



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101542765 B

(45) 授权公告日 2011.05.18

(21) 申请号 200780037731.1

(22) 申请日 2007.08.06

(30) 优先权数据

06016633.7 2006.08.09 EP

(85) PCT申请进入国家阶段日

2009.04.09

(86) PCT申请的申请数据

PCT/EP2007/058131 2007.08.06

(87) PCT申请的公布数据

W02008/017655 EN 2008.02.14

(73) 专利权人 欧陆汽车有限责任公司

地址 德国汉诺威

专利权人 京瓷株式会社

(72) 发明人 B·多尔加斯特 M·伊纳加基

H·J·卡斯特尔 A·奥奇

T·萨卡莫托 C·舒

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001

代理人 胡莉莉 刘春元

(51) Int. Cl.

H01L 41/083(2006.01)

(56) 对比文件

WO 2006/042791 A1, 2006.04.27,

JP 特开 2003-224313 A, 2003.08.08,

CN 1130292 A, 1996.09.04,

审查员 王亮

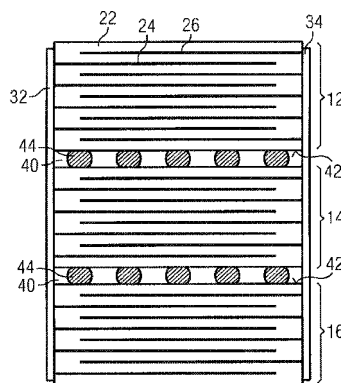
权利要求书 2 页 说明书 4 页 附图 2 页

(54) 发明名称

具有高可靠性的压电陶瓷多层执行器

(57) 摘要

一种压电陶瓷多层执行器包括第一子叠层(12, 14, 16)、第二子叠层(12, 14, 16)和连接层(40), 该第一子叠层(12, 14, 16)含有多个压电陶瓷层(22)和至少一个内部电极(24, 26), 所述压电陶瓷层(22)和所述至少一个内部电极(24, 26)以交替的方式被层压, 该第二子叠层(12, 14, 16)含有多个压电陶瓷层(22)和至少一个内部电极(24, 26), 所述压电陶瓷层(22)和所述至少一个内部电极(24, 26)以交替的方式被层压, 该连接层(40)被布置在第一子叠层(12, 14, 16)与第二子叠层(12, 14, 16)之间, 其中连接层(40)通过多个单独连接点或连接线(44)或其它连接区域来建立。



1. 压电陶瓷多层执行器,其包含:

含有多个压电陶瓷层(22)和至少一个内部电极(24,26)的第一子叠层(12,14,16),所述压电陶瓷层(22)和所述至少一个内部电极(24,26)以交替的方式被层压;

含有多个压电陶瓷层(22)和至少一个内部电极(24,26)的第二子叠层(12,14,16),所述压电陶瓷层(22)和所述至少一个内部电极(24,26)以交替的方式被层压;以及

布置在第一子叠层(12,14,16)和第二子叠层(12,14,16)之间的连接层(40),其中,连接层(40)通过第一和第二子叠层(12,14,16)之间的多个连接区域(44,441,442,443,444,445)来建立,所述区域(44,441,442,443,444,445)被相互隔离。

2. 根据权利要求1所述的压电陶瓷多层执行器,其中,连接层(40)通过第一和第二子叠层(12,14,16)之间的多个单独连接点或连接线(44,441,442,443,444,445)来建立。

3. 根据上述权利要求之一所述的压电陶瓷多层执行器,其中,连接层为金属的。

4. 根据权利要求1或2所述的压电陶瓷多层执行器,进一步包含在第一或第二子叠层(12,14,16)与连接层(40)之间的界面处的功能层,该功能层提供关于连接层(40)的材料预定义的润湿性。

5. 根据权利要求1或2所述的压电陶瓷多层执行器,其中,连接层(40)的材料的表面张力高于内部电极(24,26)材料的表面张力。

6. 根据权利要求1或2所述的压电陶瓷多层执行器,其中,连接层(40)的材料对子叠层(12,14,16)之一的连接面(42)的润湿性比内部电极(24,26)材料对子叠层(12,14,16)之一的相邻压电陶瓷层(22)的润湿性低。

7. 根据权利要求1或2所述的压电陶瓷多层执行器,其中,每个子叠层(12,14,16)的高度在1mm到3mm的范围中。

8. 根据权利要求1或2所述的压电陶瓷多层执行器,其中,连接层(12,14,16)的高度在 $0.1\mu\text{m}$ 到 $5\mu\text{m}$ 的范围中。

9. 制造压电陶瓷多层执行器的方法,该方法包括:

设置(62)第一子叠层(12,14,16),该第一子叠层(12,14,16)包括多个压电陶瓷层(22)和至少一个内部电极(24,26),所述压电陶瓷层(22)与所述至少一个内部电极(24,26)以交替的方式被层压;

设置(64)第二子叠层(12,14,16),该第二子叠层(12,14,16)包括多个压电陶瓷层(22)和至少一个内部电极(24,26),所述压电陶瓷层(22)与所述至少一个内部电极(24,26)以交替的方式被层压;以及

在第一和第二子叠层(12,14,16)之间布置(66)连接层,该连接层通过多个连接区域(44,441,442,443,444,445)来建立以形成叠层,其中,所述区域(44,441,442,443,444,445)被相互隔离。

10. 根据权利要求9所述的方法,其中,连接层通过第一和第二子叠层(12,14,16)之间的多个单独连接点或线(44,441,442,443,444,445)来建立,以形成叠层。

11. 根据权利要求9或10所述的方法,其中,在连接层(40)被布置在子叠层(12,14,16)之间之前,子叠层(12,14,16)中的至少一个被脱蜡或被烧结。

12. 根据权利要求9或10所述的方法,其中,布置(66)包括层压子叠层(12,14,16)和连接层(40)。

13. 根据权利要求 9 或 10 所述的方法, 其中, 布置 (66) 连接层包括: 将具有比内部电极 (24, 26) 材料高的表面张力和 / 或比内部电极 (24, 26) 材料差的润湿性的材料沉积到第一子叠层 (12, 14, 16) 的连接面 (42) 和 / 或沉积到第二子叠层 (12, 14, 16) 的连接面 (42)。

14. 根据权利要求 13 所述的方法, 进一步包括: 在布置 (66) 连接层 (40) 之前将功能层沉积到连接面 (42) 上, 该功能层提供关于连接层 (40) 的材料的预定义的润湿性。

15. 根据权利要求 9 或 10 所述的方法, 其中, 布置连接层的步骤包括:

将连接层材料的横向均匀层沉积到第一子叠层 (12, 14, 16) 的连接面 (42) 和 / 或沉积到第二子叠层 (12, 14, 16) 的连接面 (42),

将叠层加热 (68) 使得横向均匀层变换为通过多个单独连接点或线 (44, 441, 442, 443, 444, 445) 所建立的连接层 (40)。

具有高可靠性的压电陶瓷多层执行器

[0001] 本发明涉及一种包含多个压电陶瓷层和至少一个布置在压电陶瓷层之间的内部电极的叠层的压电陶瓷多层执行器。本发明解决了在压电陶瓷多层执行器内部的机械应力和由该应力引起的裂纹的问题。

[0002] 压电陶瓷执行器被用于实质上所有技术领域中的大量应用中,并针对这些应用被优化。将电场施加到压电陶瓷执行器导致几何畸变,特别是导致长度和高度的变化。为了减小要被施加到执行器的电压和/或增加其畸变,压电陶瓷执行器通常包含多个薄的压电陶瓷层和交替地布置成叠层的内部电极。

[0003] 在制造期间,压电陶瓷层被设置为未烧结片 (green sheet),并与内部电极层压来形成叠层。该叠层被烧制或被加热到压电陶瓷层的烧结温度,从而将这些片从未烧结状态转变到陶瓷状态。外部电极被沉积在叠层的侧面上或被布置在叠层的侧面,并以导电的方式被连接到内部电极。每个内部电极都被连接到(至少)两个外部电极中的仅仅一个电极。这通过以如下方式设置内部电极来实现:要被连接到侧面上的外部电极的内部电极的边缘与该侧面齐平,而如果内部电极要与该侧面上的外部电极电绝缘,则在内部电极的边缘与侧面之间设置有间距。

[0004] 特别是由于在烧结工艺之后的冷却阶段期间的温度梯度以及由于压电陶瓷层之内的横向不均匀性(例如微结构的差异)而在叠层之内出现机械应力。

[0005] 在烘烤压电陶瓷层的叠层之后,通过经由外部电极对内部电极施加相对应的电压来对压电陶瓷层施加高电场。电场的值被选择来使得压电陶瓷层的永久电极化和永久畸变在关断电场之后继续存在。该过程被称为“还原 (poling)”。

[0006] 由于内部电极并没有延伸到叠层的所有侧面,所以压电陶瓷层没有暴露于横向均匀的电场,而且没有以横向均匀的方式被极化和被畸变。相反地,接近于侧面,产生压电陶瓷层内部的机械应力。该机械应力在压电陶瓷执行器工作期间被进一步增加。在压电陶瓷层内部和沿着内部电极的叠层中都会出现裂纹,并常常引起压电陶瓷执行器故障。

[0007] 根据 EP 0479328A2,压电执行器中的狭缝减小拉应力。

[0008] 根据 DE 10307825A1,在压电陶瓷多层执行器的两个陶瓷层之间布置了陶瓷破裂层 (rupture layer),该陶瓷破裂层形成预定的断层 (breaking layer)。

[0009] 根据 DE 10234787C1,微扰动以如下方式被并入执行器的压电陶瓷层中:这些微扰动充当类似位于预知地点的裂纹源,其中该裂纹增长为可控的。

[0010] 根据 DE 102004031402A1,压电器件在内部电极中包含预定的断点。

[0011] 本发明的目的是以提高的可靠性和降低的故障风险来设置一种压电陶瓷多层执行器和一种用于制造压电陶瓷多层执行器的方法。

[0012] 通过根据权利要求 1 的压电陶瓷多层执行器和根据权利要求 9 的用于制造压电陶瓷多层执行器的方法来实现该目的。

[0013] 本发明提供一种包括第一子叠层、第二子叠层和布置在第一子叠层与第二子叠层之间的连接层的压电陶瓷多层执行器,该第一子叠层包括多个压电陶瓷层和至少一个内部电极,所述压电陶瓷层与所述至少一个内部电极以交替的方式被层压,该第二子叠层包括

多个压电陶瓷层和至少一个内部电极,所述压电陶瓷层与所述至少一个内部电极以交替的方式被层压,其中该连接层由大量单独连接点或线或其它区域来建立,这些连接点或线或其它区域被相互隔离、或被相互分开或被相互断开。

[0014] 此外,本发明提供一种用于制造压电陶瓷多层执行器的方法,该方法包括:

[0015] 设置第一子叠层,该第一子叠层包括多个压电陶瓷层和至少一个内部电极,所述压电陶瓷层与所述至少一个内部电极以交替的方式被层压;

[0016] 设置第二子叠层,该第二子叠层包括多个压电陶瓷层和至少一个内部电极,所述压电陶瓷层与所述至少一个内部电极以交替的方式被层压;以及

[0017] 在第一子叠层与第二子叠层之间布置连接层以形成叠层,该连接层由大量单独连接点或线或由大量其它区域来建立,其中这些点或线或区域被相互隔离或者被相互分开或被相互断开。

[0018] 本发明基于将压电陶瓷多层执行器中的裂纹定位在将多个子叠层相互分离的连接层中的思想,该连接层由大量相互隔离的单独连接区域来建立。机械应力因此被集中在边缘处,并且特别是被集中在这些区域的凸起地势(feature)处。机械应力的集中导致裂纹在连接层之内形成并传播的概率增加。因此,在连接层的外部形成裂纹的概率降低。

[0019] 特别有利的是设置通过大量连接相邻子叠层的单独连接点或连接线来建立的连接层,因为点(即小岛)或线提供特别大数目的半径特别小的凸起地势。形成连接层的单独区域的凸半径越小,则机械应力的集中越强烈,并且上面概述的裂纹在连接层之内的定位越好。

[0020] 通过选择合适的具有高表面张力的连接层材料来实现连接层的这些属性,该连接层材料的表面张力特别是高于或远高于设置在子叠层内部的内部电极材料的表面张力。相关的但并不相同的参数是连接层的材料对至少一个子叠层的连接表面的润湿性。如果该润湿性差,特别是低于内部电极材料对相邻压电陶瓷层的润湿性,则存在形成单独连接点或连接线而不是形成均匀的连接层的趋势。

[0021] 这些单独连接点或连接线或其它连接区域引起子叠层之间的粘聚力减小。每个子叠层优选地具有在 1mm 到 3mm 之间的高度。由于单独的压电陶瓷层的机械应力积聚,所以叠层或子叠层中的机械应力随着其高度而增加。在厚度仅为数毫米的子叠层之内的机械应力相当低,并引起裂纹的风险比较低。连接层以及得到的子叠层之间的微弱的粘聚力阻止数个子叠层的机械应力的积聚。而子叠层之间的任何机械应力都引起连接层之内的裂纹。这样,连接层是预定的断点。

[0022] 金属的连接层是特别有利的。金属和金属合金与用于制造压电陶瓷多层执行器的工艺完美兼容。特别是,金属的连接层可被层压在未烧结的子叠层之间,整个叠层然后被烧制。

[0023] 连接层优选地为金属的,也就是说,连接层由金属或金属合金构成。银和包含铜、钯、铂、镍或其它金属的银合金是特别有利的。

[0024] 子叠层可能原来以未烧结状态被设置,由多个子叠层与在中间的连接层形成的整个叠层然后被烧制。作为替换方案,子叠层在与在中间的连接层层压之前已被烧结。

[0025] 本发明的这些和其它目的和特征通过下面结合附图的描述将变得清楚,其中:

[0026] 图 1 是压电陶瓷多层执行器的垂直剖面的示意图;

[0027] 图 2 是连接层的水平剖面的示意图 ; 以及

[0028] 图 3 是用于制造压电陶瓷多层执行器的方法的示意性流程图。

[0029] 图 1 是压电陶瓷多层执行器的横断面的示意图, 其中, 该横断面为垂直的或与形成执行器的单独层正交并与层压方向平行。压电陶瓷多层执行器包括子叠层 12、14、16。每个子叠层 12、14、16 包括多个压电陶瓷层 22 和内部电极 24、26, 所述内部电极 24、26 以交替的方式被层压。每个第二内部电极 24 都被电连接到第一外部电极 32, 并与第二外部电极 34 电绝缘。其它内部电极 26 与第一外部电极 32 电绝缘, 并被电连接到第二外部电极 34。

[0030] 连接层 40 被布置在子叠层 12、14、16 之间。每个连接层 40 包含金属、合金、陶瓷、CMC(陶瓷基复合材料) 或 MMC(金属基复合材料), 上述材料具有非常高的表面张力或可烧结性和 / 或显示出对子叠层 12、14、16 的连接表面 42 的差的润湿性。因此, 每个连接层都包含多个单独连接点或线 44。

[0031] 这种结构的连接层致使子叠层 12、14、16 之间的粘聚力弱。特别是, 连接层 44 的粘结强度比压电陶瓷层 22 和子叠层 12、14、16 内部的内部电极 24、26 的粘结强度小。因此, 子叠层 12、14、16 之间的任何机械应力将不会积聚, 而是容易导致连接层 44 内部的裂纹。从而, 具有其专用结构的非常薄的压电陶瓷层 22 的子叠层 12、14、16 和内部电极 24、26 被极大地保护不发生裂纹, 否则所述裂纹会容易引起整个压电陶瓷多层执行器故障。

[0032] 图 2 是如上参照图 1 所述的压电陶瓷多层执行器的水平剖面的示意图。图 2 中显示的横断面在连接层 40 之内。尽管连接层优选地包含仅一种类型的连接点或线, 但是图 2 以举例说明的方式显示了数个区域中的数种类型的连接点或线。

[0033] 在第一区域 51 中, 连接层包含连接点 441, 所述连接点 441 在本横断面中优选地基本上为圆形并大小相等。在第二区域 52 中, 连接层 40 包含多个长度、宽度和定向基本上相同的连接线 442。在第三区域 53 中, 连接层 40 包含多个具有多种形状的连接线 443、444、445。有基本上直的连接线 443、弯曲的连接线 445 和带有一个或多个分叉的连接线 444。

[0034] 连接层 40 的优选高度在大约 $0.1 \mu\text{m}$ 到 $5 \mu\text{m}$ 之间。连接层 40 优选地为电绝缘体, 或者提供高电阻。设置连接点或线 44、441、442、443、444、445 的大小、形状和数目以及连接层材料的机械属性, 使得保证整个叠层的合适的刚度。单独连接点或线之间的优选间距为大约 $300 \mu\text{m}$ 。

[0035] 连接点或线 44、441、442、443、444、445 的形状和大小主要由连接层材料的属性和子叠层 12、14、16 的相邻连接面 42 的属性来预定。单独连接点和线 44 等的大小、形状和定向尤其是取决于连接层材料的表面张力, 取决于连接层材料与子叠层 12、14、16 的连接面 42 之间的界面张力 (或特定能量) 以及取决于先前对连接面 42 的处理。因此, 通过操纵这些参数, 可容易地将连接点或线 44 等的大小、形状和定向设置为期望值。例如, 连接层材料与连接面 42 之间的界面的特定能量可借助连接面 42 上的涂层来修改。对连接面 42 的处理的例子是产生小槽的机械拂擦, 所述小槽预定了连接线的定向。

[0036] 图 3 是一种用于制造压电陶瓷多层执行器的方法的示意性流程图。在第一步 62, 设置了包含多个压电陶瓷层 22 和至少一个内部电极 24、26 的第一子叠层 12、14、16。压电陶瓷层 22 和至少一个内部电极 24、26 以交替的方式被层压。优选地, 第一子叠层 12、14、16 以未烧结状态来设置。作为替换方案, 层压由未烧结片和内部电极 24、26 材料得到的第一子叠层 12、14、16, 并且随后该第一子叠层 12、14、16 被烘烤或被加热到高温, 以便提供脱蜡

的或烧结的子叠层 12、14、16。

[0037] 在第二步 64, 设置了第二子叠层 12、14、16。第二子叠层 12、14、16 优选地提供与第一子叠层 12、14、16 相同的属性、特别是相同的材料和相同的几何形状。作为替换方案, 第二子叠层提供不同的几何形状 (特别是不同的高度) 和 / 或具有不同厚度或材料的压电陶瓷层 22。

[0038] 在第三步 66, 在第一和第二子叠层 12、14、16 之间布置了连接层。优选地, 子叠层 12、14、16 利用连续的子叠层 12、14、16 之间的中间连接层 40 来堆积。在叠层过程之后可执行层压步骤。根据子叠层 12、14、16 的种类, 随后执行像划片或热处理那样的其它工艺。

[0039] 连接层 40 可被设置为分开的箔或膜。可替换地, 连接层 40 通过物理或化学沉积工艺被涂敷到子叠层 12、14、16 的连接面, 例如通过 PVD、CVD、旋涂、喷涂、溶胶 - 凝胶法、冷喷涂、印刷、浸渍等来涂敷。该连接层作为无机 - 有机复合材料来涂敷, 随后有机相通过物理或化学溶解或分解或者通过热处理被消除。

[0040] 为了设置连接层材料对连接面 42 的润湿性, 后者可由带有预定属性的功能层来形成, 该功能层被沉积到子叠层 12、14、16 上。

[0041] 在第四步 68, 包含子叠层 12、14、16 和连接层 40 的叠层被加热到高温, 在该高温, 像连接层 40 那样的最初均匀的膜被变换成如上面参照图 2 所述的多个单独连接点或线。作为替换方案, 这些单独连接点或线在将连接层材料沉积到连接面 42 上期间已经被形成。

[0042] 在将叠层加热 68 到高温的步骤期间, 包含在连接层材料中的一个或多个成分或化学元素可能扩散到子叠层 12、14、16 中, 从而改变了连接层材料的属性。可对这种扩散加以利用, 或该扩散可通过子叠层 12、14、16 的连接面 42 处的适当的功能层来降低。

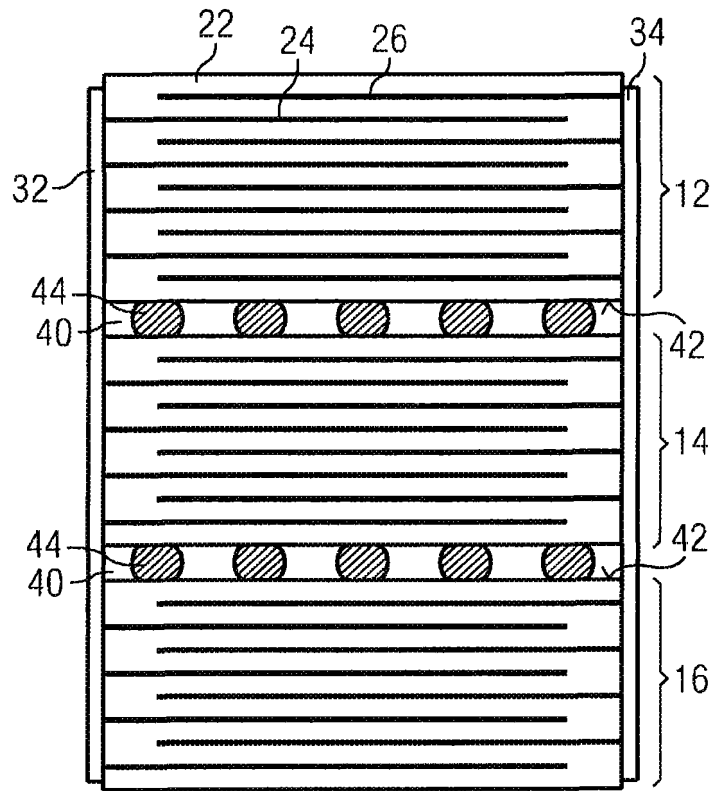


图 1

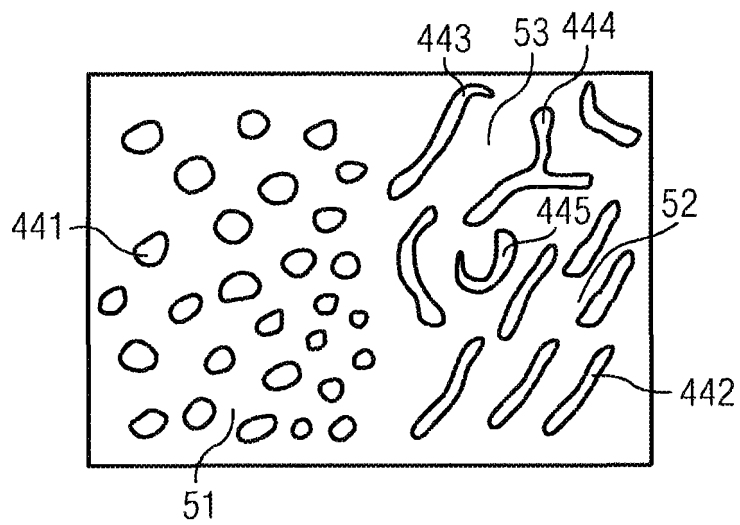


图 2

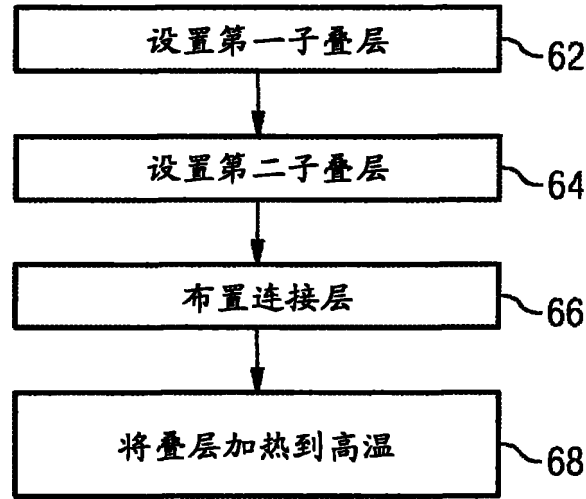


图 3