

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[ 51 ] Int. Cl<sup>7</sup>

B41J 2/14

B41J 2/16 H01L 41/08

H01L 41/22



# [12] 发 明 专 利 说 明 书

[21] ZL 专利号 02121709.2

[45] 授权公告日 2004 年 12 月 29 日

[11] 授权公告号 CN 1181977C

[22] 申请日 2002.2.9 [21] 申请号 02121709.2

[30] 优先权

[32] 2001. 2. 9 [33] JP [31] 033823/2001

[71] 专利权人 佳能株式会社

地址 日本东京

共同专利权人 和佐清孝

[72] 发明人 海野章 米原隆夫 福井哲朗

松田坚义 和佐清孝

审查员 武树辰

[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

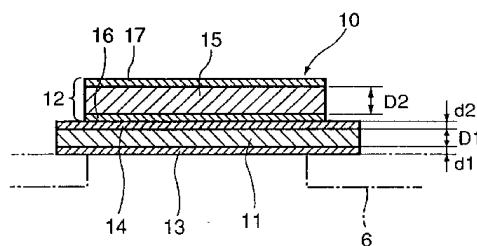
代理人 王永刚

权利要求书 2 页 说明书 12 页 附图 3 页

[54] 发明名称 压电结构、液体喷射头及其制造方法

[57] 摘要

一压电结构，包括：一个振动板；一个压电膜；该振动板包括由单晶材料、多晶体材料，掺有与构成单晶材料的元素不同的元素的单晶材料，或者掺有与构成多晶体材料的元素不同的元素的多晶材料构成的一层，并且包括将前述层夹在中间的氧化层，该压电膜具有单一取向的晶体或单晶结构。



I S S N 1 0 0 8 - 4 2 7 4

1. 一种压电结构, 包括:
  - 一个振动板;
  - 5 一个压电膜;

所述振动板包括由单晶材料构成的一层, 或者由单晶材料掺杂有与构成该单晶材料的元素不同的元素而构成的一层, 还包括将前述层夹于中间的各氧化层;

所述压电膜具有单一取向的晶体或单晶结构。
- 10 2. 根据权利要求1的压电结构, 其中, 所述振动板的膜厚D1和所述氧化层的膜厚d1、d2满足 $d1+d2 < D1$ 。
3. 根据权利要求2的压电结构, 其中, 所述压电膜的膜厚D2满足 $d1+d2+D1 < 5 \times D2$ 。
4. 根据权利要求1的压电结构, 其中, 所述压电膜的成份是PZT、PMN、  
15 PNN、PSN、PMN-PT、PNN-PT、PSN-PT、PZN-PT之一, 并具有单层结构或者是不同成份的叠层结构。
5. 根据权利要求1的压电结构, 其中, 所述氧化层包括SiO<sub>2</sub>、YSZ、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、LaAlO<sub>3</sub>、Ir<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、MgO、SRO、STO中的至少一种。
6. 一种用于制造具有振动板和压电膜的压电结构的制造方法, 所述方法  
20 包括:
  - 在硅基片上形成第二氧化层的步骤, 该硅基片具有在一硅层上的单晶硅层, 一氧化层插入其间;
  - 在第二氧化层上形成单一取向的晶体或单晶结构的压电膜的步骤; 以及在压电膜上形成一个上电极的步骤。
- 25 7. 一种液体喷射头, 包括:
  - 一个液体喷射出口;
  - 一个主体部件的基片部分, 它具有一个与所述液体喷射出口流体连通的压力腔和一个开口;
  - 一个相连的压电结构以便插堵该开口;
  - 30 所述压电结构包括:

一个振动板;

一个压电膜;

所述振动板包括由单晶材料构成的一层, 或者由单晶材料掺杂有与构成该单晶材料的元素不同的元素而构成的一层, 还包括将前述层夹于中间的各氧化层,

5

所述压电膜具有单一取向的晶体或单晶结构。

8. 根据权利要求7的液体喷射头, 其中, 所述振动板的膜厚D1和所述氧化层的膜厚d1、d2满足 $d1+d2 \leq D1$ 。

9. 根据权利要求8所述的液体喷射头, 其中, 所述压电膜的膜厚D2满足 $d1+d2+D1 \leq 5 \times D2$ 。

10

10. 根据权利要求7的液体喷射头, 其中, 所述压电膜的成份是PZT、PMN、PNN、PSN、PMN-PT、PNN-PT、PSN-PT、PZN-PT之一, 并具有单层结构或者是不同成份的叠层结构。

11. 根据权利要求7的液体喷射头, 其中, 所述氧化层包括SiO<sub>2</sub>、YSZ、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、LaAlO<sub>3</sub>、Ir<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、MgO、SRO、STO中的至少一种。

15

12. 一种液体喷射头的制造方法, 该液体喷射头包括: 一个液体喷射出口; 一个主体部件的基片部分, 它具有一个与所述液体喷射出口流体连通的压力腔和一个开口; 一个相连的压电结构以堵住开口; 所述制造方法包括: 在硅基片上形成第二氧化层的步骤, 该硅基片具有在硅层上的单晶硅层, 一个氧化层插入其间;

20

在第二氧化层上形成单一取向的晶体单晶结构的压电膜的步骤;

将压电膜分离成多个部分的步骤;

在压电膜上形成一个上电极的步骤; 和

形成所述压力腔的步骤。

## 压电结构、液体喷射头及其制造方法

## 技术领域

5 本发明涉及一种压电结构、一种液体喷射头及其制造方法。

## 背景领域

最近,采用液体喷射记录装置的打印机被广泛用作个人计算机或类似设备的打印装置,这是因为它具有高打印性能、使用方便、费用低或类似特性。液体喷射记录装置是下述类型的,在一类型中在热能作用下,在诸如油墨等的液体体内产生气泡,并在因此发生的压力波的作用下喷射液滴;在另一种类型中,液滴在静电力的作用下被吸入并排出;再一种类型是,其中,在诸如压电元件的振动元件或类似物作用下产生压力波。

在采用压电元件的液体喷射装置中,装备有与液体供应腔液体相通的压力腔、与压力腔液体相通的液体喷射头、与压力腔相连的压电元件振动板。借助这种结构,向压电元件施加预定电压以使压电元件压缩和膨胀,从而产生振动。这使压力腔中的液体压缩并通过液体喷射出口喷射液滴。最近,液体喷射装置被广泛使用,并且希望在打印性能、特别是高分辨率、高速打印和/或长型液体喷射头方面有所改进。为了达到这些要求,试制了高分辨率和高速度的液体喷射头,它采用了具有高密度喷嘴的多喷嘴喷射头结构。为了提高密度,需要减小用于喷射液体的压电元件尺寸。基于低成本同时有高精度的考虑,特别是在长型液体喷射头的情况下,希望通过半导体薄膜成型工艺来完成制造。

但是,压电膜是通过将 $\text{PbO}$ 、 $\text{ZrO}_2$ 和 $\text{TiO}_2$ 粉末成型为片状、然后烘烤制成的,因而,很难制成不超过 $10\mu\text{m}$ 的压电薄膜。因此,压电薄膜的精细加工是困难的,这就使压电元件很难减小尺寸。在压电膜由烘烤粉末制成的情况下,晶体颗粒边界的影响是不可忽略的,因此,不能提供优异的压电特性。结果,由烘烤粉末制成的压电膜当厚度不超过 $10\mu\text{m}$ 时不能表现出令人满意的、用于喷射诸如油墨的液体的压电特性,由于这一原因,用于液体喷射、具有所需特性的小尺寸液体喷头尚未制造出。

粉末片材在振动板和/或陶制结构元件或类似物上同时烘烤。由此,当要得到高密度陶瓷时,由于材料收缩产生的尺寸变化不能忽略。这就限制了尺寸,

并且很难设置大量的液体喷射出口(喷嘴)。

日本公开专利申请11-348285公开了一种结构以及一种采用微观制造方法制造液体喷射头的制造方法,该方法采用溅射的半导体工艺进行制造。在该申请中,在单晶MgO上完成铂的取向薄膜成型,并且再叠加一层不包含Zr涂层和PZT涂层的钙钛矿。

但是,这种系统具有下述问题:

(1)单一取向的晶体或单晶PZT不能高重复性地稳定产生;  
(2)取向的PZT层只能在价格昂贵的单晶MgO单晶基片或类似物上形成,因此,该工艺费用很高。另外,MgO的单晶基片的尺寸受到限制,因此,不能生产大面积的基片。

(3)采用该公开说明书所述的方法,连接出现在压电元件附近、或者在压电元件和由粘接材料或类似物构成的压力腔(液体腔)的元件之间的连接部分附近。在微观加工区域中,并不足以产生抵抗重复应力或类似内力的可靠性。

(4)在公开在上述申请的方法中的振动板,与液体喷射头中的诸如油墨的液体直接接触,另外,在加工过程中,振动板与酸、碱或其他化学剂接触,因此,不能生产出可靠的液体喷射元件。另外,制造工艺复杂,液体喷射头价格昂贵。

#### 发明内容

因此,本发明的一个主要目的是提供一种液体喷射头及其制造方法,其中构成压电元件的压电膜、振动板或类似物被制成薄膜,并采用通常在半导体工艺应用的微观制造技术,该压电结构具有高耐用性和优异的压电特性,能够产生生长型高密度液体喷射出口。

根据本发明的一个方面,提供了一种压电结构,包括:振动板;压电膜;所述振动板包括:单晶材料、多晶体材料涂层,掺有与构成单晶材料的元素不同的元素的单晶材料,或者掺有与构成多晶材料的元素不同的元素的多晶体材料的涂层,并且包括把所述层夹中间的氧化层;所述压电膜具有单一取向的晶体或单晶结构。

根据本发明的另一方面,提供了一种用于制造具有振动板和压电膜的压电结构的制造方法,所述方法包括:在硅基片上形成第二氧化层一步,该硅基片具有位于硅涂层上的单晶硅涂层,一氧化层位于其间;在第二氧化层上形成单

一取向的晶体或多晶结构的压电膜一步；在压电膜上形成一个上电极一步。

根据本发明的另一方面，提供一种液体喷射头，包括：一个液体喷射出口；一个主体部件的基片部分，它具有一个与所述液体喷射出口液体连通的压力腔和一个开口；一个与开口相连以堵住开口的压电结构；所述压电结构包括：一个振动板；一个压电膜；所述振动板包括单晶材料、多晶体材料，掺有与构成单晶材料的元素不同元素的单晶材料，或者掺有与构成多晶体材料的元素不同元素的多晶体材料的涂层，并且包括将所述层夹在其间的氧化层，所述压电膜具有单一取向的晶体或单晶结构。

根据本发明的另一方面，提供了一种液体喷射头的制造方法，该液体喷射头包括：一个液体喷射出口；一个主体部件的基片部分，它具有一个与所述液体喷射出口液体连通的压力腔和一个开口；一个与开口相连以便堵住开口的压电结构；所述制造方法包括：在硅基片上形成第二氧化层一步，该硅基片具有位于硅涂层上的单晶硅涂层，氧化层位于其间；在第二氧化层上形成单一取向的晶体或单晶结构的压电膜一步。

根据本发明，构成压电结构并具有单晶或多晶结构的振动板被氧化材料夹持，使得即使在往复机械位移的作用下产生微小裂纹，振动板本身的强度仍能维持，并且相对于压电膜的粘接性能不会降低。从而提供了一种耐用的装置。

另外，在硅基片上能够形成具有高压电系数的单一取向晶体或单晶压电膜，因此，具有统一的晶体取向的薄膜能够在基片上顺序成型，这可以制出具有高频特性、寿命长、电致伸缩/压电性能好的压电结构。

通过采用这种压电结构，能够具有高的耐用性、高密度、高频的大喷射动力的装置，其中各个液体喷射出口的性能一致。另外，通过将压电元件和振动板或类似物制成薄膜，就可以采用半导体工艺中使用的微观制造技术。另外，能够提供寿命长、电致伸缩/压电性能好、长度大、可靠性稳定的液体喷射头。

附图说明

图1是根据本发明的一个实施例的液体喷射头的透视图(a)，以及沿A-A剖开的截面图。

图2是根据本发明的实施例用于液体喷射头的压电结构的局部截面图。

图3是基于根据本发明的一实施例制造方法制成的压电结构的局部截面图。

图4是基于根据本发明的实施例的制造方法制成的液体喷射头的局部截面图。

#### 具体实施方式

下面将结合附图对本发明的优选实施方案进行描述。

5 图1中, (a)是根据本发明的一个实施例所述的液体喷射头的透视图, (b)是沿图(a)中A-A剖开的截面图。图2是根据本发明的实施例用于液体喷射头的压电结构的局部截面图。

如图1所示, 该实施例中的液体喷射记录头1包括多个液体喷射出口(喷嘴)2、多个压力腔(液体腔)3和为每个压力腔3提供的压电结构10。液体喷射出口2以预定的间隔形成在孔板5上。压力腔3形成在主体部件的基片部分(液体腔基片)6上, 并对应于液体喷射出口2。压力腔3通过液流通道6a与各液体喷射出口2相连。在该实施例中, 液体喷射出口2形成在底侧上, 它们也可以形成在横向侧面上。在主体部件的基片部分6的顶侧上, 形成有与每一压力腔3对应的开口6b, 并且压电结构10位于主体部件的基片部分6的顶侧的位置上, 以便堵住口6b。  
15 压电结构10包括一个振动板11和一个压电元件12。

如图2所示, 构成本实施例的压电结构10的振动板11包括单晶材料或多晶体材料, 它被第一氧化层13和第二氧化层14夹住。构成压电结构10的压电元件12的压电膜15由单一取向的晶体或单晶材料制成。在其顶侧和底侧, 形成有Au、Pt一类的电极16、17。压电元件12由压电膜15和电极16、17构成。

20 通过以这种方式构成压电结构10, 单晶、多晶结构的振动板11被氧化物13、14夹持, 因此, 尽管在微小撞击的作用下发生重复的机械位移, 振动板本身仍不会损坏, 并且相对于压电膜的粘接性不会恶化。因此, 其耐用性很高。

对于振动板11, 以及位于远离压电膜15一侧的第一氧化层13和位于压电膜15一侧的第二氧化层14, 在振动板11位于其间的情况下, 膜的厚度选择为 $d1+d2 \leq D1$ , 其中D1是振动板11的膜厚, d1是第一氧化层13的膜厚, d2是第二氧化层14的膜厚。当满足上述公式时, 压电结构10和液体喷射头1的耐用性能进一步提高。

特别地, 振动板11的膜厚(膜厚D1)、第一氧化层13(膜厚d1)、第二氧化层14(膜厚d2)为 $d1 = 5\text{nm} - 5\mu\text{m}$ , 最好是 $10\text{nm} - 3\mu\text{m}$ ; 膜厚d2是 $5\text{nm} - 3\mu\text{m}$ , 最好是 $10\text{nm} - 1\mu\text{m}$ ; 膜厚D1是 $100\text{nm} - 10\mu\text{m}$ , 最好是 $500\text{nm} - 5\mu\text{m}$ 。如果振动板  
30

11的膜厚D1超过10 μm, 则对于液体喷射头来说, 位移量会不足, 因此, 这对高密度喷嘴排列是不可取的。

在压电结构的这一实施例中, 最好满足 $d_1+d_2+D_1 \leq 5 \times D_2$ , 其中D2是压电膜15的膜厚。当满足 $d_1+d_2+D_1 \leq 5 \times D_2$ 时, 压电结构内的位移足够大。压电膜15的特定膜厚D2是500nm-10 μm, 最好是1 μm-5 μm。

振动板11的材料是Si, 最好是单晶Si。振动板11可以掺有诸如B的元素。对于振动板11, 可以采用晶格恒定的Si, 以提供单一取向的晶体或单晶构成的压电膜15。

构成第一氧化层13上层的材料可以是SiO<sub>2</sub>, YSZ(钇稳定化的氧化锆), MgO或类似物, 第二氧化层14的材料至少可以是SiO<sub>2</sub>, YSZ, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, LaAlO<sub>3</sub>, Ir<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO, SRO(SrRuO<sub>3</sub>), STO(SrTiO<sub>3</sub>)或类似物之一。当采用SiO<sub>2</sub>以外的氧化物时, 材料具有晶体取向(111)或(100)。当氧化层是SiO<sub>2</sub>和其他氧化物的混合物时, 可包含少量所述其他氧化物的金属元素, 以使振动板形成更好的振动性能或类似性能。该金属元素的含量不要超过10%, 最好不要超过5%。

根据本实施例, 用于压电结构10的压电膜15的材料可以是, 例如:

PZT[Pb(Zr<sub>x</sub>Ti<sub>1-x</sub>)O<sub>3</sub>], PMN[Pb(Mg<sub>x</sub>Nb<sub>1-x</sub>)O<sub>3</sub>],  
 PNN[Pb(Nb<sub>x</sub>Ni<sub>1-x</sub>)O<sub>3</sub>], PSN[Pb(Sc<sub>x</sub>Nb<sub>1-x</sub>)O<sub>3</sub>],  
 PZN[Pb(Zn<sub>x</sub>Nb<sub>1-x</sub>)O<sub>3</sub>], PMN-PT{(1-y)[Pb(Nb<sub>1-x</sub>)O<sub>3</sub>]-y[PbTiO<sub>3</sub>]}, PSN-PT{(1-y)[Pb(Sc<sub>x</sub>Nb<sub>1-x</sub>)O<sub>3</sub>]-y[PbTiO<sub>3</sub>]},  
 PZN-PT{(1-y)[Pb(Zn<sub>x</sub>Nb<sub>1-x</sub>)O<sub>3</sub>]-y[PbTiO<sub>3</sub>]}.  
 20

这里, x和y不大于1、不小于0。例如, 在PMN的情况下, x最好是0.2-0.5; 而在PSN的情况下, x最好是0.4-0.7; 在PMN-PT的情况下, y最好是0.2-0.4; 在PSN-PT的情况下, y最好是0.35-0.5; 在PZN-PT的情况下, y最好是0.03-0.35。

在该实施例中, 这些材料可形成成为单一取向的晶体或单晶膜, 因此, 性能优越。例如, 作为用溅射薄膜成型方法制造具有单晶结构的压电膜的方法中, 从薄膜成型温度快速冷却的速率不要超过30°C/min。也可以采用其他方法。

压电膜可以是单一成份的其他结构, 或者可以是两种或多种成份构成的叠层结构。为了控制晶体结构波动, 可以在用不同材料成份构成的定位层的薄膜成型后, 再进行薄膜成型。例如, 在PZT构成的单晶膜成型的情况下, 在初始阶  
 30

段加入Zr元素, 因此, 最好在PbTiO<sub>3</sub>定位层的薄膜成型后, 再进行薄膜成型。它可以是在主要元件中掺有少量元素的成份。单一取向的晶体或单晶的薄膜优先取向程度不小于80%, 最好不小于85%, 更好些的是不小于95%, 这可由XRD(X射线衍射装置)( $\theta - 2\theta$ (平面外)测量)确定。

5 在美国专利No. 5804907中, 公开了一个其中用PMN-PT或PZN-PT的单晶压电膜用作压电元件的实施例, 其中通过TSSG方法(高速溶解生长方法)制成的体晶体构件被切割, 然后与基片(振动板)相连。该方法并不适于微观制造, 也不可能形成不超过10 $\mu$ m膜厚的压电膜。另外, 必须沿着块晶体的方向切割, 这很麻烦且费时, 还有可能使晶体方向错误地排列。

10 根据本实施例, 可以在基片上形成具有顺序排列的晶体方向的薄膜, 因此, 不会产生上述问题。在液体喷射头的情况下, 喷射的振动很小, 连接强度很高。另外, 薄膜是那种由单一取向的晶体或单晶构成的压电膜, 因此, 耐用性和压电特性更优。

下面将描述根据本实施例的压电结构的特定层结构。层结构表示为“上电极17//压电膜15//下电极16//第二氧化层14//振动板11//第一氧化层13”(序号如图2所示)。

例1:

Pt//PZT(001)/PT(001)//Pt(100)//MgO(100)//Si(100)//SiO<sub>2</sub>

该层结构的振动板是Si(100), 夹持振动板的氧化层是MgO(100)和SiO<sub>2</sub>。下

20 面是另一些例子:

例2:

Au//PZT(001)/PT(001)//PT(100)//YSZ(111)/SiO<sub>2</sub>//Si(111)//SiO<sub>2</sub>

例3:

Au//PZT(111)/PT(111)//PT(111)//YSZ(100)/SiO<sub>2</sub>//Si(100)//SiO<sub>2</sub>

25 例4:

Pt//PZT(111)/PT(111)//Pt(111)//YSZ(100)/Zr//Si(100)//SiO<sub>2</sub>

例5:

Pt//PZT(111)/PT(111)//Pt(111)//MgO(111)//Si(100)//SiO<sub>2</sub>

例6:

30 Au//PZT(001)//SRO(001)//Si(100)//SiO<sub>2</sub>

例7:

Au//PZT(111)//SRO(111)//Si(111)//SiO<sub>2</sub>

例8:

Au//PZT(111)/PT(111)//PT(111)//YSZ(100)/SiO<sub>2</sub>//Si(100)//YSZ(100)

5

例9:

Pt//PZT(001)//SRO(001)/Si(100)//YSZ(100)

例10:

Au//PZT(001)/PT(001)//PT(100)//MgO(100)//Si(100)//YSZ(100)

例11:

10

Pt//PZT(001)/PT(001)//Pt(100)//MgO(100)//Si(100)//YSZ(100)

例12:

Pt//PZT(001)/PT(001)//Pt(100)//Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(100)//Si(100)//SiO<sub>2</sub>

例13:

Ag//PZT(001)/PT(001)//Pt(100)//LaAlO<sub>3</sub>(100)//Si(100)//SiO<sub>2</sub>

15

在例6、7和9中, SRO具有方向传导性, 它也用作第二氧化层14和下电极16。在前述例子中, 压电膜具有用于PZT/PT的PZT叠层结构。该结构也可以用PMN、PZN、PSN、PNN、PMN-PT、PSN-PT、PZN-PT层结构代替。

例如, 下面是可用的替换结构:

Au//PMN(001)//Pt(100)//MgO(100)//Si(100)//SiO<sub>2</sub>

20

Pt//PMN-PT(001)//Pt(100)//MgO(100)/SiO<sub>2</sub>//Si(100)//SiO<sub>2</sub>

Pt//PMN-PT(001)/PT(001)//Pt(100)//YSZ(111)/SiO<sub>2</sub>//Si(111)//SiO<sub>2</sub>

如前所述, 层结构中括号中表示的晶体取向表示了优先取向程度不小于80%, 最好不小于85%, 更好些的是不小于95%的晶体取向。

对于第二氧化层14, 根据制造工艺, 可以选择Si氧化膜的SiO<sub>2</sub>或其他氧化物(YSZ, MgO, Ir<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)。例如, 在YSZ薄膜成型过程中, 使用金属靶形成YSZ薄膜, 就可能抑制SiO<sub>2</sub>的产量。通过在Si层上进行诸如Zr或类似金属的薄膜成型, 可以阻止SiO<sub>2</sub>的产出。

下面将描述根据本发明实施例的压电结构和液体喷射头的制造方法。

用于带有根据本实施例的振动板和压电膜的压电结构的制造方法包括: 步骤(1), 在硅基片上形成第二氧化层, 该硅基片具有位于硅涂层上的单晶硅,

30

一氧化层位于其间; 步骤(2), 在第二氧化层上形成单一取向的晶体或单晶结构的压电膜; 步骤(3), 在压电膜上形成上电极。

根据本发明, 用于液体喷射头的另一种制造方法除了步骤(1)-(3)外, 还包括: 步骤(4), 将压电膜分离成多个部分; 步骤(5), 在压电膜上形成上电极; 步骤(6), 形成所述压力腔, 上述液体喷射头包括: 一个液体喷射出口; 一个具有压力腔的主体基部, 该压力腔与所述液体喷射出口液体相通并具有开口; 一个连接以便堵住开口的压电结构。

下面将描述上述每一步骤。在步骤(1)中, 具有单晶硅涂层的硅基片可以是SOI(绝缘体上的硅)基片, 所述单晶硅涂层位于硅涂层上并且在其间具有氧化层, 或者可以在硅基片上形成有单晶氧化膜, 在其上可以形成有单晶硅涂层膜。在SOI基片的情况下, 例如, 硅涂层上的氧化层是 $\text{SiO}_2$ , 例如, 单晶氧化物是YSZ(100)、YSZ(111)、 $\text{MgO}$ (100)、 $\text{MgO}$ (111)、STO(100)、STO(111)或类似物。氧化层的膜厚( $d_1$ )是 $5\text{nm}-5\mu\text{m}$ , 最好是 $10\text{nm}-3\mu\text{m}$ 。这些氧化层用作形成压力腔的步骤(5)中的防蚀层。

形成在单晶硅上的第二氧化层最好先于步骤(2)和/或步骤(3)形成。例如, 第二氧化层可以是 $\text{SiO}_2$ 、YSZ(100)、YSZ(111)、 $\text{SrO}$ (001)、 $\text{SrO}$ (111)、 $\text{MgO}$ (100)、 $\text{MgO}$ (111)、 $\text{Ir}_2\text{O}_3$ (100)、 $\text{Ir}_2\text{O}_3$ (111)、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ (100)、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ (111)、 $\text{LaAlO}_3$ (100)、 $\text{LaAlO}_3$ (111)、STO(100)、STO(111)或类似物。它们的膜厚( $d_2$ )是 $5\text{nm}-3\mu\text{m}$ , 最好是 $10\text{nm}-1\mu\text{m}$ 。

在上述层结构中, 在实施例1中第二氧化层是 $\text{MgO}$ , 在实施例2中时为YSZ和 $\text{SiO}_2$ 。 $\text{SiO}_2$ 可以在作为缓冲膜的YSZ薄膜形成过程中用氧化反应制成, 或者在薄膜形成之后用加热处理方法制成。当第二氧化层包含 $\text{SiO}_2$ 时, 最好在 $\text{SiO}_2$ 中包含有其他氧化层(缓冲层)的少量金属, 其方法最好是采用氧化物靶的溅射工艺, 并作为其他氧化层的薄膜成型方法。 $\text{SiO}_2$ 层的膜厚可以通过下述方法控制, 即选择自成型YSZ膜的最高温度开始的降温工艺、其温度维持时间、再热处理的条件及其温度维持时间。例如, 通过在水蒸汽环境中保持溅射薄膜成形温度,  $\text{SiO}_2$ 的膜厚可以减小。使用金属Zr靶首先形成金属层、然后形成YSZ薄膜, 可以防止YSZ和Si之间的界面处产生 $\text{SiO}_2$ 层。这可以根据材料和性能来选择是否要形成 $\text{SiO}_2$ 层。

在步骤(2)中, 采用诸如PZT, PMN, PZN, PSN, PNN, PMN-PT, PSN-PT, PZN-PT

或类似物等任一成份，能够形成具有单一层结构或叠层结构的压电膜。压电膜最好具有单一取向晶体或单晶结构。

步骤(3)中，在压电膜上形成上电极可以通过溅射工艺、蒸发方法、电镀方法或类似方法实施。电极材料可以是诸如Au, Pt, Cr, Al, Cu, Ir, Ni的金属材料，或者是诸如SRO, ITO的导电氧化物。上电极可以是位于压电膜上的固体电极或者梳状电极。

在压电结构的制造方法中，根据本发明的实施例，有可能在硅基片上制成具有高压电系数的单一取向晶体的或单晶的压电膜。因此，能够制成连接强度高和耐用性高的振动板。这样，就能够提供具有高频特性、高耐用性和高电致伸缩性能/压电性能的压电结构。

在液体喷射头的制造方法中，在步骤(4)中分离压电膜一步是一个图案形成步骤，其中压电膜由步骤(2)制成。图案形成对应于液体喷射出口(喷嘴)和压力腔是分离的。图案形成方法可以是湿式刻蚀类型、干式刻蚀类型、机械切割类型或类似类型的。在湿式蚀刻类型和干式刻蚀类型中，借助于对图案形成的抗蚀处理可以进行保护膜成型，以保护硅基片。另外，可以在分离的压电膜之间填充具有低刚性并且并不阻止压电膜膨胀和收缩的树脂材料或类似物。

用于形成压力腔的步骤(5)包括：对相对侧的硅涂层处理一步和/或将具有成型压力腔部分的分离基片与硅基片相连一步。对硅涂层的处理一步可以通过湿式刻蚀、干式刻蚀、机械加工(喷丸工艺或类似工艺)实施。用于所述具有压力腔部分的分离基片的基片可以是硅基片、SUS基片、聚合物材料基片或类似物。在采用硅基片、SUS基片或类似物的情况下的连接方法可以是阳极氧化连接方法、活泼金属焊接方法或者采用粘接材料的方法。当采用聚合物材料时，使用抗蚀材料的刻蚀方法是可用的。作为替换形式，预处理的基片是可用的。压力腔的形状可以是矩形、圆形、椭圆形或类似形状。另外，在侧面喷射的情况下，压力腔的截面形状可以是朝喷嘴方向逐渐减小。

形成液体喷射出口的步骤(6)可以包括：连接孔板，或者从抗蚀材料或类似物制成液体喷射出口，该孔板上形成有对应于各压力腔部分的液体喷射出口。作为替换形式，当叠加了聚合物基片后，可以用激光加工对应于压力腔形成液体喷射出口。在使用抗蚀材料形成液体喷射出口的情况下，可以与步骤(5)同时实施成型操作。步骤(4)、(5)和(6)的顺序不是限制性的，并可以最

后完成压电膜(4)的分离一步。

根据本发明这一实施例的液体喷射头的制造方法,与上面描述的压电结构的情况类似,压电膜具有单一取向的晶体或单晶结构,因此,最终的振动板具有高的连接强度和耐用性,因此,有可能提供具有高密度、大喷射功率和适于高频打印的液体喷射头。

下面对特定的实施例进行描述。

#### (实施例1)

参见图3,下面将描述一实施例。图3是通过根据本发明实施例的压电结构制造方法制造的压电结构的局部截面图。在800℃以下,通过溅射薄膜成型方法,采用SOI基片在单晶硅层上形成YSZ(100)24薄膜。该SOI基片由厚度625μm的硅涂层28、厚度0.2μm的SiO<sub>2</sub>涂层23和厚度3μm的单晶硅Si(100)涂层21构成。此后,形成厚度0.5μm的下电极Pt(111),并在600℃下形成PT(111),PZT(111)的压电膜22。PZT的成份是Pb(Zr<sub>0.53</sub>Ti<sub>0.47</sub>)O<sub>3</sub>。压电膜22的总膜厚是3.5μm。在所有的薄膜成型步骤中,薄膜成型后的冷却过程中的温度上升速度不低于40℃/min。为了控制薄膜的单晶性能,通过该步骤,在YSZ(100)24和Si(100)21之间的界面处形成0.02μm厚的SiO<sub>2</sub>涂层24a作为第二氧化层。在800℃下形成薄膜的情况下, SiO<sub>2</sub>涂层的薄膜厚度是0.2μm,然后将其保持在水蒸汽中100min。SiO<sub>2</sub>中的Y和Zr金属的含量为4.6%。作为用XRD(X射线衍射装置)确认的结果,压电膜22的单晶性具有不低于99%的(111)取向。

在压电膜22上,蒸发制做Au上电极27。此后,在第一氧化层23上,通过采用使用TMAH(氢氧三甲胺)的湿法刻蚀,将硅涂层28刻蚀成矩形形状,其宽度为100μm,长度为2mm。

从上述步骤制成的压电结构(图3)看出,上和下电极26、27露出,在35kHz的驱动频率、+5V/-5V的驱动电压情况下测量位移,并且在中部的位移是0.26μm。在第二氧化层24的厚度为1.0μm的结构的情况下,测量到了0.25μm的最佳位移。

除了压电膜是具有43%的取向特性的多晶元件外,制造了具有相同结构的压电结构,其位移是0.04μm。这种变化是巨大的,并且耐用性很低。

#### (实施例2)

采用其中单晶硅涂层具有晶体取向(111)的基片,实施溅射薄膜成型,

以制造上述层结构中的实施例2的结构。通过采用PZT的晶体取向(001),耐用性进一步提高。在进行与实施例1相似的刻蚀工艺之后测量的位移,是 $0.25\mu\text{m}$ – $0.28\mu\text{m}$ ,这是更可取的。

#### (实施例3)

5 参见图4,下面将对根据该实施例的液体喷射头的制造方法进行描述。图4是通过根据本发明实施例的制造方法制造的液体喷射头的局部截面图。

使用掺B的单晶Si(100)/SiO<sub>2</sub>/Si结构(薄膜厚度是 $2.5\mu\text{m}/1\mu\text{m}/250\mu\text{m}$ ), MgO(100)34涂层制成 $0.3\mu\text{m}$ 厚度并位于已掺B的单晶Si(100)上。进而, $0.4\mu\text{m}$ 厚的Pt(100)和PMN(001)的压电膜32形成成为 $2.3\mu\text{m}$ 厚。PMN成份由  
10 Pb(Mg<sub>1</sub>/3Nb<sub>2</sub>/3)O<sub>3</sub>进行调整。用TEM观测方法已确定了 $0.05\mu\text{m}$ 的SiO<sub>2</sub>层34a成型于MgO<sub>3</sub>4和Si(100)之间的界面上。上电极37上,粘贴上Au。采用C4F8对Si涂层38进行等离子体刻蚀处理以形成压力腔41。此后,构成压力腔的Si中间基片42和孔板43相连,以提供本实施例的液体喷射头。

图4表示出通过该实施例的方法制造的液体喷射头,其中31表示掺B的单晶  
15 硅振动板;32是PMN压电膜;33是第一氧化层;34、34a是第二氧化层;36是下电极;37是上电极。序号38表示的是形在其中形成有压力腔41的Si层;42是中间基片;43是在其中形成有液体喷射出口44的孔板。压力腔41具有 $60\mu\text{m}$ 的宽度、 $2.2\text{mm}$ 的深度,相邻压力腔41之间的间隔是 $24\mu\text{m}$ 。

采用该液体喷射头,能够进行油墨喷射测试。在驱动频率为35kHz、驱动  
20 电压+7V/-7V的条件下,确定每秒的最大喷射速度。液滴大小可控制在3pl–26pl。进行重复次数为10<sup>9</sup>的耐用性测试,其位移量的减小不超过5%。

除了单晶硅层的膜厚分别为 $10\mu\text{m}$ 和 $11\mu\text{m}$ 外,制造了两个相同结构的液体喷射头。Si涂层为 $10\mu\text{m}$ 厚的液体喷射头的位移比Si涂层为 $2.5\mu\text{m}$ 厚的液体喷射头的位移小10%,但是能够喷射高粘度(10cps)的液滴。在采用 $11\mu\text{m}$ 的液体  
25 喷射头的情况下,位移减小是17%,但是同样能够喷射高粘度液滴。但是,其耐用性稍短于采用 $10\mu\text{m}$ 的液体喷射头。

#### (实施例4)

通过采用PSN-PT(001)的压电膜对例3中的压电膜进行了改造(其他结构都相同)。建议PSN-PT的成份为 $0.55[\text{Pb}(\text{Sc}_{1/2}\text{Nb}_{1/2})\text{O}_3]$ – $0.45[\text{PbTiO}_3]$ 。诸如  
30 压力腔或类似物宽度的线度与例3相同。用相同的驱动条件,可以确定油墨可以

以14.3m/秒的速度喷射。另外，当压力腔的宽度改变为40  $\mu\text{m}$ 、压力腔的长度改变为2.5mm时，油墨能够以不低于10m/秒的实用性速度喷射。

(实施例5)

将实施例4中的压电膜改变为PZN-PT(001)，其他结构不变，并制造成液体  
5 喷射头。PZN-PT的成份为0.90{Pb(Zn<sup>1/3</sup>Nb<sup>2/3</sup>)O<sub>3</sub>}-0.10{PbTiO<sub>3</sub>}。压力腔宽度为60  $\mu\text{m}$ 的油墨喷射速度为14.1m/sec，这是较佳的。液滴的数量非常稳定。

尽管这里参照公开的实施例进行了描述，但是本发明并不局限于所述的细节，并且本申请意在含盖在完善目的下、或者在下面的权利要求范围内可能出现的诸多改进和变化。



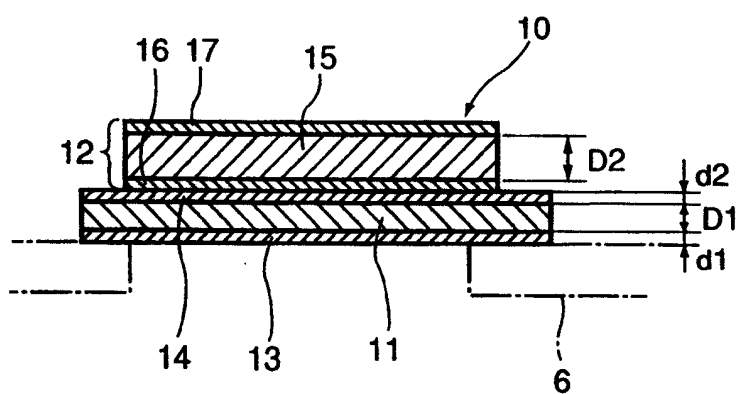


图 2

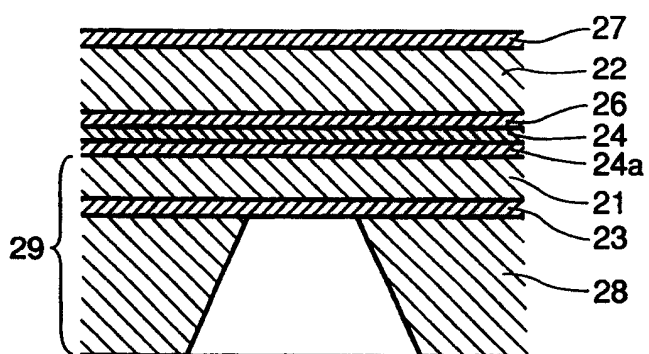


图 3

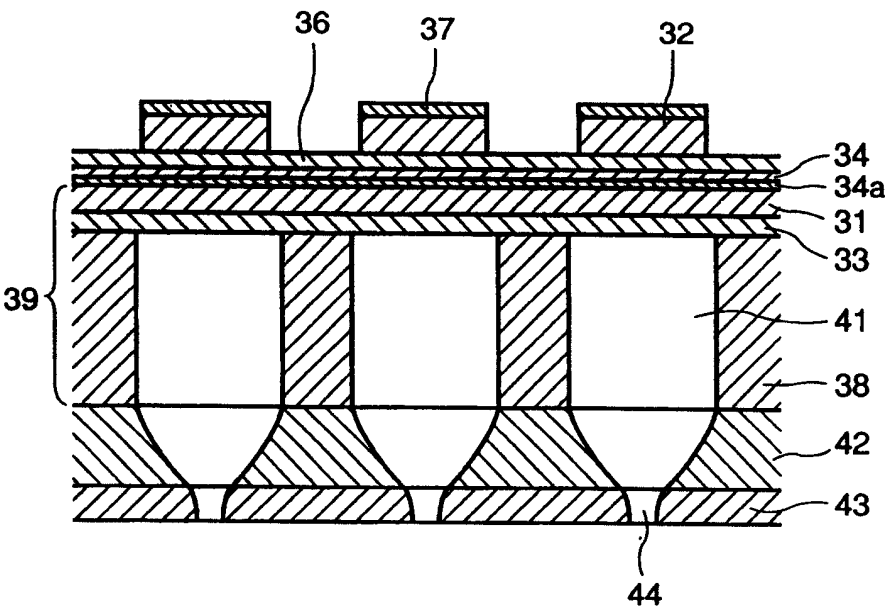


图 4