 之间的间隙也可以防止由于外力等而改变。因此, 根据透镜阵列 10 的尺寸或其使用条件, 可以在盖体 15 和突起 16 的顶端之间提供间隔, 或者仅有某些突起 16 可以形成为具有与盖体 15 接触的高度。

另外, 突起 16 的侧表面不限于该侧表面垂直于基板 14 的情况, 并且也可以成形为朝着端部更薄或者朝着端部更厚。在图 4 中, 示出了由具有不同形状的突起所获得的第一液体 11 和第二液体 12 之间的界面的初始形状以进行相互比较。图 4 的部分 A 展示了突起 16 具有圆柱形状的实例, 图 4 的部分 B 展示了突起 16A 成形为朝着端部更薄的实例, 而图 4 的部分 C 展示了突起 16B 成形为朝着端部更厚的实例。

应当理解的是, 即使第一液体 11 与突起的侧表面接触的接触角是不变的, 两种液体之间的界面的形状也根据形成突起的侧表面的角度而大大变化。在突起 16A 成形为朝着端部更薄的情况下, 界面的曲率与突起 16 具有圆柱形状的情况相比更小。在突起 16B 成形为朝着端部更厚的情况下, 界面的曲率与突起 16 具有圆柱形状的情况相比更大。透镜阵列的变焦范围可以

通过优化突起的形状来任意调整。

### (第二实施例)

图 5 的部分 A 和图 5 的部分 B 展示了本发明的第二实施例。本实施例与上述第一实施例的区别在于，分开形成各透镜元件的区域的突起具有线性形状。这里，图中对应于上述第一实施例的部件由相同的附图标记表示，并且省略其详细说明。

图 5 的部分 A 是形成透镜阵列的公共基板 14 的平面图，并且展示了以二维栅格图案设置的线性突起 26 的实例，从而总数为十二的矩形透镜元件形成区域沿着彼此相邻的突起 26 之间的三行及四列分开。允许相邻透镜元件之间液体相通的通道 27 形成在突起 26 中。尽管通道 27 形成在线性设置的突起 26 之间，但是它们也可以通过突起 26 的切除部分来形成。

图 5 的部分 B 是形成透镜阵列的公共基板 14 的平面图。线性突起 26 设置为一维栅格图案，从而形成柱面透镜(或者双凸透镜(lenticular lenses))的共四个区域沿着彼此相邻的突起 26 之间的单行及四列分开。还是在该实例中，形成允许相邻透镜元件之间液体相通的通道 27。

还是在这些实例中，与上述的实施例相类似，可以增加有效透镜区域，并且可以改善透射率。另外，可以减少元件之间液体量的差异，并且可以使得透镜特性均一。

### (第三实施例)

图 6 的部分 A 和图 6 的部分 B 展示了根据本发明第三实施例的透镜阵列 30 的示意性结构。图 6 的部分 A 是展示透镜阵列 30 的内部结构的平面图，而图 6 的部分 B 是透镜阵列 30 的主要部分的截面图。这里，图中对应于上述第一实施例的部件由相同的附图标记表示，并且省略其详细描述。

与上述的第一实施例相类似，包括第一液体 11 和第二液体 12 的多个透镜元件 13 二维地设置在液体腔中，该液体腔形成在公共基板 14 和盖体 15 之间。这里，在本实施例中，公共基板 14 由具有平坦前表面和平坦后表面的透明板构件形成，与盖体 15 相类似。

在本实施例中，多孔板 31 设置在公共基板 14 和盖体 15 之间，并且各透镜元件 13 位于多孔板 31 的表面中形成的多个圆形开口 32 中。各透镜元件 13 由多孔板 31 的非开口部分 33 分开。允许相邻开口 32 之间液体相通的通道 35 形成在多孔板 31 和公共基板 14 之间。允许相邻开口 32 之间液体相

通的通道 36 形成在多孔板 31 和盖体 15 之间。一侧上的通道 35 通过在多孔板 31 面对公共基板 14 的表面中形成凹部而形成。另一侧上的通道 36 以在形成液体腔的工艺中形成密封构件 20 的厚度来形成。

多孔板 31 在其周边具有外框部分 31F。外框部分 31F 的底部表面结合到公共基板 14，并且外框部分 31F 的顶部表面紧紧地固定到盖体 15，其间设有密封构件 20。尽管在本实施例中多孔板 31 由诸如硅基板的半导体材料形成，但是它也可以由其它材料形成，如金属板和由玻璃、陶瓷或者树脂等制造的绝缘基板。在采用绝缘树脂的情况下，形成由导电材料制造的电极膜。多孔板 31 通过端子部 21b 连接到外部电压源（未示出）。多孔板 31 的前后表面和开口 32 的周边表面由绝缘膜 34 覆盖，从而导电的第一液体 11 与多孔板 31 电绝缘。

绝缘膜 34 的材料没有特别限定，只要该材料具有憎水性、透明度和预定的耐受电压（withstand voltage），并且其膜厚度和膜质量均一。透镜元件 13 的运行电压根据绝缘膜 34 的膜厚度和介电常数而变化。运行电压随着绝缘膜 34 的膜厚度的减少以及其介电常数的增加而减少。绝缘膜 34 可以在多孔板 31 和公共基板 14 结合在一起的工艺前或者在该结合工艺后形成。

可以根据多孔板 31 和公共基板 14 的材料等而采用各种结合方法将多孔板 31 和公共基板 14 结合在一起。例如，在如上所述多孔板 31 由硅基板形成而公共基板 14 由玻璃材料形成的情况下，多孔板 31 和公共基板 14 可以由阳极耦合法（anode coupling method）结合在一起。作为选择，在多孔板 31 和公共基板 14 二者都由合成树脂形成的情况下，可以采用扩散结合法或者超声波结合法等。另外，也可以采用利用粘合剂的结合法而不管多孔板 31 和公共基板 14 的材料组合。

与第一实施例相类似，根据本实施例如上所述构造的透镜阵列 30 包括多个透镜元件 13，其中第一液体 11 设置在盖体 15 侧，并且第二液体 12 设置在公共基板 14 侧。设置各透镜元件 13 的位置由多孔板 31 中形成开口 32 的位置确定。在图 6 的部分 A 所示的实例中，共九个圆形透镜元件 13 沿着平面以三行及三列的阵列图案设置。这里，设置透镜元件 13 的数量不限于上述实例，而是设置透镜元件 13 的数量可以根据形成开口 32 的数量任意调整。

在图 6 的部分 B 所示的状态下，第一液体 11 以预定的接触角与多孔板

31 中的开口 32 的周边表面接触，从而各透镜元件 13 的透镜面 13A 具有预定的弯曲表面形状。透镜面 13A 具有弯曲的表面形状，并且在元件的中心区域为凹入弯曲。

当在此状态下在端子部 21a 和 21b 之间施加电压时，第一液体 11 由于电润湿效应（电毛细管现象）而铺展在开口 32 的周边部分上。因此，第一液体 11 与开口 32 的周边部分接触的接触角改变，这导致透镜面 13A 的形状的改变。透镜面 13A 的形状可逆地改变。因此，各透镜元件 13 的透镜面 13A 根据施加给端子部 21a 和 21b 的电压大小而任意改变。更具体地讲，当所施加的电压增加时，可以使透镜阵列 30 用作作用于通过透镜阵列 30 的光的变焦透镜。

根据本实施例，多孔板 31 设置在公共基板 14 和盖体 15 之间，并且透镜元件 13 由多孔板 31 的非开口部分 33 分开。另外，通过通道 35 和 36 提供相邻透镜元件 13 之间液滴的相通。因此，可以减少各透镜元件 13 之间第一液体 11 和第二液体 12 数量上的差别。另外，对每个元件以高精度调整液体量变得不再必要。由于上述结构，可以易于和均匀地实现包括在透镜阵列 30 中的各透镜元件 13 的透镜特性，并且可以易于组装该透镜阵列 30。

在本实施例中，形成开口 32 的多孔板 31 的厚度设定为当施加的电压在设定范围中时透镜面 13A 的形状的改变不被限制。另外，开口 32 的形状不限于圆形，而是也可以为诸如矩形的多边形或者诸如椭圆形的其它几何形状。这里，如果开口 32 为圆形，则可以增加透镜元件 13 作为透镜的有效面积。因此，可以获得具有极好光学特性的透镜元件 13。作为选择，如果开口 32 为多边形，则可以增加开口 32 的开口面积。如在第一实施例中所描述，开口 32 的大小优选设定为等于或小于毛细管的长度。

另外，形成开口 32 的位置不限于图 6 的部分 A 所示的开口 32 排列在垂直方向和水平方向上的情况。例如，如图 7 的部分 A 所示，也可以采用这样的结构，其中开口 32 密集地设置为使得开口 32 设置在行方向上，并且每个开口位于前一行中的开口 32 之间。

另一方面，在多孔板 31 由诸如玻璃、塑料和陶瓷的绝缘材料制造的情况下，如图 7 的部分 B 所示，由 ITO 等制造的透明导电膜的图案可以形成在每个开口 32 的周边部分上作为电极 37。如图 8 所示，电极 37 覆盖有具有憎水性的绝缘膜 34。电极 37 在各开口 32 之间延伸在网眼（mesh）上，并

且通过多孔板 31 的外框部分 31F 的外表面上形成的连通部分 37P 而公共地连接到端子部 21b, 该端子部 21b 形成在公共基板 14 的表面的一端上。这里, 如果电极 37 为各开口 32 单独形成并分别连接到为各开口提供的端子部 21b, 则透镜元件 13 的每一个都可以单独驱动。

另外, 替代多孔板 31 面对公共基板 14 和盖体 15 且其间设有液体连通通道 35 和液体连通通道 36 的结构, 也可以采用下面的结构。也就是, 例如, 多孔板 31 和盖体 15 可以彼此紧密接触, 并且液体连通可以仅由多孔板 31 和公共基板 14 之间的通道 35 提供。

另外, 如图 9 的部份 A 所示, 支撑棒 38 可以设置有多孔板 31 和公共基板 14 之间, 从而多孔板 31 和公共基板 14 之间的空隙可以保持不变, 并且可以减少透镜元件 13 之间液体量的差异。另外, 可以提高对外应力的抵抗力。这里, 支撑棒 38 形成在多孔板 31 的非开口部分 33 和公共基板 14 之间。支撑棒 38 的大小、形状和数量没有特别限定。支撑棒 38 可以形成在公共基板 14 上, 也可以形成在多孔板 31 上。支撑棒 38 不限于与公共基板 14 或者多孔板 31 一体地形成的情况, 而是可以作为单独部件形成。

另一方面, 图 9 的部分 B 是结构实例的主要部分的截面图, 其中通道 35 形成在多孔板 31 的底部表面中, 以便允许相邻开口 32 之间液滴的连通。通道 35 的形状、大小和数量以及通道 35 形成的位置没有特别限定。然而, 它们优选设计为第一液体 11 和第二液体 12 可以易于引入开口 32 中。

接下来, 将描述制造根据本实施例的透镜阵列 30 的方法。

图 10 展示了图解透镜阵列 30 的制造方法的步骤的主要部分的截面图。在如图所示的实例中, 硅基板用作多孔板 31, 并且由耐热玻璃 (Pyrex glass) (商品名) 等制造的玻璃基板用作公共基板 14。

首先, 如图 10 的部分 A 所示, 抗蚀剂层 42 采用光刻技术以预定形状图案形成在用于形成多孔板 31 的硅基板 41 的一个表面上。然后, 如图 10 的部分 B 所示, 采用抗蚀剂层 42 为掩模以预定的量蚀刻硅基板 41 的该一个表面。因此, 具有预定深度的凹部 43 形成在硅基板 41 的该一个表面中。凹部 43 在透镜阵列 30 中的多孔板 31 和公共基板 14 之间形成液体连通通道 35 (图 6 中的部分 B)。

接下来, 去除抗蚀剂层 42。然后, 如图 10 的部分 C 所示, 抗蚀剂层 44 采用光刻技术以具有预定形状的图案形成在硅基板 41 的另一表面上。然后,



如图 10 的部分 D 所示, 采用抗蚀剂层 44 作为掩模蚀刻硅基板 41 的另一表面, 从而多个开口 32 形成在硅基板 41 中以通过其延伸。因此, 制造了要设置在公共基板 14 和盖体 15 之间的多孔板 31。

接下来, 去除抗蚀剂层 44。然后, 如图 10 的部分 E 所示, 多孔板 31 的一个表面和公共基板 14 的顶表面通过阳极耦合彼此结合。然后, 如图 10 的部分 F 所示, 绝缘膜 34 形成在多孔板 31 和公共基板 14 的每一个的表面上。结果, 多孔板 31 的非开口部分 33 覆盖有绝缘膜 34。

接下来, 如图 10 的部分 G 所示, 密封构件 20 设置在多孔板 31 的外框部分的顶表面上以形成液体腔。另外, 导电的第一液体 11 和绝缘的第二液体 12 引入多孔板 31 中的开口 32 中。引入第一液体 11 和第二液体 12 的方法实例包括这样的方法, 其中采用诸如注射器或者分配器喷嘴的液体滴入装置将预定量的第二液体 12 注入每个开口 32 中, 然后用第一液体 11 填充液体腔, 以及这样的方法, 其中首先用第一液体 11 填充液体腔, 然后预定量的第二液体 12 分别注入开口 32 的每一个中。

最后, 如图 10 的部分 H 所示, 盖体 15 设置在密封构件 20 上, 并且第一液体 11 和第二液体 12 密封在液体腔中。这样, 就制造了包括第一液体 11 和第二液体 12 的透镜元件 13 二维地设置在其中的透镜阵列 30。

根据本实施例的结构, 因为相邻透镜元件 13 彼此液体相通, 所以可以减少透镜元件 13 之间液体量的差异。另外, 以高精度调整每个元件的液体量变得不再必要。由于上述结构, 可以易于和均匀地实现包括在透镜阵列 30 中的各透镜元件 13 的透镜特性, 并且可以易于组装透镜阵列 30。

接下来, 将参考图 11 至 13 描述制造透镜阵列 30 的另一方法。这里, 图 11 的部分 A 是图解透镜阵列 30 的结构的主要部分的截面图。图 11 的部分 B 是图 11 的部份 A 沿线[B]-[B]剖取的截面图。图 12 和图 13 示出图解制造透镜阵列 30 的方法步骤的截面图。

图 11 所示的透镜阵列 30 构造为使得将第一液体 11 和第二液体 12 引入液体腔的液体进口 47A 和将第一液体 11 和第二液体 12 从液体腔排出的液体出口 47B 以其预定的位置形成在多孔板 31 的外框部分 31F 中。另外, 液体进口 47A 和液体出口 47B 分别用密封构件 46A 和 46B 密封。形成液体进口 47A 和液体出口 47B 的位置没有特别限定。然而, 在该实例中, 它们形成在关于多孔板 31 的中心彼此对称的位置。

另外，在图 11 所示的透镜阵列 30 中，支撑棒 38 提供在多孔板 31 的非开口部分 33 和公共基板 14 之间。支撑棒 38 构造为如图 9 的部分 A 所示，并且在此省略其详细的说明。这里，在该实例中，支撑棒 38 与多孔板 31 一体地形成。

下面将参考图 12 和 13 来描述具有上述结构的透镜阵列 30 的制造方法。首先，如图 12 的部分 A 所示，抗蚀剂层 62 采用光刻技术以具有预定形状的图案形成在用于形成多孔板 31 的硅基板 61 的一个表面上。然后，如图 12 的部分 B 所示，采用抗蚀剂层 62 为掩模以预定量蚀刻硅基板 61 的该一个表面。因此，具有预定深度的凹部 63 形成在硅基板 61 的该一个表面中。另外，形成支撑棒 38、液体进口 47A 和液体出口 47B。这里，凹部 63 在多孔板 31 和公共基板 14 之间形成液体连通通道。

接下来，去除抗蚀剂层 62。然后，如图 12 的部分 C 所示，抗蚀剂层 64 采用光刻技术以具有预定形状的图案形成在硅基板 61 的另一个表面上。然后，如图 12 的部分 D 所示，采用抗蚀剂层 64 作为掩模蚀刻硅基板 61 的该另一个表面，从而在硅基板 61 中形成多个开口 32 以在其间延伸。这样，就制造了要设置在公共基板 14 和盖体 15 之间的多孔板 31。

接下来，去除抗蚀剂层 64。然后，如图 12 的部分 E 所示，通过阳极耦合将多孔板 31 的外框部分的一个表面和支撑棒 38 的端部与公共基板 14 的顶表面结合。然后，如图 13 的部分 F 所示，绝缘膜 34 形成在多孔板 31 和公共基板 14 的每一个的表面上。结果，多孔板 31 包括支撑棒 38 的非开口部分 33 覆盖有绝缘膜 34。

接下来，如图 13 的部分 G 所示，通过在多孔板 31 的外框部分的顶表面上设置盖体 15 并且它们之间设有密封构件 20，从而形成液体腔。接下来，如图 13 的部分 H 所示，通过液体进口 47A 引入第一液体 11，从而第一液体 11 通过形成在多孔板 31 和公共基板 14 之间以及多孔板 31 和盖体 15 之间形成的液体连通通道填充液体腔。此时，打开液体出口 47B，以便液体腔中的残留空气和多余的第一液体 11 可以从液体出口 47B 排出。应当注意的是，在图 13 的部分 H 及随后的部分中，在截面图中示出了液体进口 47A 和液体出口 47B。

接下来，如图 13 的部分 I 所示，通过液体进口 47A 引入第二液体 12，而液体出口 47B 保持在打开状态。第二液体 12 在液体腔的整个区域上流过

多孔板 31 和公共基板 14 之间的液体连通通道，并且由于具有憎水性的绝缘膜 34 而铺展在多孔板 31 中的开口 32 的周边表面上。在引入第二液体 12 的初期阶段，第一液体 11 从液体出口 47B 排出。然而，当第二液体 12 到达液体出口 47B 时，第一液体 11 停止排出。最后，如图 13 的部分 J 所示，液体进口 47A 和液体出口 47B 分别用密封构件 46A 和 46B 密封。

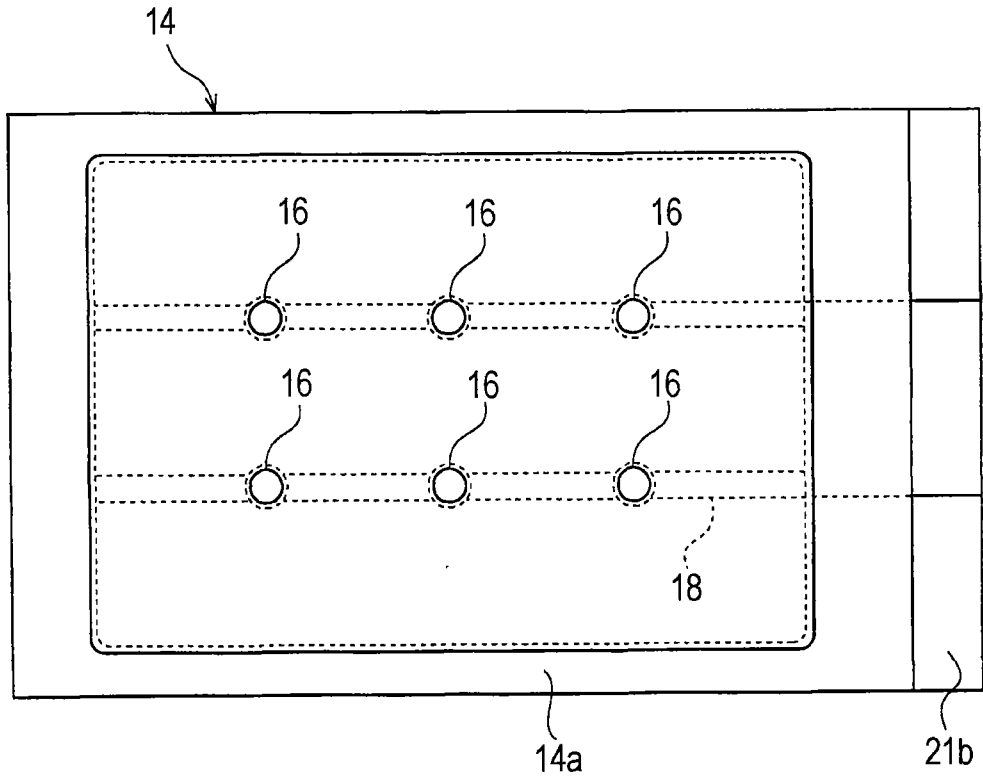
这里，在第二液体 12 铺展的速度低的情况下，在第二液体 12 到达液体出口 47B 后，继续引入第二液体 12 的步骤，以便增加液体腔中第二液体 12 的量，并且升高第一液体 11 和第二液体 12 之间的界面。

因此，可以制造包括第一液体 11 和第二液体 12 的透镜元件 13 二维设置在液体腔中的透镜阵列 30。根据本实施例，因为相邻透镜元件 13 彼此液体相通，所以可以减少透镜元件 13 之间液体量的差异。另外，每个元件以高精度调整液体量变得不再必要。由于上述结构，可以使得包括在透镜阵列 30 中的各透镜元件 13 的透镜特性均一，并且可以易于组装透镜阵列 30。

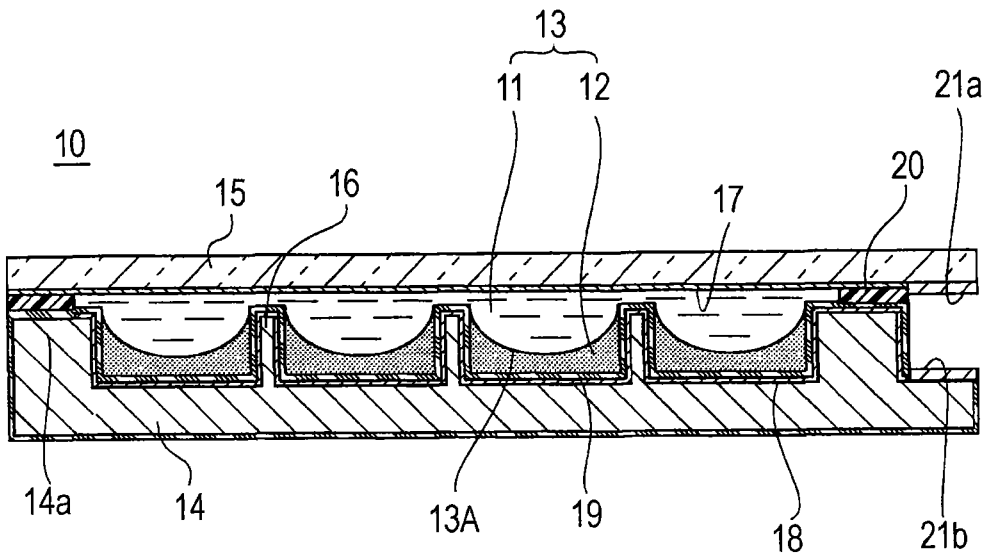
根据本实施例，通过从液体腔一侧接续地引入第一液体 11 和第二液体 12 来制造透镜阵列 30。因此，不必执行单独滴入第二液体 12 的液滴同时调整其数量的工艺，并且可以易于执行透镜阵列 30 的组装工艺。另外，可以易于获得具有小透镜直径（例如，几微米到几十微米）的结构，这不能通过采用注射器或者分配器喷嘴等的液体引入法获得。

同样，根据本实施例，可以充分地调整第一液体 11 和第二液体 12 的引入压力。例如，当液体腔中的压力保持在高于大气压力的压力时，可以获得不易受到外部环境（例如，高山上的压力减少，或者水下的压力增加）影响的装置。

另外，通过用将诸如橡胶栓的弹性体附着到液体进口 47A 和液体出口 47B 然后以粘结剂硬化其外侧可以获得密封构件 46A 和 46B，或者可以直接将粘结剂注入液体进口 47A 和液体出口 47B 并硬化该粘合剂来获得。作为选择，密封构件 46A 和 46B 也可以由控制液体流动方向的止回阀（单向阀）形成。

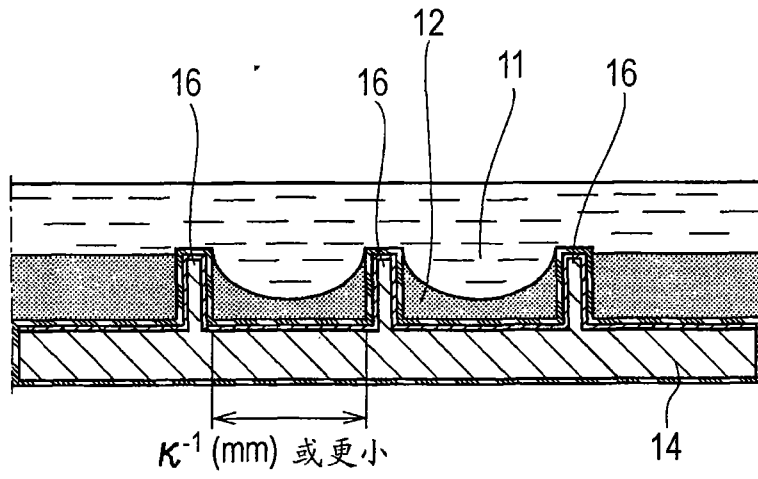


**A**

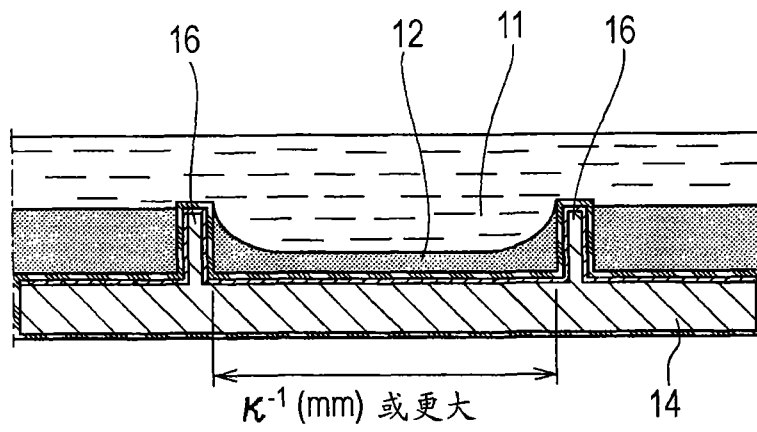


**B**

图 1



A



B

图 2

	界面张力 [mN/m]	密度差 [g/cm <sup>3</sup> ]	毛细管长度 [mm]
水和空气	72.88	0.99997	2.7
水和油	29.5	0.0129	15.2

图 3

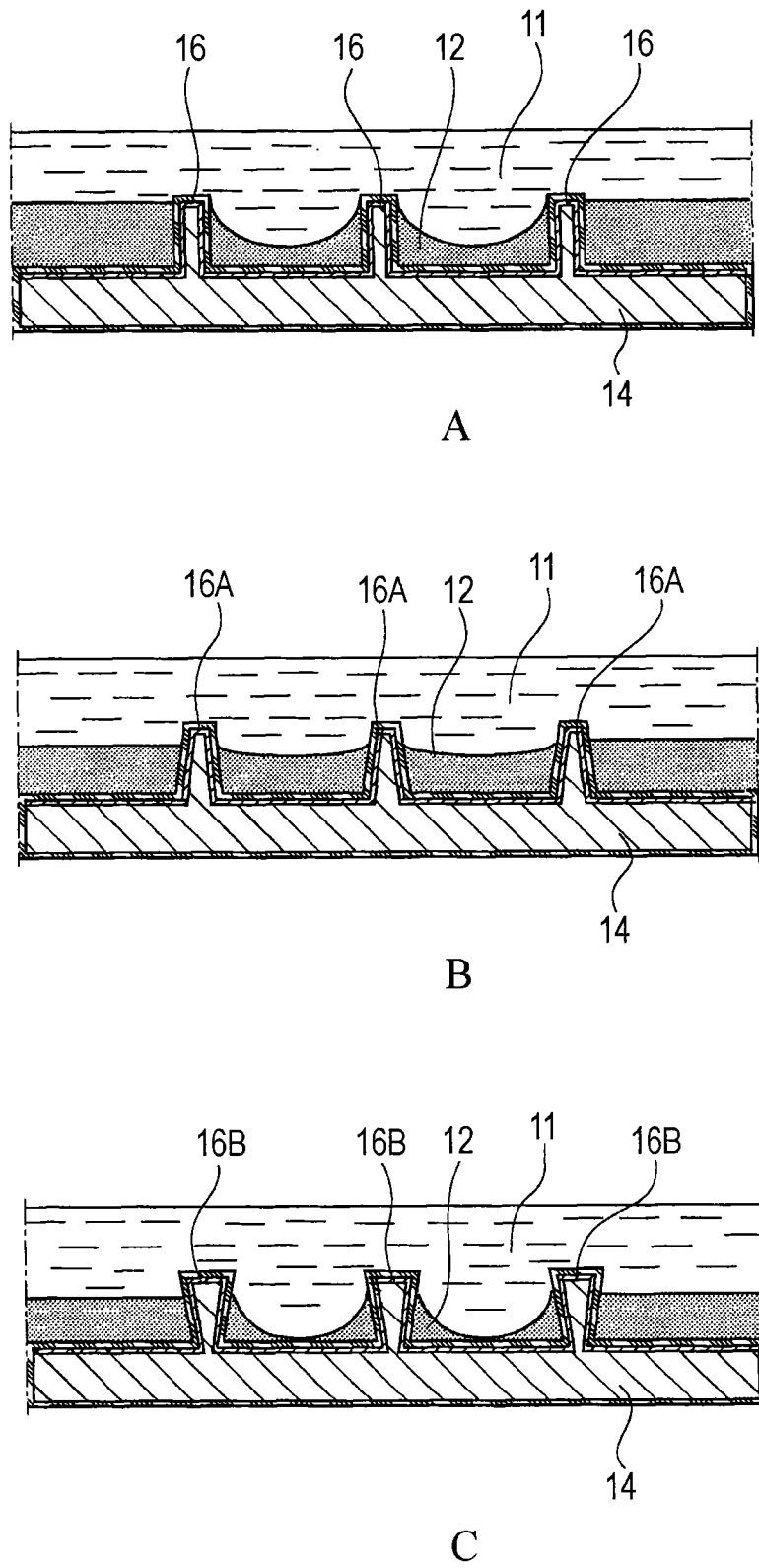
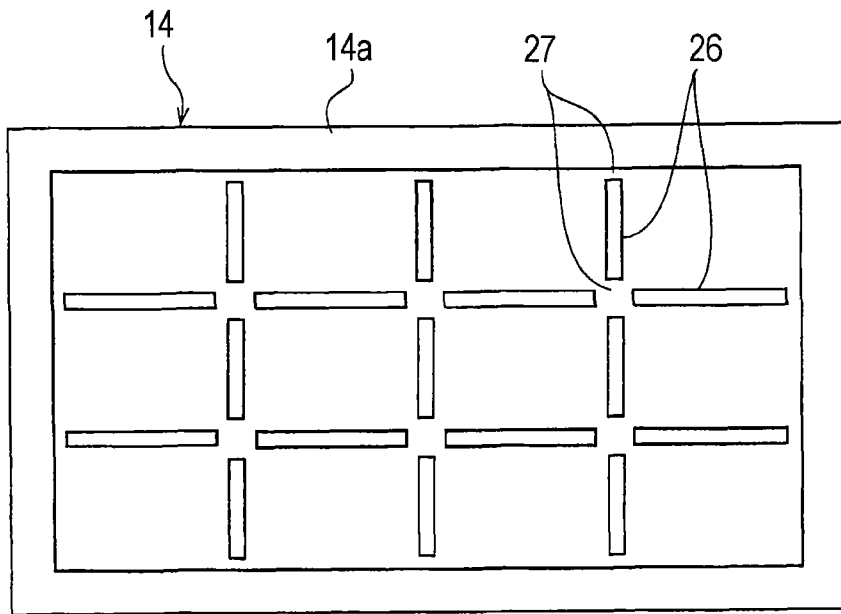
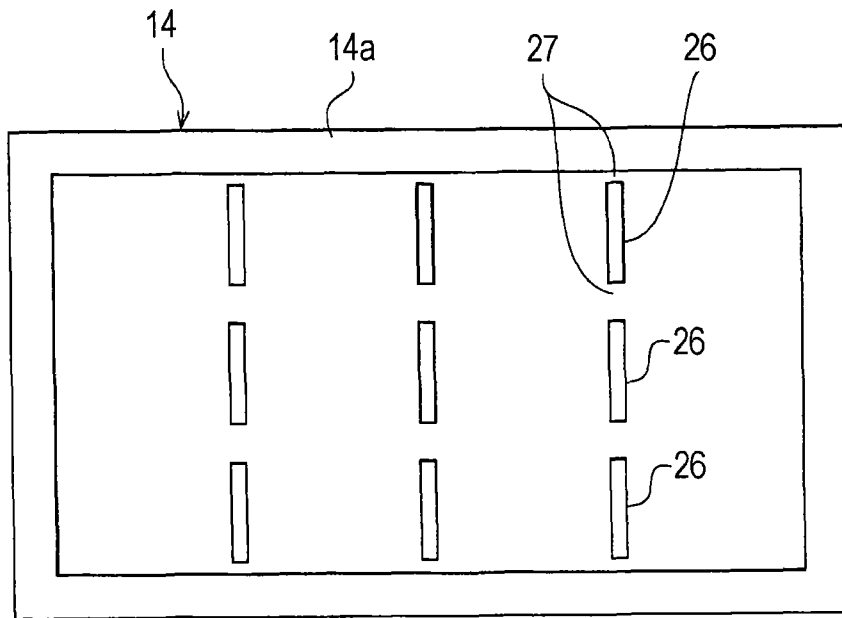


图 4



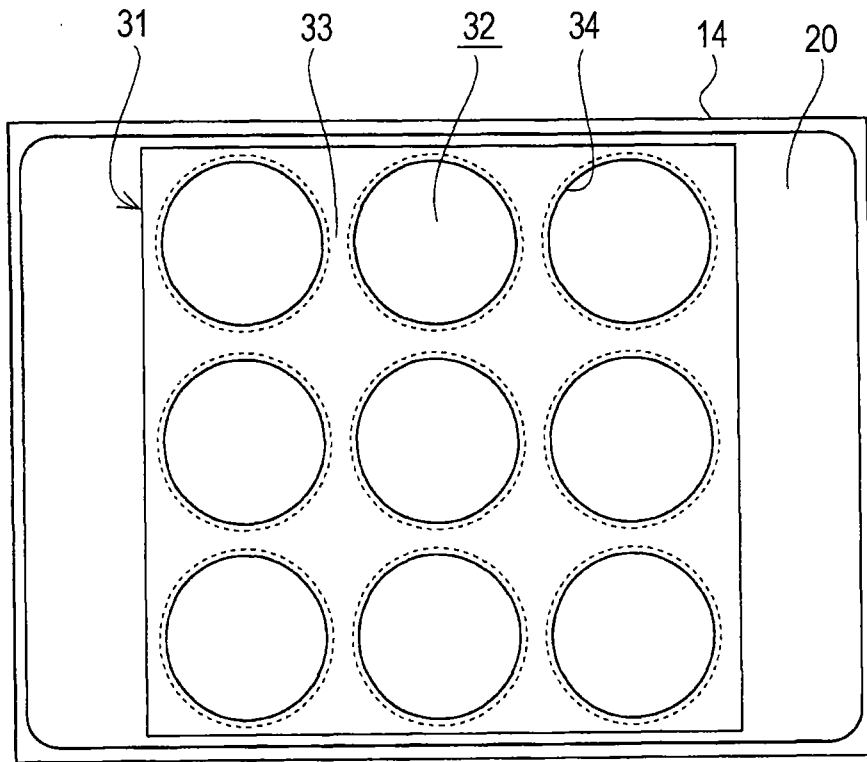
A



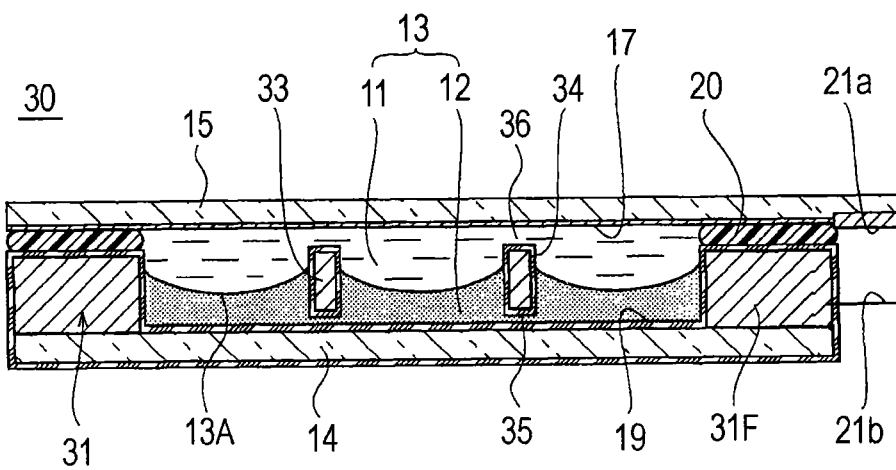
B

图 5



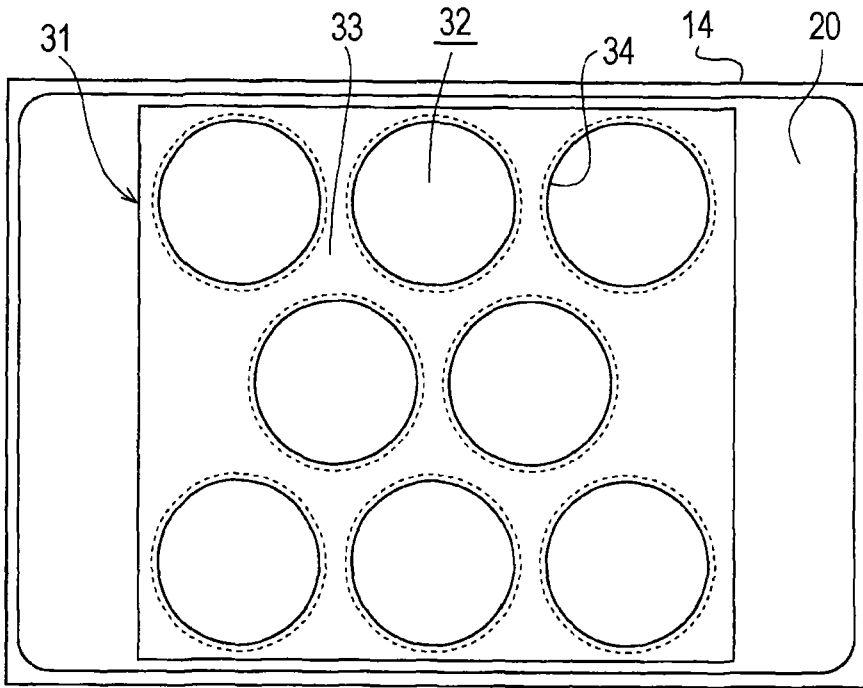


A

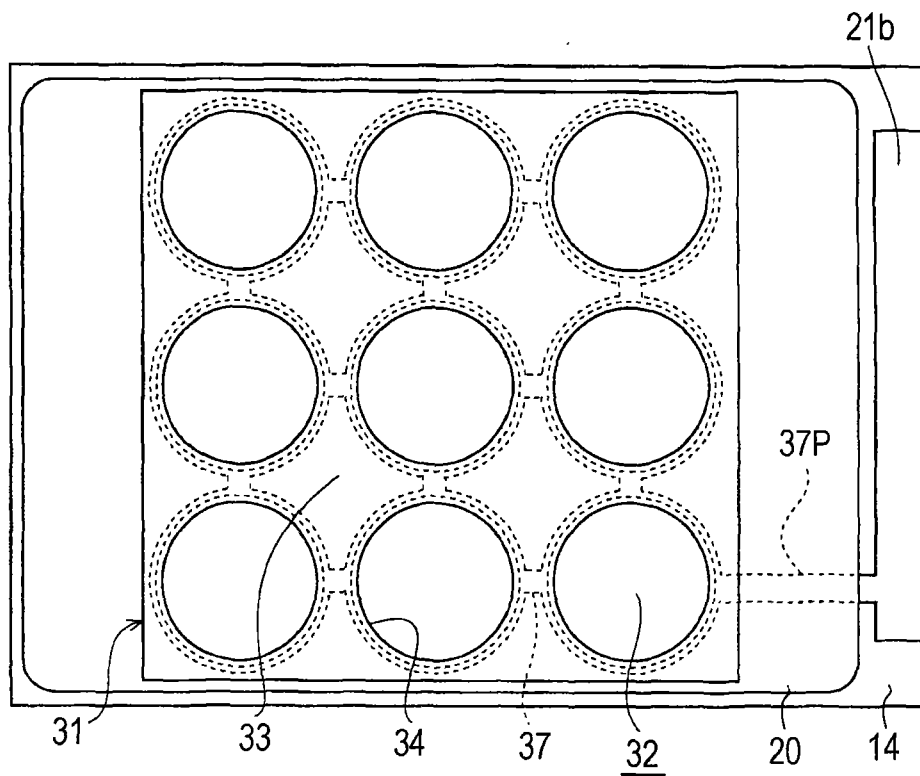


B

图 6



A



B

图 7

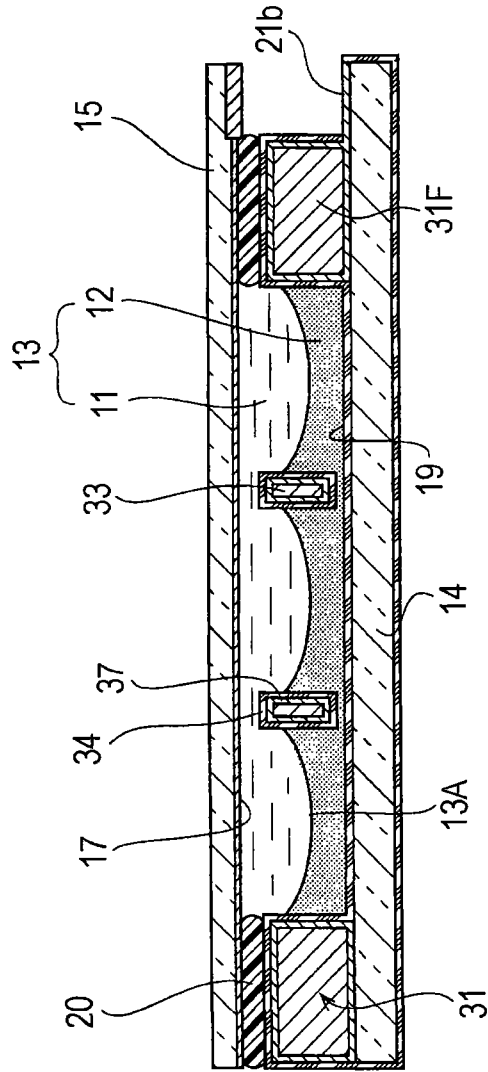
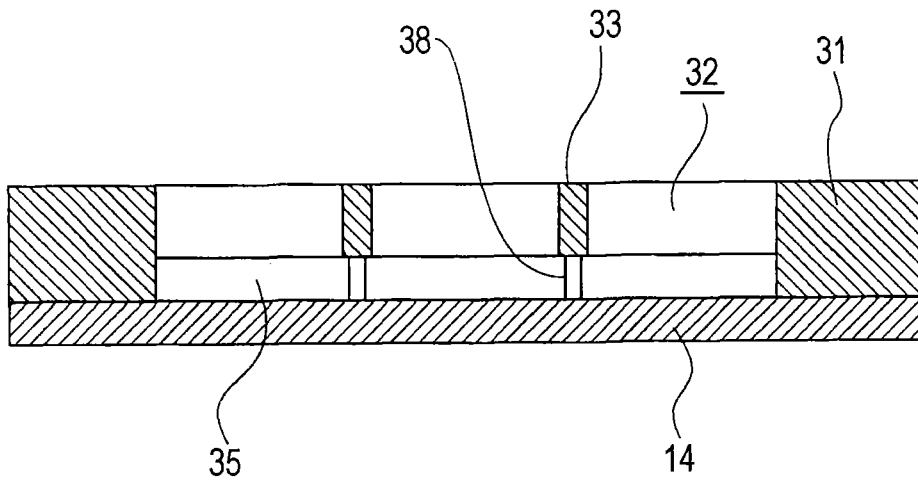
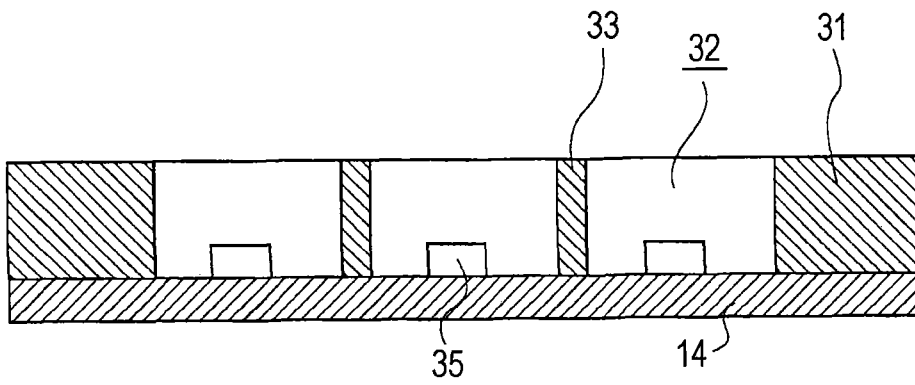


图 8



A



B

图 9

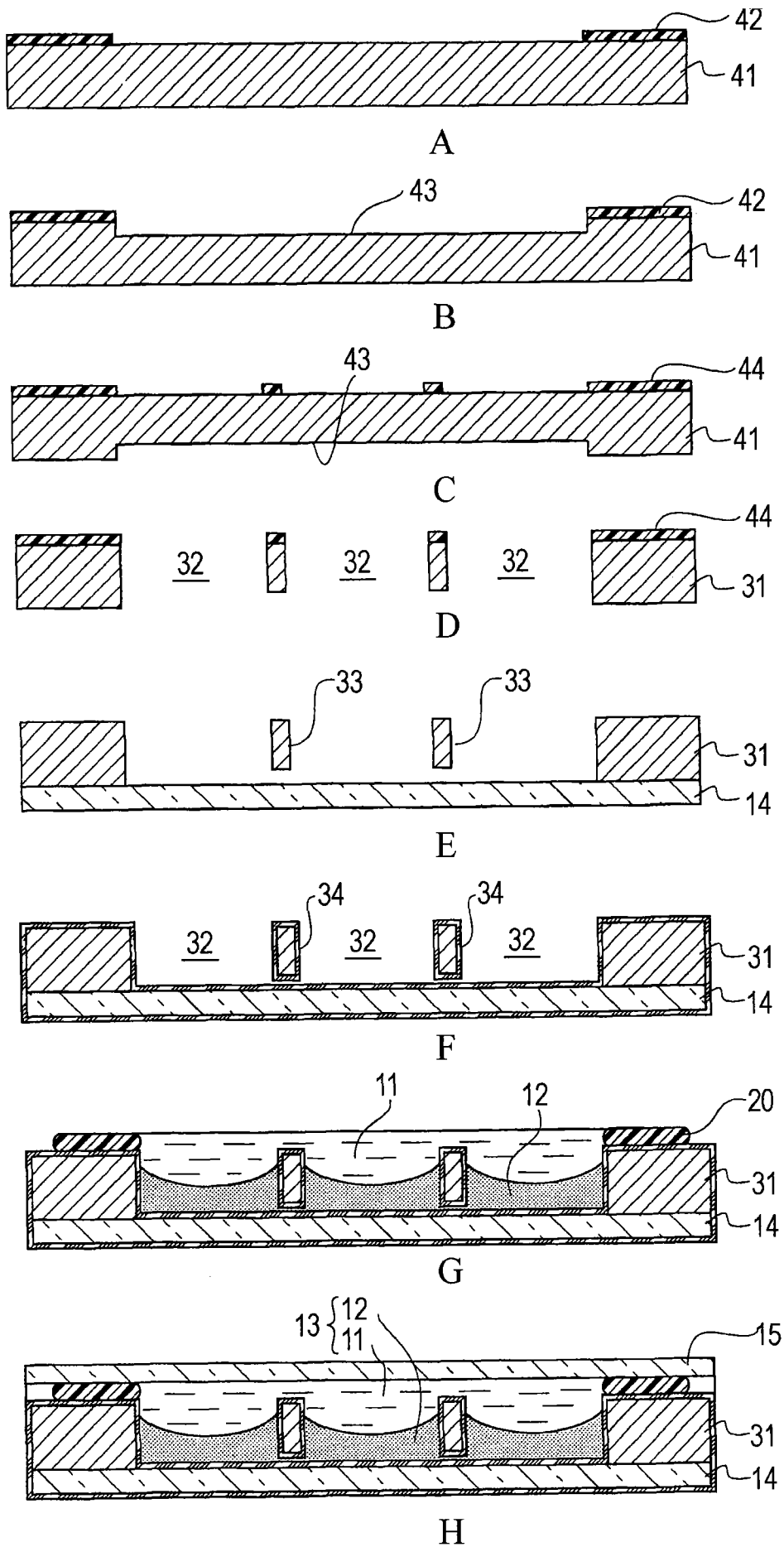
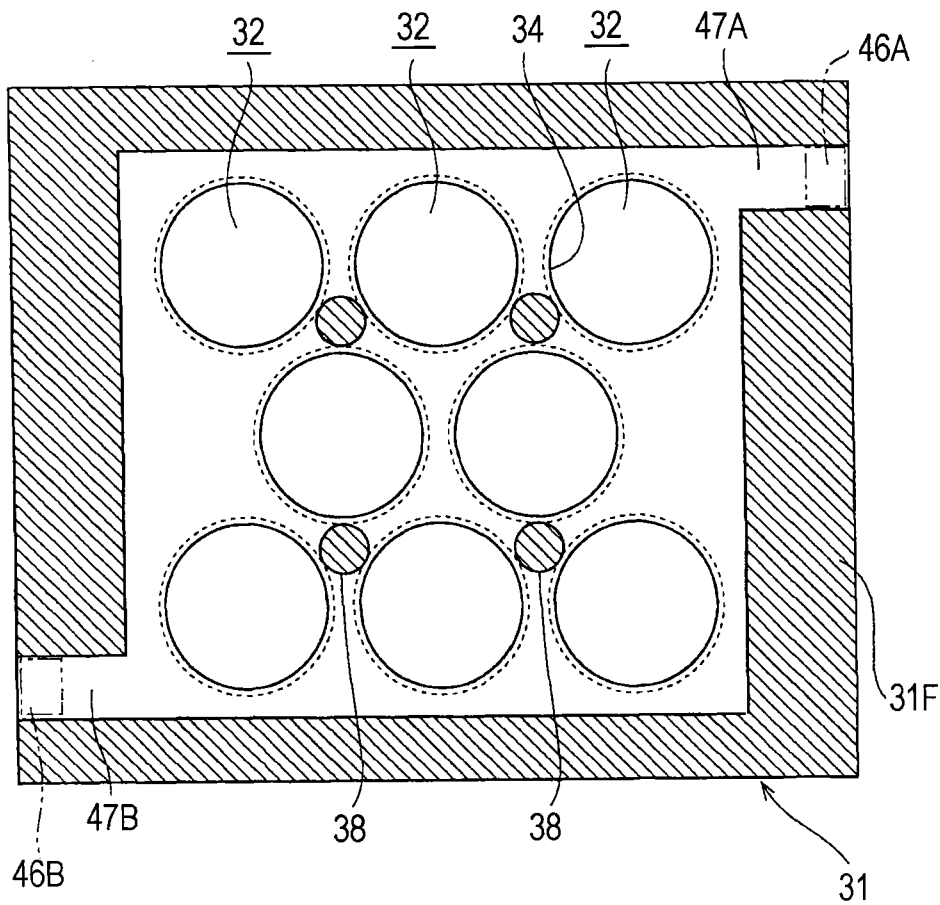
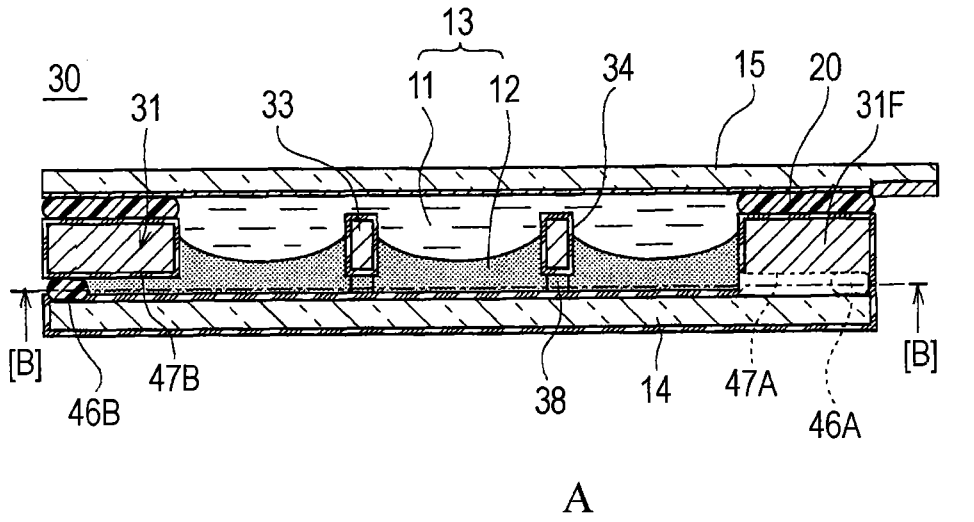


图 10



B  
图 11

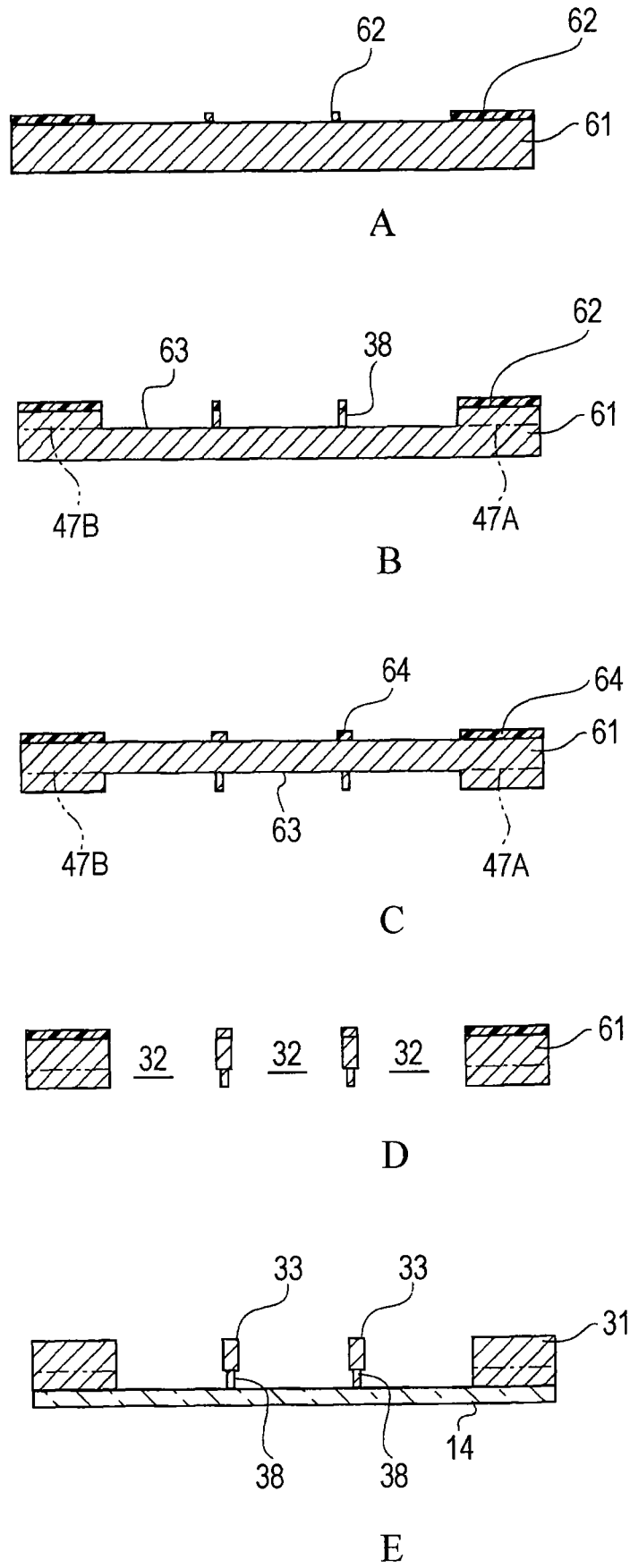


图 12.

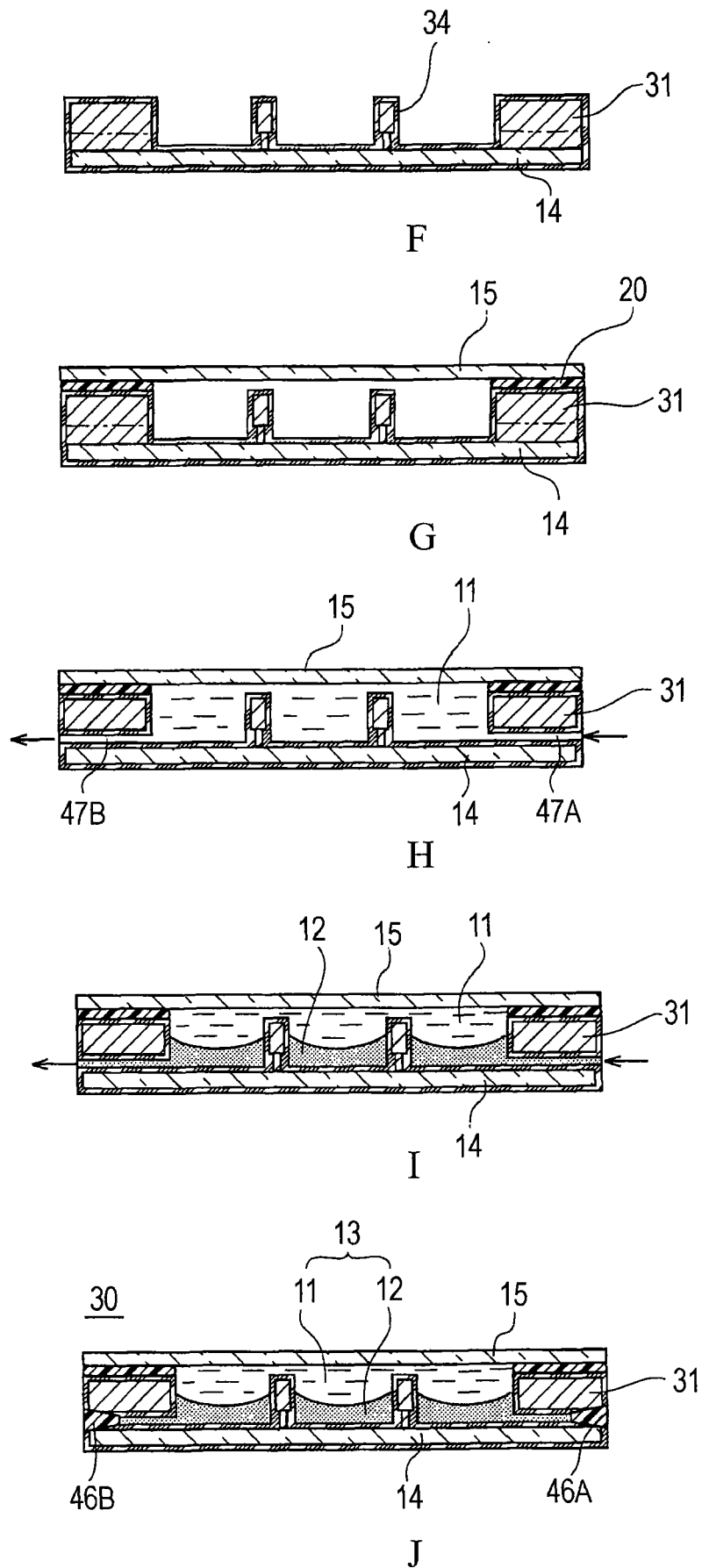
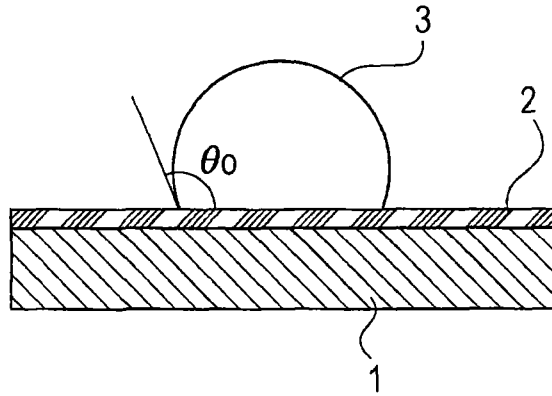
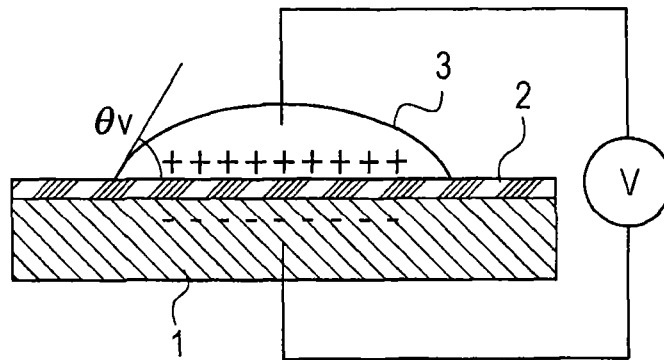


图 13



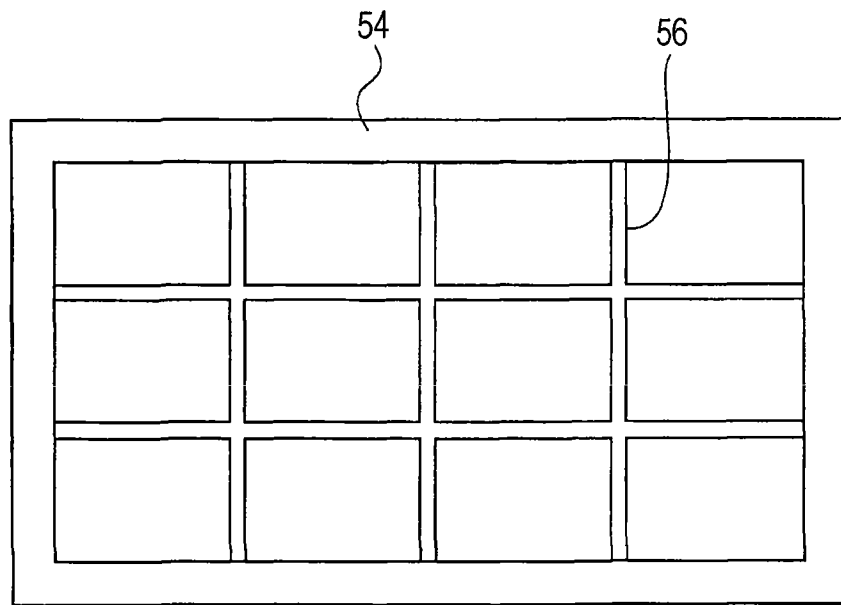


A

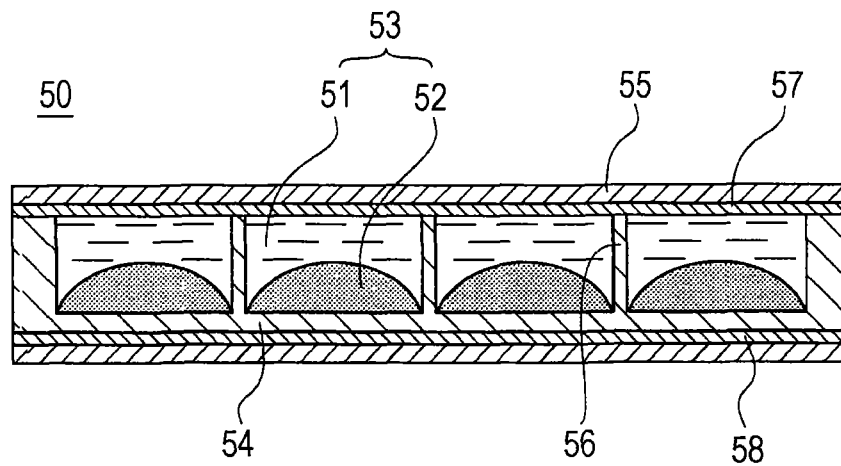


B

图 14



A



B

图 15