



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103035835 B

(45)授权公告日 2017.04.26

(21)申请号 201210448662.6

(22)申请日 2012.09.28

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 103035835 A

(43)申请公布日 2013.04.10

(30)优先权数据

61/543,057 2011.10.04 US

(73)专利权人 富士胶片株式会社

地址 日本东京

(72)发明人 藤井隆满 菱沼庆一

(74)专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

72002

代理人 陈松涛 韩宏

(51)Int.Cl.

H01L 41/08(2006.01)

H01L 41/083(2006.01)

H01L 41/27(2013.01)

H01L 41/253(2013.01)

B41J 2/045(2006.01)

B41J 2/135(2006.01)

(56)对比文件

JP 特开2007-59525 A, 2007.03.08,

JP 特开2007-59525 A, 2007.03.08,

JP 特开平8-116103 A, 1996.05.07,

CN 101383395 A, 2009.03.11,

审查员 韩婷

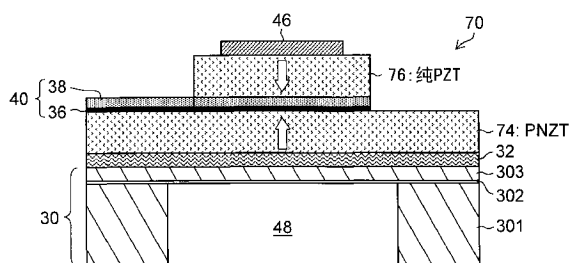
权利要求书2页 说明书13页 附图8页

(54)发明名称

压电器件及其制造方法以及液体喷射头

(57)摘要

一种压电器件,包括:基板;层积在基板上方的第一电极;层积在第一电极上方的第一压电膜;层积在第一压电膜上方的金属氧化物膜;层积在金属氧化物膜上方的金属膜;层积在金属膜上方的第二压电膜;以及层积在第二压电膜上方的第二电极,其中第一压电膜的极化方向和第二压电膜的极化方向彼此不同。



1. 一种压电器件,包括:基板;层积在所述基板上方的第一电极;层积在所述第一电极上方的第一压电膜;层积在所述第一压电膜上方的金属氧化物膜;层积在所述金属氧化物膜上方的金属膜;层积在所述金属膜上方的第二压电膜;以及层积在所述第二压电膜上方的第二电极,其中,所述第一压电膜的极化方向与所述第二压电膜的极化方向彼此不同,

在由所述第一压电膜和所述第二压电膜之间的所述金属氧化物膜和所述金属膜构成的中间层中的应力和厚度的乘积小于 100N/m^2 ,

所述第一电极和所述第二电极配置为保持于接地电位;并且

包括在所述第一压电膜和所述第二压电膜之间的所述金属膜的中间电极配置为用作驱动电极,将用于使所述第一压电膜和所述第二压电膜变形的驱动电压施加至所述驱动电极,

当所述驱动电压施加至所述中间电极时,在与所述第一压电膜和所述第二压电膜中的每一个的极化方向相同的方向上对所述第一压电膜和所述第二压电膜中的每一个施加电场。

2. 如权利要求1所述的压电器件,其中,所述中间层的厚度不小于 50nm 并且小于 250nm 。

3. 如权利要求1所述的压电器件,其中,所述金属氧化物膜包括铂族金属的氧化物。

4. 如权利要求1所述的压电器件,其中,所述金属膜包括铂族金属。

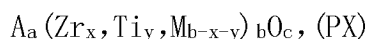
5. 如权利要求1所述的压电器件,其中,所述第一压电膜和所述第二压电膜中的每一个通过气相外延方法来形成。

6. 如权利要求5所述的压电器件,其中,所述气相外延方法是通过实施热膜形成而晶体化的溅射方法。

7. 如权利要求1所述的压电器件,其中,所述第一压电膜和所述第二压电膜中的每一个由钙钛矿型氧化物构成。

8. 如权利要求1所述的压电器件,其中,所述第一压电膜的成分与所述第二压电膜的成分彼此不同。

9. 如权利要求1所述的压电器件,其中,所述第一压电膜和所述第二压电膜中的至少一个由一种或多种由下式表示的钙钛矿型氧化物构成,

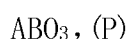


其中A为A位元素并且是包括Pb的至少一种元素;M为选自由V、Nb、Ta和Sb构成的组中的至少一种元素;O为氧,满足 $0 < x < b$, $0 < y < b$ 并且 $0 \leq (b-x-y)$ 的关系,并且 $a:b:c=1:1:3$,但是该摩尔比率可在能够获得钙钛矿结构的范围内偏离所述标准摩尔比率。

10. 如权利要求9所述的压电器件,其中:

所述第一压电膜和所述第二压电膜中的一个由一种或多种由式PX表示的钙钛矿型氧化物构成;并且

所述第一压电膜和所述第二压电膜中的另一个由一种或多种由下式表示的钙钛矿型氧化物构成:



其中A为A位元素并且是包括Pb的至少一种元素;B为B位元素并且是选自由Ti、Zr、V、Nb、Ta、Sb、Cr、Mo、W、Mn、Sc、Co、Cu、In、Sn、Ga、Zn、Cd、Fe和Ni构成的组中的至少一种元素,并且A位元素、B位元素和氧的标准摩尔比率为 $1:1:3$,但是该摩尔比率可在能够获得钙钛矿结

构的范围内偏离所述标准摩尔比率。

11. 如权利要求1所述的压电器件,其中,所述第一压电膜和所述第二压电膜中的至少一个由掺杂有铌的锆钛酸铅构成。

12. 如权利要求1所述的压电器件,其中:

所述第一压电膜和所述第二压电膜中的一个由掺杂有铌的锆钛酸铅构成;并且

所述第一压电膜和所述第二压电膜中的另一个由未掺杂铌的材料构成。

13. 如权利要求12所述的压电器件,其中,所述第一压电膜和所述第二压电膜中的由掺杂有铌的锆钛酸铅构成的那一个的极化方向是从所述基板朝向所述第二电极的方向。

14. 如权利要求12所述的压电器件,其中,所述未掺杂铌的材料为纯锆钛酸铅。

15. 如权利要求1所述的压电器件,其中,所述第一压电膜和所述第二压电膜的极化方向平行于各自膜的厚度方向并且彼此反向。

16. 一种液体喷射头,包括:作为配置为喷射液体的喷射端口的喷嘴;包含所述液体并且连接至所述喷嘴的压力室;以及如权利要求1~15所述的压电器件,所述压电器件设置为与所述压力室相对应并配置为用作喷射能量发生器件以产生通过所述喷嘴喷射所述压力室中的所述液体的能量。

17. 一种压电器件的制造方法,所述方法包括:在基板上方层积第一电极的第一电极形成步骤;在所述第一电极上方层积第一压电膜的第一压电膜形成步骤;在所述第一压电膜上方层积金属氧化物膜的金属氧化物膜形成步骤;在所述金属氧化物膜上方层积金属膜的金属膜形成步骤;在所述金属膜上方层积第二压电膜的第二压电膜形成步骤;在所述第二压电膜上方层积第二电极的第二电极形成步骤;以及使所述第一压电膜的极化方向和所述第二压电膜的极化方向彼此不同的极化处理步骤,

在由所述第一压电膜和所述第二压电膜之间的所述金属氧化物膜和所述金属膜构成的中间层中的应力和厚度的乘积小于 100N/m^2 ,

所述第一电极和所述第二电极配置为保持于接地电位;并且

包括所述第一压电膜和所述第二压电膜之间的所述金属膜的中间电极配置为用作驱动电极,将用于使所述第一压电膜和所述第二压电膜变形的驱动电压施加至所述驱动电极,

当所述驱动电压施加至所述中间电极时,在与所述第一压电膜和所述第二压电膜中的每一个的极化方向相同的方向上对所述第一压电膜和所述第二压电膜中的每一个施加电场。

18. 如权利要求17所述的压电器件的制造方法,其中,所述第一压电膜形成步骤和所述第二压电膜形成步骤中的每一个包括气相外延方法。

压电器件及其制造方法以及液体喷射头

技术领域

[0001] 本发明涉及压电器件及制造该压电器件的方法,尤其涉及由压电膜构成的压电器件及其制造技术,以及使用该压电器件的液体喷射头,该压电器件能够用于多个目的,例如致动器等。

背景技术

[0002] 日本专利申请公开No.2009-139338公开了一种压电材料膜被层叠以用于压力传感器的结构。该压力传感器具有电极层的层积结构,并且压电膜交替地设置在基板上,从而形成由两层或多层压电膜构成的压电膜层积体。电极包括例如铂(Pt)、铝(Al)、钼(Mo)、氮化钛(TiN)、钌(Ru)等材料(JP2009-139338中的0034段),并且每一压电膜由溅射方法形成(JP2009-139338中的0077段)。

[0003] 日本专利申请公开No.08-116103公开了一种双压电晶片结构的压电致动器,其中电极由铂或钯构成。该压电致动器具有层积结构,其中第一压电材料膜(钛酸锆铅(PZT))层积在用作外电极的铂电极上,用作内电极的另一铂电极层积在该第一PZT膜上,并且第二PZT膜以及铂的外电极层积在其上(JP08-116103中的0018段以及图3)。

[0004] 日本专利申请公开No.09-181368公开了一种具有层积结构的致动器器件,其通过例如溅射方法以及类似方法的膜形成技术交替地层积压电体和导电体而制造,并且还公开了其的布线方法。在日本专利申请公开No.09-181368中,描述了与压电体的材料和电极的材料(铂、铝、金或银)相关的一般材料。

[0005] 日本专利申请公开No.2001-077438公开了一种具有一对电极和设置在它们之间的压电体的压电器件,其中该压电体由第一和第二压电膜构成,它们的极化方向彼此反向。在使基板温度不同时连续地形成该第一和第二压电膜。通过沿着压电体的厚度方向改变成分,实现了薄膜双压电晶片结构。

发明内容

[0006] 如上所述,已知这样的层积结构,其中通过溅射方法层积压电膜,并且电极和压电膜被交替地形成在层中。然而,如果根据现有技术使用一般电极材料和压电材料层积压电膜时,存在电极剥离以及压电膜也剥离的问题,并且实际上难以形成上述的由压电膜构成的层积结构。

[0007] 例如,在铂或钯电极设置为中间层(内电极)的情形下,如在JP08-116103中的,在形成压电膜时,压电材料可能剥离或破裂。

[0008] 作为其它具体例子,在通过气相外延方式形成压电膜时,基板温度被设定为不低于350℃并不高于650℃(基板温度是压电材料在气相外延中直接晶体化生长的温度),如果在形成压电膜之后在常规条件下形成Pt、铱(Ir)等的电极,并且接着在该电极上形成另一压电膜,则存在电极剥离并且压电膜也剥离的问题。

[0009] 并且,即使在不发生上面所提到的剥离等情况,在膜形成之后的膜的附着性也不

好,并且器件的耐用性也存在问题。即使为了提高附着性而使用钛(Ti)等的附着层,也存在压电膜实际上剥离的问题。

[0010] 在日本专利申请公开No.2001-077438所公开的结构中,在压电体的内部部分(在第一和第二压电膜之间)中不存在任何中间电极。日本专利申请公开No.2001-077438描述了一般电极材料,例如Pt、Au、Pd、Ag等的电极膜能够形成在第一和第二压电膜之间;然而,未涉及上面所提到的剥离的问题和由于附着性减小而导致的耐用性的问题。

[0011] 并且,在压电器件用作致动器等的情形下,除了上面所提到的问题之外,出于减小驱动电路(驱动器)负荷的目的,通过施加尽可能低的电压来获得大位移是期望的。

[0012] 对此,日本专利申请公开No.2001-077438没有任何关于驱动方法和驱动电压施加方法的描述,也没有表明减小驱动电路负荷的观点。此外,在没有中间电极的例如日本专利申请公开No.2001-077438中所示的结构中,用于产生与致动器相同的位移所必需的电压与单相的相同,并且没有提供降低驱动电压的效果。进一步地,因为具有不同极化的压电体彼此直接接触,因此界面的极化状态变得不稳定,并且压电体的极化状态的稳定性被恶化。此外,存在当压电体被去极化时没有提供用于再极化的器件的问题。

[0013] 本发明针对这些情况问题而设计,其目的在于提供一种压电器件,该压电器件增强了通过层积多个压电膜而形成的层积体中的膜的附着性以防止剥离,并且具有高耐用性和可靠性,在于提供具有良好的位移效率(驱动效率)的压电器件,在于提供能够制造上面所提到的压电器件的制造方法,以及在于提供使用上面所提到的压电器件的液体喷射头。

[0014] 为了达到前面提到的目的,本发明涉及一种压电器件,包括:基板;层积在基板上方的第一电极;层积在第一电极上方的第一压电膜;层积在第一压电膜上方的金属氧化物膜;层积在金属氧化物膜上方的金属膜;层积在金属膜上方的第二压电膜;以及层积在第二压电膜上方的第二电极,其中第一压电膜的极化方向和第二压电膜的极化方向彼此不同。

[0015] 根据本发明的这一方面,层积在第一压电膜上方的金属氧化物膜用作扩散阻挡层,并且从压电膜向金属膜的氧原子和压电材料成分的扩散被抑制。因此,可以阻止金属膜的结构变化和由扩散导致的附着性的减小,并且可以获得在金属氧化物膜和金属膜的层积结构(中间层)之间具有牢固附着性的压电膜层积体。

[0016] 设置在第一压电膜和第二压电膜之间的金属膜用作中间电极。在金属氧化物膜由导电材料构成的情形下,中间电极包括金属氧化物膜和金属膜。根据本发明的这一方面,第一电极和第二电极可设定为接地电位,并且向中间电极施加驱动电压。在该结构中,驱动电路(驱动器)的负荷小,并且通过施加相对低的驱动电压能够获得大的位移。

[0017] 进一步地,因为根据本发明的这一方面的压电器件具有这样的结构,即在该结构中具有不同极化的压电体与在它们之间的中间电极层积而彼此不直接接触,因此在具有不同极化的压电体直接接触的结构的情形下,能够避免界面的极化状态变得不稳定和压电体的极化状态的稳定性恶化的问题。此外,优势在于,在压电体被去极化时容易通过利用中间电极而将压电体再极化。

[0018] 在解释时,术语“A层积在B上方”不限于A直接层积在B上而A与B接触的情形,而且包括在A和B之间夹置一层或多层其它层的情形,以及A层积在B上方而在A和B之间具有其它层。

[0019] 该结构能够制成为重复这样的构造,即在该构造中,金属氧化物膜和金属膜的中

间层层积在压电膜上方并且另一压电膜层积在该中间层上方,从而层积三层或者更多层的压电膜。在这种情况下,在顶层的压电膜可解释为“第二压电膜”,并且在第二或者更高级的压电膜可被解释为“第二压电膜”。

[0020] 优选地,由第一压电膜和第二压电膜之间的金属氧化物膜和金属膜构成的中间层中的应力和厚度的乘积小于 100N/m^2 。

[0021] 根据本发明的这一方面,由压电膜和中间层之间的热膨胀系数的差异所引起的应力所导致的剥离被抑制。

[0022] 优选地,中间层的厚度不小于 50nm 并且小于 250nm 。

[0023] 考虑到中间层的扩散阻挡特性,以及对由压电膜和中间层之间的热膨胀系数的差异所引起的应力所导致的剥离的抑制,中间层的厚度设定为不小于 50nm 并且小于 250nm 的范围内的结构是优选的。

[0024] 优选地,金属氧化物膜包括铂族的金属氧化物。

[0025] 金属氧化物膜可以具有例如钌(Ru)、铑(Rh)、钯(Pd)、锇(Os)、铱(Ir)以及铂(Pt)的铂族金属的任何金属的任何氧化物。

[0026] 优选地,金属膜包括铂族的金属。

[0027] 金属膜可包括各种金属,并且金属膜优选包括例如Ru、Os、Rh、Ir、Pd、Pt等的铂族的金属。在这种情况下,第一电极和第二电极可包括铂族的金属。此外,该第一电极和第二电极能够包括铜族金属,铜(Cu)、银(Ag)以及金(Au)。

[0028] 优选地,第一电极和第二电极配置为保持于接地电位;并且包括第一压电膜和第二压电膜之间的金属膜的中间电极配置为用作驱动电极,将使第一压电膜和第二压电膜变形的驱动电压施加至驱动电极。

[0029] 根据本发明的这一方面,通过正电压和负电压中的一个能够实施该驱动控制,并且可以使用廉价的驱动电路。此外,因为第一电极和第二电极处于接地电位,因此可以省略或简化至基板的电流泄漏的应对措施,关于上部电极的绝缘保护等。

[0030] 优选地,当驱动电压施加到中间电极时,第一压电膜和第二压电膜中的每一个在与它们的极化方向相同的方向上被施加电场。

[0031] 根据本发明的这一方面,通过在与压电膜的极化方向相同的方向上施加电场可以获得大的位移。

[0032] 优选地,第一压电膜和第二压电膜中的每一个通过气相外延方法形成。

[0033] 通过使用由溅射方法代表的气相外延方法可以获得具有期望的压电性能的压电膜。进一步地,压电膜可容易地生长在金属膜上,并可以获得良好的膜形成。

[0034] 优选地,该气相外延方法为通过实施热膜形成而晶体化的溅射方法。

[0035] 根据本发明的这一方面,因为金属氧化物膜用作扩散阻挡层,因此,可以阻止在热膜形成时来自低层中的压电膜的材料成分等扩散进入金属膜,并且可以获得具有高附着性的压电膜的层积结构。

[0036] 优选地,第一压电膜和第二压电膜中的每一个由钙钛矿(perovskite)型氧化物构成。

[0037] 钙钛矿型氧化物的压电器件具有良好的压电特性,并能够用于例如致动器、传感器、发电器件等的各种目的。

[0038] 优选地,第一压电膜的成分和第二压电膜的成分彼此不同。

[0039] 根据本发明的这一方面,根据目的以及必需的特性(性能)可以结合具有适当成分的压电膜。

[0040] 优选地,第一压电膜和第二压电膜中的至少一个由一种或多种由下式表示的钙钛矿型氧化物构成:

[0041] $A_a(Zr_x, Ti_y, M_{b-x-y})_bO_c$, (PX)

[0042] 其中A为A位元素并且是包括Pb的至少一种元素;M为选自V、Nb、Ta和Sb构成的组中的至少一种元素;O是氧,满足 $0 < x < b$, $0 < y < b$ 并且 $0 \leq (b-x-y)$ 的关系,并且A位元素、B位元素和氧的标准摩尔比率为1:1:3,但是该摩尔比率可在能够获得钙钛矿结构的范围内偏离该标准摩尔比率。

[0043] 根据本发明的这一方面,压电体具有良好的压电特性,并优选作为压电致动器等。

[0044] 优选地,第一压电膜和第二压电膜中的一个由一种或多种表示为PX的钙钛矿型氧化物构成;并且第一压电膜和第二压电膜中的另一个由一种或多种由下式表示的钙钛矿型氧化物构成:

[0045] ABO_3 , (P)

[0046] 其中A为A位元素并且是包括Pb的至少一种元素;B为B位元素并且为选自Ti、Zr、V、Nb、Ta、Sb、Cr、Mo、W、Mn、Sc、Co、Cu、In、Sn、Ga、Zn、Cd、Fe和Ni构成的组中的至少一种元素,并且A位元素、B位元素和氧的标准摩尔比率为1:1:3,但是该摩尔比率可在能够获得钙钛矿结构的范围内偏离该标准摩尔比率。

[0047] 优选地,第一压电膜和第二压电膜中的至少一个由掺杂铌的锆钛酸铅构成。

[0048] 根据本发明的这一方面,掺杂Nb的PZT (PNZT) 具有良好的压电特性,并优选作为压电致动器等。

[0049] 优选地,第一压电膜和第二压电膜中的一个由掺杂铌的锆钛酸铅构成;并且第一压电膜和第二压电膜中的另一个由未掺杂铌的材料构成。

[0050] 在PNZT膜中,极化状态决定于刚刚完成膜形成后的一个方向,并且难以在相反的方向上极化。另一方面,在未掺杂Nb的纯PZT膜中,可以通过后处理比较自由地选择极化方向。难以在两个方向同时进行极化处理;然而,根据本发明的这一方面,因为可以通过最小极化处理实现器件变形,该处理变得简单。

[0051] 优选地,第一压电膜和第二压电膜中的由掺杂有铌的锆钛酸铅构成的一个的极化方向为从基板朝向第二电极的方向。

[0052] 根据本发明的这一方面,在膜形成时的极化状态可以原样利用的情形下,额外的极化处理不是必需的。

[0053] 优选地,未掺杂铌的材料为纯锆钛酸铅。

[0054] 根据本发明的这一方面,通过对纯PZT膜实施极化处理可以改变极化方向。

[0055] 优选地,第一和第二压电膜的极化方向平行于各自膜的厚度方向并彼此反向。

[0056] 为了实现上面提到的目标,本发明还涉及液体喷射头,包括:作为配置为喷射液体的喷射端口的喷嘴;包含液体并连接至喷嘴的压力室;以及如权利要求1所述的压电器件,其被设置为与压力室相对应并配置为用作喷射能量发生器件以产生通过喷嘴喷射压力室中的液体的能量。

[0057] 根据本发明的这一方面,能够获得具有良好喷射效果的液体喷射头。进一步地,能够减小驱动电路的负荷,也能够实现廉价的电路结构。

[0058] 为了实现上面所提到的目的,本发明还涉及压电器件的制造方法,该方法包括:在基板上方层积第一电极的第一电极形成步骤;在第一电极上方层积第一压电膜的第一压电膜形成步骤;在第一压电膜上方层积金属氧化物膜的金属氧化物膜形成步骤;在金属氧化物膜上方层积金属膜的金属膜形成步骤;在金属膜上方层积第二压电膜的第二压电膜形成步骤;在第二压电膜上方层积第二电极的第二电极形成步骤;以及使第一压电膜的极化方向与第二压电膜的极化方向彼此不同的极化处理步骤。

[0059] 根据本发明的这一方面,可以防止金属膜的结构变化和由扩散导致的附着性的减小,并能够获得具有牢固附着性的压电膜的层积结构。

[0060] 优选地,第一压电膜形成步骤和第二压电膜形成步骤中的每一个包括气相外延方法。

[0061] 根据本发明,能够防止膜的剥离以及附着性的减小,它们都是在现有技术中的层积体中遇到的问题,并且能够形成多个压电膜的层积体。因此,可以获得具有高耐久性和可靠性的压电器件。进一步地,根据本发明的压电器件,能够实现位移效率的改进并可以通过相对低的驱动电压进行驱动以减小驱动电路的负荷。

附图说明

[0062] 参照附图,下面将解释本发明的本质以及本发明其它的目的和优点,其中附图中相似的附图标记表示相同或相似的部分,其中:

[0063] 图1是示出根据本发明实施方式的压电器件的结构的横截面图;

[0064] 图2A至2I是示出根据本发明的第一实施例的压电器件的制造方法的解释性视图;

[0065] 图3是示出在第一实施例中产生的压电膜的层积体的结构的扫描电子显微镜(SEM)图像;

[0066] 图4是示出在第一实施例中产生的压电膜的X-射线衍射(XRD)特性的视图;

[0067] 图5是在第一实施例中产生的压电器件的结构视图。

[0068] 图6是示出关于中间层的厚度和剥离之间的关系的试验结果的表;

[0069] 图7是根据本发明第二实施例的压电器件的结构视图;

[0070] 图8是在第一和第二实施例以及第二比较例中的极化方法和驱动电压的表;以及

[0071] 图9是示出根据本发明的实施方式的喷墨头的结构的横截面图。

具体实施方式

[0072] 图1是示出根据本发明的实施方式的压电器件的结构的横截面图。图1中所示的压电器件10具有层积结构,其中第一电极14形成用作支撑体的基板12上,第一压电膜16形成在其上,并且金属氧化物膜18、金属膜20、第二压电膜22和第二电极24在层中按照这样的顺序进一步地形成在其上。

[0073] 在此,在图1和其它附图中,为了便于说明,在适当地变化的情况下绘出层的膜厚及其比率,并且不必通过反映实际的膜厚和比率而被示出。进一步地,在本说明书中,当描述层积结构时,在基板12的厚度方向上远离该基板12的表面的方向表述为“向上”方向。在

图1中,因为压电器件10被构造为在保持基板12水平的状态下使得层14至24被依次地层积在基板12的上表面上,这些层的设置与在设定重力方向(图1中的向下的方向)为朝下的方向时的上下关系一致。在这种情况下,基板12的姿态可以为倾斜的或反向的。为了即使在依赖于基板12的姿态的层积结构的层积方向不必与基于重力方向的向上和向下方向相一致的情形下不混淆地表述层积结构的上下关系,在基板12的厚度方向上远离基板12的表面的方向被表述为向上的方向。例如,即使在图1中的上侧和下侧被反转的情形下,通过第一电极14形成在基板12的上表面上方,以及第一压电膜16层积在第一电极14的上表面上方这样的表述来进行描述。

[0074] 图1中所示的压电器件10具有层积结构,其中两个压电膜(第一压电膜16和第二压电膜22)与它们之间的中间层26层积在一起。中间层26具有金属氧化物膜18和金属膜20的层积结构。第一电极14设置在两个压电膜16和22的下面,并且第二电极24设置在顶表面上。

[0075] 虽然在此示例了两个压电膜16和22,但是在本发明的实施中,也可以层积三个或更多的压电膜同时夹置中间层(每一个对应于图1中的中间层26)。在这种情形下,中间层(对应于图1中的中间层26)形成为替代图1中的第二电极24,从而形成压电膜和中间层交替地层积的层积结构。假定压电膜被层积的级数(层积数)为 n (其中 n 为大于1的整数),则以 $(n-1)$ 层形成中间层。进一步地,第二电极,例如图1中的第二电极24,形成在顶层的(第 n 层)的压电膜上。

[0076] 基板12的材料没有特殊限定,并可以利用各种材料,例如硅(Si)、玻璃、陶瓷、硅氧化物、不锈钢(SUS)、氧化钇稳定氧化锆(YSZ)、氧化铝、蓝宝石、SiC、SrTiO₃等。进一步地,该基板12可以为层积基板,例如绝缘体上硅(SOI)基板,其中SiO₂膜和Si活性层依次设置在硅基板上。

[0077] 第一电极14可以由例如铂(Pt)、铝(Al)、钼(Mo)、氮化钛(TiN)、钌(Ru)、金(Au)、银(Ag)等的材料构成。优选地,第一电极14包括铂族金属(Ru、Rh、Pd、Os、Ir、Pt)。为了提高与基板12的附着性,还优选地,该第一电极14具有Ti或TiW(钛-钨)附着层。更进一步优选地,第一电极14具有设置在基板12上的附着层和设置在附着层上的铂族金属层的层积结构。

[0078] 第二电极24可由与第一电极14类似的各种材料构成。优选地,第二电极24包括铂族或铜族(Cu、Ag、Au)金属。进一步优选地,第二电极24具有Ti或TiW附着层与设置在附着层上的铂族金属层的层积结构。该第一电极14和第二电极24可由相同的材料构成,或可以由不同的材料构成。例如,可以是第一电极14具有TiW/Pt的层积结构而第二电极24具有TiW/Au的层积结构。第一电极14和第二电极24的厚度没有特殊限定,并优选在50nm和500nm之间。

[0079] 金属氧化物膜18用作扩散阻挡层,其阻止来自第一层的压电膜16的氧原子或压电材料成分的扩散。该金属氧化物膜18可以为导体或绝缘体。优选地,该金属氧化物膜18包括铂族或钛族(Ti、Zr、Hf)金属的氧化物。例如,金属氧化物膜18可以由Ir的氧化物(被表示为“IrO_x”或“Ir-O”),或Ti的氧化物(例如TiO、TiO₂等)构成。

[0080] 形成在金属氧化物膜18上方的金属膜20起到对通过气相外延方法(溅射方法等)的方式形成第二层的压电膜22有用的作用。用于本实施方式的压电膜难以生长在氧化物上,但容易生长在金属上。因此,优选地,金属膜20设置在金属氧化物膜18上,并且压电膜(第二压电膜22)形成在金属膜20上。金属膜20的材料没有特殊限定,并且金属膜20优选包

括铂族金属,例如Ir、Pr等。

[0081] 具有金属氧化物膜18和金属膜20的层积结构的中间层26可用作中间电极。在中间层26用作中间电极的情形下,优选地,金属氧化物膜18由导电材料构成。即使在金属氧化物膜18由绝缘材料构成的情形下,也可以使用金属膜20作为中间电极。

[0082] 中间层26的结构可以为非晶的或晶体的。中间层26的膜的表面粗糙度和结构(圆柱状结构、颗粒状结构等)没有特殊地限定。进一步地,中间层26的晶体的取向和优选取向度没有限定。优选地,中间层26包括氧化物(金属氧化物膜18);但是,也可以包括氮。

[0083] 第一压电膜16和第二压电膜22的每一个都是在通过气相外延方法的膜形成时,通过升高基板温度而结晶化形成。第一压电膜16和第二压电膜22的材料没有特殊限定,只要是氧化物压电体即可。第一压电膜16和第二压电膜22可由相同的材料构成或可由不同的材料构成。在本发明的实施中,优选地,第一压电膜16和第二压电膜22之间的组分不同。

[0084] 例如,第一压电膜16和第二压电膜22中的一个可以由铌(Nb)掺杂的锆钛酸铅(PZT)构成而另一个由不掺杂Nb的PZT构成。

[0085] 此外,第一压电膜16(第一层)和第二压电膜22(第二层)之间的极化方向不同。例如,第一层的极化方向是向下方向(从中间层朝向下部电极的方向),而第二层的极化方向是向上方向(从中间层朝向上部电极的方向)。同样可以利用第一层的极化方向是向上方向而第二层的极化方向是向下方向的方案。进一步地,不限于第一层的极化方向和第二层的极化方向彼此平行和反向的关系,也可以利用这些层的极化方向彼此不平行的,例如极化方向是正交的关系。

[0086] 为了获得期望的极化状态,通过在隔着压电膜的彼此面对的一对电极之间施加电压的方法实施极化处理。该极化处理可伴随着热处理。进一步地,例如电晕方法等方法可用作极化处理的方法。在形成压电膜时的极化状态按照原样利用的情形下,可省略极化处理。

[0087] <对剥离的原因的调查>

[0088] 本发明人对在制造现有技术的压电膜和电极交替层积的层积体时发生的电极和压电膜的剥离的原因进行了调查,并发现在形成压电体时的膜形成温度下,氧原子和压电材料成分(例如,在PZT材料的情形下的铅(Pb)等)从压电材料扩散进入电极,从而导致电极材料的结构变化和附着性的减小以导致剥离。接着,本发明人发现,为了阻止电极和压电膜的剥离以获得具有高耐用性的器件,阻碍(阻挡)形成在基板上的压电膜中的压电材料成分扩散进入电极层是有用的,并且阻挡氧原子的扩散尤其重要。

[0089] 基于以上所提到的知识,在本发明的实施方式中,在形成第一层的压电膜(第一压电膜16)之后,用作扩散阻挡层的金属氧化物膜18形成在该第一层的压电膜16上方,并由金属氧化物膜18阻挡来自该第一层的压电膜(第一压电膜16)的扩散。进一步地,金属膜20形成在金属氧化物膜18上方,并且第二层的压电膜(第二压电膜22)形成在金属膜20上方。换句话说,具有金属氧化物膜和金属膜的层积结构的中间层夹置在第一层的压电膜和第二层的压电膜之间,并且压电膜设置在中间层位于其间的层中。通过重复上面所提到的步骤,可以层积压电膜同时确保牢固的附着性。

[0090] <第一实施例>

[0091] 图2A至2I是示出根据本发明的第一实施例的压电器件的制造过程的视图。

[0092] 步骤1:首先,制备绝缘体上硅(SOI)基板30(图2A)。该SOI基板30具有层积结构,其

中设置用作处理层的Si层301,用作绝缘层(BOX层)的氧化物膜层(SiO_2)层302,以及作为器件层的Si层303。可使用普通的硅基板(硅晶片)代替SOI基板30。

[0093] 步骤2:通过溅射方法在SOI基板30的Si层303(图2B中的上表面)上形成20nm膜厚的TiW膜,并在其上形成150nm膜厚的Ir膜。从而形成具有20nm膜厚的TiW膜和150nm膜厚的Ir膜的层积结构的下部电极32。

[0094] 步骤3:其后,通过溅射方法的方式在500℃的膜形成温度下,在下部电极32上形成2μm膜厚的纯(无任何掺杂剂)钛酸锆铅膜34(图2C)。在PZT膜34的形成中,使用射频(RF)磁控溅射装置,膜形成气体为97.5vol%的Ar和2.5vol%的 O_2 的混合气体,靶是具有 $\text{Pb}_{1.3}\text{Zr}_{0.52}\text{Ti}_{0.48}\text{O}_3$ 组分材料,并且膜形成压力为0.5Pa。

[0095] 步骤4:通过溅射方法的方式在350℃的膜形成温度下,在PZT膜34上形成50nm膜厚的Ir-O膜36(图2D)。

[0096] 步骤5:在该Ir-O膜36上形成20nm膜厚的Ir膜38(图2E)。由此形成具有Ir-O膜36和Ir膜38的层积结构的中间层或电极40。

[0097] 通过使用Ir靶的反应溅射方法的方式用50%的Ar和50%的 O_2 的混合气体在0.5Pa的压力下执行Ir-O膜36的形成。进一步地,在形成Ir-O膜36之后,通过仅使用Ar气作为膜形成气体获得Ir膜38。

[0098] 该Ir-O膜36用作阻挡以阻止来自第一层的PZT膜34中的铅和氧的扩散。进一步地,形成在Ir-O膜36上的Ir膜38被插入以降低中间电极的电阻,并用于在与初始(第一)PZT膜的生长相同的条件下进行下一层的另一PZT膜的生长。在本实施例中为了提高附着性和降低电阻率,该Ir-O膜36和Ir膜38的膜形成温度为350℃;然而,也可以为室温或更高的温度。当改变温度时通过实际的试验也能够获得相同的结果。

[0099] 步骤6:在形成中间电极40之后,在其上形成铌(Nb)掺杂的锆钛酸铅膜44(下文中被称为“PZT”,或者当需要与例如没有添加Nb等的未掺杂的“纯PZT”进行区分时,被称为“PNZT”)作为第二压电层(图2F)。在PZT膜44的形成中,使用射频(RF)磁控溅射装置,膜形成气体为97.5vol%的Ar和2.5vol%的 O_2 的混合气体,靶是具有 $\text{Pb}_{1.3}((\text{Zr}_{0.52}\text{Ti}_{0.48})_{0.88}\text{Nb}_{0.12})\text{O}_3$ 组分材料,并且膜形成压力为2.2m Torr。该第二层的PZT膜44的膜厚为大约2μm。

[0100] 步骤7:之后,上部电极46形成在第二层的PZT膜44上(图2G)。该上部电极46以与下部电极32相同的方式而构造,以使得通过溅射方法形成20nm膜厚的TiW膜,并且Ir膜层积在其上以形成150nm的膜厚。上部电极46由此形成成为具有20nm的TiW膜和150nm的Ir膜的层积结构。因此,获得图2G所示的层积体。

[0101] 步骤8:如图2H所示,通过蚀刻层积体中的第二层的PZT膜44形成所期望的形状。在这种情形下,可以应用在图案化Ir-O膜和Ir膜之后形成PZT膜的方案。在以所期望的形状形成PZT膜44之后,第二电极可被图案化。

[0102] 步骤9:最终,对于由此获得的晶片结构,通过蚀刻等去除SOI基板30的背表面侧(下表面侧),即Si层301的一部分,同时留下5μm厚度的Si层303(器件层)作为膜片(diaphragm),产生如图2I所示的腔体结构。在这种情形下,在图2I中当留下 SiO_2 层302时, SiO_2 层302用作蚀刻停止层,并且该膜片由 SiO_2 层302和Si层303构成;然而,该膜片可通过去除 SiO_2 层302而构造。

[0103] 通过上面所提到的工序,获得如图2I所示的结构体50。如图2I所示的结构体50应

用于例如喷墨头。通过蚀刻形成的凹进空间48与该墨水室(压力室)相对应。

[0104] <图2I中的结构与图1中的结构的对应关系>

[0105] 图2I中的SOI基板30对应于图1中的基板12。图2I中的下部电极32对应于图1中的第一电极14。图2G中的纯PZT膜34对应于图1中的第一压电膜16,而图2I中的PZT膜44对应于图1中的第二压电膜22。图2I中的Ir-O膜36对应于图1中的金属氧化物膜18,以及图2I中的Ir膜38对应于图1中的金属膜20。图2I中的上部电极46对应于图1中的第二电极24。

[0106] 用于参考,图3示出在第二层的PZT膜44通过步骤6形成的状态下的膜的层积结构的扫描电子显微镜(SEM)图像。图3中所示的层积体通过步骤1至6而获得。如图3中所示,两个PZT膜34和44与它们之间的中间电极40被层积得具有牢固的附着性,并且获得没有剥离的良好层积体。

[0107] <XRD特性>

[0108] 图4示出通过X-射线衍射(XRD)的方式分析在第一实施例中所获得的两个压电膜的层积结构(如图2G中所示)的结果。在图4中,横轴指示衍射角 2θ ,而纵轴指示衍射强度。在通过X-射线衍射的方式的晶体结构的分析中,由两个压电膜构成的层积体以X-射线从上方一次性地辐射。如所示的,本实施例中所获得的PNZT膜表现出高度地集中在PNZT晶面(100)和(200)上的衍射图案,并被确认为具有作为晶体优选取向的(100)和(001)的高取向压电膜。根据第一实施例中所描述的方法,可以很好地形成具有优异的结晶度而不具有任何异相的压电膜。

[0109] <膜形成方法>

[0110] 作为压电膜的膜形成方法,气相外延方法是优选的。除了溅射方法之外,可以应用各种方法,例如离子镀方法、金属有机化学气相(MOCVD)沉积方法、脉冲激光沉积(PLD)方法等。进一步地,也可以使用气相外延方法之外的其它方法(例如,溶胶-凝胶方法等)。

[0111] <压电材料>

[0112] 本实施方式中优选的压电材料包括由下面的通式所表述的一种或多种类型的钙钛矿型氧化物(P):

[0113] ABO_3 , (P)

[0114] 其中A是A位元素并且是包括Pb的至少一种元素;B为B位元素并且选自Ti、Zr、V、Nb、Ta、Sb、Cr、Mo、W、Mn、Sc、Co、Cu、In、Sn、Ga、Zn、Cd、Fe和Ni构成的组中的至少一种元素;O为氧;并且A位元素、B位元素和氧的标准摩尔比率为1:1:3,但是该摩尔比率可在能够获得钙钛矿结构的范围内偏离该标准摩尔比率。

[0115] 由上述通式所表述的钙钛矿型氧化物可以为:含铅的化合物之一,例如钛酸铅、锆钛酸铅(PZT)、锆酸铅、钛酸钽铅、锆钛酸钽铅、钛酸锆铌酸锰铅、钛酸锆铅铌酸镍、钛酸锆铌酸锌铅等,或者它们的混合晶系;或者不含铅的化合物之一,例如钛酸钡、钛酸锶钡、钛酸铋钠、钛酸铋钾、铌酸钠、铌酸钾、铌酸锂、铁酸铋等,或者它们的混合晶系。

[0116] 根据本实施方式的压电膜期望包含由下式表示的一种或多种类型的钙钛矿型氧化物(PX):

[0117] $A_a(Zr_x, Ti_y, M_{b-x-y})bO_c$, (PX)

[0118] 其中A是A位元素并且是包括Pb的至少一种元素;M为选自V、Nb、Ta和Sb构成的组中的至少一种元素;满足 $0 < x < b$, $0 < y < b$ 并且 $0 \leq (b-x-y)$ 的关系;并且 $a:b:c=1:1:3$ 是

标准,但是该摩尔比率可在能够获得钙钛矿结构的范围内偏离该标准摩尔比率。

[0119] 因为由上面所述的通式(P)或(PX)所表示的钙钛矿型氧化物构成的压电膜具有高的压电应变常数(d_{31} 常数),因此,提供有上面所提到的压电膜的压电致动器在位移特性上变得优异。在这种情况下,由通式(PX)所表示的钙钛矿型氧化物构成的压电膜的压电常数变得高于由通式(P)所表示的钙钛矿型氧化物构成的压电膜的压电常数。

[0120] 进一步地,提供有由通式(P)或(PX)所表示的钙钛矿型氧化物构成的压电膜的压电致动器在驱动电压范围内具有优异的线性的电压-位移特性。该压电材料表现出对本发明的实施有益的压电特性。

[0121] <压电膜的极化方向>

[0122] 在本实施例中,第一层的压电膜34和第二层的压电膜44由不同的压电材料制成,并且各层的压电膜的极化方向彼此不同。极化方向由电荷分布的偏移所导致的偶极矩的矢量方向(从负到正的方向)来定义。

[0123] 对于第一层的纯PZT膜34,通过向中间电极40施加+30V并将下部电极32设定到地电位来实施5分钟的极化处理,以这样的方式使极化方向为向下方向(从中间电极40朝向下部电极32的方向)。该极化处理可包括加热,并且可以是例如电晕方法等另一方法。

[0124] 另一方面,第二层的PNZT膜44被获得为这样的结构,其中极化方向为在其上的膜形成时的向上方向(从中间电极40朝着上部电极46的方向)。

[0125] 当以与压电体的极化方向相同的方向向该压电体施加电场时,该压电体基于压电横向效应而收缩在膜片的表面内(d_{31} 模式)。当形成在该膜片上的压电膜收缩在膜片的表面内时,该膜片限制了压电膜的变形。因此,膜片变形以在厚度方向上偏斜(弯曲)。

[0126] 对于在第一实施例中获得的器件50,图5用轮廓箭头示意性地示出了压电膜34和44的极化方向。在第一实施例中获得的器件50中,当上部电极46和下部电极32设定为接地电位并且中间电极40被施加+9V时,获得大约82nm的位移。

[0127] <第一比较例>

[0128] 作为第一比较例,根据以下工序制备层积体。在20nm的TiW膜和150nm的Ir膜层积在Si基板上之后,通过溅射方法在500℃的基板温度(膜形成温度)下在其上形成2μm膜厚的PZT膜。在膜形成之后,70nm的Ir膜在350℃下直接形成在PZT膜上。因此,在该第一比较例中的层积体具有这样的结构,即从第一实施方式的结构(图1)中省略了用作金属氧化物膜18的Ir-O膜。

[0129] 在形成70nm的Ir膜的中间电极之后,第二层的PZT膜直接形成在中间电极上。形成条件与第一层的条件相同,并且以2μm厚为目标来形成。

[0130] 然而,在膜形成步骤之后从膜形成装置中取出样品,第二层的PZT膜处于剥离状态。这被认为是由在形成第二层的PZT膜时Ir电极被氧化的情况导致的,该Ir电极被化学地变化以由于来自第一层的PZT膜的压电材料成分Pb的扩散而改变它的体积,并且该PZT膜从Ir电极(中间电极)剥离。

[0131] 尝试产生Ir膜的中间电极被改变为Pt膜的中间电极的方案,以及在形成作为附着层的Ti或TiW膜之后形成Ir电极的方案;然而,与上面所述相同的方式发生了第二层的压电膜的剥离。进一步地,通过将第一比较例中用作中间电极的Ir膜的膜厚改变至50nm、120nm、150nm和250nm来进行相同样品的产生;然而,在任何情形下都发生了第二层的压电

膜的剥离。

[0132] <中间层(中间电极)的厚度与剥离之间的关系>

[0133] 对于根据本实施方式的层积体,研究中间层的厚度与剥离之间的关系,并获得了图6中所示的表中的结果。图6中的实施例A至E的中间层是包括如在第一实施例中所述的金属氧化物膜18和金属膜20的层。中间层可具有例如如图1中所述的 IrO_x 膜和Ir膜的层积结构,或可具有例如 SiO_2 的绝缘材料膜和例如Ir的金属膜的层积结构。

[0134] 在此,通过改变如图1至4中所示例的层积结构中的中间层的厚度进行试验。如在图6中的表中的实施例A至D所示,如果中间层的厚度薄(不大于200nm),则没有剥离发生。然而,如果中间层的厚度变得极薄,例如,在小于50nm的情形下,将会发生例如作为电极电阻变得相对高的另一问题,或者阻止来自下层(第一层)的PZT的扩散的特性下降。

[0135] 另一方面,如图6中的表中的比较例所示的,在中间层的厚度不小于250nm的结构中,上部压电体(第二层)剥离。上部电极被假定为由于在压电体和中间层等之间的热膨胀系数的差异所导致的应力而剥离。如在实施例E中所示的,在中间层的厚度为200nm的情形中观察到部分剥离的状态,然而,可认为可以提供实际上允许的情形。200nm厚度的中间层因此认为是可允许水平的阈值(上限)。

[0136] 基于上面所提到的要点,优选地,中间层的厚度不小于50nm并且不大于200nm,更优选地不小于50nm并且小于200nm,并进一步优选地不小于50nm并且不大于150nm。

[0137] 在上面的描述中,通过使用中间层的厚度作为参数进行了评价;然而,应力是是否有剥离的主要因素。计算具有图6中的表中所示的厚度的中间层的应力,具有200nm厚度的中间层中大约为500MPa。换句话说,基于在厚度与应力之间的关系来考虑中间层的优选条件,优选地,中间层的应力和厚度的乘积(应力 $\times$ 厚度)不大于 100N/m^2 。在这种情形下,中间层的应力可为零。

[0138] 应力和厚度的乘积被认为是不依赖于材料的一般指标。考虑到对由热膨胀系数之间的差异所导致的应力所产生的剥离的抑制以及利用阻止由扩散所导致的剥离的结构(在该结构中,压电膜层积在包括用作扩散阻挡层的金属氧化物膜的中间层上),更优选地,中间层的应力和厚度的乘积小于 100N/m^2 ,更优选地不大于 75N/m^2 。在此,中间层的应力和厚度的乘积越小(越接近于0),则由热膨胀系数之间的差异所导致的应力的影响越小。因此,对于中间层的压力和厚度的乘积定义优选的下限意义不大。

[0139] <第二实施例>

[0140] 图7是根据本发明第二实施例获得的器件的示意图。在图7中,与图5中的那些相同或相似的部件以相同的引用标记表示,并省略对它们的描述。

[0141] 在第二实施例中,制备与第一实施例中获得的器件50类似的器件70。在第二实施例中,第一层的压电膜74由Nb掺杂的PZT(PNZT)构成,且第二层的压电膜76由纯PZT构成。换句话说,图7中的PNZT膜74具有与图5中的PNZT膜44相同的组分,并且图7中的纯PZT膜76具有与图5中的纯PZT膜34相同的组分。以与第一实施例相同的方式对纯PZT膜76实施极化处理,并获得在图7中以轮廓线箭头示出的极化状态。更具体地,第一层的压电体74的极化方向是向上方向,而第二层的压电体76的极化方向是向下方向。

[0142] 在如上所述获得的器件70中,当下部电极32和上部电极46设定为接地电位并且中间电极40被施加-9V时,获得大约81nm的位移。

[0143] <第二比较例>

[0144] 在第二比较例中,制备具有与第一实施例中的器件50类似的结构器件,但是第一和第二层的压电体都由Nb掺杂的PZT (PNZT) 构成。进一步地,第一和第二层的压电体的极化方向设定为相同的方向(在此为向上方向)。

[0145] 对于第二比较例中的器件,根据压电体的极化方向来选择电压施加的最优方向,+9V被施加至下部电极,中间电极被接地,而-9V被施加至上部电极。结果,获得96nm的位移。然而,驱动电压的绝对值为18V,其大于第一和第二实施例的驱动电压。此外,在第二比较例中,对应于正电压和负电压输出的驱动器是必需的并且变得昂贵。进一步地,因为上部和下部电极未处于接地电位,因此存在至基板的漏电流的问题,对上电极的绝缘保护等是必需的,并且结构复杂。

[0146] <极化方向和驱动电压的总结>

[0147] 图8是示出第一和第二实施例以及第二比较例中的极化方法和驱动电压的表。在图8中,通过将位移量除以驱动电压的绝对值获得“位移/电压”,并表明每单位电压的位移效率。从图8中明显可见的,已知第一和第二实施例中的器件能够比第二比较例中的器件更有效率地驱动。

[0148] 此外,第一和第二实施例中的器件可通过对应于正和负中的任一极性的电压输出的驱动器来驱动,并且第一和第二实施例中的器件比第二比较例中的器件廉价。并且,在第一和第二实施例中的器件中,因为上部和下部电极处于接地电位,因此可以省略或简化对至基板的电流泄漏的应对措施、对上电极的绝缘保护等。

[0149] <应用于液体喷射头的例子>

[0150] 图9是示出根据本发明的实施方式的喷墨头的结构视图。在图9中,示例了利用在第一实施例中参照图5描述的器件结构的喷墨头作为喷射能量发生器件;但是,也可利用在第二实施例中参照图7描述的器件结构。

[0151] 在图9中,与如图5中所示的结构中的那些相同或相似的部件以相同的标记表示并省略其描述。图9中所示的喷墨头150构造为使得喷嘴板152结合至图5中所描述的层积结构的Si层104的底表面。用作墨(液体)的喷射端口的喷嘴孔154形成在喷嘴板152中。墨水填充到空间(压力室)48中,膜片(硅层303)通过压电驱动的方式变形而偏斜,并且压力室48的体积改变,从而压力被改变并且墨滴从喷嘴孔154喷射。因此,在图9中的喷墨头150中,如图5中所述的层积体用作产生用于从喷嘴喷射液体的能量的喷射能量发生器件。

[0152] 尽管图9中未示出,用于将墨供应至压力室48的墨供应流动通道(公共供应通道、独立供应通道等)形成在硅层301上。进一步地,在图9中,示出喷嘴板152直接结合到Si层301的下表面的例子;然而,形成其它流动通道结构的流动通道板可设置在Si层301和喷嘴板152之间。

[0153] 图9示出包括一个喷嘴孔154、连接至该一个喷嘴孔154的压力室48以及对应于压力室48的喷射能量发生器件的喷射机构的元件;然而,该喷墨头150提供有多个具有相同结构的喷射机构(液滴喷射器件)。

[0154] 在喷嘴板152的喷射表面(喷嘴表面)中的喷嘴孔的设置没有特殊限定。可以利用各种喷嘴设置,例如喷嘴设置成一行的一维设置、喷嘴设置成两行的交错设置、组合三行或更多行喷嘴行的二维设置等。

[0155] 下部电极32和上部电极46连接至驱动电路(驱动IC) 160的接地端子,并被设定到接地电位。中间电极40连接至驱动电路160的驱动电压输出端子,并用作驱动电极。该驱动电路160是为了馈送用于使电极之间的压电膜34和44变形的驱动电源(驱动电压)。

[0156] 根据该结构,可以仅通过作为驱动信号的正电压进行驱动控制。因此,相较于第二比较例,可以简化驱动电路160,并且可以实现具有低成本并且高耐用性和可靠性的喷墨系统。

[0157] 在图9中的喷墨头150中,如果应用第二实施例中的器件替代第一实施例中的器件,则可以仅通过作为驱动信号的负电压进行驱动控制。

[0158] <作用效果>

[0159] 如上所述,根据本发明的实施方式,由于可以在层积结构中使用压电膜,因此可以使用压电膜材料实现压电器件的有效性能改进。

[0160] 例如,对于用作压电致动器的压电器件,通过施加具有相对低的电压的驱动电压能够获得大的位移。进一步地,通过驱动电压的减小,减轻了包括驱动电路的控制电路的负荷,并且可以实现低成本、节能、耐用性的改进等。

[0161] <修改例>

[0162] 虽然在第一和第二实施例中已经描述了具有腔体结构的膜片型压电致动器,但是本发明的应用范围不限于此,并且本发明能够应用于悬臂结构的致动器。

[0163] <其它应用例1>

[0164] 在上面所提到的实施方式中,通过示例喷墨头的应用已经给出了说明;然而,本发明的应用范围不限于此。例如,本发明可广泛地应用于通过使用液体功能材料引出各种形状和图案的液体喷射头,例如引出电子电路的布线图案的布线装置、各种器件的制造装置、使用树脂液体作为用于喷射的功能液体的电阻印刷装置、滤色器制造装置、通过使用用于材料沉积的材料形成微结构的微结构形成装置等,以及使用其的液体喷射装置(系统)。

[0165] <其它应用例2>

[0166] 在上面所提到的实施方式中,已经给出了用于致动器的压电器件的说明;然而,本发明的应用范围不限于此。本发明能够用于为了各种目的而利用的压电器件,例如传感器、发电器件等。

[0167] 应该理解本发明不限于所公开的特定形式,相反,本发明覆盖落入如所附权利要求所表述的本发明的精神和范围之内所有变型、替代结构以及等同物。

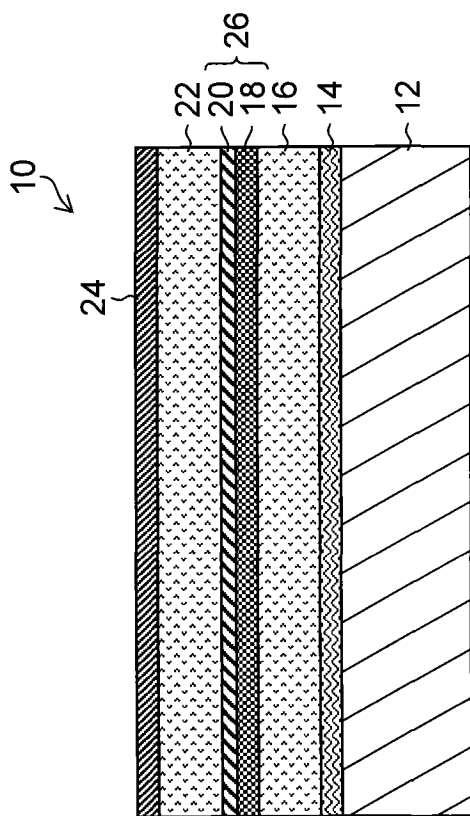


图1

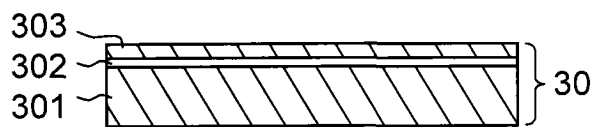


图2A

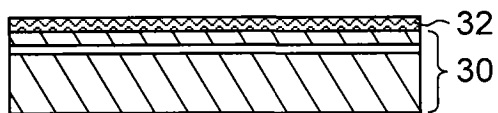


图2B

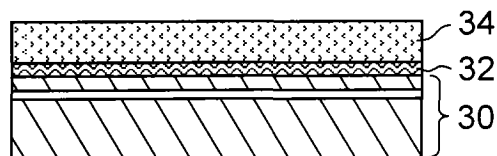


图2C

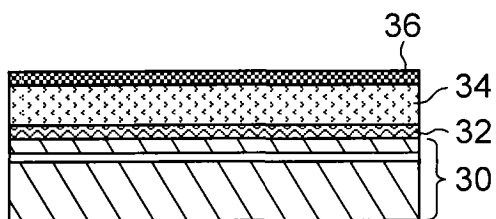


图2D

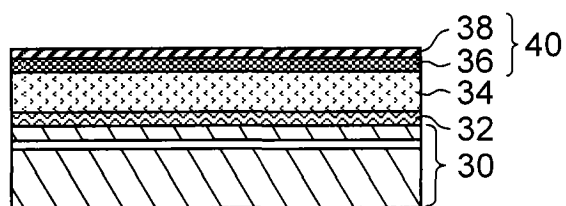


图2E

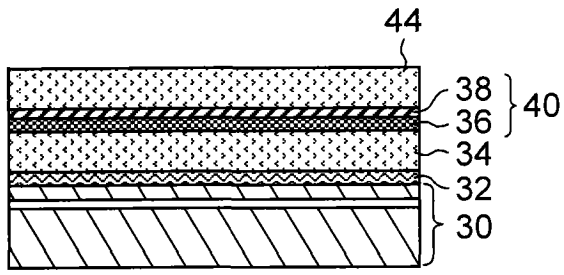


图2F

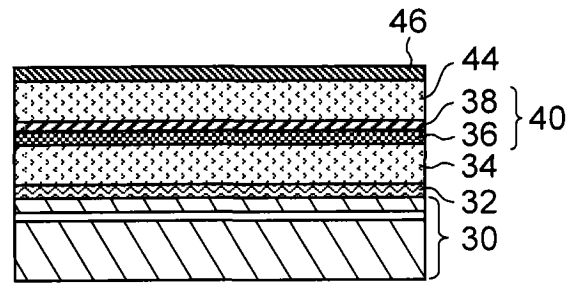


图2G

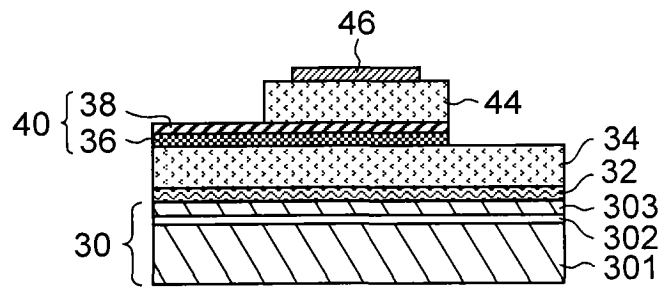


图2H

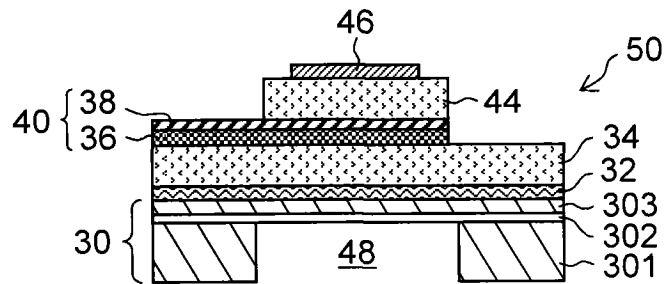


图2I

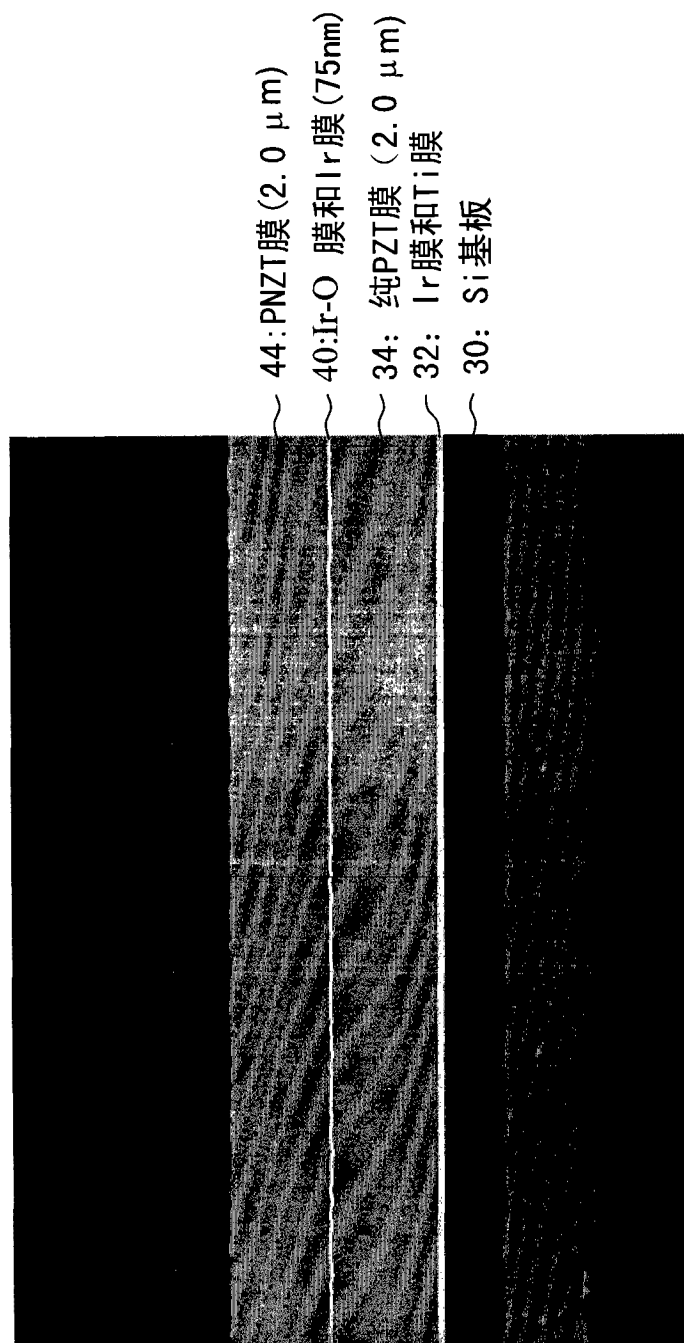


图3

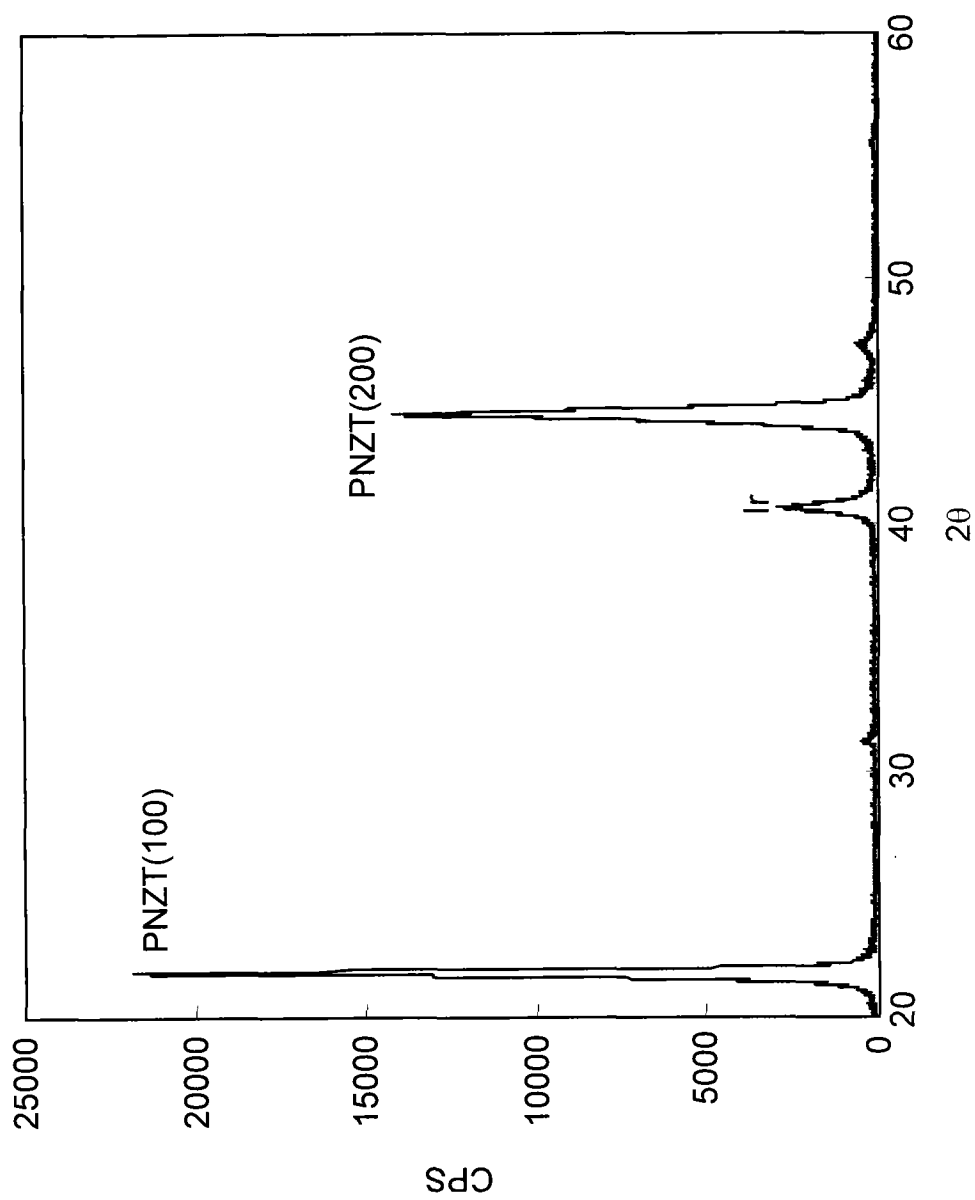


图4

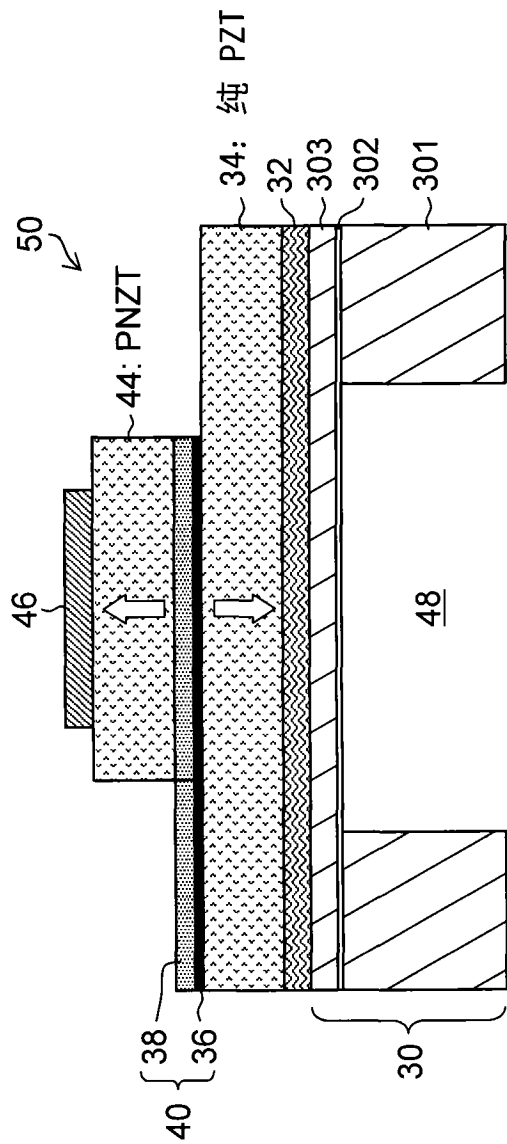


图5

	中间层的厚度	上部压电体的剥离	应力×厚度
实施例A	50nm	没有	25N/m ²
实施例B	70nm	没有	35N/m ²
实施例C	120nm	没有	60N/m ²
实施例D	150nm	没有	75N/m ²
实施例E	200nm	部分剥离	100N/m ²
比较例	250nm	剥离	125N/m ²

图6

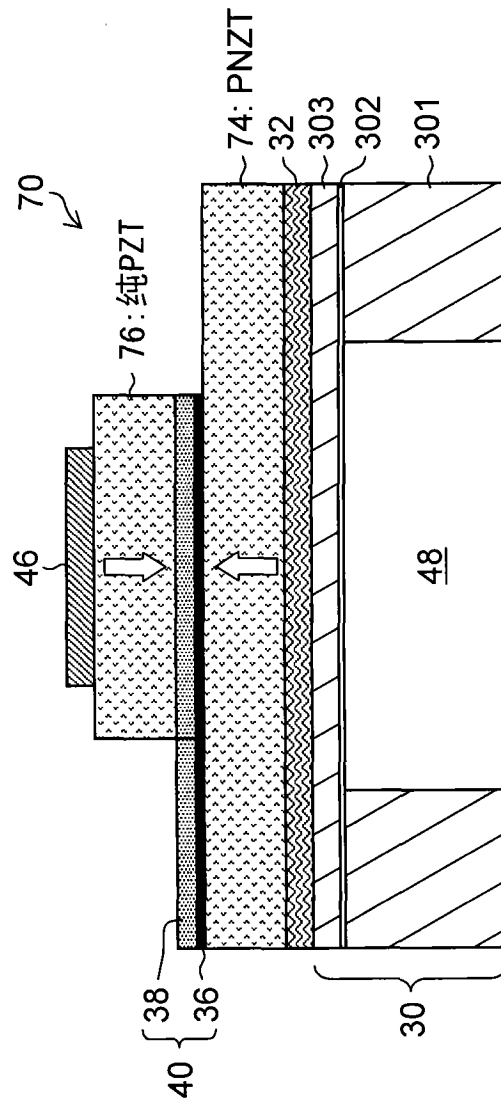


图7

	第一实施例	第二实施例	第二比较例
上部电极的电位 (V)	0	0	-9
第二压电膜	PNZT	PZT	PNZT
极化方向	↑	↓	↑
中间电极的电位 (V)	+9	-9	0
第一压电膜	PZT	PNZT	PNZT
极化方向	↓	↑	↑
下部电极的电位 (V)	0	0	+9
位移 (nm)	82	81	96
位移/电压	9.1	9.0	5.3

图8

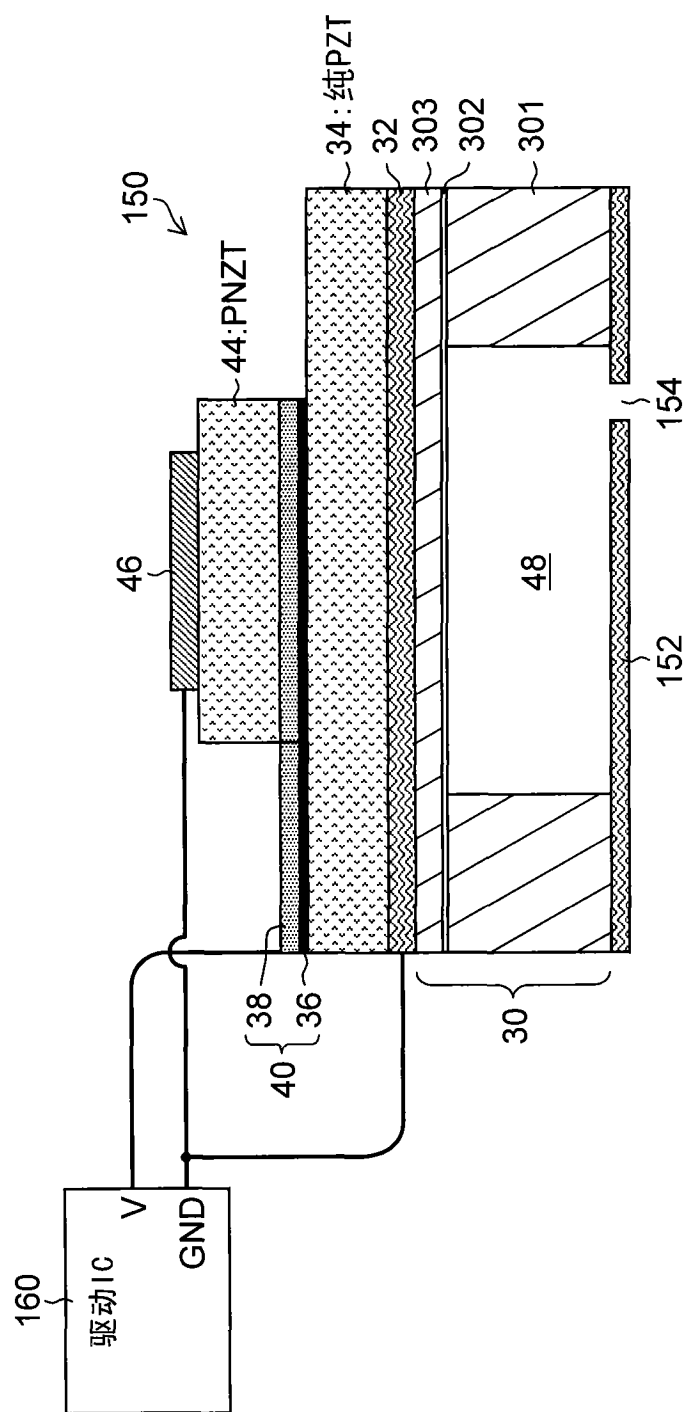


图9