

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

H01L 41/083

H01L 41/047

[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 00801103.6

[43] 公开日 2001 年 9 月 19 日

[11] 公开号 CN 1314007A

[22] 申请日 2000.6.17 [21] 申请号 00801103.6

[30] 优先权

[32] 1999.6.23 [33] US [31] 09/339,312

[86] 国际申请 PCT/EP00/05585 2000.6.17

[87] 国际公布 WO01/01499 英 2001.1.4

[85] 进入国家阶段日期 2001.2.13

[71] 申请人 罗伯特·博施有限公司

地址 德国斯图加特

[72] 发明人 鲁道夫·海因茨

[74] 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

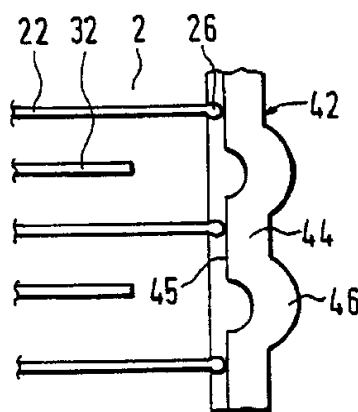
代理人 曾立

权利要求书 3 页 说明书 6 页 附图页数 2 页

[54] 发明名称 用于柴油喷射装置的带防裂设施的压电式多层致动器及制造它的方法

[57] 摘要

一种压电式多层致动器,具有布置在一个堆中的多个压电陶瓷层及插在压电陶瓷层中的多个内电极,这多个内电极以交替的方式分别由第一及第二侧边延伸。第一及第二外电极连接到分别由第一及第二侧边延伸的多个内电极。内电极包括在第一及第二连接区域上的加厚部分,该加厚部分比多个内电极的另外部分厚,以加强内电极。由拉伸应力可形成在内电极上的裂纹趋于移到第一及第二连接区域上的内电极加厚部分的周围。由此可减小或制止裂纹传播到外电极及随之而来的中断外电极中电流的可能性。



ISSN 1008-4274

权 利 要 求 书

1. 一种压电式多层致动器，包括：

多个压电材料层，它们布置在具有第一及第二侧边的堆中；

多个内电极，它们布置在多个压电材料层之间，这多个内电极以交替的方式分别由第一及第二侧边延伸，以形成第一组内电极及第二组内电极；

布置在第一堆侧边的第一外电极，该第一外电极在第一连接区域上与第一组内电极相连接；及

布置在第二堆侧边的第二外电极，该第二外电极在第二连接区域上与第二组内电极相连接；

其中这多个内电极包括在第一及第二连接区域上的加厚部分，该加厚部分比多个内电极的另外部分厚。

2. 根据权利要求 1 的压电式多层致动器，其中多个压电材料层包括压电陶瓷层。

3. 根据权利要求 1 的压电式多层致动器，其中加厚部分使用电镀，光掩模，化学沉积及丝网印刷中的至少一种方法形成。

4. 根据权利要求 1 的压电式多层致动器，其中加厚部分包括铜，镍，银，金及合金中的至少一种材料。

5. 根据权利要求 4 的压电式多层致动器，其中该合金包括银-钯合金，黄铜及青铜中的至少一种材料。

6. 根据权利要求 1 的压电式多层致动器，其中加厚部分由至少一种金属和至少一种合金的至少一种材料的多层来形成。

7. 根据权利要求 1 的压电式多层致动器，其中加厚部分能够减少应力裂纹的传播。



8. 根据权利要求 1 的压电式多层致动器，其中加厚部分具有的形狀至少包括球形，半球形，蘑菇形及椭圆形中的一种形狀。

9. 根据权利要求 1 的压电式多层致动器，其中第一及第二外电极中至少一种外电极与在各第一及第二连接区域之间的堆分开地延伸。

10. 根据权利要求 9 的压电式多层致动器，其中第一及第二外电极中至少一种外电极基本包括在各第一及第二连接区域上的直线部分。

11. 根据权利要求 9 的压电式多层致动器，其中第一及第二外电极中至少一种外电极是波状的。

12. 根据权利要求 1 的压电式多层致动器，其中该致动器被包括在一个柴油喷射装置中。

13. 一种制造压电式多层致动器的方法，该方法包括：

设置多个压电材料层，他们布置在具有第一及第二侧边的堆中；

设置多个内电极，他们布置在多个压电材料层之间，这多个内电极以交替的方式分别由第一及第二侧边延伸，以分别形成第一组内电极及第二组内电极；

设置布置在第一堆侧边的第一外电极，该第一外电极在第一连接区域上与第一组内电极相连接；

设置布置在第二堆侧边的第二外电极，该第二外电极在第二连接区域上与第二组内电极相连接；及

将在第一及第二连接区域上的这多个内电极加厚以形成加厚部分，该加厚部分比多个内电极的另外部分厚。

14. 根据权利要求 13 的方法，其中多个压电材料层包括压电陶瓷层。

15. 根据权利要求 13 的方法，其中加厚部分使用电镀，光掩模，

化学沉积及丝网印刷中的至少一种方法形成。

16. 根据权利要求 13 的方法，其中加厚部分包括铜，镍，银，金及合金中的至少一种材料。

17. 根据权利要求 16 的方法，其中该合金包括银-钯合金，黄铜及青铜中的至少一种材料。

18. 根据权利要求 13 的方法，其中加厚部分由至少一种金属及至少一种合金中的至少一种材料的多层来形成。

19. 根据权利要求 13 的方法，其中内电极的加厚是在第一及第二连接区域上实现的，以致减少了应力裂纹的传播。

20. 根据权利要求 13 的方法，其中加厚部分具有的形状至少包括球形，半球形，蘑菇形及椭圆形中的一种形状。

21. 根据权利要求 13 的方法，其中第一及第二外电极中至少一种外电极与在各第一及第二连接区域之间的堆分开地延伸。

22. 根据权利要求 21 的方法，其中第一及第二外电极中至少一种外电极基本包括在各第一及第二连接区域上的直线部分。

23. 根据权利要求 21 的方法，其中第一及第二外电极中至少一种外电极是波状的。

24. 根据权利要求 13 的方法，其中该致动器被包括在一个柴油喷射装置中。

说明书

用于柴油喷射装置的带防裂设施的 压电式多层致动器及制造它的方法

本发明总地涉及压电式多层装置，尤其涉及用于柴油喷射装置的带防裂设施的压电式多层致动器。

使用多层压电陶瓷装置的制动器可用在内燃发动机的柴油燃料喷射装置中。压电陶瓷具有这样的特性，即在机械压力或拉伸力作用下，它们产生电荷，当电荷产生时，它们扩展或收缩。为了增强该效应，使用了单块的多层制动器，它由压电陶瓷薄膜的烧结堆、例如具有内埋金属内电极的钛酸锆酸铅组成。内电极以交替方式伸出堆及并列地通过外电极连接。在堆的接触侧上，施加了第一金属层或外电极，它们被连接到各个内电极。

如果对外电极施加了一个电压，则压电薄膜在电场方向上扩展。通过串联地机械连接各个压电薄膜，甚至在低电压上也能获得整个压电陶瓷的额定扩展。

这些单块多层的制动器被详细地描述在德国专利 No. 4036287C2 中。在其中也描述了这些制动器在流调节阀中的应用。

该压电多层制动器的内电极可由约 $4\mu\text{m}$ 厚的 Ag 胶丝网印刷，或在少有的情况下由约 $1\mu\text{m}$ 厚的 CuNi 层溅射。作为电绝缘用的、内电极交替对外电极向后偏移的结果，在压电薄膜堆的外边缘上形成减弱的电场，以致在这些区域中该压电薄膜的扩展小于在堆的中心区域的扩展。其结果是，在外侧区域中出现拉伸应力及当超过其粘接强度后，在压电薄膜层及内电极之间产生了层分离并在电极上形成裂纹。该裂

纹可向外移动到外电极中，及当裂纹贯串后将导致电流的阻断。

德国专利申请 No. 19648545A1 描述了一种改善的单块多层致动器，以甚至在大动力负载时也能避免该多层致动器的损坏。该申请描述一个三维结构的导电侧边电极，它通过焊接被连接在外电极的分立接触点上及被构型成在接触点之间扩展。例如，描述了一个在其接触点上带槽的波状侧边电极。致动器的工作电流通过该结构被分成二次电流。该二次电流从接触点通过外电极流到金属内电极。在外电极中引起的裂纹仅导致二次电流改道通过三维电极，而电流不被阻断。但是，该侧边电极是一个必需焊接到位的附加部件，这带来了附加成本。并且在焊点及侧边电极之间的剪缝可引起侧边电极的分离。

本发明提供了一种压电式多层致动器，包括：多个压电材料层，它们布置在具有第一及第二侧边的堆中；多个内电极，它们布置在多个压电材料层之间，这多个内电极以交替的方式分别由第一及第二侧边延伸，以形成第一组内电极及第二组内电极。第一外电极布置在第一堆侧边，该第一外电极在第一连接区域上与第一组内电极相连接；及第二外电极布置在第二堆侧边，该第二外电极在第二连接区域上与第二组内电极相连接。这多个内电极包括在第一及第二连接区域上的加厚部分，该加厚部分比多个内电极的另外部分厚。

本发明还提供了一种制造压电式多层致动器的方法，该方法包括：设置多个压电材料层，它们布置在具有第一及第二侧边的堆中；及设置多个内电极，它们布置在多个压电材料层之间，这多个内电极以交替的方式分别由第一及第二侧边延伸，以分别形成第一组内电极及第二组内电极。该方法还包括：设置布置在第一堆侧边的第一外电极，该第一外电极在第一连接区域上与第一组内电极相连接；设置布置在第二堆侧边的第二外电极，该第二外电极在第二连接区域上与第

二组内电极相连接；及将在第一及第二连接区域上的这多个内电极加厚以形成加厚部分，该加厚部分比多个内电极的另外部分厚。

图 1 表示画有电场线的现有技术的压电多层致动器的概要横截面图。

图 2 表示描述电极分离及破裂的图 1 中现有技术的压电多层致动器的细节。

图 3 表示根据本发明的压电多层致动器中一部分的概要横截面图。

图 4 表示描述裂纹改变方向的图 3 中致动器的细节。

图 5 表示根据本发明的具有波状外电极的压电多层致动器中一部分的概要横截面图。

图 6 表示根据本发明的具有外电极的压电多层致动器中一部分的概要横截面图，该外电极具有窄长接触区域及与接触区域之间的堆分开延伸的区域。

图 1 表示带有用字母“E”指示的电场线的一个现有技术的压电式多层致动器 10。该致动器 10 包括压电陶瓷薄膜 2 的堆 12。第一及第二组内电极 22 及 32 被插在薄膜 2 中并分别以交替方式在对立侧 14 及 16 上伸出堆 12。每个第一内电极 22 在各个连接点 24 上与第一外电极 42 相连接，而每个第二内电极 32 在各个连接点 4 上与第一外电极 52 相连接。第一内电极 22 偏离第二外电极 52 及第二内电极 32 偏离第一外电极 42，如图所示，以分别提供第一内电极 22 及第二外电极 52 和第二内电极 32 及第一外电极 42 之间的电绝缘。在由这些偏离形成的区域 62 中，由第一内电极 22 及第二内电极 32 形成的电场被畸变，如字母“E”所示。因此在区域 62 中电场被削弱。

现在参照图 2，在区域 62 中压电薄膜的扩展小于堆 12 的另外区

域，这引起了应力。这就产生了层的分离点 70 及裂缝 72。裂缝 72 可向外移并最后在第二外电极 52 中形成断缝，阻断了电流在外电极中的流动。

图 3 表示根据本发明的压电式多层致动器 10。在压电陶瓷薄膜 2 的堆 12 中第一内电极 22 及第二内电极 32 的插入及偏移、以及第一外电极 42 及第二外电极 52 的布置和连接基本上类似于上述现有技术的致动器。但是，这里的实施中，第一内电极 22 及第二内电极 32 在连接点 24 及 34 的区域中分别设有加厚部分 26，在这些加厚部分处内电极分别与第一及第二外电极 42 及 52 相连接。加厚部分 26 比内电极的其它区域厚，因此在连接点 24 及 34 处加强了这些内电极。

现在参照图 4，由于根据本发明的加厚部分 26 的实施方式，也可产生分离点 70 及裂缝 72，但裂缝趋于在加厚点 26 周围移动并被限制在较小区域中。这种破裂方向的改变消耗了破裂能量，使破裂的传播净长度缩短。加厚部分 26 使外电极 42 及 52 中扩展方向“y”上裂缝 72 的有效扩展长度增加（图 4）。由此在外电极内由破裂引起的应力减小。对加厚部分的厚度“t”（图 4）可选择得使外电极中的应力低于电极的抗拉强度，以防止裂缝完全穿透外电极。

通过选择外电极 42 及 52 在加厚部分 26 处的抗拉强度及粘附强度并使得抗拉强度大于粘附强度，可获得更有利的效果。这将趋于使裂缝跟随加厚部分的轮廓，而不会穿透整个外电极。

因此，加厚部分 26 减小了裂缝传播的趋势并可防止其完全破裂。

加厚部分 26 最好通常为球形，但在其它实施例中可为各种任意形状。另外合适的形状包括半球状或蘑菇状及椭圆状。通常为弧形且无大拐角的轮廓是合适的。

加厚部分 26 可使用各种处理或处理的组合制造。电镀是制造加

厚部分的合适处理。另外合适的处理包括光掩模技术，化学沉积处理，丝网印刷技术及光掩模与丝网印刷相结合。在成型处理本身中可通过使用专门的光掩模形状或通过丝网印刷中的烧结处理使加厚部分变圆。

加厚部分 26 最好由导电材料，如金属，包括铜、镍、银、金等，或合金，包括银-钯合金，黄铜，青铜。在根据本发明的致动器的另一实施例中，加厚部分 26 可为多层金属或合金，用于改善粘附或降低腐蚀（例如使用镀金层）或适配热膨胀性能（例如使用银-钯合金作的内电极 42 或 52）。

参照图 5，第一及第二外电极 42 及 52 可分别为波状，如在上述德国专利申请 No. 1964854 A1 中所描述的侧电极。根据本发明，波状的第一及第二外电极 42 及 52 可分别通过硬焊或软焊来连接，例如分别直接连接到第一及第二内电极 22 及 32 的加厚部分 26 上。

波状外电极可避免在外电极中的完全破裂。裂缝趋于沿压电陶瓷薄膜 2 及内电极 22 或 32 的金属之间的接交处移动。当裂缝 72 达到陶瓷加厚部分 - 空气接交处 80 一侧 14 时，如图 5 所示，裂缝将趋于在加厚部分周围移动，而非移入厚度部分。此外，波状外电极在压电陶瓷薄膜 2 的扩展方向“y”上是柔性的，就使由压电陶瓷致动器的扩展引起的连接点上的拉伸及剪切应力大大地减小。

加厚部分 26 由于加大了内电极 22 或 32 的有效焊接区域也就简化了波状外电极的这种直接连接。内电极在无加厚部分时，通常被作得很薄（例如 $4\mu\text{m}$ ），这使直接连接变得困难及产生了不可靠的电连接。为了与加厚部分 26 的可靠连接，波状的第一及第二外电极 42 及 52 的波长最好分别等于压电薄膜之间间隔的两倍，即等于第一内电极 22 的间隔及第二内电极 32 的间隔。

现在参照图 6，在根据本发明的致动器的另一实施例中，第一及第二外电极 42 及 52 分别设有交替的直线部分及弯曲部分 46，它们与堆 12 分开地延伸。在本发明的该实施例中，直线部分 44 分别直接连接到第一及第二内电极 22 及 32 的加厚部分。上述波状电极的优点仍被保留。此外，直线部分 44 能使第一及第二外电极 42 及 52 通过提供窄长的连接表面 45 易于分别与加厚部分 26 相连接，其可靠连接基本上不依赖于第一及第二内电极 22 及 32 之间的间隔。

说明书附图

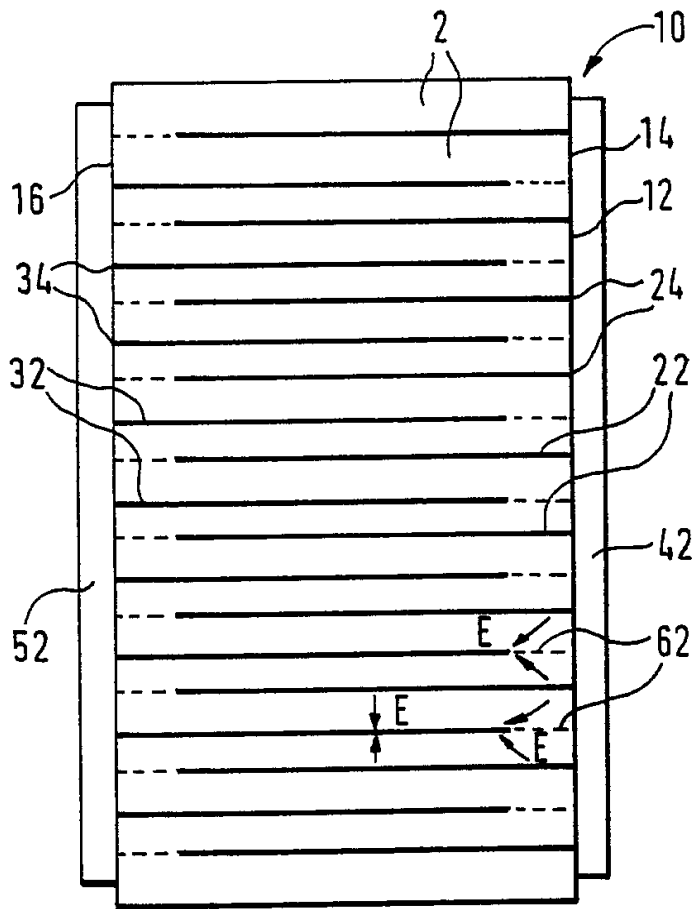


图 1
(现有技术)

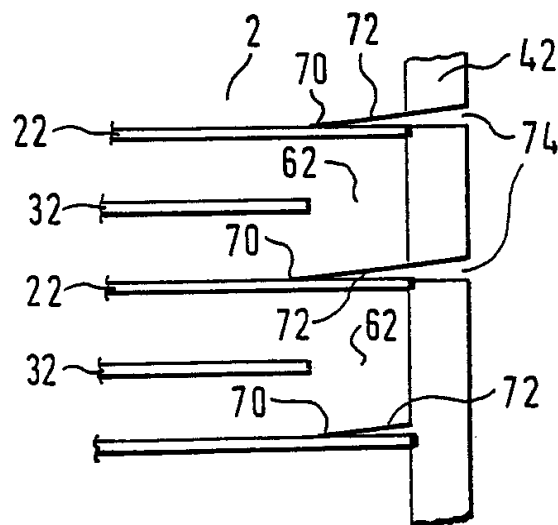


图 2
(现有技术)

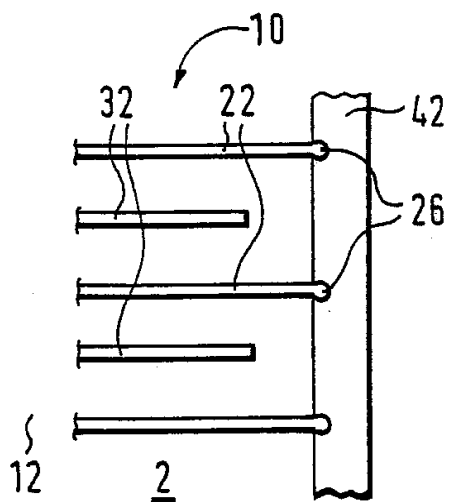


图 3

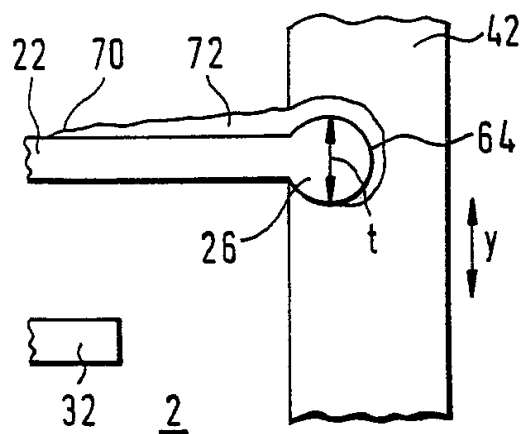


图 4

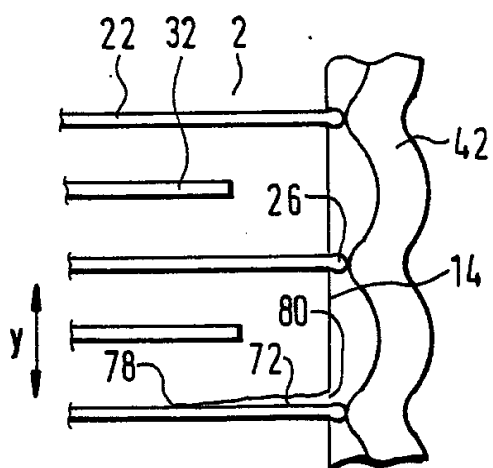


图 5

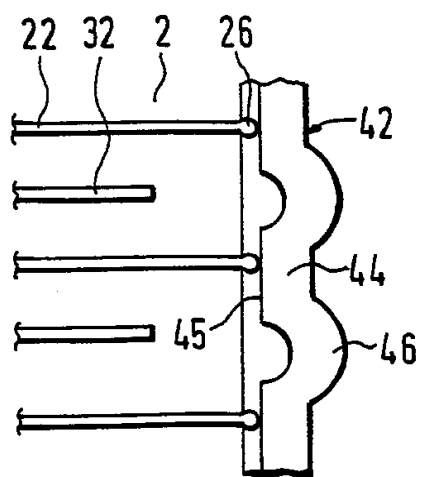


图 6