



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113891768 B

(45) 授权公告日 2023.06.30

(21) 申请号 202080034297.7

(22) 申请日 2020.12.25

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 113891768 A

(43) 申请公布日 2022.01.04

(30) 优先权数据
2020-078190 2020.04.27 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2021.11.08

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2020/048771 2020.12.25

(87) PCT国际申请的公布数据
W02021/220553 JA 2021.11.04

(73) 专利权人 株式会社村田制作所

地址 日本京都府

(72) 发明人 北森宣匡

(74) 专利代理机构 北京林达刘知识产权代理事
务所(普通合伙) 11277

专利代理师 刘新宇 张会华

(51) Int.Cl.

B06B 1/06 (2006.01)

G02B 7/02 (2021.01)

G03B 17/08 (2021.01)

H02K 5/24 (2006.01)

审查员 连颖南

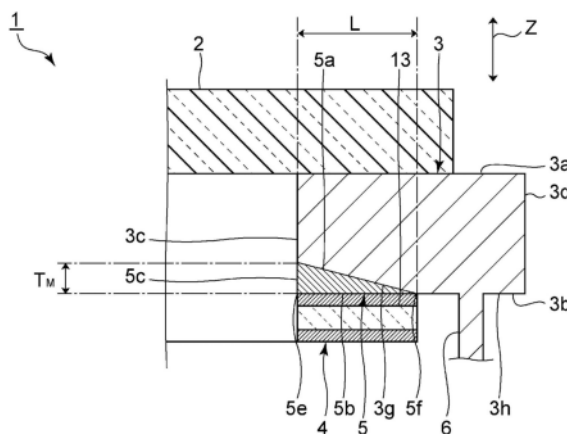
权利要求书1页 说明书11页 附图11页

(54) 发明名称

振动装置

(57) 摘要

提供一种能够抑制由振动时的应力引起的破损的振动装置。本发明的振动装置(1)具备:筒状体(3),其具有开口部,并且具有第1开口端面(3a)和第2开口端面(3b);透光体盖(2),其以覆盖筒状体(3)的开口部的方式与筒状体(3)的第1开口端面(3a)直接或间接地接合;压电体(13),其与筒状体(3)直接或间接地接合;以及缓冲层(5),其设于筒状体(3)与压电体(13)之间和筒状体(3)与透光体盖(2)之间中的至少一者。当将连结筒状体(3)的第1开口端面(3a)与第2开口端面(3b)的方向作为轴向(Z)时,缓冲层(5)具有位于与轴向(Z)正交的方向上的内侧的内侧端部(5e)和位于与轴向(Z)正交的方向上的外侧的外侧端部(5f)。内侧端部(5e)的厚度比外侧端部(5f)的厚度厚。



1. 一种振动装置,其中,
该振动装置具备:
筒状体,其具有开口部,并且具有第1开口端面和第2开口端面;
透光体盖,其以覆盖所述筒状体的所述开口部的方式与所述筒状体的所述第1开口端面直接或间接地接合;
压电体,其与所述筒状体直接或间接地接合;以及
缓冲层,其设于所述筒状体与所述压电体之间和所述筒状体与所述透光体盖之间中的至少一者,
在将连结所述筒状体的所述第1开口端面与所述第2开口端面的方向作为轴向时,所述缓冲层具有位于与所述轴向正交的方向上的内侧的内侧端部和位于与所述轴向正交的方向上的外侧的外侧端部,
所述内侧端部的厚度比所述外侧端部的厚度厚,
在所述缓冲层设于所述筒状体与所述压电体之间的情况下,所述缓冲层的厚度在对所述筒状体与所述压电体的接合界面施加的应力较大的部分较厚,
在所述缓冲层设于所述筒状体与所述透光体盖之间的情况下,所述缓冲层的厚度在对所述筒状体与所述透光体盖的接合界面施加的应力较大的部分较厚。
2. 根据权利要求1所述的振动装置,其中,
所述缓冲层具有圆环状的形状。
3. 根据权利要求1或2所述的振动装置,其中,
在所述缓冲层中,所述内侧端部的厚度最厚。
4. 根据权利要求1或2所述的振动装置,其中,
所述缓冲层具有所述缓冲层的厚度随着朝向所述内侧端部侧去而变厚的部分。
5. 根据权利要求1或2所述的振动装置,其中,
所述缓冲层与所述筒状体一体化。
6. 根据权利要求1或2所述的振动装置,其中,
所述缓冲层具有第1面和第2面,
所述第1面与所述筒状体接合,
所述第2面包括与所述第1面相对的部分,
所述第2面的算术平均粗糙度为 $0.8\mu\text{m}$ 以上且 $6.3\mu\text{m}$ 以下。
7. 根据权利要求1或2所述的振动装置,其中,
所述筒状体由金属构成。

振动装置

技术领域

[0001] 本发明涉及一种能够利用机械振动来去除水滴等的振动装置。

背景技术

[0002] 以往,对于作为监视装置使用的照相机等成像设备,要求其视野始终清晰。特别地,针对在车载用途等室外使用的照相机,提出了各种用于去除雨滴等水滴的机构。在下述的专利文献1中,公开了具有摄像单元和使摄像单元振动的压电元件的带水滴去除功能的照相机。摄像单元具有透镜和对透过透镜的光进行光电转换的摄像元件。透镜由透镜架支承。为了去除附着于透镜的水滴,压电元件使透镜架振动。

[0003] 现有技术文献

[0004] 专利文献

[0005] 专利文献1:日本特开2013-080177号公报

发明内容

[0006] 发明要解决的问题

[0007] 在专利文献1中记载的带水滴去除功能的照相机中,在振动时对透镜架施加应力。因此,如果长期使用,则由于在振动时持续施加的应力,透镜架有可能破损。

[0008] 本发明的目的在于提供一种振动装置,该振动装置能够抑制由振动时的应力引起的破损。

[0009] 用于解决问题的方案

[0010] 本发明的振动装置具有:筒状体,其具有开口部,并且具有第1开口端面和第2开口端面;透光体盖,其以覆盖所述筒状体的所述开口部的方式与所述筒状体的所述第1开口端面直接或间接地接合;压电体,其与所述筒状体直接或间接地接合;以及缓冲层,其设于所述筒状体与所述压电体之间和所述筒状体与所述透光体盖之间中的至少一者,在将连结所述筒状体的所述第1开口端面与所述第2开口端面的方向作为轴向时,所述缓冲层具有位于与所述轴向正交的方向上的内侧的内侧端部和位于与所述轴向正交的方向上的外侧的外侧端部,所述内侧端部的厚度比所述外侧端部的厚度厚。

[0011] 发明的效果

[0012] 根据本发明的振动装置,能够抑制由振动时的应力引起的破损。

附图说明

[0013] 图1是本发明的第1实施方式的振动装置的主视剖视图。

[0014] 图2是本发明的第1实施方式的振动装置的分解立体图。

[0015] 图3是图1的放大图。

[0016] 图4是第2比较例的振动装置的主视剖视图。

[0017] 图5是表示第1比较例的振动装置的振动位移和应力分布的图。

- [0018] 图6是表示第2比较例的振动装置的振动位移和应力分布的图。
- [0019] 图7是表示本发明的第1实施方式的振动装置的振动位移和应力分布的图。
- [0020] 图8是表示本发明的第1实施方式、第1比较例以及第2比较例的径向的位置与对筒状体和压电元件的接合界面施加的应力的关系的图。
- [0021] 图9是表示第2比较例的缓冲层的厚度与对筒状体和压电元件的接合界面施加的应力的关系的图。
- [0022] 图10是表示第2比较例的缓冲层的厚度与透光体盖的最大位移量的关系的图。
- [0023] 图11是表示本发明的第1实施方式的缓冲层的最大厚度与对筒状体和压电元件的接合界面施加的应力的关系的图。
- [0024] 图12是表示本发明的第1实施方式的缓冲层的最大厚度与透光体盖的最大位移量的关系的图。
- [0025] 图13是表示在本发明的第1实施方式中缓冲层的宽度较窄的情况的例子的缓冲层附近的主视剖视图。
- [0026] 图14是表示第2比较例的缓冲层的宽度L和厚度T与标准化最大位移量的关系的图。
- [0027] 图15是表示本发明的第1实施方式的缓冲层的宽度L和最大厚度 T_M 与标准化最大位移量的关系的图。
- [0028] 图16是表示本发明的第1实施方式的变形例的振动装置的缓冲层附近的主视剖视图。
- [0029] 图17是表示本发明的第2实施方式的振动装置的缓冲层附近的主视剖视图。
- [0030] 图18是表示本发明的第2实施方式的缓冲层的第1台阶部分的厚度与对筒状体和压电元件的接合界面施加的应力的关系的图。
- [0031] 图19是表示本发明的第2实施方式的缓冲层的第1台阶部分的厚度与透光体盖的最大位移量的关系的图。
- [0032] 图20是表示本发明的第3实施方式的振动装置的缓冲层附近的主视剖视图。
- [0033] 图21是表示本发明的第4实施方式的振动装置的缓冲层附近的主视剖视图。
- [0034] 图22是本发明的第5实施方式的成像设备的主视剖视图。

具体实施方式

- [0035] 以下,通过参照附图对本发明的具体实施方式进行说明,来明确本发明。
- [0036] 此外,事先指出的是,在本说明书中记载的各实施方式是例示性的,在不同的实施方式之间,能够进行结构的局部替换或组合。
- [0037] 图1是本发明的第1实施方式的振动装置的主视剖视图。图2是第1实施方式的振动装置的分解立体图。
- [0038] 图1和图2所示的振动装置1是通过利用振动使水滴、异物移动,或使水滴等雾化,而从摄像元件的视野内等去除水滴、异物的振动装置。振动装置1具有透光体盖2、筒状体3、压电元件4、缓冲层5以及保持构件6。
- [0039] 由透光体盖2、筒状体3以及保持构件6构成内部空间。在该内部空间内配置有摄像元件等光学检测元件。此外,在本说明书中,内部空间不限于于密闭的空间,也将局部向外

部开放的空间作为内部空间。筒状体3和保持构件6可以一体地构成,也可以使用焊接等手段接合。

[0040] 筒状体3具有开口部3e,且具有第1开口端面3a和第2开口端面3b。在此,将连结筒状体3的第1开口端面3a和第2开口端面3b的方向作为轴向Z,将与轴向Z正交的方向作为径向。筒状体3沿轴向Z延伸。筒状体3具有内侧面3c和外侧面3d。内侧面3c和外侧面3d与第1开口端面3a和第2开口端面3b连接。在本实施方式中,筒状体3具有大致圆筒状的形状。

[0041] 图3是图1的放大图。

[0042] 第2开口端面3b具有倾斜部3g和非倾斜部3h。倾斜部3g是相对于径向倾斜的部分。此外,在本说明书中,相对于径向倾斜是指在沿着轴向Z的截面中倾斜。第2开口端面3b在倾斜部3g以随着朝向径向内侧去而接近第1开口端面3a的方式倾斜。另一方面,非倾斜部3h是与径向平行的部分。倾斜部3g的径向内侧的端部与内侧面3c连接。倾斜部3g的径向外侧的端部与非倾斜部3h连接。非倾斜部3h的径向外侧的端部与外侧面3d连接。筒状体3的形状不限于大致圆筒状,例如也可以是大致方筒状等。

[0043] 筒状体3由适当的金属构成。但是,筒状体3的材料不限于金属,也可以使用适当的陶瓷等。

[0044] 回到图1,在筒状体3的第1开口端面3a接合有透光体盖2。更具体来说,透光体盖2以覆盖筒状体3的开口部3e的方式与筒状体3直接地接合。透光体盖2具有圆板状的形状。此外,透光体盖2的形状不限于上述形状,例如也可以是圆顶状等。透光体盖2的俯视观察时的形状例如也可以是多边形。在本说明书中,俯视观察是指从轴向Z上方观察的方向。轴向Z上方相当于图1的上方。

[0045] 作为透光体盖2的材料,例如能够使用透光性的塑料、石英、硼硅酸类或钠钙类等的玻璃或透光性的陶瓷等。本说明书中的透光性是指至少上述摄像元件等光学检测元件所检测的波长的能量线、光透过的透光性。

[0046] 如图3所示,在筒状体3的第2开口端面3b的倾斜部3g接合有缓冲层5。缓冲层5具有圆环状的形状。更具体来说,缓冲层5具有第1面5a、第2面5b以及内侧面5c。缓冲层5的沿着轴向Z的截面形状是直角三角形。第1面5a和第2面5b与内侧面5c连接。而且,第1面5a与第2面5b连接。第1面5a相对于径向倾斜。第2面5b包括与第1面5a相对的部分和与第1面5a连接的部分。

[0047] 此外,缓冲层5具有内侧端部5e和外侧端部5f。内侧端部5e是位于径向内侧的端部。内侧端部5e包括内侧面5c。另一方面,外侧端部5f是位于径向外侧的端部。内侧端部5e和外侧端部5f在径向上彼此相对。外侧端部5f是第1面5a和第2面5b连接的部分。内侧端部5e的厚度比外侧端部5f的厚度厚。

[0048] 缓冲层5的第1面5a与筒状体3的倾斜部3g接合。缓冲层5的第2面5b和筒状体3的第2开口端面3b的非倾斜部3h齐平。缓冲层5的内侧面5c和筒状体3的内侧面3c齐平。缓冲层5的材料能够使用金属、陶瓷或玻璃等。

[0049] 在缓冲层5的第2面5b粘贴有压电元件4。此外,压电元件4未到达筒状体3的第2开口端面3b。如图2所示,压电元件4具有圆环状的形状。压电元件4具有圆环状的压电体13。压电体13具有第1主面13a和第2主面13b。更具体来说,第1主面13a和第2主面13b在轴向Z上彼此相对。第1主面13a位于筒状体3侧。

[0050] 压电元件4具有第1电极14a和第2电极14b。第1电极14a设于压电体13的第1主面13a上。第2电极14b设于第2主面13b上。第1电极14a和第2电极14b以相互相对的方式设置。第1电极14a和第2电极14b的形状分别是圆环状。第1电极14a设于压电体13的第1主面13a的整个面。第2电极14b设于第2主面13b的整个面。此外,第1电极14a也可以设于压电体13的第1主面13a的局部。同样地,第2电极14b也可以设于第2主面13b的局部。例如,也可以是,第1电极14a和第2电极14b各自的宽度比压电体13的宽度窄。或者,第1电极14a和第2电极14b各自的形状也可以是圆弧状等。

[0051] 作为第1电极14a和第2电极14b的材料,能够使用适当的金属。第1电极14a和第2电极14b例如可以是由Ag、Au等金属薄膜构成的电极。在该情况下,第1电极14a和第2电极14b能够利用溅射法等来形成。

[0052] 作为压电体13的材料,例如可以使用PZT(钛酸锆酸铅)、PT(钛酸铅)、(K,Na)NbO₃等适当的压电陶瓷或LiTaO₃、LiNbO₃等适当的压电单晶体等。此外,压电体13的形状不限于上述形状。

[0053] 如图3所示,在筒状体3的第2开口端面3b的非倾斜部3h连接有保持构件6。如图1所示,保持构件6具有弹簧部17和底部18。弹簧部17的一个端部与筒状体3的第2开口端面3b连接。在弹簧部17的另一个端部连接有底部18。弹簧部17的沿着轴向Z的截面形状是阶梯状的形状。底部18的形状是圆筒形。此外,弹簧部17和底部18的形状不限于上述形状。弹簧部17例如也可以具有圆筒状或方筒状等形状。底部18例如也可以具有方筒状等形状。

[0054] 保持构件6由适当的金属构成。此外,保持构件6的材料不限于金属,例如也能够使用陶瓷等。振动装置1例如在保持构件6的底部18固定于外部。

[0055] 本实施方式的特征在于,在筒状体3与压电元件4之间设有缓冲层5,缓冲层5的内侧端部5e的厚度比外侧端部5f的厚度厚。由此能够减小对筒状体3和压电元件4的接合界面施加的应力。因此,能够抑制由振动时的应力引起的振动装置1的破损。因此能够提高可靠性。以下对能够减小应力的效果的详情进行说明。此外,本实施方式的筒状体3和压电元件4的接合界面是隔着缓冲层5的接合界面。

[0056] 针对第1实施方式的振动装置、第1比较例以及第2比较例,比较了应力分布。此外,第1比较例与第1实施方式的不同点在于,不具有缓冲层,并且筒状体的第2开口端面不具有倾斜部。如图4所示,第2比较例与第1实施方式的不同点在于,缓冲层105的厚度在径向上是恒定的,并且筒状体103的第2开口端面103b不具有倾斜部。

[0057] 图5是表示第1比较例的振动装置的振动位移和应力分布的图。图6是表示第2比较例的振动装置的振动位移和应力分布的图。图7是表示第1实施方式的振动装置的振动位移和应力分布的图。图8是表示第1实施方式、第1比较例以及第2比较例的径向的位置与对筒状体和压电元件的接合界面施加的应力的关系的图。此外,图5~图7表示相当于图1所示的截面的一半的部分。图8的横轴上的0m相当于压电元件的径向内侧的端部的位置。图8的横轴上的0.003m相当于压电元件的径向外侧的端部的位置。

[0058] 如图5所示,可知在第1比较例中,对筒状体103的第2开口端面103b施加有较大的应力。此外,透光体盖2的最大位移量是26.2 μ m。如图6所示,可知在第2比较例中,也对第2开口端面103b施加有比较大的应力。像第2比较例那样,在缓冲层105的厚度在径向上为恒定的情况下,应力未变得足够小。此外,透光体盖2的最大位移量是22.2 μ m。像这样,比起第1比

较例,在第2比较例中,透光体盖2的最大位移量大幅地变小。

[0059] 相对于此,如图7所示,可知在第1实施方式中,能够有效地减小对筒状体3的第2开口端面3b施加的应力。此外,可知对缓冲层5施加的应力也较小。而且,透光体盖2的最大位移量是23.6 μm 。像这样,可知在第1实施方式中,透光体盖2的最大位移量相比第2比较例而言较大。

[0060] 如图8所示,在第1实施方式、第1比较例以及第2比较例中,越接近压电元件的径向内侧的端部的位置,对筒状体与压电元件的接合界面施加的应力越大。与此无关的是,在第1实施方式中,在任意位置都是与第1比较例相比应力得到了抑制。在第1实施方式中,与第1比较例相比,应力被抑制了30%。

[0061] 另一方面,在压电元件的径向外侧的端部的位置,在第1实施方式和第2比较例中,应力是等同的。可知在比该端部靠径向内侧的位置,在第1实施方式中,与第2比较例相比应力得到了抑制。

[0062] 如图1所示,在第1实施方式的缓冲层5中,内侧端部5e的厚度比外侧端部5f的厚度厚。因此,缓冲层5的厚度在对筒状体3与压电元件4的接合界面施加的应力较大的部分较厚。由此,对于所施加的应力较大的部分,能够有效地抑制应力。因此,在第1实施方式中,比起第2比较例,能够有效地减小对筒状体3与压电元件4的接合界面施加的应力。

[0063] 在第1实施方式中,能够抑制透光体盖2的最大位移量变小,并且能够减小对上述接合界面施加的应力。以下,通过比较第1实施方式和第2比较例,对该效果的详情进行说明。

[0064] 在此,将缓冲层的内侧端部与外侧端部的距离设为宽度L。将缓冲层的厚度设为T,将缓冲层的最大厚度设为 T_M 。在具有第1实施方式的结构振动装置1中,使缓冲层5的最大厚度 T_M 变化,测量了对筒状体3与压电元件4的接合界面施加的应力和透光体盖2的最大位移量。同样地,在第2比较例中,使缓冲层105的厚度T变化,测量了对筒状体103与压电元件4的接合界面施加的应力和透光体盖2的最大位移量。

[0065] 具有第1实施方式的结构振动装置和第2比较例的振动装置各自的设计参数如表1那样。此外,在第1实施方式和第2比较例中,设为 $L=3\text{mm}$ 。

[0066] [表1]

[0067] [表1]

	杨氏模量 (GPa)	泊松比	密度 (g/cm^3)	线膨胀系数 ($\text{ppm}/^\circ\text{C}$)	Qm
[0068] 透光体盖	73	0.221	2.5	9.3	1500
筒状体	200	0.3	7.8	10.3	1500
压电体	-	-	7.8	5以下	1288
缓冲层	159	0.3	8.4	5.2	100

[0069] 图9是表示第2比较例的缓冲层的厚度与对筒状体和压电元件的接合界面施加的应力的关系的图。图10是表示第2比较例的缓冲层的厚度与透光体盖的最大位移量的关系的图。图11是表示第1实施方式的缓冲层的最大厚度与对筒状体和压电元件的接合界面施加的应力的关系的图。图12是表示第1实施方式的缓冲层的最大厚度与透光体盖的最大位移量的关系的图。此外,在第2比较例中,缓冲层的厚度在径向上是恒定的。因此,将图9和图10的横轴设为缓冲层的厚度。

[0070] 如图9所示,在第2比较例中,当缓冲层105的厚度约为0.17mm时,对筒状体103与压电元件4的接合界面施加的最大应力为50MPa。此时,如图10所示,透光体盖2的最大位移量是19.8 μm 。相对于此,如图11和图12所示,在第1实施方式中,当对筒状体3和压电元件4的接合界面施加的最大应力为50MPa时,透光体盖2的最大位移量为20.7 μm 。像这样,在第1实施方式和第2比较例中对上述接合界面施加的应力相同的情况下,第1实施方式的最大位移量比第2比较例的最大位移量大。

[0071] 作为其他例,如图9和图10所示,在第2比较例中,当对筒状体103和压电元件4的接合界面施加的最大应力为55MPa时,透光体盖2的最大位移量是21.8 μm 。相对于此,如图11和图12所示,在第1实施方式中,当对筒状体3和压电元件4的接合界面施加的应力为55MPa时,透光体盖2的最大位移量增大到23 μm 。像这样,在第1实施方式中,能够抑制透光体盖2的最大位移量变小,并且能够减小对上述接合界面施加的应力。

[0072] 在第1实施方式中,即使对上述接合界面施加的应力变小,透光体盖2的最大位移量也较大。像这样,能够降低透光体盖2的最大位移量相对于对上述接合界面施加的应力的灵敏度。

[0073] 在第1实施方式中,在俯视观察时,缓冲层5的内侧端部5e与压电元件4的径向内侧的端部重叠。在俯视观察时,缓冲层5的外侧端部5f与压电元件4的径向外侧的端部重叠。但是,缓冲层5的配置不限于此。例如,在图13所示的情况下,缓冲层5的外侧端部5f位于比压电元件4的径向外侧的端部靠径向内侧的位置。或者,虽然未图示,但缓冲层5的外侧端部5f也可以位于比压电元件4的径向外侧的端部靠径向外侧的位置。

[0074] 在第1实施方式的振动装置1中,在图3所示的情况下,压电元件4隔着缓冲层5与筒状体3间接地接合。另一方面,在图13所示的情况下,振动装置1具有压电元件4与筒状体直接地接合的部分和间接地接合的部分。

[0075] 在此,在具有第1实施方式的结构振动装置1中,使缓冲层5的宽度L和最大厚度 T_M 变化,测量了对筒状体3与压电元件4的接合界面施加的应力和透光体盖2的最大位移量。此外,将振动装置1的缓冲层5以外的尺寸设为恒定。将利用对上述界面施加的应力将透光体盖2的最大位移量标准化而得到的位移作为标准化最大位移量。每当使宽度L和最大厚度 T_M 变化时就计算出标准化最大位移量。同样地,在图4所示的第2比较例中,也是每当使缓冲层105的宽度L和厚度T变化时就计算出标准化最大位移量。标准化最大位移量较大表示作为振动装置的性能优异。更详细来说,标准化最大位移量是利用应力的值将最大位移量标准化而得到的,因此标准化最大位移量与应力的值成反比。因此,标准化最大位移量较大是指即使在对上述界面施加的应力较小的情况下透光体盖2的振动的位移也较大。

[0076] 图14是表示第2比较例的缓冲层的宽度L和厚度T与标准化最大位移量的关系的图。图15是表示第1实施方式的缓冲层的宽度L和最大厚度 T_M 与标准化最大位移量的关系的图。此外,在图14和图15中,利用各区域中的灰度和等高线表示标准化最大位移量。

[0077] 如图14所示,在第2比较例中,缓冲层105的宽度L的值和厚度T的值越大,标准化最大位移量越小。在此,在图14中,标准化最大位移量的等高线之间的距离较短。这表示标准化最大位移量的变化相对于宽度L或厚度T的变化较大。像这样,在第2比较例中,标准化最大位移量相对于缓冲层105的形状的灵敏度较高。

[0078] 相对于此,如图15所示,在第1实施方式中,可知标准化最大位移量的等高线之间

的距离较长。像这样,在第1实施方式中,标准化最大位移量相对于缓冲层5的形状的灵敏度较低。因此,能够减小产品之间的差异。

[0079] 在图14和图15中,当比较宽度L相同且厚度T和最大厚度 T_M 相同的情况时,可知第1实施方式的标准化最大位移量在第2比较例的标准化最大位移量以上。而且,在宽度L的值以及厚度T或最大厚度 T_M 的值较大的区域,第1实施方式的标准化最大位移量比第2比较例的标准化最大位移量大。另外,如图15所示,可知在第1实施方式中,标准化最大位移量较大的区域较大,作为振动装置的性能优异。

[0080] 另外,优选为缓冲层5与筒状体3一体化。由此,缓冲层5与筒状体3不易剥离。在本说明书中,缓冲层5与其他构件一体化是指通过对该其他构件进行表面处理而形成有缓冲层5。作为表面处理,例如能够列举涂敷处理或镀敷处理等。此外,涂敷处理例如能够通过喷镀加工等来进行。

[0081] 当使缓冲层5与筒状体3一体化时,优选为使用喷镀加工。喷镀加工是指通过对固体的物质加热使其熔融并将其喷送到基材的表面来形成覆膜。优选为在利用喷镀加工形成缓冲层5之前,对筒状体3的倾斜部3g进行喷丸处理。通过喷丸处理,使倾斜部3g成为粗糙面。由此,能够有效地提高通过喷镀加工而形成的缓冲层5和筒状体3的密合性。由此,能够有效地提高缓冲层5与筒状体3的接合力。优选为在通过喷镀加工形成缓冲层5之后,对缓冲层5的第2面5b侧进行研磨处理。由此,能够使第2面5b适当地平滑化。

[0082] 对于喷镀加工,能够应用的覆膜的厚度的范围较广。因此,在使用喷镀加工的情况下,能够提高缓冲层5的设计的自由度。而且,在喷镀加工中,能够作为所喷镀的材料和基材的材料而应用的材料范围较广。因此,能够进一步提高筒状体3和缓冲层5的设计的自由度。

[0083] 筒状体3的倾斜部3g的算术平均粗糙度(Ra)优选为 $3.2\mu\text{m}$ 以上且 $25\mu\text{m}$ 以下。像这样,由于倾斜部3g是粗糙面,因此,在使用喷镀加工的情况下,能够提高筒状体3与缓冲层5的接合力。本说明书中的算术平均粗糙度基于JIS B 0601:2013。

[0084] 另一方面,筒状体3的倾斜部3g的算术平均粗糙度优选为 $0.2\mu\text{m}$ 以下。在该情况下,在使用镀敷处理、蒸镀、溅射等的情况下,也能够提高筒状体3与缓冲层5的接合力。

[0085] 缓冲层5的第2面5b的算术平均粗糙度优选为 $0.8\mu\text{m}$ 以上且 $6.3\mu\text{m}$ 以下。由此,能够适当地提高缓冲层5与压电元件4的接合力。

[0086] 例如,在筒状体3与缓冲层5之间设有粘接剂层的情况下,有可能产生粘接剂层吸收振动的情况。对此,在第1实施方式中,筒状体3与缓冲层5不使用粘接剂地直接接合。因此,在第1实施方式中,不会产生粘接剂层吸收振动的情况。因此,能够提高透光体盖2的振动效率。

[0087] 对于缓冲层5,优选为内侧端部5e的厚度最厚。由此,能够有效地减小对筒状体3和压电元件4的接合界面施加的应力。更优选为缓冲层5的厚度随着朝向内侧端部5e侧去而变厚。由此,能够有效地抑制振动效率的降低。

[0088] 缓冲层5的材料优选为 Q_m 较高的材料。由此,能够减小损失,能够使透光体盖2高效地振动。而且,缓冲层5的材料优选为具有导电性的材料。由此,能够将筒状体3与压电元件4电连接。因此,能够将筒状体3作为压电元件4的布线的一部分而使用,能够提高布线的自由度。作为缓冲层5的材料,具体来说,例如优选为使用SUS420J2、SUS440C、SUS430、科瓦合金

或42Ni等。

[0089] 在此,在将压电体13的线膨胀系数设为 α_1 ,将筒状体3的线膨胀系数设为 α_2 ,将缓冲层5的线膨胀系数设为 α 时,优选为 $\alpha_1 \sim \alpha \sim \alpha_2$ 。其中, $\alpha_1 \sim \alpha \sim \alpha_2$ 是指 α 的值是 α_1 与 α_2 之间的值。在压电体13的线膨胀系数为5ppm/°C以下的情况下,作为缓冲层5的材料,特别优选为使用科瓦合金或42Ni。由此,能够使压电元件4和缓冲层5的线膨胀系数接近。因此,压电元件4和缓冲层5的剥离不易产生。因此,能够提高振动装置1的可靠性。

[0090] 像上述那样,压电元件4具有第1电极14a。因此,压电体13隔着第1电极14a与筒状体3间接地接合。此外,在缓冲层5和筒状体3由金属构成的情况下,也能够将缓冲层5和筒状体3作为压电元件4的第1电极使用。因此,在该情况下,压电元件4可以不具有第1电极14a。

[0091] 如图3所示,筒状体3的第2开口端面3b的倾斜部3g在沿着轴向Z的截面中具有直线状的形状。此外,倾斜部3g也可以在上述截面中具有曲线状的形状。在该情况下,缓冲层5的第1面5a也可以在上述截面中具有曲线状的形状。

[0092] 以下,说明保持构件6的结构详情。如图1所示,保持构件6具有弹簧部17和底部18。弹簧部17具有两个圆筒形呈阶梯状连接的形状。更具体来说,弹簧部17包括第1部分17a、第2部分17b以及第3部分17c。第1部分17a和第3部分17c具有圆筒状的形状。第1部分17a和第3部分17c沿轴向Z延伸。第2部分17b具有圆环状的形状。第2部分17b连接第1部分17a和第3部分17c。第1部分17a与筒状体3连接。在第3部分17c连接有底部18。第1部分17a的外径比第3部分17c的外径小。但是,第1部分17a的外径也可以比第3部分17c的外径大。

[0093] 在此,将保持构件6的各个部分沿着与各自延伸的方向正交的方向的厚度作为保持构件6的各个部分的壁厚。在保持构件6中,弹簧部17的壁厚比底部18的壁厚薄。由此,弹簧部17比底部18容易变形。由此,振动的径向的成分被弹簧部17的弹性吸收。此外,上述的弹簧部17吸收振动是指能够使从压电元件4传递到保持构件6的振动的大部分为弹簧部17的振动。由此,能够使振动不易泄漏至底部18。

[0094] 另外,由于底部18的壁厚较厚,因此底部18自身不易变形。因此,能够有效地抑制振动向保持构件6的底部18的泄漏。因此,在底部18固定于外部等的情况下,能够有效地抑制振动衰减。

[0095] 此外,弹簧部17也可以不包括第1部分17a、第2部分17b以及第3部分17c。弹簧部17的沿着轴向Z的截面形状例如也可以是直线状的形状。

[0096] 另外,如图3所示,缓冲层5的第1面5a的整体相对于径向倾斜。但是,缓冲层5的第1面5a也可以具有与径向平行的部分。在图16所示的第1实施方式的变形例中,缓冲层25的第1面25a具有倾斜部25g和非倾斜部25h。倾斜部25g是相对于径向倾斜的部分。非倾斜部25h是与径向平行的部分。在倾斜部25g,与第1实施方式相同地,缓冲层25的厚度随着朝向内侧端部5e去而变厚。在非倾斜部25h,缓冲层25的厚度在径向上是恒定的。非倾斜部25h的径向内侧的端部与内侧面5c连接。非倾斜部25h的径向外侧的端部与倾斜部25g连接。在俯视观察时,非倾斜部25h与倾斜部25g连接的部分和压电元件4重叠。

[0097] 缓冲层25的外侧端部5f位于比压电元件4的径向外侧的端部靠径向外侧的位置。此外,外侧端部5f位于筒状体23与保持构件6连接的部分的径向内侧的端部。在本变形例中,也与第1实施方式相同地,能够减小对筒状体23与压电元件4的接合界面施加的应力。因此,能够抑制由振动时的应力引起的振动装置的破损。

[0098] 像上述那样,在本说明书中,缓冲层5与其他构件一体化是指通过对该其他构件进行表面处理而形成有缓冲层5。在第1实施方式中,缓冲层5与筒状体3一体化。此外,也可以是,缓冲层5与压电元件4一体化。

[0099] 图17是表示第2实施方式的振动装置的缓冲层附近的主视剖视图。

[0100] 本实施方式与第1实施方式的不同点在于,缓冲层35不具有相对于径向倾斜的部分。而且,在本实施方式中,筒状体33的与缓冲层35接合的部分的形状与第1实施方式不同。除了上述方面以外,第2实施方式的振动装置具有与第1实施方式的振动装置1相同的结构。

[0101] 缓冲层35的沿着轴向Z的截面形状是阶梯状的形状。缓冲层35具有第1台阶部分36和第2台阶部分37。在第1台阶部分36和第2台阶部分37,缓冲层35的厚度在径向上均是恒定的。在将第1台阶部分36的厚度设为 T_1 ,将第2台阶部分37的厚度设为 T_2 时, $T_1 > T_2$ 。第1台阶部分36包括内侧面5c。第1台阶部分36的径向内侧的端部是缓冲层35的内侧端部5e。第2台阶部分37的径向外侧的端部是缓冲层35的外侧端部5f。因此,缓冲层35的内侧端部5e的厚度比外侧端部5f的厚度厚。

[0102] 像上述那样,缓冲层35具有第1台阶部分36和第2台阶部分37。因此,第1面35a具有台阶部。另一方面,第2面5b是平坦的。

[0103] 筒状体33具有阶梯部分34。在阶梯部分34接合有缓冲层35。由此,缓冲层35的第2面5b与筒状体33的第2开口端面33b的非倾斜部3h齐平。

[0104] 缓冲层35的厚度在对筒状体33与压电元件4的接合界面施加的应力较大的部分较厚。因此,与第1实施方式相同地,能够减小对筒状体33与压电元件4的接合界面施加的应力。因此,能够抑制由振动时的应力引起的振动装置的破损。

[0105] 而且,在本实施方式中,能够抑制透光体盖2的最大位移量变小,并且能够减小对上述接合界面施加的应力。以下示出该效果的详情。

[0106] 在具有第2实施方式的结构的振动装置中,使第1台阶部分36的厚度 T_1 变化,测量对筒状体33与压电元件4的接合界面施加的应力和透光体盖2的最大位移量。具有第2实施方式的结构的振动装置的设计参数与上述表1所示的设计参数相同。在此,将第1台阶部分36的宽度设为 L_1 ,将第2台阶部分37的宽度设为 L_2 。设为 $L_1 = L_2 = 1.5\text{mm}$ 。设为 $T_2 = 0.05\text{mm}$ 。

[0107] 图18是表示第2实施方式的缓冲层的第1台阶部分的厚度与对筒状体和压电元件的接合界面施加的应力的关系的图。图19是表示第2实施方式的缓冲层的第1台阶部分的厚度与透光体盖的最大位移量的关系的图。

[0108] 如图18和图19所示,当对筒状体33与压电元件4的接合界面施加的最大应力为50MPa时,透光体盖2的最大位移量为20.4 μm 。当对上述接合界面施加的最大应力为55MPa时,透光体盖2的最大位移量为22.7 μm 。将该结果与上述第1实施方式和第2比较例的结果在表2中一并示出。

[0109] [表2]

[0110] [表2]

	最大位移量 (μm)		
	第1实施方式	第2实施方式	第2比较例
最大应力 50MPa	20.7	20.4	19.8
最大应力 55MPa	23	22.7	21.8

[0111]

[0112] 如表2所示,在对筒状体33与压电元件4的接合界面施加的应力为50MPa的情况和55MPa的情况中的任一情况下,第2实施方式的最大位移量都比第2比较例的最大位移量大。像这样,在第2实施方式中,能够抑制透光体盖2的最大位移量变小,并且能够减小对上述接合界面施加的应力。

[0113] 此外,可知在第1实施方式中,与第2实施方式相比,透光体盖2的最大位移量更大。优选为像第1实施方式那样,缓冲层5的厚度随着朝向内侧端部5e侧去而变厚。由此,能够进一步抑制透光体盖2的最大位移量变小,并且能够减小对上述接合界面施加的应力。

[0114] 此外,在第2实施方式中,第1台阶部分36的厚度例如也可以随着朝向内侧端部侧去而变厚。第2台阶部分37的厚度例如也可以随着朝向内侧端部侧去而变厚。在第2实施方式中,缓冲层35具有两个台阶部分。但是,缓冲层35也可以具有3个以上的台阶部分。

[0115] 图20是表示第3实施方式的振动装置的缓冲层附近的主视剖视图。

[0116] 本实施方式与第1实施方式的不同点在于,在筒状体43与透光体盖2之间设有缓冲层5,以及筒状体43的结构。除了上述方面以外,本实施方式的振动装置41具有与第1实施方式的振动装置1相同的结构。

[0117] 筒状体43的第1开口端面43a具有倾斜部43g和非倾斜部43h。第1开口端面43a在倾斜部43g以随着朝向径向内侧去而接近第2开口端面43b的方式倾斜。倾斜部43g的径向内侧的端部与内侧面3c连接。倾斜部43g的径向外侧的端部与非倾斜部43h连接。非倾斜部43h的径向外侧的端部与外侧面3d连接。

[0118] 另一方面,第2开口端面43b是平坦的。压电元件4与筒状体43的第2开口端面43b直接地接合。

[0119] 在筒状体43的第1开口端面43a的倾斜部43g接合有缓冲层5。缓冲层5的第1面5a与筒状体43的倾斜部43g接合。缓冲层5的第2面5b与筒状体43的第1开口端面43a的非倾斜部43h齐平。缓冲层5的内侧面5c与筒状体43的内侧面3c齐平。在缓冲层5的第2面5b接合有透光体盖2。在本实施方式中,透光体盖2隔着缓冲层5与筒状体43间接地接合。

[0120] 对于筒状体43与透光体盖2的接合界面,越位于径向内侧,被施加的应力越大。在本实施方式的缓冲层5中,内侧端部5e的厚度比外侧端部5f的厚度厚。因此,缓冲层5的厚度在对筒状体43与透光体盖2的接合界面施加的应力较大的部分较厚。由此,对于施加的应力较大的部分,能够有效地减小应力。因此,能够减小对筒状体43与透光体盖2的接合界面施加的应力。因此,能够抑制由振动时的应力引起的振动装置41的破损。此外,本实施方式的筒状体43与透光体盖2的接合界面是隔着缓冲层5的接合界面。

[0121] 缓冲层5的形状不限定于上述形状。也可以在透光体盖2与筒状体43之间设置例如图16所示的缓冲层25、图17所示的缓冲层35。

[0122] 在此,在将筒状体43的线膨胀系数设为 α_2 ,将透光体盖2的线膨胀系数设为 α_3 ,将缓冲层5的线膨胀系数设为 α 时,优选为 $\alpha_3 \sim \alpha \sim \alpha_2$ 。在使用钠钙类的玻璃作为透光体盖2的材料的情况下,作为缓冲层5的材料,特别优选为使用SUS420J2、SUS440C或SUS430。另一方面,在使用硼硅酸类的玻璃作为透光体盖2的材料的情况下,作为缓冲层5的材料,特别优选为使用科瓦合金或42Ni。由此,能够使透光体盖2和缓冲层5的线膨胀系数接近。因此,透光体盖2与缓冲层5的剥离不易产生。因此,能够提高振动装置41的可靠性。

[0123] 另外,在本实施方式中,缓冲层5与筒状体43一体化。此外,也可以是,缓冲层5与透

光体盖2一体化。

[0124] 图21是表示第4实施方式的振动装置的缓冲层附近的主视剖视图。

[0125] 本实施方式与第1实施方式的不同点在于,在筒状体53与压电元件4之间和筒状体53与透光体盖2之间均设有缓冲层5,以及筒状体53的结构。除了上述方面以外,本实施方式的振动装置51具有与第1实施方式的振动装置1相同的结构。

[0126] 筒状体53的第1开口端面43a与第2实施方式相同地具有倾斜部43g和非倾斜部43h。第2开口端面3b与第1实施方式相同地具有倾斜部3g和非倾斜部3h。一个缓冲层5的第1面5a与第1开口端面43a的倾斜部43g接合。另一个缓冲层5的第1面5a与第2开口端面3b的倾斜部3g接合。

[0127] 在本实施方式中,能够减小对筒状体53与压电元件4的接合界面施加的应力。而且,也能够减小对筒状体53与透光体盖2的接合界面施加的应力。因此,能够抑制由振动时的应力引起的振动装置51的破损。

[0128] 图22是第5实施方式的成像设备的主视剖视图。

[0129] 如图22所示,作为光学检测装置的成像设备60具有第1实施方式的振动装置1和配置于振动装置1的内部空间内的摄像元件62。此外,成像设备60的振动装置不限于第1实施方式的振动装置1。成像设备60的振动装置例如也可以是第2实施方式~第4实施方式中的任一振动装置。该振动装置只要是本发明的振动装置即可。

[0130] 作为摄像元件62,例如能够列举出接收从可见区域到远红外区域中的任意波长的光的CMOS、CCD、测辐射热计、热电堆等。作为成像设备60,例如能够列举出照相机、Radar、LIDAR设备等。

[0131] 此外,在振动装置1的内部空间内,也可以配置有摄像元件62以外的对能量线进行光学检测的光学检测元件。作为所检测的能量线,例如可以是电磁波、红外线等活性能量线。光学检测元件的检测区域被包含于透光体盖2。在图22所示的成像设备60中,作为检测区域的摄像元件62的视野被包含于透光体盖2。

[0132] 成像设备60具有第1实施方式的振动装置1,因此能够减小对筒状体3与压电元件4的接合界面施加的应力。由此能够抑制由振动时的应力引起的振动装置1的破损。因此能够提高成像设备60的可靠性。

[0133] 附图标记说明

[0134] 1、振动装置;2、透光体盖;3、筒状体;3a、3b、第1开口端面、第2开口端面;3c、内侧面;3d、外侧面;3e、开口部;3g、倾斜部;3h、非倾斜部;4、压电元件;5、缓冲层;5a、5b、第1面、第2面;5c、内侧面;5e、内侧端部;5f、外侧端部;6、保持构件;13、压电体;13a、13b、第1主面、第2主面;14a、14b、第1电极、第2电极;17、弹簧部;17a、17b、17c、第1部分、第2部分、第3部分;18、底部;23、筒状体;25、缓冲层;25a、第1面;25g、倾斜部;25h、非倾斜部;33、筒状体;33b、第2开口端面;34、阶梯部分;35、缓冲层;35a、第1面;36、37、第1台阶部分、第2台阶部分;41、振动装置;43、筒状体;43a、43b、第1开口端面、第2开口端面;43g、倾斜部;43h、非倾斜部;51、振动装置;53、筒状体;60、成像设备;62、摄像元件;103、筒状体;103b、第2开口端面;105、缓冲层。

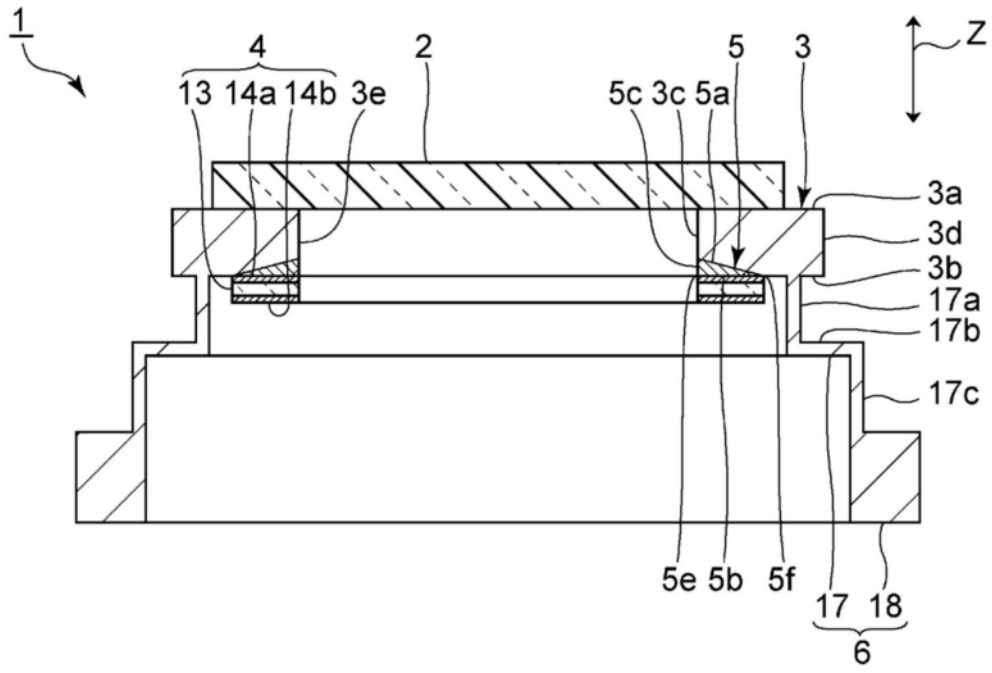


图1

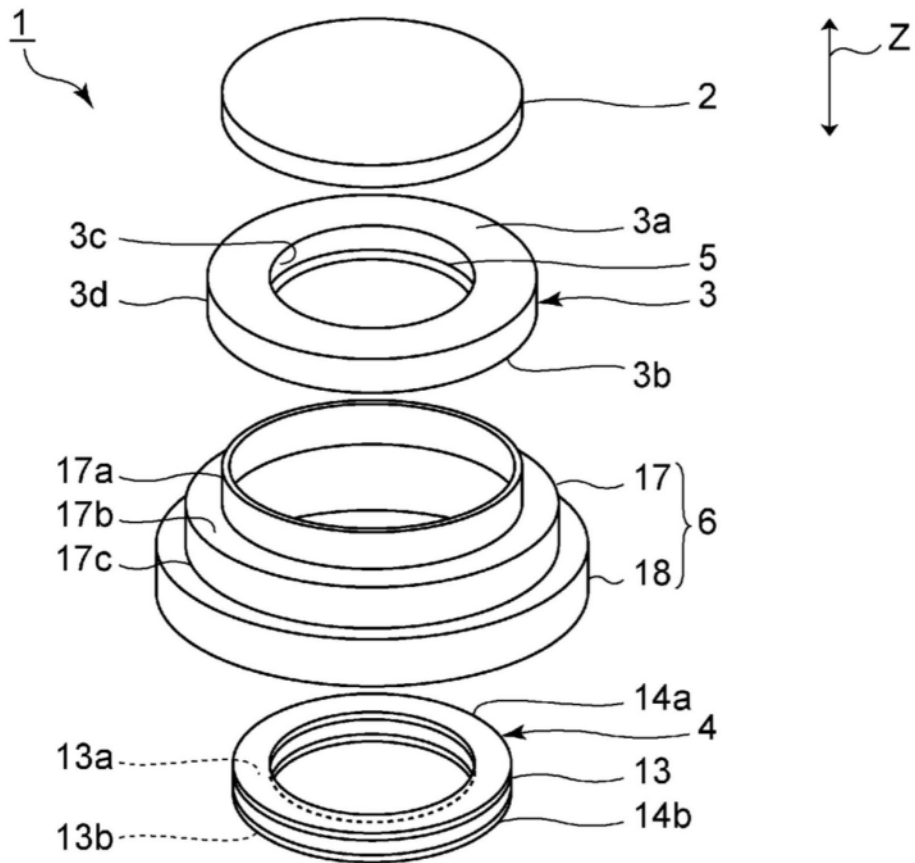


图2

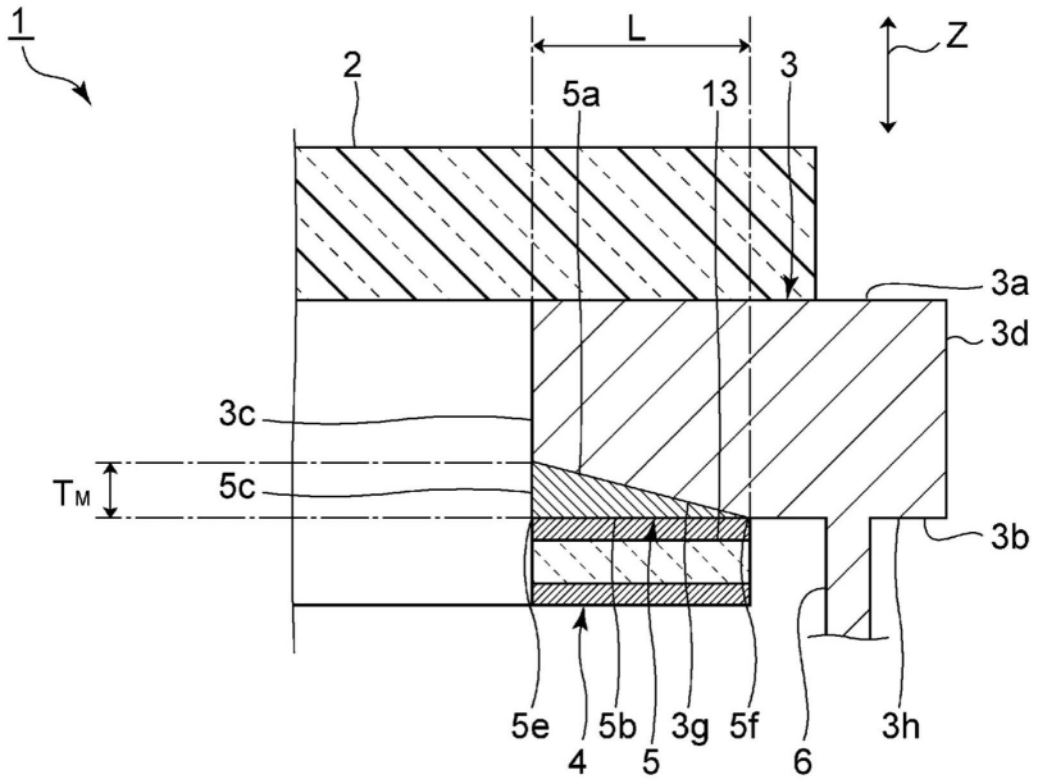


图3

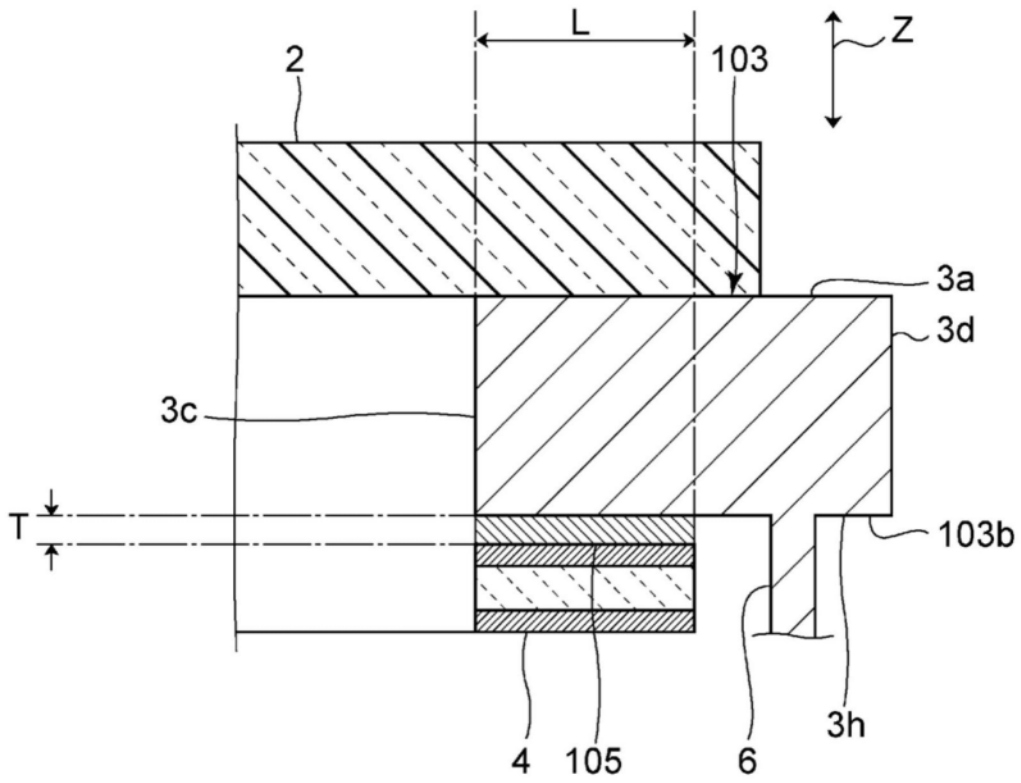


图4

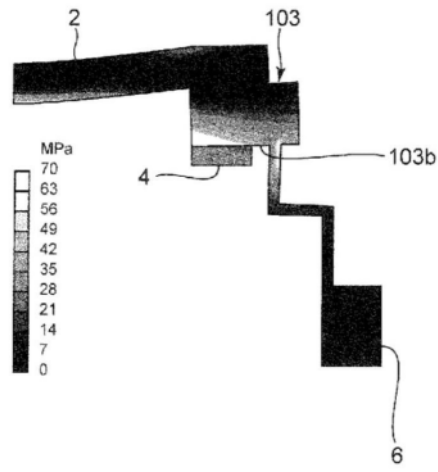


图5

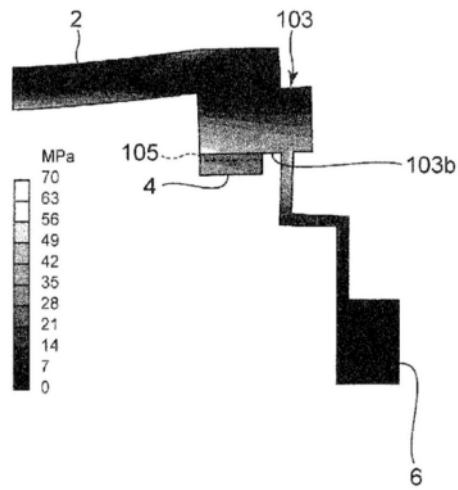


图6

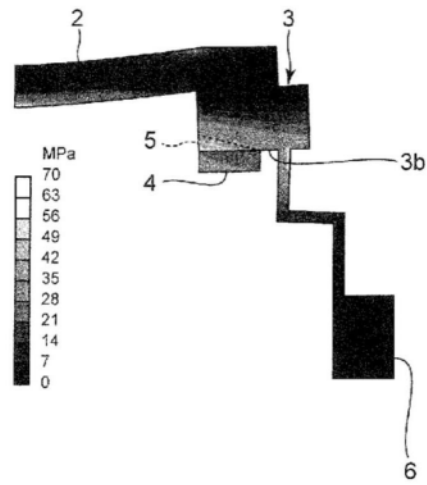


图7

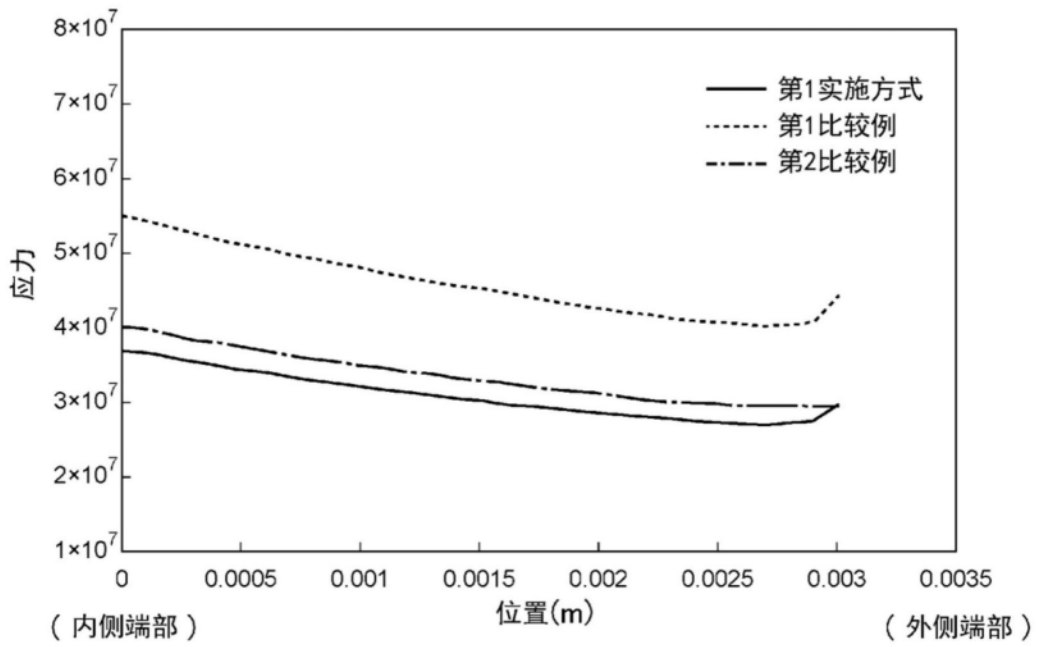


图8

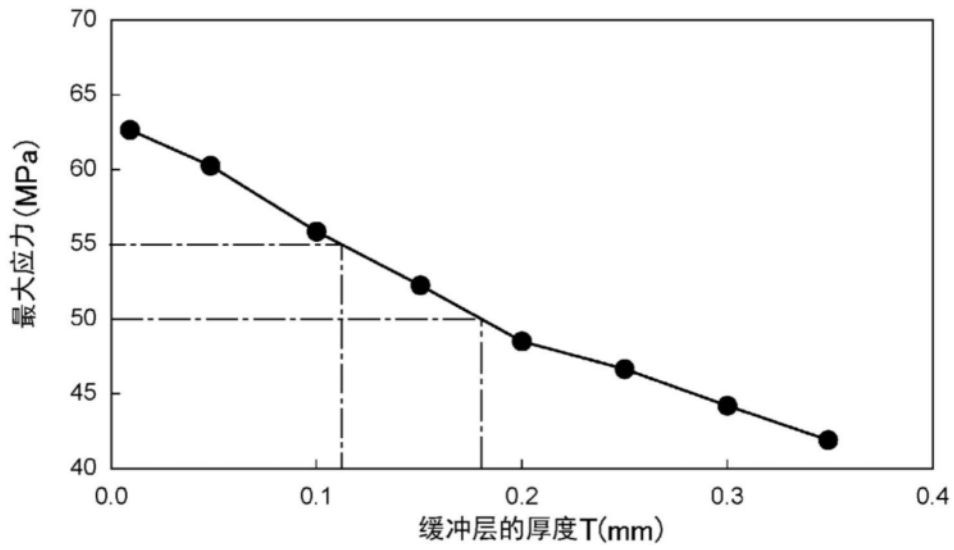


图9

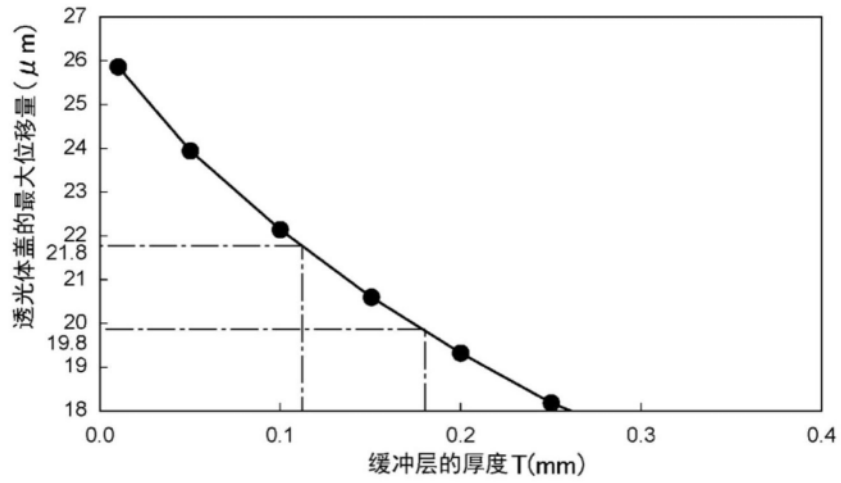


图10

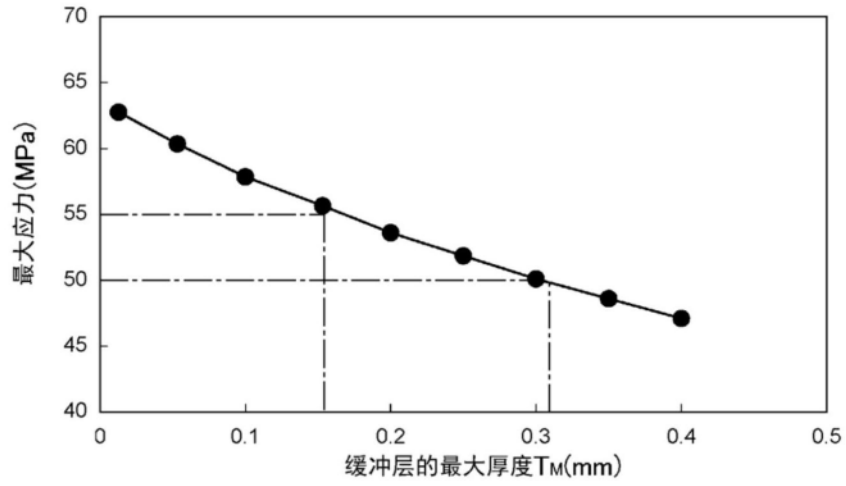


图11

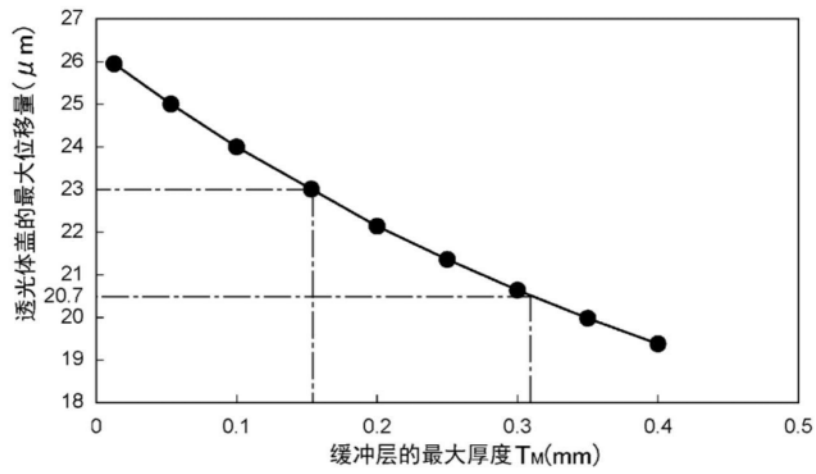


图12

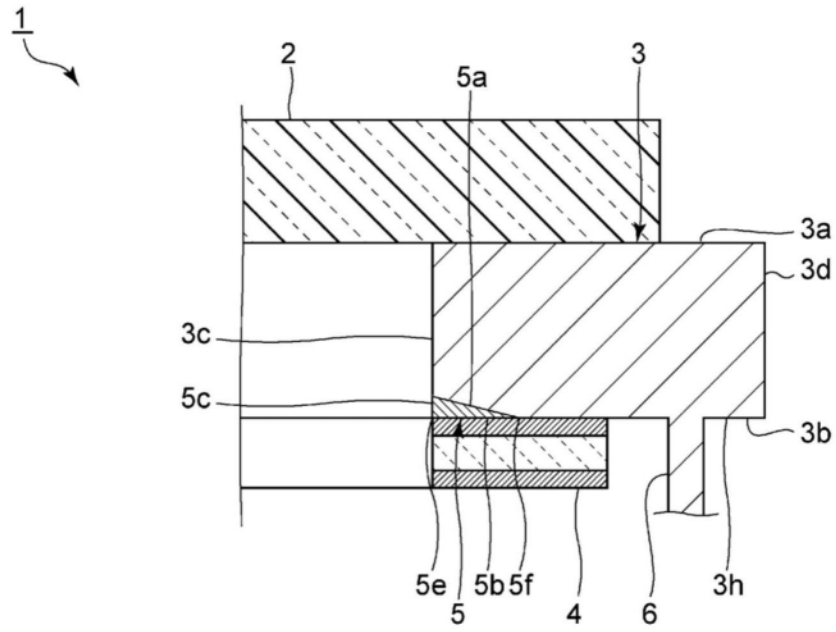


图13

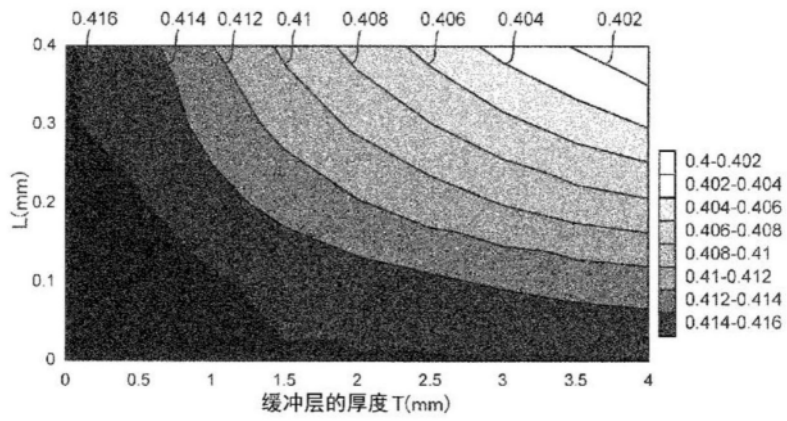


图14

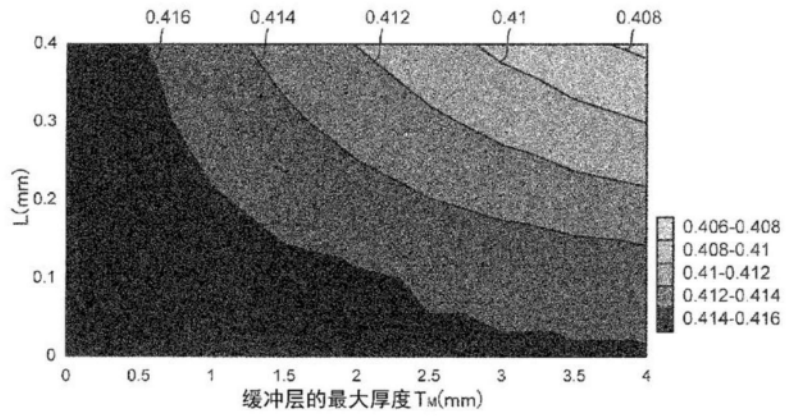


图15

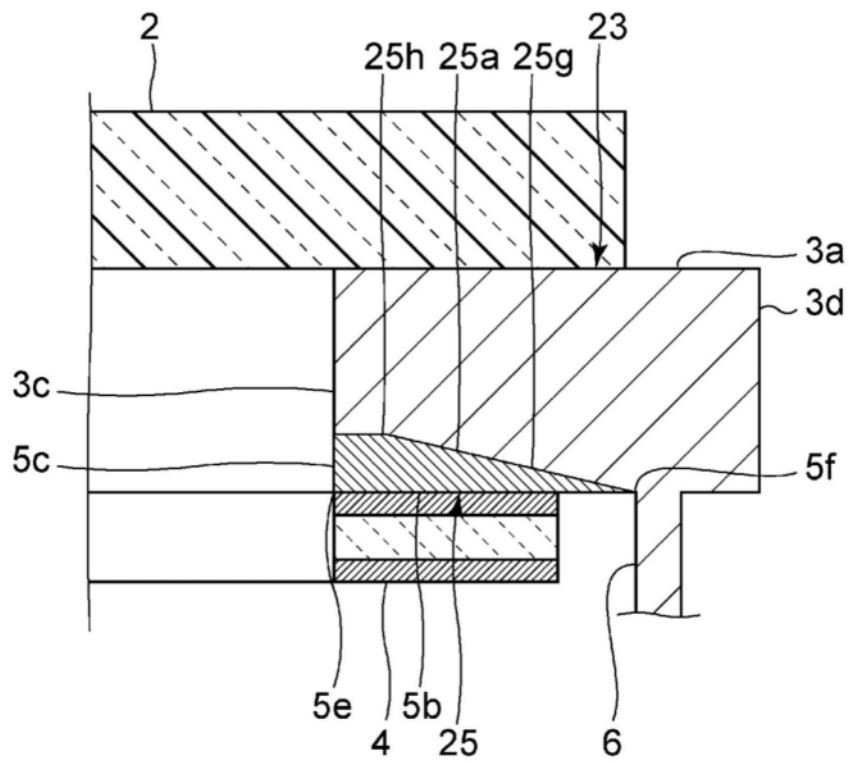


图16

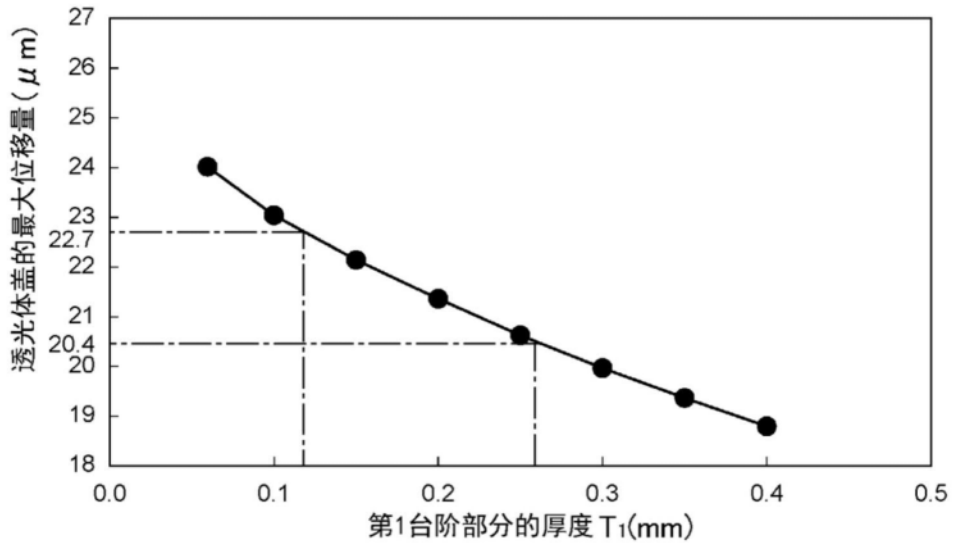


图19

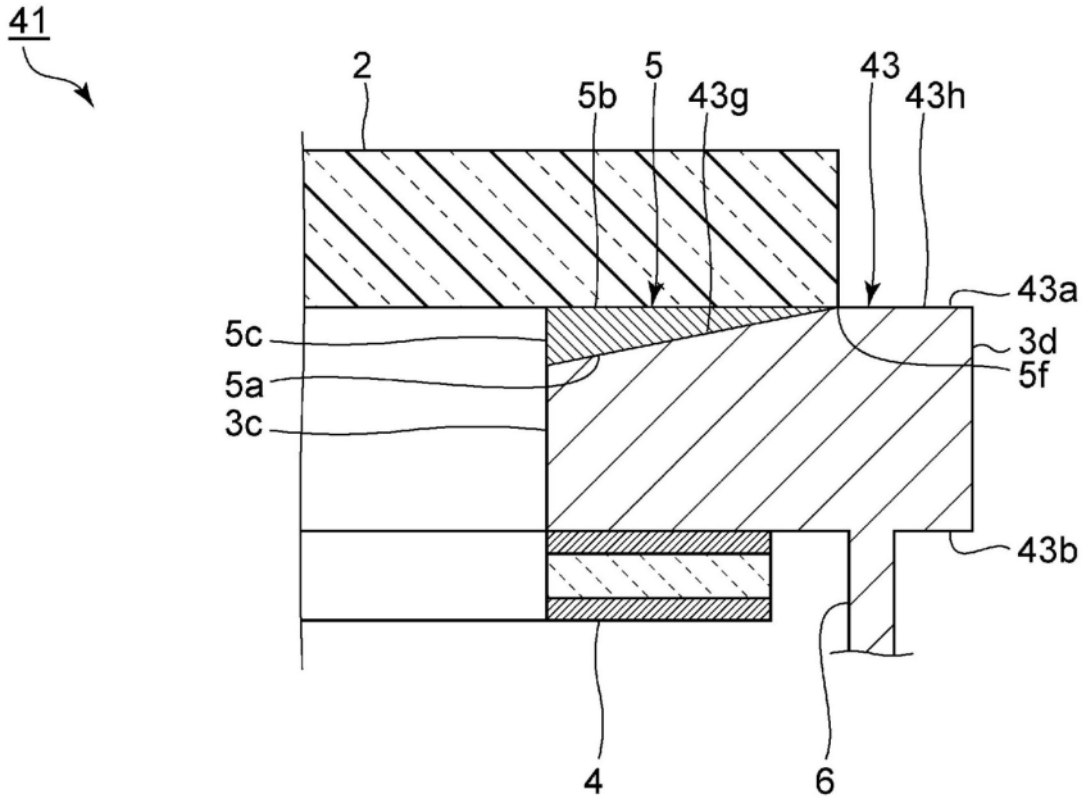


图20

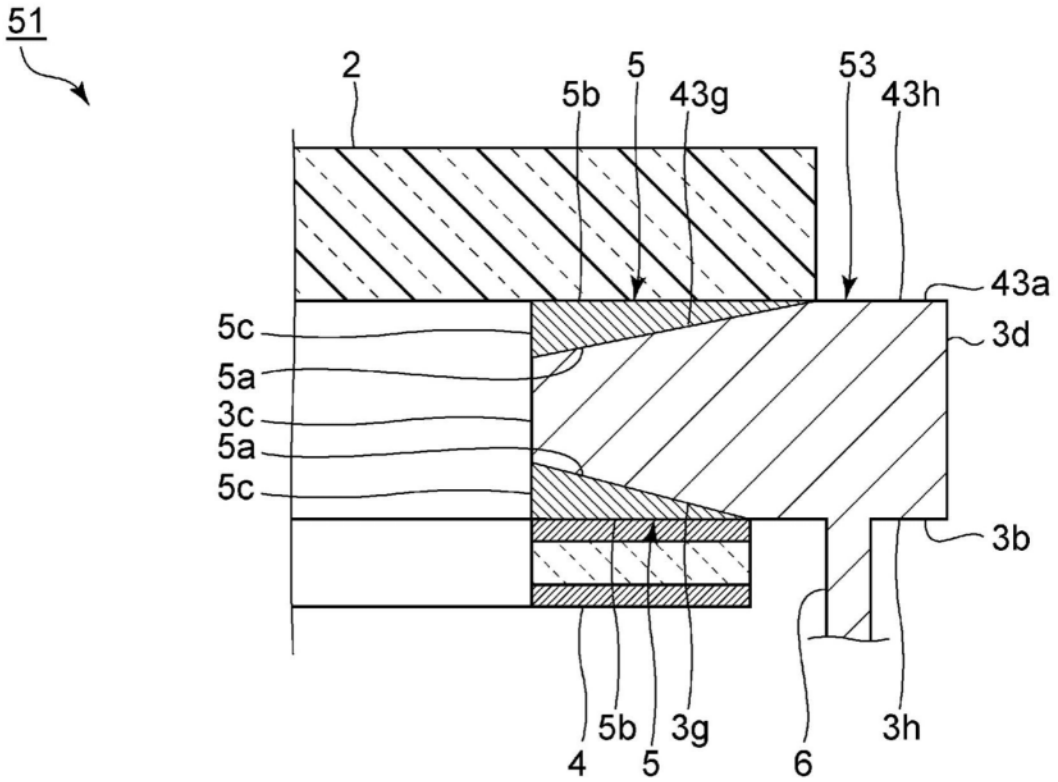


图21

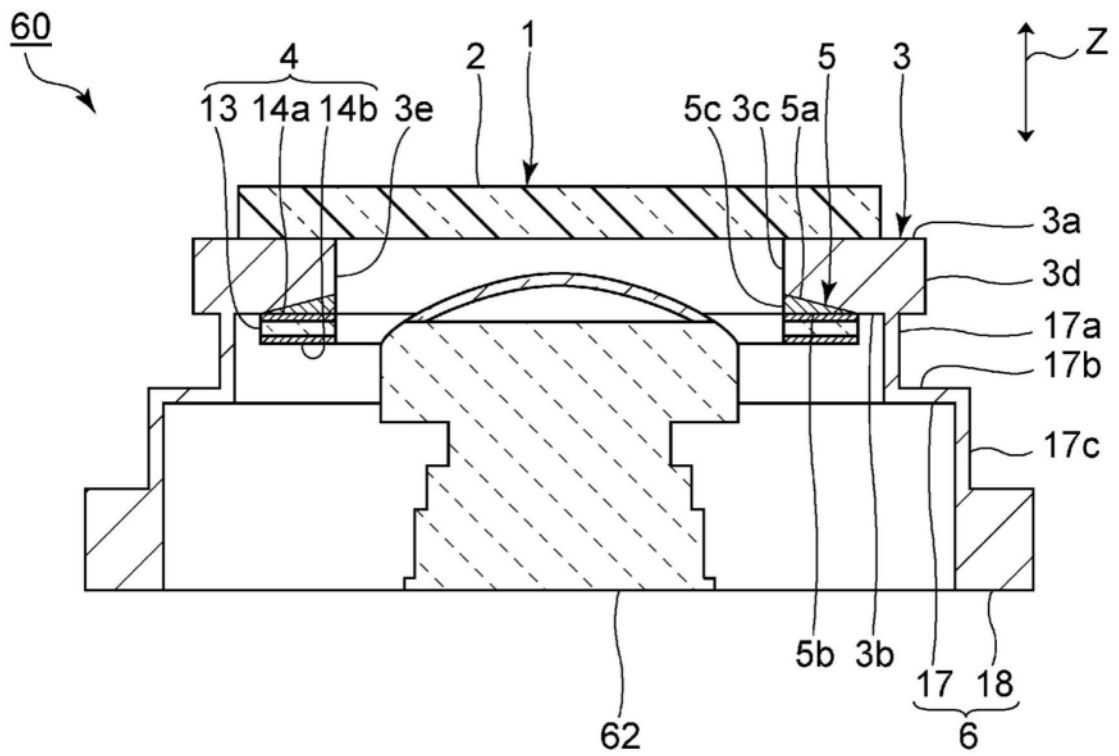


图22