

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

H01L 41/09

B41J 2/16 H04R 1/28



[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 98808890.8

[45] 授权公告日 2004 年 12 月 29 日

[11] 授权公告号 CN 1182598C

[22] 申请日 1998.9.4 [21] 申请号 98808890.8

[30] 优先权

[32] 1997.9.5 [33] GB [31] 9718785.0

[32] 1998.3.11 [33] GB [31] 9805053.7

[32] 1998.3.19 [33] GB [31] 9805735.9

[86] 国际申请 PCT/GB1998/002675 1998.9.4

[87] 国际公布 WO1999/013681 英 1999.3.18

[85] 进入国家阶段日期 2000.3.6

[71] 专利权人 1...有限公司

地址 英国剑桥

[72] 发明人 安东尼·胡利 D·H·皮尔斯

L·佛雷斯特

审查员 郑颖

[74] 专利代理机构 上海专利商标事务所

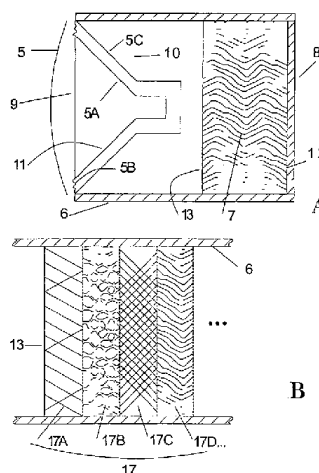
代理人 白益华

权利要求书 2 页 说明书 27 页 附图 5 页

[54] 发明名称 气凝胶、压电装置及其用途

[57] 摘要

本发明第一方面提供一种电-声转换器(5)，其背面用低频下具有良好声音吸收性能的气凝胶制成的紧密结合的声音吸收剂(7)声阻阻隔。本发明还提供适合这种用途的气凝胶，它是小颗粒的密聚体，其堆积方式使其中留下能通过声音的间隙。另外，本发明提供适合这种用途的气凝胶，在整个吸音结构的厚度上沿从音源传播声音的主要方向，它包括多层性能梯度变化的材料，或者包括性能连续变化的材料。



1. 一种气凝胶，适合作为声能吸收剂，它是由气凝胶颗粒的密聚体制成的，这些颗粒堆积后在其中间留下使声音通过的间距，所述气凝胶颗粒间保留的空隙中仅填充有气体。
2. 如权利要求 1 所述的气凝胶，其特征在于所述颗粒的粒径为 0.5-20mm。
3. 如权利要求 1 所述的气凝胶，其特征在于颗粒的形状是球状的、圆柱状的以及由大颗粒或单块粉碎形成的不规则的颗粒形状。
4. 如权利要求 1 所述的气凝胶，其特征在于所述颗粒的表面是粗糙的。
5. 如权利要求 1 所述的气凝胶，其特征在于用粘合剂将颗粒粘结在一起以使结构稳定。
6. 一种适合作为声能吸收剂的叠层结构，在整个吸音结构的厚度上沿从音源传播声音的方向包括多层声音反射和吸收性能逐渐梯度变强的气凝胶，或者包括声音反射和吸收性能逐渐连续变强的气凝胶，其特征在于所述气凝胶是权利要求 1 所述的气凝胶。
7. 如权利要求 6 所述的叠层结构，它是层叠在承载基片上的连续材料层，所述基片在 20Hz-20kHz 的频段是透音的。
8. 如权利要求 6 所述的叠层结构，在远离音源一侧非气凝胶材料形成一层或多层附加层。
9. 如权利要求 6 所述的叠层结构，它预先填充声学性能与空气不同的气体。
10. 如权利要求 6 所述的叠层结构，其特征在于所述气凝胶层叠在承载基片上。
11. 如权利要求 6 所述的叠层结构，它具有至少一层在 20Hz-20kHz 频段反射系数小于 0.2 的气凝胶。
12. 如权利要求 6 所述的叠层结构，它具有至少一层在 20Hz-400Hz 频段反射系数小于 0.2 的气凝胶。
13. 如权利要求 6 所述的叠层结构，它具有至少一层在 30Hz 声频反射系数小于 0.2 的气凝胶。
14. 一种电-声转换器，其背面用声学上紧密结合的声音吸收剂声阻阻隔，所述吸收剂由在低频具有良好的声音吸收性能的材料制成，所述材料是权利要求 1 所述的气凝胶，所述转换器背面与气凝胶之间的间隙中含有气体。
15. 如权利要求 14 所述的转换器，它还包括在正面和背面开口的转换器箱，

所述电-声转换器横跨转换器箱的正面，并且声音吸收剂封闭其背面。

16. 如权利要求 14 所述的转换器，其特征在于所述气凝胶是由二氧化硅、聚氨酯或橡胶制成的。

17. 如权利要求 14 所述的转换器，其特征在于用结合并填充的气体或气体混合物围绕该气凝胶，所述气体或气体混合物用不透气但透音的外部薄膜包裹，选择气体或气体混合物以提高转换器背面的吸音性能。

18. 一种电-声转换器，其背面用声学上紧密结合的声音吸收剂声阻阻隔，所述吸收剂由在低频具有良好的声音吸收性能的材料制成，所述材料是权利要求 6 所述的叠层结构，所述转换器背面与气凝胶之间的间隙中含有气体。

19. 如权利要求 18 所述的转换器，它还包括在正面和背面开口的转换器箱，所述电-声转换器横跨转换器箱的正面，并且声音吸收剂封闭其背面。

20. 如权利要求 18 所述的转换器，其特征在于所述气凝胶是由二氧化硅、聚氨酯或橡胶制成的。

21. 如权利要求 18 所述的转换器，其特征在于用结合并填充的气体或气体混合物围绕该气凝胶，所述气体或气体混合物用不透气但透音的外部薄膜包裹，选择气体或气体混合物以提高转换器背面的吸音性能。

气凝胶、压电装置及其用途

5 技术领域

本发明涉及气凝胶、压电装置及其用途。更具体地说，本发明涉及由气凝胶制成的新结构，涉及在声音转换器中使用气凝胶作为声阻，涉及使用气凝胶在电动机和转换器中作为传送器，涉及在声音转换器中使用气凝胶作为活塞，涉及使用气凝胶在显示屏单元中作为转换器元件，并涉及压电装置的新结构，它们中部分具有综合定位和控制机理，部分作为打印头装置，部分用作机-电驱动器。

背景技术气凝胶及其用途

常规的凝胶(如明胶)是橡胶状固体物质的混合物，它形成的连续相中分散并夹杂有液体(如水)。结果形成冻胶(即液凝胶)。可将气凝胶描述成胶凝的固/气物质。它基本上是固体的多孔(气囊)材料，该材料中一些合适的固体物质形成连续相，该连续相中(与开孔“气泡”(气囊)不同的孔隙中)夹杂有气体(通常是空气)。浮石是空气在固化的火山岩中形成的细小固态泡沫材料(从技术上讲它是“气囊玻璃”)，它的密度通常小于1(因此飘浮在水中)，在某种程度上它是与凝胶相似的天然材料，尽管气凝胶的孔隙是无规的并与“气泡”的形状不同。

已知有许多合成的、人造的气凝胶。大部分是由二氧化硅制成的，但是也有许多是其它材料(如金属氧化物，各种塑料(如聚氨酯)以及天然和合成的橡胶)制成的。它们通常可如下制得：先制得固体和某些合适的液体(如水)的凝胶，随后以液体的表面张力不会破坏凝胶结构这种方式除去液体(当不采用特殊措施时，凝胶干燥常会破坏其结构)。通常，这种方法包括用醇置换凝胶中的液体组分，随后再用液态二氧化碳置换该醇。接着将该凝胶放置在温度和压力高得足以使CO₂处于超临界状态(此时它既非液态也非气态)的条件下，在该条件下CO₂从凝胶中逸出，留下固体相。超临界流体不具有表面张力，从而在CO₂逸出过程中不会破坏固相。因此，其留下的凝胶固相是完整无缺的，并且是相互连接的，并处于高孔隙度状态，即是气凝胶。

一般来说，气凝胶是高孔隙度的。它们的孔隙大小通常为5-50 纳米，孔隙度为50-99.9%。

根据制造材料和制造方法，气凝胶可具有不同的性能。它们可以是轻的(如购自 Matsushita 的 SP-50 二氧化硅，其重量稍低于 185g/l，而制造这种材料的二氧化硅本身非常重，约 2.2kg/l)或者极轻的(如八十年代后期 Larry Hubresh, of the Lawrence Livermore National Laboratory, USA 制造的二氧化硅材料，其重量约 3g/l，即在标准温度及压力下其重量仅为空气密度的三倍，尽管制造这种材料的二氧化硅本身的重量为 2.2kg/l)。它们可具有大的或小的孔穴(气囊，或孔隙)，平均直径可从数百纳米至数纳米。它们(例如 Berkley Lab(USA)的 Microstructured Materials 集团制造的二氧化硅气凝胶/过渡金属复合物)可具有磁性，或者至少容易磁化或受磁体影响，或者基本无磁性(与大多数其它物质复合时的情况)。它们可以是不透明的(对可见光)或者是透明的(例如 Matsushita 制造的 SP-50)。

在 J Phalippou, R Vacher(North Holland Elsevier, 1998)编的 1997 年 9 月 8-10 日在法国 Montpellier 召开的第五届国际气凝胶讨论会的会议录<<气凝胶 5>> (ISA-5)中，详细描述了许多气凝胶及其制造方法。该文献描述的具体气凝胶包括上面提到的气凝胶(Matsushita 在 369 页，Hoechst 在 24 页)和单块的及颗粒状的 ICI 聚氨酯/聚异氰酸酯气凝胶(36 页)，其密度为 80-100 kg/m³，孔隙大小为 11-18 纳米。

气凝胶作为声音吸收剂

本发明的一个方面涉及使用气凝胶作为声音转换器中的主要的声阻。

声音转换器(以扬声器和话筒为代表)是将电能转化成可听见的声能(或者在话筒的情况下将声能转化成电能)的装置。它们一般是机-电装置；例如，在扬声器的情况下，“传送器”(由施加的磁场驱动的动圈式线圈或磁体)以与要转换的电信号相关的方式驱动振动膜，结果所述振动膜使压力产生变化，形成用电信号表达的声音。

扬声器(用于这种声学用途的转换器)通常具有轻质动圈式线圈设计，它可在高至并超过人体听觉(20,000Hz 或更高)极限下运行。但是，在运行范围的下端(如低于 100Hz)，会产生与转换器机-电性能不相关问题，这种问题是由简单的电声转换器的二极性造成的。因此，由于除了与转换器正面的声辐射(空气压力波动)具有相反的相位以外，转换器背面声辐射名义上与正面声辐射具有相同的振幅，所以基本全方向的背面声辐射会破坏性地干扰正面声辐射，明显损耗有用的输出。这在低频情况下尤成问题，此时包含的波长与转换器的大小相等或更大。

这种问题的一种标准解决方法是将转换器放置在密闭扬声器箱(box)的前壁上,从而阻止声音从扬声器箱背面逸出,防止破坏性干扰。然而,常规尺寸(一般较小)的扬声器箱的体积比转换器动作所需的体积没大多少倍,因此在这种密闭扬声器箱中,空气无处逃逸,随着转换器在相当大的距离内前后运动(在低频下如果要产生有效的声能,它必须大范围运动),扬声器箱中的空气被明显压缩或减压。结果这种密闭的夹杂空气体积成为转换器的容性负载,对于施加至该转换器的给定输出功率,在高动态范围时降低了运动幅度。以致输出的声音非线性并且失真。

另一种解决问题的方法着眼于扬声器箱的尺寸。与转换器背面声辐射的波长相比,当该扬声器箱的内部尺寸较小时,刚性的扬声器箱将声音反射回转换器。这种反射的声音与背面声辐射同相,它加载在转换器上,与无扬声器箱的情况相比极大地降低了转换器的运动幅度,从而降低从转换器前面输出的有用声音。

另外,密闭的扬声器箱具有较强的共振,在实际扬声器中必须采取措施以降低这种共振。

密闭扬声器箱方法的一种变化是加装一个低音反射孔,也就是说,加装声学调整回路,用于在背面声辐射到达转换器正面前,在一个窄的频段中对其倒相。这种方法用于实际扬声器中,但是其缺点在于存在至少一部分与共振有关的成分,已知它会导致严重的相失真。另一种解决背面声辐射问题的方法是所谓无限障板(基本上是简单的大平板,转换器经由该平板固定),该平板的尺寸与要复现的声音的最低频率的波长相当或更大。此时,背面声辐射在干扰正面声辐射前具有长的路程(沿该平板的边缘)进行倒相,使之不再产生明显失真干扰。但是,这种平板法对低频无实用性,因为在空气中 20Hz 声音的波长接近 50 英尺(约 15 米),对许多用途这种大小的障板显然是难以使用并且不现实的。

发明的内容

本发明的第一方面,对具有背面声辐射破坏性地抵消正面声辐射(尤其在低频下,此时从前面到背面的通道长度与空气中的声波长度相当或比它更小)问题的电-声转换器提出一种可行的解决方法。更具体地说,本发明提出用紧密结合的声音吸收剂在转换器背面声阻隔断(其方法类似用匹配的电阻阻断电传输线,以避免反射,用大致匹配的声阻阻隔转换器的背面可使大部分背面声辐射被吸收,使之不再对正面声辐射产生破坏性干扰)。再具体地说,本发明提出作为声阻的材料是一种已知具有良好低频吸音性的气凝胶。

因此,本发明的第一方面提供一种气凝胶,适合作为声能吸收剂,它是由颗粒的密聚体制成的,这些颗粒堆积后在中间留下使声音通过的间距。

在本发明的一个较好实例中,本发明提供一种气凝胶,适合作为声能吸收剂,它是由气凝胶颗粒的密聚体制成的,这些颗粒堆积后在中间留下使声音通
5 过的间距,所述气凝胶颗粒间保留的空隙中仅填充有气体。

本发明的另一方面提供一种适合作为声能吸收剂的叠层结构,在整个吸音结构的厚度上沿从音源传播声音的主要方向它包括多层声音反射和吸收性能逐渐梯度变强的气凝胶,或者包括声音反射和吸收性能逐渐连续变强的气凝胶,其特征
10 在于所述气凝胶是本发明所述的气凝胶。

本发明的再一方面提供一种电-声转换器,其背面用声学上紧密结合的声音吸收剂声阻阻隔,所述吸收剂由在低频具有良好的声音吸收性能的材料制成,所述材料是本发明所述的气凝胶或者所述的叠层结构,所述转换器背面与气凝胶之间的间隙中含有气体。

15 附图说明

现在参照附图说明本发明数方面的实施方案,这些实施方案仅作为说明之用,在附图中:

图 1A 是使用本发明吸声气凝胶填料的扬声器的剖面图。

图 1B 是适用于图 1A 气凝胶填料的梯度气凝胶的剖面图。

图 2A 和 B 是使用磁性气凝胶传送器作为活塞的变换器的纵向和横向剖面图。

图 3A 和 B 是类似于图 2 的另一种变换器的纵向和横向剖面图。

图 4 是本发明使用气凝胶的成象系统的立体图;

图 5 是本发明的一种形式的压电螺旋形弯曲器的立体图。

图 6A 和 6B 是另一种使用压电活性传感层的压电螺旋形弯曲器的立体图和更普通类型的使用本发明传感层的弯曲器的剖面图;

图 7A 和 7B 是另一种使用压电活性传感层的压电螺旋形弯曲器的立体图和更普通类型的使用本发明传感层的弯曲器的剖面图;

图 8 是使用如图 6 和 7 所示的压电弯曲器的简单反馈控制系统的电路图。

图 9 是本发明的简单的压电喷墨打印头装置的剖面图。

具体实施方式

本发明提供一种电-声转换器。这种转换器可具有任何所需的形态,并可作任何用途;用作高保真扬声器的一种典型的转换器是动圈式线圈型扬声器,如购
20 自 Audax of France 的 AT080M0 扬声器。

本发明转换器的背面用紧密结合的声音吸收剂声阻隔断。术语“紧密结合”指转换器背面发射的所有声音均基本全部被导入声音吸收剂。一般来说，在实践中可在转换器后面，即在转换器背面声辐射传播路径中放置所需的吸音气凝胶材料的垫板、缓冲器、衬垫、填料或材料块来实现声阻隔断。但是，最好将转换器放置在具有适当形状并背面开口的扬声器箱前部并与前面接触，随后用气凝胶声音吸收剂块封闭该背面。

气凝胶本身具有良好的低频吸音性能。由二氧化硅、聚氨酯和橡胶制成的气凝胶尤其具有良好的固有吸音性能。气凝胶孔径可做到小至数纳米，远小于在空气中在标准温度及压力下氧和氮分子的平均自由程，它可确保被转换器前后驱动的空气的每个分子在通过厘米大小的气凝胶声阻时，与气凝胶材料发生许多次碰撞，从而与该材料交换能量。气凝胶的外表面积可高至每克材料 $1,000\text{m}^2$ ，从而具有高的吸音潜力。通过适当选择制备气凝胶的材料和材料的平均孔径，可制得具有大范围声阻性能的材料，用少量这种材料就能得到很高的吸音效果，因此使这种材料能理想地适用于本发明，用于降低或几乎消除背面声辐射，而不对转换器的传送器产生明显的背面压力，从而对转换器的线性很少产生或不产生损害。仅需要吸收一半转换器背面声音输出，就至少可将其对转换器正面的破坏性干扰的影响降低 3db：在实践中可用所述方式吸收远大于一半的声音输出，从而无需密闭的扬声器箱或大的障板，就能得到简洁的低重量宽范围声音转换器和宽范围的平坦频率响应。

20 适用的气凝胶材料的例子有 Matsushita 的 SP-30(2-3mm 小珠状)、SP-15(同样 2-3mm 小珠状)和 Hoechst 的 HIL2(颗粒状)。

用不透气但透音的外部薄膜包裹结合并填充(coupling and filling)的气体或气体混合物，可增强上述气凝胶声音吸收剂的使用效果，可选择气体或气体混合物以使吸收剂的声阻与转换器的声辐射阻尼最佳匹配，或者，同时使转换器背面的吸音性能达到最佳。

例如，氖在标准温度及压力下的粘度约为空气的两倍，而氢和氮的粘度低于空气的粘度。六氟化硫中的音速仅为 133m/s ，比标准温度及压力下空气中的音速低约 3 倍，而氟利昂 113 中的音速更低，为 124m/s 。此时，如果用不透气但透音的薄膜将转换器背面与外部空气（包括气凝胶声音吸收剂占据的空间）隔开，并充入合适的非空气气体混合物，则可获得额外的阻抗匹配和吸音改进效果，使转换器能更有效地工作，相同体积或更小体积的吸音剂能更好地吸音，从而得到与大体积吸音剂相同的效果。

例如，如果使用氦，则首先由于转换器/气体之间的阻抗失配增加而使转换器很少将声能扩散至氦中，其次由于氦的粘度低于空气，它比空气更容易流过气凝胶和其它吸音材料的孔隙，增加了在这些吸收剂的吸音性能。由于这两个完全不同的原因，因此当使用氦作为气体时，降低了从转换器背面和结合的吸音材料中散发的声能总量。

较好的和新的气凝胶结构

本发明提出用紧密结合的声音吸收剂在背面声阻阻隔转换器，并提出用作声阻的材料是一种已知具有良好低频吸音性能的气凝胶。但是，如上所述实际制造声音匹配的阻隔器(即吸音器)并不容易，因为两个重要的主要物理性能(阻隔剂的阻抗及其吸音性能)会造成互不相容的结构特征；因此任何一种具体类型的气凝胶不会同时具有所需的阻抗和所需的吸音特性。这种情况进一步描述如下。

阻抗是指材料固有的使声波穿过其中的性能，如果这些声波能无障碍地从空气中“干净地”导入该材料，就好象该材料如空气一般，则材料的阻抗与空气的阻抗匹配。但是，如果阻抗不匹配，材料的性能就好象它与空气不同，在两种介质(空气和气凝胶阻隔剂)的界面上透过介质的声音产生中断，在该中断处部分声音可能被反射(回到转换器)而非传入阻隔剂(并被吸收)。因此，声音阻抗与空气的声音阻抗明显不同的材料的作用是使入射音波产生明显的反射(即反射系数 $R \gg 0.0$)，结果声音转换器背面向这种材料发出的大量声能被反射回转换器，以不期望出现的方式干扰其运行。气凝胶的反射系数也与材料的宏观物理形态(而非仅仅微观材料组成)有很大的关系：特别是，发现单块气凝胶即使具有很低的密度，在 20Hz-20kHz 频段中还具有高的声波反射性；对于研磨层很细的粉末状的气凝胶亦然。

问题在于怎样制造具有低反射系数(与空气“阻抗匹配”，仅形成传播不连续效果)而同时具有高的吸音容量的气凝胶吸收剂。然而，在实践中发现具有很低声音反射系数 R 的材料也具有低的吸音系数 A 。结果，尽管其较少反射声能来干扰相邻的转换器，但是它们也很少吸收背面声能。实践中发现反之亦然，即具有高吸音系数 A 的材料也具有高的反射系数 R 。因此，后面那种材料吸附大部分传入其中的声能，但是随后在其表面上反射许多入射的声能。

由具有间隙的颗粒制成的气凝胶

解决使吸收剂性能最佳问题的一种方法是制造粒径为数毫米的小颗粒状的

气凝胶，但是使小颗粒具有这样的形状，即当这些颗粒堆积后，在颗粒间仍具有适当的间距使声音通过。

因此，本发明的另一方面提供一种适合作为声能吸收剂的气凝胶，它制成粒径为数毫米的小颗粒的密聚体，这些颗粒堆积后在其中间留下使声音通过的间距。

本发明气凝胶是由小的但却明显是颗粒的气凝胶材料制成的，而不是由单块（所有材料构成一块）材料或细粉材料制成的。具有一个粒径和形状范围的颗粒的粒径较好为 0.5-20mm。

这种气凝胶是由小颗粒制成的密聚体，这些小颗粒以这种方式堆积，即颗粒间留有使声音通过的间隙。会密实堆积的颗粒（如立方体颗粒）是无效的，因为密实后其性能如单块气凝胶一样，具有高的反射性。不会密实的颗粒包括珠状和圆柱状，以及将大颗粒或单块粉碎形成的不规则形状的颗粒。除了将形状加工成不会密实堆积以外，如果在数厘米的量级上颗粒还（在更小的规模上）具有粗糙的表面，则它们能更有效地吸音，是较好的。当制成层时，这种颗粒的间距大小为 0（其平的或凸起的表面相接触）至数毫米。

梯度气凝胶

解决阻抗/吸音性问题的另一种方法是将气凝胶分层。如果如此制造气凝胶吸音剂，即沿要吸收的声能向吸音剂传播的主要方向上，由一侧（比如输入侧）至另一侧（输出侧）吸音剂相关的性能梯度变化（连续变化或逐步变化），则在输入侧（来自声音转换器的声能入射侧），使该材料具有最低可能的反射系数 R ，在输出侧（离声音转换器最远的吸音剂一侧）使材料具有最大可能的吸音系数 A 和可接受的低反射系数。结果从吸音剂输入侧至输出侧，吸音剂具有有效多的材料层使反射系数逐渐增加，它在总体上具有低的反射系数，相对于均匀材料这是巨大的改进。这是因为在输入侧的界面上选择最低的反射系数而很少有声音被反射（尽管由于颗粒材料的限制，这种材料一般也具有低的吸音系数），使得大多数入射的声音被传入吸收剂的随后各层。当声音更进一步进入吸收剂时，它遇到具有稍高反射系数但吸收更强烈的材料。此时适量的声能被反射回入射表面，但是这些声能部分被介于其中的材料所吸收，部分被朝输出侧反射。当声能进一步进入吸收剂，这种部分反射和部分吸收过程持续进行，进入材料各层的声能持续减少，越来越多的朝输入侧反射的声能被吸收和/或反射回输出表面。由此可见，能够制得一种结构的吸收剂，这种具有适当结构、各向异性并且不均匀的吸收剂要优于

用同样材料制成的各向同性并且均匀的吸收剂。

因此,本发明的另一方面提供一种如上所述的气凝胶声音吸收剂,它包括在吸音结构的厚度方向上沿音源传播声音的主要方向性能梯度变化的多层材料,或者包括性能连续变化的多层材料。

5 更具体地说,本发明提供一种适合作为声能吸收剂的气凝胶,从一侧至另一侧它具有连续的或逐步/层压的梯度结构,在声音输入侧(该侧输入来自声音转换器的声能)该材料具有最低可能的反射系数 R (和伴随的最大可能的吸音系数 A),在输出侧(吸收剂离声音转换器最远的一侧),该材料具有最大可能的吸音系数 A 和可接受的低反射系数。

10 这种梯度气凝胶结构是由一组 n 种气凝胶(或其它)材料 a_0 、 a_1 、...、 a_n 制成的,它具有稳步增加的反射系数 R_0 、 R_1 、... R_n 和稳步增加的吸音系数 A_0 、 A_1 、...、 A_n (这些材料是由一组可购得的低反射系数吸收材料制成的;如果要使用的材料的反射系数 R 低于或与反射系数 R_i ($i=0-n$) 相同,但是具有更高的吸音系数,则它可替代 R_i)。材料 a_0 、 a_1 、 a_2 ... a_n 的例子分别有珠状的 Matsushita SP-15、SP-30
15 和 SP-50, 以及 Hoechst HIL2。

可如下制得功能逐步变化的多层气凝胶吸收剂:连续地将厚度分别为 t_0 、 t_1 、 t_2 、...、 t_n 的材料层 a_0 、 a_1 、 a_2 、...、 a_n 层叠在承载基片(如开孔金属、塑料网或泡沫,其孔或孔隙的尺寸小于构成吸收剂的材料颗粒)上,所述基片在感兴趣的频率范围内基本上是透音的。在名义声音入射方向上,形成的叠层吸收剂的厚度
20 为 $t_0+t_1+t_2+\dots+t_n$ 。单层的厚度可用多种方法决定。例如,可使用从 $t_0=t_1=t_2=\dots=t_n$ 开始的试验和偏差实验开改进吸收性。还可根据 J F Allard 的“多孔介质中声音的传播”中的叠层的声音吸收和反射理论进行计算来优化各层的厚度。但是,该理论在设计气凝胶方面仍不太行,实验仍是主要的手段。

可同样制得功能连续的“多层”吸收剂,但是叠合在基片上的各种材料的性能在层叠时是连续变化的。开始时,100%的材料是 a_0 ,但是 a_1 的比例逐渐增加,
25 当层厚达到 t_0 时,沉积的是 100% a_1 。此时 a_2 的沉积比例逐渐增加,当层厚达到 t_0+t_1 时,沉积的是 100% a_2 。这种过程连续进行,在材料上层叠材料,直至最终层厚达到 $t_0+t_1+t_2+\dots+t_{n-1}$,沉积 100% 材料 a_n 。在这种情况下,多层吸收剂的总厚度为 $t_0+t_1+t_2+\dots+t_{n-1}$ 。

30 这些技术中的一种使用珠状(该珠是圆柱体,约 2mm 长,1mm 直径)的 Matsushita 气凝胶 SP-15、SP-30 和 SP-50 作为材料 a_0 、 a_1 、 a_2 ... a_n 。首先,制造透音的承载基片,其形状例如为细不锈钢编织丝网制成的笼状,尺寸为 300mm×

300mm×40mm，其孔隙约为 0.9mm，不锈钢丝直径约为 0.1mm。将 13mm 厚的 SP-15 层沉积在该丝网上，在该层上沉积 14mm 厚的 SP-30 层，随后再沉积 13mm 厚的 SP-50 层。随后用另一片相同的金属丝网(约 300mm×300mm)闭合该“笼”。在使用时，使要吸收的声音入射沉积 SP-15 的那一面(正面)。它可吸收 30Hz 左右的频率使之下降约 8dB，反射系数小于 0.2。在较高的声音频率下，反射系数小于 0.2，吸收仍大于 8dB。

在颗粒状气凝胶材料作为一种组分的本发明气凝胶吸收剂结构中，最好将所述颗粒稍许粘结(通常用粘合剂)在一起以稳定所述结构。合适的这种粘合剂可购自德国的 Hoechst。粘合剂材料的类型和用量会明显(通常不利地)影响该结构的声学性能；因此最好使用极少量的粘合剂。

在本发明梯度气凝胶声音吸收剂中，尽管所述结构中的各层和所有层均可以是气凝胶材料，但是，使用非气凝胶材料制成一层或多层附加层可进一步增强声音吸收剂的性能。这种附加的非气凝胶层最好远离音源放置，使得高反射系数的非气凝胶材料被中间的低反射系数的气凝胶层有效地与音源隔离。非气凝胶层可用任何合适的材料制成。在这种多层声音吸收剂中适合作为高吸收、高反射系数层中的一层的这种非气凝胶材料的具体例子有 ASTRON ASTRENE，和 ASTROSORBS 8、25 和 M3 片(购自奥地利的 Astron Elastomerprodukte 公司)。这种购得的材料标称厚度为 6mm，根据需要可容易地用粘合剂将其装配成更厚的层。在多层气凝胶吸收剂中加入一层或多层这些材料可显著增加吸收，而不会对反射产生很大影响(如果放置在远离音源的那一侧的话)，但是确实会明显地增加成本和重量。

使用相关性能与空气不同的气体预先填充本发明梯度声音吸收剂可进一步改进和增强其声学性能。根据所需的作用，这种气体可以是，例如氖、氢、氦或六氟化硫。

尽管前面主要结合气凝胶声音吸收剂(总体上并且具体是本发明小颗粒和梯度气凝胶吸收剂)作为声阻用于转换器的用途对其进行了描述，但是本领域的普通技术人员可理解上述低反射性吸收剂结构还具有该功能以外的用途。具体地说，该吸收剂不仅能用于从音源有效吸收声音，而且与目前使用的大多数吸音剂不同，它还能有效地用于能听觉的低频，低于 400Hz 直至 20Hz。这种额外的用途包括：控制房间和建筑物的建筑声音，降低机器和工厂发出的声音，房间、建筑物和汽车隔音，以及需要吸收(而非简单地降低发射)声能的几乎所有用途。在所有这些以及面对的主要用途中，很低密度的气凝胶材料有助于保持吸收剂结构的总体轻质，在某些用途，尤其包括移动或可移动部件的用途(如汽车和便携式扬

声器/耳机)中,这是很有利的。

作为转换器驱动元件的气凝胶

本发明的一个方面涉及使用气凝胶作为转换器元件。

- 5 上面描述了使用气凝胶在声音转换器中作为声阻。但是,可使用气凝胶作为制造更有效的转换器部件(即转换器驱动元件)的材料。

10 如上所述,“扬声器”状声音转换器基本上是机-电元件,在该元件中“传送器”(一种动圈式线圈或磁体,其本身由施加的磁场所驱动)驱动振动膜。磁体会非常重,因此最好的扬声器多半常采用轻质的动圈式线圈设计,并可运行于并超过人体听觉极限(20,000Hz 或更高);线圈越轻,它就越容易运动,扬声器可真实地复现的频率就越高。

 目前,气凝胶非常轻,如果使之具有合适的磁特性,它们就可在动磁式转换器中作为运动的磁体,运行于比目前可能的频率更高的频率或更高的效率。

- 15 这种气凝胶目前成为可能,因此,本发明另一方面是提供一种动磁式(moving magnet)转换器,其中的动磁元件是磁性气凝胶结构。

 更具体地说,本发明提供一种活塞或传送器,它构成线性机-电转换器的运动部件,它由磁性形态的气凝胶(掺杂磁体的非磁性气凝胶或者本身具有磁性的气凝胶)制成,它悬浮在可控磁场(例如由一个或多个载流线圈形成的磁场)中,形成具有低运动质量的线性电动机。

- 20 普通的气凝胶常由硅酸盐材料制成,据报道其密度可低至 3 kg/m^3 (因此,比空气仅稠密 3 倍)。其典型的例子是前面提到的 Matsushita SP-15、SP-30 和 SP-50。通过将铁酸盐或其它磁性材料颗粒分散在整个气凝胶结构中已获得磁性气凝胶;通常这种磁性气凝胶是 Microstructured Materials Group of Lawrence Berkley Laboratories (USA)制造的,系将氧化铁(Fe_2O_3)化学沉积在二氧化硅气凝胶中得到的,尽管这种沉积必定会产生密度上升的气凝胶结构,但是由这种磁性气凝胶可制得密度相对很低的磁性传送器,用于动磁式转换器,并有望制造高频转换器。

- 30 但是,在本发明中较好的磁性气凝胶是由本身具有磁性的材料(而非硅酸盐)制成的。所述材料是 Fe_3O_4 、钕/铁/硼复合物、钴/钐化合物以及已知具有合适磁性的其它材料,包括许多金属氧化物,使用这种材料可制成很低密度的磁性材料,从而能制得所需的转换器元件(用于动磁式转换器的传送器)。

 尽管磁性气凝胶材料及由其制得的元件具有相对较弱的结构,但是应注意使

用这种结构可使驱动力作用在整个材料体(全部是磁性的)上,从而不存在会扭曲传送器元件的内部驱动力。结果,该元件可由很轻的结构制成,不需要大的硬度。

在本发明的这一方面,“磁性”的气凝胶(较好是单块的气凝胶部件)被制成合适形状的传送器,当受到相邻的载流导体(通常制成多圈线圈)的磁场作用时,该传送器受到一个运动电磁力,如果该传送器被适当地悬浮(例如某种轴承),则其在该力的影响下运动。在该转换器中作为转换器部件的磁性气凝胶元件会直接地或者通过附着的振动膜结构使周围的空气运动,该振动膜是被挑选用于增强其在与运动方向垂直的平面中的截面积。

一种合适的悬浮方式是 Hookey 的英国专利申请 2,322,232(P1481Sub)所述类型的线性轴承,该轴承几乎不增加运动质量,而且密封运动部分和固定部分之间的间隙,该方式静音并几乎无摩擦力。用于这种装置的另一种有用的悬浮形式是使用一对翻转薄壁弹性管段,朝向内侧传送器的每一端各附上一个,并附着到在外侧的外部支承框架结构上。此外,这种悬浮可提供很长的动程,轻质和低噪声,并可设计用于密封传送器及其周围结构之间的间隙。在这种组件中这些独特的轴承的额外的优点在于其对较大面积的传送器体起作用,从而耗散施加在传送器体上的力,因此传送器体无需具有高的强度,允许使用本身低强度的气凝胶材料。

对于上面所述有效地作为声学“活塞”工作的气凝胶传送器,要求其对周围空气具有很高的气密性。这可通过用薄而轻的气密材料(如很薄的塑料薄膜或很薄的)表层或很薄的金属层涂覆所述气凝胶而形成。另一种方法是将气凝胶传送器封闭在薄的气密袋或气密罩(或气密覆盖物)中,随后从覆盖物中抽出部分或全部空气(同样需要从气凝胶体中抽出空气),接着密封该覆盖物。当气凝胶具有很低密度(低至约 3 kg/m^3)时,除去封闭的空气会总体上进一步明显减少气凝胶传送器的质量,降低在覆盖物上的大气静压,从而降低在气凝胶本身上的大气静压,提供使传送器部件预硬化的附加优点。可涂覆一种合适的气密性薄涂层(如塑料),从而可忽略给传送器增加的重量。广泛地作为这种涂层(或气密袋或气密罩)的具体材料有 PVDC(聚偏氯乙烯)、PVDF(聚偏氟乙烯)、PET(聚对苯二甲酸乙二醇酯)聚合物,可以用附加的金属涂层来改进其气体渗透性。

与这个发明思想适应的另一个用途是将磁性气凝胶固定在旋转轴承上,并使适当放置的载流线圈围绕该磁性气凝胶,形成旋转的电动机。由于具有很轻的(因此很小惯量)的转子,因此这种电动机具有很好的动力学性能。在这种情况下,气凝胶转换器元件被用于“旋转”转换器不是将电能转换成直线移动(来驱动其

前面的空气进行发声)，而是转换成旋转运动。

本发明提供一种电动机转子，它是由气凝胶状的磁体(掺杂磁体的非磁性气凝胶或本身是磁体的气凝胶)制成的，使用时悬浮在磁场(例如由一个或多个载流线圈制成的磁场)中，从而形成很低运动质量的旋转电动机。

5

用作可见图象装置中的转换器元件的气凝胶

本发明另一方面涉及用作成像系统部件的气凝胶。

目前已进行了许多工作以提供工业上和技术上可行的三维电视。一种方法是发射全息图，并且已公开了一些实验装置，另一种方法是使用立体的 3D “图象盒”，与 3D 形式的常规电视屏幕不同，该图象盒中的影象不仅具有高度和宽度，而且还具有深度。通常提出的技术是一种透明材料盒或立体单元，当受到两束或多束能量束(例如聚焦的电子束，或者激光束)照射或照明时，它会产生荧光(或发出磷光，如常规 TV 屏幕那样)，但是仅受一束光线照射时则不发光。这种技术同样取得了一些进展，当两束激光(而非仅仅是单束激光穿过该单元)在该单元中
10 会聚成一点时，一批合适的材料会发光，但是寻找合适的单元材料存在很大的问题。这些问题主要集中在所有已知适用的材料(所需的发光材料)均较密实，具有适当大小能给出合适可见图象的单元至少一英尺(30cm)见方，并且相当重。

本发明在这方面发挥作用，提出使用适当激发能产生荧光的单块透明气凝胶作为单元材料。通过用一束高度聚焦的激光轰击(probing)这种单元，或者用两
20 束或多束交叉的，可以是脉冲的，可以是不可见的(如红外或紫外激光束)激光束轰击这种单元，激光束的排列使得聚焦点或交叉点的条件适合在气凝胶中激发荧光，在气凝胶单块中的任何一点会产生光点源，在四个 pi 球面度可看见该光。通过快速扫描一束或多束激光束，在气凝胶单块中会发出 3D 图象，如此可形成以适当更新速度移动的图象。与其它在透明材料中使用 3D 点寻址的技术相比，这
25 种方法的最大优点在于气凝胶很低的密度，它可使显示器具有很大的尺寸(如 1 米见方)和实用的重量(小于 100kg，并可低至 10kg(约 22 磅)，小于许多现有的电视机的重量)。另外，与采用气体作为荧光介质的相似方法相比，用所述气凝胶体系可明显改进光输出。

因此，本发明提供一种三维图象显示方法，它包括立体的 3D “成像单元”，
30 其中图象是用一束或多束适当激发的能量束内部扫描该单元而形成的，所述单元是由透明材料制成的，它在受所述一束或多束能量束照射或照明时能发光，所述单元是气凝胶。

本发明提供一种成象装置，它主要是透明的看见荧光气凝胶单块。它可由一束紧密聚焦的能量束或两束或多束交叉的，可以是非可见的(如红外或紫外)能量(通常是激光)束激发，能量束可如此排列使得在其焦点或交叉点处气凝胶产生荧光。

5 通过适当选择能量束中的一束或两束的能量束源和气凝胶中荧光材料的性能，可使上述成象装置具有其它性能，当用不同波长、不同强度、不同平均能量或者上述参量的不同组合的一束或多束激光束激发时，可使荧光体发出的光的颜色在可见区连续变化，或者不连续变化，从而至少包括颜色红、绿和蓝，形成“全色”三维寻址的显示器。

10 这种显示器具有多种可能的形状。可使用矩形单元主要用于从一系列固定的位置进行观看(如从六个面的各面中心线附近观看)。但是，如果需要绕显示器移动地观看，则球状、拟球状或椭球状气凝胶单元具有独特的优点，因为它无矩形单元的拐角，从而避免围绕矩形单元观看时产生的失真。

气凝胶本身可以是任何合适的透明气凝胶。一种这种气凝胶是 Matsushita
15 制造的 SP-50，其它气凝胶公开在前面所述的<<气凝胶 5>>，第五届国际气凝胶讨论会的会议录中。

作为机-电驱动器的压电装置

本发明另一方面涉及用作机-电驱动器的压电装置的新结构。

20 将电能转换成机械能的转换器是众所周知的，并具有多种形式，最常见的大约是扬声器(它将电信号转换成活塞等装置的运动，这种运动使空气移动，最终将电信号转变成声音)。

各种线性致动器也是众所周知的，其例子包括水压、气压和内燃缸，电磁线圈，各种线性电动机，压电和磁致伸缩致动器和尺蠖装置。

25 在需要相对小的、独立的、简洁的和电运作的线性致动器并要求这种致动器能仅移动数毫米和/或施加牛顿数量级的较小力就能移动的情况下，通常电磁线圈是较好的。可使用压电装置代替电磁线圈，但是如果直接使用，则现有的压电装置通常都存在(甚至压电板的“堆叠”也存在)会产生毫米量级的位移的问题，用实际施加的电压仅会产生微小的变形。此外，如果以“弯曲器”模式使用时，
30 压电装置会变得十分臃肿；在这种弯曲模式中，通常提供细长的两层横梁，由单压电晶片(在一层形状固定层上的单层形状变化层)和双压电晶片(背对背的两层形状变化层)制成，当施加活化电压时所述横梁明显弯曲，但是这种横梁需要从输

出移动轴向外作一些延伸。

然而，在某些用途中使用压电弯曲器代替电磁线圈，尤其在气动阀门用途中（此时使用多层双压电晶片用相对低的工作电压形成合理的变形）。另外，在前面所述 Hookey 的英国专利申请(P1481Sub)的申请文本中，描述了一种螺旋状缠带式弯曲器图形，它适合将径向“挤压”力施加在通过线性轴承固定在其中的传送器。这种螺旋弯曲器在其径向内表面和外表面上具有电极，这些电极在螺旋弯曲器轴的中间分开，在受驱动时，它们相互作用，在一端沿螺旋管径向缩小，在相反一端沿螺旋管径向扩大。本发明涉及一种总体上更有效的用压电装置来代替电磁线圈的方式，它保持电磁线圈简洁的圆柱状，使致动器的长度对准运动方向（而不像传统的弯曲器那样成直角）。

上面申请文本提到的螺旋状缠绕的压电装置中压电材料是缠带式的，好象一段带或带子以常规的方式缠绕在圆柱体的外面。相反，本发明压电弯曲器是平展（即边缘）缠卷的螺旋管，施加的电场方向在端部平的缠卷管的两个表面之间（即名义上对准螺旋管的轴线方向）。

为了更好地显现这种结构的图形，先来看常规的细长矩形单压电晶片或双压电晶片压电弯曲器，其厚度为 t （最小尺寸），宽度为 w （中等尺寸），长度为 l （最大尺寸）。压电晶片由两层制得（两层的总厚度为 t ），并且沿厚度方向施加电场，从而当施加 V 伏电压时，晶片中的电场值为 V/t 。这种电场使晶片的长度与宽度最好呈直角弯曲，使厚度处于弯曲平面中。接着来看平放在水平面上的未变形矩形晶片，其厚度 t 与垂直方向一致，放置时其一端的一个表面与直径为 d 的一个圆柱体相邻并与之接触，该圆柱体竖立在水平面上，其中心轴同样垂直。如果所述晶片是挠性的，并且与圆柱体接触的那一端固定，将该圆柱体边缘（即在水平面中）缠绕在该圆柱体上，缠绕一周以后，形成的圆环的内径为 d ，外径为 $d+2w$ 。当该晶片绕圆柱体缠绕时，它每周至少上升 t 高度，从而使之能连续地缠绕在圆柱体上成为连续的螺旋管，每一周位于其前面一周的顶部，得到螺纹间距为 p （此时 $p=t$ ）的螺旋管。如果间距 p 大于 t ，则每周之间的间距为 $p-t$ 。上面描述了本发明螺旋弯曲器的图形；其厚度（即最小的尺寸）基本与螺旋管同轴，其宽度（或中等尺寸）沿螺旋管的径向放置，长度（或最大尺寸）沿螺旋管盘旋，在工作时该晶片沿厚度方向极化。

注意有时认为上述方法不是制造这种螺旋晶片的必要的实用方式：这仅是一种描述所需图形的方式（但是，如果在缠卷螺旋管时晶片陶瓷层仍处于坯料或未烧结状态，并且在实践中如果陶瓷坯料可适当增塑，则在实践中可使用这种方式

制造螺旋晶片)。

因此,本发明提供单压电晶片或双压电晶片压电“弯曲器”,其形状为平展(即边缘)缠卷的螺旋管。

更具体地说,本发明提供一种单压电晶片或双压电晶片(晶片)压电“弯曲器”(弯曲器),其形状为“平展缠卷”的螺旋管,即该弯曲器的厚度或最小尺寸沿螺旋管的轴向排列,弯曲器的宽度或中等尺寸沿螺旋管的径向排列,弯曲器的长度或最大尺寸沿螺旋管盘旋,螺旋管的螺纹间距大于弯曲器的厚度,晶片在其厚度方向(即名义上沿螺旋管的轴向)极化,导电电极沿弯曲器的长度放置在弯曲器两个最大表面积端(即放置在厚度方向的两端)并可由电信号驱动,当电信号驱动时螺旋弯曲器在轴向产生尺寸变化。

在使用时,晶片在厚度方向(即名义上沿螺旋管的轴向,也就是大致平行螺旋管轴的方向)被极化。现在来看沿厚度以该方向施加电场的效果。螺旋管弯曲器的各部分均有名义上沿厚度方向弯曲的趋势,由于螺旋形的缘故,这种趋势造成整个螺旋管伸长或缩短(如果螺纹间距不大于厚度 t , 则螺旋管不容易缩短)。在与厚度方向垂直的方向还存在小的变形,这主要造成螺旋管直径轻微增加或减小,这是由晶片相对于螺旋管的结构和排列所致,但此效应与螺旋管长度变化相比是很小的。根据所选的材料,与使用同样紧凑的弯曲梁或堆叠物所获得的变形相比,沿螺旋管的轴向获得的变形(单位尺寸的螺旋管)是相当大的。例如,用 8mm 宽和 1mm 厚的实际晶片形成的内径 16mm, 外径 32mm, 绕 12 周, 间距为 2mm 的螺旋管其总的圆柱体尺寸为直径 32mm, 长 24mm, 但是同样构成的横梁弯曲器(相同宽度和厚度)的长度约为 910mm, 使用实际驱动电压时最好变形要超过 10mm。这与同样大小的电磁线圈的性能完全可相比(尽管输出的工作力或许要小些), 这种螺旋弯曲器比电磁线圈的最大优点在于, 一旦致动, 它不需要静态保持电流, 因此基本无能量浪费在发热上, 同时仍产生静态输出力。该弯曲器的自感应很小, 不存在电磁线圈中的感应开关瞬态问题。

在工作时,如上所述在厚度方向极化晶片,通常这是用沿弯曲器沉积在其最大表面积两侧(即在厚度方向上的两侧)的导电性电极而实现的,接着用合适的电信号驱动该电极,使螺旋弯曲管在轴向产生所需的相应尺寸变化。

制造这种弯曲器的一种方法共挤出两层或多层塑性压电材料(通常是钛酸铅锆(PbZTi 或 PZT)陶瓷),形成单压电基片、双压电晶片或多压电晶片。所述挤出是用一个出口尺寸为 $w \times t$ 的矩形挤出口进行的,其内部如此排列使得挤出物从挤出口的挤出速度与挤出口“ w ”方向的位置有关,其结果是挤出物“卷曲”,

如果用直径为 d 的外部圆柱形定型器定型 (coerced) 并缠绕排列, 则挤出物形成环形或螺旋形, 其内径为 d , 外径为 $d+2w$ 。为了成功地进行这种共挤出, 需要很细和均匀地研磨 PZT 粉末 (例如用 Morgan-Matroc 制得), 并将其与合适的增塑剂 (如聚乙酸乙烯酯, PVA) 和水相混合。

- 5 在各层中施加不同量的氧化银以制造单压电晶片 (活性层使用少量的氧化银, 如 2%, 导电性非活性层使用稍多量的氧化银, 如 20%)。对于两层装置, 将一层活性层和一层非活性层共挤出在一起, 使之挤出后的总厚度约为 t , 各层的厚度约为 $t/2$ 。对于多层装置, 用非活性层间隔活性层, 各层的标称厚度为 t/n , 挤出后使弯曲器的总厚度为 t 。
- 10 在挤出两层或多层挤出物并将其“缠绕”在直径为 d 的定型器上后, 将其置于温度为 900-1000°C 的烧结炉中进行烧结。此时可例如通过溅射导电材料 (如银或铝) 而在任何一层活性层外部形成表面电极。

具有综合定位和控制机理的压电驱动器装置

本发明的这一方面涉及致动器和传感器领域, 尤其是由压电材料制得的单压电晶片、双压电晶片和多压电晶片。

本领域中已知许多种类的压电致动器。直接的压电效应通常非常小, 为 10^{-10}m/v 数量级, 因此要使用该效应得到显著形变, 就需要非常高的驱动电压, 或者必须使用一大堆低变形的压电装置。在任一种情况下, 能够得到的变形实际上局限于低微米范围。

当需要较大的形变时, 使用多种结构的“弯曲器”。一种弯曲器是两层装置, 其中一层压电层与另一层非压电层 (用来制备单压电晶片) 或与另一层压电层 (用于制备双压电晶片) 层合 (紧密粘合在一起)。在单压电晶片中, 当压电层在驱动电压的作用下膨胀或收缩时, 整个层合片由于各层之间形变的差异发生弯曲。在双压电晶片中 (两层压电层层合在一起) 极化 (poled) 这两层, 然后与驱动电压连接, 连接方式是当层合片的一层由于驱动电压发生膨胀时, 另一层发生收缩, 反之亦然。这样, 层合片又会由于各层间形变的差异发生弯曲。

还已知, 对于一堆多层而言, 如上所述, 或者获得较大形变的输出力, 或者通过使用多个较薄的层由较低的驱动电压来得到比较大的输出力, 或者使用以上两者。

这样, 这类目前能够得到的压电弯曲器使用低至 30V-60V 的驱动电压就能够产生显著的形变, 在毫米数量级。

遗憾的是，能够产生大形变/伏的压电材料（“高活性”材料）往往也会有相当大的滞后现象。通常不希望得到的该滞后现象的结果是包含此类压电弯曲器的致动器难以进行精确的控制，因为滞后现象消除了输入驱动电压和输出变形之间存在简单关系的可能性。

类似的效应还产生于压电材料具有不可忽略的柔顺性的情况。当这些材料用作弯曲型致动器时，施加在该致动器上的外部负荷也会在一定程度上决定输出形变的量。

因此，常规的弯曲器要用于精密的致动器就存在着缺点。

本发明提出了解决这些问题的出人意料简单的方法。更具体而言，本发明在本质上提出向弯曲器结构中加入另一层压电活性的材料，如下所说明的，该压电活性材料可以是压电材料或压敏电阻材料，该添加层的作用是（单独地）用于传感和响应弯曲器的实际弯曲。如果该附加的传感层是由滞后作用非常低的压电活性材料制得的，那么当弯曲器弯曲时传感层产生的活性响应基本上就没有滞后效应（对该传感层材料的选择应该只是在低滞后效应和高压电活性响应的基础上进行，因为传感层在致使弯曲器弯曲方面不起任何有效的作用）。此外，如果该传感层用一种尽可能高柔顺性的材料制得（通过选择压电活性材料，或者简单地通过使该层足够薄，或者使用这两种方法），那么该传感层的存在将对主弯曲器最低限度地产生负荷，因此该负荷对弯曲器的输出形变几乎没有影响。最后，如果驱动弯曲器的控制系统具有合适的输入和输出，就可以将来自传感层的输出信号用于反馈回路，以密切控制实际的输出形变，基本上消除了滞后误差，并且与装置的机械负荷无关。

在这一方面，本发明提供了一种弯曲器结构的压电装置，该装置具有一层附加的压电活性材料，其作用是传感和响应弯曲器的实际形变。

该传感层可以加入到目前已知的所有种类的单压电晶片、双压电晶片、单层或多层弯曲器中的任何一种中，以提供弯曲器弯曲状态的直接反馈，由此大大地简化了对该弯曲器的精确控制。弯曲器可以是如上所述的平展（即边缘）缠卷的螺旋管装置，或者它可以是上述英国专利申请主题的缠带式螺旋管装置中的一种。

用于本发明的附加传感层是压电活性材料，该压电活性材料可以是压电性或压敏电阻性的。压电材料是一种机械变形时输出电压的材料（当然，反之亦然：当在其两端施加电压时它发生机械变形）。与此相反，压敏电阻材料是一种机械变形时其电阻发生变化的材料。本发明可使用两种材料的任一种，使用压电材

料，相关的控制系统监测输出电压；而使用压敏电阻材料，控制系统施加电压并监测电流的变化（由此监测电阻的变化），或者施加电流并监测电压的变化。

传感层可以加到层合结构的任一层外层上，或者事实上添加作为该结构的一层内层。例如，它可以放置成为最靠近该弯曲器中轴的层，通常位于弯曲器层堆的中心附近，以便能更好地监测弯曲器结构的弯曲平均值。将传感层放置于接近中轴的地方还能使该传感层处于最小的应变之下，因此使滞后效应最小。

尽管本发明的弯曲器结构只需要具有一层附加层，但该结构也可以具有两层或多层。因此，向弯曲器结构中加入两层（或多层）传感层的方式是通过将这些层放置得使结合使用时各层间的滞后效应有所消除而使传感层中的滞后效应降至最小。在一种此类放置方法中，可以使用差分放大器来传感来自两个传感层的输出信号的差异，以提供来自传感层的能够更精确地表示弯曲器实际弯曲的净信号。当附加层是压敏电阻传感层时，可以将每层传感层放置成可传感弯曲器的应变，此后通过合适的电子技术将它们的弯曲传感信号进行叠加（例如在差分放大器中），而它们与温度和其它非应变因素有关的电阻变化在电子传感电路中基本上被消除。

在预先将各层压电材料粘合在一起制得弯曲器的情况下，传感层也可以粘合到所形成的层合件中，传感层可以例如由完全不同类型的材料制成，对这些材料的选择只看其传感性而不看其弯曲性能。例如，压电聚合物或压敏电阻聚合物都具有比相等厚度的压电活性陶瓷高得多的柔顺性，而在某些情况下它们不如一些压电活性陶瓷敏感，尽管如此，它们是用于传感层的良好候选材料，因为它们成本低、柔顺性高，并能容易地粘合和进行制备。

在由两层或多层压电陶瓷（双压电晶片或多压电晶片）制成弯曲器和/或由一层或多层非压电材料和一层或多层压电活性陶瓷（单压电晶片或多压电晶片）制成弯曲器，以及该叠合层在烧制或烧结工作之前完成（即处于“生坯”陶瓷阶段）的情况下，仍然可以加入一层或多层处于烧制前同一“生坯”阶段的压电活性陶瓷的传感层，选择该传感层材料的基础是在驱动电压下适合于传感而不是适合于弯曲（如选择低滞后作用和/或柔顺性好和/或高敏感性）。或者，这些传感层可以在烧制之后粘合在这些“经烧制的层合片”上，在这种情况下除了耐高温的压电活性陶瓷之外，可以使用非陶瓷的传感层，如压电活性聚合物。

特别是，可以使用 Pearce 等人研制的压电活性陶瓷的挤出和压延技术在一个制造过程中制备多层弯曲器装置，它具有一层或多层弯曲层和一层或多层压电活性传感层，在同一过程中将电极烧制在该装置中。

在上述方式中，压电致动器可以构造成具有能够利用来自一层或多层传感层的弯曲反馈信号的合适的控制系统，它能够进行精确的控制而无需任何附加的外部位置传感器装置，因此可以显著地降低成本。

压电传感层的一种较佳的候选材料是与制造下层弯曲器的同一种（活性）PZT材料，如 Morgan-Matroc PZT-4D、PZT-5A 或 PZT-5H（= Navy 型 I、II 和 VI）。或者，在压电传感层于弯曲器烧结后通过粘合到弯曲器上进行层合的情况下，传感层可以由 PVDF 压电聚合物制得。

最后，如果弯曲器本身由压电聚合物制得（无烧结），那么可以在制造弯曲器的同时加入该传感层（如 PVDF）。

压敏电阻传感层的一种较佳的候选材料是氧化钨。该材料可以一些恰当的方式施涂到弯曲器结构表面上作为一厚膜，可以在绝缘厚膜层的顶面上，然后“固化”（烧结）形成所需的陶瓷结构。这种厚膜层的优点是只需要相当少量的压电活性材料，这样能制得低成本的传感层。合适的施涂方法包括厚膜技术的常规方法，它包括丝网印刷、刮刀涂覆、涂漆和喷涂技术。在这种情况下，压电活性材料以“墨水”的形式施涂到弯曲器结构上，所述“墨水”是压电活性剂、导电剂和粘合剂的混合物。尽管一层或多层压电活性层可以嵌入弯曲器结构中，但在较佳实施方案中这些层在烧结后进行施涂，以使信号最大而使反作用最少。

本发明弯曲器型压电装置（一种具有整体传感层的装置）的一个具体的用途是声音变换器，该声音变换器中将弯曲器放置成可在空气中产生运动，这样通过扬声器产生响应于输入驱动电压的声波（代表电信号的声音）。一般来说，由于上述滞后现象和与负荷有关的弯曲效应，这些变换器可能明显地是非线性的，这通常是不希望的，因为这会产生输出声音失真。提供一层或多层整体压电活性层能容易且便宜地提供传感信号，它可以用于反馈控制系统，消除较大部分的非线性成分，由此使声音的失真最小化。

可得益于本发明的压电变换器包括上述 Hooley 的英国专利申请 No. 2,322,232 (P1481Sub)主题的那种装置。该 Hooley 装置是另一种螺旋形致动器，它比 Perace 的装置更类似于简单的弯曲器（但是在该情况下弯曲器是螺旋形缠绕的）。然而，如果向 Hooley 的螺旋形弯曲器致动器中加入一层或多层附加的压电活性传感层（在这种情况下以适应弯曲层的方式螺旋形缠绕附加层）这样附加层可以用来传感螺旋形致动器的变形，并提供能够有助于精确控制致动器的反馈信号。这样一来，当然就可以降低致动器的压电材料的滞后现象和致动器上负荷产生的效应。使用合适的反馈控制系统，致动器可以进行大致线性的工作，使

其适用于例如声音变换器。

当然，如果弯曲器的压电材料基本上在大致线性的区域内工作，并选择该压电材料使其具有尽可能小的滞后现象，这样至少对于 AC 信号，固有的滞后效应可以控制得非常小。然而，对于 DC 驱动，对于部分的静荷载，通过测量应变，传感层的加入会提供有关弯曲器致动点的信息，可以由此得到一些信号，这些信号能被用来大大降低致动点上负荷变化而造成的影响。

为了得到压电活性传感层在弯曲器零应变点附近更好的线性，可以当弯曲器在通常向压电活性层施加压应变的方向发生最大弯曲时将传感层与弯曲器粘合（在该结构的烧结后方法中），使弯曲器保持弯曲直至粘合方法完成。这样，在弯曲器正常工作的所有范围内，压电活性传感层处于张紧状态，远离零应变区域工作的大部分也是如此。

压电打印头

本发明的另一方面涉及相当不同的一种压电致动器，也就是用于喷墨打印的那种。

在这种类型的设备中，形成一块压电材料，其中具有大量非常细小、非常紧密的平行小室的平面阵列，墨水可以从一端注入，从另一端上非常小的孔中排出。这些小室在一侧配有相对的电极，当这些电极被激活时压电材料会变形，减少相应小室的体积，从而将墨水从孔中挤出。

目前这些压电打印头是通过繁复的多步骤方法制得的，具体如下。首先，在一片合适的厚压电-陶瓷的一个主表面中磨出一系列伸长的平行槽，在这些槽之间留有薄壁以供在上面淀积电极。然后，将一块压电陶瓷顶板粘合在压电陶瓷片经研磨面的上面，覆盖所述槽，并与每个槽壁的顶面粘合接触，通过该制造形成复合结构体内的一系列平行的大致为矩形的管道。最后，在层压物垂直于槽方向的边上粘合端板，封闭所形成的管道，在一侧将这些端板钻出多个精密的孔（通常用激光束），形成非常小的喷嘴。

使用时，让墨水通过进入槽形小室的附加孔注入小室中，当要喷射一滴墨水时，就电驱动槽侧壁上的电极使槽壁变形，减少相应的矩形管状小室的体积，这一体积减少导致实际上不能压缩的墨水从喷嘴中喷射出来（还配有其它一些装置以防墨水从注入孔中喷出）。实践中该方法比本概述看来的要复杂得多，该方法

5 包括例如对墨水发射精确定时的波以得到所需的墨水流。

这种类型的结构能够制造具有非常精细分辨率的喷墨打印头，并且已经得到

高度开发。然而，它多工序的复合结构使其成本较高，且不易得到大片合适的陶瓷材料，这就阻止了有效地批量生产多种装置。该方法包括：将压电陶瓷基板和盖板磨平（通常必须确保有良好的机械对准和粘合）；研磨操作以在基板中生产一系列槽；金属淀积操作以在空腔的侧壁上得到电极，以及研磨和金属淀积间的任何辅助中间清洁操作；将顶板与经研磨和开槽的基板对准并粘合，以及金属淀积和粘合间的任何辅助中间清洁操作。

本发明还有一个目的是说明制造这些装置和其它类似装置的另一种更简单和便宜的方法。

本发明提出喷墨打印头类型的装置的制备方法可以用一种简单的多层挤出方法（类似于 Pearce 等人在 IRC for Materials, 伯明翰大学中提出的方法）制备共挤出的具有完整导电性电极层的中空 PZT 管和多层 PZT 弯曲结构。使用一个恰当地形成和尺寸化的挤出模头和压电陶瓷浆料与增塑剂的多层组合物，其中的一些层与产生导电性的材料（如氧化银）良好混合，在烧制后得到有高度导电性但机械上相容的材料，获得任意长条状的挤出物（其长度仅取决于被挤出的材料用量）该挤出物内部具有沿挤出物长度方向延伸的多个管状空腔，空腔壁是压电陶瓷浆料/增塑剂/导电材料的组合物，烧制时在壁表面上形成导电性电极层。

本发明在这方面提供了一种制备如压电喷墨打印头所需的具有通道的压电装置的方法，在该方法中使压电陶瓷浆料、增塑剂和烧制后变得有导电性的材料的组合物（该组合物能够烧制形成有高度导电性但机械上相容的材料）经过恰当地形成和尺寸化的挤出模头挤出，得到长条状挤出物，其内部具有沿挤出物长度方向延伸的多个管状空腔，空腔壁是压电陶瓷浆料/增塑剂/导电材料的组合物，烧制时在壁表面上形成导电性电极层。

本发明在这方面提供了一种制备如压电喷墨打印头所需的具有通道的压电装置的方法。除打印头之外，这些装置的一个例子是用于计量给药或用于在色谱仪中控制样品流量的一类微型泵。

本发明提供了一种压电装置的制造方法，该方法中使用压电陶瓷浆料、增塑剂和能使烧结的复合陶瓷具有导电性的材料的组合物。使用中将该组合物挤出，然后能够烧结形成高度导电性但机械上相容的材料。

用于制备陶瓷的合适的压电材料包括上文中提到的那些 Morgan-Matroc 物质，Morgan-Matroc PZT-4D、PZT-5A 或 PZT-5H。它们通常用 PVA 进行塑化，将氧化银加入其中使它们在烧制后具有导电性。

本发明这一方面的方法需要将该组合物通过一个恰当地形成和尺寸化的挤

出模头挤出，得到挤出物。共挤出模头能更好地用于此目的。该模头具有两个材料入口，而最终从同一个孔或一套孔（在多喷嘴喷墨泵模头的情况下）中挤出。将原料加入入口孔中，将塑化的活性 PZT 浆料加入第一孔，类似的材料（但加入了良好混合的提供导电性的试剂（如氧化银））加入另一个孔。在模头中，挤出物的主体由来自第一孔的原料形成；然而，该模头配置成可令一薄层来自第二孔的（潜在导电性）材料淀积在挤出物中每个槽或矩形孔的侧壁上，模头内部的压力是能够使来自两个入口孔的被共挤出的材料在一个或多个出口孔处互相接触，在出口孔形成单个连续但层状的挤出体。

在这方面的方法中，挤出该组合物得到长条状的挤出物，该挤出物的内部具有沿挤出物长度方向延伸的多个管状空腔。最普通的是，管状空腔的截面较好为矩形（截面取决于模头孔），其它方便且易于得到的截面形状是圆形或椭圆形（这些截面用机械加工很难制得）。

对于本发明可能得到的连续挤出体的长度没有实践限制，因为原料可以连续地加入入口孔中。然而，烧结炉的数十英尺（数米）的实践限制规定了要将挤出物（挤出到提供支承的载体上直至完成烧结）切割成相应的长度（或更短）。在对本制造方法的一直接替代（用机械加工）方法中，孔可以是矩形的。

该挤出方法得到一长条物，其内部具有多个空腔，空腔壁是压电陶瓷浆料/增塑剂/导电材料的组合物，烧制时在壁表面上形成导电性电极层。

共挤出的烧结后导电层通常制成为精密工艺控制允许的薄度，但无论如何都在 10-250 微米的范围内。在烧结后，矩形空腔间由活性 PZT 材料形成的壁上任一侧的层变得具有导电性，由此提供了装置应用时电驱动空腔壁（从而变形）的方式。

可见，通过本发明的简单、连续的挤出方法，可以在单个操作中制得前述各种喷墨打印头所需的多种类型的结构体，且无需大量复杂和昂贵的工序（因此大大地降低了成本）。

反之，在目前使用的方法中，整个组件需要具有精确的尺寸精度以使得各部件能够对准。在本发明的方法中，远不需要绝对的精确性，因为最终唯一需要明显精确的准直性的部件是喷墨喷嘴（可以用类似于目前的方法在端板中钻出这些喷嘴，因此单独地用该方法将每个喷嘴以足够的精度相对于其它喷嘴进行放置）。

应该理解，也可以将本文提出的新型结构用作除喷墨打印头以外的宽范围的流体泵装置的基础，所揭示的技术决不局限于此。

图 1A 是声音变换器的示意图, 该声音变换器(5: 纸盆/隔膜 5A/5B 支承在保护外壳 5C 中)安装并密封在不透气的管状支架(6)的一端, 变换器 5 从其正面(9)和背面(10)发出声音。变换器 5 的传送器组件(11: 5A/5B)假设也是不透气的。

在变换器 5 的后面密封入支架 6 的是气凝胶填料(7), 选择其密度、材料和孔尺寸使其优先地高度吸收低频率的声音, 尤其是吸收从变换器 5 的背面 10 发出的声音。气凝胶填料的正面(13)对于变换器 5 的背面是敞开的, 而气凝胶填料的背面(12)通过在其周边密封在支架 6 上的疏松的、声学上透声的不透气膜(8)与周围大气隔离。

向由变换器 5 的背面、支架 6 的内表面和膜 8 的内表面围绕的空间填充为最大化地吸收来自变换器 5 背面的低频声音而选用的一种气体(或气体混合物)。该配置通过气凝胶吸收填料 7 使得后方辐射对变换器正面的破坏性干扰得到降低, 而变换器背面的声音负荷达到最小。

图 1B 是用于如图 1A 所示的吸收剂体系的气凝胶填料(17, 与图 1A 中的填料 7 非常相似)的剖面图。于此, 气凝胶填料 17 由数层构成(17A、B、C、D 等等: 事实上图中并未示出所有可能的层), 各层都由一种或多种物理和/或化学性能不同于相邻层的材料组成; 选择这些层使得能降低入射到面 13 上的声音的反射, 虽然受到第一限制, 但仍最大化地吸收入射到面 13 上的声能。在另一种结构中(图中未示出), 各层可以平稳地互相融合, 变成连续梯度的材料区, 在材料梯度的主方向上反射系数沿远离变换器 5 的方向递增。

图 2A、B 示出了一个具有密封表面的圆柱形磁性气凝胶传送器(32), 它用作活塞, 通过充气的环形气动轴承(33)(图中只示出截面)自由地悬浮在刚性薄壁管状元件(34)(图中只示出截面)内, 在元件 34 的外部环绕着电线圈(31)(图中只示出截面)。在许多可能的方位中的一个方向对传送器 32 进行磁化, 例如, 沿构件 34 的轴向, 当电流通过线圈 31 时, 线圈的场与传送器 32 的场互相作用, 产生轴向力, 以这种或那种方式沿轴向驱动传送器。

图 3A、B 是类似于图 2A、B 所示装置的另一种结构。

用一对薄壁翻转弹性体管段(300, 301)代替环形轴承, 这对管段除了其端部以外其它部位不与任何东西接触: 翻转管 300 的外端与管状元件 34 内部接触(在 302 位置), 其内端与传送器 32 接触(在 304 位置), 而在另一端, 另一个翻转管 301 也进行类似地接触(分别在 303、305 处与管状元件 34 和传送器 32 接触)。当传送器 32 相对于管状元件 34 进行轴向运动时, 翻转管在其本身内滚动, 使得传送器能几乎自由地运动。

传送器 32 的外径、管状元件 34 的内径和两个管段 300、301 的自然(不受应变)的内径和外径之间的关系是关键性的,应该加以选择,以使得在所示装置中在传送器 32 外部和管 300、301 内部之间存在小间隙(除了管与传送器 32 接触的位置),并且在管状元件 34 内部和管外部之间存在小间隙(同样,除了管与元件接触的位置)。

图 4 示出了一块透明的发荧光气凝胶(41),在它附近放置了一对扫描用激光器(42, 43),它们发出窄带平行光束(46, 47),这些光束可以通过可控光束偏导器(44, 45)进行偏转。光束 46, 47 进入并扫描通过气凝胶块 41。

光束的强度或能量不足以单独地使气凝胶发出荧光。然而,在两束光束相交处,如图所示在位置(48),它们的效应就足以在气凝胶中产生可见荧光。荧光的颜色通过调节激光束波长和/或强度,和/或脉冲时间(如果是脉冲的话)加以控制。

通过使激光束进行恰当的偏转,可以分别使整块气凝胶内的每个位置发出荧光,因此得到了 3D 显示装置。

该体系的一种变化结构(图中未示出)使用了类似的一块透明的发荧光气凝胶,在它附近放置了一个扫描用激光器,它发出的激光束是高度会聚的,且具有可控的可聚焦性,因此焦点(此处能量密度最高)可以放在气凝胶块内的任何位置。调整聚焦、光束和能量密度以使只有在非常接近焦点的位置能量密度才足以引起气凝胶中的明显荧光。因此,通过控制光束及其焦点的位置,可以在气凝胶块中建立可见的成象。

图 5 示出了具有一些合适的直径、厚度、间距和宽度(分别以 58、57、59 和 56 示于图中)的平展缠卷的螺旋管弯曲器。

该弯曲器包含顶层(按观察到的)(54)和底层(按观察到的)(55),它们于界面(50)粘合在一起。如果 54、55 两层都是压电性的,那么弯曲器就是双压电晶片;如果只有一层是压电性的,那就是单压电晶片。

螺旋装置沿轴向(图中示出的短划线 51)拉伸或收缩,取决于施加在导电性电极(图中未示出)之间的电驱动电压的极性,所述导电性电极一个淀积在顶层 54 的顶面(按观察到的)上,另一个淀积在底层 55 的底面(按观察到的)上。为了能够容易地施加负荷力,螺旋装置的顶面圈和底面圈可以如图所示展平,或者可以将它们磨平。

图 6A、6B 示出了简单的双压电晶片“弯曲器”,一个是“螺旋形”(如图 5 所示),一个是“线形”,两种结构中都加入了传感层。

图 6B 示出了一种常用的简单的双压电晶片弯曲器，其中两层压电材料层(61, 62)粘合在一起，中间有一个可任选的电极(64)，接上电极(65, 66)以使驱动电压能够施加到所形成的结构的两个相对的表面上。附加的一层压电材料层(63)是传感层；当层 61, 62 被驱动时该传感层对弯曲器的弯曲不起作用（只是通过其有限的柔顺性稍微地阻止其弯曲）。一个附加电极(67)位于传感层 63 不与层 62 粘合的一面上，为的是当层 61, 62 通过弯曲器作用发生弯曲时从该传感层输出信号。

在图示装置中，传感层 63 与两层主要层 61, 62 共享一个共用电极(66)。在实际应用中，在该电极不适于共享的情况下，可以用一对电极（用一薄层中间层将它们互相隔开）代替单个电极 66，其中一个电极与弯曲器恰当的层 62 连接，而另一个电极只与传感层 63 连接。然而，通常只要留心确保电极 66 具有足够的导电性，就适合用电极 66 作为驱动和传感连接的公共接地，而几乎没有干扰，那么就能通过驱动电路在传感电路中产生电信号。

在图 6A 中，示出了与图 5 非常相似的螺旋形弯曲器，它具有两层电驱动的压电层(609, 610: 电极在图中未示出)，还加入了另一层压电层(608)。这一层附加层在使结构件弯曲方面不起任何有效的作用，而是用来在使用时向传感电子装置（图中未示出）提供有关弯曲器实际弯曲的反馈信号。这一附加的“被动”传感层 608 也具有表面电极（图中未示出），如以上简单弯曲器中所述，一个电极可以与活性层(active layer)609 共享（如果合适）。

使用时，在活性层 609 的顶部(按观察到的)和活性层 610 的底部之间施加电压，这两层已经事先被极化成方向互为相反的极性。这使得带状结构体（它是平展(即边缘)缠卷的螺旋管）弯曲，这一弯曲使得螺旋体整体根据驱动电压的信号伸长或缩短。牢牢粘合（或烧制）在活性层 609 上的传感层 608 也由于弯曲器的作用而发生弯曲，由于其本身也是压电性的，这样弯曲会在其表面之间产生电压信号，这通过其表面电极（图中未示出）连接可用作反馈信号。

图 7A、B 在许多方面与图 6A、B 非常相似。

图 7B 是一种普遍常用的简单的双压电晶片弯曲器，其中两层压电材料层(71, 72)粘合在一起，它们之间有一个可任选的电极(74)，接上电极(75, 76)以使驱动电压能够施加到所形成的结构的两个相对的表面上。图 7B 中还示出了附加的一层压敏电阻材料层(73)，当层 71, 72 被驱动时该压敏电阻材料层对弯曲器的弯曲不起作用（只是通过其有限的柔顺性稍微地阻止其弯曲）。该层 73 与电极(层) 76 粘合，它们中间有一层中间绝缘层（图中未示出）以将它们电绝缘开。附加电

极(77, 78)位于层 73 不与层 72 粘合的一面上(通过绝缘层和电极 76), 在层 73 的压敏电阻材料的两端各有一个电极, 为的是当层 71, 72 通过弯曲器作用发生弯曲时从该层将信号输出。

图 7A 示出了与图 5 非常相似的螺旋形弯曲器, 它具有两层电驱动的压电层(709, 710: 相应电极在图中未示出), 除此以外, 该装置还包括另一层压电活性层(708: 在本实施方案中该另一层压电活性层 708 是压敏电阻的, 不同于图 7A 实施方案的情况, 图 7A 中传感层是压电的)。这一层附加层在使结构件弯曲方面不起任何有效的作用, 而是用来在使用时(向传感电子装置, 图中未示出)提供有关弯曲器实际弯曲的反馈信号。该传感层 708 与活性层 709 及其电极粘合, 它们中间有一层中间绝缘层(图中未示出)将传感层 708 与活性层电绝缘开。该传感层 708 也具有电极(同样图中未示出), 螺旋性结构的每端有一个电极, 用于与传感电路连接。

使用时, 在活性层 709 的顶部(按观察到的)和活性层 710 的底部之间施加电压, 这两层已经事先被极化成方向互为相反的极性。这使得带状结构体(它是平展(即边缘)缠卷的螺旋管)弯曲, 这一弯曲使得螺旋体整体根据驱动电压的信号伸长或缩短。牢牢粘合(或烧制)在活性层 709 上的压敏电阻传感层 708 也由于弯曲器的作用而发生弯曲, 由于它是压敏电阻性的, 这样弯曲会沿其长度方向产生电阻变化, 它能通过由其电极向它通入电流而转化成电压信号, 该信号可以用作反馈信号, 以传感和/或控制螺旋形弯曲器的弯曲。

图 8 示出了一种典型的驱动电路, 它包括具有压敏电阻传感层反馈的“弯曲器”。

该图中示出了差分运算放大器(816)用于一经典的负反馈电路以驱动弯曲器(815), 驱动信号来自输入命令信号(进入输入端 818), 它通过电阻器(817)与放大器 816 的倒相输入端连接。在一种该电路中, 电阻器 813 代表与弯曲器 815 为一整体的压敏电阻传感层, 使电流从 DC 电压电源(819)通过电阻器(811)经过该电阻器 813。因此, 在电阻器 813 两端的电压与其电阻值成正比, 从而有与传感层电阻器 813 所受的应变成正比的元件。电阻器 811、813 接点处的电压与放大器 816 倒相输入端连接用作负反馈信号。另一对电阻器(812, 814)用来得到补偿电压, 其值与弯曲器和传感电阻器在未受应变或未弯曲状态时电阻器 811、813 接点处的电压值相等。该补偿电压与放大器 816 非倒相输入端连接。

工作时, 当输入电压 818 设定在电路工作范围内的一些要求值时, 放大器 816 的输出在工作点上驱动弯曲器, 这导致传感层压敏电阻器 813 产生应变, 使其电

阻值发生变化。这就改变了电阻器 811、813 接点处的电压，进一步改变了施加在放大器 816 上的差动输入电压。如果对于施加在弯曲器 815 上的驱动电压正确地选择电阻变化的方向（即与弯曲器连接的极性是能够确保得到负的而不是正的反馈），电路就能迅速地位于一点，在该点对弯曲器 815 的驱动恰好能产生与输入电压 818 成正比的弯曲或应变。

图 8 所示方案的改进方式可以具有如下结构。

在该方案中，电阻器 813、814 代表与弯曲器 815 为一整体的压敏电阻传感层。它们可以例如放在弯曲器的两侧，但是无论如何应放置成可使一层传感层受压缩而使另一层传感层受拉伸大致相等的尺寸，反之亦然。在该方案中，两层压敏电阻传感层在弯曲器工作时会发生大小非常相似的应变（但具有相反的信号），并会经受由环境温度变化和弯曲器温度变化（例如由施加在其上的驱动能产生的）导致的相似的温度变化。在图 8 的电路中，将这两层压敏电阻传感层与放大器 816 的两个分离的输入端相连，以使得这两层的电阻变化能得到相反极性的反馈电压。这样它们的传感信号就加在一起，得到增强的负反馈。然而，它们电阻的任何变化（由通常温度变化引起的或者由材料长期老化引起的）会趋于平衡，从而得到大约为零的反馈电压。这样就可以得到高度温度补偿的集成致动器/传感器和控制电路。

在另一种对最近描述的电路和装置结构稍微变化的方案中，电阻器 813、812（不是 814）是两层压敏电阻层，可以粘合在弯曲器的同一面上，每个占据弯曲器宽度的大约一半，覆盖弯曲器的整个长度，因此基本上受到整个弯曲器的应变，但是这两层互相是电绝缘隔开的。在该结构中，弯曲器 815 中的应变导致两个传感电阻器 813、812 产生相同大小和正负号的压敏电阻变化。它们在图 8 电路中的位置使得它们与应变有关的电阻信号相加，并形成负反馈。

图 9 示出了本发明的简单的压电喷墨打印头装置的剖面图（设想一长条具有通道的物体被挤出，然后被横向切割成可用的长度；该图示出了由该横切得到的一个表面）。

打印头具有压电体部分(911)，它内部有许多由壁部分界定的槽(如 912)，在这些面对槽的表面上是导电性层(如 913)。工作时，将墨水通过孔口（图中未示出：它们位于密封在切割面上的坯板中）注入每个槽 911 中，当驱动信号施加到衬于任何特定槽 912 内的电极 913 上时，槽壁弯曲，将其中的一些墨水从非常小的孔中（图中未示出：它们位于密封在切割长度另一端(图中也未示出)的另一块坯板中）排出。

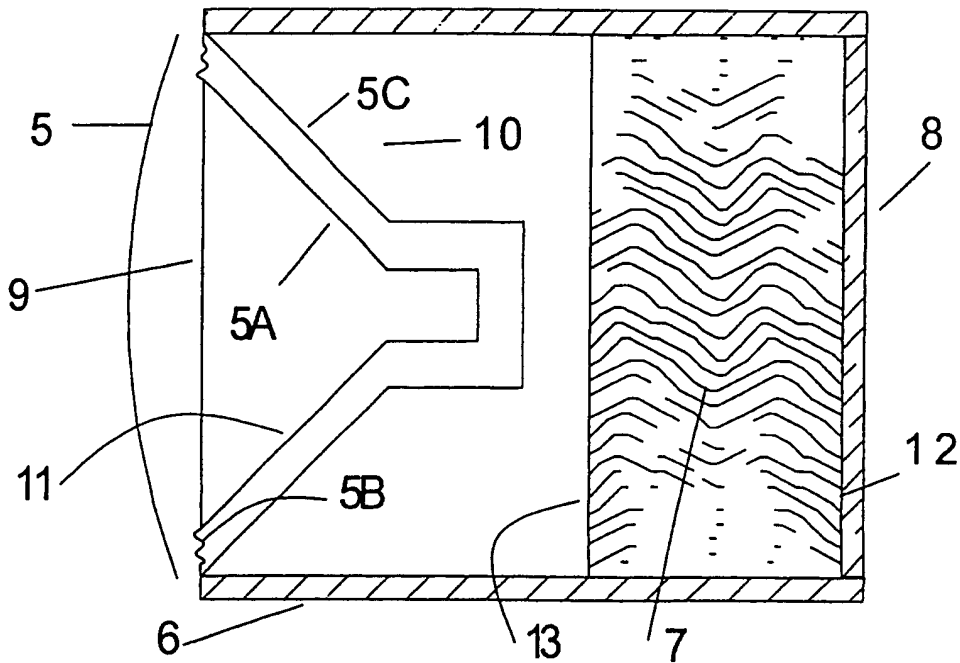


图 1A

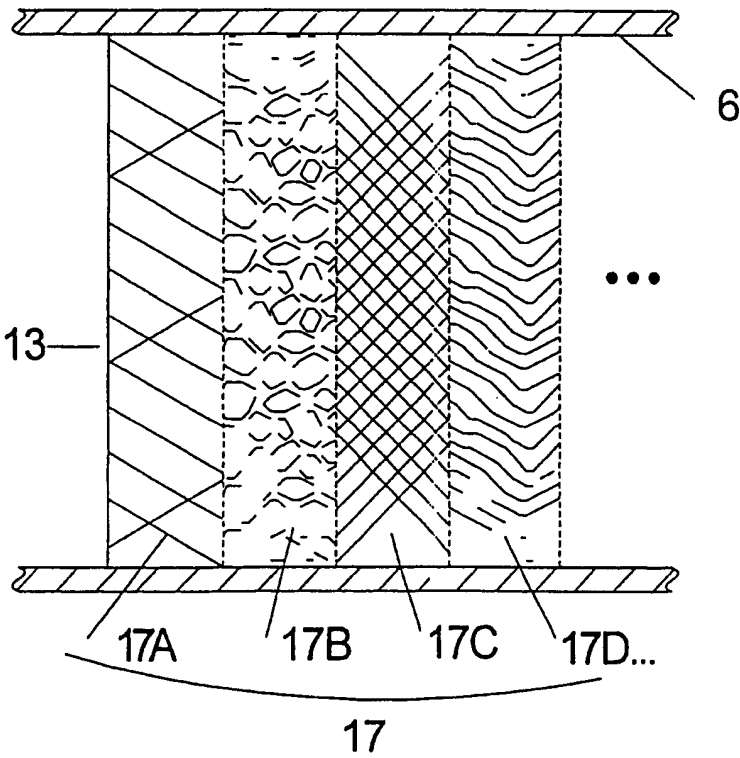
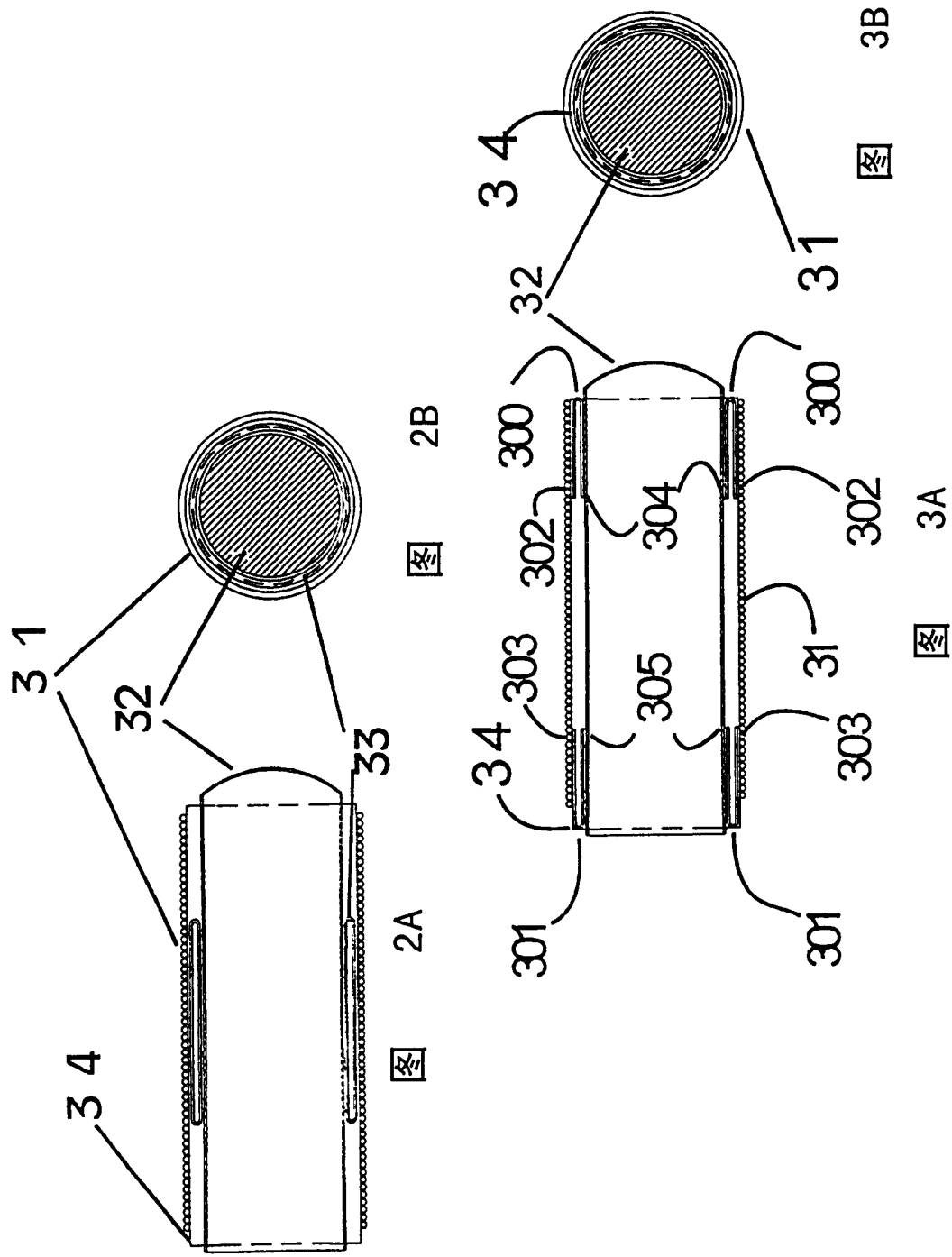


图 1B



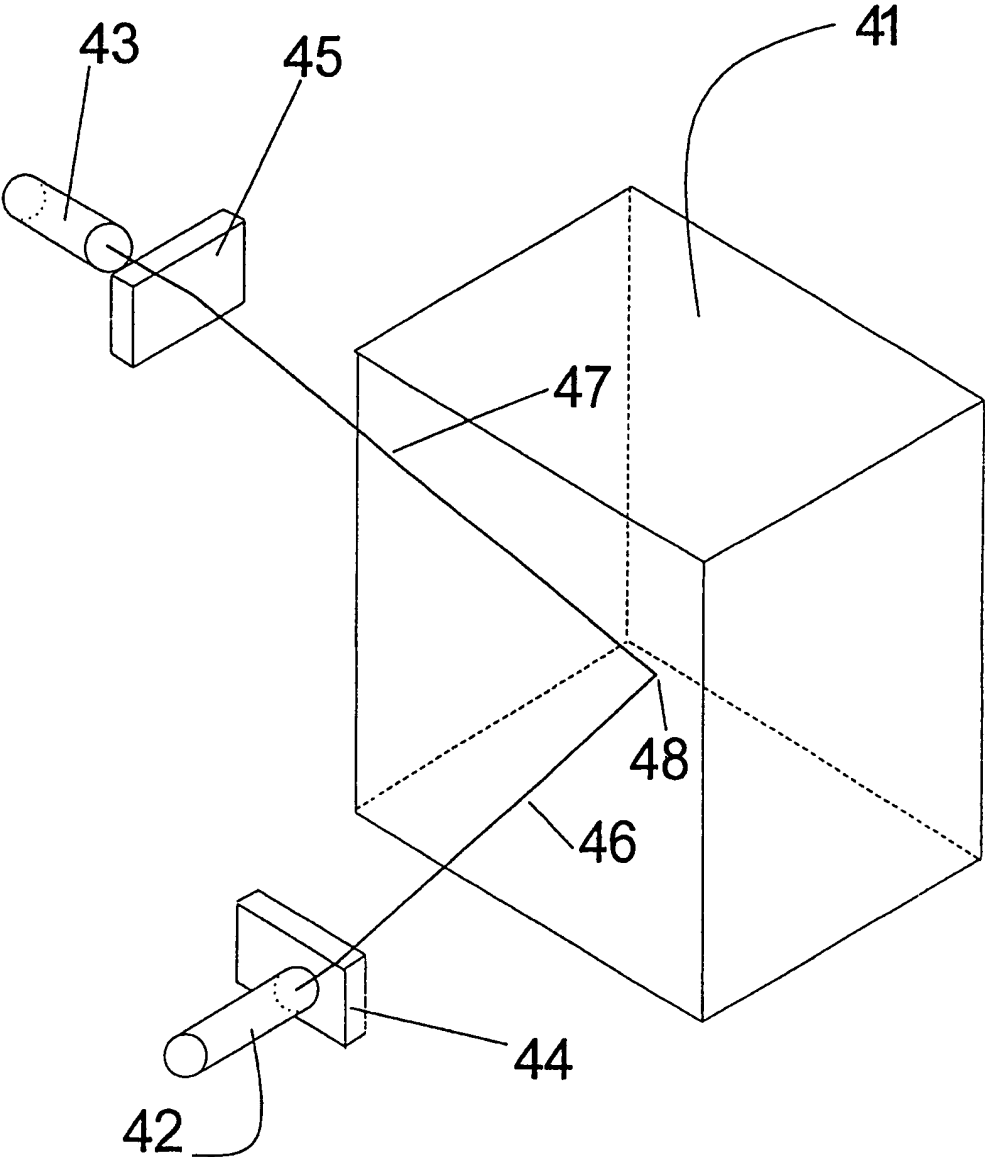


图 4

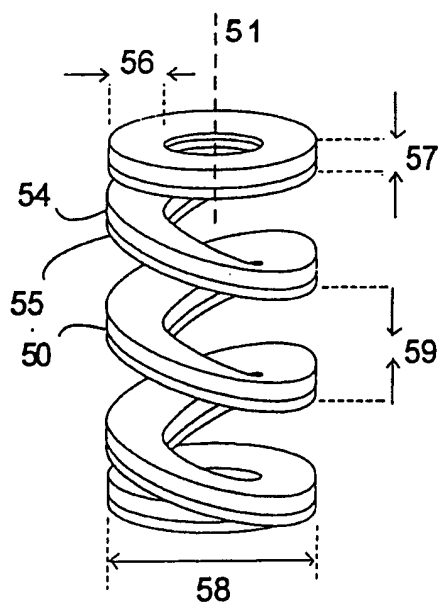


图 5

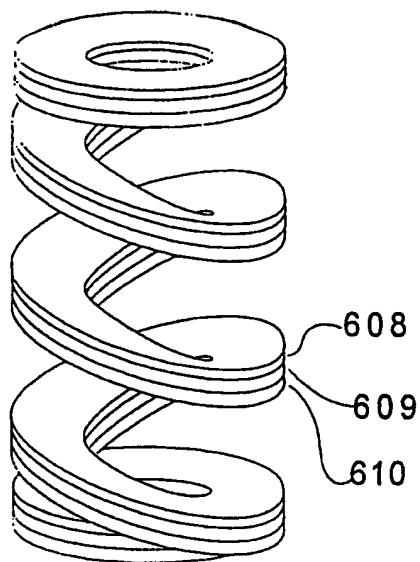


图 6A

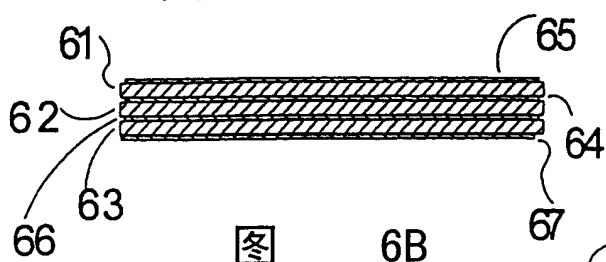


图 6B

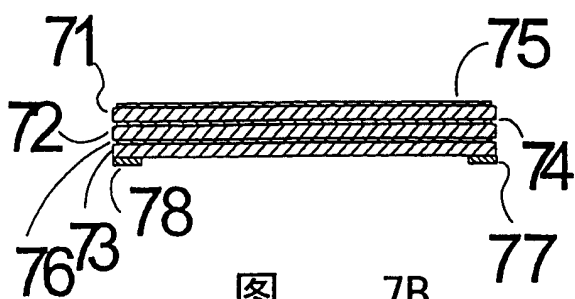


图 7B

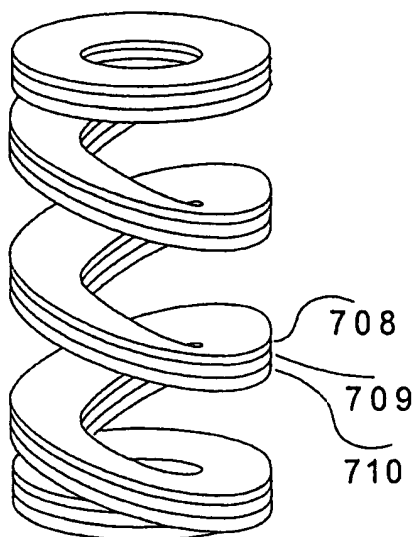


图 7A

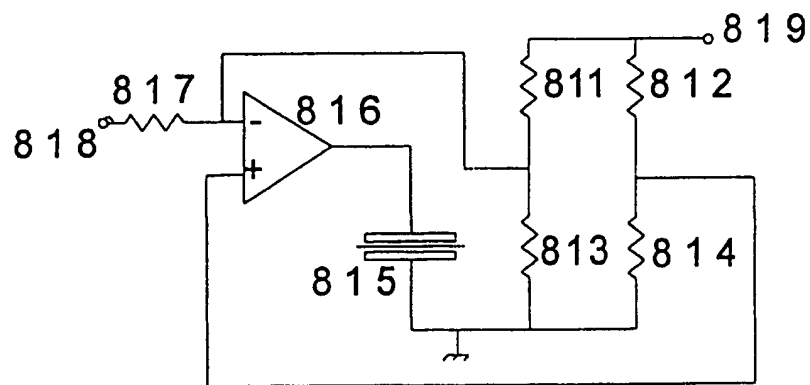


图 8

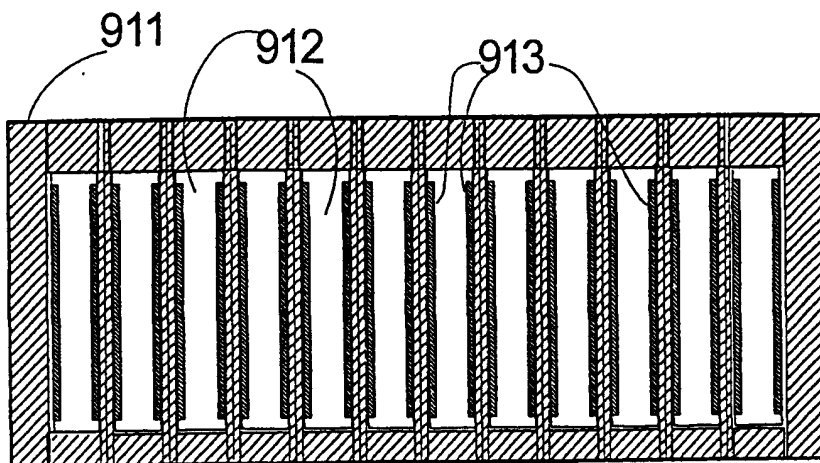


图 9