



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102107199 B

(45) 授权公告日 2013. 12. 25

(21) 申请号 201010559658. 8

(22) 申请日 2010. 11. 23

(30) 优先权数据

2009-269316 2009. 11. 26 JP

(73) 专利权人 佳能株式会社

地址 日本东京

(72) 发明人 伊福俊博 古田达雄 斋藤宏

武田宪一

(74) 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专

利商标事务所 11038

代理人 杨国权

(51) Int. Cl.

B08B 7/02 (2006. 01)

审查员 赵蕾

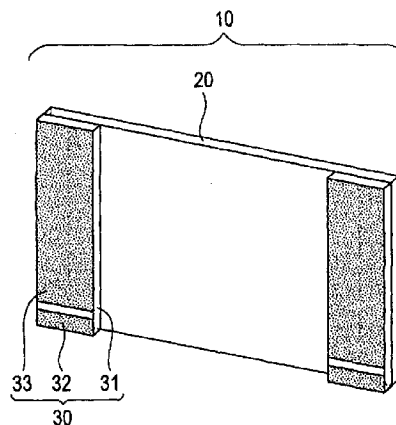
权利要求书1页 说明书13页 附图9页

(54) 发明名称

除尘装置和除尘方法

(57) 摘要

本发明涉及除尘装置和除尘方法。本发明提供了一种易于固定并能够有效地利用压电装置的固有位移能力且实现高除尘性能的除尘装置。在该压电装置中,第一电极和第二电极被彼此相对地布置在压电装置的板表面上,压电装置的第一电极平面被固定接合到振动板的板表面,使形成压电装置的压电材料在与第一电极平面平行的方向上极化,压电装置通过压电装置的第二电极平面被固定到基底,并且压电装置产生以固定的第二电极平面为参考平面的厚度切变振动。由压电装置产生的压电振动在振动板中产生弯曲振动,从而去除附着到振动板的表面的尘埃。



1. 一种要被设置在基底上的除尘装置,包括:

板式的压电装置,所述板式的压电装置包括板式的压电材料和在所述压电材料的板表面上彼此相对地布置的一对电极;以及

振动板;

其中所述压电装置具有固定接合到所述振动板的板表面的第一电极平面,

其中所述压电材料被与所述第一电极平面平行地或者在相对于与所述第一电极平面平行的平面倾斜不大于 10° 的方向上极化,以及

其中所述除尘装置通过所述压电装置的第二电极平面被固定到所述基底。

2. 根据权利要求 1 所述的除尘装置,其中所述压电装置产生以所述第二电极平面为参考平面的厚度切变振动。

3. 根据权利要求 1 所述的除尘装置,其中所述压电装置和所述振动板在小于所述振动板的面积的 $1/2$ 的面积上互相接触。

4. 根据权利要求 1 所述的除尘装置,

其中所述压电装置是长方体形状,以及

其中所述压电材料具有与所述长方体形状的任意一边平行的极化轴方向。

5. 根据权利要求 1 所述的除尘装置,其中所述压电装置被布置在所述振动板的板表面的端部上。

6. 根据权利要求 1 所述的除尘装置,其中所述压电装置被设为多个。

7. 根据权利要求 6 所述的除尘装置,其中至少一对所述压电装置被布置为隔着所述振动板的中央区域彼此相对,所述压电材料中的每一个具有与该对压电装置彼此相对的方向平行的极化轴方向。

8. 根据权利要求 1 所述的除尘装置,其中所述压电材料具有等于或小于 1000ppm 的铅含量。

9. 根据权利要求 1 所述的除尘装置,其中所述压电材料包括包含钛酸钡为主要成分的压电陶瓷。

10. 根据权利要求 1 所述的除尘装置,其中所述振动板由光学材料形成。

11. 一种经由板式的压电装置去除附着到设置在基底上的振动板的尘埃的除尘方法,所述板式的压电装置包括板式的压电材料和在所述压电材料的板表面上彼此相对地布置的一对电极,所述除尘方法包括:

将所述压电装置的第一电极平面固定接合到所述振动板的板表面,将所述压电装置的第二电极平面固定到所述基底,并且在使所述压电材料与所述第一电极平面平行地或者在相对于与所述第一电极平面平行的平面倾斜不大于 10° 的方向上极化之后驱动和振动所述压电装置;以及

通过所述压电装置的振动在所述振动板中产生振动,从而去除附着到所述振动板的表面的尘埃。

12. 根据权利要求 11 所述的除尘方法,其中所述压电装置产生以所述第二电极平面为参考平面的厚度切变振动。

除尘装置和除尘方法

技术领域

[0001] 本发明涉及去除附着到诸如数字照相机的图像拾取装置和图像拾取装置内包含的光学组件的表面的尘埃的技术,更具体地,涉及通过应用振动来去除尘埃的除尘装置和除尘方法。

背景技术

[0002] 在用于通过将图像信号转换为电信号来拾取图像的诸如数字照相机的图像拾取装置中,通过诸如电荷耦合器件 (CCD) 或互补金属氧化物半导体 (CMOS) 的图像拾取元件来接收摄影光通量。然后,从图像拾取元件输出的光电转换信号被转换为图像数据,图像数据被记录在诸如存储卡的记录介质上。在这种图像拾取装置中,光学低通滤波器和红外截止滤波器布置在图像拾取元件的前面(被拍摄体侧)。

[0003] 在这种类型的图像拾取装置中,当尘埃附着到图像拾取元件的覆盖玻璃的表面或这些滤波器的表面时,在所拾取的图像中尘埃呈现为黑点。特别是,在包括可更换的透镜的单镜头反射数字照相机中,当更换透镜时尘埃可能通过透镜支架的开口进入数字照相机主体,并可能附着到图像拾取元件的覆盖玻璃的表面或者滤波器的表面。

[0004] 鉴于上面所述,已经提出了一种包括通过使用压电装置的振动来去除附着到表面的尘埃的除尘装置的数字照相机(参见例如日本专利申请公开 No. 2003-348403 和 2008-228074)。

[0005] 在日本专利申请公开 No. 2003-348403 和 2008-228074 中的每一个中公开的数字照相机中包括的除尘装置中,对固定接合到振动板的压电装置施加电压以便驱动压电装置,从而产生引起振动板在光轴方向上(即振动板的厚度方向上)的位移的弹性振动(下文定义为弯曲振动(flexural vibration))。除尘装置通过应用由此产生的弯曲振动来去除附着到振动板的表面的尘埃。

[0006] 在上述配置中,根据日本专利申请公开 No. 2003-348403,由被称为加压部件的诸如环状部件或多个部件的部件在振动板的周围部分中对振动板加压。由于通过加压部件施加的偏压力,除尘装置被保持并固定到图像拾取元件或数字照相机主体。

[0007] 类似地,根据日本专利申请公开 No. 2008-228074,通过被称为保持部件的部件(例如由诸如具有弹簧特性(弹性)的金属的材料形成的单个组件)对振动板施加压力。由于通过保持部件施加的偏压力,除尘装置被保持并固定到图像拾取元件或数字照相机主体。

[0008] 此外,压电装置是具有环形或矩形的板的形式,并包括压电材料和一对彼此相对的电极。这对电极包括布置在压电材料的板表面上的第一电极和第二电极。第一电极也被称为下电极,第二电极也被称为上电极。这里,通过电极之间施加的电场在压电材料中产生拉伸应变,该拉伸应变产生引起压电装置在与振动板的光轴垂直的方向上(即,与压电装置的厚度方向垂直的方向(下文定义为长度方向)上)的位移的弹性振动(下文定义为长度振动)。由于压电装置的长度振动,在压电装置与固定接合到压电装置的振动板之间

产生应力,从而在振动板中产生弯曲振动。

[0009] 在振动板中,以频率或相位控制施加到压电装置的电压,使得振动板的弯曲振动可产生被称为振动模式的具有多个节点和腹点的多阶驻波、或者具有节点和腹点并相对于时间在振动板的长度方向上移动的载波。例如,在日本专利申请公开 No. 2008-228074 中公开的数字照相机中包括的除尘装置中,一对压电装置被施加相位反转 180 度的电压,使得可以产生两种振动模式(即第 18 阶振动模式和第 19 阶振动模式),并且两种振动模式被选择性地有效使用,从而去除附着到振动板表面的尘埃。

[0010] 这里,以接近振动板的共振频率的频率驱动日本专利申请公开 No. 2003-348403 和 2008-228074 的除尘装置,由此即使在较小的电压施加到压电装置时在振动板中也可产生较大的弯曲振动。

[0011] 此外,压电装置的长度振动的幅度与由压电陶瓷的压电横向效应所得到的压电位移的幅度密切相关。

[0012] 同时,当前在各种装置中使用的压电装置使用含有大量铅的压电材料,例如含有铅的锆钛酸铅(PZT: $\text{PbZr}_{1-x}\text{Ti}_x\text{O}_3$)。然而,现已指出这种由含有大量铅的 PZT 制成的压电材料会不利于生态系统,因为例如当压电材料一旦被丢弃而暴露在酸雨中时,压电材料中的铅成分渗入土壤。有鉴于此,近年中,考虑到环境并遵守限制在各种产品中的铅的使用的规定,不含有铅或者含有微量铅的压电材料(无铅压电材料)及为此的产品的开发正在研究和考虑中。然而,还未实现各种属性等同于 PZT 的各种属性的无铅材料,仍然只有使用在质量上等同于 PZT 的无铅压电材料的商用化装置的少量例子。

[0013] 如上所述,在日本专利申请公开 No. 2003-348403 和 2008-228074 中公开的数字照相机中包括的除尘装置中,在压电装置中产生长度振动,从而在振动板中产生弯曲振动。除尘装置通过应用由此产生的弯曲振动来去除附着到振动板表面的尘埃。

[0014] 然而,要在压电装置中产生的振动是长度振动,由此除尘装置不能直接固定到图像拾取元件或者数字照相机主体。因此,为了固定保持除尘装置,需要设置加压部件或保持部件用于产生偏压力。然而,振动板经受弯曲振动,而压电装置本身经受长度振动,不管在何处由加压部件或保持部件来保持除尘装置,除尘装置都不可能在不妨碍振动板的振动的情况下被保持。因此,根据除尘装置的常规配置,存在当除尘装置被保持并固定到图像拾取元件或数字照相机主体时除尘性能下降的问题。

[0015] 此外,除尘装置的常规配置要求用于将除尘装置固定到图像拾取元件或数字照相机主体的加压部件和保持部件,但是本来加压部件和保持部件对除尘装置来说不是必要的。

[0016] 此外,压电装置的长度振动的幅度与由压电陶瓷的压电横向效应所得到的压电位移的幅度密切相关。除了压电横向效应之外,压电陶瓷的压电效应还包括压电纵向效应和压电厚度切变(shear)效应。这里,压电横向效应指的是当在与极化轴方向相同的方向上施加电场时,压电陶瓷中在与极化轴和电场施加方向垂直的方向上产生的应变。压电纵向效应指的是当在与极化轴方向相同的方向上施加电场时,压电陶瓷中在相同方向上产生的应变。压电厚度切变效应指的是当在与极化轴方向垂直的方向上施加电场时在压电陶瓷中产生的切变应变。

[0017] 由压电效应所得到的压电位移的幅度的关系定义如下:压电厚度切变效应 >

压电纵向效应>压电横向效应。例如,在作为压电陶瓷的典型示例的锆钛酸铅(PZT: $\text{PbZr}_{1-x}\text{Ti}_x\text{O}_3$)和钛酸钡(BTO: BaTiO_3)的情况下,由压电厚度切变效应所得到的压电位移的幅度比由压电横向效应所得到的压电位移的两倍还要大。换句话说,在使用压电装置的长度振动的常规除尘装置中,存在压电装置固有位移能力不能被有效使用的问题。

[0018] 此外,在日本专利申请公开 No. 2008-228074 的数字照相机中包括的除尘装置中,压电装置具有长方体形状。然而,由于在振动板中产生的弯曲振动,在振动板上形成的波前(这里,波前被定义为在某一时间点上通过连接波的相同相位的点获得的连续的表面)与长方体形状的压电装置的某一边(下文中被称为纵向方向)平行,该边与压电装置的长度方向平行。然而,在压电装置中产生的长度振动在压电装置的长度方向上全方向地发生,由此具有相等振幅的相同波前可能难以在振动板上形成。因此,根据常规除尘装置,存在除尘性能依赖于振动板上的区域而差别很大的问题。

发明内容

[0019] 鉴于上述内容而做出本发明,所以本发明的一个目的是提供一种容易固定的除尘装置和除尘方法,其能够有效地利用压电装置固有位移能力并实现高除尘性能。

[0020] 为了解决上述问题,提供了一种要被设置在基底(base)上的除尘装置,包括:板式的压电装置,其包括板式的压电材料和在压电材料的板表面上彼此相对布置的一对电极;以及振动板,其中压电装置具有固定接合到振动板的板表面的第一电极平面,其中使压电材料与第一电极平面平行地极化,并且其中除尘装置通过压电装置的第二电极平面被固定到基底。

[0021] 为了解决上述问题,还提供了一种经由板式的压电装置来去除附着到设置在基底上的振动板的尘埃的除尘方法,该板式的压电装置包括板式的压电材料和在压电材料的板表面上彼此相对布置的一对电极,该除尘方法包括:将压电装置的第一电极平面固定接合到振动板的板表面,将压电装置的第二电极平面固定到基底,并在使压电材料与第一电极平面平行地极化之后驱动和振动压电装置;以及通过压电装置的振动在振动板中产生振动从而去除附着到振动板的表面的尘埃。

[0022] 根据本发明,可以提供一种易于固定的除尘装置和除尘方法,其能够有效地利用压电装置固有的位移能力并实现高除尘性能。

[0023] 特别是,在压电装置是长方体形状的情况下,可以容易形成具有相等的振幅的在振动板中产生的弯曲振动的波前,由此可提供具有更高除尘性能的除尘装置和除尘方法。

[0024] 从以下参照附图的示例性实施例的描述中本发明的另外的特征将变得清楚。

附图说明

[0025] 图 1A 示出了根据本发明的除尘装置的示例。

[0026] 图 1B 是根据本发明的除尘装置的电路框图。

[0027] 图 2 示出了根据本发明的除尘装置的另一个示例。

[0028] 图 3A、图 3B 和图 3C 示出了根据本发明的压电装置的示例。

[0029] 图 4A 和图 4B 是示出根据本发明的压电装置的振动原理的示意图。

[0030] 图 5A 和图 5B 示出了常规压电装置的振动原理。

- [0031] 图 6A 和图 6B 是示出根据本发明的除尘装置的振动原理的示意图。
- [0032] 图 7A 和图 7B 是示出常规除尘装置的振动原理的示意图。
- [0033] 图 8A 和图 8B 是示出根据本发明的除尘装置的振动原理的示意图。
- [0034] 图 9A 是示出在根据本发明的除尘装置的振动板上形成的波前的示意图。
- [0035] 图 9B 是示出在常规除尘装置的振动板上形成的波前的示意图。
- [0036] 图 10A 和图 10B 是各示出根据本发明的除尘装置的实施例的示意图。
- [0037] 图 11 是示出制造根据本发明的压电装置的过程的示意图。
- [0038] 图 12 是示出用于根据示例 1 的除尘装置的振动的计算模型的视图。
- [0039] 图 13 是示出用于根据示例 2 的除尘装置的振动的计算模型的视图。
- [0040] 图 14 是示出用于根据比较示例 2 的除尘装置的振动的计算模型的视图。
- [0041] 图 15 是连接到柔性布线线缆的根据本发明的除尘装置的示意图。

具体实施方式

[0042] 现在将依照附图详细描述本发明的优选实施例。

[0043] 下面,描述实现本发明的实施例。

[0044] 根据本发明的除尘装置是设置在基底上的除尘装置,该装置包括板式的压电装置和振动板,该板式的压电装置至少包括板式的压电材料和在压电材料的板表面上彼此相对地布置的一对电极。除尘装置具有如下的特征:压电装置具有固定接合到振动板的板表面的第一电极平面,使压电材料与第一电极平面平行地极化,并且除尘装置通过压电装置的第二电极平面被固定到基底。

[0045] 根据本发明的除尘方法是经由板式的压电装置去除附着到设置在基底上的振动板的尘埃的方法,该板式的压电装置至少包括板式的压电材料和在板式的压电材料的板表面上彼此相对地布置的一对电极。该方法的特点如下:将压电装置的第一电极平面固定接合到振动板的板表面,将压电装置的第二电极平面固定到基底,并在使压电材料与第一电极平面平行地极化之后驱动和振动压电装置;以及通过压电装置的振动在振动板中产生振动从而去除附着到振动板的表面的尘埃。

[0046] 图 1A、图 1B 和图 2 是各示出本发明的除尘装置的示例的示意图。为便于说明,在示意图中,从附图中省略诸如来自电源系统的电源线等组件。

[0047] 参照图 1A,除尘装置 10 包括板式压电装置 30 和振动板 20。

[0048] 参考图 1B 的框图,描述根据本发明的除尘装置的配置。电源系统 100 包括包含存储器 111 的控制部分 110 以及电池 120。除尘装置 10 经由例如柔性线缆连接到电源系统 100 中的控制部分 110。控制部分 110 被配置为基于从由电池 120 供应的电力产生的交流电压来控制除尘装置 10。

[0049] 压电装置 30 由如图 3A-3C 中所示的压电材料 31、第一电极 32 和第二电极 33 形成。第一电极 32 和第二电极 33 中的每一个在压电材料 31 的板表面上被相对地布置。压电材料 31 的一个表面被定义为第一电极平面 36,在其上形成图中右侧的图 3C 的压电装置 30 前面的第一电极 32。压电材料 31 的另一个表面被定义为第二电极平面 37,在其上形成图中左侧的图 3A 的压电装置 30 前面的第二电极 33。这里,本实施例中的电极平面指的是压电装置的其上形成有电极的表面,并如例如图 3A 和图 3B 中所示,第一电极 32 可延伸以

到达第二电极平面 37。

[0050] 如图 2 中所示, 压电装置 30 通过压电装置 30 的第一电极平面 36 固定接合到振动板 20 的板表面。当压电装置 30 被驱动时, 在压电装置 30 和振动板 20 之间产生应力, 从而在振动板 20 中产生弯曲振动。根据本发明的除尘装置 10 通过应用在振动板 20 中由此产生的弯曲振动来去除附着到振动板 20 的表面的尘埃。弯曲振动指的是引起振动板 20 在光轴方向上 (即, 振动板 20 的厚度方向上) 的位移的弹性振动。

[0051] 下面, 详细描述根据本发明的压电装置 30 和常规示例的压电装置 40 之间的差异。

[0052] 图 4A 和图 4B 是示出根据本发明的压电装置 30 的振动原理的示意图。图 4A 是示出板式压电装置 30 的截面的示意图, 而图 4B 是从上面示出板式压电装置 30 的第二电极平面 37 的示意图。如图 4A 和图 4B 中所示, 在本发明的压电装置 30 中, 预先使压电材料 31 与第一电极平面 36 平行地极化, 使得可以通过例如数字照相机主体的驱动电源向第一电极 32 和第二电极 33 施加高频电压。

[0053] 在根据本发明的压电装置 30 中, 在图 4A 的箭头 35 方向上产生的交变电场使在压电材料 31 中发生切变应变。切变应变引起在压电装置 30 的长度方向上第一电极平面 36 和第二电极平面 37 互相偏移的弹性振动 (下文中定义为厚度切变振动)。如图 4A 和图 4B 中所示, 在厚度切变振动中, 使压电材料 31 与第一电极平面 36 平行地 (在图 4A 的箭头 34 的方向上) 极化, 并且在压电装置 30 的厚度方向上施加电场。这时, 在长度方向中容许的压电装置 30 的振动的方向仅在与压电材料 31 的极化轴方向 34 平行的方向上。压电装置 30 中的厚度切变振动的幅度与由压电陶瓷的压电厚度切变效应所得到的压电位移的幅度密切相关。

[0054] 同时, 图 5A 和图 5B 是示出常规压电装置 40 的振动原理的示意图。图 5A 是示出板式压电装置 40 的截面的示意图, 而图 5B 是从上面示出板式压电装置 40 的第二电极平面 47 的示意图。如图 5A 和图 5B 中所示, 在常规示例的压电装置 40 中, 预先使压电材料 41 与第一电极平面 46 平行地极化, 使得可通过例如数字照相机主体的驱动电源对第一电极 42 和第二电极 43 施加高频电压。

[0055] 在常规示例的压电装置 40 中, 在图 5A 的箭头 45 的方向 (电场方向) 上产生的交变电场使在压电材料 41 中发生拉伸应变。拉伸应变引起压电材料 40 的长度振动。如图 5A 和图 5B 中所示, 在长度振动中, 使压电材料 41 与第一电极平面 46 垂直地 (在箭头 44 的方向上) 极化, 并且在压电装置 40 的厚度方向上施加电场。这时, 在长度方向中容许的压电装置 40 的振动的方向是与压电材料 41 的极化轴方向 44 垂直的任何方向, 而不依赖于压电装置 40 的诸如矩形或圆柱形的形状。压电装置 40 中长度振动的幅度与由压电陶瓷的压电横向效应所得到的压电位移的幅度密切相关。

[0056] 顺便说下, 在根据本发明的压电装置 30 中, 即使在压电装置 30 的第一电极平面 36 和第二电极平面 37 中的一个被完全固定时, 压电装置 30 本身仍然可以产生厚度切变振动。例如, 如图 4A 和图 4B 中所示, 当在压电装置 30 的第二电极平面 37 被固定到基底的状态下驱动本发明的压电装置 30 时, 压电装置 30 的第二电极平面 37 由于固定而不振动, 然而本发明的压电装置 30 被在厚度切变振动中驱动, 由此压电装置 30 的第一电极平面 36 可以在压电装置 30 的长度方向上振动。这里, 当压电装置 30 的第二电极平面 37 被固定到基底

时,至少在相对于基底的长度方向上完全锁住压电装置 30 的第二电极平面 37 的移动。这里,根据本发明的基底总体上意味着至少一个能够在至少相对于基底的长度方向上完全锁住压电装置 30 的第二电极平面 37 的移动的部件,并指的是具有能够通过压电装置 30 在振动板 20 中产生弯曲振动的足够质量和刚度的部件。

[0057] 另一方面,在常规压电装置 40 中,当压电装置 40 的第一电极平面 46 和第二电极平面 47 中的一个被固定时,妨碍了压电装置 40 本身产生长度振动。例如,如图 5A 和图 5B 中所示,当在压电装置 40 的第二电极平面 47 被固定到基底的状态下驱动常规压电装置 40 时,因为压电装置 40 被在长度振动中驱动,所以在固定的第二电极平面 47 的约束下,压电装置 40 本身在所有方向上几乎完全不能振动。对压电装置 40 的妨碍随着压电装置 40 厚度的降低而变得更加显著,并且常规形状的压电装置 40 几乎完全不能振动。

[0058] 与根据常规技术的压电装置 40 不同,本发明的压电装置 30 具有即使在压电装置 30 的第二电极平面 37 被固定到基底时压电装置 30 也能够产生希望的压电振动的特征。

[0059] 本发明的压电装置 30 的厚度切变振动的幅度与由压电陶瓷的压电厚度切变效应所得到的压电位移的幅度密切相关。另一方面,在常规压电装置 40 中,压电装置 40 中长度振动的幅度与由压电陶瓷的压电横向效应所得到的压电位移的幅度密切相关。

[0060] 如上所述,由压电陶瓷的压电厚度切变效应所得到的压电位移的幅度等于或大于由压电横向效应所得到的压电位移的幅度的两倍。换句话说,与常规压电装置 40 相比,即使在使用相同的压电材料时,本发明的压电装置 30 也具有更大的位移功能。反过来,可以说即使在使用较小压电常数的压电材料时,本发明的压电装置 30 也具有与常规压电装置 40 相等的位移功能。

[0061] 接下来,详细描述本发明的除尘装置 10 和常规除尘装置之间的差异。

[0062] 图 6A 和图 6B 是示出根据本发明的除尘装置 10 的振动原理的示意图。图 6A 示出了对左右的一对压电装置 30 施加相同相位的交变电压以在振动板 20 中产生弯曲振动的状态。左右的一对压电装置 30 彼此面对,而压电材料 31 的极化彼此相对,并且以第七阶振动模式驱动除尘装置 10。图 6B 示出了左右一对压电装置 30 被施加 180 度反向的相反相位的交变电压以在振动板 20 中产生弯曲振动的状态。左右的一对压电装置 30 彼此面对,而压电材料 31 的极化彼此相对,并且以第六阶振动模式驱动除尘装置 10。在本发明的除尘装置 10 中,如上所述至少两种振动模式被选择性地有效使用,从而有效地去除附着到振动板 20 的表面的尘埃。

[0063] 另一方面,图 7A 和图 7B 是示出常规除尘装置 15 的振动原理的示意图。图 7A 示出了左右的一对压电装置 40 被施加相同相位的交变电压以在振动板 25 中产生弯曲振动的状态。在左右的一对压电装置 40 中,使压电材料 41 在与压电装置 40 的厚度方向相同的方向上极化,并且以第七阶振动模式驱动除尘装置 15。图 7B 示出了左右的一对压电装置 40 被施加 180 度反向的相反相位的交变电压以在振动板 25 中产生弯曲振动的状态。在左右的一对压电装置 40 中,使压电材料 41 在与压电装置 40 的厚度方向相同的方向上极化,并且以第六阶振动模式驱动除尘装置 15。在常规除尘装置 15 中,与本发明的除尘装置 10 类似,至少两种振动模式被选择性地有效利用,从而有效地去除附着到振动板的表面的灰尘。

[0064] 在本发明的除尘装置 10 中,压电装置 30 通过第二电极平面 37 固定到基底,振动板 20 在其上布置有压电装置 30 的部分中不产生弯曲振动。另一方面,在常规除尘装置 15

中,振动板 25 甚至在其上布置有压电装置 40 的部分中也产生弯曲振动。因此,压电装置 40 中的一个和振动板 25 的两个板表面的至少部分需要被某一保持部件保持以便借助保持部件固定到基底。然而,振动板 25 产生弯曲振动,由此,如果除尘装置 15 被加压部件或保持部件保持,那么不管在何处保持振动板 25,加压部件或保持部件都不能在不影响其振动的情况下保持振动板 25。因此,根据常规除尘装置 15 的配置,当除尘装置 15 被保持以固定到基底时除尘性能下降。另一方面,在本发明的除尘装置 10 中,不必保持振动板 20 以固定到基底,并且振动板 20 能够在不降低除尘性能的情况下被固定到基底。

[0065] 在图 6A 和图 6B 中所示的示例中,左右的一对压电装置 30 互相面对,而其极化彼此相对。然而,只要极化轴互相平行,极化不必要彼此相对,并且一对压电装置 30 可如图 8B 中所示互相面对。在这种情况下,当该对压电装置 30 被施加相同相位的交变电压时,可获得如图 6B 中所示的反向相位的振动模式。

[0066] 在上面,描述了本发明的除尘装置 10,如图 1A 和图 2 中所示,该装置包括一对均为长方体形状的板状的压电装置 30 和长方体形状的振动板 20。如上所述,根据本发明的除尘装置 10 的最优选的配置,除尘装置 10 至少包括一对均为长方体形状的板状压电装置 30,该对装置被布置在长方体形状的振动板 20 的隔着振动板 20 的中央区域彼此相对的端部上,其中极化轴方向 34 与这对压电装置 30 彼此相对的方向平行。

[0067] 然而,本发明的除尘装置 10 不必限于上述配置。根据本发明的除尘装置 10 可以是要被设置在基底上的除尘装置 10,该装置包括板式压电装置 30 以及振动板 20,该板式压电装置 30 至少包括板式压电材料 31 和每个被布置在压电材料 31 的板表面上的一对相对的电极。在除尘装置 10 中,压电装置 30 的第一电极平面 36 可被固定接合到振动板 20 的板表面,可使压电材料 31 在与第一电极平面 36 平行的方向上极化,并且压电装置 30 可在第二电极平面 37 为参考平面的情况下被厚度切变振动驱动。这里,参考平面指的是充当压电装置 30 的振动的参考的平面。当压电装置 30 关于作为参考平面的第二电极平面 37 振动时,压电装置 30 的第一电极平面 36 的长度方向上的振动达到最大。因此,在上述配置中,通过第一电极平面 36 而被固定接合到压电装置 30 的振动板 20 的弯曲振动达到最大。

[0068] 例如,当本发明的除尘装置 10 通过参考表面固定到基底时,可在除尘装置 10 中产生希望的压电振动。因此,在本发明的除尘装置 10 中,振动板 20 不必被保持以被固定,由此可以在不降低除尘性能的情况下被固定到基底。同时,本发明的除尘装置 10 通过参考平面被固定到基底,该参考平面提供振动板 20 的弯曲振动达到最大的特征。换句话说,本发明的除尘装置 10 最优选地通过参考平面固定到基底。此外,在使用与常规除尘装置 15 相同的压电材料的本发明的除尘装置 10 中,压电装置 30 具有更大的位移能力。换句话说,本发明可提供能够利用压电装置 30 固有位移能力并实现高除尘性能且易于固定的除尘装置 10。

[0069] 使形成本发明的除尘装置 10 的压电材料 31 在与第一电极平面 36 平行的方向上极化。然而,极化方向可以不必与第一电极平面 36 完全平行。例如,即使在极化轴方向 34 相对于第一电极平面 36 与完全平行的方向成 5 度角时,压电装置 30 的位移能力的效果才减少 0.5%,在成 10 度角时减少 1.5%。因此,极化轴最大可以被允许成 10 度角。此外,在本发明的除尘装置 10 中,压电装置 30 具有固定接合到振动板 20 的板表面的第一电极平面 36。这里,当压电装置 30 被固定接合到根据本发明的振动板 20 时,压电装置 30 被限制在至

少在压电装置 30 和振动板 20 之间产生应力使得在振动板 20 中产生弯曲振动的方式中。

[0070] 在本发明的除尘装置 10 中,压电装置 30 和振动板 20 可以在小于振动板 20 的面积 1/2 的面积上互相接触。在压电装置 30 和振动板 20 在大于振动板 20 的面积 1/2 的面积上互相接触的情况下,振动板 20 在大于振动板 20 的整个面积的一半的面积中不振动,这导致除尘性能下降。

[0071] 此外,在本发明的除尘装置 10 中,压电装置 30 可以优选为长方体形状,并在与长方体形状的任一边平行的方向上被极化。原因如下。

[0072] 在本发明的除尘装置中和常规除尘装置中,振动板中产生的弯曲振动在振动板上形成波前。在振动板上形成的波前与长方体形状的压电装置的长度方向平行。换句话说,波前具有如图 6A-8B 中每一个示出的长度方向上的截面。这里,图 6A-8B 中的每一个示出波前的长度方向上的某一截面。然而,本发明的除尘装置或常规除尘装置优选为能够形成在纸面上朝前方向和朝后方向上如图 6A-8B 中每一个示出的相同形状的波前。

[0073] 图 9A 示出了在本发明的除尘装置的振动板 20 上形成的波前。在图 9A 中,极化轴方向 34 平行于与长方体形状的压电装置 30 的长度方向正交的短边的方向(下文中称为横向方向),并且振动板 20 上的波前平行于与长方体形状的压电装置 30 的长度方向平行的长边的方向(下文中称为纵向方向)。这里,在振动板 20 上可形成在长方体形状的压电装置 30 的纵向方向上具有基本相等振幅的相同的波前。原因是本发明的压电装置 30 产生厚度切变振动。如图 9A 中所示,本发明的压电装置 30 仅在与极化方向平行的方向上振动,在与极化方向平行的任何其他长度方向上不振动。因此,在本发明的除尘装置 10 中,在纸面上朝前方向和朝后方向上(即,在长方体形状的压电装置 30 的纵向方向上)可以以相似形状形成如图 6A-8B 中所示的波前,从而在振动板 20 的整个区域上均匀地传递除尘性能。

[0074] 另一方面,图 9B 示出了常规除尘装置的振动板 25 上形成的波前。在图 9B 中,极化轴方向 44 与长方体形状的压电装置 40 的厚度方向平行,并且振动板 25 上的波前与长方体形状的压电装置 40 的纵向方向平行。然而,在振动板 25 上可能难以形成具有在长方体形状的压电装置 40 的纵向方向上基本相等振幅的相同的波前。原因是常规压电装置 40 产生长度振动。如图 9B 中所示,常规压电装置 40 在压电装置 40 的长度方向上全方向地振动。特别是,在压电装置 40 是长方体形状的情况下,振动板 25 上的波前通过深受长方体形状的压电装置 40 的横向方向和纵向方向上的振动影响的组合振动来形成。因此,在常规除尘装置 15 中,在长方体形状的压电装置 40 的纵向方向上不会形成相似形状的图 6A-8B 中所示的波前,由此除尘性能依赖于振动板 25 上的区域而相差很大。

[0075] 由于上述差异,本发明的除尘装置 10 提供了优于常用除尘装置 15 的除尘性能的除尘性能,在该除尘装置 10 中压电装置 30 是长方体形状,且极化轴方向 34 与长方体形状的任何一边平行。根据本发明,除尘装置 10 的振动板 20 的形状未具体限定,但是振动板 20 的形状也会影响在振动板 20 上形成的振动板 20 的波前。此外,振动板 20 的材料和厚度影响在振动板 20 中产生的弯曲振动的振幅。因此,振动板 20 可以优选为板状长方体形状。特别是,振动板 20 优选为具有能够在确保其足够强度的同时满足振动板 20 的功能的最小厚度和硬度。

[0076] 在本发明的除尘装置 10 中,压电装置 30 优选为布置在振动板 20 的板表面上的端部上。当压电装置 30 布置在振动板 20 的板表面上的端部上时,压电装置 30 的振动可在振

动板 20 的整个表面上被有效地传送,从而有效地传递除尘性能。这里,压电装置 30 不必与振动板 20 的板表面上的端部完全接触。例如,除尘装置 10 可被布置在靠近振动板 20 的端部的周围,只要除尘装置 10 被布置在没有除尘的实际需要的周围部分中即可。

[0077] 此外,当提供多个压电装置 30 时,多个压电装置 30 可被有效地控制,从而在振动板 20 的整个表面上形成希望的波前。特别是,在本发明的除尘装置 10 中,至少一对压电装置 30 可以优选为隔着振动板 20 的中央区域布置,并且极化轴方向 34 可以优选为与该对压电装置 30 彼此相对的方向平行。

[0078] 如上所述配置的本发明的除尘装置 10 提供了良好的除尘性能。该配置如图 10A 和图 10B 中所示。压电装置 30 不必彼此相对,只要其极化轴 34 互相平行即可。此外,如图 10B 中所示,压电装置 30 的多个部分中的每一个的极化方向并未具体限定,只要压电装置 30 的多个部分中的每一对都具有与压电装置 30 的多个部分中的该对彼此相对的方向平行的极化轴方向 34 即可。

[0079] 在本发明的除尘装置 10 中,压电装置 30 可以优选为由具有 1000ppm 或者更少的铅 (Pb) 含量的材料形成,且可优选为由包含例如钛酸钡为主要成分的压电陶瓷形成。当 Pb 含量为 1000ppm 或更少时,即使在除尘装置被丢弃而接受酸雨并暴露到恶劣的环境时,压电材料中的铅成分也不太可能对环境有不利影响。

[0080] 如上所述的无铅压电陶瓷在各种属性上都不如当前境况下的锆钛酸铅 (PZT) 的压电陶瓷。然而,例如,当无铅压电陶瓷包含钛酸钡为主要成分时,由压电厚度切变效应引起的压电位移的幅度大于由压电横向效应引起的压电位移的幅度,甚至大于由主要用在常规除尘装置 15 中的 PZT 的压电横向效应引起的压电位移的幅度。换句话说,在根据本发明的除尘装置 10 中,即使在将如上所述的压电陶瓷用于压电材料 31 时,也可提供等于或大于常规除尘装置 15 的除尘效果的除尘效果。这里,例如,在无铅压电陶瓷是包含钛酸钡为主要成分的压电陶瓷的情况下,压电陶瓷可包括 Pb 或形成 PZT 的元素作为辅助成分,在这种情况下,Pb 含量优选为 1000ppm 或更少。

[0081] 此外,压电材料 31 优选具有大机械品质因数 Q_m 。例如,在无铅压电陶瓷包含钛酸钡为主要成分的情况下,通过添加例如锰 (Mn),可将 Q_m 增大到与 PZT 的 Q_m 相等,因此,本发明的除尘装置 10 的除尘性能可进一步改善。

[0082] 本发明的除尘装置 10 具有振动板 20 由光学材料形成的特征。根据本发明的光学材料指的是相对于入射光具有光学功能的材料。光学功能的示例包括透射、折射、干涉、反射和散射。除了作为振动板的功能外,振动板 20 还可具有充当例如红外截止滤波器或光学低通滤波器的光学功能。这里,红外截止滤波器是阻挡近红外光 (IR) 透射而允许可见光通过的光学部件,并由例如玻璃形成。此外,光学低通滤波器是为了消除光的高空间频率分量将透射光分为普通光束和异常光束的光学部件,并包括例如由水晶制成的多层双折射板和相位板。

[0083] 本发明的除尘装置被安装在基底上,该基底包括例如,诸如数字照相机的图像拾取装置和诸如扫描仪的图像读取装置。

[0084] 此外,振动板 20 可被涂覆导电材料等,以便防止尘埃静电地附着到其。此外,振动板 20 可包括多个单独具有上述不同功能的部件。在这种情况下,对于振动板 20,只要部件能够达到作为振动板 20 的必要功能,可以优先选择具有最大可能机械品质因子的部件。

[0085] 接下来,参照图 1A 和图 2 中所示的除尘装置 10 来描述制造本发明的除尘装置 10 的方法,在该装置中至少一对每个均为板状长方体形状的压电装置 30 被布置在长方体形状的振动板 20 的隔着振动板 20 的中央区域彼此相对的两个端部上,而极化轴方向 34 与该对压电装置 30 彼此相对的方向平行。

[0086] 根据制造本发明的压电装置 30 的方法,首先,在被调整成具有希望组成的压电陶瓷粉末中被添加有诸如分散剂的烧结剂,然后用为形成高密度烧结体所必须的压力压制成型,从而制造压电陶瓷压块(compact)。这里,在仅仅通过压制成型不能获得必要的压力的情况下,可通过例如冷等静压(CIP)来施加希望的电压。可替代地,在不执行压制成型的情况下,可通过 CIP 等从开始形成压电陶瓷的压缩锭。接下来,压电陶瓷压块被烘焙,从而制造压电陶瓷烧结体。可选择任何适用于希望的压电陶瓷的烘焙方法。注意,如果需要,压电陶瓷压块可在烘焙之前被处理成希望的形状。

[0087] 接下来,由此制造的压电陶瓷烧结体要经受研磨(grind)处理,从而制造具有希望尺寸的长方体形状的压电陶瓷。这里,烘焙之后的压电陶瓷充当本发明的压电材料 31。然而,压电陶瓷不一定需要被处理成具有压电装置 30 的尺寸,或者不一定需要成长方体形状。

[0088] 本发明的压电材料 31 经受通常在低于压电材料 31 的居里温度或去极化温度的温度下持续 5 分钟至 10 小时的、在空气中或诸如硅油的不可燃油中的、通过施加 0.5-5.0kV/mm 电场的极化处理。在本发明的压电材料 31 中,在板状压电材料 31 的长度方向上最终形成极化轴方向 34。因此,长方体形状的压电材料 31 可优选为在极化轴方向 34 上的长度最大为等于或小于 30mm。在压电材料 31 具有大于 30mm 的长度的情况下,当使压电材料 31 经受极化处理时,能够施加相当大的电压的电源变为必要的。

[0089] 本发明的压电装置 30 通常为 0.1mm 至 10mm 厚。因此,在长方体形状的压电材料的与压电材料 31 的厚度方向平行的表面上形成用于使压电材料 31 经受极化处理的电极以及施加为极化处理所必须的希望的电压是困难的。有鉴于此,如例如示出制造压电装置 30 的过程的图 11 的示意图所示,当执行极化处理时可形成厚的长方体形状的压电材料 31,而用于极化处理的电极可被形成在宽表面上。之后,经受极化处理后的长方体形状可经受研磨处理,使得长方体形状可被研磨成压电装置 30 的希望尺寸,然后第一电极 32 和第二电极 33 如图 3 中所示地形成,从而制造本发明的压电装置 30。此时,为了防止第一电极 32 和第二电极 33 短路,用于极化处理的电极可优选为在极化处理之后通过研磨处理去除。用于极化处理的电极、第一电极 32 和第二电极 33 可通过例如银浆的印刷、金的溅射或金的镀敷来形成。然而,在极化处理之后,需要在低于压电材料 31 的居里温度或去极化温度的温度下来制造装置,由此可优选为通过在不升高形成温度的情况下能够执行的方法来制造装置。此外,图 11 示出了由已经经受极化处理的一个长方体形状的压电材料 31 形成一个压电装置 30 的示例。然而,压电装置 30 的数量不必限于一个,可由一个长方体形状的压电材料 31 形成多个压电装置 30。

[0090] 如上所述,本发明的压电材料 31 可优选为在制造压电装置 30 的过程中预先经受极化处理,然而,该步骤不是绝对必须的。例如,第一电极 32 和第二电极 33 可部分形成在与压电装置 30 的第一电极平面 36 和第二电极平面 37 成对角的端部上,该压电装置 30 已被研磨成所希望的压电装置 30 的尺寸。在通过使用那些电极执行极化处理之后,可形成第

一电极 32 和第二电极 33 的剩余部分,从而制造压电装置 30。在这种情况下,当压电装置 30 的厚度相对于均布置在对角端部上的第一电极 32 和第二电极 33 之间的距离的比率等于或小于 17 至 100 时,压电材料 31 的极化轴方向 34 可形成相对于第一电极平面 36 与完全平行方向成等于或小于 10 度的角。

[0091] 接下来,如图 1A 和图 2 中所示,两个压电装置 30 被固定接合到形成希望尺寸的振动板 20。此时,每一个压电装置 30 可被布置以便具有在振动板 20 的板表面上的端部上布置的压电装置 30 的第一电极平面 36。压电装置 30 和振动板可通过例如环氧树脂粘合剂互相固定接合。可优先选择在除尘装置 10 的操作温度范围中或除尘装置 10 的机械品质因子 Q_m 中粘性不降低的粘合剂。此外,压电装置 30 已经经受极化处理,由此,接合温度可优选为低于压电材料 31 的居里温度或去极化温度。

[0092] 在上述中,参照图 1A 和图 2 中所示的除尘装置 10 详细描述了制造本发明的除尘装置 10 的方法,在该装置中至少一对每个均为板状长方体形状的压电装置 30 被布置在长方体形状的振动板 20 的隔着振动板 20 的中央区域彼此相对的两个端部上,极化轴方向 34 与该对压电装置 30 彼此相对的方向平行。本发明的除尘装置 10 可以不必具有上述配置。在这种情况下,可适当选择最优的制造方法。

[0093] 示例 1

[0094] 下面,参照示例具体描述本发明的除尘装置。然而,本发明不限于下述示例。

[0095] 首先,描述制造本发明的压电装置的方法。通过使用喷雾干燥机将平均颗粒直径 100nm 的钛酸钡颗粒(由 Sakai 化学工业有限公司制造,商品名为 BT-03)涂覆醋酸锰(II)。根据感应耦合等离子体(ICP)质谱,粉末混合物具有质量百分比 0.12% 的锰含量。

[0096] 接下来,粉末混合物被添加有质量百分比 5% 浓度的聚乙烯醇溶液作为分散剂。确定添加剂的量,使得相对于粉末混合物在聚乙烯醇溶液中聚乙烯醇为质量百分比 3%。在研钵中混合混合物,从而制造颗粒状的粉末混合物。5.0g 颗粒状的粉末混合物被装入 45.0×7.0 mm 大小的模具中,并在 200Mpa 的压强下经受单轴压制成形。接下来,在空气气氛中将压块在电熔炉中以 1380℃ 烘焙两个小时。升温的速度是每分钟 10℃,并在升温过程中将温度保持在 600℃ 三个小时,从而制造本发明的压电材料。由此获得的压电材料具有 $36.4 \times 5.75 \times 4$ mm 的尺寸。

[0097] 接下来,通过使用银浆在压电材料的均为 36.4×4 mm 尺寸的两个表面上形成极化处理电极,通过使用直流电源使压电材料在硅油中经受极化处理。油的温度是 100℃,施加的电场是 1kV/mm,在 100℃ 时施加电压 30 分钟。接下来,极化处理之后的压电材料经受研磨处理以被研磨成 $36.4 \times 5.75 \times 0.25$ mm 的尺寸,通过以钛到金的次序的 DC 磁控溅射,在压电材料的均为 36.4×5.75 mm 尺寸的两个表面上图形化地形成分别为 30nm 和 380nm 厚的第一电极和第二电极。接下来, $36.4 \times 5.75 \times 0.25$ mm 尺寸的压电材料被切成 $33.3 \times 4.0 \times 0.25$ mm 尺寸,然后通过上述以钛到金的次序的 DC 磁控溅射来图形化地形成衍射电极,使得第一电极平面上的第一电极和第二电极平面上的第一电极经由压电材料的 4.0×0.25 mm 尺寸的一个表面短路。此时,确认第一电极和第二电极未短路,从而制造如图 3 中所示的本发明的压电装置。这里,压电装置的极化轴方向在与长方体形状的压电材料的 4mm 边平行的方向上。

[0098] 此外,本发明的压电装置通过环氧树脂粘合剂沿着充当红外截止滤波器的

50.8×33.7×0.3mm 尺寸的玻璃板的表面的 33.7mm 的一边被接合,从而制造根据本发明的示例 1 的除尘装置。

[0099] 为了确认示例 1 的效果,基于有限元法执行频率响应计算。通过使用有限元法打包的软件 ANSYS(由 ANSYS 公司制造)来执行该计算。用作模型的除尘装置包括 50.8×33.7×0.3mm 尺寸的振动板和 33.3×4.0×0.25mm 尺寸的压电装置。输入值是振动板的弹性系数、密度和泊松比,以及压电装置的介电常数、压电常数、挠曲矩阵和密度。作为压电常数,指示由压电横向效应、压电纵向效应和压电厚度切变效应引起的压电位移的幅度的值被输入。提供足够大的元数目。约束条件是 (1) 压电装置的第二电极平面被固定,和 (2) 在整个上表面和底表面上向压电装置施力 10V 电压。在上述条件下,在从 100kHz 至 120kHz 的范围中执行频率响应计算。

[0100] 作为计算的结果,在 102.65kHz 确认图 12 中所示的第 17 阶振动模式。如图 12 中所示,虽然压电装置的第二电极平面被固定,但是在振动板的除了与压电装置接触的部分之外的整个表面上,在长方体形状的压电装置的纵向方向上形成具有基本相等振幅的波前。换句话说,确认示例 1 的除尘装置能够在振动板的整个区域上提供基本相同的除尘性能。

[0101] (比较示例 1)

[0102] 通过使用与示例 1 中方法类似的方法,制造与示例 1 类似的比较示例 1 的除尘装置,除了极化轴方向与压电材料的膜厚度方向平行之外。为了确认比较示例 1 的效果,在与示例 1 条件类似的条件下,基于有限元方法在从 50kHz 至 400kHz 的范围中执行频率响应计算。

[0103] 计算的结果是,在比较示例 1 的除尘装置中确认没有振动模式。

[0104] 示例 2

[0105] 通过使用与示例 1 中方法类似的方法,形成类似于示例 1 的本发明的示例 2 的除尘装置,除了如图 1A 中所示,沿着具有红外截止滤波器功能的玻璃板的 33.7mm 的两边,进一步提供本发明的两个压电装置。两个压电装置被布置为使得极化方向彼此相对。

[0106] 为了确认示例 2 的效果,在与示例 1 条件相似的条件下,基于有限元方法在从 125kHz 至 145kHz 的范围中执行频率响应计算,除了提供的约束条件为:(1) 两个压电装置的第二电极平面被固定,(2) 在整个上表面和下表面上对压电装置施力 10V 的电压,和 (3) 在整个上表面和下表面上对两个压电装置施加相同相位的电压。

[0107] 计算的结果是,在 126.0kHz 处确认图 13 中所示的第 17 阶振动模式。如图 13 中所示,虽然压电装置的第二电极平面被固定,但是在振动板的除了与压电装置接触的部分之外的整个表面上,形成在每一个长方体形状的压电装置的纵向方向上有相等振幅的波前。换句话说,确认示例 2 的除尘装置能够在振动板的整个区域上提供相同的除尘性能。

[0108] (比较示例 2)

[0109] 为了通过基于有限元方法的频率响应计算对示例 2 的除尘装置和常规除尘装置进行比较,制造了除尘装置的计算模型,该装置类似于示例 2 的装置,除了两个压电装置的每一个的极化轴方向均与压电材料的膜厚度方向平行之外。

[0110] 为了确认比较示例 2 的效果,在与示例 2 条件类似的条件下,执行从 90kHz 至 120kHz 的范围中的频率响应计算,除了提供约束条件为:(1) 两个压电装置的第二电极平

面是自由端, (2) 在整个上表面和下表面上对每个压电装置施加 10V 的电压, 和 (3) 在整个上表面和下表面上对两个压电装置施加相同相位的电压。

[0111] 计算的结果是, 在 115kHz 处确认图 14 中所示的第 18 阶振动模式。在根据比较示例 2 的除尘装置中, 如图 14 中所示, 压电装置的第二电极平面未被固定, 由此在包括与压电装置接触的部分的振动板的整个表面上形成波前。然而, 振动板上的波前由深受长方体形状的压电装置的横向方向和纵向方向上的振动影响的组合振动形成, 由此, 与示例 2 的除尘装置中不同, 在每一个压电装置的纵向方向上没有形成相等振幅的波前。因此, 在根据比较示例 2 的除尘装置中, 除尘性能依赖振动板上的区域而差异很大。

[0112] 此外, 如从比较示例 2 知道的, 比较示例 2 的除尘装置未被固定在装置上的任何位置。因此, 除尘装置需要通过使用某一方法来固定。然而, 不管在何处通过加压部件或保持部件来保持比较示例 2 的除尘装置, 比较示例 2 的除尘装置都不能在不影响振动板的振动的情况下被保持。因此, 在比较示例 2 的除尘装置中, 即使计算的结果显示与示例 2 的除尘装置相同振幅的振动, 比较示例 2 的除尘性能也会变得低于计算的结果。

[0113] 示例 3

[0114] 如图 15 中所示, 柔性布线线缆 90 通过导电环氧树脂粘合剂接合到形成示例 2 的除尘装置的压电装置的第二电极平面的一部分, 以便允许电压经由柔性布线线缆 90 从电源施加到其上。接下来, 如上所述配置的除尘装置通过压电装置的第二电极平面, 跟与压电装置接触的柔性布线线缆的部分一起, 被固定到不锈钢支撑部件。此外, 15Vpp 的交变电压经由柔性布线线缆从电源施加到压电装置的第一电极和第二电极, 从而制造能够在第 17 阶振动模式和第 18 阶振动模式中反复振动的除尘装置单元。用于评估尘埃去除率的各种塑料珠子被喷射在除尘装置单元的振动板的表面上, 在经过预定的时间段之后, 评估振动板上的除尘率。

[0115] 表 1 示出了实验的结果。结果证实即使在从包括在例如数字照相机主体中的电源施加电压时, 本发明的除尘装置也展现了高除尘率。

[0116] 表 1

[0117]

	珠子 1	珠子 2	珠子 3	珠子 4
除尘率	99%	98%	99%	98%

[0118] (注意)

[0119] 珠子 1 : 平均颗粒直径 30 μm 的聚苯乙烯

[0120] 珠子 2 : 平均颗粒直径 30 μm 的聚甲基丙烯酸甲酯

[0121] 珠子 3 : 平均颗粒直径 30 μm 的硅石

[0122] 珠子 4 : 珠子 1、珠子 2 和珠子 3 的混合物

[0123] 本发明的除尘装置能够良好地去除附着到表面的尘埃, 由此可应用到各种图像拾取装置, 诸如图像拾取元件、数字照相机主体、数字摄像机、复印机、传真机和扫描仪。

[0124] 虽然已参照示例性实施例描述了本发明, 但是应该理解本发明不限于公开的示例性实施例。下述权利要求的范围应该给予最宽泛的解释以便包含所有这种改进、等同结构和功能。

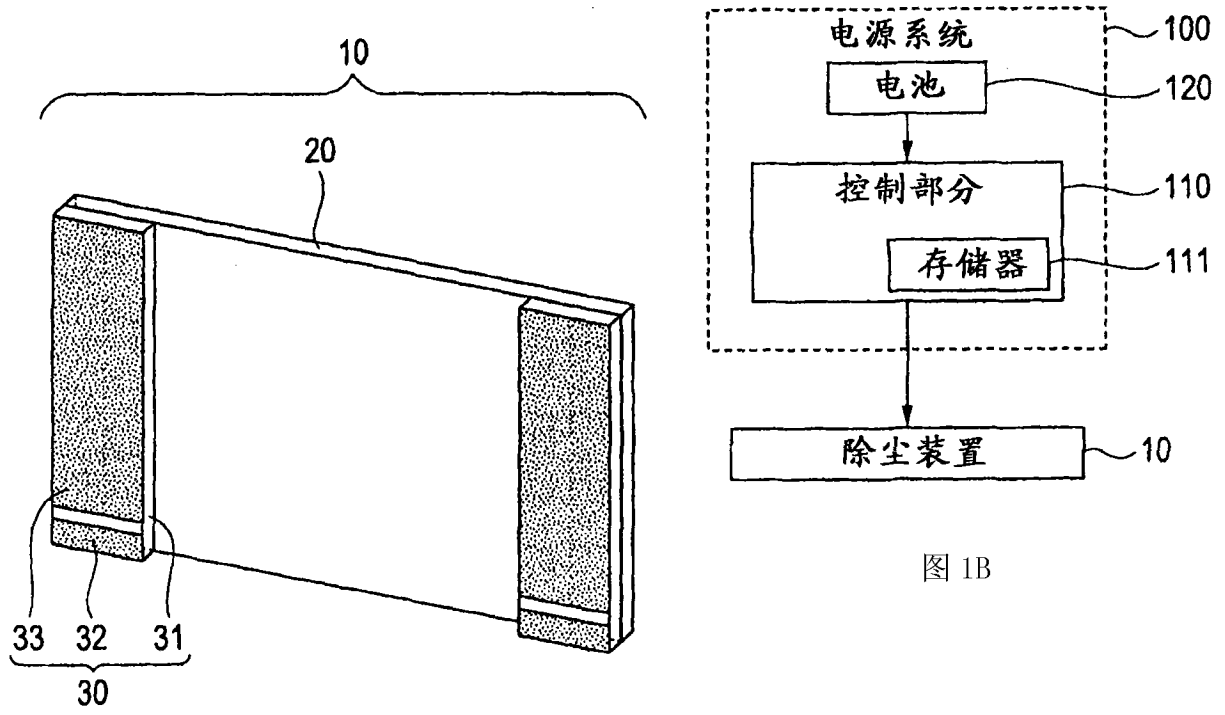


图 1B

图 1A

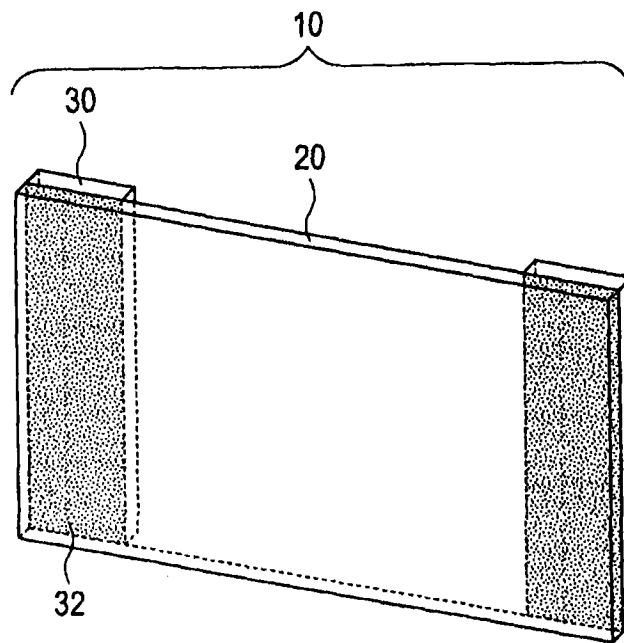


图 2

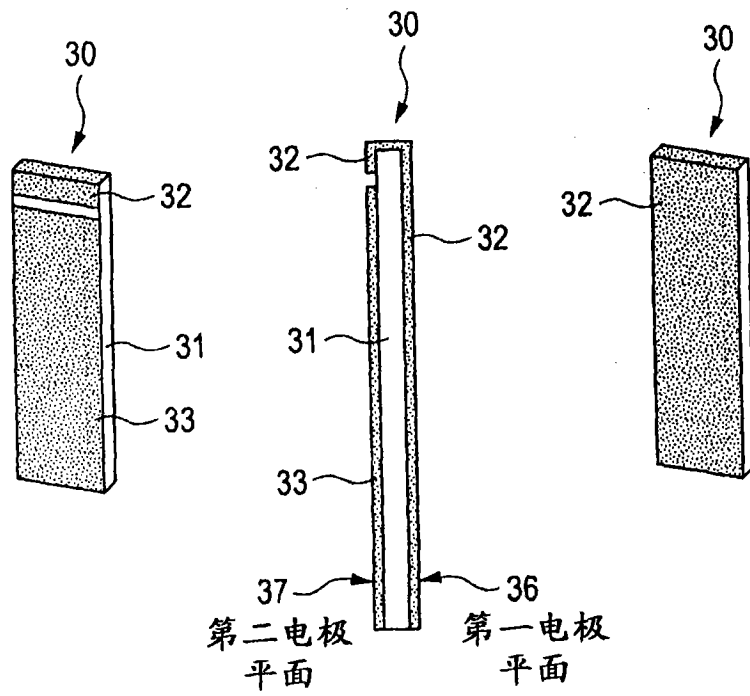


图 3A

图 3B

图 3C

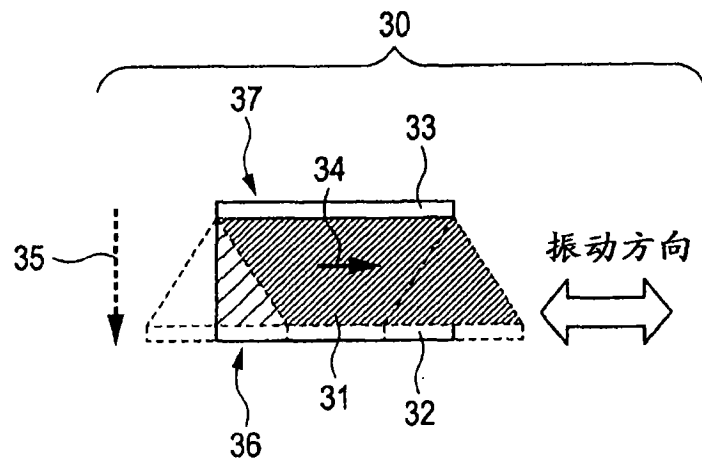


图 4A

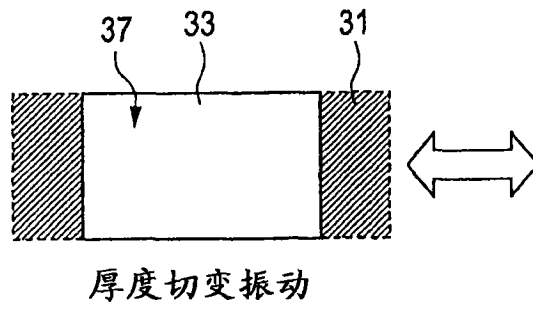


图 4B

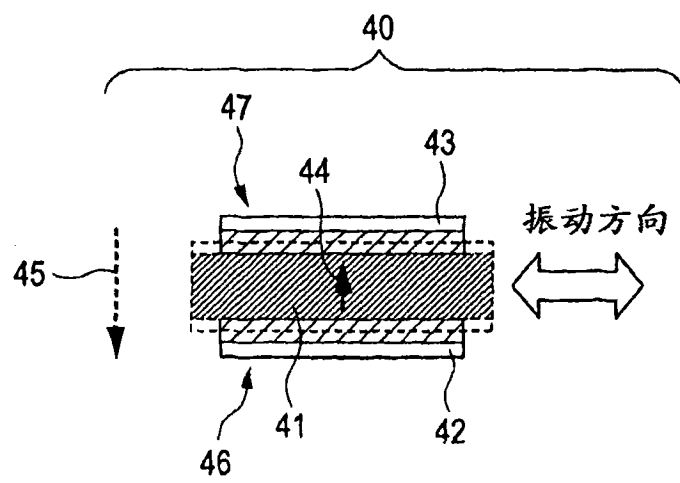


图 5A

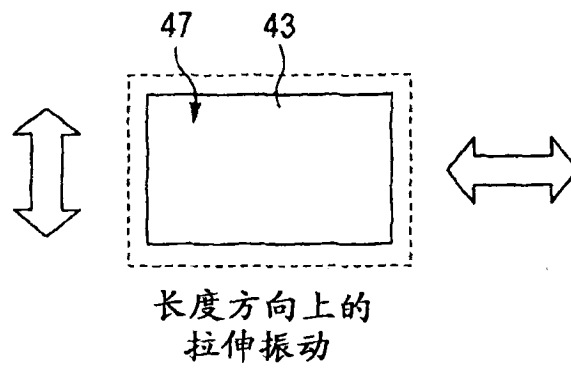


图 5B

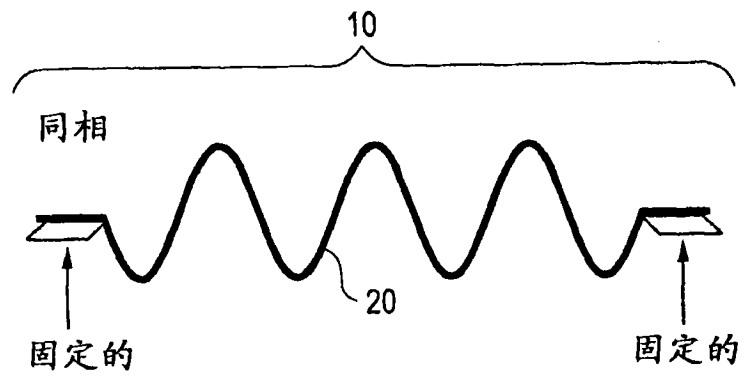


图 6A

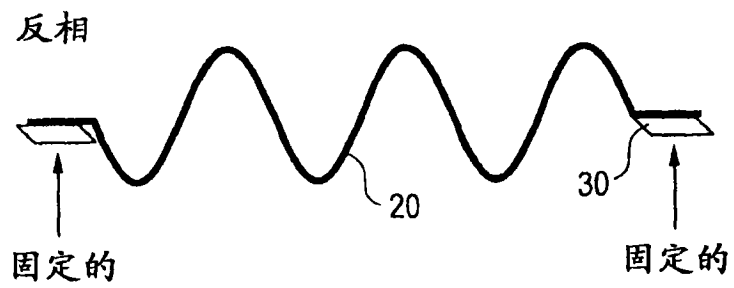


图 6B

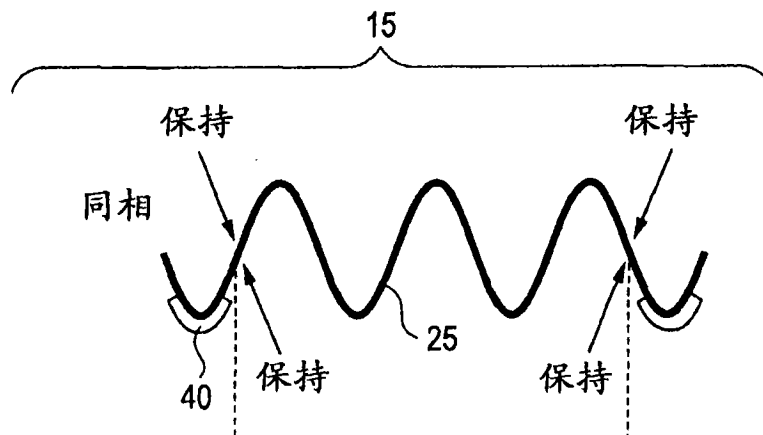


图 7A

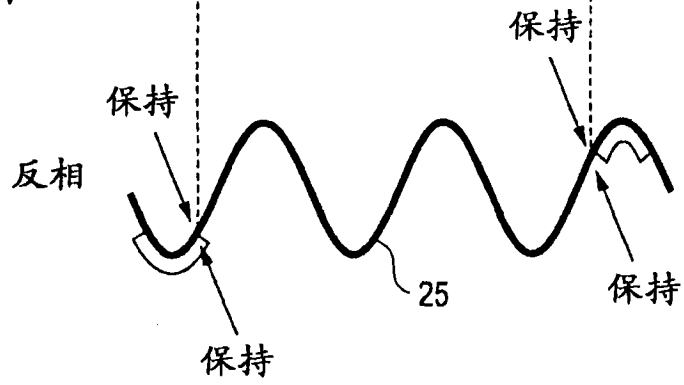


图 7B

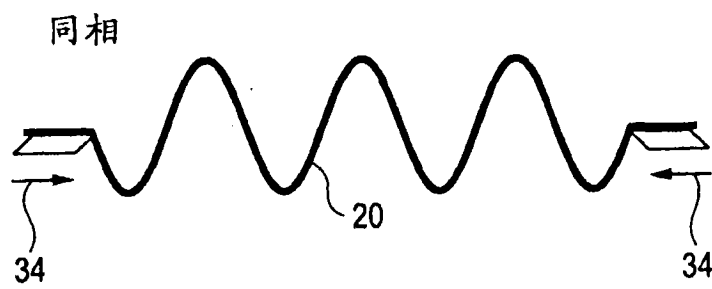


图 8A

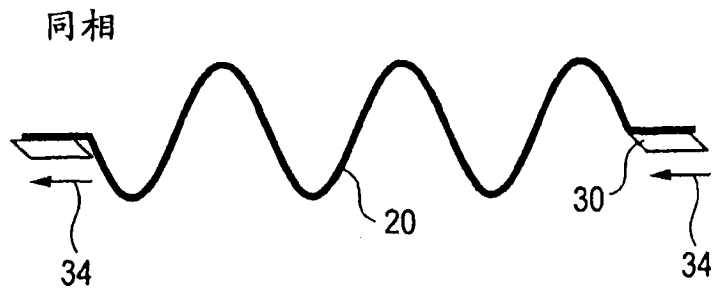


图 8B

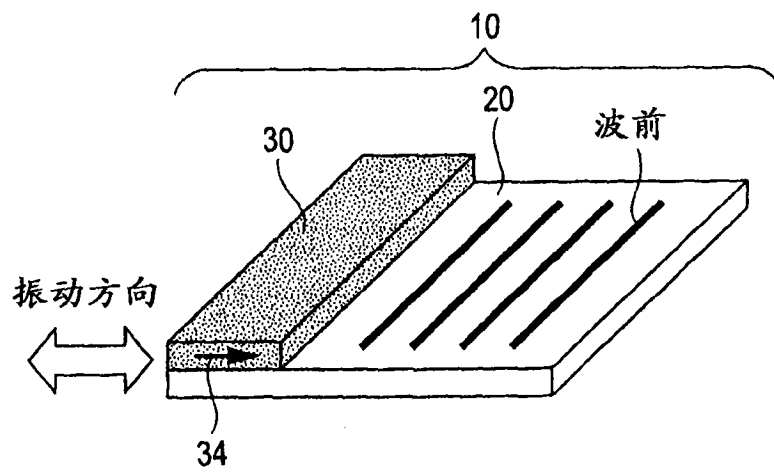


图 9A

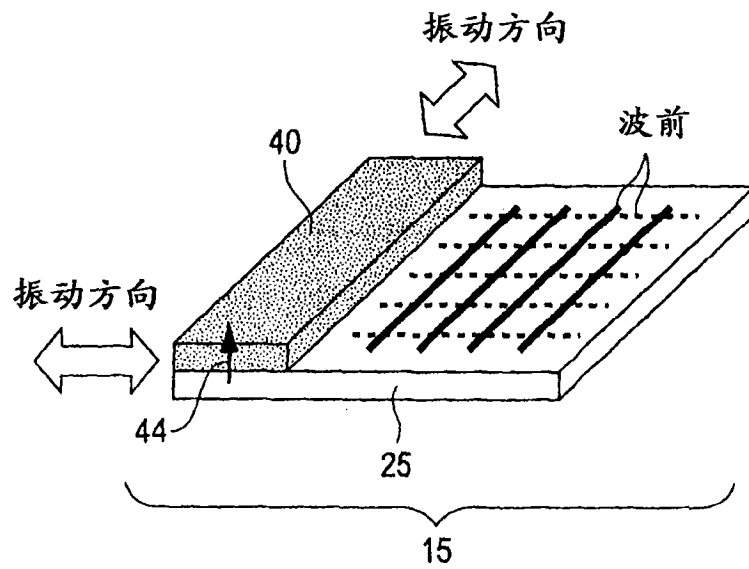


图 9B

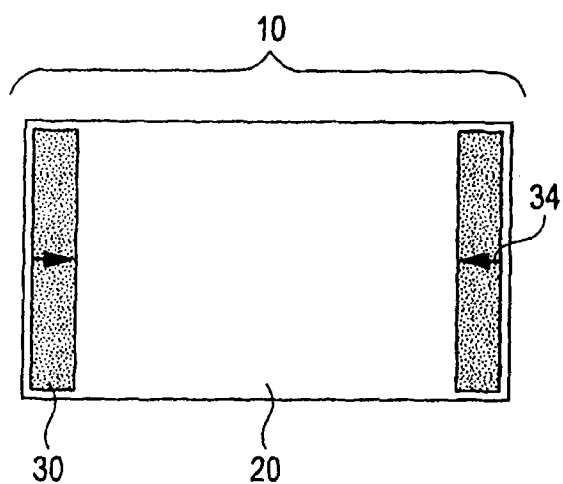


图 10A

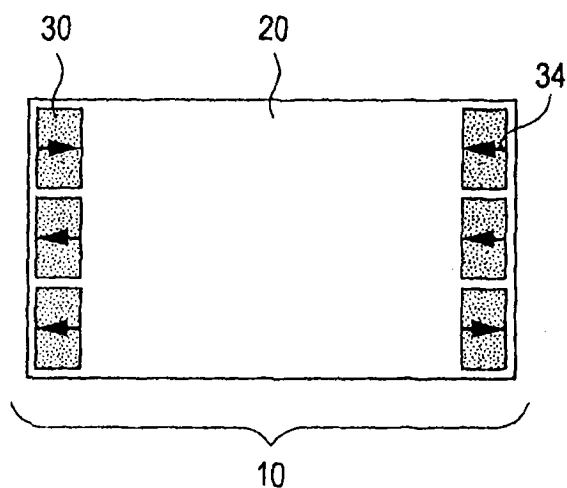


图 10B

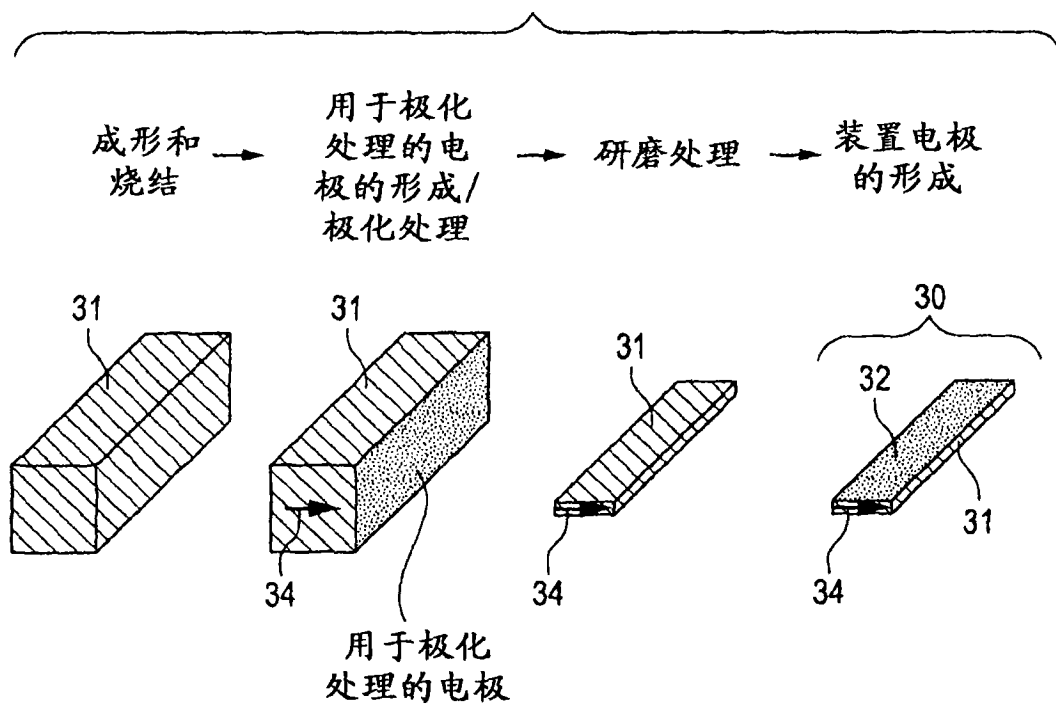


图 11

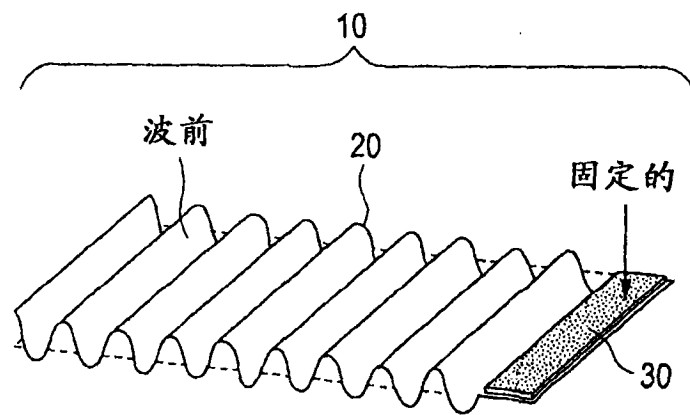
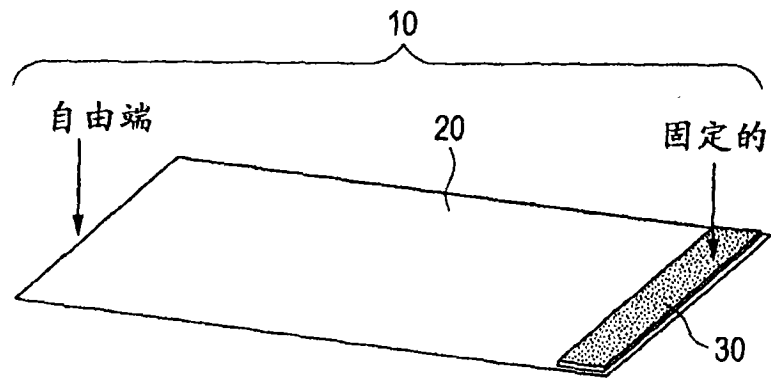


图 12

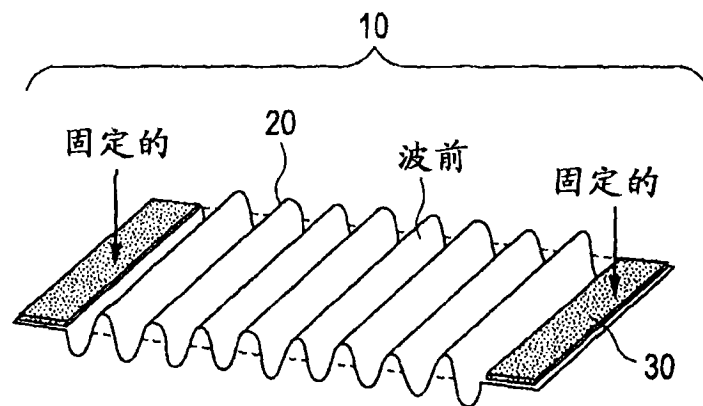


图 13

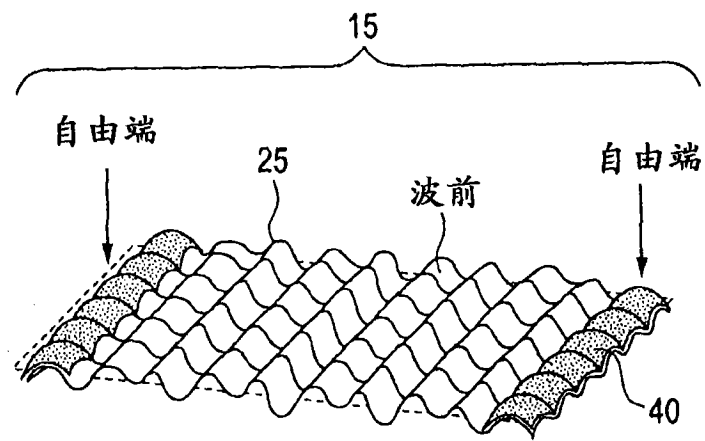


图 14

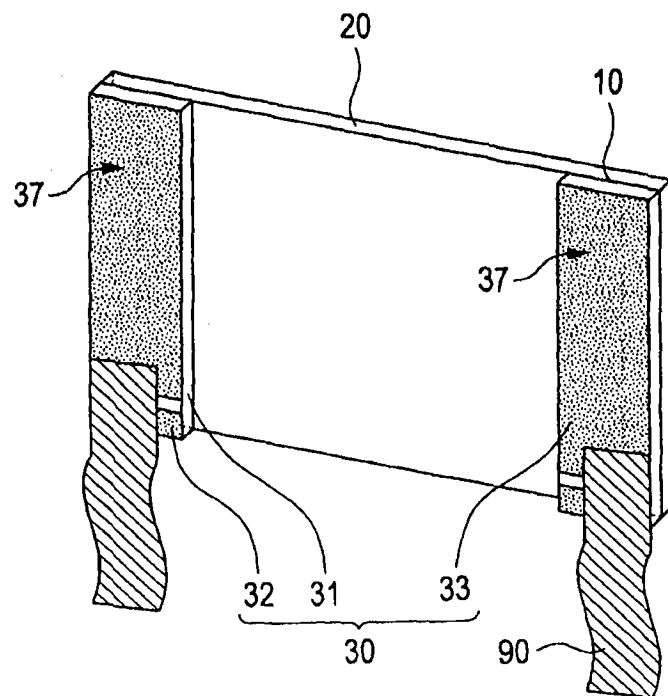


图 15