

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200910176192.0

G02B 5/00 (2006.01)
G02B 26/02 (2006.01)
G03B 9/02 (2006.01)
G03B 19/02 (2006.01)
H04N 5/225 (2006.01)

[43] 公开日 2010年3月31日

[11] 公开号 CN 101685172A

[22] 申请日 2009.9.25

[21] 申请号 200910176192.0

[30] 优先权

[32] 2008.9.26 [33] JP [31] 2008-249240

[71] 申请人 索尼株式会社

地址 日本东京

[72] 发明人 光田幸宽 佐野幸广 海部敬太

田中和洋

[74] 专利代理机构 北京康信知识产权代理有限公司

代理人 余刚 吴孟秋

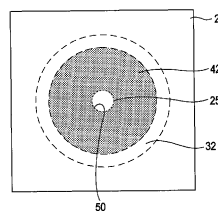
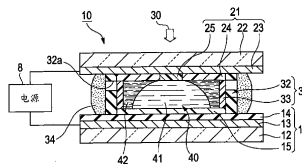
权利要求书 4 页 说明书 24 页 附图 14 页

[54] 发明名称

光学元件和成像装置

[57] 摘要

本发明提供了一种光学元件和成像装置，所述光学元件包括：第一液体；第二液体，与第一液体不互溶且具有极性或导电性；第一基板部；第二基板部；侧壁部；第二电极，设置在第二基板部和侧壁部中的一个上；以及容纳部，由该第一基板部、第二基板部和侧壁部构成且将该第一液体和第二液体密封在其中。所述光学元件还包括设置在容纳部的第一基板部侧且与第一液体具有高亲和性的第一膜、设置在容纳部的第二基板部侧且与第二液体具有高亲和性的第二膜以及设置在第二膜的中心且与第一液体具有高亲和性的第三膜。通过本发明，第一液体和容纳部在第二基板部侧的膜之间的接触区域的偏心可以用较简单结构加以抑制。



1. 一种光学元件，包括：

第一液体；

第二液体，其与所述第一液体不互溶且具有极性或导电性；

第一基板部，包括：

第一基板，具有光学透明性，

第一电极，设置在所述第一基板的表面上且具有光学透明性，

绝缘膜，设置在所述第一电极上且具有光学透明性，和

第一膜，设置在所述绝缘膜上，且与所述第一液体的亲和性高于与所述第二液体的亲和性，并具有光学透明性；

第二基板部，包括：

第二基板，具有光学透明性，

第二膜，设置在所述第二基板的表面上，且与所述第二液体的亲和性比高于与所述第一液体的亲和性，并具有光学透明性，和

第三膜，设置在所述第二膜的中心，且与所述第一液体的亲和性高于与所述第二液体的亲和性，并具有光学透明性；

侧壁部，连接所述第一基板部和所述第二基板部以使得所述第一膜和所述第二膜彼此面对；

第二电极，设置在所述第二基板部和所述侧壁部中的一个上；以及

容纳部，由所述第一基板部、所述第二基板部和所述侧壁部构成且将所述第一液体和所述第二液体密封在其中。

2. 根据权利要求1所述的光学元件，

其中，所述第一液体的透光率高于所述第二液体的透光率，以及

所述第一液体的折射率与所述第二液体的折射率相同。

3. 根据权利要求1所述的光学元件，其中，所述第三膜在所述容纳部侧的表面是圆形形状。

4. 根据权利要求1所述的光学元件，其中，所述第二膜的厚度与所述第三膜的厚度相同。

5. 根据权利要求1所述的光学元件，其中，所述第一电极的中心设置有星形开口。

6. 根据权利要求1所述的光学元件，其中，所述第二电极具有光学透明性且设置在所述第二基板部和所述第二膜之间。

7. 根据权利要求1所述的光学元件，还包括：

第四膜，其设置在所述侧壁部的一个表面上，该表面与所述容纳部相邻且与所述第二液体的亲和性高于与所述第一液体的亲和性。

8. 一种成像装置，包括：

光学元件，包括

第一液体;

第二液体,其与所述第一液体不互溶且具有极性或导电性;

第一基板部,包括:

第一基板,具有光学透明性,

第一电极,设置在所述第一基板的表面上且具有光学透明性,

绝缘膜,设置在所述第一电极上且具有光学透明性,和

第一膜,设置在所述绝缘膜上,且与所述第一液体的亲和性高于与所述第二液体的亲和性,并具有光学透明性;

第二基板部,包括:

第二基板,具有光学透明性,

第二膜,设置在所述第二基板的表面上,且与所述第二液体的亲和性高于与所述第一液体的亲和性,并具有光学透明性,和

第三膜,设置在所述第二膜的中心,且与所述第一液体的亲和性高于与所述第二液体的亲和性,并具有光学透明性;

侧壁部,连接所述第一基板部和所述第二基板部以使得所述第一膜和所述第二膜彼此面对;

第二电极,设置在所述第二基板部和所述侧壁部中的一个上; 以及

容纳部，由所述第一基板部、所述第二基板部和所述侧壁部构成且将所述第一液体和所述第二液体密封在其中；

电源单元，被配置为在所述光学元件的所述第一电极和所述第二电极之间施加电压；

透镜单元，被配置为聚焦入射光；以及

成像元件，所述光通过所述光学元件和所述透镜单元聚焦在其上。

光学元件和成像装置

相关申请的参考

本发明包含于2008年9月26日向日本专利局提交的日本优先权专利申请JP 2008-249240的主题,其全部内容结合于此作为参考。

技术领域

本发明涉及光学元件和成像装置。更具体地,本发明涉及利用电湿润现象的光学元件以及包括该光学元件的成像装置。

背景技术

在成像装置如照相机和摄像机中使用的成像光学系统中,这些成像光学系统需要具有调焦和调整光量的功能,以实现自然散焦,从而使图像表面上的光量分布均匀等。在这些要求中,通常,通过包括多个可动叶片的机械光圈机构(mechanical aperture mechanism)来满足调整光量的要求。

然而,这样的机械光圈机构具有以下问题:用于驱动可动叶片的机械驱动单元是必需的,因而装置的尺寸增加。另外,在其中光圈机构的开口小的小光圈状态下,发生光束的衍射,从而降低所获取图像的分辨率。此外,在该光圈机构的操作期间产生声音。

为了解决在这样的机械光圈机构中的上述问题,已经提出了利用电毛细现象(电湿润现象)的光学元件(例如,参见日本未审查专利申请公开第2000-356792号(文献'792))。图18是文献'792中

所披露的光学元件的示意图。文献'792 中所描述的光学元件 **100** 是被配置为控制通过该元件的光束 **30** 的量（透射光的量）的光学元件。

光学元件 **100** 被配置为使得透明基板 **102** 和透明盖板 **106** 通过粘合等分别液密闭地密封在圆筒形容器 **105** 的下开口和上开口上。透明电极 **103**、绝缘层 **104** 和防水膜 **111** 以该次序设置在透明基板 **102** 的内表面上。在透明盖板 **106** 的内表面上设置亲水膜 **113**。设置棒状电极 **125** 以穿过容器 **105**，且棒状电极 **125** 的一端与第一液体 **121** 接触。第一液体 **121** 和第二液体 **122** 被密闭地密封在由亲水膜 **113**、防水膜 **111** 和容器 **105** 的内壁构成的空间中。第一液体 **121** 是具有导电性或极性的液体，且第二液体 **122** 是与第一液体 **121** 不互溶的液体。第一液体 **121** 的折射率基本上与第二液体 **122** 的折射率相同，但是第一液体 **121** 的透射率与第二液体 **122** 的透射率不同。

根据文献'792 中所描述的光学元件 **100**，在透明电极 **103** 和棒状电极 **125** 之间施加电压，且因此两个液体之间界面的形状通过电湿润现象被改变。因此，第二液体 **122** 在亲水膜 **113** 侧的一部分表面与亲水膜 **113** 接触而在亲水膜 **113** 上形成光可以通过其透射的开口（以在光学元件 **100** 中形成光学路径）。在该光学元件 **100** 中，亲水膜 **113** 上所形成的开口的尺寸通过改变所施加的电压来改变，从而调整通过光学元件 **100** 的光束 **30** 的量。即，根据该光学元件 **100**，可以用电方法控制光量，因此可以解决上述机械光圈机构的缺点。

发明内容

在利用电湿润现象的光学元件中，容易发生设置在光入射侧的开口的偏心，且偏心的量也大。在这样的情况下，出现降低分辨率的问题。为了解决该问题，在文献'792 中，透明电极 **103** 被形成为

使得当从液体侧观看时透明电极 103 的形状是凹形。然而，这种结构引起难以减小光学元件 100 的厚度的问题。此外，在文献'792 中所描述的光学元件 100 中，由于从液体侧观看透明电极 103 形成为具有凹形，所以该光学元件 100 的结构变得复杂且难以制造该光学元件 100 并且难以减小该光学元件 100 的尺寸。

在利用电湿润现象的光学元件中，期望用较简单的结构来抑制开口的偏心。

根据本发明的一个实施方式的光学元件包括第一液体以及与该第一液体不互溶且具有极性或导电性的第二液体。根据本发明的一个实施方式的光学元件还包括第一基板部、第二基板部、侧壁部、设置在第二基板部和侧壁部中的一个上的第二电极以及由第一基板部、第二基板部和侧壁部构成且将第一液体和第二液体密封在其中的容纳部。第一基板部包括具有光学透明性的第一基板、设置在第一基板的表面上且具有光学透明性的第一电极、以及设置在第一电极上且具有光学透明性的绝缘膜。此外，第一基板部包括设置在绝缘膜上、且与第一液体的亲和性高于与第二液体的亲和性、并具有光学透明性的第一膜。第二基板部包括具有光学透明性的第二基板、设置在第二基板的表面上、且与第二液体的亲和性高于与第一液体的亲和性、并具有光学透明性的第二膜；以及设置在第二膜的中心、且与第一液体的亲和性高于与第二液体的亲和性、并具有光学透明性的第三膜。侧壁部将第一基板部连接到第二基板部，使得第一膜和第二膜彼此面对。

根据本发明的一个实施方式的成像装置包括根据本发明的一个实施方式的光学元件、被配置为在光学元件的第一电极和第二电极之间施加电压的电源单元、被配置为聚焦入射光的透镜单元、以及通过光学元件和透镜单元将光聚焦在其上的成像元件。

在本发明的该实施方式中，在第二基板部的第二膜的中心设置了与第一液体的亲和性高于与第二液体的亲和性的第三膜。因此，在其中不施加电压的情况下，第一液体被固定为不仅与第一基板部的第一膜而且与第二基板部的第三膜接触。因此，在第三膜上或者在第三膜上的中心区域中形成第一液体和容纳部在第二基板部侧的膜之间的接触区域。

在本发明的该实施方式中，在第二基板部的第二膜的中心设置了与第一液体的亲和性高于与第二液体的亲和性的第三膜。这种结构可以抑制第一液体和容纳部在第二基板部侧的膜之间的接触区域的中心从光学轴偏移。即，根据本发明的该实施方式，第一液体和容纳部在第二基板部侧的膜之间的接触区域的偏心可以用较简单结构加以抑制。

当将根据本发明的一个实施方式的光学元件应用于成像装置等的光圈机构（可变光阑）时，上述接触区域用作光通过其透射的开口。因此，在这样的情况下，可以用较简单结构抑制该开口的偏心。

附图说明

图 1 是根据第一实施方式的成像装置的示意图；

图 2A 是根据第一实施方式的液体可变光阑的示意截面图；

图 2B 是从光入射侧观看的图 2A 中所示的液体可变光阑的顶视图；

图 3A 是处于静态的液体可变光阑的示意性截面图；

图 3B 是从光入射侧观看处于静态的图 3A 所示的液体可变光阑的顶视图;

图 4A 是处于静态的比较例的液体可变光阑的示意性截面图;

图 4B 是从光入射侧观看处于静态的图 4A 所示的比较例的液体可变光阑的顶视图;

图 5 是用于制造第一实施方式的液体可变光阑的程序的流程图;

图 6A 是示出了在向极性液体施加电压之前该极性液体的状态示图;

图 6B 是示出了在向极性液体施加电压时该极性液体的状态示图;

图 7A 是当施加电压时液体可变光阑的示意性截面图;

图 7B 是当施加电压时从光入射侧观看的图 7A 所示的液体可变光阑的顶视图;

图 8 是示出了液体可变光阑的操作原理的示图;

图 9A 是当施加电压时液体可变光阑的示意性截面图;

图 9B 是当施加电压时从光入射侧观看的图 9A 所示的液体可变光阑的顶视图;

图 10A 是根据第二实施方式的液体可变光阑的示意性截面图;

图 10B 是从光入射侧观看的图 10A 所示的液体可变光阑的顶视图；

图 11 是示出了第二实施方式的第一电极的示图；

图 12 是示出了通过第一电极的偏心控制的原理的示图；

图 13 是示出了第一电极的实例的示图；

图 14 是示出了第一电极的实例的示图；

图 15 是示出了第一电极的实例的示图；

图 16 是示出了第一电极的实例的示图；

图 17 是示出了第一电极的实例的示图；以及

图 18 是现有技术中的光学元件的示意性截面图。

具体实施方式

现在将参考附图来描述本发明的实施方式。在以下实施方式中，将在成像装置中所用的光圈机构（可变光阑）用作实例来描述根据本发明的实施方式的光学元件。请注意，本发明的实施方式并不限于以下所描述的实例。

第一实施方式

[成像装置的结构]

图 1 示出了应用本实施方式的光圈机构（本文以下称为“液体可变光阑”）的成像装置的示意性结构的实例。图 1 示出了包括变

焦机构（缩放机构，zoom mechanism）的成像装置的实例。图 1 主要示出了该成像装置的光学系统的结构，并且省略了被配置为处理所获取的图像的部分和被配置为执行光学系统的控制处理的部分。本发明的实施方式还可以应用到不包括变焦机构的成像装置。

成像装置 20 的光学系统包括第一透镜单元 1、第二透镜单元 2、液体可变光阑 10、第三透镜单元 3、第四透镜单元 4、滤光器 5 和成像元件 6。该第一透镜单元 1、第二透镜单元 2、液体可变光阑 10、第三透镜单元 3、第四透镜单元 4、滤光器（滤镜，filter）5 和成像元件 6 以该次序从光束 30 的入射侧进行配置。

在用于聚焦入射光的第一透镜单元 1 到第四透镜单元 4 中，第一透镜单元 1 和第三透镜单元 3 安装为被固定在透镜镜筒（未图示）中。第二透镜单元 2 是用于变焦的透镜单元且安装至透镜镜筒以沿光学轴 7 的方向移动。第四透镜单元 4 是用于聚焦的透镜单元且被安装为沿光学轴 7 的方向移动。第二透镜单元 2（用于变焦）和第四透镜单元 4（用于聚焦）沿光学轴 7 的方向的移动由成像装置 20 中的控制单元（未图示）来控制。

液体可变光阑 10（光学元件）通过利用电湿润现象来调整液体可变光阑 10 在光入射侧处的开口直径（光圈直径），由此调整通过液体可变光阑 10 的光束 30 的量。液体可变光阑 10 在光入射侧液体的开口直径（光圈直径）通过改变施加到液体可变光阑 10 的电压值来调整，且这种调整由成像装置 20 中的控制单元（未图示）来控制。以下将详细描述液体可变光阑 10 的具体结构和操作。

滤光器 5 由红外截止滤光器、低通滤光器等构成。成像元件 6 由例如电荷耦合器件（CCD）或互补金属氧化物半导体（CMOS）构成。

在该实施方式的成像装置 20 中，如图 1 中所示，从第一透镜单元 1 侧入射的光束 30 通过上述各种光学元件聚焦在成像元件 6 的成像表面 6a 上。成像元件 6 中所获取的图像数据通过成像装置 20 中的图像处理单元（未图示）而进行预定处理。

[液体可变光阑的结构]

图 2A 和图 2B 示出了该实施方式的液体可变光阑 10 的示意结构。图 2A 是在没有施加电压时（下文中，这种状态也称为“静态”）的液体可变光阑 10 的示意性截面图，而图 2B 是此时从光入射侧观看的液体可变光阑 10 的顶视图。

液体可变光阑 10 包括第一基板部 11、第二基板部 21 和连接第一基板部 11 和第二基板部 21 的侧壁部 31。第一液体 41 和第二液体 42 被密闭地密封在由第一基板部 11、第二基板部 21 和侧壁部 31 构成的容纳室 40（容纳部）中。

作为第一液体 41，使用具有绝缘性能或非极性且具有光学透明性的液体。可以使用具有这样的性能的任何液体作为第一液体 41。例如，使用硅油作为第一液体 41。存在各种类型的具有不同比重和折射率的可商购的硅油。因此，当使用硅油作为第一液体 41 时，在各种可商购的硅油中，选择与以下所描述的第二液体 42 具有基本相同的比重和折射率的硅油并将其用作第一液体 41。

另一方面，作为第二液体 42，使用与第一液体 41 不互溶、具有与第一液体 41 基本上相同的比重和折射率且具有极性或导电性的液体。可以使用具有这样性能的任何液体作为第二液体 42。例如，当使用硅油作为第一液体 41 时，可以使用水（比重：1，折射率：1.333）作为第二液体 42。在这种情况下，还可以使用水和乙醇的混合液体，水、乙醇和乙二醇的混合液体，通过向水和乙醇的混合

液体添加食盐而制备的混合液体等来替代水。在该实施方式中，为了使第二液体 42 的光学透明性比第一液体 41 的低（为了降低第二液体 42 的光学透明性），通过混合炭黑等来使第二液体 42（例如，水）着色。可以使用除炭黑以外的染料作为着色剂。

此外，为了使第二液体 42 的比重和折射率更接近第一液体 41，例如，通过混合乙醇、乙二醇、食盐等和水而制备的液体用作第二液体 42，且第二液体 42 的比重和折射率可以通过调整这些物质的混合比例来控制。通过将第二液体 42 的折射率调整为基本上与第一液体 41 的折射率相同，可以防止或充分减少在第一液体 41 和第二液体 42 之间的界面上的光折射（透镜效应），从而更可靠地执行液体可变光阑 10 的光圈操作。此外，通过将第二液体 42 的比重调整为基本上与第一液体 41 的比重相同，当整个装置发生振动或倾斜时可以抑制第一液体 41 和第二液体 42 之间的界面形状的改变。应注意，第二液体 42 的比重和折射率的值与第一液体 41 的这些值接近到以下程度就足够了，即装置的光学性能、抗振性能等在该装置允许的容限范围内。

第一基板部 11 包括第一基板 12、设置在第一基板 12 上的第一电极 13、设置在第一电极 13 上的绝缘膜 14 以及设置在绝缘膜 14 上的第一防水膜 15。

第一基板 12 是由诸如透明玻璃的透光材料构成且具有例如约 0.2 mm 至 0.3 mm 厚度的方形板状部件。可选地，透明合成树脂材料可以用作第一基板 12 的材料。第一电极 13 是由氧化铟锡（ITO）等构成的透明电极。第一电极 13 连接到成像装置 20 的电源 8 的一个端子。绝缘膜 14 是由聚偏二氯乙烯、聚偏二氟乙烯等构成的介电膜。

第一防水膜 **15** (第一膜) 是与第一液体 **41** (非极性液体) 的亲水性高于与第二液体 **42** (极性液体) 的亲水性的薄膜 (疏水或亲脂薄膜)。即, 第一液体 **41** 在第一防水膜 **15** 上的可湿润性比第二液体 **42** 在第一防水膜 **15** 上的可湿润性大。在该实施方式中, 碳氟树脂等用作第一防水膜 **15** 的材料。具有亲脂性和光学透明性的任何薄膜都可以用作第一防水膜 **15**。

第二基板部 **21** 包括第二基板 **22**、设置在第二基板 **22** 上的第二电极 **23**、设置在第二电极 **23** 上的亲水膜 **24** 和设置在亲水膜 **24** 的中心的第一防水膜 **25**。

如同在第一基板 **12** 中, 第二基板 **22** 是由诸如透明玻璃的透光材料构成且具有例如约 0.2 mm 至 0.3 mm 厚度的方形板状部件。如同在第一电极 **13** 中, 第二电极 **23** 是由 ITO 等构成的透明电极。第二电极 **23** 连接到成像装置 **20** 的电源 **8** 的另一个端子。

亲水膜 **24** (第二膜) 是与第二液体 **42** (极性液体) 的亲水性高于与第一液体 (非极性液体) 的亲水性的薄膜。即, 第二液体 **42** 在亲水膜 **24** 上的可湿润性比在第一液体 **41** 亲水膜 **24** 上的可湿润性大。在该实施方式中, 聚乙烯醇树脂、聚丙烯酸树脂等用作亲水膜 **24** 的材料。具有亲水性和光学透明性的任何薄膜都可以用作亲水膜 **24**。

如同在第一防水膜 **15** 中, 第二防水膜 **25** (第三膜) 是与第一液体 **41** (非极性液体) 的亲水性高于与第二液体 **42** (极性液体) 的亲水性的薄膜 (亲脂薄膜)。在该实施方式中, 使用与第一防水膜 **15** 相同的材料作为第二防水膜 **25** 的材料。应注意, 构成第二防水膜 **25** 的材料可以与构成第一防水膜 **15** 的材料相同或不同。

第二防水膜 25 在容纳室 40 侧的表面是圆形形状(参见图 2B)。本发明的实施方式并不限于此,且第二防水膜 25 的表面可以具有不同于圆形形状的形状。然而,如以下所描述的,在这个实施方式中,透过光的开口 50 在第二防水膜 25 的中心扩张。在这种情况下,考虑到分辨率,开口 50 的平面形状优选为圆形形状。因此,为了将开口 50 的平面形状保持为圆形形状,第二防水膜 25 的表面优选为圆形形状。

在此实施方式中,如图 2A 中所示,由于在亲水膜 24 的中心设置与第一液体 41 的亲水性高于与第二液体 42 的亲水性的第二防水膜 25,所以即使在静态下,第一液体 41 的一部分也接触第二防水膜 25。因此,如图 2B 中所示,即使在静态下,在光入射侧也形成开口 50。因此,为了增加开口 50 的直径的变化范围,在静态下的开口 50 的直径优选尽可能小。即,第二防水膜 25 的直径优选尽可能小。

此外,优选地,第二防水膜 25 的厚度基本上与亲水膜 24 的厚度相同。更具体地,优选第二防水膜 25 在容纳室 40 侧的表面与亲水膜 24 在容纳室 40 侧的表面齐平。其原因如下。如果第二防水膜 25 的厚度与亲水膜 24 的厚度不同,且在容纳室 40 侧的表面上产生水平差异,那么光学性能由包括该水平差异的部分改变,因此难以获得理想的光学性能。此外,从液体可变光阑 10 的光学性能的角度看,优选选择亲水膜 24 和第二防水膜 25 的材料以使得亲水膜 24 的折射率尽可能接近第二防水膜 25 的折射率。应注意,亲水膜 24 的厚度和折射率的值与第二防水膜 25 的这些值接近到以下程度就足够了,即装置的光学性能在该装置允许的容限范围内。

侧壁部 31 包括圆筒形侧壁部件 32 和设置在侧壁部件 32 的内壁表面上的亲水膜 33。

侧壁部件 **32** 是由绝缘材料（如玻璃）构成的圆筒形部件。在该实施方式中，侧壁部件 **32** 具有约 9 mm 的内径、约 11 mm 的外径和约 1 mm 的高度。侧壁部件 **32** 包括用于将第一液体 **41** 和第二液体 **42** 注入液体可变光阑 **10** 中的入口 **32a**。入口 **32a** 利用粘合部件 **34** 从侧壁部件 **32** 的外部密封。

亲水膜 **33**（第四膜）是与第二液体 **42**（极性液体）的亲水性高于与第一液体（非极性液体）的亲水性的薄膜。在该实施方式中，如同在第二基板部 **21** 的亲水膜 **24** 中，聚乙烯醇树脂、聚丙烯酸树脂等用作亲水膜 **33** 的材料。具有亲水性和光学透明性的任何薄膜都可以用作亲水膜 **33**。

使用交流电源作为第一电极 **13** 和第二电极 **23** 连接到其的成像装置 **20** 的电源 **8**（电源单元）。也可以使用直流电源作为电源 **8**。然而，在这样的情况下，当将电源从电压施加状态设置为断开状态时，在绝缘膜 **14** 上留下一些电荷。因此，使第一液体 **41** 返回到原始的静态的操作速度变得比使用交流电源的情况更慢。因此，更优选使用交流电源作为电源 **8**。

[偏心抑制的原理]

将该实施方式的液体可变光阑 **10** 中的开口 **50** 的偏心抑制的原理进行描述。在该实施方式的液体可变光阑 **10** 中，在第一电极 **13** 和第二电极 **23** 之间没有施加电压的情况（静态）下，在第一液体 **41** 和第二液体 **42** 之间的界面处于图 2A 中所示的状态。

更具体地，在容纳室 **40** 在第一基板部 **11** 侧的整个表面上设置第一防水膜 **15**，因此在第一防水膜 **15** 上具有较高可湿润性的第一液体 **41** 遍布在第一防水膜 **15** 上且接触第一防水膜 **15**。另外，在容纳室 **40** 在第二基板部 **21** 侧的整个表面上设置第二防水膜 **25**。因此，

第一液体 41 在第二基板部 21 侧的一部分表面接触第二防水膜 25。具体地，在该实施方式中，在容纳室 40 中，第一液体 41 被固定到在第一基板部 11 侧的第一防水膜 15 和在第二基板部 21 侧的第二防水膜 25。

另一方面，第二液体 42 被设置为接触设置在容纳室 40 的第二基板部 21 侧的亲水膜 24 和设置在其侧壁部 31 上的亲水膜 33 且围绕第一液体 41。

在第一液体 41 和第二液体 42 之间的界面具有球形形状。该形状由第一液体 41 和第二液体 42 的表面张力与第一防水膜 15 上的界面张力的平衡决定。如图 2A 中所示，第一液体 41 在第一防水膜 15 上扩散而接近于侧壁部 31。然而，由于在容纳室 40 的侧壁部 31 侧设置了亲水膜 33，所以第一液体 41 不接触侧壁部 31。

如上所述，第一液体 41 的一部分被固定到设置在第二基板部 21 侧的第二防水膜 25。由于在亲水膜 24 中心设置第二防水膜 25，所以第二防水膜 25 的中心位于基本上与光学轴相同的位置上。因此，第一液体 41 和第二防水膜 25 间的接触区域的中心位置，即，形成在液体可变光阑 10 的光入射侧（第二基板部 21 侧）的开口 50 的中心位置基本上设置在光学轴上，从而抑制偏心。

如上所述，在该实施方式中，通过不仅利用第一防水膜 15 和第一液体 41 之间的亲和性而且利用第二防水膜 25 和第一液体 41 之间的亲和性，抑制了第一液体 41 的偏心，即开口 50 的偏心。更具体地，在该实施方式中可以执行偏心抑制的三维控制。

图 3A 是处于静态的液体可变光阑 10 的示意性截面图，而图 3B 是从光入射侧观看处于静态的液体可变光阑 10 的顶视图。在图

3A 中，该实施方式的液体可变光阑 **10** 的偏心抑制的三维控制的概念通过黑点表示。

为了比较，图 4A 和图 4B 示出了不包括第二防水膜 **25** 的液体可变光阑 **90** 中的偏心抑制的概念（比较例）。图 4A 是处于静态的比较例的液体可变光阑 **90** 的示意性截面图，而图 4B 是从光入射侧观看处于静态的比较例的液体可变光阑 **90** 的顶视图。在比较例中，通过仅利用第一防水膜 **15** 和第一液体 **41** 之间的亲和性来抑制偏心，因此执行了偏心抑制的二维控制（参见图 4A 中的黑点）。因此，在比较例的液体可变光阑 **90** 中，偏心抑制的效果比本实施方式的效果弱。

如上所述，在本实施方式中，在液体可变光阑 **10** 的光入射侧的亲水膜 **24** 的中心设置与第一液体 **41** 的亲和性高于与第二液体 **42** 的亲和性的第二防水膜 **25**。因此，可以三维地控制偏心抑制从而增加偏心抑制的效果。

此外，在该实施方式中，由于在亲水膜 **24** 的中心设置与第一液体 **41** 的亲和性高于与第二液体 **42** 的亲和性的第二防水膜 **25**，所以第二液体 **42** 受到第二防水膜 **25** 排斥。因此，在开口 **50** 中消除了黑色残余物（污点），从而增加透光率。

此外，在该实施方式中，偏心通过其中在亲水膜 **24** 中心设置第二防水膜 **25** 的简单结构而抑制。另外，该实施方式的液体可变光阑 **10** 中的电极是平坦的，这与文献'792 中所披露的光学元件（参见图 18）的凹形电极不同。因此，本实施方式的液体可变光阑 **10** 与文献'792 中所披露的相比具有简单的结构，因此可以减小液体可变光阑 **10** 的厚度。

[液体可变光阑的制造方法]

接下来,现在将参考图 5 来描述该实施方式的液体可变光阑 **10** 的制造方法。图 5 是示出了制造液体可变光阑 **10** 的程序的流程图。

首先,制备由诸如透明玻璃的透光材料构成的第一基板 **12**。接着,通过气相沉积方法等在第一基板 **12** 的表面上形成由透光导电材料(例如,ITO)构成的第一电极 **13**,以具有约 30 nm 的膜厚度(步骤 **S1**)。接着,例如用粘合剂将由聚偏二氯乙烯、聚偏二氟乙烯等构成且具有例如在约 1 μm 至 5 μm 的范围中的厚度的介电膜结合到第一电极 **13** 上,从而形成绝缘膜 **14**(步骤 **S2**)。

接着,通过旋涂方法等将碳氟树脂等涂覆到绝缘膜 **14** 上,且在例如 150°C 下烘烤以形成具有在约 10 nm 至 30 nm 的范围中的厚度的第一防水膜 **15**(步骤 **S3**)。通过上述步骤 **S1** 至 **S3** 制备了第一基板部 **11**。

另外,与步骤 **S1** 至 **S3** 并行地如下制备第二基板部 **21** 和侧壁部 **31**。首先,制备由诸如透明玻璃的透光材料构成的第二基板 **22**。接着,通过气相沉积方法等在第二基板 **22** 的表面上形成由透光导电材料(例如,ITO)构成的第二电极 **23**,以具有约 30 nm 的膜厚度(步骤 **S4**)。

接着,利用例如可紫外线固化的粘合剂将侧壁部件 **31** 结合到第二电极 **23** 上(步骤 **S5**)。接着,通过旋涂方法等将聚乙烯醇树脂、聚丙烯酸树脂等分别涂覆到第二电极 **23** 以及侧壁部件 **32** 的内壁上,从而形成亲水膜 **24** 和亲水膜 **33**,其各自具有在约 300 nm 至 600 nm 的范围中的厚度(步骤 **S6**)。

接着,在亲水膜 **24** 中心形成第二防水膜 **25**(步骤 **S7**)。在该步骤中,将第二防水膜 **25** 的厚度控制为基本上与亲水膜 **24** 的厚度相同。第二防水膜 **25** 可以通过以下方法来形成。首先,在第二电

极 **23** 的整个表面上形成亲水膜 **24**。接着，掩盖亲水膜 **24** 上除了将要形成第二防水膜 **25** 的部分之外的区域。接着，通过蚀刻方法等去除亲水膜 **24** 中将要形成第二防水膜 **25** 的部分。随后，将碳氟树脂等涂覆到已经去除了亲水膜 **24** 的部分上，从而形成第二防水膜 **25**。可选地，可以利用以下方法。首先，掩盖第二电极 **23** 中将要形成第二防水膜 **25** 的部分，并且通过旋涂方法等在其上涂覆聚乙烯醇树脂、聚丙烯酸树脂等以形成亲水膜 **24**。接着，掩盖亲水膜 **24**，随后在其上涂覆碳氟树脂等以形成第二防水膜 **25**。

通过上述步骤 **S4** 至 **S7** 制备了第二基板部 **21** 和侧壁部 **31**，以及通过将第二基板部 **21** 连接到侧壁部 **31** 而制造的部件。

接着，利用例如可紫外线固化的粘合剂，将如上所述制备的第一基板部 **11** 和通过将第二基板部 **21** 连接到侧壁部 **31** 而制造的部件彼此结合（步骤 **S8**）。在该步骤中，将第一基板部 **11** 结合到该部件以使得第一防水膜 **15** 面对亲水膜 **24**（和第二防水膜 **25**）。在该步骤中，在液体可变光阑 **10** 中形成用于密封第一液体 **41** 和第二液体 **42** 的容纳室 **40**。

接着，通过气相沉积方法等在液体可变光阑 **10** 的所需表面（光入射侧或光出射侧的表面）上形成抗反射膜（未图示）（步骤 **S9**）。例如，可以将低折射率层和高折射率层交替堆叠的多层抗反射膜用作抗反射膜。例如，抗反射膜由 $\text{LaTiO}_3/\text{SiO}_2$ 膜等形成，且其厚度为（例如）约 400 nm。

接着，利用注射器等，从穿过侧壁部件 **32** 设置的入口 **32a** 将第一液体 **41** 和第二液体 **42** 注入容纳室 **40** 中（步骤 **S10**）。在该步骤中，首先，将预定量的第二液体 **42** 注入容纳室 **40** 中，随后在容纳室 **40** 的剩余空间中填充第一液体 **41**。在该步骤中，填充第一液体 **41** 和第二液体 **42** 以使得没有空气残留在容纳室 **40** 中。根据第

二液体 42 在亲水膜 24 和 33 上的可湿润性程度、第一液体 41 在第一防水膜 15 和第二防水膜 25 上的可湿润性程度、第二防水膜 25 的直径等来适当地调整所注入的第一液体 41 的量与所注入的第二液体 42 的量的比例。

接着，将第一电极 13 和第二电极 23 连接到电源 8(步骤 S11)。最后，例如，将可紫外线固化的粘合剂(粘合剂部件 34)涂覆到侧壁部件 32 上，随后用紫外线照射来固化该粘合剂以密封侧壁部件 32 的入口 32a(步骤 S12)。因此，密闭地密封容纳室 40 而将第一液体 41 和第二液体 42 密封在其中。如上所述，以该实施方式制得了液体可变光阑 10。

[液体可变光阑的操作]

在描述向液体可变光阑 10 施加电压时该实施方式的液体可变光阑 10 的操作之前，将简要描述电湿润现象(电毛细现象)。

图 6A 和图 6B 是示出了电湿润现象的原理的示图。图 6A 是示出了当没有向极性液体 80 施加电压时该极性液体 80 的状态示图，而图 6B 是示出了当向极性液体 80 施加电压时该极性液体 80 的状态示图。

在图 6A 和图 6B 所示的实例中，部件包括基板 81、设置在基板 81 上的电极 82、设置在电极 82 上的绝缘膜 83 和设置在绝缘膜 83 上的防水膜 84(疏水膜)。假定极性液体 80(例如，水)滴落在防水膜 84 上。极性液体 80 通过开关 86 连接到电源 85 的一个端子，而电源 85 的另一个端子连接到电极 82。在该实例中，如图 6A 中所示，在极性液体 80 中存在正离子分子 80a 和负离子分子 80b。

当没有向极性液体 **80** 施加电压时（当开关 **86** 处于断开状态时），极性液体 **80** 的表面由于表面张力而变成球形（图 6A 所示的状态）。在这种情况下，由防水膜 **84** 的表面和极性液体 **80** 的液体表面与防水膜 **84** 接触的部分所形成的角（即，接触角）由 θ_0 表示。

当闭合开关 **86** 并向极性液体 **80** 施加电压时，在绝缘膜 **83** 的一个表面上产生正电荷 **83a** 并在其另一个表面上产生负电荷 **83b**。在图 6A 和图 6B 所示的实例中，在绝缘膜 **83** 的极性液体 **80** 侧产生正电荷 **83a**，而在绝缘膜 **83** 的电极 **82** 侧产生负电荷 **83b**。在这种情况下，静电力作用于极性液体 **80** 的负离子分子 **80b** 上，并且负离子分子 **80b** 被吸引到绝缘膜 **83** 上的防水膜 **84**。因此，与其中不施加电压的情况（图 6A 所示的状态）相比，极性液体 **80** 以展开方式（图 6B 所示的状态）粘附到防水膜 **84**。此时极性液体 **80** 的接触角 θ 变得比未施加电压时的接触角 θ_0 小。具体地，通过施加电压增加了极性液体 **80** 在防水膜 **84** 上的可湿润性（即，极性液体 **80** 和防水膜 **84** 之间的亲和性）。这种现象称为电湿润现象。

在该实施方式中，通过利用上述电湿润现象来改变密封在液体可变光阑 **10** 中的第一液体 **41** 和第二液体 **42** 之间的界面形状，以执行液体可变光阑 **10** 的光圈操作。

图 7A 和图 7B 示出了当在第一电极 **13** 和第二电极 **23** 之间施加电压 V_1 时液体可变光阑 **10** 的操作状态。图 7A 是当施加电压 V_1 时液体可变光阑 **10** 的截面图，而图 7B 是此时从光入射侧观看的液体可变光阑 **10** 的顶视图。当在第一电极 **13** 和第二电极 **23** 之间施加电压 V_1 时，第一液体 **41** 通过电湿润现象被进一步挤压到在第二基板部 **21** 侧的膜上。因此，第一液体 **41** 和在第二基板部 **21** 侧的膜之间的接触区域（即，液体可变光阑 **10** 的光入射侧上所形成的圆形开口 **50** 的直径）增大。例如，在图 7A 和图 7B 所示的实例中，

当施加电压 V_1 时, 开口 **50** 的直径变成 T_1 , 这比处于静态 (参见图 2B) 时的开口 **50** 的直径大。

参考图 8, 将描述当在第一电极 **13** 和第二电极 **23** 之间施加电压时在第一液体 **41** 和第二基板部 **21** 侧的膜之间的接触区域增大的原理。图 8 是示出了当向液体可变光阑 **10** 施加电压时的操作原理的示图。在图 8 中, 将描述在绝缘膜 **14** 的液体侧产生正电荷 **14a** 且在绝缘膜 **14** 的第一电极 **13** 侧产生负电荷 **14b** 的实例。

当在第一电极 **13** 和第二电极 **23** 之间施加电压时, 在绝缘膜 **14** 的液体侧产生正电荷 **14a**。在这种情况下, 静电力作用在第二液体 (其为极性液体) 中的负离子分子 **42b** 上, 且该负离子分子 **42b** 被吸引到第一防水膜 **15** 侧 (如图 8 中的白色箭头所示)。在这种情况下, 通过电湿润现象使第二液体 **42** 在第一防水膜 **15** 上铺展。因此, 推力 (由图 8 中的黑色箭头所示) 从第二液体 **42** 作用到第一液体 **41**, 并且该推力存在于第一液体 **41** 周围。因此, 亲水膜 **24** 侧的第一液体 **41** 的表面形状被改变, 从而被朝向亲水膜 **24** 侧推动 (如图 8 中的阴影箭头所示)。因此, 第一液体 **41** 在亲水膜 **24** 侧的表面的一部分被挤压到亲水膜 **24** 侧的膜上。因此, 第一液体 **41** 和第二基板部 **21** 侧的膜之间的接触区域增大, 从而增加了形成在液体可变光阑 **10** 的光入射侧 (亲水膜 **24** 侧) 上的开口 **50** 的直径。

此外, 当增加在第一电极 **13** 和第二电极 **23** 之间施加的电压时, 使得第二液体 **42** 通过电湿润现象进一步铺展在第一防水膜 **15** 上。因此, 从第二液体 **42** 作用到第一液体 **41** 的推力 (由图 8 中的黑色箭头所示) 进一步增加, 且第一液体 **41** 在亲水膜 **24** 侧的表面形状被改变, 从而被进一步推向亲水膜 **24** 侧。具体地, 在第一防水膜 **15** 和第一液体 **41** 与第二液体 **42** 的界面之间形成的倾斜的角度进一步增大。在这种情况下, 在第一液体 **41** 和亲水膜 **24** 侧的膜之间的

接触区域进一步增大，从而进一步增加了开口 50 的直径。图 9A 和图 9B 示出了这种状态。

图 9A 是当在第一电极 13 和第二电极 23 之间施加电压 $V_2 (> V_1)$ 时液体可变光阑 10 的截面图，而图 9B 是此时从光入射侧观看的液体可变光阑 10 的顶视图。当在第一电极 13 和第二电极 23 之间施加的电压从 V_1 增加到 V_2 时，在液体可变光阑 10 的光入射侧形成的开口 50 的直径也从 T_1 增加到 T_2 。

如上所述，在该实施方式的液体可变光阑 10 中，在静态下第一液体 41 的一部分固定到设置在亲水膜 24 中心的第二防水膜 25。因此，在施加电压期间形成的开口 50 在第二防水膜 25 的中心扩展。即，即使在施加电压期间，也不会发生在光入射侧形成的开口 50 的中心与光学轴的偏移（偏心）。因此，根据该实施方式，即使在施加电压期间也抑制了偏心，从而抑制了分辨率的降低。

第二实施方式

在第二实施方式中，将描述在第一实施方式的液体可变光阑 10 的结构中改变第一电极的结构实例。

[成像装置的结构]

图 10A 和图 10B 是本实施方式的液体可变光阑的示意图。图 10A 是当没有施加电压时液体可变光阑 60 的截面图。图 10B 是此时从光束 30 入射侧观看的液体可变光阑 60 的顶视图。在图 10A 和图 10B 所示的液体可变光阑 60 中，对与第一实施方式的液体可变光阑 10（图 2A 和图 2B 中所示）相同的元件分配相同参考数字。

液体可变光阑 **60** 包括第一基板部 **61**、第二基板部 **21** 和连接第一基板部 **61** 和第二基板部 **21** 的侧壁部 **31**。第一液体 **41** 和第二液体 **41** 被密闭地密封在由第一基板部 **61**、第二基板部 **21** 和侧壁部 **31** 构成的容纳室 **40** 中。

该实施方式的液体可变光阑 **60** 的结构与第一实施方式的液体可变光阑 **10** 的结构相同，只是改变了第一基板部 **61** 的第一电极 **63** 的结构。因此，在此省略除第一电极 **63** 之外的结构的描述。

图 11 示出了该实施方式中所使用的第一电极 **63** 的示意结构。在第一电极 **63** 的电极部 **63a** 的中心设置电极开口 **63b**。第一电极 **63** 的电极部 **63a** 由与第一实施方式的第一电极 **13** 相同的材料构成，且具有与其第一电极 **13** 相同的厚度。在电极开口 **63b** 处暴露其上设置了第一电极 **63** 的第一基板 **12**。

电极开口 **63b** 是星形开口。本实施方式中的电极开口 **63b** 包括设置在第一电极 **63** 中心的圆形部分 **63c** 和四个突出部分 **63d**。突出部分 **63d** 以 90 度间隔分开设置在圆形部分 **63c** 的圆周周围，且各自以倒转 V 字符形状从该圆周向外部突出。

电极开口 **63b** 可以如下形成（图案化）。首先，如第一实施方式中那样，在第一基板 **12** 的整个表面上形成第一电极 **63**（图 5 中的步骤 **S1**）。接着，通过湿式蚀刻方法等去除第一电极 **63** 与电极开口 **63b** 相对应的部分以形成电极开口 **63b**。可选地，掩盖第一基板 **12** 与电极开口 **63b** 相对应的部分，随后在第一基板 **12** 上形成第一电极 **63**。除了如上所述形成电极开口 **63b** 之外，可以如第一实施方式中那样来制备该实施方式的液体可变光阑 **60**。

[偏心抑制的原理]

图 12 是示出了当在第一电极 **63** 中心形成星形电极开口 **63b** 时抑制该开口的偏心的原理示图。如图 12 所示, 当第一液体 **41** (绝缘透明液体) 的位置从第一电极 **63** 上的第一电极 **63** 中心偏移 (偏心) 时, 其中第一液体 **41** 与电极位置 **63a** 重叠的区域变得不均匀 (即, 丧失区域的对称性)。

当向处于这样的状态的液体可变光阑 **60** 施加电压时, 由于电湿润现象所导致的从第二液体 **42** 作用到第一液体 **41** 的推力的平衡被破坏。在这种情况下, 用于平衡该推力的力、即用于使第一液体 **41** 返回到第一电极 **63** 的中心的恢复力 (由图 12 中的白色箭头所示) 作用于第一液体 **41**。因此, 在该实施方式中, 在施加电压期间恢复力起作用, 使得第一液体 **41** 位于第一电极 **63** 的中心, 因此可以抑制开口的偏心。因此, 在该实施方式中, 可以进一步增加第一电极 **63** 上 (第一防水膜 **15** 上) 的抑制偏心的效果。

[第一电极的其他实例]

第一电极 **63** 的电极开口 **63b** 的形状并不限于图 11 中所示的星形。对于该电极开口的星形, 从中心向外部突出的多个突起以彼此基本上相同的距离 (基本上相同间隔) 沿围绕第一电极中心的方向配置。图 13 至图 17 示出了除图 11 所示形状之外的具有星形的电极开口的实例。

在图 13 所示的实例中, 电极开口 **70b** 包括设置在第一电极 **70** 中心的圆形部分 **70c** 和六个突出部分 **70d**。突出部分 **70d** 以 60 度间隔分开设在圆形部分 **70c** 的圆周周围, 且各自以倒转 V 字符形状从圆周向外部突出。

在图 14 所示的实例中, 电极开口 **71b** 包括设置在第一电极 **71** 中心的圆形部分 **71c** 和八个突出部分 **71d**。突出部分 **71d** 以 45 度间

隔分开设置在圆形部分 **71c** 的圆周周围，且各自以倒转 V 字符形状从圆周向外部突出。

在图 15 所示的实例中，电极开口 **72b** 包括设置在第一电极 **72** 中心的圆形部分 **72c** 和六个突出部分 **72d**。突出部分 **72d** 以 60 度间隔分开设置在圆形部分 **72c** 的圆周周围，且各自以倒转 V 字符形状从圆周向外部突出。在图 15 所示的该实例中，突出部分 **72d** 中的每一个的前端具有与圆形部分 **72c** 同心的圆弧形形状。

在图 16 所示的实例中，电极开口 **73b** 包括设置在第一电极 **73** 中心的圆形部分 **73c** 和三个突出部分 **73d**。突出部分 **73d** 以 120 度间隔分开设置在圆形部分 **73c** 的圆周周围，且各自以倒转 V 字符形状从圆周向外部突出。

在图 17 所示的实例中，电极开口 **74b** 包括设置在第一电极 **74** 中心的圆形部分 **74c** 和均具有均匀宽度的六个矩形突出部分 **74d**。突出部分 **74d** 以 60 度间隔分开设置在圆形部分 **74c** 的圆周周围，且各自从圆周向外部突出。

第一电极的电极开口可以具有任何形状，只要在第一液体 **41** 位于第一电极中心时，其中第一液体 **41** 与电极部重叠的区域相对于第一电极的中心对称。

变形例

在上述实施方式中，已经描述了其中由透明电极膜构成的第二电极 **23** 设置在第二基板 **22** 上的实例，但是本发明并不限于此。例如，如在文献'792 中，可以利用棒状电极作为第二电极。在这样的情况下，棒状电极从侧壁部插入，且棒状电极的一个端部直接接触

第二液体 42。在这样的情况下，亲水膜 24 和第二防水膜 25 直接形成在第二基板 22 上。

在上述实施方式中，已经描述了其中本发明应用于液体可变光阑的实例，但是本发明并不限于此。本发明还可以应用于诸如快门或镜头的光学元件。然而，当本发明应用于镜头时，第一液体 41 和第二液体 42 都由透明液体构成，且利用具有彼此不同的折射率的液体作为第一液体 41 和第二液体 42。

本领域的技术人员应该理解，根据设计要求和因素，可以进行各种变形、组合、子组合和改变，只要它们在所附权利要求或其等同替换的范围内。

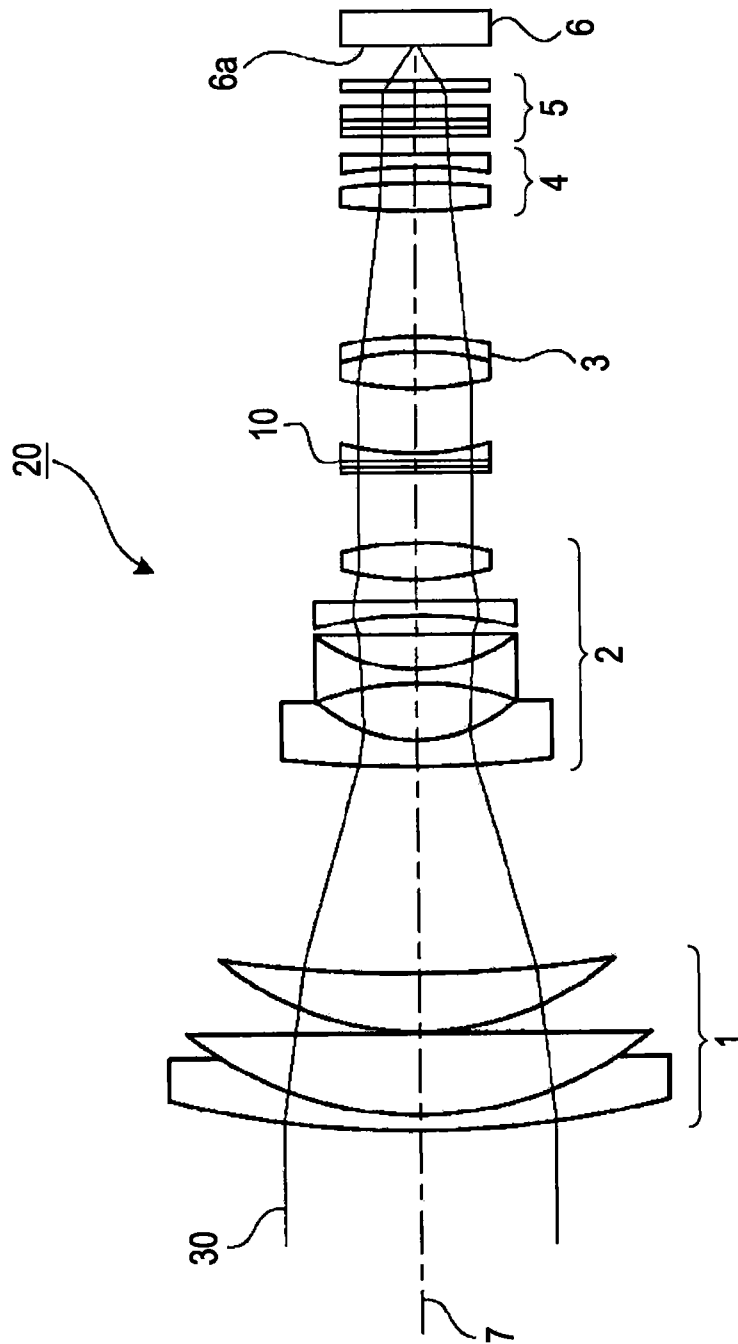


图 1

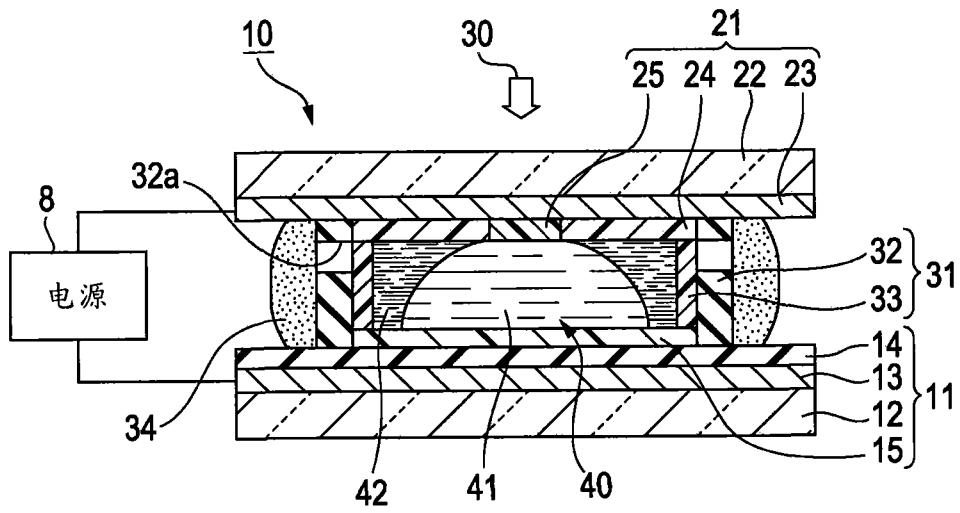


图 2A

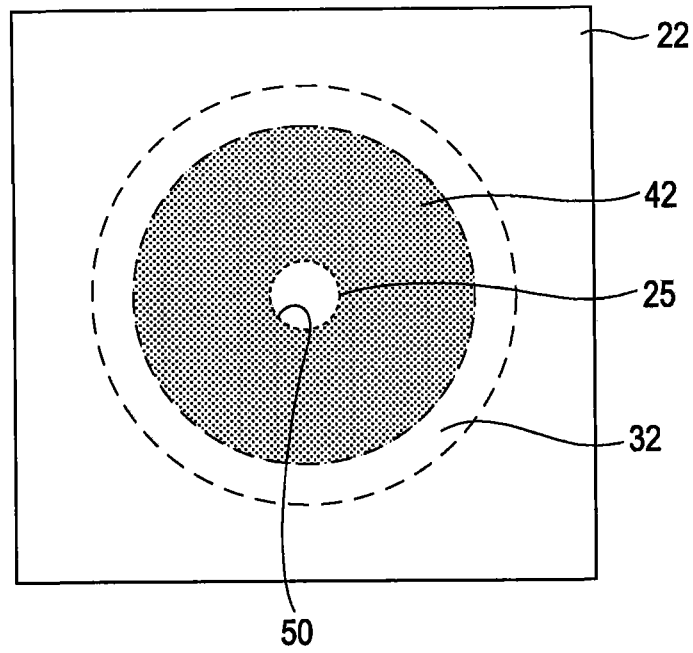


图 2B

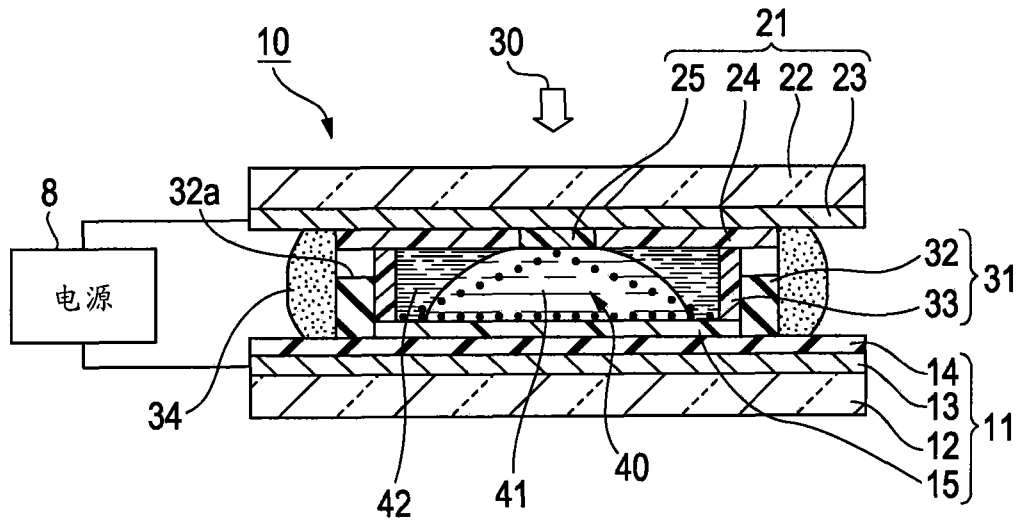


图 3A

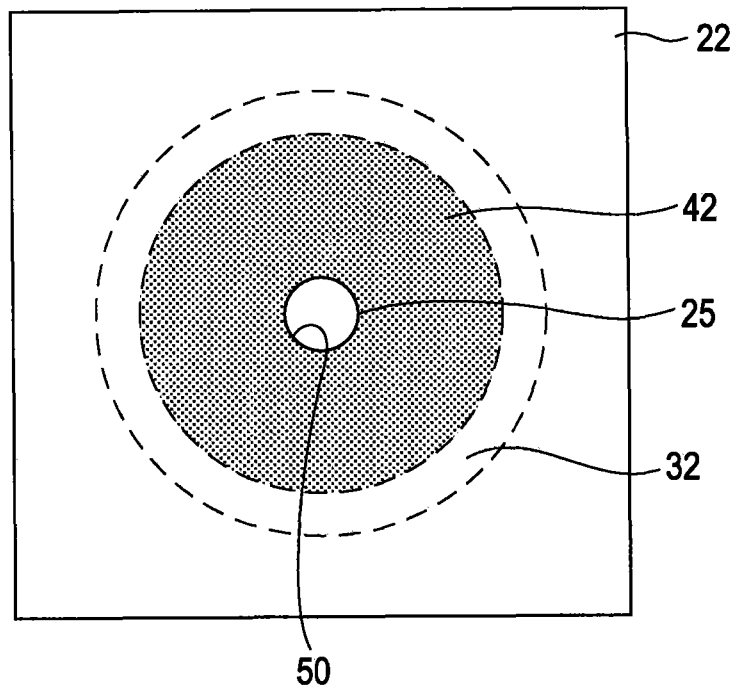


图 3B

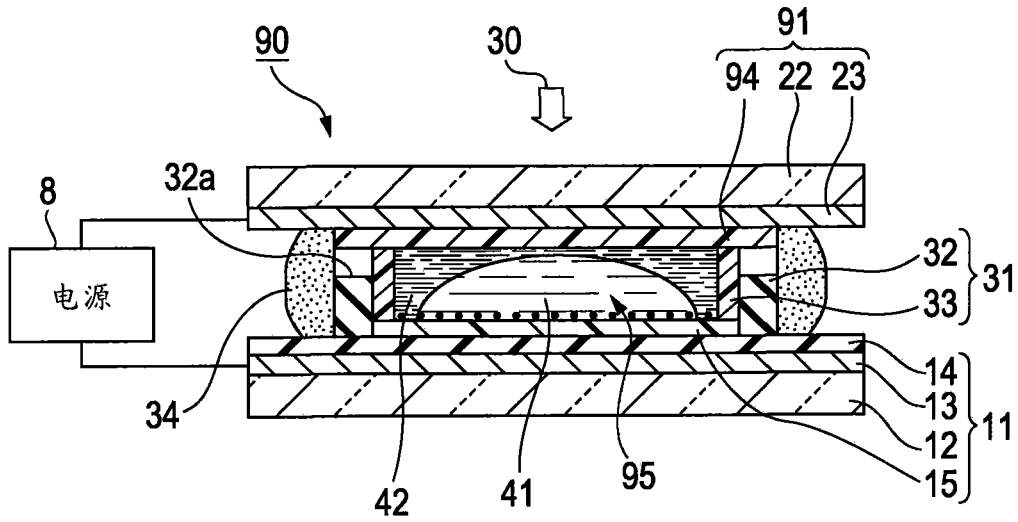


图 4A

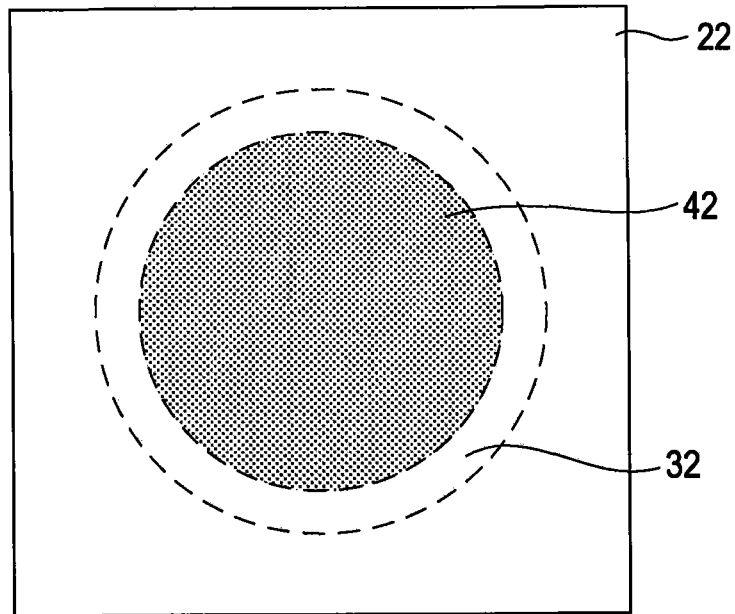


图 4B

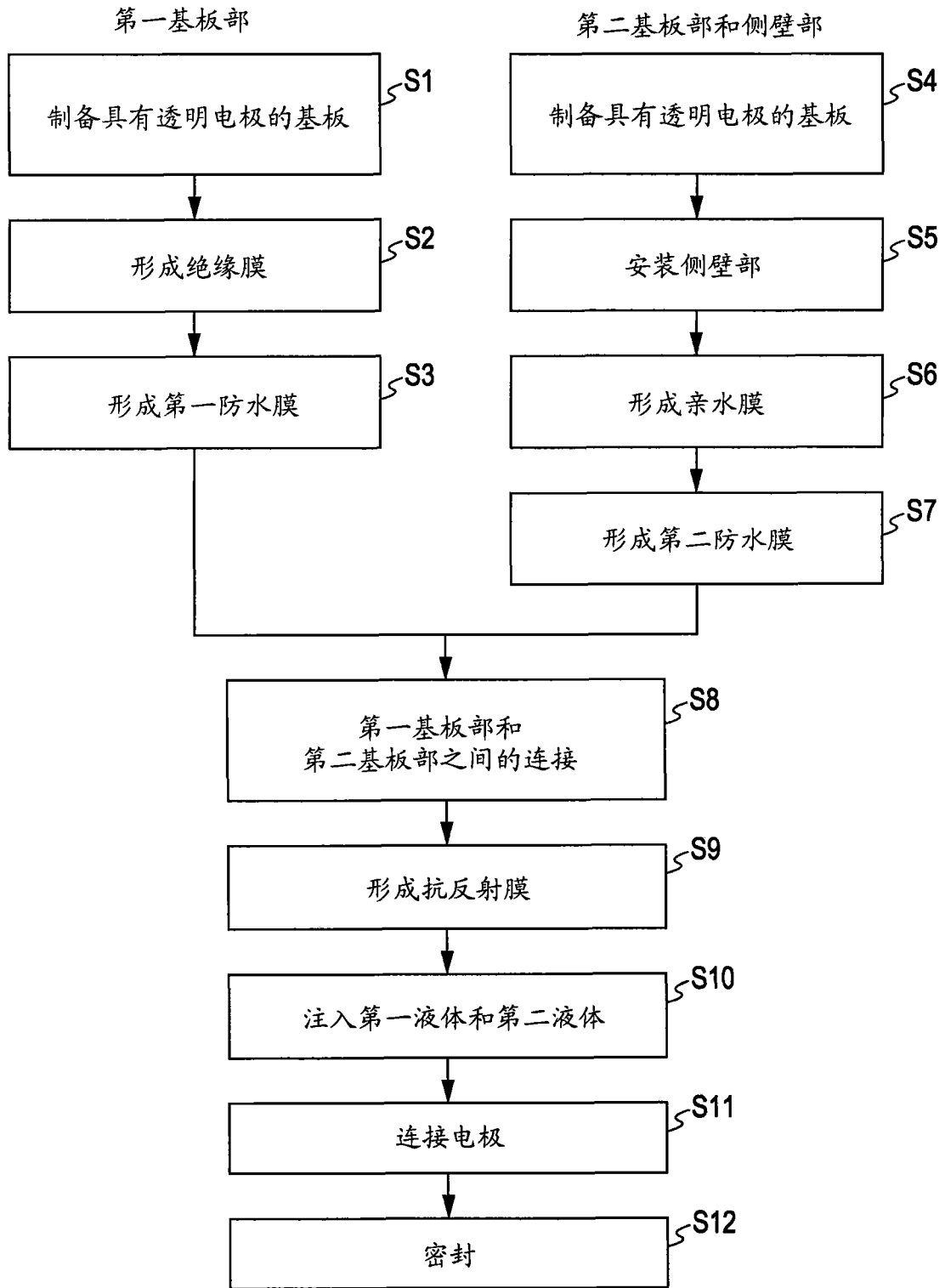


图 5

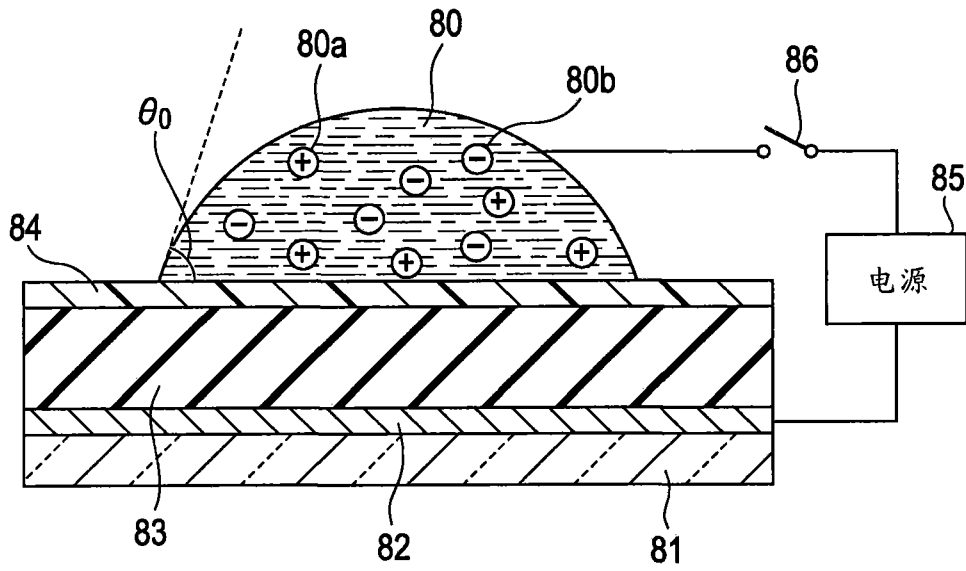


图 6A

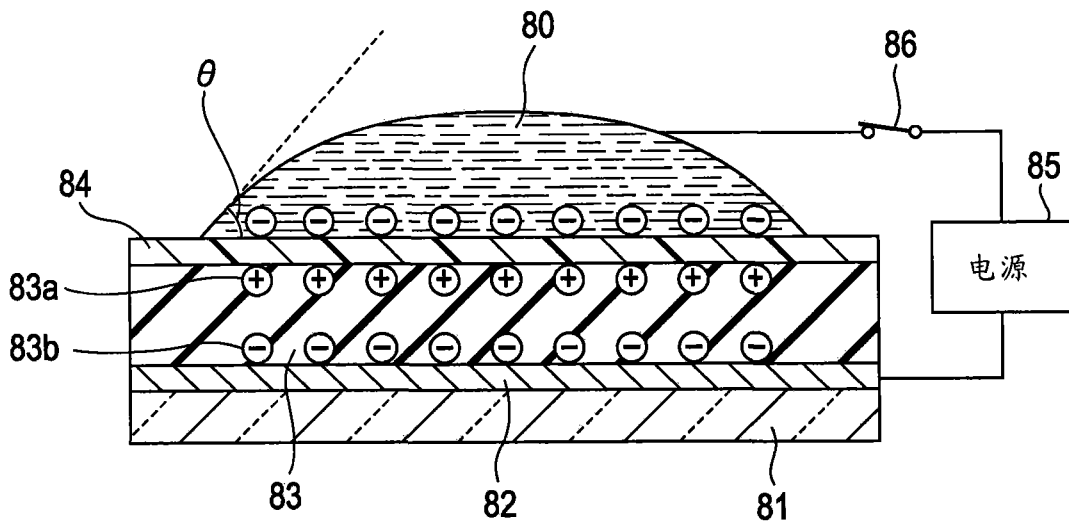


图 6B

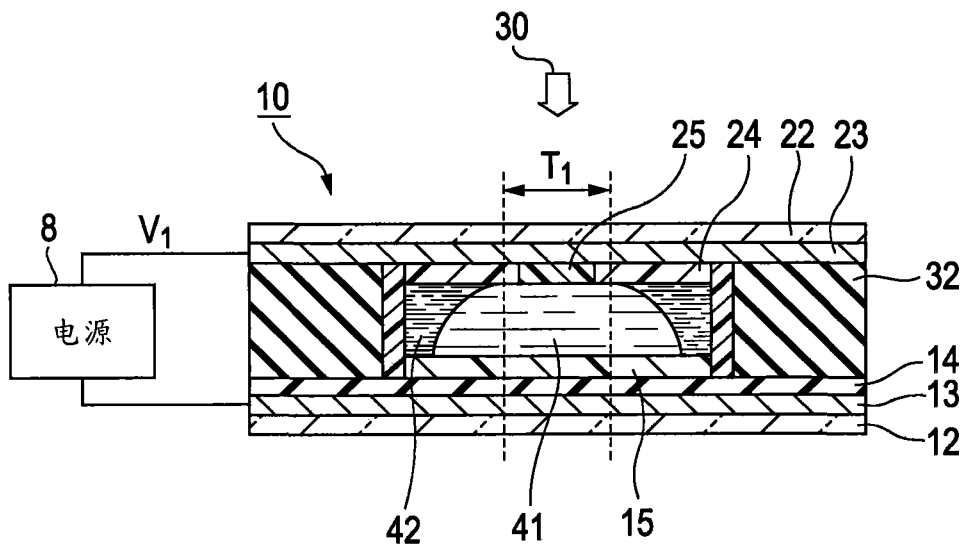


图 7A

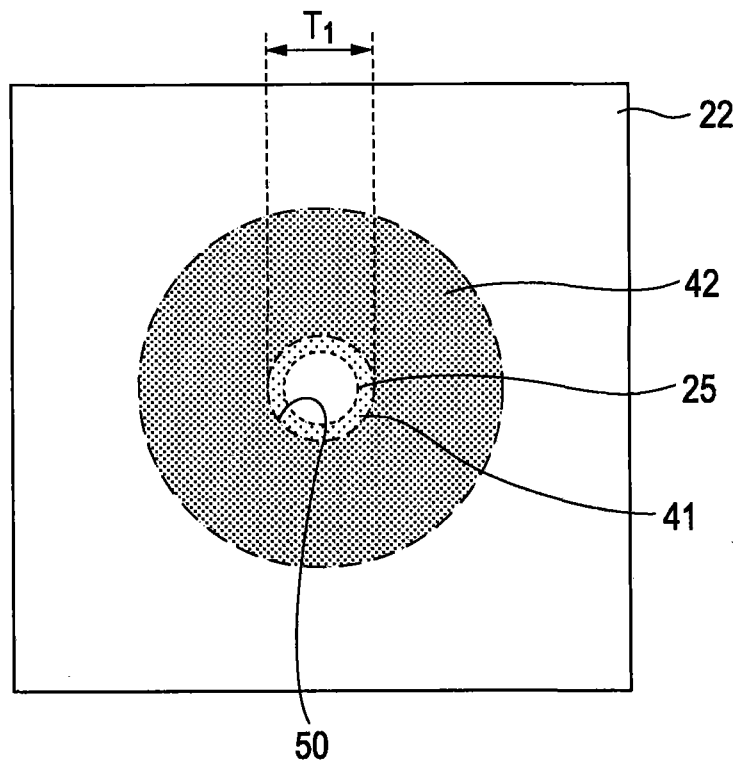


图 7B

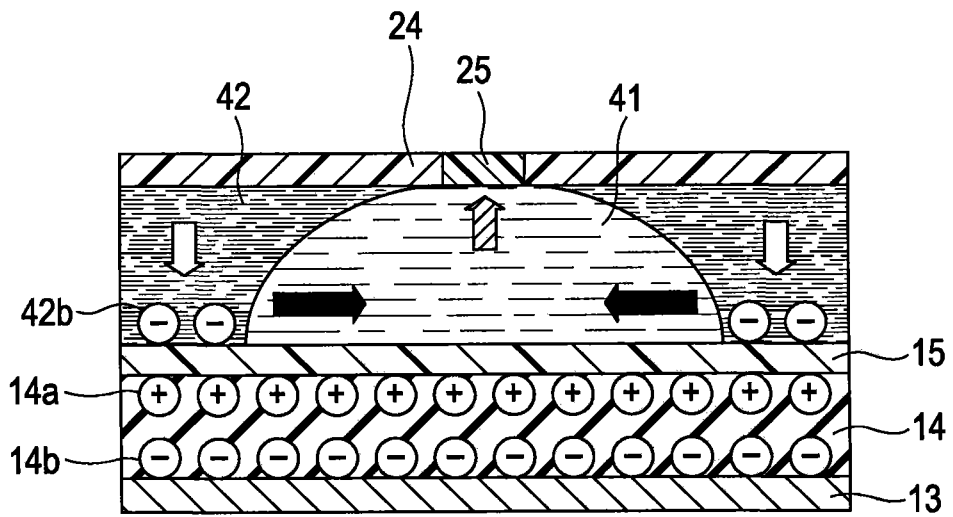


图 8

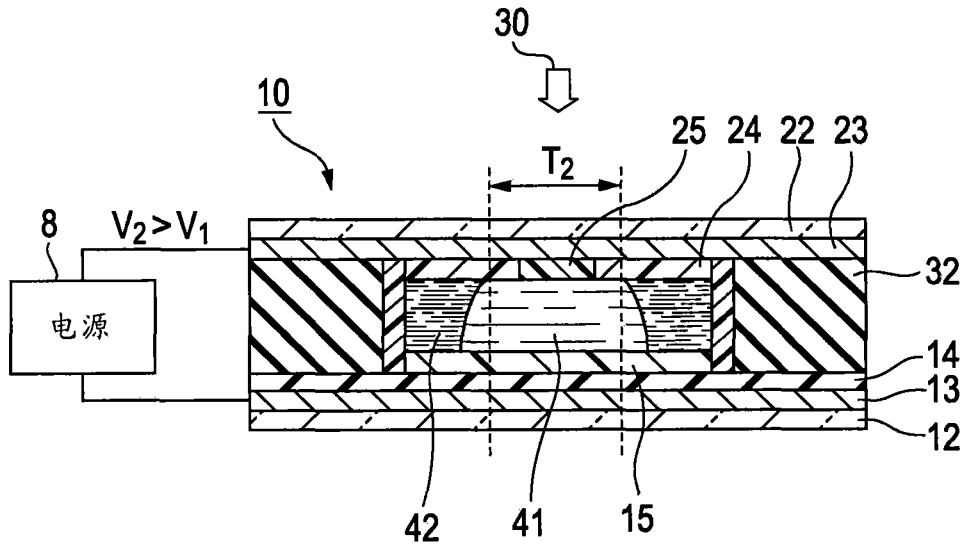


图 9A

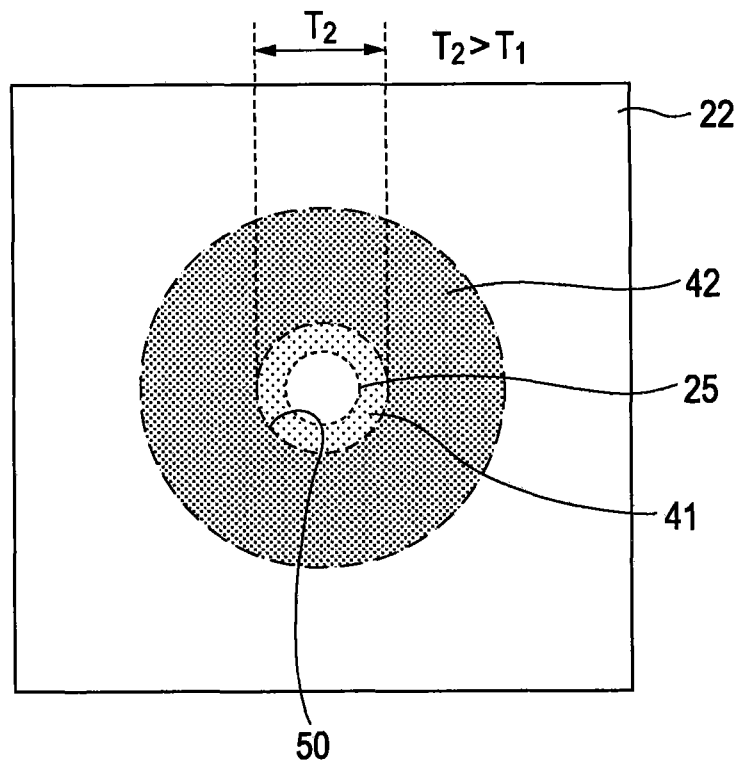


图 9B

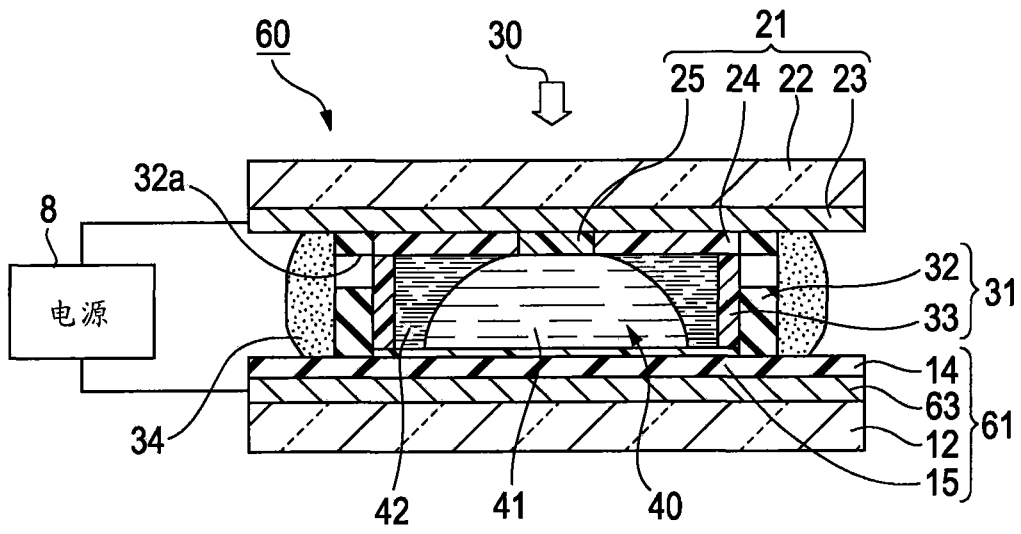


图 10A

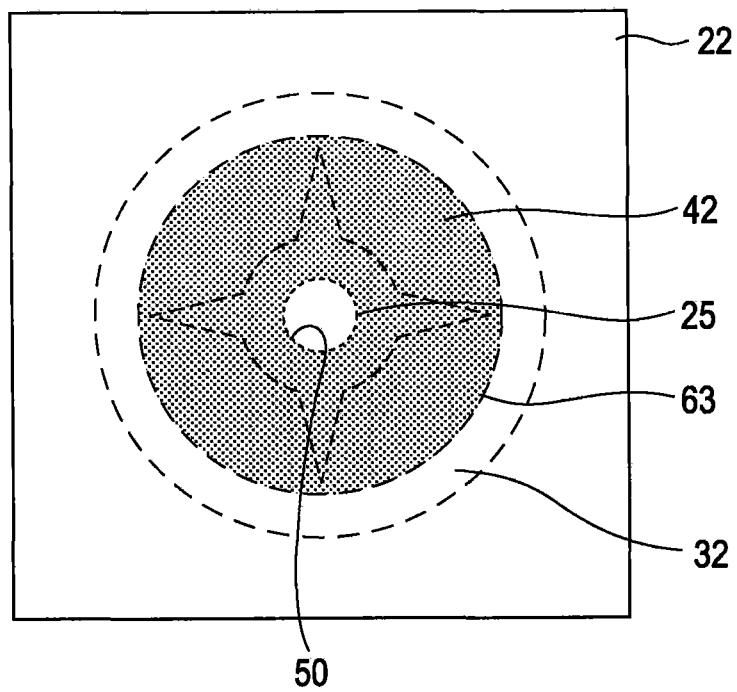


图 10B

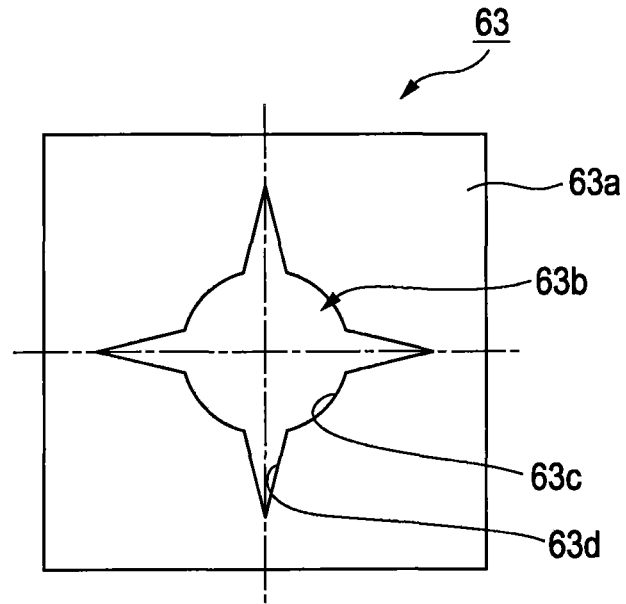


图 11

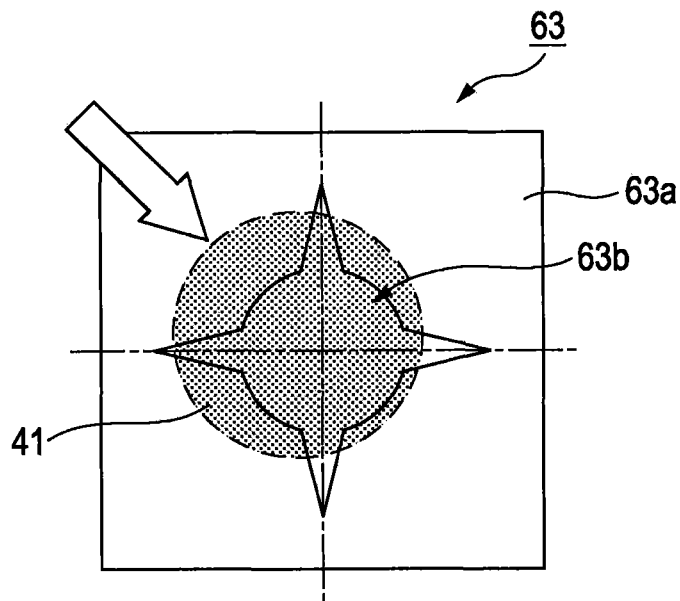


图 12

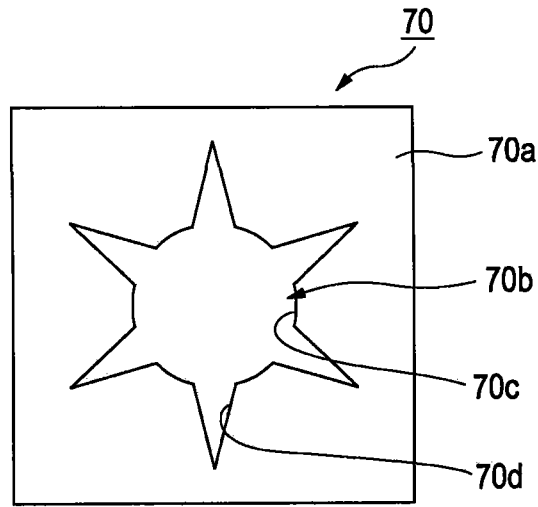


图 13

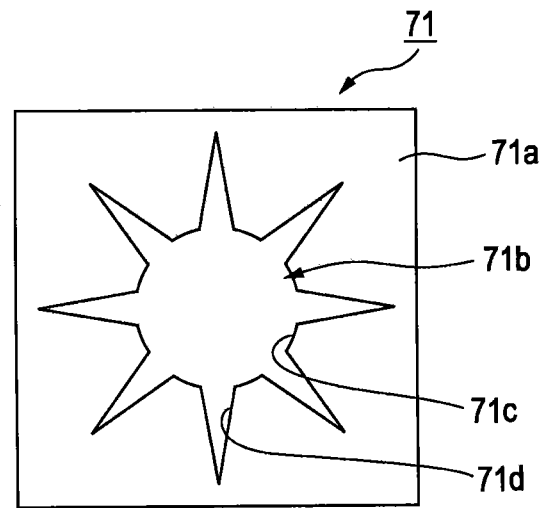


图 14

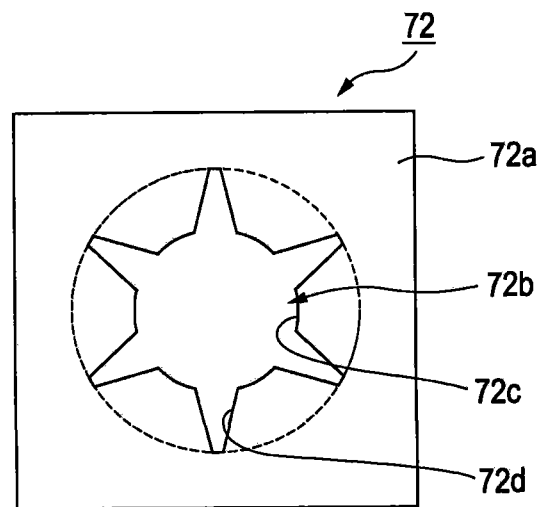


图 15

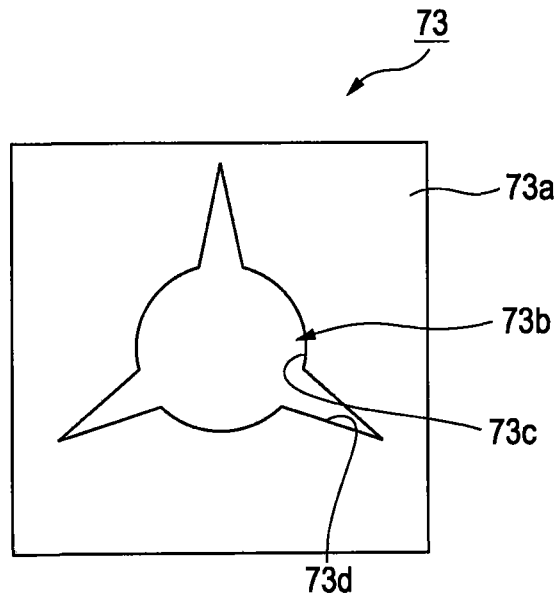


图 16

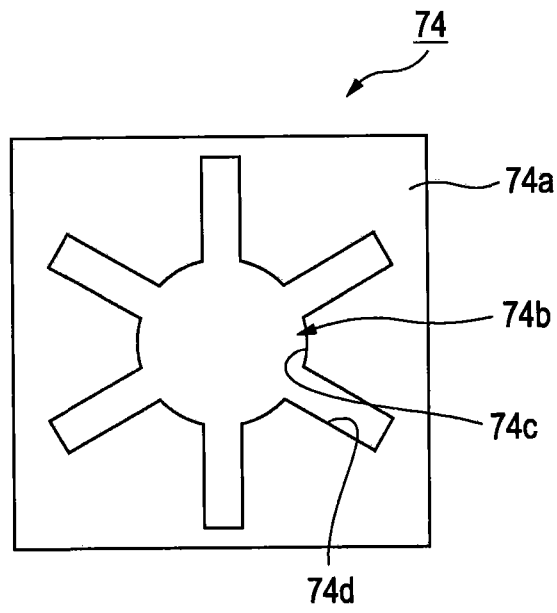


图 17

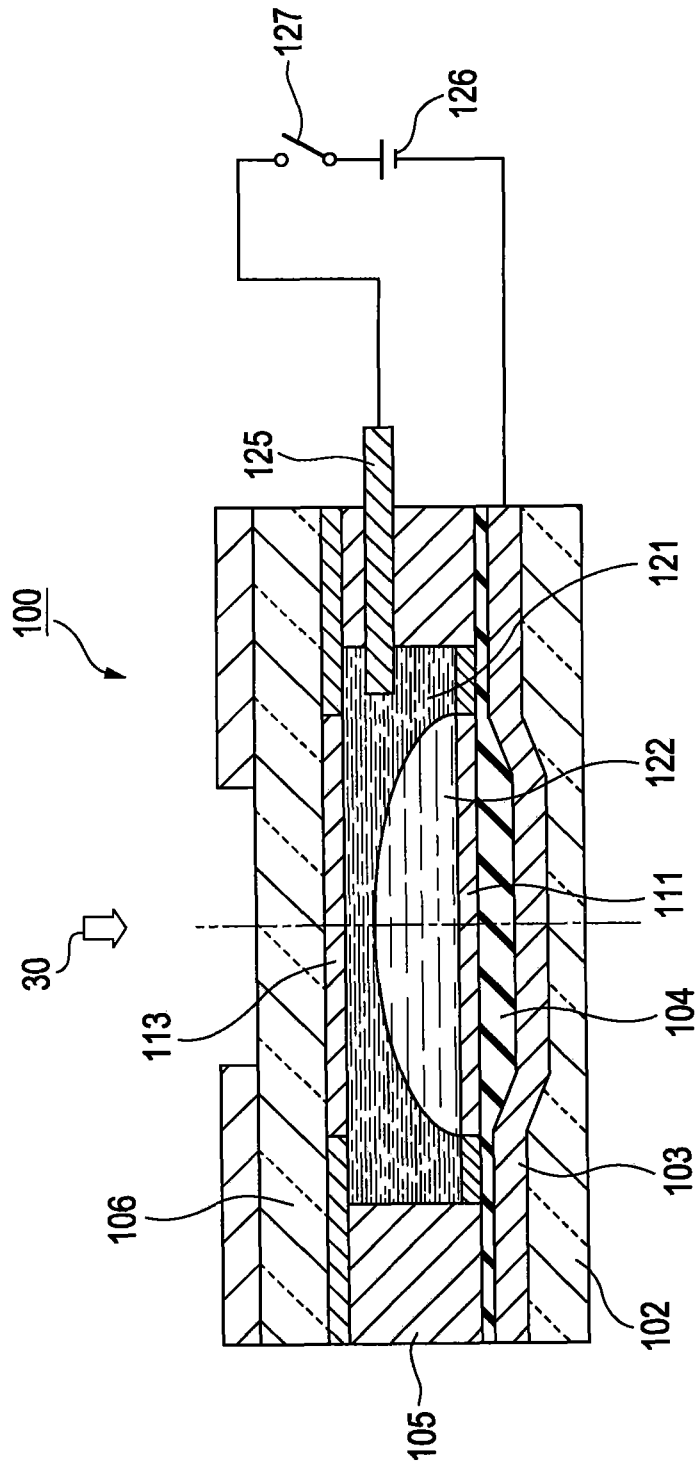


图 18