



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101931339 B

(45) 授权公告日 2013.03.27

(21) 申请号 201010206764.8

(22) 申请日 2010.06.13

(30) 优先权数据

2009-146528 2009.06.19 JP

(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 桥本顺一 长谷贵志 西川雅永

中谷宏 竹岛哲夫 西村俊雄

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任

公司 11021

代理人 张宝荣

(51) Int. Cl.

H02N 2/00 (2006.01)

H01L 41/083 (2006.01)

H01L 41/09 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 1973384A , 2007.05.30, 全文.

CN 1938873A , 2007.03.28, 全文.

CN 1926697A , 2007.03.07, 全文.

JP 特开 2008-199773A , 2008.08.28, 全文.

审查员 嵇恒

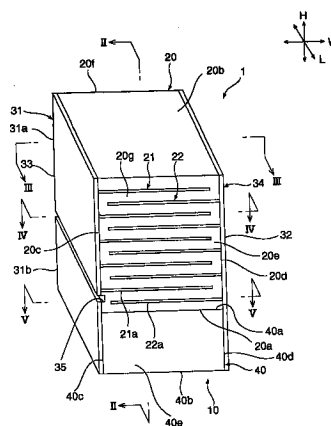
权利要求书 2 页 说明书 8 页 附图 12 页

(54) 发明名称

压电致动器

(57) 摘要

本发明提供一种小型且具有大变位量的压电致动器。致动器主体 (10) 具有：柱状的压电体 (20)；平衡锤 (40)，其与压电体 (20) 的第一端面 (20a) 接合，密度高于压电体 (20) 且具有导电性。第一导电层 (31) 在第一侧面 (20c、40c) 上形成。第二导电层 (32) 在第二侧面 (20d、40d) 上形成。通过相对于第一端面 (20a) 平行地形成有从第一导电层 (31) 的表面直到致动器主体 (10) 内部的第一槽 (35)，将第一导电层 (31) 分割为：与第一内部电极 (21) 连接但不和平衡锤 (40) 连接的部分 (31a)；与平衡锤 (40) 连接但不和第一内部电极 (21) 连接的部分 (31b)。



1. 一种压电致动器,其中,具有:

致动器主体,其具有:柱状的压电体,其具有在压电体的高度方向上相互对置的第一端面及第二端面、相互对置的第一侧面及第二侧面,第一内部电极及第二内部电极以沿压电体的高度方向对置的方式形成于该压电体的内部;平衡锤,其与所述压电体的第一端面接合,密度高于所述压电体且具有导电性,并具有与所述压电体的第一侧面相连的第一侧面、与所述压电体的第二侧面相连的第二侧面;

第一导电层,其形成在所述压电体的第一侧面与所述平衡锤的第一侧面之上,且连接所述第一内部电极;

第二导电层,其形成在所述压电体的第二侧面与所述平衡锤的第二侧面之上,且连接所述第二内部电极,

相对于所述压电体的所述第一端面平行地形成有从所述第一导电层的表面直到所述致动器主体的内部的第一槽,

所述第一导电层由所述第一槽分割为:与所述第一内部电极连接但不与所述平衡锤连接的部分;与所述平衡锤连接但不与所述第一内部电极连接的部分。

2. 如权利要求1所述的压电致动器,其中,

所述第一内部电极及第二内部电极沿着压电体的高度方向交替设置多个,

多个所述第一内部电极及第二内部电极中的位于最靠近所述压电体的所述第一端面一侧的内部电极为所述第二内部电极。

3. 如权利要求2所述的压电致动器,其中,

所述第一槽位于比最靠近所述压电体的所述第一端面一侧的内部电极更靠所述第二端面一侧的位置。

4. 如权利要求1~3中任一项所述的压电致动器,其中,

所述第一槽的至少一部分形成于所述平衡锤,

所述第一槽的靠所述第二端面一侧的侧壁与所述压电体的所述第一端面位于同一平面内,或者位于比所述压电体的所述第一端面更靠所述第二端面一侧的位置。

5. 如权利要求1~3中任一项所述的压电致动器,其中,

所述第一导电层及第二导电层包含Ag及Cu中的至少一者。

6. 如权利要求1~3中任一项所述的压电致动器,其中,

相对于所述压电体的所述第一端面平行地形成有从所述第二导电层的表面直到所述致动器主体的内部的第二槽,

所述第二导电层由所述第二槽分割为:与所述第二内部电极连接但不与所述平衡锤连接的部分;与所述平衡锤连接但不与所述第二内部电极连接的部分。

7. 如权利要求6所述的压电致动器,其中,

所述第二槽的至少一部分形成于所述平衡锤,

所述第二槽的靠所述压电体的所述第二端面一侧的侧壁与所述压电体的所述第一端面位于同一平面内,或者位于比所述压电体的所述第一端面更靠所述压电体的所述第二端面一侧的位置。

8. 如权利要求1~3中任一项所述的压电致动器,其中,

所述压电体与所述平衡锤由粘结剂粘结。

9. 如权利要求 8 所述的压电致动器, 其中,
所述粘结剂为以环氧系树脂为主成分的粘结剂。
10. 如权利要求 1 ~ 3 中任一项所述的压电致动器, 其中,
所述平衡锤由分散有导电性粒子的树脂构件构成。
11. 如权利要求 1 ~ 3 中任一项所述的压电致动器, 其中,
所述第一导电层及第二导电层分别由金属薄膜或合金薄膜构成。
12. 一种压电致动器的制造方法, 该方法为权利要求 1 ~ 11 中任一项所述的压电致动器的制造方法, 其特征在于,
通过切割来形成所述第一槽和 / 或所述第二槽。
13. 如权利要求 12 所述的压电致动器的制造方法, 其中,
由薄膜形成方法形成所述第一导电层及第二导电层。
14. 如权利要求 12 或 13 所述的压电致动器的制造方法, 其中, 包括:
准备母层叠体的工序, 该母层叠体具有: 压电体, 其具有第一主面及第二主面, 并且在该压电体的内部以沿压电体的厚度方向对置的方式形成有与第一主面平行的第一内部导电层及第二内部导电层; 与所述压电体的所述第一主面接合, 密度高于所述压电体且具有导电性的构件;
通过将所述母层叠体分割为多个而形成多个所述致动器主体的工序;
在多个所述致动器主体上各自形成所述第一导电层及第二导电层的工序;
形成所述第一槽和 / 或所述第二槽的工序。
15. 如权利要求 12 或 13 所述的压电致动器的制造方法, 其中, 包括:
准备母层叠体的工序, 该母层叠体具有: 压电体, 其具有第一主面及第二主面, 并且在该压电体的内部以沿压电体的厚度方向对置的方式形成有与第一主面平行的第一内部导电层及第二内部导电层; 与所述压电体的所述第一主面接合, 密度高于所述压电体且具有导电性的构件;
沿着第一方向将所述母层叠体分割而形成多个长方形构件的工序;
在多个所述长方形构件上各自形成所述第一导电层及第二导电层的工序;
沿着与所述第一方向正交的第二方向分别将形成有所述第一导电层及第二导电层的多个长方形构件分割, 从而形成多个形成有所述第一导电层及第二导电层的所述致动器主体的工序;
形成所述第一槽和 / 或所述第二槽的工序。

压电致动器

技术领域

[0001] 本发明涉及一种压电致动器,详细而言涉及在一个端部设置了具有导电性的平衡锤的压电致动器。

背景技术

[0002] 以往,在照相机的自动对焦机构中作为用于移动透镜或透镜组的致动器,公知有压电致动器。例如,在下述的专利文献 1 中公开了这种压电致动器的一例。

[0003] 图 13 是在专利文献 1 中所公开的压电致动器的简略图。如图 13 中所示,压电致动器 100 具备通过施加压电而伸缩的柱状的机电转换元件 101。平衡锤 102 与机电转换元件 101 的一侧的端部连接。振动构件 103 与机电转换元件 101 的另一侧的端部连接。振动构件 103 与摩擦卡合构件 104 卡合。

[0004] 在压电致动器 100 中,通过机电转换元件 101 的伸缩,振动构件 103 变位。其结果,通过在振动构件 103 和摩擦卡合构件 104 之间产生的摩擦力摩,摩擦卡合构件 104 被驱动。

[0005] 专利文献 1:日本特开 2008-199773 号公报

[0006] 在压电致动器 100 中,在机电转换元件 101 的一侧的端部安装有平衡锤 102。由此,压电致动器 100 的变位的重心向平衡锤 102 侧偏移。因此,能够使得振动构件 103 较大地变位。

[0007] 从进一步加大振动构件 103 的变位量的观点出发,优选提高平衡锤 102 的密度,而使压电致动器 100 的变位的重心向平衡锤 102 侧大幅偏移。但是,由于高密度的材料一般都具有导电性,因此在为了提高平衡锤 102 的密度而由导电性材料形成平衡锤 102 的情况下,存在机电转换元件 101 的外部电极 101a、101b 经由平衡锤 102 短路的可能性。因此,在由导电性材料形成平衡锤 102 的情况下,如图 13 中所示不能以外部电极 101a、101b 与平衡锤 102 相接的方式配置平衡锤 102,所以需要隔离配置外部电极 101a、101b 与平衡锤 102。因此,在由高密度的导电性材料形成平衡锤 102 的情况下,存在压电致动器 100 大型化的问题。

[0008] 尤其是,如图 13 所示,由溅射法、CVD 法等蒸镀法只在压电体的侧面形成外部电极 101a、101b 的情况下,需要掩模,因此降低形成外部电极 101a、101b 的位置精度。由此,需要更大地隔离配置外部电极 101a、101b 和平衡锤 102。因此,具有压电致动器 100 的尺寸增大的趋势。

发明内容

[0009] 本发明鉴于这样的点而提出,其目的在于提供一种小型且具有大变位量的压电致动器。

[0010] 本发明所涉及的压电致动器具有:致动器主体、第一导电层、第二导电层。致动器主体具有:柱状的压电体和平衡锤。压电体具有:在高度方向上相互对置的第一端面及第二端面、相互对置的第一侧面及第二侧面。在压电体的内部,第一内部电极及第二内部电极

以在高度方向上对置的方式形成。平衡锤与压电体的第一端面接合。平衡锤的密度高于压电体的密度。平衡锤具有导电性。平衡锤具有：第一侧面和第二侧面。平衡锤的第一侧面与压电体的第一侧面相连。平衡锤的第二侧面与压电体的第二侧面相连。第一导电层形成在压电体的第一侧面和平衡锤的第一侧面之上。第一内部电极与第一导电层连接。第二导电层形成在压电体的第二侧面和平衡锤的第二侧面之上。第二内部电极与第二导电层连接。在本发明所涉及的压电致动器中，相对于压电体的第一端面平行地形成有从第一导电层的表面直到致动器主体的内部的第一槽。第一导电层由第一槽分割为：与第一内部电极连接但不与平衡锤连接的部分；与平衡锤连接但不与第一内部电极连接的部分。

[0011] 在本发明所涉及的压电致动器的一个特定的方面，第一内部电极及第二内部电极沿着高度方向交替设置多个，并且多个第一内部电极及第二内部电极中的位于最靠近压电体的第一端面侧的内部电极为第二内部电极。在该结构中，能够使得第一槽位于比最靠近压电体的第一端面侧的内部电极即第二内部电极更靠第二端面侧的位置。因此，能够使压电致动器进一步小型化。

[0012] 在本发明所涉及的压电致动器的其它特定的方面，第一槽位于比最靠近压电体的第一端面侧的内部电极更靠第二端面侧的位置。根据该结构，能够使压电致动器进一步小型化。

[0013] 在本发明所涉及的压电致动器的另外特定的方面，第一槽的至少一部分在平衡锤上形成，并且第一槽的第二端面侧的侧壁与压电体的第一端面位于同一平面，或者位于比压电体的第一端面更靠第二端面侧位置。根据该结构，能够使压电致动器进一步小型化。

[0014] 在本发明所涉及的压电致动器的另外特定的方面，第一导电层及第二导电层含有 Ag 及 Cu 中的至少一者。在第一导电层及第二导电层含有 Ag 或 Cu 的情况下，从第一导电层及第二导电层产生 Ag 或 Cu 的迁移，存在成为容易产生短路不良的趋势。但是，在本发明中形成有第一槽，因此能够有效地抑制起因于 Ag 或 Cu 的迁移的短路不良的产生。

[0015] 在本发明所涉及的压电致动器的另外特定的方面，相对于压电体的第一端面平行地形成有从第二导电层的表面直到致动器主体的内部的第二槽，并且第二导电层由第二槽分割为：与第二内部电极连接但不与平衡锤连接的部分；与平衡锤连接但不与第二内部电极连接的部分。根据该结构，能够更可靠地抑制短路不良的产生。另外，能够更有效地抑制压电体与平衡锤的接合部的损坏。

[0016] 在本发明所涉及的压电致动器的另外特定的方面，第二槽的至少一部分在平衡锤上形成，并且第二槽的靠压电体的第二端面侧的侧壁与压电体的第一端面位于同一平面，或者位于比压电体的第一端面更靠压电体的第二端面侧。根据该结构，能够使压电致动器进一步小型化。

[0017] 在本发明所涉及的压电致动器的另外特定的方面，压电体与平衡锤通过粘结剂粘结。根据该结构，能够容易地接合压电体与平衡锤。

[0018] 在本发明所涉及的压电致动器的另外特定的方面，粘结剂为以环氧系树脂为主要成分的粘结剂。

[0019] 在本发明所涉及的压电致动器的另外特定的方面，平衡锤由分散有导电性粒子的树脂构件构成。在平衡锤由分散有导电性微粒子的树脂构件构成的情况下，导电性微粒子从平衡锤容易脱落。但是在本发明中，在平衡锤的侧面上也形成导电层，因此能够更有效地

抑制导电性微粒子的脱落。

[0020] 在本发明所涉及的压电致动器的另外特定的方面,第一导电层及第二导电层分别由金属薄膜或合金薄膜构成。根据该结构,能够降低第一导电层及第二导电层的电阻,因此能够提高压电致动器的驱动效率。

[0021] 本发明的压电致动器的制造方法涉及一种用于制造上述本发明的压电致动器的方法。本发明所涉及的压电致动器的制造方法的特征在于,通过切割(dicing)来形成槽。

[0022] 本发明所涉及的压电致动器的制造方法的一个特定的方面,由薄膜形成方法形成第一导电层及第二导电层。根据该结构,例如与通过烧结形成第一导电层及第二导电层的情况相比较,能够降低形成第一导电层及第二导电层时的气氛温度,因此例如在由粘结剂接合了平衡锤与压电体的情况下,能够抑制形成第一导电层及第二导电层时的粘结剂的恶化。

[0023] 本发明所涉及的压电致动器的制造方法的其它特定的方面,包括:准备母层叠体的工序,该母层叠体具有:压电体,其具有第一主面及第二主面,并且在该压电体的内部以在厚度方向上对置的方式形成有与第一主面平行的第一内部导电层及第二内部导电层;与压电体的第一主面接合,密度高于压电体且具有导电性的构件;通过将母层叠体分割为多个而形成多个致动器主体的工序;在多个致动器主体上各自形成第一导电层及第二导电层的工序;形成槽的工序。在该结构中,由于能够一次地形成多个致动器主体,因此能够高效率地制造压电致动器。

[0024] 本发明所涉及的压电致动器的制造方法的另外特定的方面,包括:准备母层叠体的工序,该母层叠体具有:压电体,其具有第一主面及第二主面,在该压电体的内部以在厚度方向上对置的方式形成有与第一主面平行的第一内部导电层及第二内部导电层;与压电体的第一主面接合,密度高于压电体且具有导电性的构件;沿着第一方向将母层叠体分割而形成多个长方形构件的工序;在多个长方形构件上各自形成第一导电层及第二导电层的工序;将形成有第一导电层及第二导电层的多个长方形构件分别沿着与第一方向正交的第二方向分割,从而形成多个形成有第一导电层及第二导电层的致动器主体的工序;形成槽的工序。在该结构中,能够一次地形成多个致动器主体,因此能够高效率地制造压电致动器。

[0025] 在本发明中,第一导电层由第一槽分割为:与第一内部电极连接但不与平衡锤连接的部分;与平衡锤连接但不与第一内部电极连接的部分。例如通过切割等方法,能够以细的槽宽且在准确的位置形成槽,因此,能够减小压电致动器的高度尺寸。

[0026] 另外,通过形成第一槽,能够有效地抑制压电体与平衡锤的接合部的损坏。

附图说明

[0027] 图 1 是第一实施方式的压电致动器的简要立体图。

[0028] 图 2 是图 1 中的 II - II 线部分的简要剖面图。

[0029] 图 3 是图 1 中的 III - III 线部分的简要剖面图。

[0030] 图 4 是图 1 中的 IV - IV 线部分的简要剖面图。

[0031] 图 5 是图 1 中的 V - V 线部分的简要剖面图。

[0032] 图 6 是母层叠体的简要立体图。

- [0033] 图 7 是比较例所涉及的压电致动器的简要立体图。
- [0034] 图 8 是第二实施方式的压电致动器的简要立体图。
- [0035] 图 9 是第三实施方式的压电致动器的简要立体图。
- [0036] 图 10 是第四实施方式的压电致动器的简要立体图。
- [0037] 图 11 是第五实施方式的压电致动器的简要立体图。
- [0038] 图 12 是第六实施方式的压电致动器的简要立体图。
- [0039] 图 13 是在专利文献 1 中所公开的压电致动器的简略图。
- [0040] 图中：1- 压电致动器，10- 致动器主体，20- 压电体，20a- 压电体的第一端面，20b- 压电体的第二端面，20c- 压电体的第一侧面，20d- 压电体的第二侧面，20e- 压电体的第三侧面，20f- 压电体的第四侧面，20g- 压电体层，21- 第一内部电极，22- 第二内部电极，31- 第一导电层，31a- 第一导电层的第一部分，31b- 第一导电层的第二部分，32- 第二导电层，32a- 第二导电层的第一部分，32b- 第二导电层的第二部分，33- 第一外部电极，34- 第二外部电极，35、36- 槽，35a、36a- 侧壁，40- 平衡锤（锤），40a- 平衡锤的第一端面，40b- 平衡锤的第二端面，40c- 平衡锤的第一侧面，40d- 平衡锤的第二侧面，40e- 平衡锤的第三侧面，40f- 平衡锤的第四侧面，50- 母层叠体，51- 压电体，51a- 压电体的第一主面，51b- 压电体的第二主面，52、53- 内部导电层，54- 含有导电性微粒子树脂构件，55- 切断线，56- 长方形构件。

具体实施方式

[0041] 以下，对实施了本发明的优选方式的一例进行说明。

[0042] （第一实施方式）

[0043] 图 1 是第一实施方式的压电致动器的简要立体图。图 2 是图 1 中的 II - II 线部分的简要剖面图。图 3 是图 1 中的 III - III 线部分的简要剖面图。图 4 是图 1 中的 IV - IV 线部分的简要剖面图。图 5 是图 1 中的 V - V 线部分的简要剖面图。

[0044] 如图 1 所示，压电致动器 1 具备柱状的致动器主体 10。详细而言，在本实施方式中，致动器主体 10 形成为长方体形状。致动器主体 10 具备：长方体形状的压电体 20、长方体形状的平衡锤 40。

[0045] 如图 1 ~ 图 5 所示，压电体 20 具有第一及第二端面 20a、20b 和第一 ~ 第四侧面 20c ~ 20f。第一及第二端面 20a、20b 沿着长度方向 L 及宽度方向 W。第一及第二端面 20a、20b 在高度方向 H 上相互对置。第一及第二侧面 20c、20d 被设置为沿着高度方向 H 及长度方向 L。第三及第四侧面 20e、20f 被设置为沿着高度方向 H 及宽度方向 W。

[0046] 压电体 20 实际上由 PZT（钛酸锆酸铅）系陶瓷等压电陶瓷构成。如图 1 及图 3 所示，在压电体 20 的内部设置有多个第一及第二内部电极 21、22。多个第一及第二内部电极 21、22 沿着高度方向 H 交替配置。如图 1 ~ 图 3 所示，第一及第二内部电极 21、22 隔着压电体层 20g 在高度方向 H 上相互对置。在本实施方式中，多个第一及第二内部电极 21、22 中的位于与接合有平衡锤 40 的第一端面 20a 最靠近侧的内部电极为第二内部电极 22。

[0047] 如图 2 ~ 图 4 所示，具体而言，第一及第二内部电极 21、22 各自被设置为沿着长度方向 L 和宽度方向 W。第一内部电极 21 除了第二侧面 20d 之外，向第一、第三及第四侧面 20c、20e、20f 露出。另一方面，第二内部电极 22 除了第一侧面 20c 之外，向第二 ~ 第四侧面

20d ~ 20f 露出。

[0048] 第一及第二内部电极 21、22 例如由 Ag、Cu、Pt、Au、Ni、Pd 等金属、或 Ag-Pd 合金等以上述金属中的至少一种以上为主要成分而包含的合金等形成。

[0049] 如图 1 及图 3 所示,长方体形状的平衡锤 40 与压电体 20 的第一端面 20a 接合。平衡锤 40 与压电体 20 的接合方法不受特别限定,在本实施方式中,由粘结剂粘结平衡锤 40 和压电体 20,从而接合平衡锤 40 和压电体 20。在平衡锤 40 和压电体 20 的粘结中所使用的粘结剂不受特别的限定,优选利用弹性模量较高的粘结剂对平衡锤 40 和压电体 20 进行粘结。由此能够抑制由粘结剂引起的振动吸收。因此,能够有效地抑制压电致动器 1 的变位量减小的情况。另外,作为弹性模量较高的粘结剂的具体例子,例如可以举出以环氧系树脂为主要成分的粘结剂等。

[0050] 平衡锤 40 具备第一及第二端面 40a、40b 和第一~第四侧面 40c ~ 40f。平衡锤 40 的第一端面 40a 与压电体 20 的第一端面 20a 接合。平衡锤 40 的第一侧面 40c 与压电体 20 的第一侧面 20c 相连。即,平衡锤 40 的第一侧面 40c 与压电体 20 的第一侧面 20c 位于同一平面上。平衡锤 40 的第二侧面 40d 与压电体 20 的第二侧面 20d 相连。即,平衡锤 40 的第二侧面 40d 与压电体 20 的第二侧面 20d 位于同一平面上。

[0051] 平衡锤 40 具有导电性。这里,所谓“平衡锤具有导电性”是指平衡锤 40 的第一侧面 40c 和第二侧面 40d 之间的电阻在 $1k \Omega$ 以下。

[0052] 另外,平衡锤 40 具有比压电体 20 的密度还高的密度。详细而言,优选平衡锤 40 的密度为压电体 20 的密度的 1.6 倍以上。此时,能够使得压电致动器 1 的变位的重心位于更靠近平衡锤 40 侧。因此,能够进一步增大压电致动器 1 的第二端面 20b 侧的端部的变位量。平衡锤 40 的密度相对于压电体 20 的密度的大小(平衡锤 40 的密度 / 相对于压电体 20 的密度)的上限不受特别的限定,例如可以设定为 2.4 倍。

[0053] 形成平衡锤 40 的材料具有导电性,只要是密度高于压电体 20 的材料,就不受特别的限定。例如可以由分散有金属、合金,或者金属微粒子或合金微粒子等导电性微粒子的树脂等形成平衡锤 40。尤其是,优选由分散有导电性微粒子的树脂构件构成平衡锤 40。分散有导电性微粒子的树脂构件例如与金属构件等相比,加工性好,并且在通过切削来制作平衡锤 40 的情况下,飞边等不易产生,并能够抑制平衡锤 40 的重量不均。因此,稳定地制造规定变位量的压电致动器 1 变得容易。

[0054] 但是,在由分散了导电性微粒子的树脂形成平衡锤 40 的情况下,存在导电性微粒子经时性从平衡锤 40 脱落的可能性。不过,在本实施方式中,如后所述在平衡锤 40 的侧面形成有导电层 31、32,因此能够有效地抑制导电性粒子从平衡锤 40 脱落的情况。

[0055] 另外,由于在平衡锤 40 的侧面形成导电层 31、32,因此抑制在平衡锤 40 上带静电。由此,能够抑制在平衡锤 40 上附着灰尘等异物。

[0056] 另外,作为在平衡锤 40 的形成中所使用的导电性微粒子的具体例,例如可以举出:钨微粒子、铁微粒子、铜微粒子等金属微粒子或不锈钢微粒子等合金微粒子等。将导电性微粒子的平均粒径可以设定为 $5 \sim 100 \mu m$ 左右。作为在平衡锤 40 的形成中所使用的树脂的具体例,例如可以举出:丙烯腈丁二烯苯乙烯、聚酰胺、聚碳酸酯、聚苯硫醚等。

[0057] 如图 1 及图 3 所示,在致动器主体 10 的一个侧面和与该一个侧对置的另一侧面上形成第一及第二导电层 31、32。具体而言,第一导电层 31 形成在压电体 20 的第一侧面

20c 和平衡锤 40 的第一侧面 40c 上。第一内部电极 21 与第一导电层 31 连接。另一方面,第二导电层 32 形成在压电体 20 的第二侧面 20d 和平衡锤 40 的第二侧面 40d 上。第二内部电极 22 与第二导电层 32 连接。

[0058] 第一及第二导电层 31、32 与第一及第二内部电极 21、22 同样地,例如能够由 Ag、Cu、Pt、Au、Ni、Pd 等金属、或 Ag-Pd 合金等以上述金属中的至少一种以上为主要成分而包含的合金等适当的导电材料形成。

[0059] 优选第一及第二导电层 31、32 由金属薄膜或合金薄膜构成。此时能够降低第一及第二导电层 31、32 的电阻,因此能够提高压电致动器 1 的驱动效率。

[0060] 在本实施方式中,在压电致动器 1 上形成有从第一导电层 31 的表面直到致动器主体 10 的内部的槽 35。槽 35 相对于压电体 20 的第一端面 20a 平行。在本实施方式中,槽 35 位于在高度方向 H 上与压电体 20 重叠的位置。详细而言,槽 35 形成于在高度方向 H 上比多个第一及第二内部电极 21、22 中的位于与压电体 20 的第一端面 20a 最靠近侧的第二内部电极 22a 还靠近第二端面 20b 侧的、比多个第一内部电极 21 中的位于与压电体 20 的第一端面 20a 最靠近侧的第一内部电极 21a 还靠近第一端面 20a 侧的位置。

[0061] 槽 35 形成为从第三侧面 20e 直到第四侧面 20f。换言之,槽 35 在长度方向 L 上形成在压电致动器 1 的整体上。由此,第一导电层 31 由槽 35 分割为:与第一内部电极 21 连接但不与平衡锤 40 连接的第一部分 31a;与平衡锤 40 连接但不与第一内部电极 21 连接的第二部分 31b。在本实施方式中,由第一部分 31a 构成第一外部电极 33。由第二导电层 32、平衡锤 40、第一导电层 31 的第二部分 31b 构成第二外部电极 34。

[0062] 接着,对本实施方式中的压电致动器 1 的制造方法进行说明。首先,准备图 6 中所示的母层叠体 50。具体而言,将形成了用于形成第一及第二内部电极 21、22 的导电图案的陶瓷印制电路基板 (ceramic green sheet) 层叠多个,而且利用粘结剂对用于形成平衡锤 40 的含有导电性微粒子树脂构件进行接合。由此来准备母层叠体 50,该母层叠体 50 具备:压电体 51,其具有第一及第二主面 51a、51b,且在该压电体的内部以在厚度方向上对置的方式形成有第一及第二内部电极 52、53;含有导电性微粒子树脂构件 54,其与压电体 51 的第一主面 51a 接合。接着,将母层叠体沿着在图 6 中以单点划线表示的切断线 55 分割为多个,从而形成多个致动器主体 10(参照图 1)。

[0063] 接着,在多个致动器主体 10 各自的第一侧面及第二侧面上形成第一及第二导电层 31、32。第一及第二导电层 31、32 的形成方法不受特别的限定,也可以通过丝网印刷法等印刷法涂敷导电性浆之后,进行烧结而形成。另外,也可以由溅射法、CVD 法等蒸镀法、离子镀膜法等薄膜形成方法形成第一及第二导电层 31、32。在由薄膜形成法形成第一及第二导电层 31、32 的情况下,导电层的形成工序中的温度低于通过 Ag 浆等导电性浆的印刷及烧结来形成第一及第二导电层 31、32 的情况的温度。因此能够抑制粘结压电体 20 与平衡锤 40 的粘结剂的恶化。另外,也可以使用热耐久性较低的粘结剂。例如,也可以使用以弹性模量较高的环氧系树脂为主要成分的粘结剂。

[0064] 接着,通过在第一导电层 31 上形成槽 35 而完成压电致动器 1 的制作。另外,优选通过切割来进行槽 35 的形成。

[0065] 按照以上所述形成母层叠体 50,通过将它分割为多个而形成致动器主体 10,从而能够一次形成多个致动器主体 10。因此,能够容易地制作多个压电致动器 1。

[0066] 另外,在上述制造方法的说明中,说明了将母层叠体 50 分别沿着宽度方向 W 及长度方向 L 分割,从而形成致动器主体 10 之后,形成第一及第二导电层 31、32 的例。但是,未必在形成致动器主体 10 之后才形成第一及第二导电层 31、32。例如也可以按照以下的步骤形成第一及第二导电层 31、32。即,将母层叠体 50 沿着长度方向 L 分割而形成多个致动器主体 10 在长度方向 L 上相连的多个长方形构件 56。在面向多个长方形构件 56 各自的宽度方向 W 的两个侧面形成第一及第二导电层 31、32。然后,将形成第一及第二导电层 31、32 后的多个长方形构件 56 各自沿着与长度方向 L 正交的宽度方向 W 分割,从而形成多个形成有第一及第二导电层 31、32 的致动器主体 10。

[0067] 不过,例如如图 7 中所示,也可以考虑在导电层 131、132 上不形成槽,将导电层 131、132 通过薄膜形成方法在高度方向 H 上与导电性平衡锤 140 隔离来形成,从而防止导电层 131、132 之间的短路。但是,以高的位置精度配置掩模、以高的形状精度形成掩模为较困难,并且掩模与致动器主体 10 的热膨胀量差等原因,以高的位置精度保持掩模是较困难的。由此需要增大导电层 131、132 与平衡锤 140 之间的距离 L2。在薄膜的形成方法中,通常位置精度为 $\pm 0.05\text{mm}$ ($\pm 50\ \mu\text{m}$) 左右,由此需要将 L2 设定为 0.1mm 以上。由此导电层 131、132 与平衡锤 140 之间的未配置内部电极 121、122 的对压电致动器的伸缩没有贡献的非活性区域的沿高度方向 H 的尺寸变大。因此压电致动器大型化。

[0068] 相对于此,在本实施方式中,第一导电层 31 被槽 35 分割为第一部分 31a 和第二部分 31b,由此第一外部电极 33 与第二外部电极 34 之间被绝缘。因此在形成第一导电层 31 时,不需要高精度的、定位等较困难的掩模。另外,槽 35 可以通过切割来以细的槽宽在准确的位置形成。具体而言,如果利用切割来形成,槽 35 的位置精度就一般成为 $10\ \mu\text{m}$ 以下。由此能够减小非活性区域的沿高度方向 H 的尺寸。因此,能够抑制压电致动器的大型化。

[0069] 即,通过使用具有导电性、密度高的平衡锤 40,由槽 35 对第一外部电极 33 与第二外部电极 34 之间进行绝缘,从而能够实现端部的变位量较大、且小型的压电致动器 1。

[0070] 另外,在本实施方式中,如图 1 及图 3 中所示,槽 35 在比位于最靠近第一端面 20a 侧的第二内部电极 22a 还靠近第二端面 20b 侧形成。即,槽 35 在活性区域中形成。因此,不必为了形成槽 35 而对非活性区域进行扩大。因此能够实现更小型的压电致动器 1。

[0071] 另外,在本实施方式中,由槽 35 来分割第一导电层 31 的第一部分 31a 和第二部分 31b,所以形成第一及第二导电层 31、32 的位置精度不那么高也可以。因此能够容易地形成第一及第二导电层 31、32。

[0072] 另外,在压电体 20 接合有平衡锤 40 的压电致动器 1 中,压电体 20 的在活性区域中产生的变形的量与压电体 20 的在非活性区域及平衡锤 40 中产生的变形的量具有差异,由此在驱动时对压电体 20 与平衡锤 40 的接合部施加应力,所以接合部容易损坏。相对于此,在本实施方式中,在压电体 20 和平衡锤 40 的接合部形成有槽 35。因此作用在压电体 20 与平衡锤 40 的接合部上的应力被缓和。因此,能够有效地抑制压电体 20 与平衡锤 40 的接合部的损坏。

[0073] 另外,在本实施方式中,在平衡锤 40 具有导电性的情况下,若在第一及第二导电层 31、32 中含有 Ag 或 Cu 等容易迁移的材料,则由于在驱动时产生的第一导电层 31 的第一部分 31a 和平衡锤 40 及第二部分 31b 之间的电压差而 Ag 或 Cu 等产生迁移,因此存在第一及第二外部电极 33、34 短路的可能性。但是,在本实施方式中,第一部分 31a 和第二部分

31b 被槽 35 分割。因此,第一部分 31a 和第二部分 31b 之间的表面上的距离被加长。因此可以有效地抑制由 Ag 或 Cu 的迁移而产生的短路不良。反过来说,通过设置槽 35,能够使得第一部分 31a 和第二部分 31b 之间的表面上的长度大于未设置槽 35 的情况,由此即使槽 35 的宽度较小,也能够抑制 Ag 或 Cu 的迁移。具体而言,例如在槽 35 的横截面为矩形形状,且纵横比为 1 的情况下,与未设置槽 35 的情况相比,能够使第一部分 31a 和第二部分 31b 之间的表面上的长度增长槽 35 的宽度的两倍份。因此,能够使第一部分 31a 和第二部分 31b 之间的距离缩短槽 35 的宽度的两倍份。其结果,能够实现压电致动器 1 的小型化。

[0074] 另外,在本实施方式中,第二导电层 32 与平衡锤 40 连接,因此第二外部电极 34 的一部分与第一外部电极 33 位于同一平面上。由此,能够从单侧与第一及第二外部电极 33、34 探头接触,所以能够容易地进行压电体层 20g 的极化。另外,在配线基板等上的实装也容易。

[0075] 另外,在本实施方式中,对压电体 20 为长方体形状的情况进行了说明,但压电体 20 的形状,只要是具有第一端面及第二端面及第一侧面及第二侧面的柱状,就不受特别的限定。例如,压电体也可以为六棱柱形状或八棱柱形状等多棱柱形状。

[0076] 以下,对实施了本发明的优选方式的其它例进行说明。另外,在以下的说明中,以共同的符号来参照具有与上述第一实施方式实质上通用功能的构件,且省略其说明。

[0077] (第二及第三实施方式)

[0078] 在上述第一实施方式中,说明了设置分割第一导电层 31 的槽 35 的例子。但是,在本实施方式中,槽也可以不分割第一导电层。例如,如图 8 中所示,也可以设定槽 36,该槽将第二导电层 32 分割为:与第二内部电极 22 连接但不与平衡锤 40 连接的第一部分 32a;与平衡锤 40 连接但不与第二内部电极 22 连接的第二部分 32b。另外,槽 36 与第一端面 20a 平行。槽 36 形成为从第二导电层 32 的表面到压电体 20 的内部为止。

[0079] 另外,如图 9 中所示,也可以设置槽 35 和槽 36 这两者。此时,第一及第二外部电极 33、34 各自与平衡锤 40 之间被绝缘。

[0080] (第四~第六实施方式)

[0081] 在上述第一实施方式中,对槽 35 形成在第一导电层 31 及压电体 20 上的情况进行了说明。但是,本发明不限于该结构。例如,如图 10 中所示,也可以槽 35 的一部分在平衡锤 40 上形成。在图 10 中,槽 35 的压电体 20 的第二端面 20b 侧的侧壁 35a 位于比压电体 20 的第一端面 20a 还靠近第二端面 20b 侧,槽 35 遍及平衡锤 40 和压电体 20 而形成。

[0082] 另外,如图 11 中所示,也可以将槽 35 只在平衡锤 40 上形成,而不在压电体 20 上形成。具体而言,也可以形成为槽 35 的侧壁 35a 与压电体 20 的第一端面 20a 成同一平面。此外,如图 12 中所示,槽 36 也可以形成为如下:和槽 35 一起,槽 36 的侧壁 36a 与压电体 20 的第一端面 20a 成同一平面。

[0083] 这样,由于不在压电体 20 上形成槽 35、36,因此能够抑制裂缝等在压电体 20 中产生。

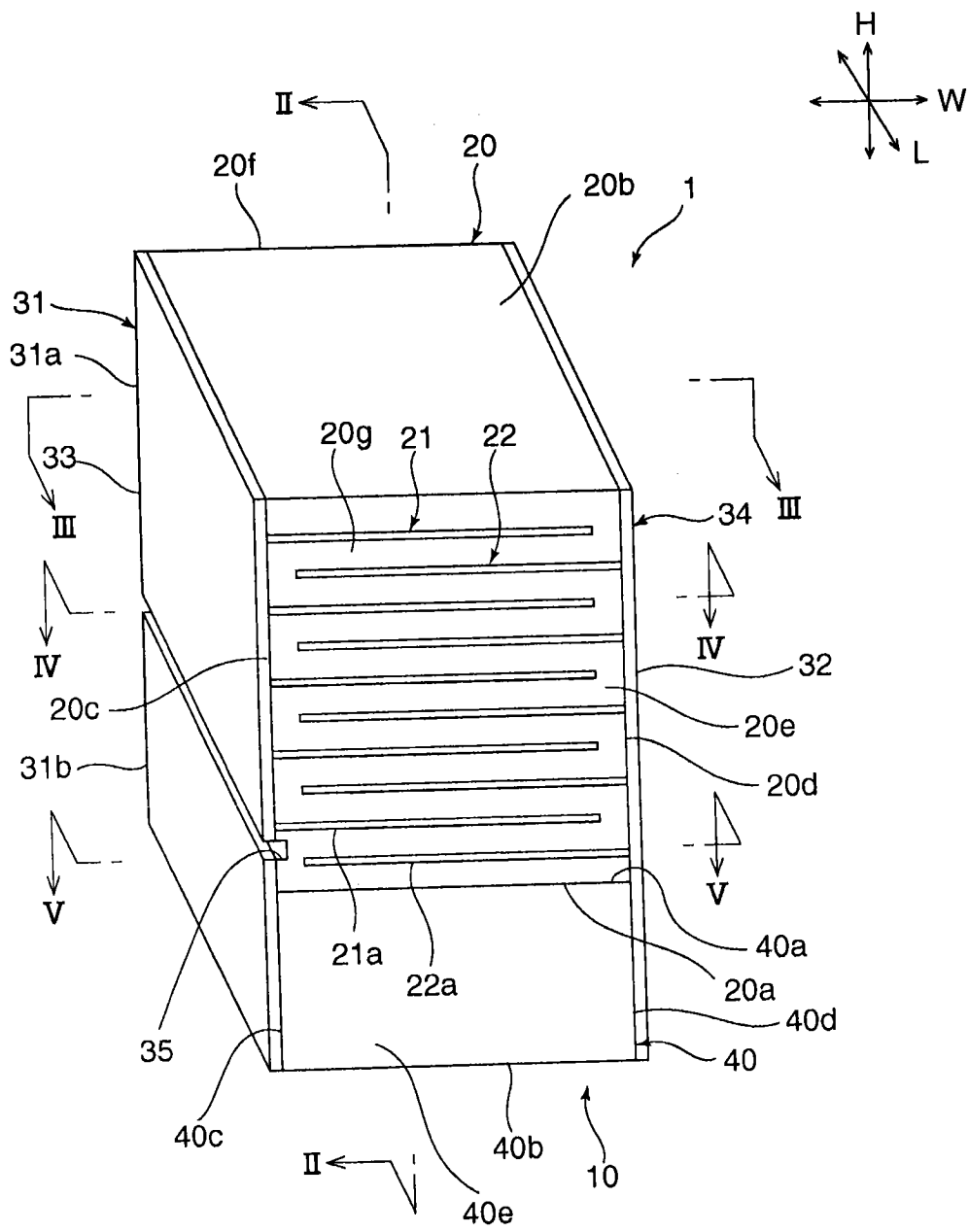


图 1

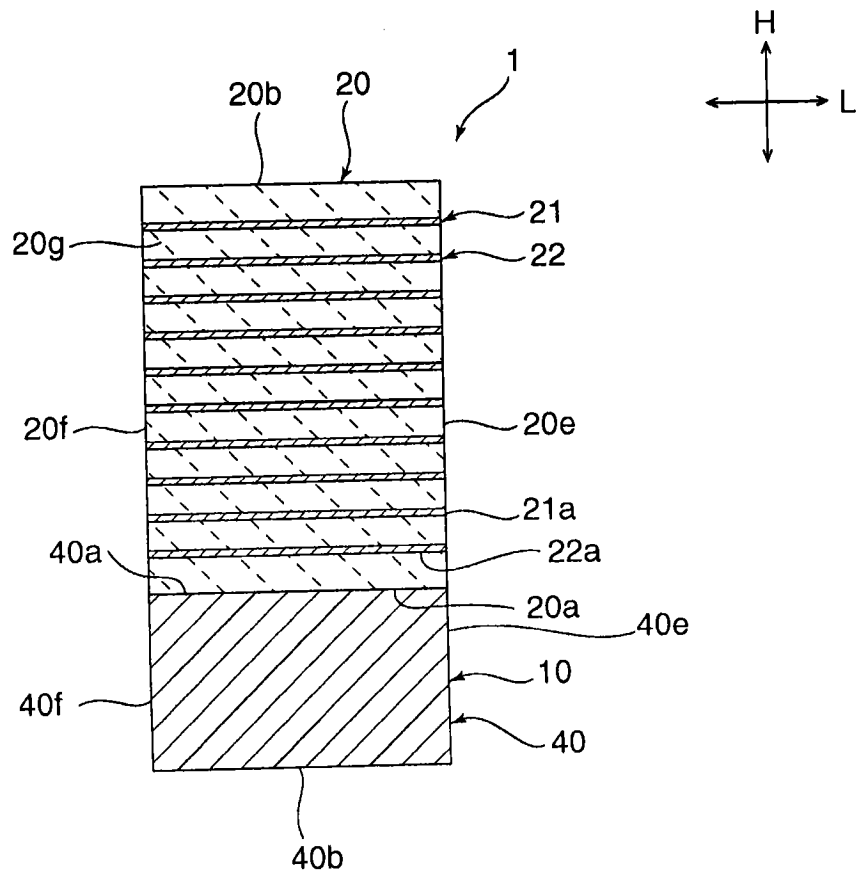


图 2

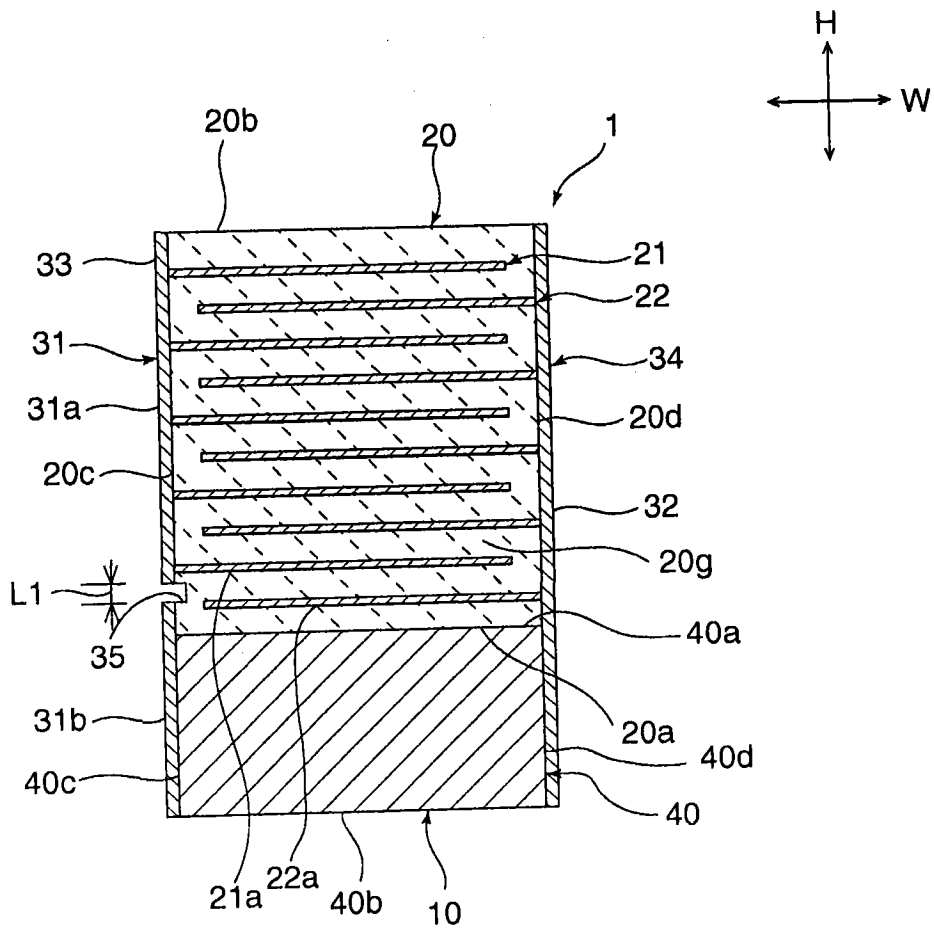


图 3

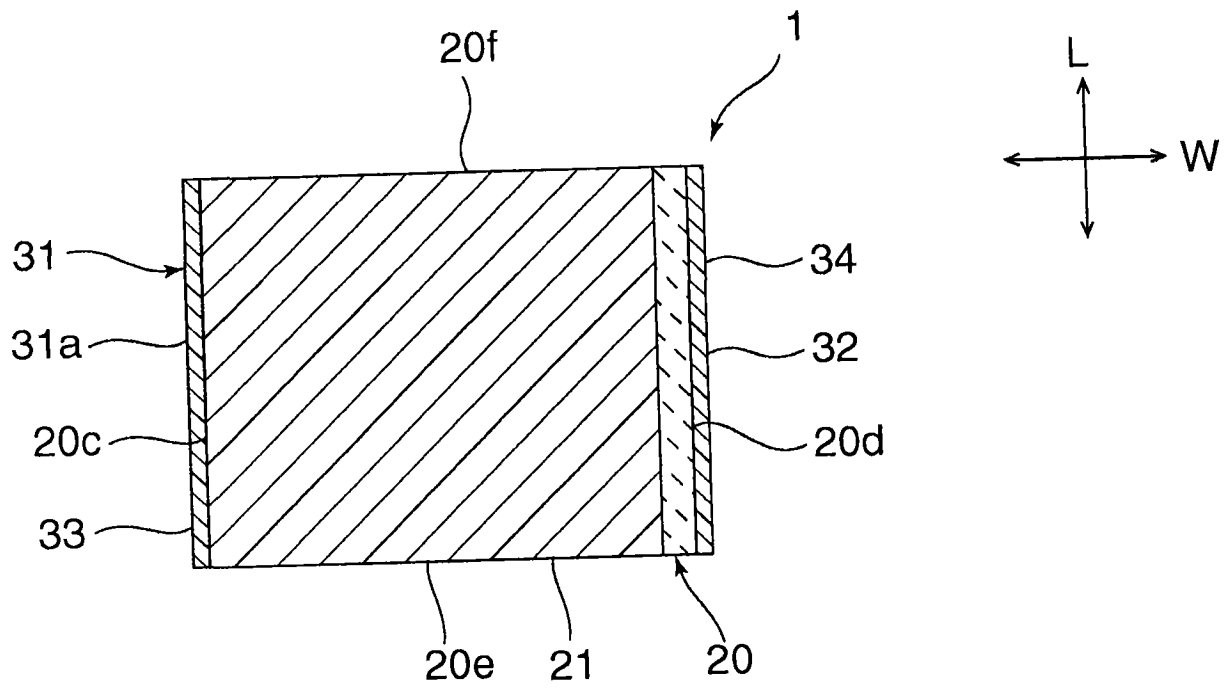


图 4

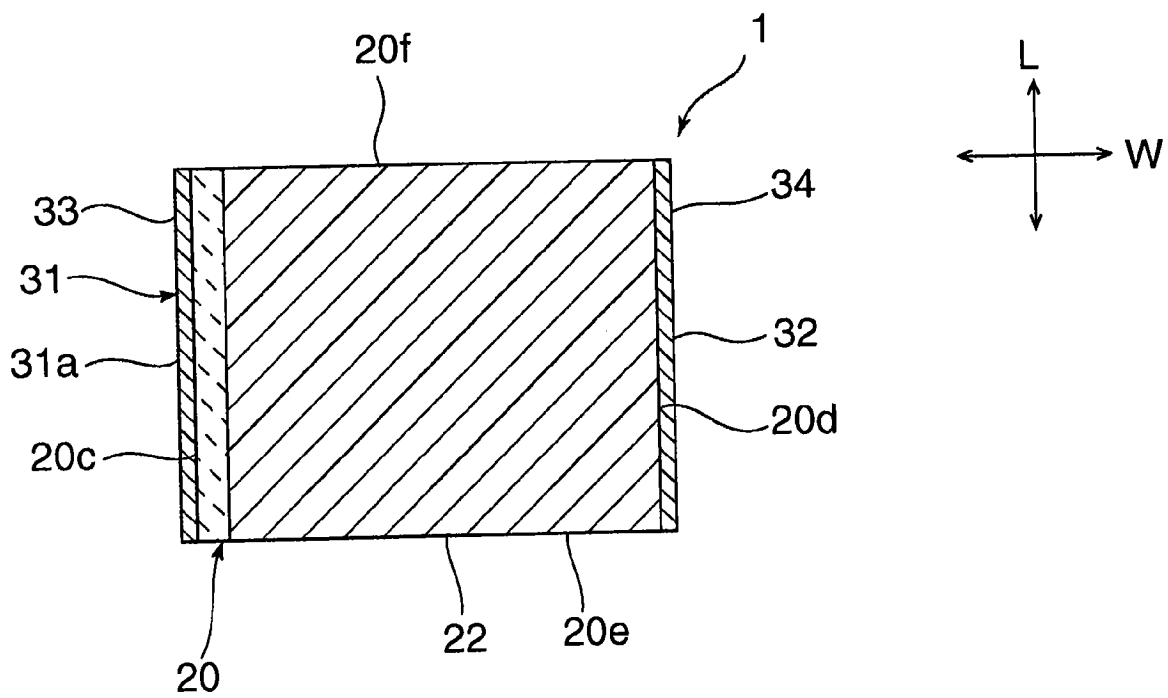


图 5

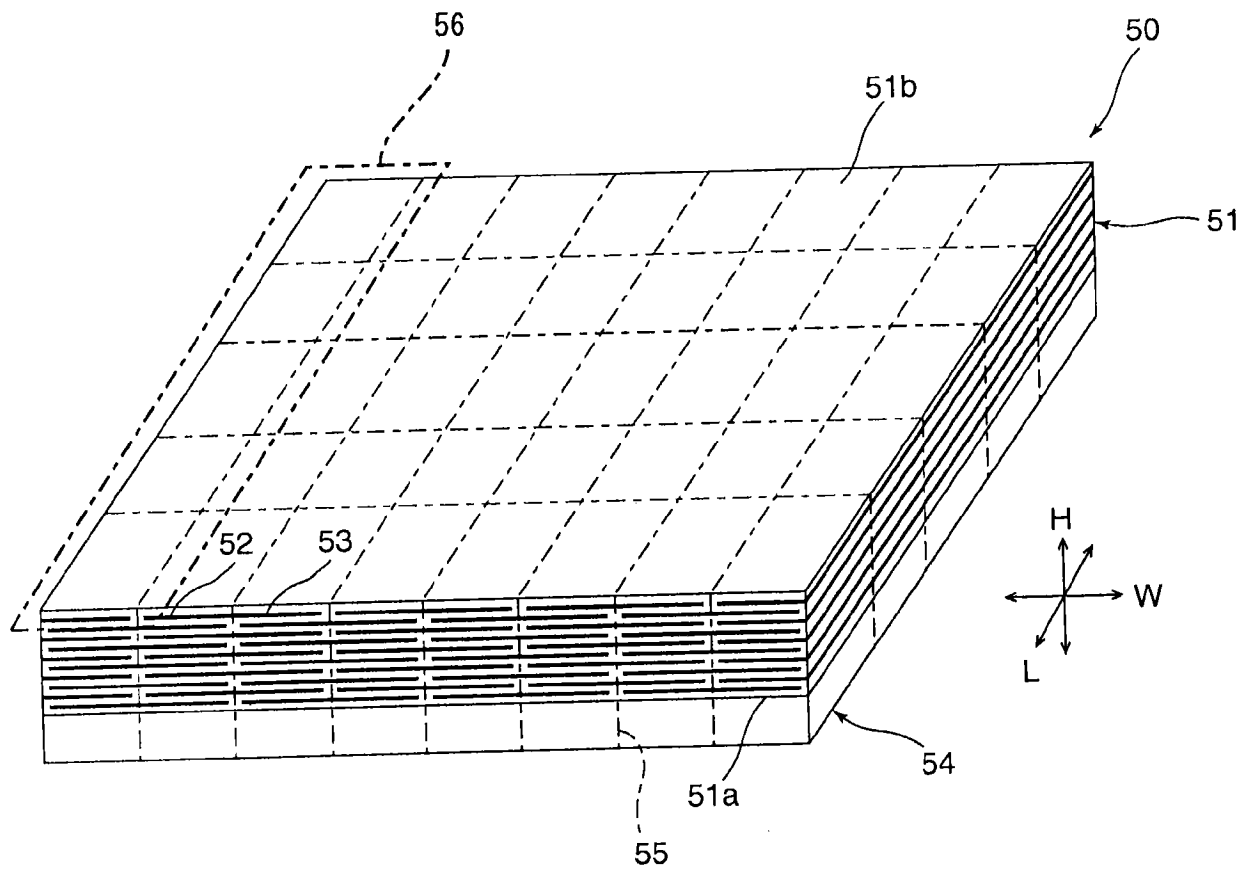


图 6

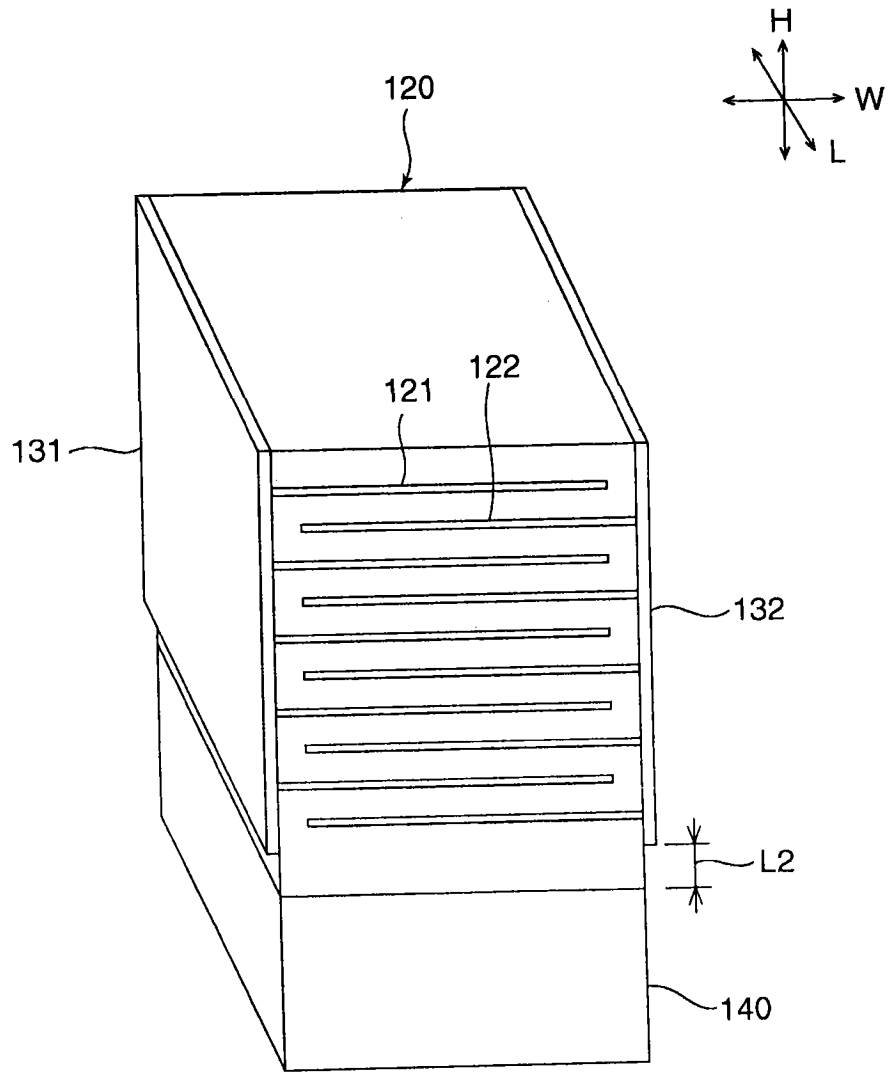


图 7

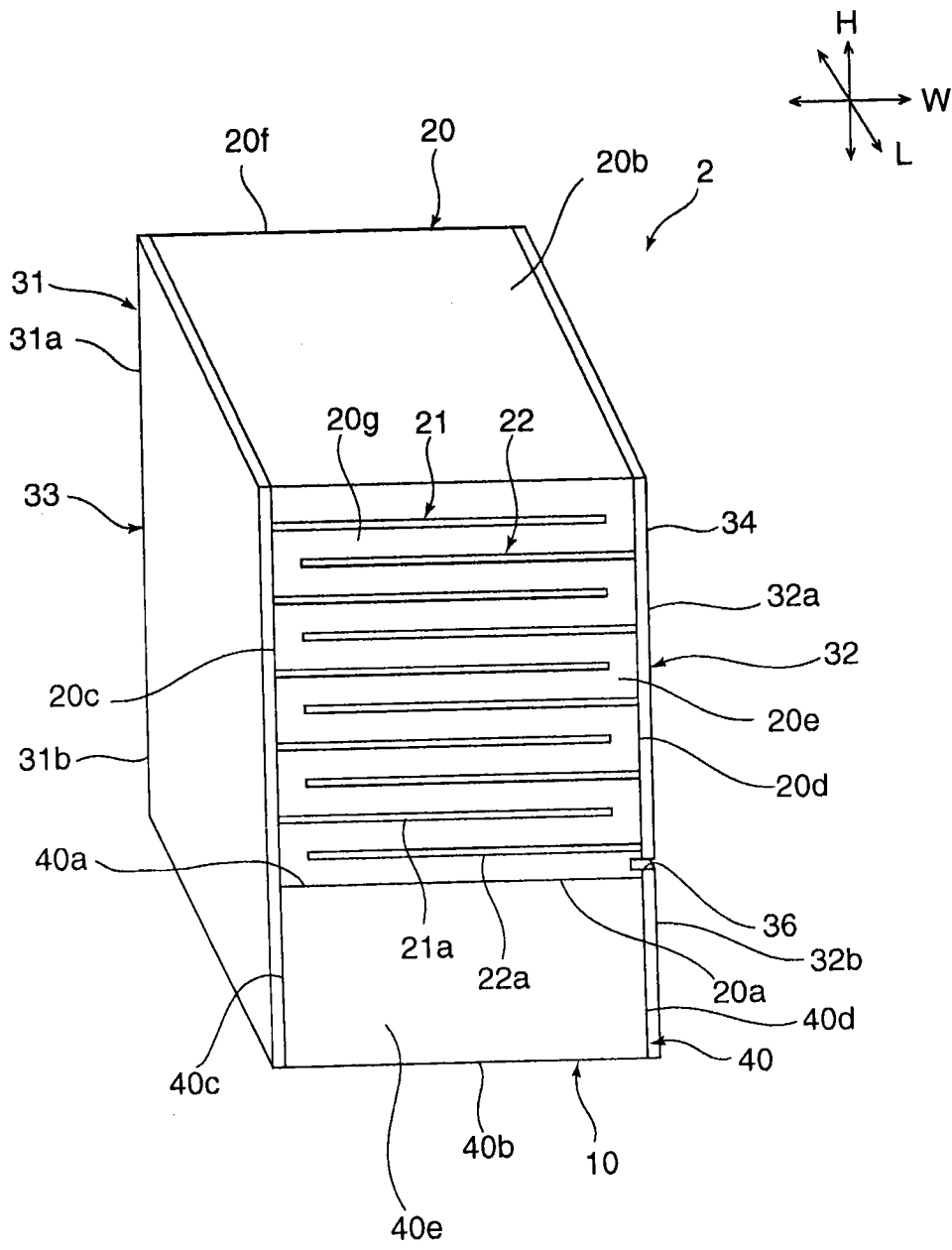


图 8

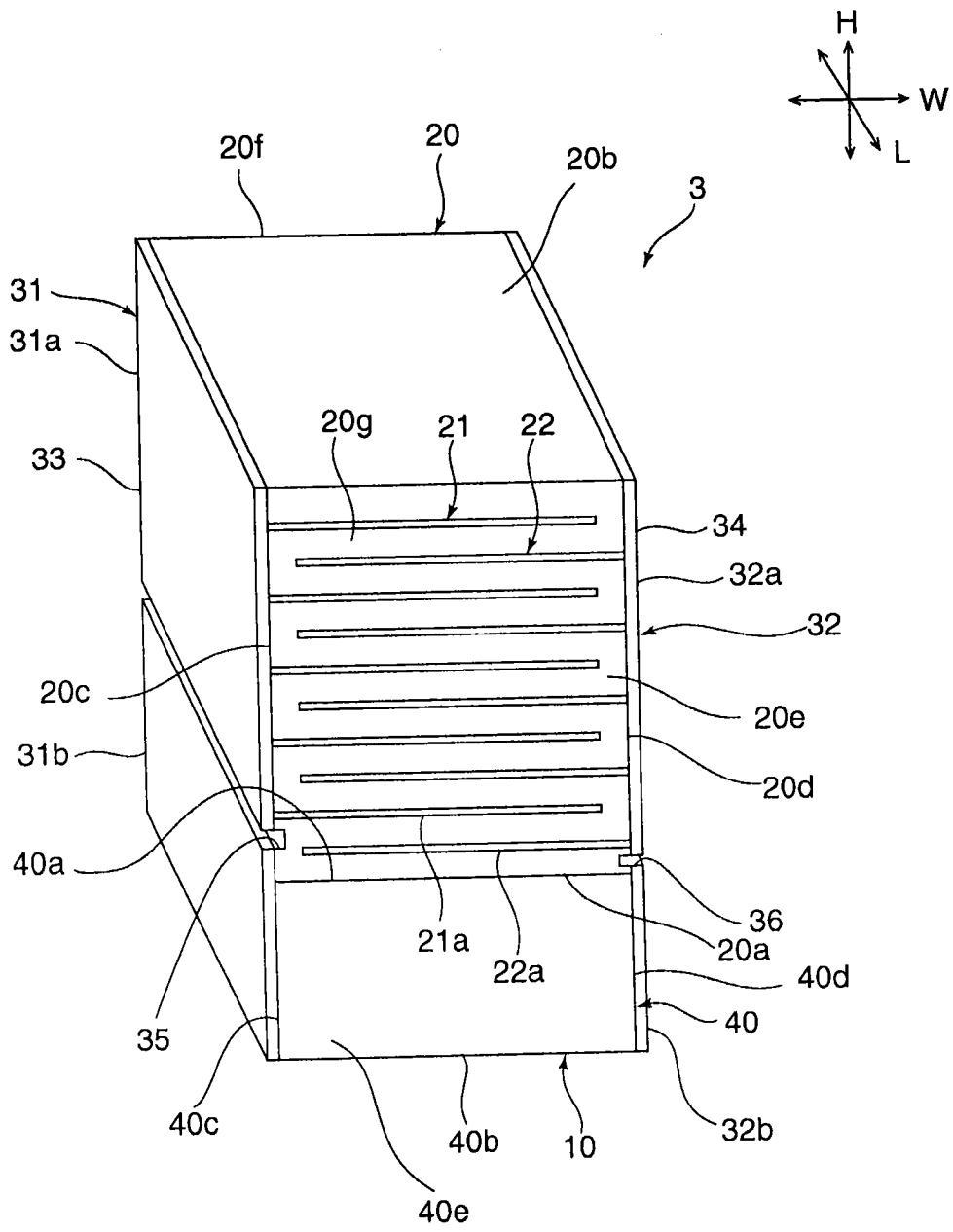


图 9

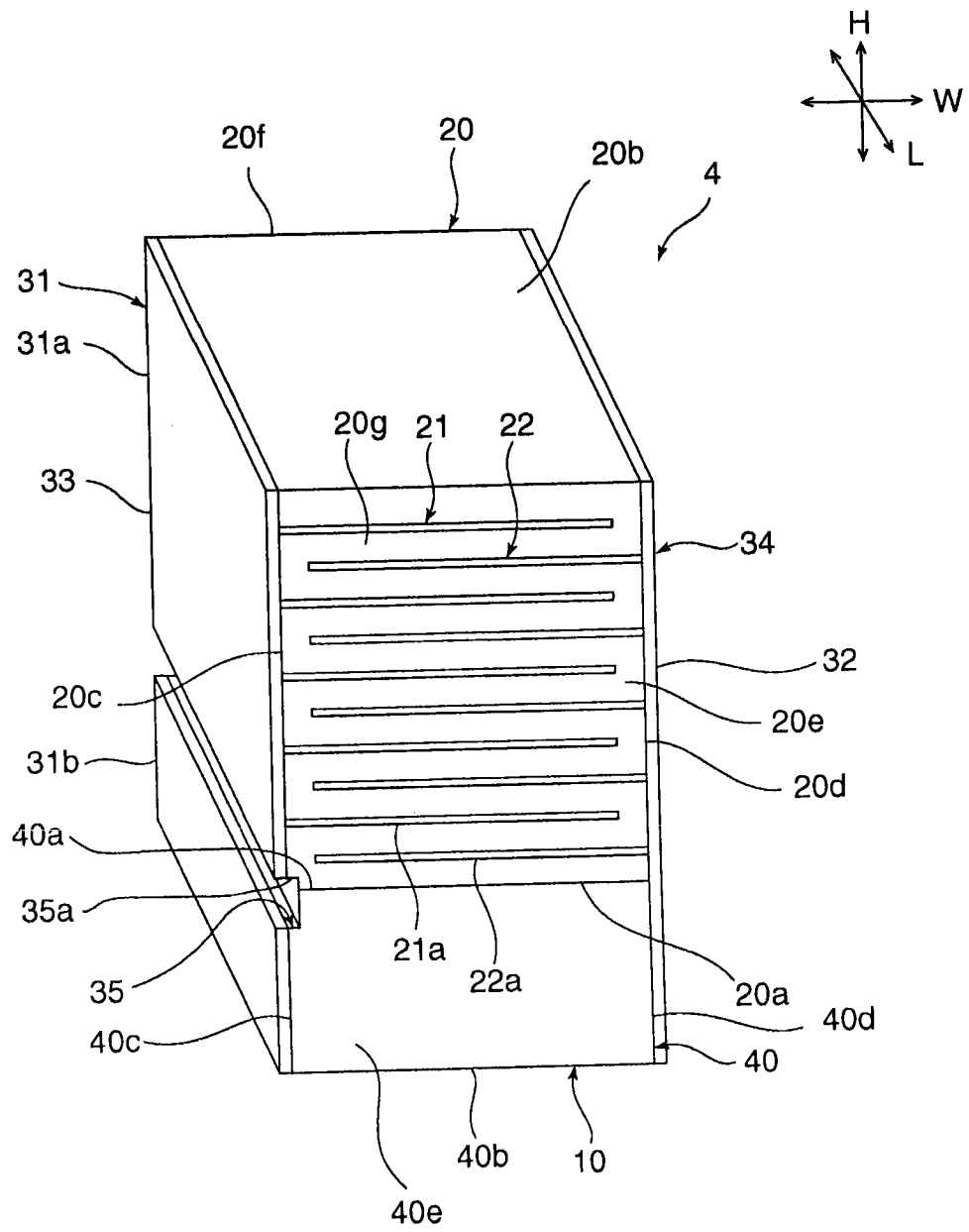


图 10

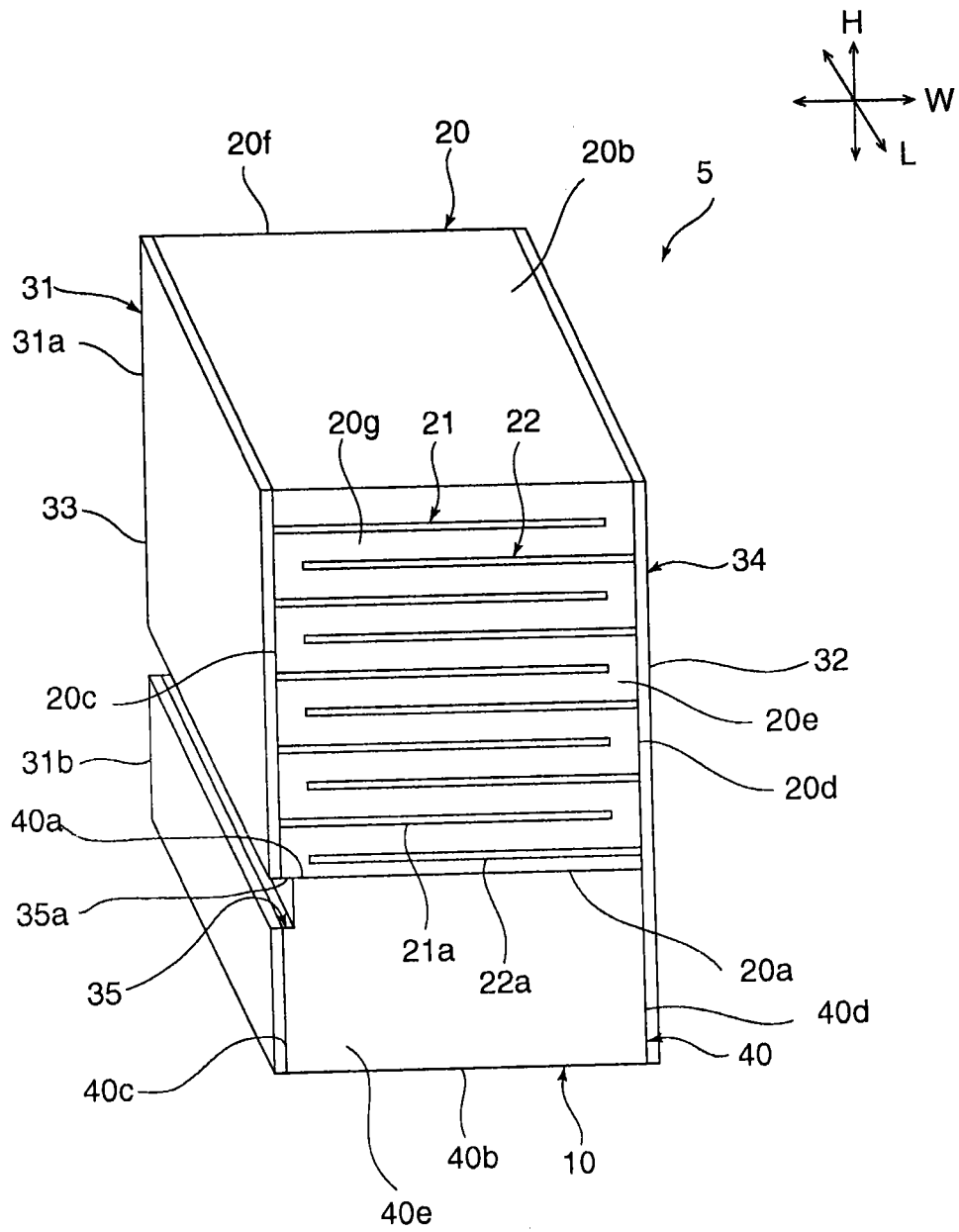


图 11

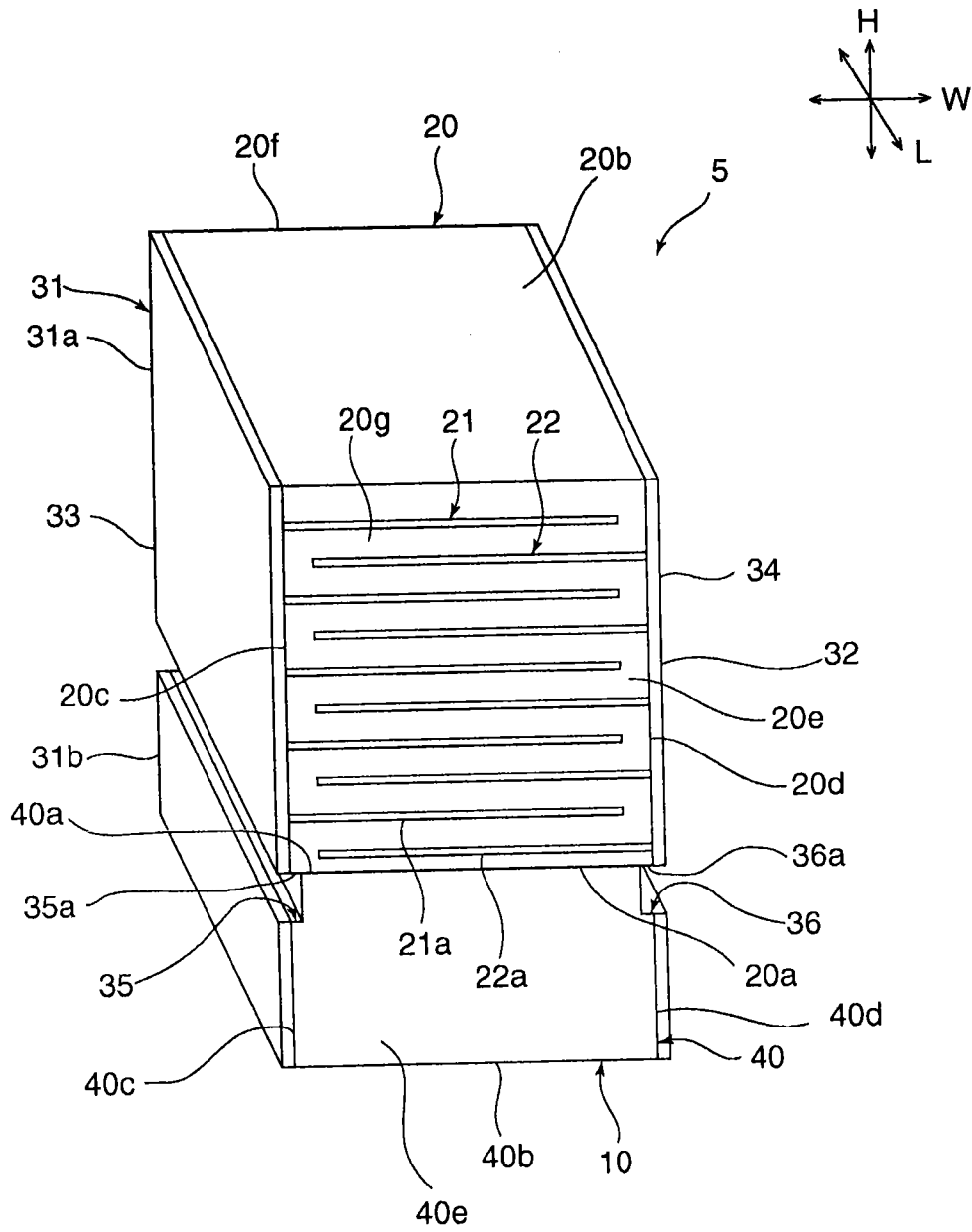


图 12

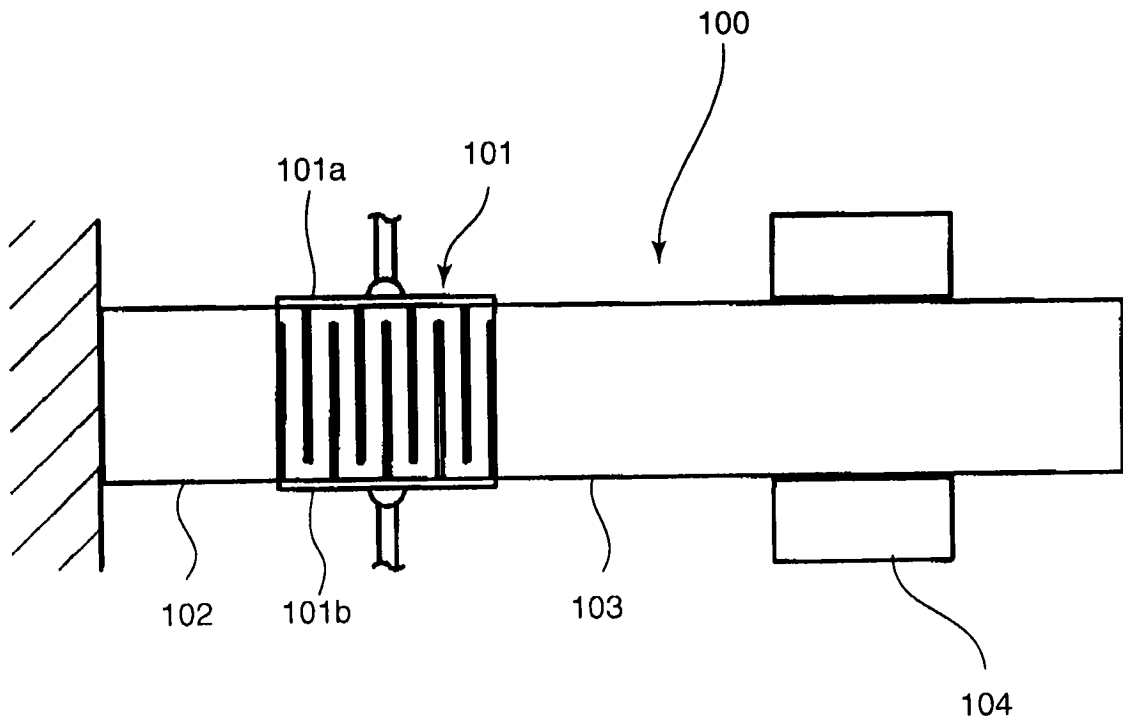


图 13