



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102540459 B

(45) 授权公告日 2016. 03. 16

(21) 申请号 201110433559. X

(22) 申请日 2011. 12. 21

(30) 优先权数据

2010-286758 2010. 12. 22 JP

(73) 专利权人 三美电机株式会社

地址 日本东京都

(72) 发明人 山田司

(74) 专利代理机构 北京银龙知识产权代理有限公司

11243

代理人 丁文蕴 郑永梅

(51) Int. Cl.

G02B 26/10(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 101135774A , 2008. 03. 05,

审查员 王娜

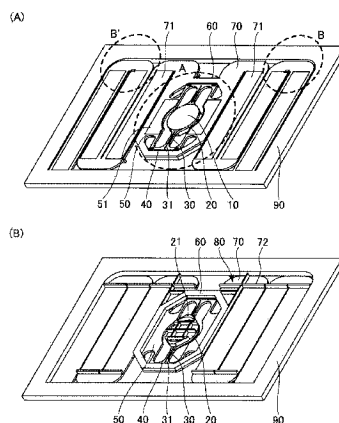
权利要求书2页 说明书16页 附图28页

(54) 发明名称

光学扫描装置

(57) 摘要

本发明提供一种光学扫描装置,即便在用较高的共振频率进行驱动的情况下,也能减少非线性共振的发生,同时减少产生的应力,防止镜变形。该光学扫描装置由扭转梁(30)从轴向两侧支撑镜支撑部(20),并通过该扭转梁(30)的扭转使上述镜支撑部(20)绕轴摆动而进行驱动,其特征在于,在上述扭转梁(30)上设有大致平行于上述轴向的狭缝(31)。



1. 一种光学扫描装置,其特征在于,具备:
镜,该镜构成为使激光反射;
镜支撑部,该镜支撑部构成为支撑上述镜;
一对扭转梁,该一对扭转梁构成为在其轴的方向的两侧支撑上述镜支撑部,并且进行扭转以使上述镜支撑部绕上述轴摆动;以及
肋,该肋设于上述镜支撑部的背面,上述肋包括在与上述轴平行的方向设置的纵穿部分。
2. 如权利要求 1 所述的光学扫描装置,其特征在于,
上述肋还包括以连接上述纵穿部分的端部的方式构成的弧状部分。
3. 如权利要求 1 所述的光学扫描装置,其特征在于,
上述肋包括在与上述轴的方向正交的方向上设置的部分。
4. 如权利要求 1 所述的光学扫描装置,其特征在于,
上述肋还包括在与上述轴的方向正交的方向上通过上述镜支撑部的中心而延伸的横穿部分。
5. 一种光学扫描装置,其特征在于,具备:
镜;
镜支撑部,该镜支撑部构成为支撑上述镜;
一对扭转梁,该一对扭转梁构成为在其轴的方向的两侧支撑上述镜支撑部,并且进行扭转以使上述镜支撑部绕上述轴摆动;
可动框,该可动框构成为包围上述镜、上述镜支撑部及上述一对扭转梁;
一对第一驱动梁,各第一驱动梁具有连接在上述可动框的内壁上并由其支撑的第一端,并且构成为产生使上述镜支撑部在第一方向上摆动的驱动力;以及
一对连结梁,各连结梁分别连结各扭转梁与各第一驱动梁的第二端连接,并且用于向各扭转梁传递上述驱动力,并且
各第一驱动梁的平面形状包括在连接各连结梁和上述可动框一侧的上述可动框附近的位置上向内侧切断的弯曲形状部分。
6. 如权利要求 5 所述的光学扫描装置,其特征在于,
各第一驱动梁的平面形状包括在与其相对应的连结梁附近一侧的位置上向最内侧切断的部分。
7. 一种光学扫描装置,其特征在于,具备:
镜;
镜支撑部,该镜支撑部构成为支撑上述镜;
一对扭转梁,该一对扭转梁构成为在其轴的方向的两侧支撑上述镜支撑部,并且进行扭转以使上述镜支撑部绕上述轴摆动;
可动框,该可动框构成为包围上述镜、上述镜支撑部及上述一对扭转梁;
一对第一驱动梁,该一对第一驱动梁构成为产生用于使上述镜支撑部绕其第一方向摆动的驱动力;
一对第二驱动梁,该一对第二驱动梁构成为从其外侧与上述可动框连接并且通过上述可动框使上述镜支撑部绕第二方向摆动;以及

肋,该肋在上述可动框以及各第二驱动梁之间的连结部分的背面并在上述第一方向以及上述第二方向交叉。

8. 如权利要求 7 所述的光学扫描装置,其特征在于,
上述可动框包括在与上述第一方向及上述第二方向不同的方向延伸的外壁,并且
上述外壁以及上述肋形成三角形的凹陷部分。

9. 如权利要求 7 所述的光学扫描装置,其特征在于,
各第一驱动梁通过共振产生驱动力,
各第二驱动梁通过非共振产生驱动力。

光学扫描装置

技术领域

[0001] 本发明涉及光学扫描装置,特别是涉及由扭转梁从轴向两侧支撑镜支撑部,并通过该扭转梁的扭转使上述镜支撑部绕轴摆动而进行驱动的光学扫描装置。

背景技术

[0002] 一直以来,已知有如下光学扫描装置,该光学扫描装置具备使入射光反射的可动板、可转动地轴支撑该可动板的扭梁、和使扭转方向的驱动力作用于该扭梁的驱动部,至少在可动板和扭梁的连接部分附近形成了肋(例如,参照专利文献1)。

[0003] 在该专利文献1所记载的光学扫描装置中,目的在于不增加可动板的重量而抑制反射面的动态偏斜。

[0004] 现有技术文献

[0005] 专利文献1:日本特开2010-128116号公报

[0006] 另外,近年出现了要求光学扫描装置的高析像度的趋势。为了实现高析像度,必须提高共振频率,为此必须提高扭转梁(扭梁)的刚性。

[0007] 在此,若为了提高刚性而增加扭转梁的宽度,则出现根据离扭转中心轴的距离而扭转梁的变形状态不同,产生位移的非线性的问题。

[0008] 在专利文献1中,由于完全没有考虑这种非线性振动的问题,因此在提高了共振频率时,就出现了位移的非线性问题。另外,在专利文献1所记载的结构中,虽然通过提高刚性得到了防止镜变形的效果,但却不能切断由振动造成的应力,在提高共振频率时,出现了不能防止镜变形的问题。

发明内容

[0009] 于是,本发明的目的在于提供一种光学扫描装置,即便在用较高的共振频率进行驱动的情况下,也能够减少非线性共振的发生,并且减少产生的应力,防止镜变形。

[0010] 为了达到上述目的,本发明的一个实施方式的光学扫描装置,由扭转梁30从轴向两侧支撑镜支撑部20,并通过该扭转梁30的扭转使上述镜支撑部20绕轴摆动而进行驱动,其特征在于,在上述扭转梁30上设有大致平行于上述轴向的狭缝31。

[0011] 另外,上述狭缝31也可以在上述扭转梁30的中央只设置一条。

[0012] 另外,也可以在上述镜支撑部20与上述扭转梁30的连结部的背面设置肋21、21A~21D、22、22A~22D。

[0013] 另外,也可以是上述肋21、21A~21D比支撑于上述镜支撑部20的镜10的端部更向上述扭转梁30侧突出。

[0014] 另外,也可以是上述狭缝31的上述镜支撑部20侧的端部到达比上述肋21、21A~21D、22、22A~22D的外侧端部更靠内侧,上述肋21、21A~21D的一部分从上述狭缝31露出。

[0015] 另外,也可以是上述肋21、21A~21D具有:从上述连结部沿着上述镜支撑部的外

周延伸而形成的圆弧状的壁面 23、23A ~ 23D ;以及以连结该圆弧状的壁面 23、23A ~ 23D 的端部的方式形成在上述镜支撑部 20 的背面的弦状的壁面 24、24A ~ 24D。

[0016] 另外,也可以是上述肋 21、21A ~ 21D 还具有连结上述轴向两侧的上述弦状的壁面 24、24A ~ 24D 彼此的纵穿部分 25、25A ~ 25D。

[0017] 另外,还可以是上述肋 21、21A ~ 21D 还具有在与上述轴向正交的方向上通过上述镜支撑部 20 的中心而延伸的横穿部分 26、26A ~ 26D。

[0018] 另外,还可以具有:包围上述镜支撑部 20 及上述扭转梁 30 的可动框 60 ;一对第一驱动梁 50,该第一驱动梁 50 的一端分别连结并支撑在该可动框 60 的在与上述轴向正交的方向上相对的内侧壁上,并通过上下驱动而产生使上述镜支撑部 20 向第一方向摆动的驱动力;以及连结梁 40,该连结梁 40 连结该第一驱动梁 50 的另一端和上述扭转梁 30,并向上述扭转梁 30 传递上述驱动力,该第一驱动梁 50 的平面形状如下,在连结上述可动框 60 和上述连结梁 40 的侧边的靠近上述可动框 60 且没有到达上述可动框 60 的位置上,具有向内侧凹陷的弯曲形状部分 53。

[0019] 另外,还可以是上述第一驱动梁 50 的平面形状具有在上述侧边的靠近上述连结梁 40 侧的位置上凹陷得最深的缩颈形状部分 54。

[0020] 另外,还可以具有第二驱动梁 70,该第二驱动梁 70 从外侧连结在上述可动框 60 上,并经由上述可动框 60 使上述镜支撑部 20 向第二方向摆动,在上述可动框 60 与上述第二驱动梁 70 的连结部 80 的背面,具有在上述第二方向上与上述第一方向交叉的串扰防止肋 81、82、83。

[0021] 另外,还可以是上述可动框 60 在上述连结部上 80 具有向与上述第一方向及上述第二方向不同的方向延伸的外壁,具有由该外壁和上述串扰防止肋 81、82、83 构成的三角形的凹陷 84 的部分。

[0022] 另外,还可以是上述第一驱动梁 50 通过共振产生驱动力,上述第二驱动梁 70 通过非共振产生驱动力。

[0023] 本发明具有如下有益效果。

[0024] 根据本发明,能够减少非线性共振的发生,同时能够防止镜变形。

附图说明

[0025] 图 1 是表示本发明的实施方式 1 的光学扫描装置的一例的结构的立体图。图 1(A) 是表示实施方式 1 的光学扫描装置的一例的结构的上面立体图,图 1(B) 是表示实施方式 1 的光学扫描装置的一例的结构的底面立体图。

[0026] 图 2 是将图 1(A) 的 A 部以及 B 部放大的图。图 2(A) 是将图 1(A) 的 A 部放大的图。图 2(B) 是将图 1(A) 的 B 部放大的图。

[0027] 图 3 是表示用于说明本实施方式的光学扫描装置的狭缝结构的比较例的图。图 3(A) 是表示比较例的光学扫描装置的可动框 60 内的结构的图。图 3(B) 是将比较例的光学扫描装置的扭转梁 130 放大而表示的立体图。图 3(C) 是比较例的光学扫描装置的扭转梁 130 的剖视图。

[0028] 图 4 是表示线性共振和非线性共振的频率 / 位移特性的图。图 4(A) 是表示线性共振的频率 / 位移特性的一例的图。图 4(B) 是表示非线性共振的频率 / 位移特性的一例

所发生的串扰的说明图。图 16(A) 是表示采用了背面无肋的可动框 160 的光学扫描装置的表面侧的结构立体图。图 16(B) 是采用了背面无肋的可动框 160 的光学扫描装置的背面侧的结构图。图 16(C) 是表示采用了背面无肋的可动框 160 的光学扫描装置的水平驱动状态的图。

[0041] 图 17 是在采用了在背面设有肋的可动框 60 时所发生的串扰的说明图。图 17(A) 是表示采用了在背面设有肋的可动框 60 的光学扫描装置的表面侧的结构立体图。图 17(B) 是表示采用了在背面设有肋的可动框 60 的光学扫描装置的背面侧的结构立体图。图 17(C) 是表示采用了在背面设有肋的可动框 60 的光学扫描装置的水平驱动状态的图。

[0042] 图 18 是实施方式 1 的光学扫描装置的水平驱动时的向垂直驱动梁的串扰防止结构的说明图。图 18(A) 是表示实施方式 1 的光学扫描装置的表面侧的结构立体图。图 18(B) 是实施方式 1 的光学扫描装置的背面侧的结构立体图。图 18(C) 是实施方式 1 的光学扫描装置的串扰防止结构的放大图。

[0043] 图 19 是具有串扰防止肋 81 ~ 83 的实施方式 1 的光学扫描装置的水平驱动时的应力分布图。

[0044] 图 20 是由类似于实施方式 1 的光学扫描装置但无频率变动防止结构的光学扫描装置的驱动所引起的频率变动的说明图。图 20(A) 是无频率变动防止结构的光学扫描装置的平面结构图。图 20(B) 是图 20(A) 所示的无频率变动防止结构的光学扫描装置的可动框 60 以及共振驱动梁 150 的截面结构图。图 20(C) 是表示共振驱动梁 150 的驱动状态的图。图 20(D) 是共振驱动梁 150 的累计驱动时间和共振频率变化率的关系图。

[0045] 图 21 是无频率变动防止结构的光学扫描装置的水平驱动时的应力分布图。图 21(A) 是无频率变动防止结构的光学扫描装置的水平驱动时的表面侧的应力分布图。图 21(B) 是无频率变动防止结构的光学扫描装置的水平驱动时的背面侧的应力分布图。图 21(C) 是无频率变动防止结构的光学扫描装置的水平驱动时的背面侧的应力分布的驱动梁的起点部分的放大图。

[0046] 图 22 是实施方式 1 的光学扫描装置的第一频率变动防止结构的说明图。图 22(A) 是具有频率变动防止结构的本实施方式的光学扫描装置的平面结构图。图 22(B) 是图 22(A) 所示的根部 52 的放大图。

[0047] 图 23 是具有第一频率变动防止结构的实施方式 1 的光学扫描装置的水平驱动时的应力分布图。图 23(A) 是第一驱动梁 50 的表面侧的应力分布图。图 23(B) 是第一驱动梁 50 的背面侧的应力分布图。图 23(C) 是图 23(B) 所示的第一驱动梁 50 的根部的放大图。

[0048] 图 24 是表示由实施方式 1 的光学扫描装置的共振驱动形成的累计驱动时间和共振频率变化率的图。

[0049] 图 25 是具有第一以及第二频率变动防止结构的实施方式 1 的光学扫描装置的说明图。图 25(A) 是具有第一以及第二频率变动防止结构的实施方式 1 的光学扫描装置的表面侧的平面结构图。图 25(B) 是具有第一以及第二频率变动防止结构的实施方式 1 的光学扫描装置的背面侧的平面结构图。图 25(C) 是将实施方式 1 的光学扫描装置的可动框 60 的内侧放大的俯视图。图 25(D) 是表示第一驱动梁 50 的侧边部的应力分布的放大图。

[0050] 图 26 是将各方式的光学扫描装置的应力分布进行比较而表示的图。图 26(A) 是没有设置频率变动防止结构的光学扫描装置的应力分布图。图 26(B) 是仅设置了第一频率

变动防止结构的光学扫描装置的应力分布图。图 26 (C) 是设置了第一以及第二频率变动防止结构的实施方式 1 的光学扫描装置的应力分布图。

[0051] 图 27 是对图 26 所示的各频率变动防止结构,表示第一驱动梁 50 的根部的应力测定结果的图。

[0052] 图 28 是表示本发明的实施方式 2 的光学扫描装置的一例的图。

[0053] 图 29 是表示本发明的实施方式 3 的光学扫描装置的一例的图。

[0054] 图 30 是表示本发明的实施方式 4 的光学扫描装置的一例的图。

[0055] 图 31 是表示本发明的实施方式 5 的光学扫描装置的一例的图。

[0056] 图中:

[0057] 10- 镜, 20- 镜支撑部, 21、21A ~ 21D- 肋,

[0058] 22、22A ~ 22D- 连结肋, 23、23A ~ 23D- 圆弧状肋,

[0059] 24、24A ~ 24D- 弦状肋, 25、25A ~ 25D- 纵穿肋,

[0060] 26、26A ~ 26D- 横穿肋, 27A、27B- 贯通肋, 30- 扭转梁, 31- 狭缝,

[0061] 32- 黑色保护膜, 40- 连结梁, 50- 第一驱动梁, 51、71- 驱动源,

[0062] 52、63- 根部, 53- 弯曲形状部, 54- 缩颈部, 60- 可动框, 61- 氧化膜,

[0063] 62- 裂纹, 64- 起点, 70- 第二驱动梁, 72- 高次谐波重叠防止用肋,

[0064] 80- 连结部, 81、82、83- 串扰防止肋, 90- 固定框,

[0065] 100- 镜水平角度传感器, 101- 镜垂直角度传感器。

具体实施方式

[0066] 以下,参照附图说明用于实施本发明的方式。

[0067] 实施方式 1

[0068] 整体结构

[0069] 图 1 是表示本发明的实施方式 1 的光学扫描装置的一例的结构的立体图。图 1 (A) 是表示实施方式 1 的光学扫描装置的一例的结构的上面立体图,图 1 (B) 是表示实施方式 1 的光学扫描装置的一例的结构的底面立体图。

[0070] 在图 1 (A)、(B) 中,本实施方式的光学扫描装置具备镜 10、镜支撑部 20、扭转梁 30、连结梁 40、第一驱动梁 50、可动框 60、第二驱动梁 70、串扰防止肋 80 和固定框 90。在扭转梁 30 上设有狭缝 31。另外,如图 1 (A) 所示,第一驱动梁 50 具备驱动源 51,第二驱动梁 70 具备驱动源 71。而且,如图 1 (B) 所示,在镜支撑部 20 的背面设有肋 21,在第二驱动梁 70 的背面设有高次谐波防止用肋 72。

[0071] 在图 1 (A)、(B) 中,将镜 10 支撑在镜支撑部 20 的表面上,镜支撑部 20 连结在位于两侧的扭转梁 30 的端部上。扭转梁 30 构成摆动轴,并向轴向延伸而从轴向两侧支撑镜支撑部 20。通过扭转梁 30 扭转,支撑在镜支撑部 20 上的镜 10 摆动,进行使照射到镜 10 上的光的反射光扫描的动作。扭转梁 30 连结并支撑在连结梁 40 上,并与第一驱动梁 50 连结。第一驱动梁 50、连结梁 40、扭转梁 30、镜支撑部 20 以及镜 10 由可动框 60 包围。第一驱动梁 50 的一侧支撑在可动框 60 上,并且向内周侧延伸而与连结梁 40 连结。第一驱动梁 50 在与扭转梁 30 正交的方向上,隔着镜 10 以及镜支撑部 20 而成对地设置两个。在第一驱动梁 50 的表面上,作为驱动源 51 形成有压电元件的薄膜。由于压电元件根据施加的电压的

极性而伸长或缩小,因此通过在左侧的第一驱动梁 50 和右侧的第一驱动梁 50 上交替施加不同相位的电压,在镜 10 的左侧和右侧,第一驱动梁 50 能够向上下相反侧交替地振动,并能够将扭转梁 30 作为摆动轴或旋转轴,使镜 10 绕轴摆动。以后,将该镜 10 在扭转梁 30 的周围摆动的方向称作水平方向。例如,在由第一驱动梁 50 进行的水平驱动上,能够采用共振,并高速地摆动驱动镜 10。另外,在可动框 60 的外部连结有第二驱动梁 70 的一端。第二驱动梁 70 是与第一驱动梁 50 平行地延伸的梁在端部与邻接的梁连结的结构,整体具有锯齿状的形状。并且,第二驱动梁 70 的另一端连结在固定框 90 的内侧。第二驱动梁 70 也从左右两侧夹住可动框 60 而成对地设置两个。另外,在第二驱动梁 70 的表面上,在不包括曲线部的每个矩形单位上,作为驱动源 71 形成有压电元件的薄膜。通过在每个矩形单位邻接的驱动源 71 彼此上施加不同极性的电压,能够使邻接的矩形梁向上下相反方向弯曲,并能够将各矩形梁的上下活动的积蓄传递给可动框 60。并且,能够使镜 10 在与水平方向正交的方向、即垂直方向上摆动。例如,也可以通过非共振来产生第二驱动梁 70 的驱动力。

[0072] 本实施方式的光学扫描装置具有如上所述的结构,只要能够实现这种结构,可以利用各种材料以及加工方法来实现。例如,本实施方式的光学扫描装置可以利用 MEMS(Micro Electro Machine Systems,微电子机械系统)技术使用半导体来实现。例如,通过采用 SOI(Silicon On Insulator,绝缘体硅)基板,厚度较薄的梁部分只残留表面侧的硅基片而进行加工,而厚度较厚的框和肋的部分则还残留背面的硅基片而进行加工,由此能够很容易地制造光学扫描装置的结构体。

[0073] 本实施方式的光学扫描装置可以作为能够搭载在显微投影装置上的压电双轴驱动型驱动器来构成。能够以小型、高性能且低价地制造。再者,所谓的小型的意思是例如高度为 7mm 以下;所谓的高性能的意思是能够以 50cm 的距离在 A3 尺寸的画面,以析像度 XGA(eXtended Graphic Array,扩展图形阵列,1024×768 像素的析像度)或 720p 进行高速描绘。本实施方式的光学扫描装置也可以作为小型且高性能的双轴驱动型微镜驱动器来构成,该双轴驱动型微镜驱动器搭载了例如以 60Hz 的锯齿波并以机械角 $\pm 9\text{deg}$ 在垂直方向摆动的非共振驱动型驱动器机构、和在水平方向以共振频率 25kHz 并以机械角 $\pm 12\text{deg}$ 摆动的共振驱动型驱动器。

[0074] 图 2 是将图 1(A) 的 A 部以及 B 部放大的图。图 2(A) 是将图 1(A) 的 A 部放大的图,图 2(B) 是将图 1(A) 的 B 部放大的图。

[0075] 在图 2(A) 中,在连结梁 40 上设有四个镜水平角度传感器 100。镜水平角度传感器 100 是检测镜 10 的水平方向的倾斜角度的传感器。由于连结梁 40 反映了根据第一驱动梁 50 形成的水平方向的镜 10 的倾斜角度,因此通过将镜水平角度传感器 100 设在连结梁 40 上,能够检测水平方向的镜 10 的倾斜角度。镜水平角度传感器 100 也可以按如下的方式构成,例如具有压电元件的薄膜,根据角度检测在压电元件的薄膜上激发的电压,从而检测水平方向的角度。

[0076] 在图 2(B) 中,在第二驱动梁 70 上设有镜垂直角度传感器 101。由于垂直方向的驱动反映到第二驱动梁 70 的动作上,因此,例如也可以将镜垂直角度传感器 101 设在第二驱动梁 70 上。如上所述,镜垂直角度传感器 101 例如也可以用压电元件构成。

[0077] 接下来,按照每个结构部分依次说明实施方式 1 的光学扫描装置的结构的内容。再者,在实施方式 1 的光学扫描装置中,在有测定结果等实施例的情况下,按照每个结

构部分采用实施例来说明。

[0078] 狭缝结构

[0079] 图 3 是表示用于说明本实施方式的光学扫描装置的狭缝结构的比较例的图。在图 3 中,表示了与本实施方式不同,并具有未形成狭缝 31 的扭转梁 130 的比较例的光学扫描装置。再者,在图 3 中,对于与本实施方式的光学扫描装置相同的结构要素,标以与图 1 以及图 2 相同的参照标号,对于与本实施方式的光学扫描装置不同的结构要素标以不同的参照标号。

[0080] 图 3(A) 是表示比较例的光学扫描装置的可动框 60 内的结构的图。如图 3(A) 所示,在可动框 60 的内侧,未在扭转梁 130 上形成狭缝 31,只有这一点与本实施方式的光学扫描装置不同。

[0081] 图 3(B) 是将比较例的光学扫描装置的扭转梁 130 放大而表示的立体图。如图 3(B) 所示,表示了扭转梁 130 是宽度比厚度大的薄板的形状。由于近年要求高析像度,因此必须在每个单位时间内扫描更多的像素量,故要求高速化的用于扫描的摆动驱动。为了实现高速化,必须提高驱动镜 10 的共振频率,为此,必须提高扭转梁 130 的刚性。这样,在利用 MEMS 技术使用半导体工艺方法构成光学扫描装置时,梁等较薄部分的厚度由第二驱动梁 70 的摆动灵敏度和与一次共振频率 f_0 有关的刚性决定,并总体一定地构成,因此为了提高刚性,必须增加扭转梁 130 的宽度。

[0082] 图 3(C) 是比较例的光学扫描装置的扭转梁 130 的剖视图。如图 3(C) 所示,扭转梁 130 的截面是宽度比厚度大的长方形的形状。这是因为,如上所述,增加了扭转梁 130 的梁宽,提高了刚性。这样,在扭转梁 130 扭转时,在扭转梁的中心位置 C_t 、端部 E_g 和中间部 M_d 上,根据位置发生不同的变形。在镜角度较大地扭转的情况下,根据位置 C_t 、 M_d 、 E_g 的变形状态差便作为位移的非线性而表现出来。

[0083] 图 4 是表示线性共振和非线性共振的频率 / 位移特性的图。图 4(A) 是表示线性共振的频率 / 位移特性的一例的图。如图 4(A) 所示,在线性共振中,以共振频率 f_a 为中心,显示左右对称的振动。

[0084] 图 4(B) 是表示非线性共振的频率 / 位移特性的一例的图。如图 4(B) 所示,左右的平衡被破坏,变成共振频率的最高峰向右或向左倾斜的状态。在图 4(B) 中,成为共振频率的最高峰向右倾斜的状态。

[0085] 图 4(C) 是表示非线性共振剧烈产生时的频率 / 位移特性的例子的图。如图 4(C) 所示,非线性共振剧烈产生时的最大的问题点在于,即便将驱动频率 f 设为一定值并将驱动电压增减至 $V_1 \sim V_3$,在驱动频率 f 的位移也不会增减。即,发生如下现象,由于峰值已经倾斜,因此即便增减驱动电压,位移也不会向倾斜的方向增减,在频率 f 这一点,位移丝毫不会增减。这样便不能通过施加电压的调整来自由地改变激光的投影尺寸。

[0086] 返回到图 3。图 3(D) 是表示具有正方形的截面的梁的图。在图 3(D) 中,宽度用 W 、厚度用 T 表示。防止非线性的最有效的方法是将梁的截面形状从图 3(C) 所示的长方形变为图 3(D) 所示的正方形。

[0087] 但是,为了在将驱动频率保持一定的同时将截面形状设成正方形,必须从图 3(C) 的长方形的形状增加厚度 T 。但是,如果只增加厚度 T ,则作为垂直非共振驱动机构的第二驱动梁 70 的厚度也增加,就不能得到所需的垂直驱动电压灵敏度。

[0088] 于是,在本实施方式的光学扫描装置中,设计成如下的结构,即,在扭转梁 30 上设置狭缝 31,狭缝 31 的两侧的扭转梁 30 的截面分别设成正方形,并且作为整体增加扭转梁 30 的宽度,从而确保了刚性。

[0089] 图 5 是用于说明实施方式 1 的光学扫描装置的扭转梁 30 的图。图 5(A) 是表示实施方式 1 的光学扫描装置的 movable frame 60 的内侧的结构图。在图 5(A) 中,本实施方式的光学扫描装置的扭转梁 30 具有狭缝 31。

[0090] 图 5(B) 是实施方式 1 的光学扫描装置的扭转梁 30 的放大图。如图 5(B) 所示,本实施方式的光学扫描装置的扭转梁 30 具有平行于轴向的狭缝 31。在图 5(B) 中,由于在扭转梁 30 的中央只设有一条狭缝 31,因此将狭缝 31 设在与摆动轴相一致的位置上。另外,狭缝 31 未到达扭转梁 30 的内侧端及外侧端,并不是分割扭转梁 30 的结构。

[0091] 图 5(C) 是表示实施方式 1 的光学扫描装置的扭转梁 30 的截面结构的一例的图。如图 5(C) 所示,通过在扭转梁 30 的中央形成狭缝 31,在包括狭缝 31 在内的截面上,扭转梁 30 分割成左侧的扭转梁 30L 和右侧的扭转梁 30R。已分割的左侧的扭转梁 30L 以及右侧的扭转梁 30R 都是接近正方形的截面形状。因此,左侧的扭转梁 30L 的旋转中心 30LC 以及右侧的扭转梁 30R 的旋转中心 30RC 都成为各个扭转梁 30L、30R 的中心,不会出现由位移引起的差,能够减少非线性振动。另外,作为扭转梁 30 整体,能够以虚拟旋转中心 31C 为中心摆动,并使镜 10 进行所需的水平方向的摆动。

[0092] 这样,根据本实施方式的光学扫描装置,通过在扭转梁 30 上设置平行于轴向的狭缝 31,在狭缝 31 所在的截面上,将已分割的扭转梁 30L、30R 设成接近正方形的形状,从而能够防止产生非线性振动。

[0093] 实施例 1

[0094] 图 6 是表示本发明的实施例 1 的光学扫描装置的实施结果的图。图 6(A) 是表示无狭缝 31 的比较例的光学扫描装置的实施结果的图,图 6(B) 是表示形成了狭缝 31 的实施例 1 的光学扫描装置的实施结果的图。

[0095] 图 6(A) 表示在比较例的光学扫描装置的结构中,线性位移时和非线性位移时的力矩。表示当线性和非线性的力矩背离时,非线性较强,相一致时,没有非线性。在图 6(A) 中,线性和非线性的力矩没有重叠,具有没有设置狭缝 31 的扭转梁 130 的比较例的光学扫描装置显示出非线性较强的特性。

[0096] 另一方面,图 6(B) 表示在具有与实施方式 1 相同的结构的实施例 1 的光学扫描装置的结构中,线性位移时和非线性位移时的力矩。在图 6(B) 中,线性和非线性的力矩重叠,表示没有非线性。

[0097] 图 7 是表示实施例 1 以及比较例的光学扫描装置的位移 / 频率特性的图。图 7(A) 是表示实施例 1 的光学扫描装置的位移 / 频率特性的图,图 7(B) 是使由狭缝 31 分割的扭转梁 30L、30R 的矩形比变化时的位移 / 频率特性,图 7(C) 是表示比较例的光学扫描装置的位移 / 频率特性的图。

[0098] 如图 7(A) 所示,实施例 1 的光学扫描装置具有如下的特性,即,几乎没有非线性,通过增减驱动电压,以频率 f 能够增减位移。由此,通过增减驱动电压,便能够增减光的照射面积。

[0099] 再者,如图 7(B) 所示,即便设有狭缝 31,若对于狭缝 31 的右侧的扭转梁 30R 以及

左侧的扭转梁 30L, 改变矩形比, 缓和产生的应力, 则出现非线性。但是, 非线性较弱, 在频率 f 为一定时, 通过增减驱动电压, 便能够增减位移。

[0100] 因而, 从图 7(A)、(B) 可知, 通过在扭转梁 30 上设置狭缝 31, 在将频率 f 设成一定值, 并增减驱动电压时, 就能够增减位移。

[0101] 另一方面, 如图 7(C) 所示可知, 在像比较例的光学扫描装置那样非线性较强的情况下, 即便将频率 f 设成一定并增减驱动电压, 在频率 f 的位移也没有变化, 不能改变扫描区域的大小。

[0102] 这样, 根据实施例 1 的光学扫描装置, 通过在扭转梁 30 的中央部分设置大致平行于轴向的狭缝 31, 便能够减少非线性。这时, 狭缝 31 是与旋转轴或摆动轴相一致的。

[0103] 再者, 还能够以旋转轴为对称地在扭转梁 30 上设置多条狭缝 31。但是, 当以旋转轴对称地将狭缝 31 的数量增加至两条、三条时, 非线性更弱, 而作为轴梁的刚性也变弱。若为了加强刚性而在镜支撑部 20 的背面设置多条肋 21, 则这次镜重心向比旋转轴更靠厚度下方移动, 产生振子运动。因而, 在增加狭缝 31 的数量时, 必须在考虑与刚性的平衡的同时增加狭缝 31 的数量。再者, 虽然即便在狭缝 31 只有一条的情况下, 振子运动本身也会发生, 但由于扭转梁 30 的扭转刚性足够高, 因此即便在镜倾角为机械角 $\pm 12\text{deg}$ 而摆动时, 振子位移量是很微量的, 不会构成问题。

[0104] 根据应力分散的位移放大结构

[0105] 图 8 是用于说明在实施方式 1 的光学扫描装置中, 作为非线性振动对策, 当在扭转梁 30 上设置狭缝 31 时应该考虑的问题点的图。图 8(A) 是在扭转梁 30 上设置短的狭缝 131 时的表面侧的放大图, 图 8(B) 是在扭转梁 30 上设置短的狭缝 131 时的背面侧的放大图, 图 8(C) 是表示在扭转梁 30 上设置短的狭缝 131 时的背面侧的应力分布的图。

[0106] 在图 8(A)、(B) 中, 表示设在扭转梁 30 上的狭缝 131 的端部与设在镜支撑部 20 的背面上的肋 121 的端面接触的情况。在该情况下会出现如下的问题, 如图 8(C) 所示, 应力集中于狭缝 31 的端部而容易使其破损, 不能使镜 10 倾斜较大。这种现象在狭缝 131 的端部没有到达肋 121 的端面的情况下也会出现。

[0107] 图 9 是表示实施方式 1 的光学扫描装置的镜支撑部 20 和扭转梁 30 的连结部的结构的一例的图。为了防止发生在图 8 中说明的应力向狭缝 31 的端部集中的情况, 在实施方式 1 的光学扫描装置中, 采用图 9 所示的结构。

[0108] 图 9(A) 是表示实施方式 1 的光学扫描装置的镜支撑部 20 和扭转梁 30 的连结部的表面侧的结构的一例的图, 图 9(B) 是表示实施方式 1 的光学扫描装置的镜支撑部 20 和扭转梁 30 的连结部的背面侧的结构的一例的图。

[0109] 在图 9(A) 中, 是如下的结构, 即, 设在扭转梁 30 上的狭缝 31 的端部 31E 切入比镜支撑部 20 的背面的肋 21 的外侧端靠内侧, 肋 21 的一部分从狭缝 31 露出。如上所述, 通过使狭缝 31 的端部 31E 到达比肋 21 的外侧端靠内侧, 成为由肋 21 加强狭缝 31 的端部 31E 的结构, 就能够用肋 21 吸收并缓和在狭缝 31 的端部 31E 上产生的应力。

[0110] 再者, 在图 9(A) 中, 在镜 10 和扭转梁 30 之间形成有黑色保护膜 32 的薄膜。形成黑色保护膜 32, 是为了防止在超过镜 10 的范围内照射光时, 光从与比镜 10 更靠外侧的扭转梁 30 之间反射。黑色保护膜 32 例如可以用涂敷的方式形成。

[0111] 如图 9(B) 所示可知, 形成为狭缝 31 到达存在于镜支撑部 20 和扭转梁 30 的连结

部的肋 22 的内侧的结构。

[0112] 图 10 是表示在实施方式 1 的光学扫描装置中在扭转梁 30 的狭缝 31 的端部 31E 的应力分布的图。在图 10 中表示在狭缝 31 的端部 31E 上产生的应力不是集中于端部 31E，而是分散在扭转梁 30 中。与图 8(C) 比较就明白其差别。

[0113] 如上所述，通过设成使设在扭转梁 30 上的狭缝 31 的镜支撑部 20 侧的端部到达比肋 21 的外侧端面靠内侧，切入镜 10 侧的结构，能够将在狭缝端部 31E 上产生的应力分散到狭缝端部 31E 以外，并能够以较大的位移使镜 10 倾斜。

[0114] 镜变形防止结构

[0115] 图 11 是表示无镜变形防止结构的结构的光学扫描装置的镜的变形分布和应力分布的一例的图。图 11(A) 是表示无镜变形防止结构的结构的光学扫描装置的镜 10 的变形分布的一例的图，图 11(B) 是表示无镜变形防止结构的结构的光学扫描装置的镜 10 的应力分布的一例的图。

[0116] 在图 11(A) 中，通过镜 10 的中心的上下为摆动轴。如图 11(A) 所示，距离与摆动轴正交的直径上的中心最远的部分、以及与之间的摆动轴相对称的部分的变形变大。

[0117] 在图 11(B) 中，通过镜 10 的中心的上下为摆动轴这一点与图 11(A) 相同。从图 11(B) 可知，在镜 10 上产生的应力大的部分是和扭转梁 30 的连结部。

[0118] 图 12 是用于说明实施方式 1 的光学扫描装置的镜变形防止结构的图。在图 12 中，镜 10 的变形大的部分用 A ~ F 表示。在实施方式 1 的光学扫描装置中，通过在镜支撑部 20 的背面设置这种连结镜 10 的变形大的部分的肋 21，并且在扭转梁 30 与镜支撑部 20 的边界的连结部上设置肋 21，以最少的肋数量得到最大的镜变形防止效果。

[0119] 图 13 是表示实施方式 1 的光学扫描装置的镜支撑部 20 的背面的肋结构的图。图 13(A) 是表示实施方式 1 的光学扫描装置的镜支撑部 20 的肋结构的立体图，图 13(B) 是表示实施方式 1 的光学扫描装置的镜支撑部 20 的肋结构的俯视图。

[0120] 在图 13(A)、(B) 中，以连结图 12 所示的应力大的 A ~ F 点的方式设有肋 21。具体而言，具备：将图 12 的 A 和 B、C 和 D 分别连结成圆弧状的圆弧状肋 23；连结圆弧状肋 23 的两端从而加强圆弧状肋 23 的弦状肋 24；在与摆动轴正交的方向上连结 E 和 F 的横穿肋 26；以及在平行于摆动轴的方向上连结 A 和 C、B 和 D 的纵穿肋 25。利用该肋 23 ~ 26 能够直接抑制镜 10 的变形。

[0121] 但是，如图 11(B) 所示，由于考虑到扭转梁 30 的应力从与镜支撑部 20 的连结部到达镜 10，带来使镜 10 变形的作用，因此必须有应力的对策。于是，在本实施方式的光学扫描装置中，在扭转梁 30 和镜支撑部 20 的连结部上也设有连结肋 22。而且，如图 13(B) 所示，使连结肋 22 比镜 10 的端部更向扭转梁 30 侧突出，有效地阻止应力从扭转梁 30 传递过来。由于该连结肋 22 的突出部位于旋转轴（或者摇动轴）附近，因此不会增加惯性，成为有利于高速驱动的结构。

[0122] 图 14 是表示实施方式 1 的光学扫描装置的镜变形量以及应力分布的一例的图。图 14(A) 是表示实施方式 1 的光学扫描装置的镜变形量的一例的图。如图 14(A) 所示可知，在作为镜变形防止结构而在镜支撑部 20 的背面设置了肋 21 的情况下，镜 10 的变形量基本上没有了，变得十分平坦。

[0123] 图 14(B) 是包括连结肋 22 的突出部而表示实施方式 1 的光学扫描装置的应力分

布的图。如图 14(B) 所示可知,通过使肋 21(连结肋 22) 比镜 10 的端部更向扭转梁 30 侧突出,在突出部集中应力而成为扭转梁 30 的应力缓冲部。

[0124] 图 14(C) 是表示镜 10 的面内的应力分布的图。如图 14(C) 所示,在镜 10 的面内几乎不产生应力。这是因为,如图 14(B) 所示,来自于扭转梁 30 的应力被连结肋 22 的突出部吸收,没有传递到镜 10。

[0125] 实施例 2

[0126] 图 15 是表示本发明的实施例 2 的光学扫描装置的结构以及实施结果的图。图 15(A) 是表示实施例 2 的光学扫描装置的扭转梁 30 的截面结构的图。如图 15(A) 所示,在扭转梁 30 的中央设置狭缝 31,在狭缝 31 的两侧形成有截面形状接近正方形的扭转梁 30L、30R。左侧的扭转梁 30L 以及右侧的扭转梁 30R 具有相同的截面结构,用 W 表示宽度,用 T 表示厚度。

[0127] 图 15(B) 是表示实施例 2 的光学扫描装置的背面的平面结构的图。如图 15(B) 所示,实施例 2 的光学扫描装置具有与在图 13 中说明的实施方式 1 的光学扫描装置相同的结构,具有比镜 10 的外周更向扭转梁 30 侧突出的连结肋 22,用 $X[\text{mm}]$ 表示连结肋 22 的从镜 10 突出的量。

[0128] 图 15(C) 是表示连结肋 22 的突出量 X 与最大倾角时的镜平面度 λ 以及非线性系数 β 的关系的图。在图 15 中, W 表示扭转梁的一侧的宽度, T 表示扭转梁的厚度, W/T 表示扭转梁的一侧的矩形比, X 表示肋突出量, λ 表示最大倾角时的镜平面度, β 表示非线性系数。另外,用实线显示的特性表示镜平面度 λ ,用虚线显示的特性表示非线性系数 β 。

[0129] 在图 15(C) 的虚线显示的特性中,扭转梁的矩形比 W/T 小至接近 1(接近正方形),突出量 $X[\text{mm}]$ 越小,非线性系数 β 就越小。但是,即便肋突出量 X 发生变化,非线性系数 β 的值变化也比较小。

[0130] 另一方面,在图 15(C) 的实线显示的特性中,镜平面度 λ 在 $W/T = 1.8, X = 0.1\text{mm}$ 附近是极小值。在 $X = 0.1\text{mm}$,非线性系数 β 不一定是最佳值,但如上所述,非线性系数 β 的变化并不是那么大,并且使肋 21 突出的结构是以防止镜变形为目的,鉴于此情况,将 $W/T = 1.8, X = 0.1\text{mm}$ 作为最佳值。

[0131] 图 15(D) 是表示扭转梁 30 的矩形比 W/T 与最大倾角时镜平面度 λ 、最大倾角时轴梁最大应力 σ 以及非线性系数 β 的关系的图。在图 15(D) 中,根据图 15(C) 的结果,将突出量 X 固定在 $X = 0.1\text{mm}$ 。然后,使扭转梁 30 的一侧 30R、30L 的矩形比 W/T 变化,测定了最大倾角时镜平面度 λ 、最大倾角时轴梁最大应力 σ 以及非线性系数 β 的变化。

[0132] 如图 15(D) 所示, W/T 越小,越接近 1(越接近正方形),非线性系数 β 就越小。这可以说,使扭转梁 30 的一侧 30R、30L 接近正方形本来就是作为非线性对策而进行的,因此是理所当然的结果。

[0133] 另一方面,在 $W/T = 1.76$,最大倾角时的镜平面度 λ 取最小值。另外, W/T 变得越大,最大倾角时轴梁最大应力 σ 就越小,但如果最大应力 σ 在扭转梁 30 的允许应力以下是没有问题的。图 15(D) 所示的最大倾角时轴梁最大应力 σ 都是没有问题的值。

[0134] 根据图 15(C),肋突出量 X 的最佳范围是 $0.05 \leq X \leq 0.15[\text{mm}]$, $X = 0.1\text{mm}$ 是最佳值。

[0135] 另外,根据图 15(D) 所示的最大倾角时轴梁最大应力 σ 以及非线性系数 β 的特

性, W/T 的最佳范围是 $1.7 \leq W/T \leq 1.9$, $W/T = 1.76$ 是最佳值。

[0136] 如上所述,通过调整肋突出量 X 以及扭转梁 30 的一侧 30R、30L 的 W/T ,能够在将施加在扭转梁 30 上的最大应力 σ 设成没有问题的的大小的同时,减少镜平面度 λ 以及非线性系数 β 。

[0137] 水平驱动时的对垂直驱动梁的串扰防止结构

[0138] 图 16 是用于说明在实施方式 1 的光学扫描装置中,在采用了背面无肋的可动框 160 的情况下发生的串扰的图。图 16(A) 是表示采用了背面无肋的可动框 160 的光学扫描装置的表面侧的结构的立体图,图 16(B) 是表示采用了背面无肋的可动框 160 的光学扫描装置的背面侧的结构的图,图 16(C) 是表示采用了背面无肋的可动框 160 的光学扫描装置的水平驱动状态的图。

[0139] 如图 16(A)、(B) 所示,在用背面无肋的可动框 160 构成光学扫描装置的情况下,将可动框 160 也构成为与其他的梁相同厚度的梁。

[0140] 如图 16(C) 所示,在用背面无肋的可动框 160 构成光学扫描装置的情况下,由于扭转梁 30 的水平驱动,作为垂直驱动梁的第二驱动梁 70 发生较大变形。也就是说,在水平驱动时对垂直驱动造成影响,即发生所谓的串扰。

[0141] 图 17 是用于说明在采用了在背面设有肋的可动框 60 的情况下也发生串扰的图。图 17(A) 是表示采用了在背面设有肋的可动框 60 的光学扫描装置的表面侧的结构的立体图,图 17(B) 是表示采用了在背面设有肋的可动框 60 的光学扫描装置的背面侧的结构的立体图,图 17(C) 是表示采用了在背面设有肋的可动框 60 的光学扫描装置的水平驱动状态的图。

[0142] 如图 17(A)、(B) 所示,通过采用在背面设有肋的可动框 60,将可动框 60 构成为具有厚度且刚性高的框。

[0143] 但是,如图 17(C) 所示,若用第一驱动梁 50 进行水平驱动时,在作为垂直驱动梁的第二驱动梁 70 上仍然发生变形。

[0144] 图 18 是用于说明实施方式 1 的光学扫描装置的水平驱动时的对垂直驱动梁的串扰防止结构的图。图 18(A) 是表示实施方式 1 的光学扫描装置的表面侧的结构的图,图 18(B) 是实施方式 1 的光学扫描装置的背面侧的立体图,图 18(C) 是实施方式 1 的光学扫描装置的串扰防止结构的放大图。

[0145] 如图 18(A) 所示,在光学扫描装置的表面侧没有特别地设置串扰防止结构。

[0146] 另一方面,如图 18(B) 所示,在实施方式 1 的光驱动装置的背面侧设置具有肋的可动框 60,并且在第二驱动梁 70 和可动框 60 的连结部 80 上设有多条串扰防止肋 81 ~ 83。再者,在图 18(B) 中,在第二驱动梁 70 上,在与可动框 60 的连结部 80 之外的地方也设有肋 72,这是向垂直方向驱动时的高次谐波重叠防止用肋 72,与串扰防止用肋不同。再者,例如,在用 60Hz 驱动第二驱动梁 70 时,存在 120Hz、240Hz、360Hz 等 60Hz 的倍数的频率的高次谐波重叠的情况,因此为了防止这种高次谐波的重叠,设置了高次谐波重叠防止用肋 72。

[0147] 如图 18(C) 所示,可动框 60 和第二驱动梁 70 的连结部 80 具有在水平驱动的轴向以及与该轴向正交的方向上延伸的多条串扰防止肋 81 ~ 83。串扰防止肋 81 是与扭转梁 30 以及第二驱动梁 70 平行地从可动框 60 连续地延伸的肋。另外,串扰防止肋 82 与高次谐波重叠防止用肋 72 对称地向第二驱动梁 70 的宽度方向延伸地设置。串扰防止肋 83 与串

扰防止肋 82 平行地从可动框 60 连续地延伸设置。另外,在可动框 60 的外侧,由串扰防止肋 81、83 形成三角形的凹陷 84。

[0148] 如上所述,通过在作为垂直驱动梁的第二驱动梁 70 的端部和可动框 60 之间设置串扰防止肋 81 ~ 83,能够防止水平驱动时的振动向第二驱动梁 70 传递。特别是通过由肋 81 和肋 83 形成三角形 84,能够由三角形 84 的部分吸收水平驱动所产生的应力,并减少对作为垂直驱动梁的第二驱动梁 70 的影响。

[0149] 图 19 是表示具有串扰防止肋 81 ~ 83 的实施方式 1 的光学扫描装置的水平驱动时的应力分布的图。如图 19 所示,虽然应力作用于水平驱动的镜 10 上,但在作为垂直驱动梁的第二驱动梁 70 上没有产生应力。如上所述,通过在垂直驱动梁端和可动框 60 之间设置串扰防止肋 81 ~ 83,能够切断水平共振驱动时的摆动振动向垂直驱动梁传播。

[0150] 频率变动防止结构

[0151] 图 20 是用于说明由形状类似于实施方式 1 的光学扫描装置但无频率变动防止结构的光学扫描装置的驱动引起的频率变动的图。图 20 (A) 是表示无频率变动防止结构的光学扫描装置的平面结构的图。在图 20 (A) 中,无频率变动防止结构的光学扫描装置具有水平方向的共振驱动梁 150 从可动框 60 的内壁面延伸的形状。共振驱动梁 150 从可动框 60 的内壁面以长度 L 垂直地延伸。

[0152] 图 20 (B) 是表示图 20 (A) 所示的无频率变动防止结构的光学扫描装置的可动框 60 以及共振驱动梁 150 的截面结构的图。如图 20 (B) 所示,可动框 60 由包括厚的硅基片在内的 SOI 基板整体构成,共振驱动梁 150 经由氧化膜 61 由较薄的硅基片构成。另外,共振驱动梁 150 在表面上具备由压电元件的薄膜构成的驱动源 151。由此,像可动框 60 那样,具有肋的部分由背面的厚的硅基片、氧化膜、表面的薄的硅基片层叠而成的 SOI 基板整体构成。另外,像共振驱动梁 150 那样,构成梁的部分就只由表面的薄的硅基片构成。关于这一点,实施方式 1 的光学扫描装置也是同样的。

[0153] 图 20 (C) 是表示驱动共振驱动梁 150 的状态的图。驱动源 151 按照驱动电压的极性反复伸缩,共振驱动梁 150 上下振动。这时,被共振驱动梁 150 和可动框 60 夹住的氧化膜 61 成为上下驱动的起点,另外,由于氧化膜 61 是弹性少的玻璃之类的部件,因此脆性较高,容易损坏。因而,存在因共振驱动梁 150 的上下驱动而出现裂纹 62 并破损的情况。

[0154] 图 20 (D) 是表示共振驱动梁 150 的累计驱动时间和共振频率变化率的关系的一例的图。如图 20 (D) 所示,若进行共振驱动梁 150 的连续驱动,则在某个时间 T_c ,在氧化膜 61 的起点开始发生裂纹 62,外观上的共振驱动梁 150 的长度 L 增大到 $(L + \alpha)$,频率向较低的一方偏移而变动。

[0155] 图 21 是表示无频率变动防止结构的光学扫描装置的水平驱动时的应力分布的图。图 21 (A) 是表示无频率变动防止结构的光学扫描装置的水平驱动时的表面侧的应力分布的图,图 21 (B) 是表示无频率变动防止结构的光学扫描装置的水平驱动时的背面侧的应力分布的图,图 21 (C) 是无频率变动防止结构的光学扫描装置的水平驱动时的背面侧的应力分布的驱动梁的起点部分的放大图。

[0156] 如图 21 (A)、(B) 所示,共振驱动梁 150 在从可动框 60 垂直地延伸的状态下接合。另外,如图 21 (C) 所示可知,成为在可动框 60 的作为共振驱动梁 150 的起点的根部 63 容易产生应力的状态。

[0157] 图 22 是用于说明实施方式 1 的光学扫描装置的第一频率变动防止结构的图。图 22(A) 是表示具有频率变动防止结构的本实施方式的光学扫描装置的平面结构的图。在图 22(A) 中,构成为如下的结构,即,第一驱动梁 50 的与可动框 60 接合的根部 52 并不是垂直地连结在可动框 60 的内周壁面上,而是在可动框 60 的跟前形成具有圆形结构的弯曲形状部 53,并经由弯曲形状部 53 连结在可动框 60 上。即,第一驱动梁 50 的平面形状是在靠近连结可动框 60 和连结梁 40 的侧边的可动框 60 并且没有到达可动框 60 的位置上,具有向内侧凹陷的弯曲形状部 53 的形状。

[0158] 图 22(B) 是图 22(A) 所示的根部 52 的放大图。在图 22(B) 中,在从作为可动框 60 和第一驱动梁 50 的边界部的起点 64 只离开距离 D 的部位上,形成有向内侧凹陷的弯曲形状部 53。由于弯曲形状部 53 具有分散应力而使其缓和的效果,因此通过将其形成在比可动框 60 的起点 64 更靠近内侧,能够使集中于起点 64 的应力分散到弯曲形状部 53。由此,能够保护可动框 60 的氧化膜 61 的部分,即便进行连续驱动也很难损坏。

[0159] 图 23 是表示具有第一频率变动防止结构的实施方式 1 的光学扫描装置的水平驱动时的应力分布的图。图 23(A) 是表示实施方式 1 的光学扫描装置的水平驱动时的第一驱动梁 50 的表面侧的应力分布的图,图 23(B) 是表示实施方式 1 的光学扫描装置的水平驱动时的第一驱动梁 50 的背面侧的应力分布的图。在图 23(A)、(B) 中,在第一驱动梁 50 的根部 52 形成有弯曲形状部 53。

[0160] 图 23(C) 是将图 23(B) 所示的第一驱动梁 50 的根部 52 放大的图。在图 23(C) 中,在比起点 64 更靠内侧并且比连结梁 40 更靠近可动框的位置上,形成有弯曲形状部 53。表示应力分布发生在比弯曲形状部 53 更靠近内侧,还没有到达起点 64 的部分的情况。在此,起点 64 与弯曲形状部 53 的最靠近起点 64 的位置的距离 D 若过小,则不能从上下驱动的起点 64 隔离产生的应力;若过大,则镜 10 的摆动灵敏度降低,有可能不能满足规格。因而,必须将距离 D 设定为适当的值,例如,可以设定为 0.1mm。

[0161] 图 24 是表示实施方式 1 的光学扫描装置的共振驱动的累计驱动时间和共振频率变化率的图。如图 24 所示,与图 20(D) 的例子不同,表示即便累计驱动时间变长,共振频率变化率也是一定的,共振频率保持一定。

[0162] 如上所述,根据实施方式 1 的光学扫描装置,通过将进行共振驱动的第一驱动梁 50 的平面形状设成如下的形状,即,在连结可动框 60 和连结梁 40 的侧边,在靠近可动框 60 并且没有到达可动框 60 的位置上,形成向内侧凹陷的弯曲形状部 53,从而能够防止应力向可动框 60 和第一驱动梁 50 的边界的起点 64 集中,并能够防止可动框 60 的氧化膜 61 的破损,从而能够保持驱动频率一定。

[0163] 图 25 是用于说明在第一频率变动防止结构的基础上,还具有第二频率变动防止结构的实施方式 1 的光学扫描装置的图。图 25(A) 是具有第一以及第二频率变动防止结构的实施方式 1 的光学扫描装置的表面侧的平面结构图,图 25(B) 是具有第一以及第二频率变动防止结构的实施方式 1 的光学扫描装置的背面侧的平面结构图。在图 25(A)、(B) 中,第一驱动梁 50 的侧边不仅具有弯曲形状部 53,还具有向镜 10 侧切入的缩颈部 54,这一点与图 22 以及图 24 所示的形状不同。如上所述,不仅设置弯曲形状部 53,还设置向内侧削去的缩颈部 54,从而能够进一步使第一驱动梁 50 的应力进一步向内侧移动而分散。

[0164] 图 25(C) 是放大实施方式 1 的光学扫描装置的可动框 60 的内侧的俯视图,图

25(D) 是表示第一驱动梁 50 的侧边部的应力分布的放大图。如图 25(C) 所示,第一驱动梁 50 将弯曲形状部 53 和缩颈部 54 连接而构成第一驱动梁 50 的侧边部。另外,如图 25(D) 所示可知,通过在镜 10 附近的靠近连结梁 40 处设置缩颈部 54,应力向缩颈部 54 一方偏移,在可动框 60 侧的根部,应力变得非常少。即,通过从可动框 60 的起点 64 留出间隔形成缩颈部 54,能使对起点 64 的应力向缩颈部 54 大量移动,能使起点 64 的应力变得极小。

[0165] 图 26 是比较各方式的光学扫描装置的应力分布而表示的图。图 26(A) 是表示未设置频率变动防止结构的光学扫描装置的应力分布的图,图 26(B) 是表示只设置了第一频率变动防止结构的光学扫描装置的应力分布的图,图 26(C) 是表示设置了第一以及第二频率变动防止结构的实施方式 1 的光学扫描装置的应力分布的图。

[0166] 在图 26(A) 中,表示应力施加在共振驱动梁 150 的根部的起点 64 上,起点 64 有可能破损的应力分布。

[0167] 另一方面,在图 26(B) 中,通过在比起点 64 更靠内侧设置弯曲形状部 53,能够在比弯曲形状部 53 更靠内侧产生应力,并防止应力到达起点 64。

[0168] 而且,在图 26(C) 中,通过在镜 10 侧、即连结梁 40 侧设置缩颈部 54,使应力向缩颈部 54 移动,在比弯曲形状部 53 更靠外侧处几乎没有产生应力。

[0169] 图 27 是对于图 26 所示的各频率变动防止结构,表示在第一驱动梁 50 的根部的应力测定结果的图。如图 27 所示,与无频率变动防止结构的 (A) 的梁形状相比,通过设置第一频率变动防止结构, (B) 的梁形状大幅度地减少了根部的应力。另外,通过进一步设置第二频率变动防止结构, (C) 的梁形状比 (B) 的梁形状更进一步减少了根部产生的应力。

[0170] 如上所述,通过在第一驱动梁 50 上设置弯曲形状部 53 以及缩颈部 54 的频率变动防止结构,能够防止可动框 60 的起点 64 的氧化膜 61 的破损,即便在进行长时间的连续驱动的情况下,也能够保持频率一定。

[0171] 实施方式 2

[0172] 图 28 是表示本发明的实施方式 2 的光学扫描装置的一例的图。在实施方式 2 的光学扫描装置中,只有设在镜支撑部 20 的背面的肋 21A 的结构与实施方式 1 的光学扫描装置不同。因而,对于其他的结构要素采用与以上的说明相同的参照标号,同时省略其说明。

[0173] 就实施方式 2 的光学扫描装置的肋 21A 而言,关于连结肋 22A、圆弧状肋 23A、弦状肋 24A、纵穿肋 25A 以及横穿肋 26A,具有与实施方式 1 的光学扫描装置相同的结构。在实施方式 2 的光学扫描装置中,使纵穿肋 25A 延长的贯通肋 27A 与弦状肋 24A 交叉,进而到达圆弧状肋 23A 的内壁,这一点与实施方式 1 的光学扫描装置不同。

[0174] 根据实施方式 2 的光学扫描装置,通过进一步设置贯通弦状肋 24A 并到达圆弧状肋 23A 的贯通肋 27A,能够进一步抑制镜 10 的变形。

[0175] 实施方式 3

[0176] 图 29 是表示本发明的实施方式 3 的光学扫描装置的一例的图。在实施方式 3 的光学扫描装置的肋 21B 中,纵穿肋 25B 以及贯通肋 27B 具有将 A 和 D、B 和 C 分别连结并交叉成 X 状的形状,这一点与实施方式 2 的光学扫描装置不同。关于其他的连结肋 22B、圆弧状肋 23B、弦状肋 24B 和横穿肋 26B,具有与实施方式 2 的光学扫描装置的对应肋相同的结构,因此省略其说明。

[0177] 根据实施方式 3 的光学扫描装置,能够构成为对于斜向的应力也较强的镜变形防

止结构。

[0178] 实施方式 4

[0179] 图 30 是表示本发明的实施方式 4 的光学扫描装置的一例的图。在实施方式 4 的光学扫描装置的肋 21C 中, 连结肋 22C、圆弧状肋 23C 以及弦状肋 24C 形成为一个大的块体, 这一点与实施方式 1 以及 2 不同。如上所述, 也可以将连结肋 22C 与圆弧状肋 23C 以及弦状肋 24C 一体地构成。由于更牢固地增强镜支撑部 20, 因此能够可靠地提高防止镜变形的效果。再者, 关于纵穿肋 25C 以及横穿肋 26C 的结构, 由于与实施方式 1 以及 2 相同, 故省略其说明。

[0180] 实施方式 5

[0181] 图 31 是表示本发明的实施方式 5 的光学扫描装置的一例的图。在实施方式 5 的光学扫描装置的肋 21D 中, 连结肋 22D、圆弧状肋 23D 以及弦状肋 24D 形成为一个大的块体, 这一点与实施方式 3 不同。在该情况下, 也更牢固地增强镜支撑部 20, 因此能够可靠地提高防止镜变形的效果。再者, 关于纵穿肋 25D 以及横穿肋 26D 的结构, 由于与实施方式 3 相同, 故省略其说明。

[0182] 以上虽然对本发明的优选的实施方式进行了详细说明, 但本发明不限于上述实施方式, 在不脱离本发明的范围的情况下, 可以在上述实施方式中添加各种变形以及置换。

[0183] 本发明在产业上具有如下的可利用性。

[0184] 本发明能够用于使光进行扫描来投影影像的投影机等图像投影装置。

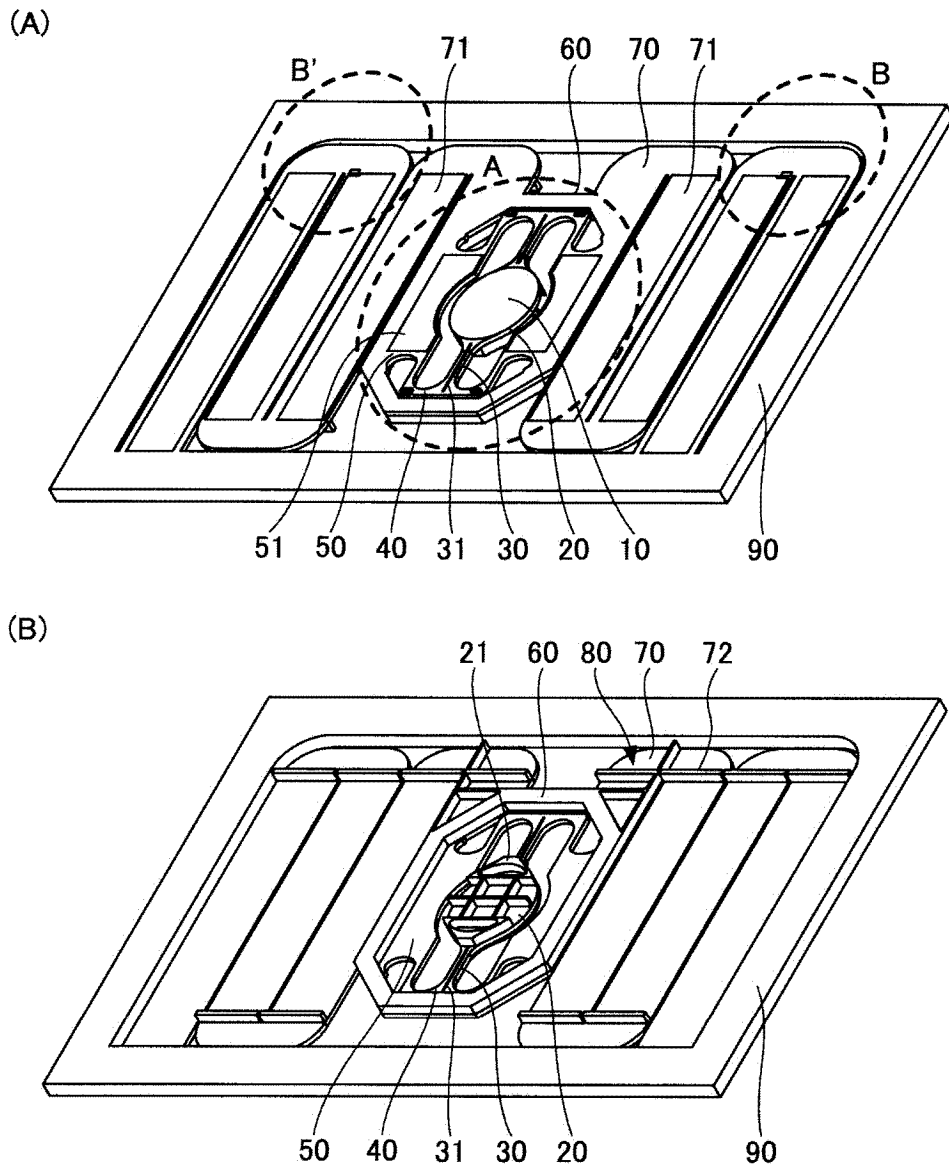


图 1

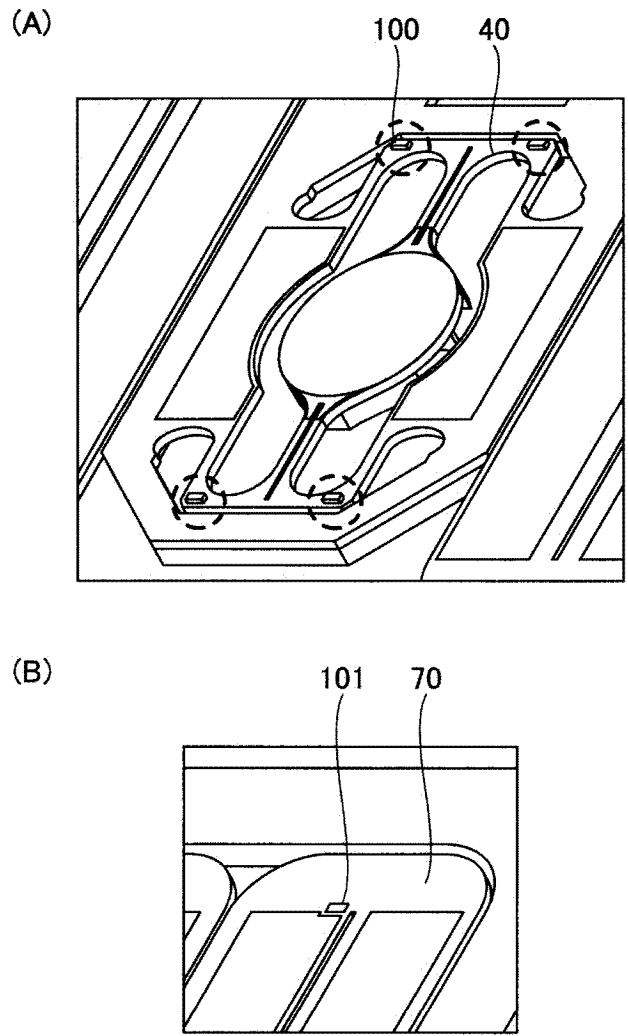


图 2

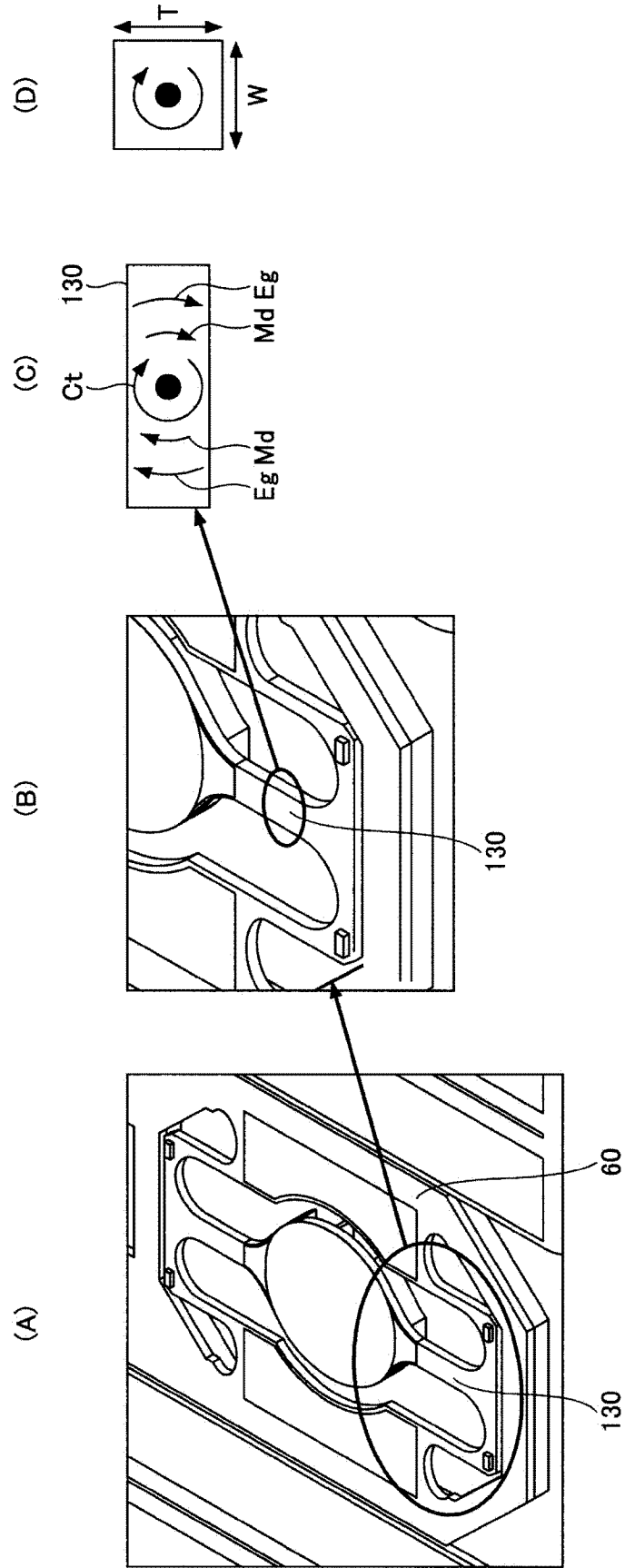


图 3

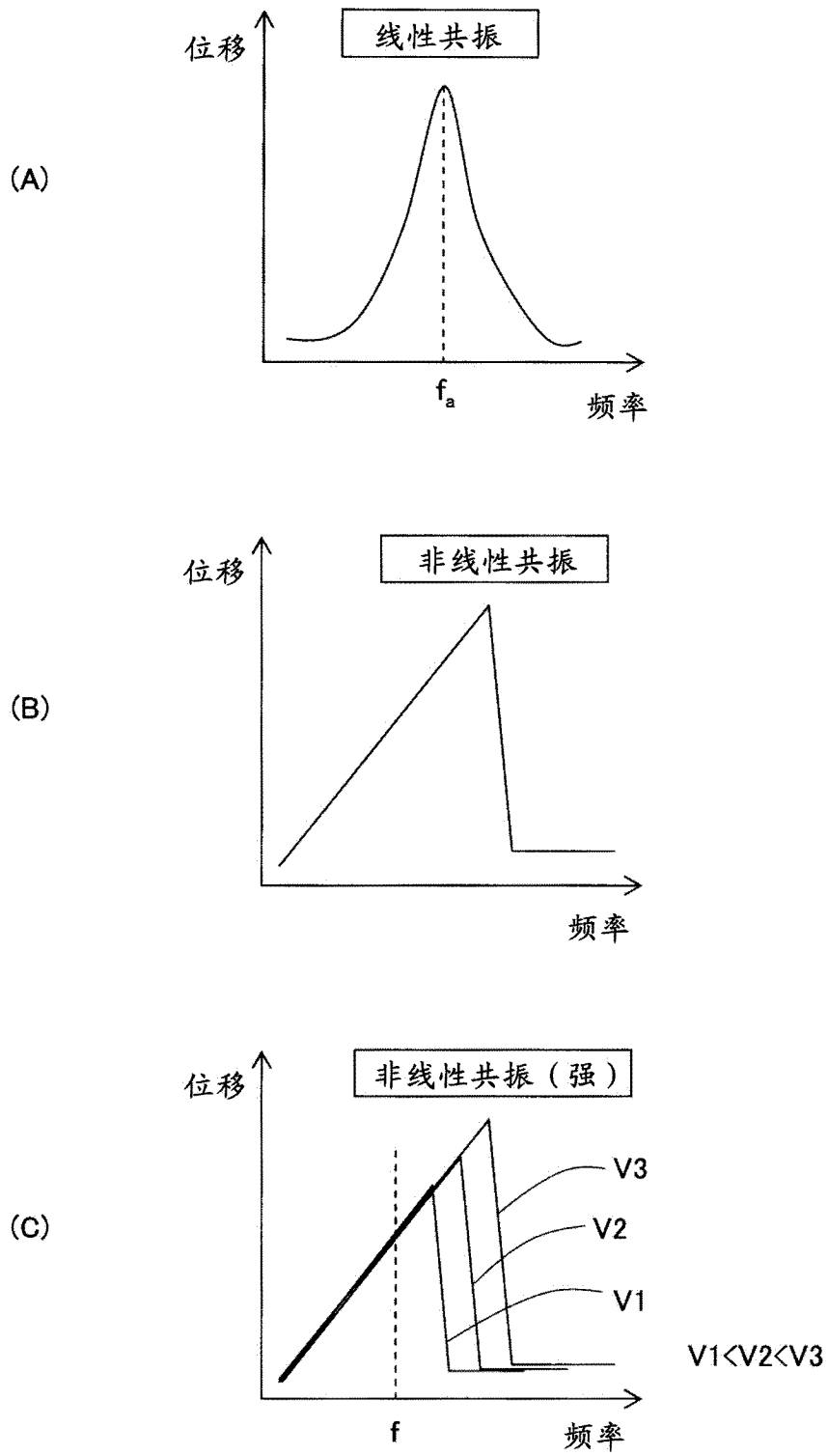


图 4

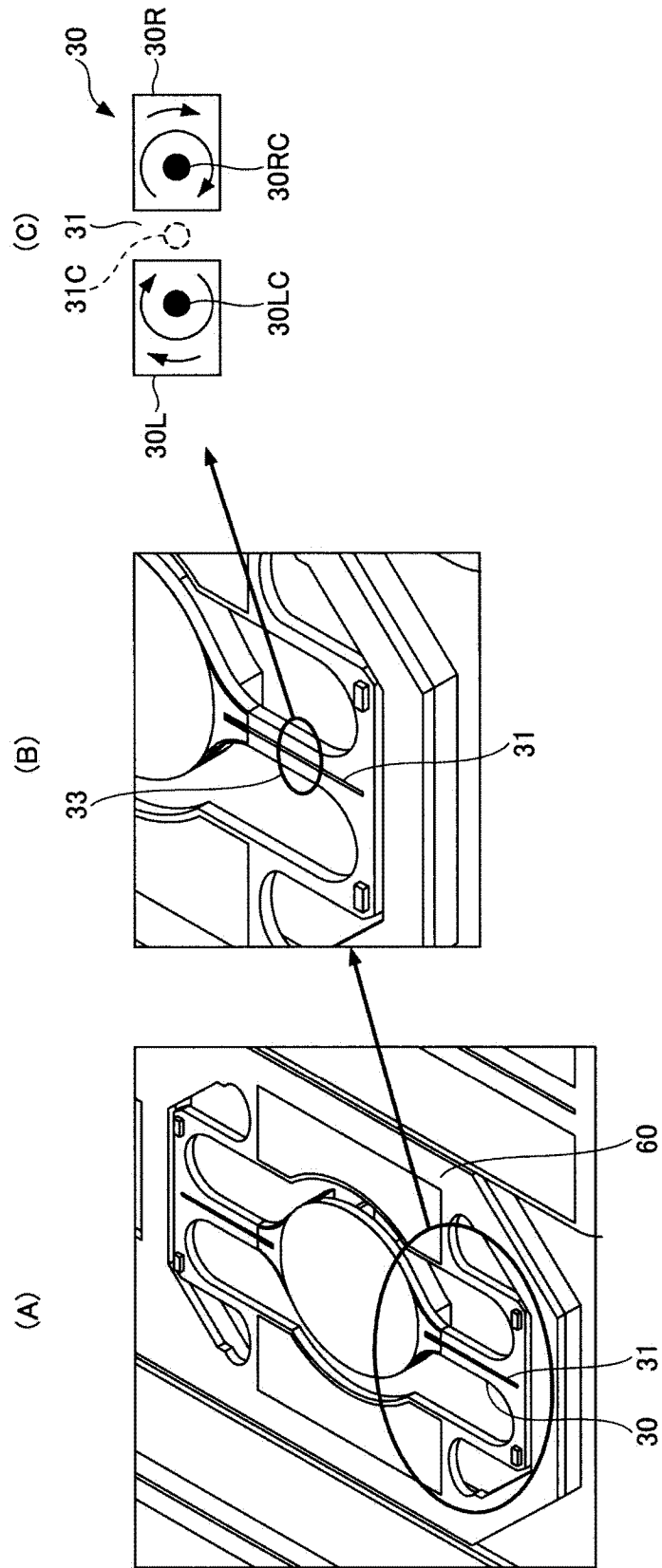


图 5

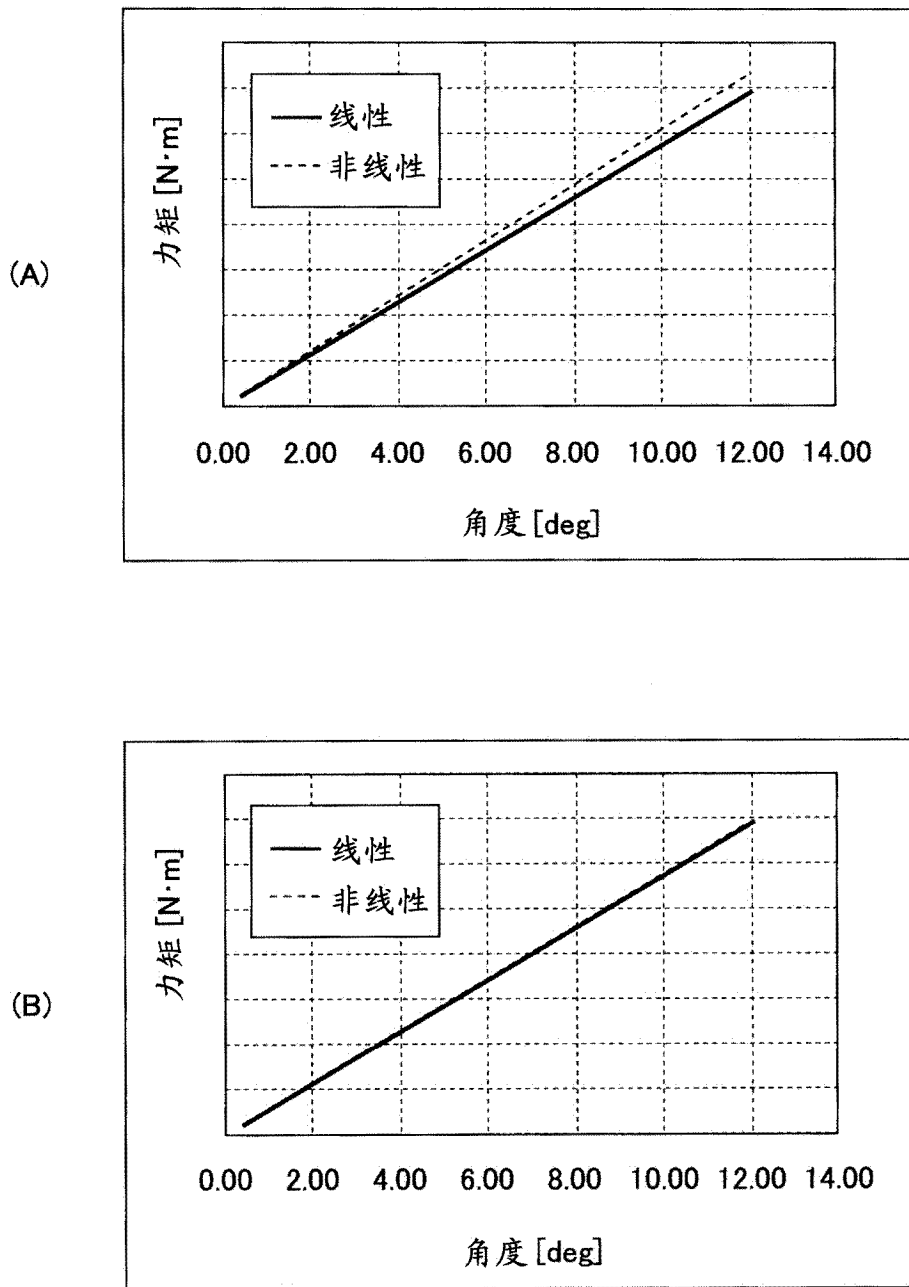


图 6

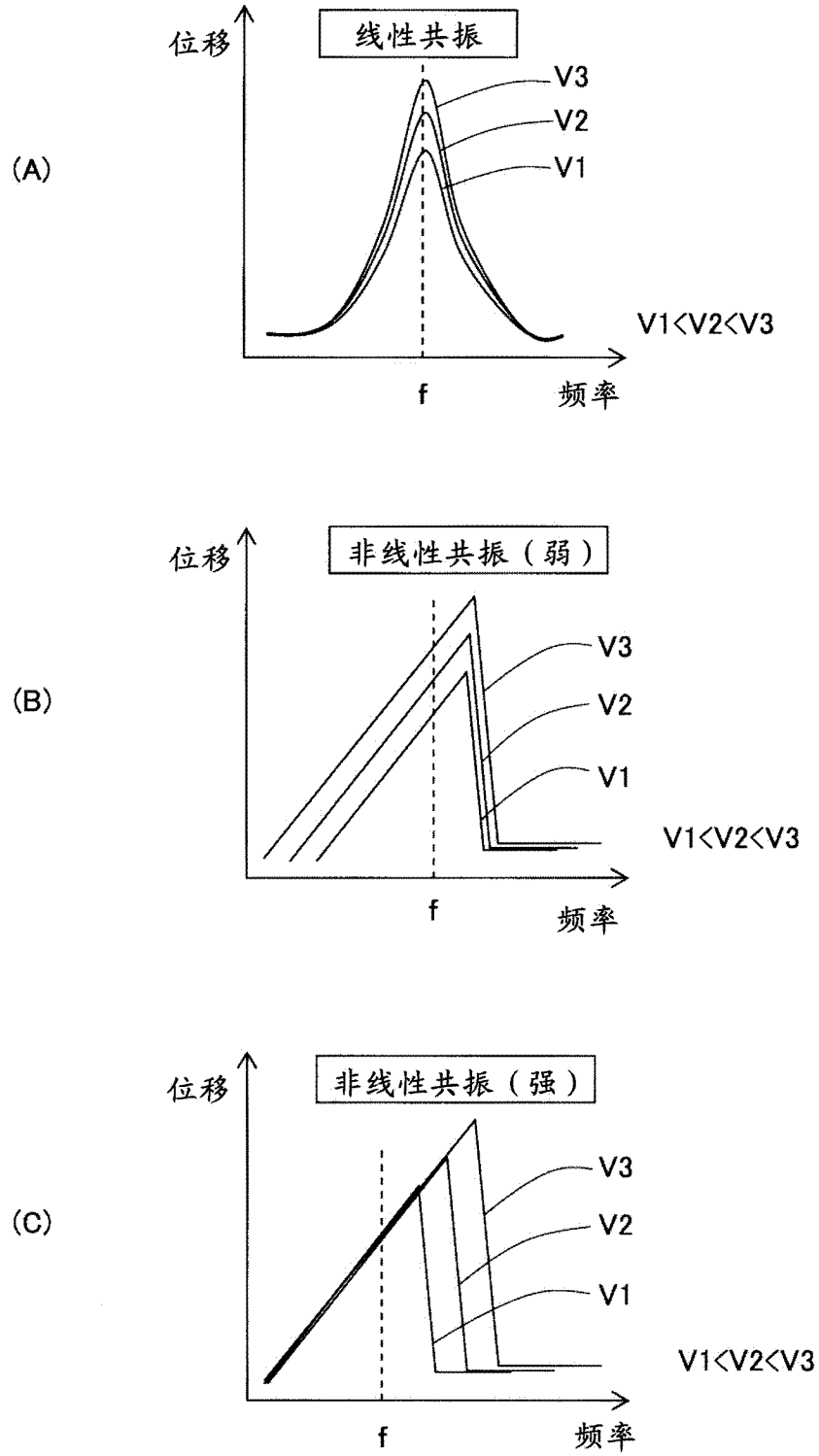


图 7

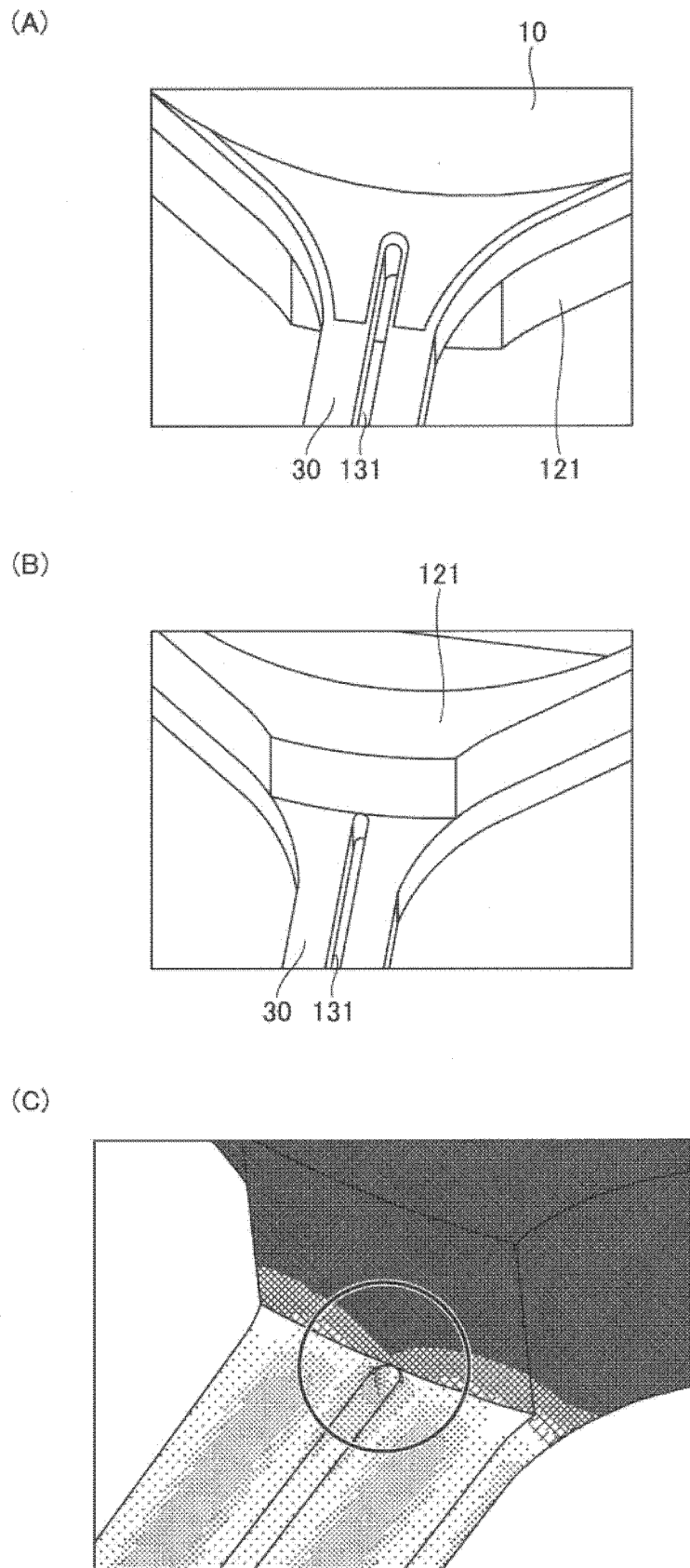


图 8

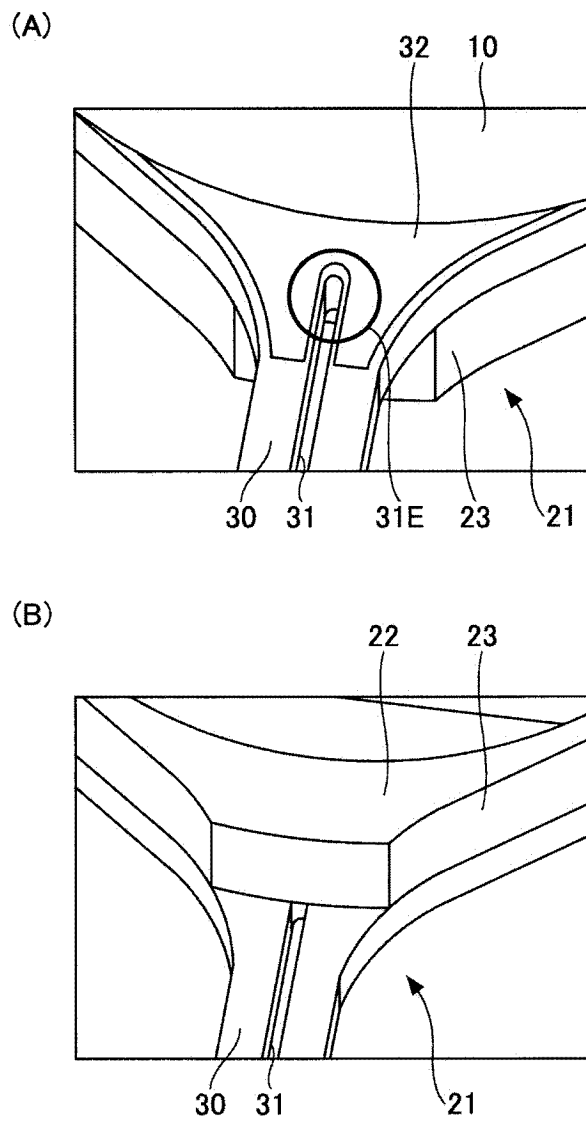


图 9

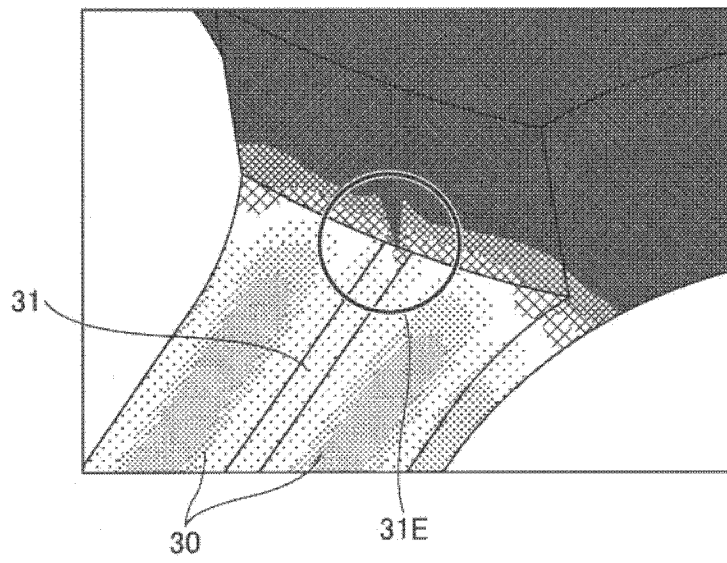


图 10

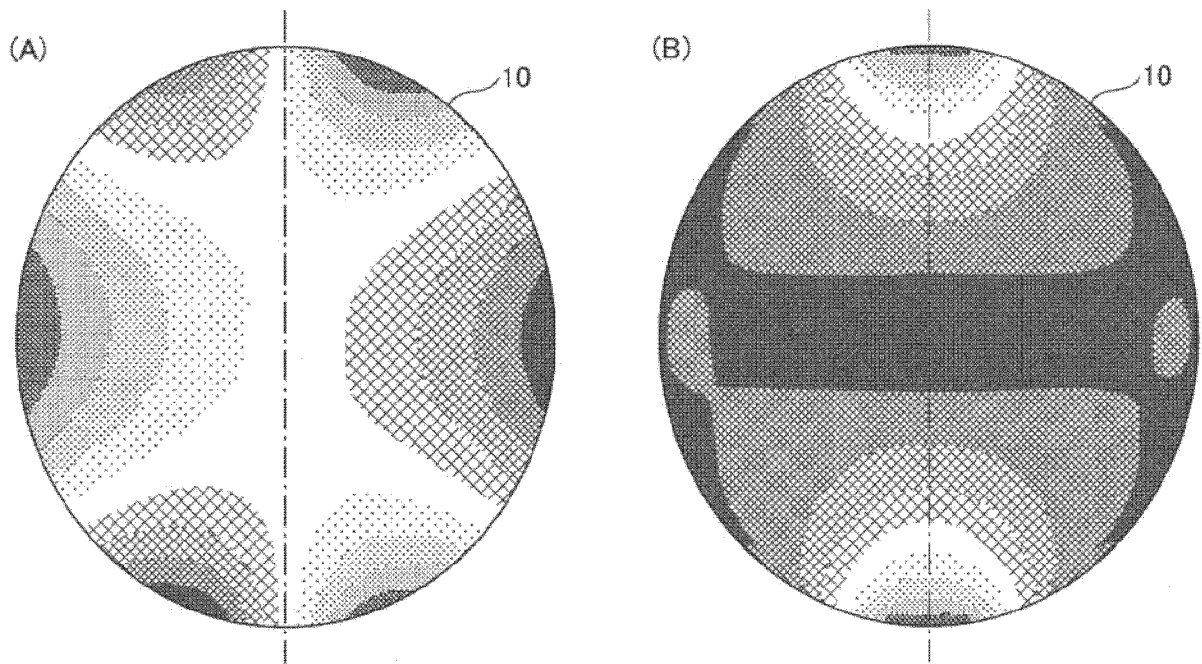


图 11

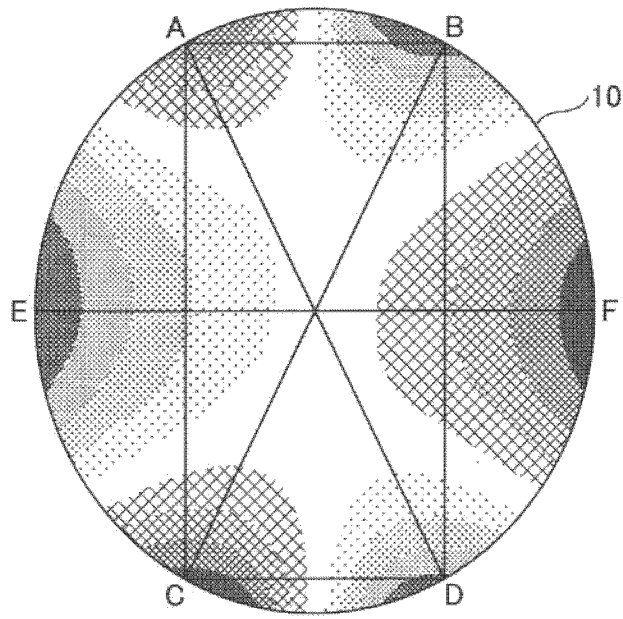


图 12

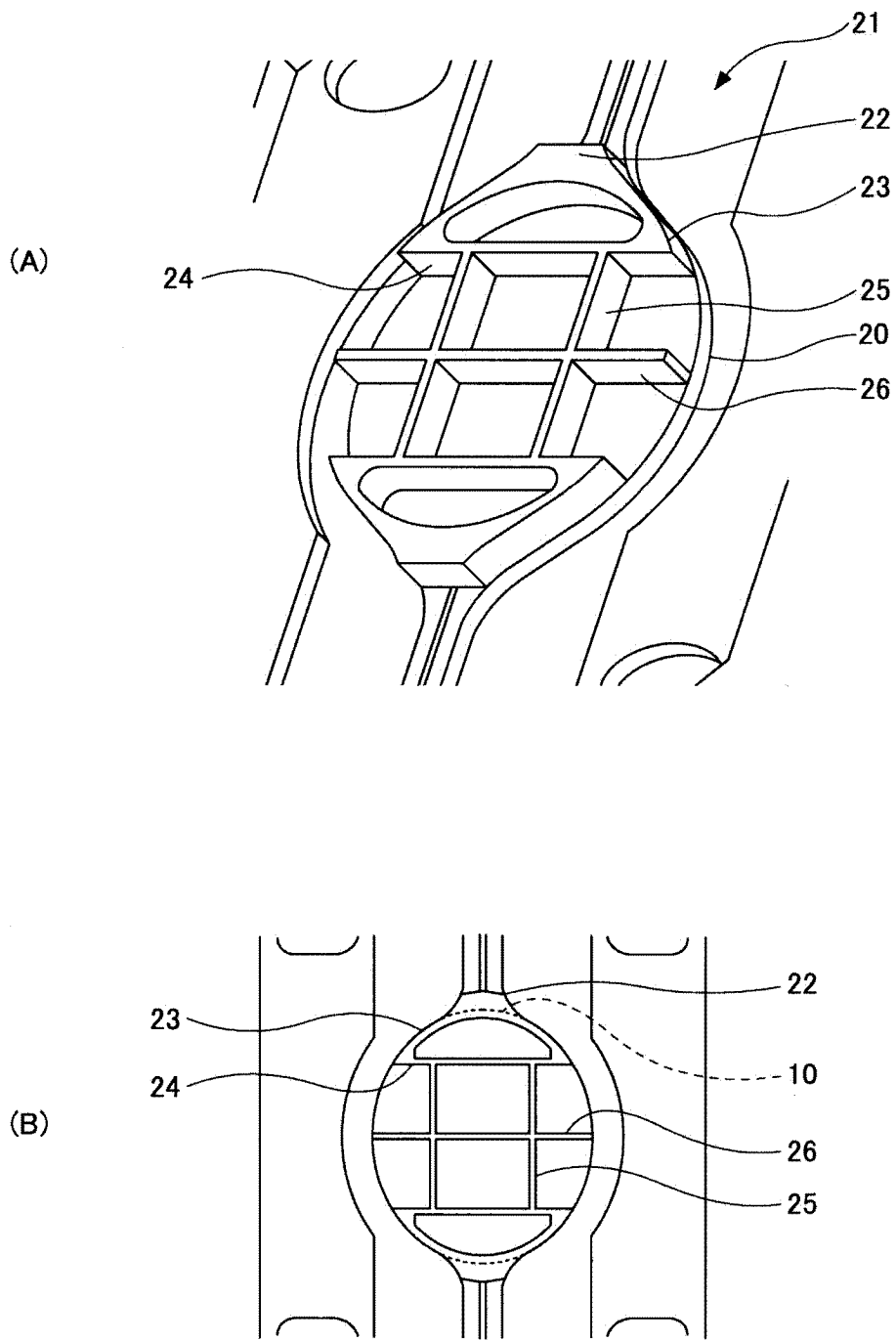


图 13

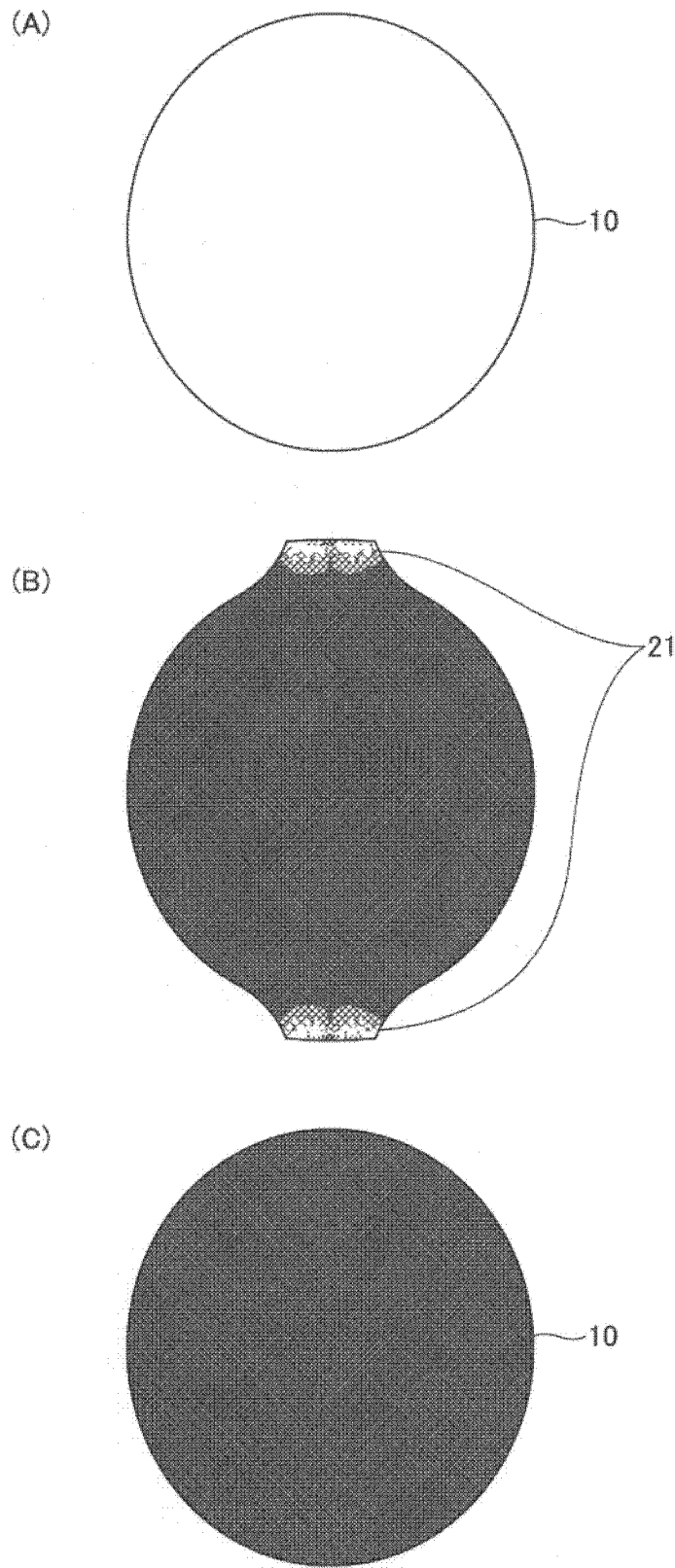


图 14

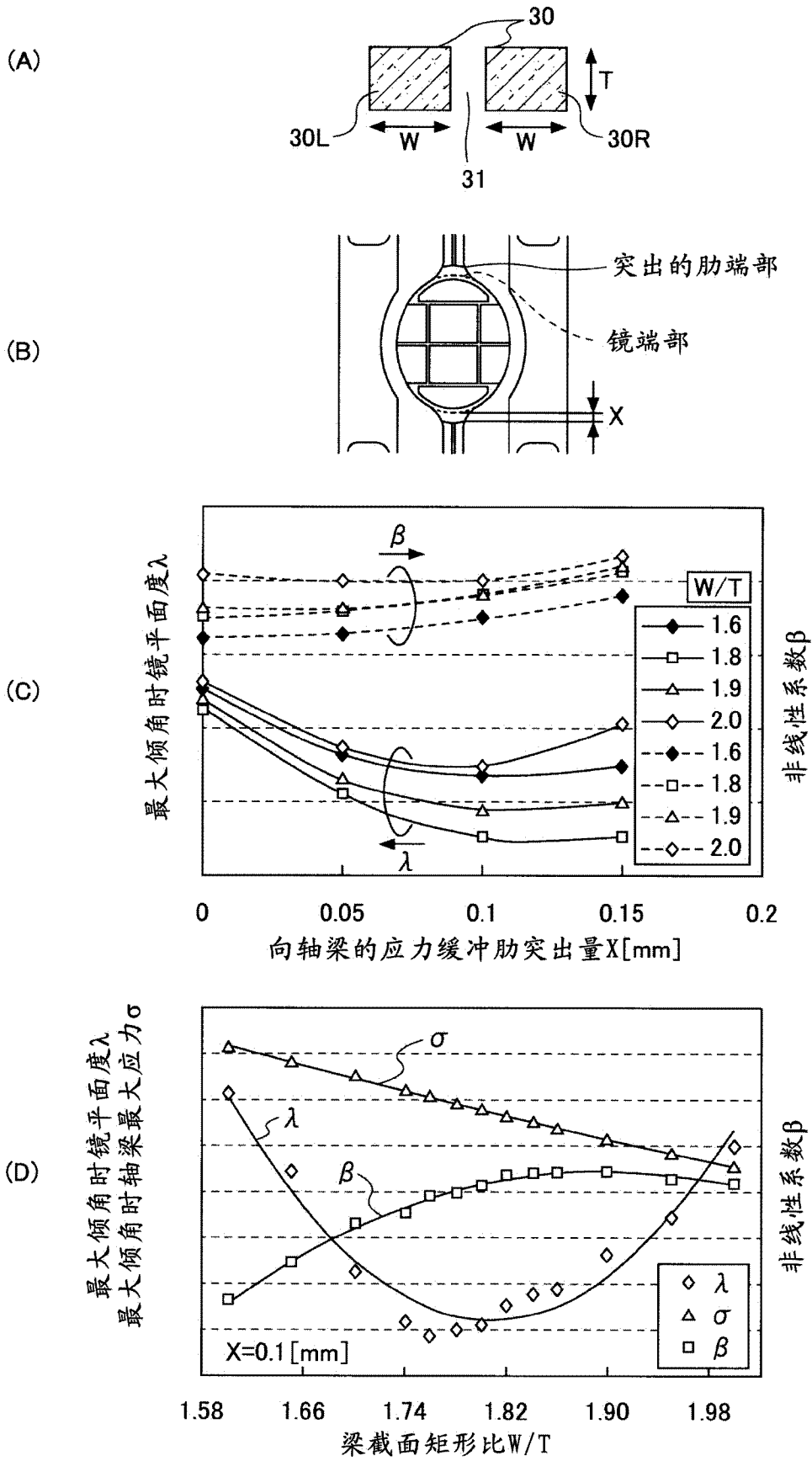


图 15

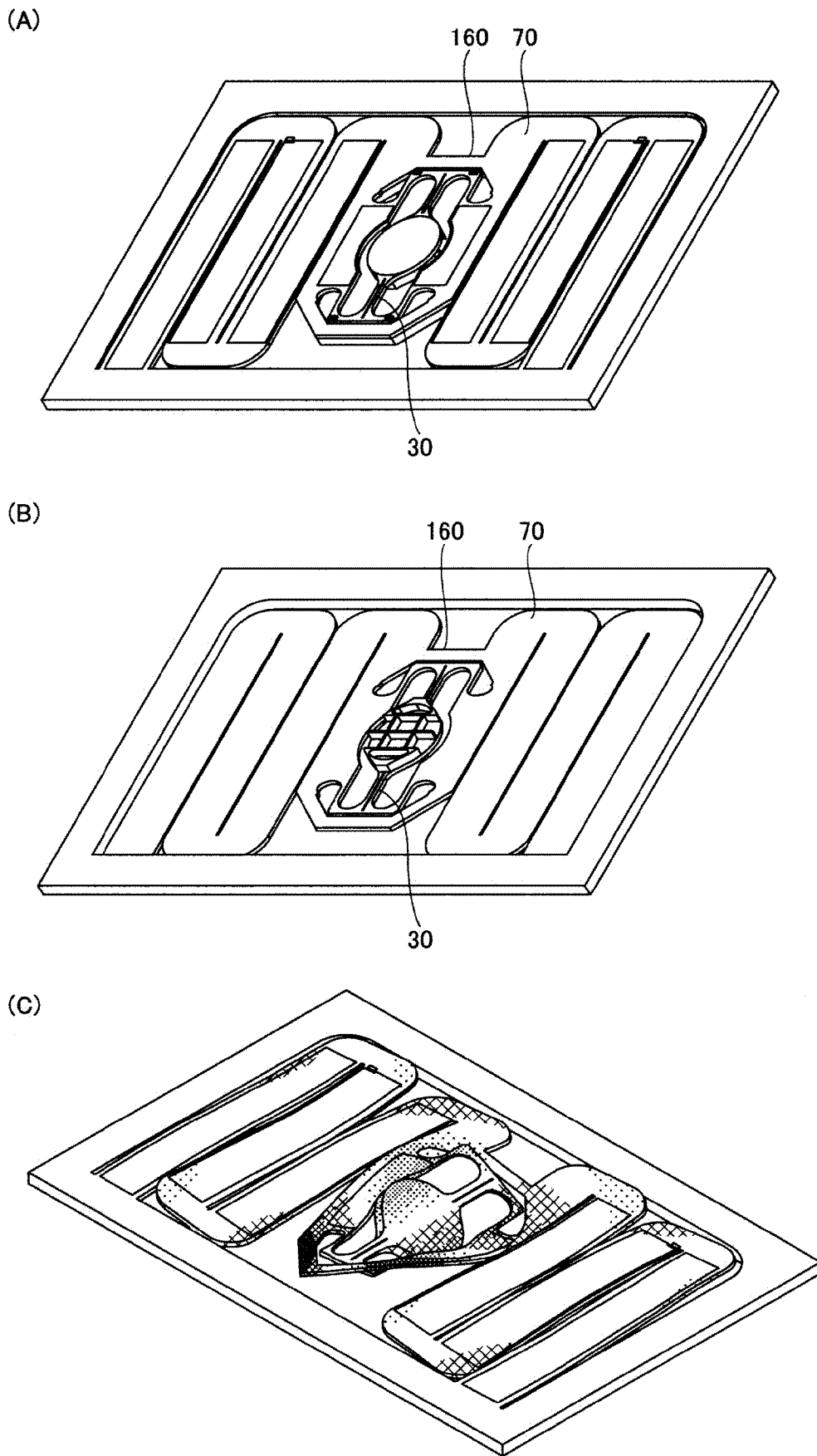
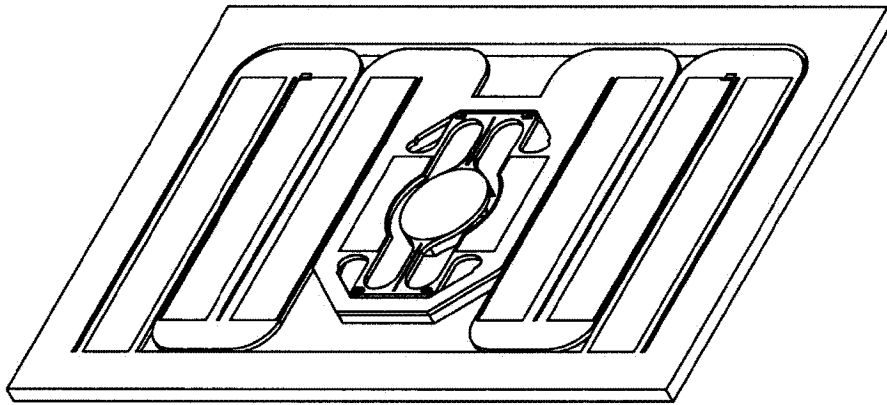
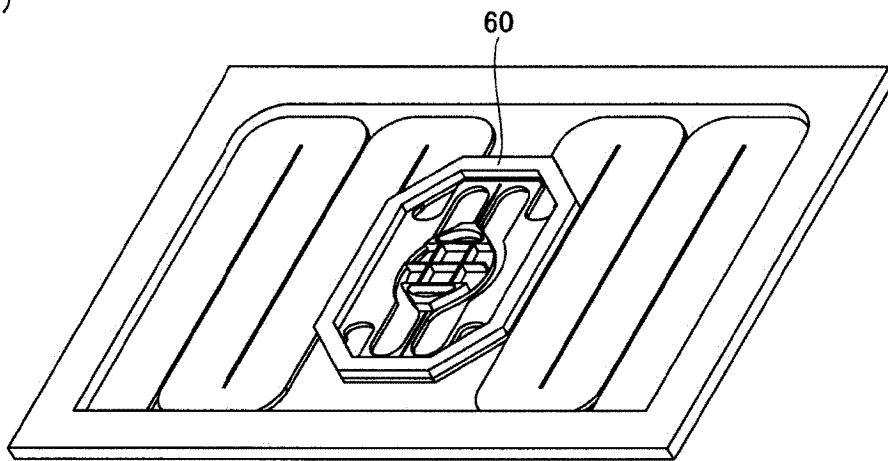


图 16

(A)



(B)



(C)

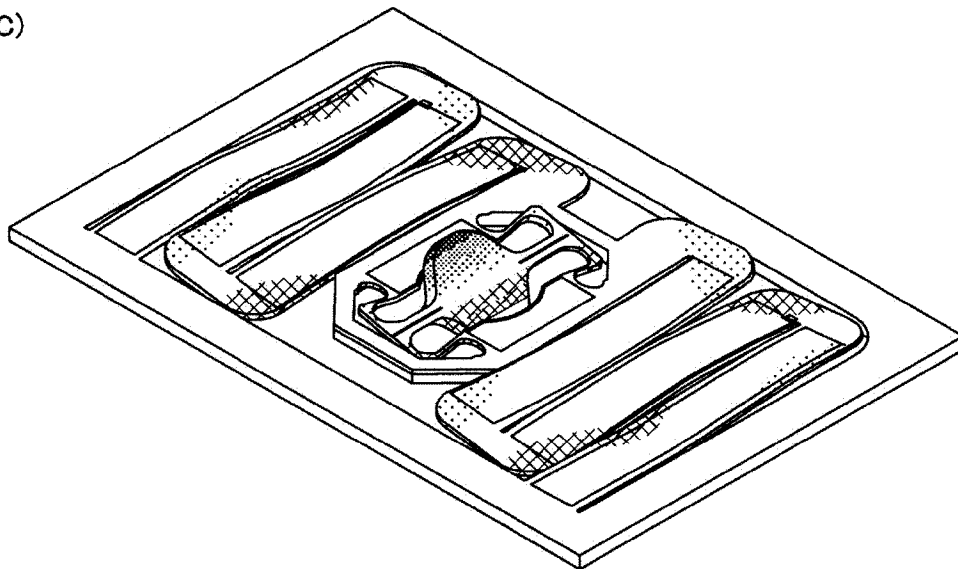
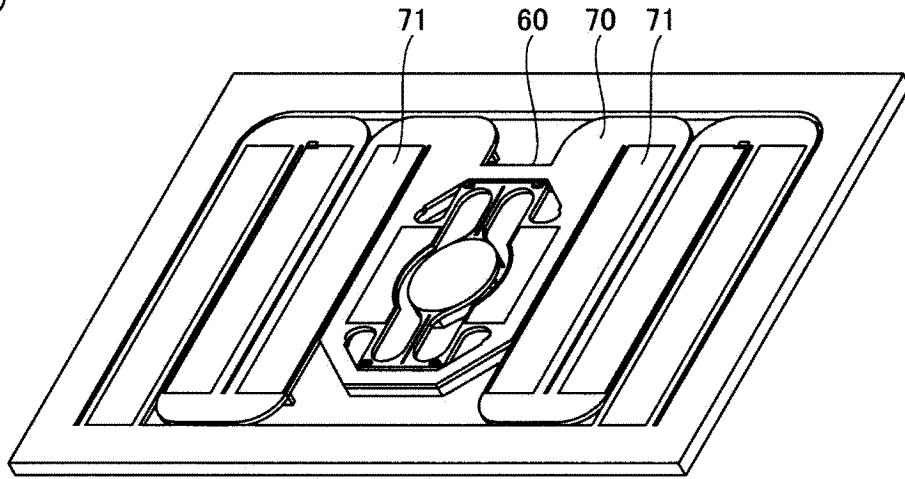
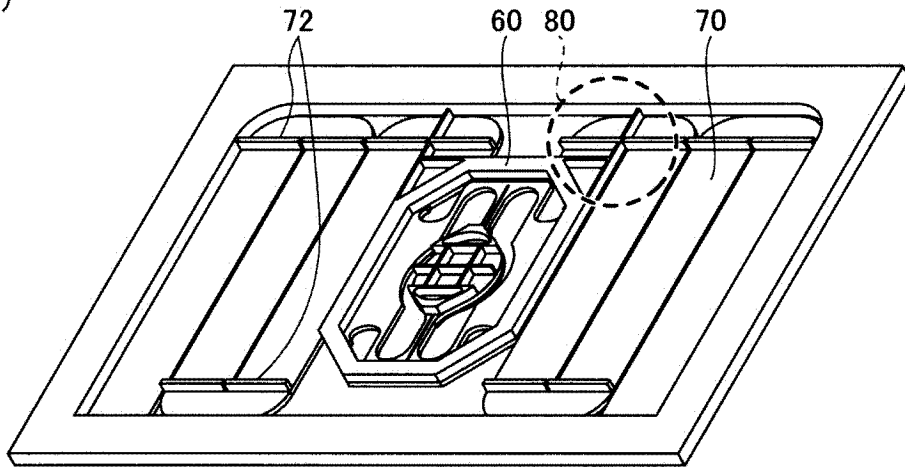


图 17

(A)



(B)



(C)

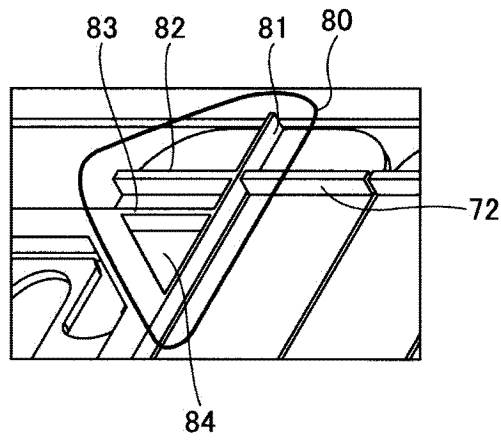


图 18

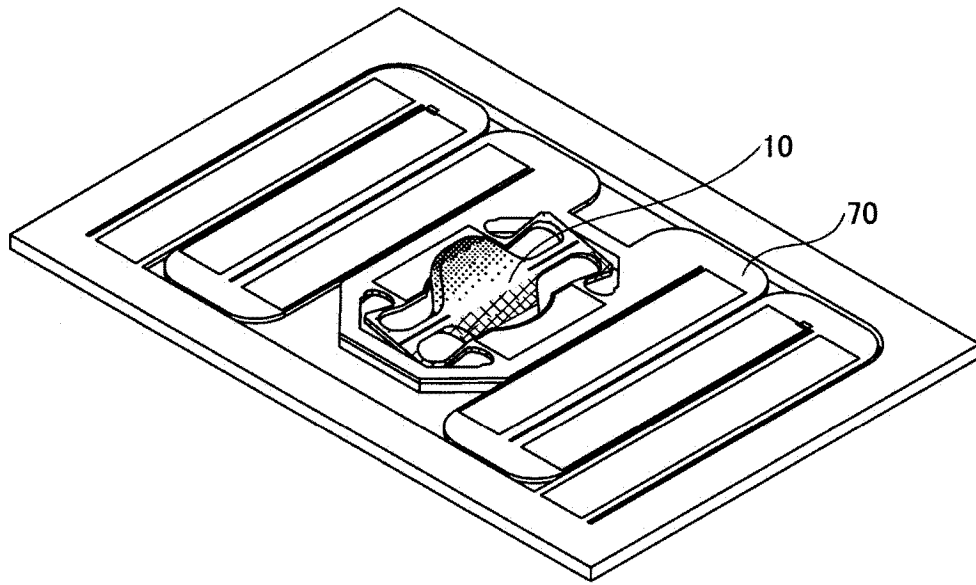


图 19

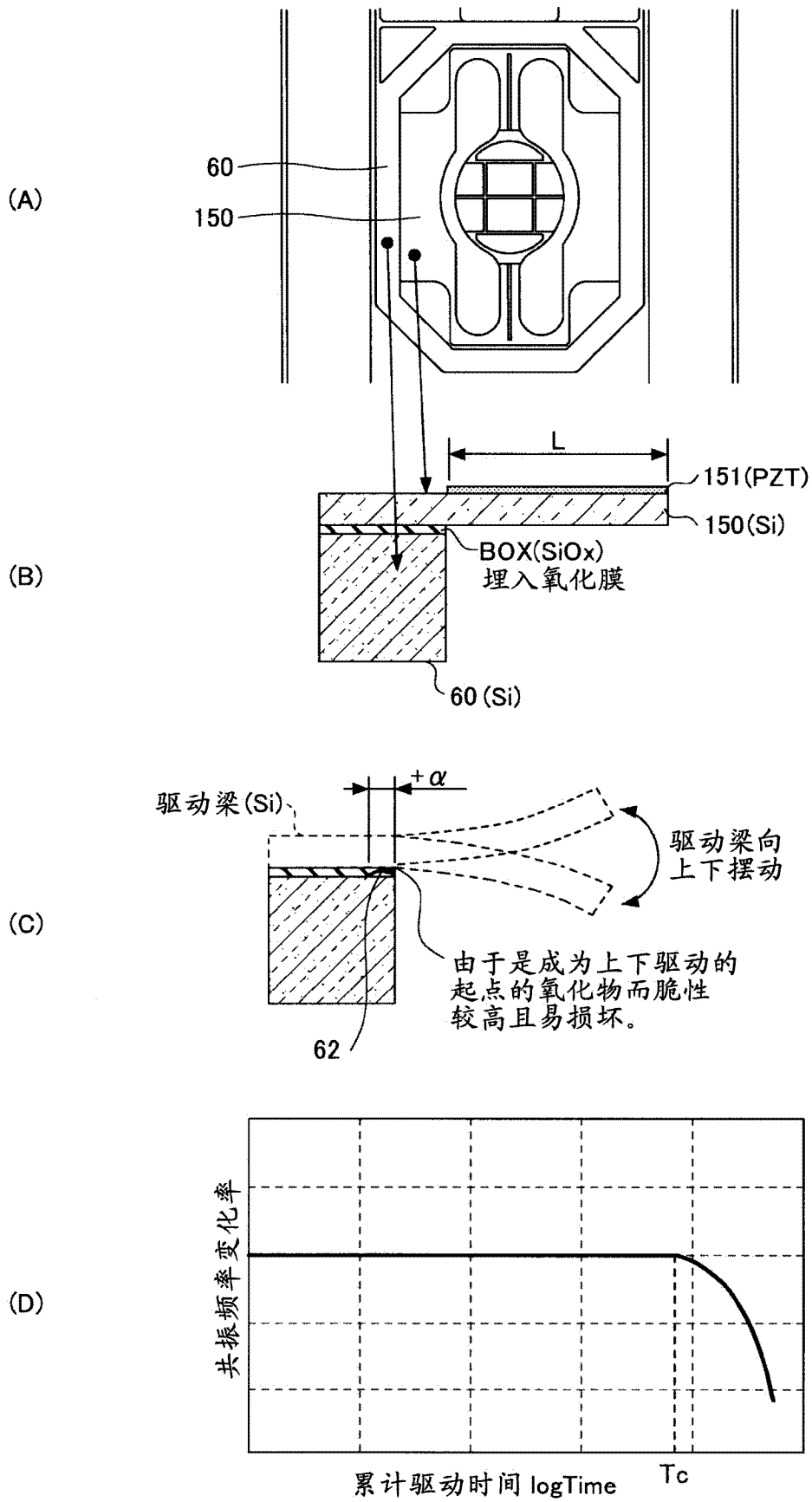


图 20

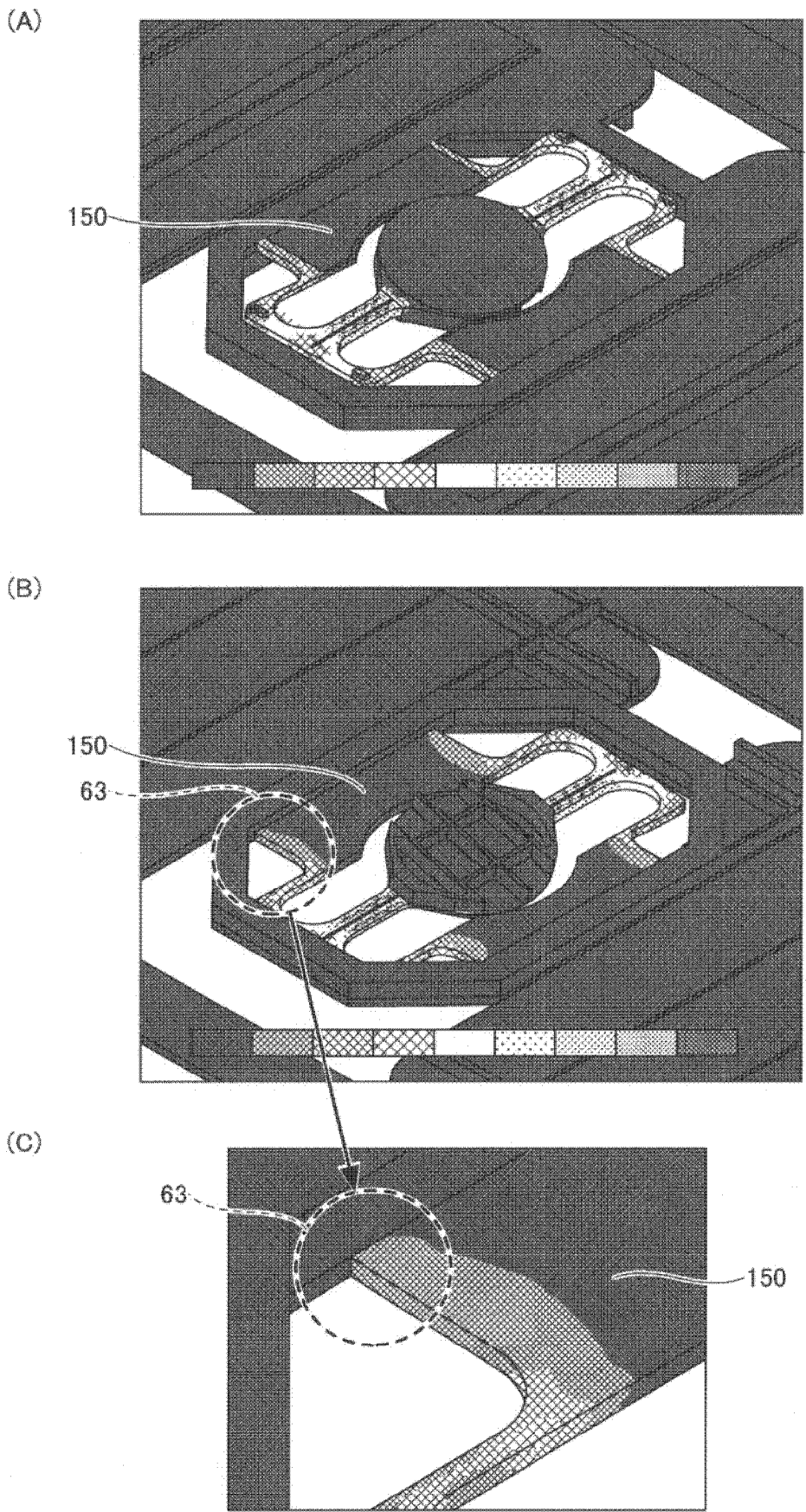


图 21

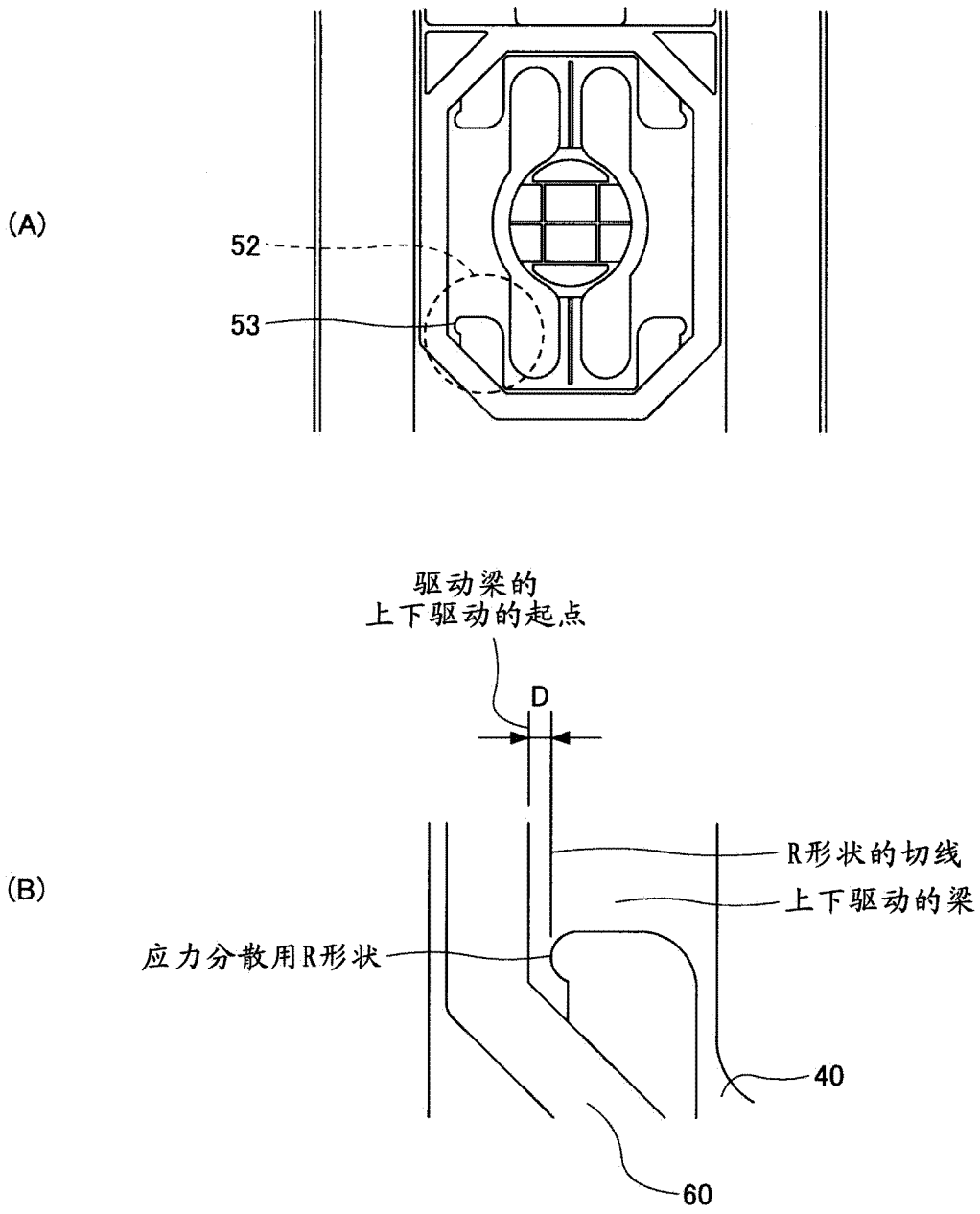


图 22

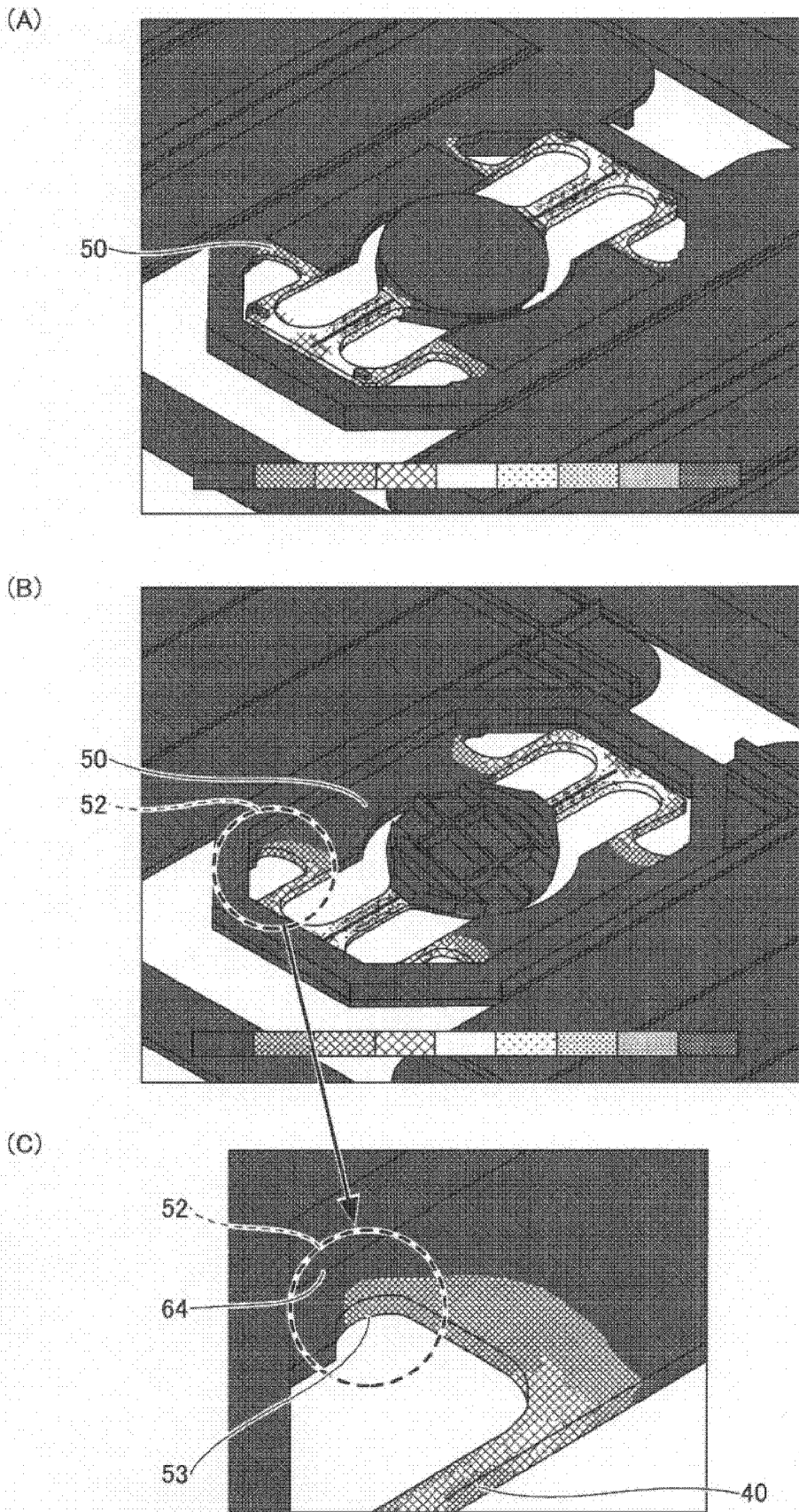


图 23

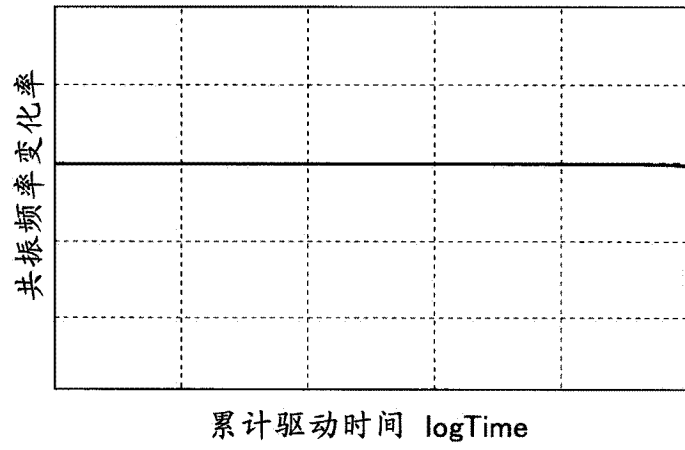


图 24

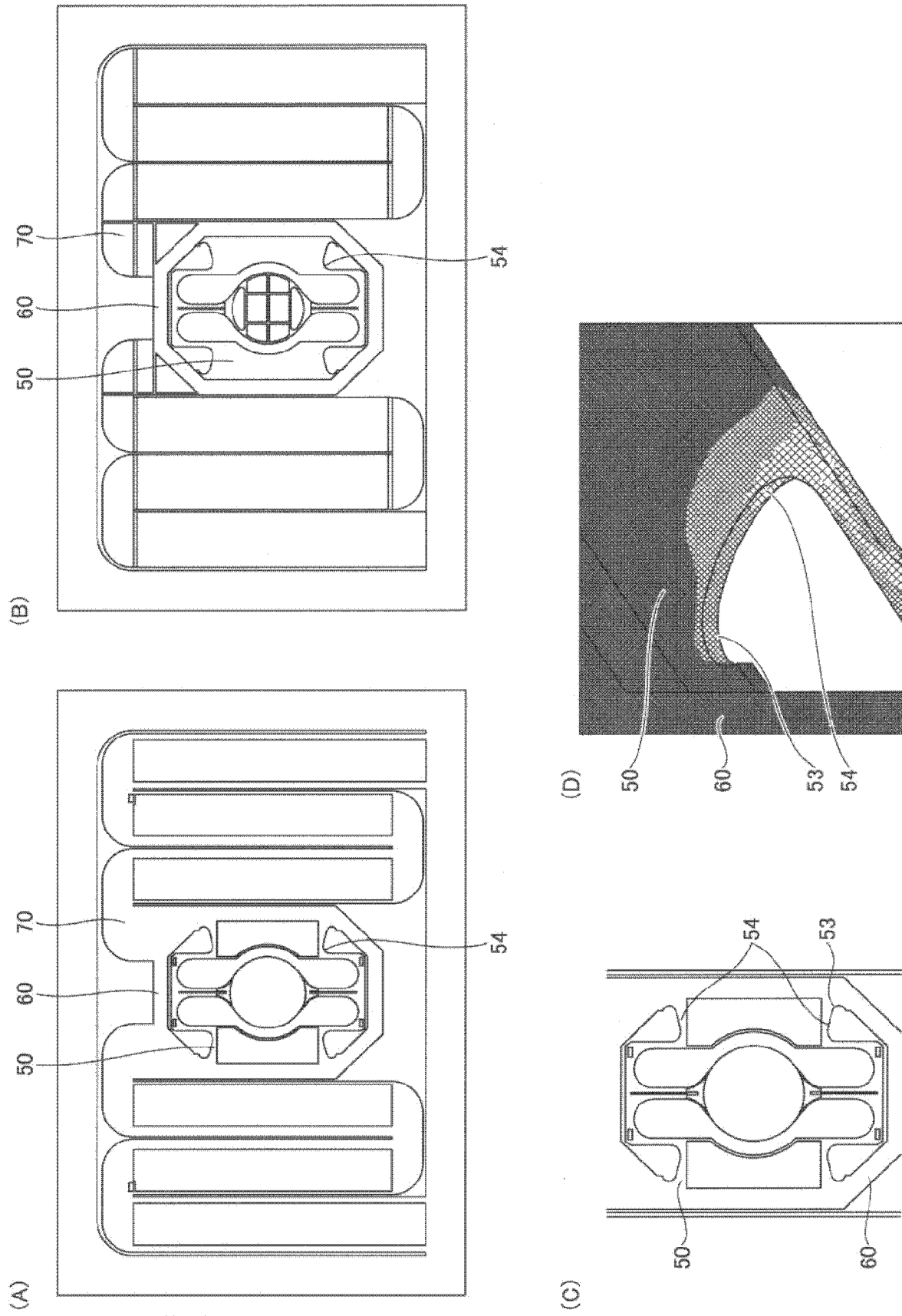


图 25

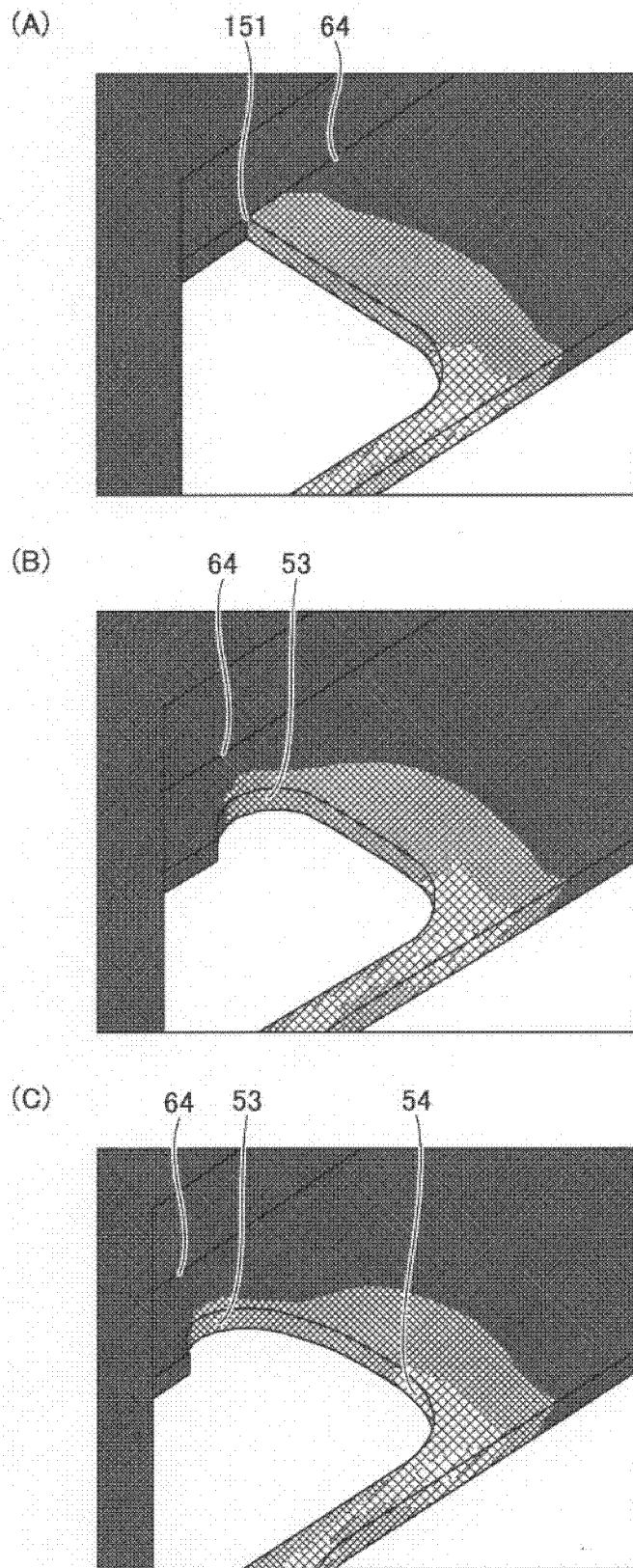


图 26

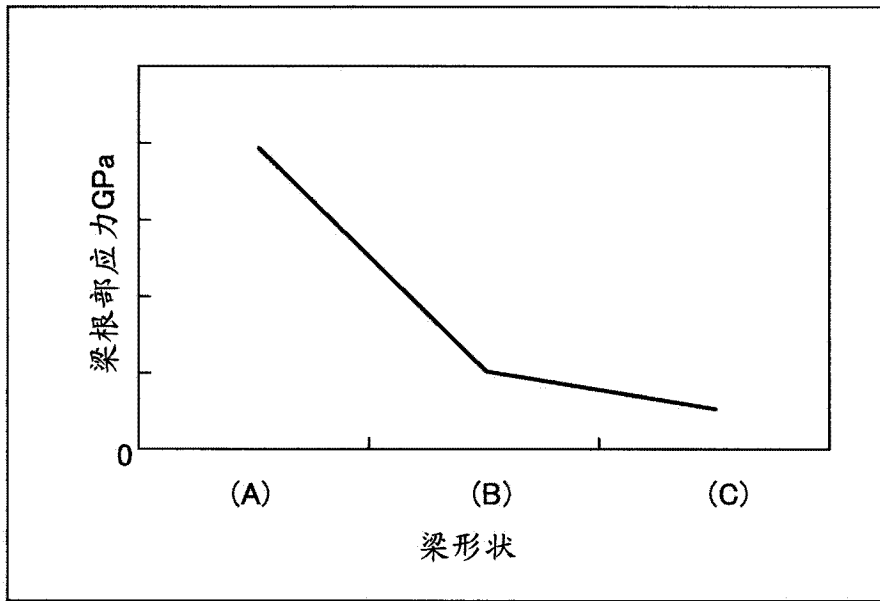


图 27

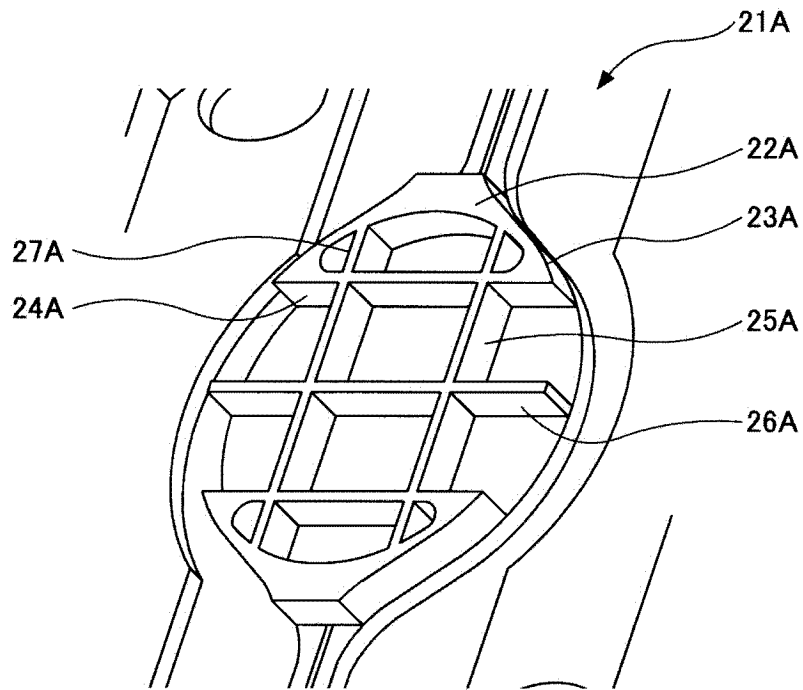


图 28

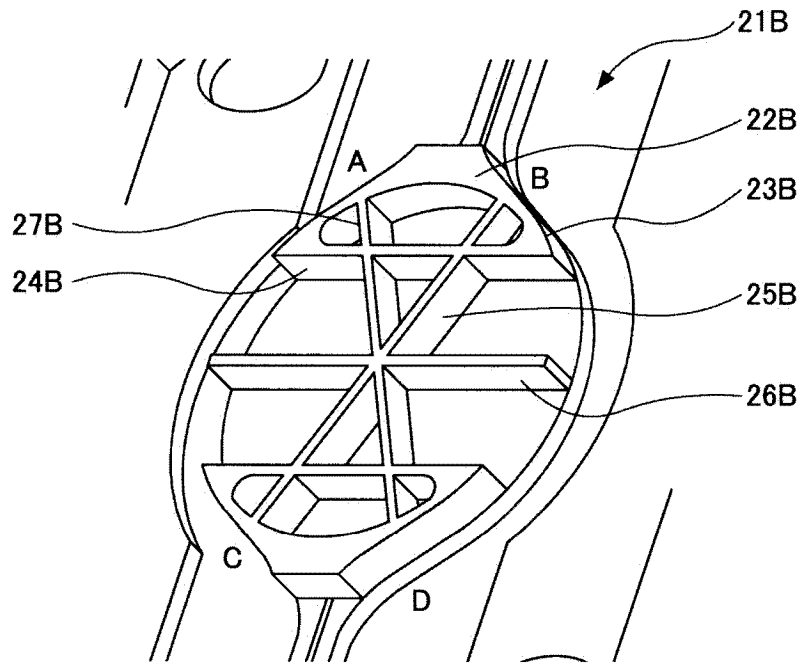


图 29

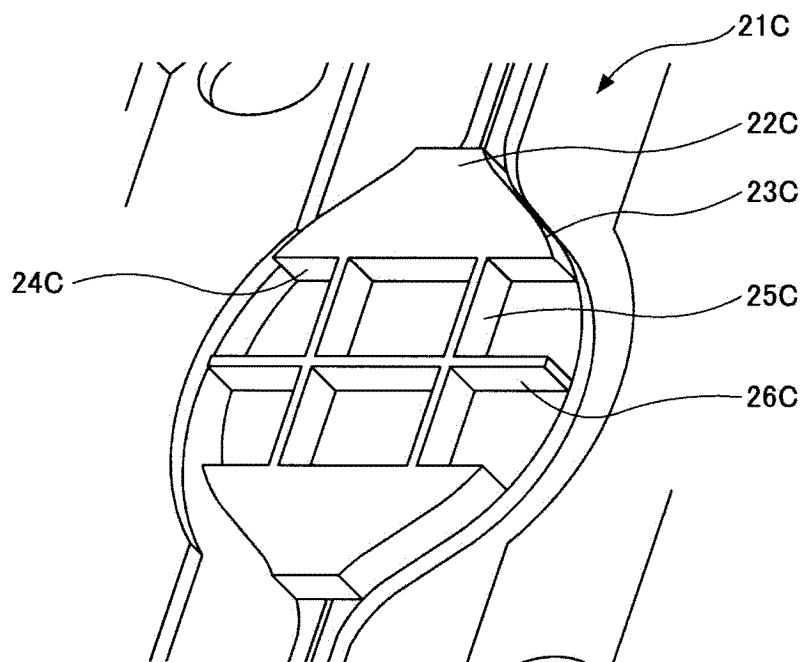


图 30

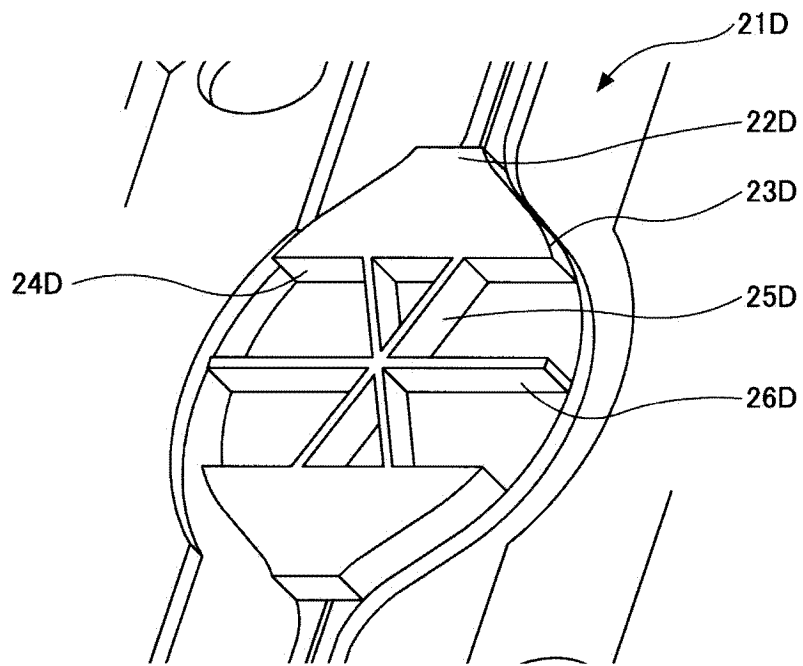


图 31