



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106887970 B

(45)授权公告日 2020.03.06

(21)申请号 201610942666.8

(51)Int.CI.

(22)申请日 2016.11.01

H02N 2/00(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

H01R 12/65(2011.01)

申请公布号 CN 106887970 A

(56)对比文件

(43)申请公布日 2017.06.23

CN 104821448 A, 2015.08.05,

(30)优先权数据

WO 2015136984 A1, 2015.09.17,

2015-222782 2015.11.13 JP

WO 2015136984 A1, 2015.09.17,

(73)专利权人 精工爱普生株式会社

CN 102918674 A, 2013.02.06,

地址 日本东京都

CN 104821448 A, 2015.08.05,

(72)发明人 露木幸一郎 古谷升

US 2010261369 A1, 2010.10.14,

代理人 李洋 青炜

JP 2007336504 A, 2007.12.27,

审查员 何大波

(74)专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227

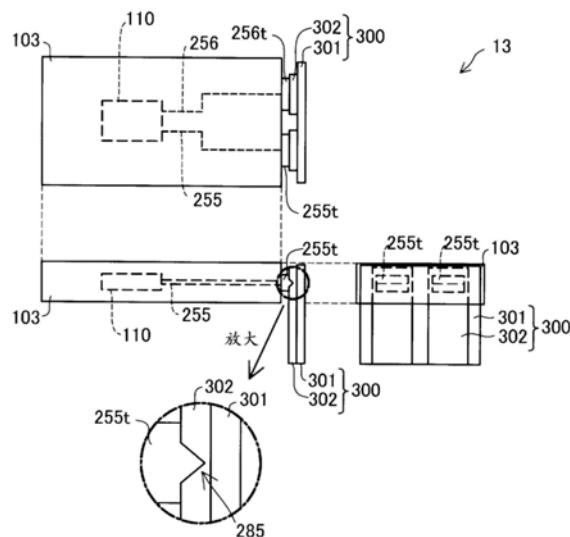
权利要求书2页 说明书10页 附图16页

(54)发明名称

电气设备、压电马达、机器人、机械手以及送液泵

(57)摘要

本发明提供电气设备、压电马达、机器人、机械手以及送液泵，使电极与连接部的接触电阻的偏差不易发生。电气设备具备：具有具备凸部的电极端子的电气部件；以及具有与上述凸部电连接的连接部的电路基板，上述连接部具备与上述凸部接触的凹部。



1. 一种电气设备,其特征在于,具备:  
电气部件,其具有具备凸部的电极端子;  
电路基板,其具有与所述凸部电连接的连接部;以及  
2个压电致动器单元,分别具备具有振动部与支承部的基板和配置于所述振动部与所述支承部的压电元件,  
所述连接部具备与所述凸部接触的凹部,  
所述压电元件与所述电极端子电连接,  
所述2个压电致动器单元各自的所述压电元件在俯视视角下所述2个压电致动器单元各自的所述基板重叠的区域中,配置在所述2个压电致动器单元各自的所述基板相面对侧的主面上,  
对于所述2个压电致动器单元各自的所述压电元件而言,厚度在所述振动部与所述支承部间大致一致。
2. 一种电气设备,其特征在于,具备:  
电气部件,其具有具备凸部的电极端子;  
电路基板,其具有与所述凸部电连接的连接部;以及  
2个压电致动器单元,分别具备具有振动部与支承部的基板和配置于所述振动部与所述支承部的压电元件,  
所述凸部的杨氏模量比所述连接部的杨氏模量大,  
所述压电元件与所述电极端子电连接,  
所述2个压电致动器单元各自的所述压电元件在俯视视角下所述2个压电致动器单元各自的所述基板重叠的区域中,配置在所述2个压电致动器单元各自的所述基板相面对侧的主面上,  
对于所述2个压电致动器单元各自的所述压电元件而言,厚度在所述振动部与所述支承部间大致一致。
3. 根据权利要求1或2所述的电气设备,其特征在于,  
所述电路基板包括柔性印刷基板。
4. 根据权利要求1或2所述的电气设备,其特征在于,  
所述凸部的至少一部分由镀层构成。
5. 根据权利要求1或2所述的电气设备,其特征在于,  
所述凸部包含镍,所述连接部包含铜。
6. 根据权利要求1或2所述的电气设备,其特征在于,  
所述凸部在表面具有镀金层。
7. 根据权利要求1或2所述的电气设备,其特征在于,  
所述电极端子具备多个所述凸部。
8. 根据权利要求1所述的电气设备,其特征在于,  
所述电气部件是具有具备振子的振动板的压电致动器。
9. 根据权利要求2所述的电气设备,其特征在于,  
所述电气部件是具有具备振子的振动板的压电致动器。
10. 根据权利要求8所述的电气设备,其特征在于,

所述电气部件是多个所述压电致动器层叠而成的层叠致动器。

11. 根据权利要求9所述的电气设备，其特征在于，

所述电气部件是多个所述压电致动器层叠而成的层叠致动器。

12. 根据权利要求10或11所述的电气设备，其特征在于，

所述电气部件与所述电路基板以包含所述振子的主面的第1假想平面同包含所述电气部件与所述电路基板的连接面的第2假想平面交叉的朝向配置。

13. 一种压电马达，其特征在于，具备权利要求1或2所述的电气设备。

14. 一种机器人，其特征在于，具备权利要求1或2所述的电气设备。

15. 一种机械手，其特征在于，具备权利要求1或2所述的电气设备。

16. 一种送液泵，其特征在于，具备权利要求1或2所述的电气设备。

## 电气设备、压电马达、机器人、机械手以及送液泵

### 技术领域

[0001] 本发明涉及电气设备以及使用该电气设备的各种装置。

### 背景技术

[0002] 已知有通过在振子产生的超声波振动使被移动部件移动的超声波马达(例如,专利文献1)。在该超声波马达中,振子的电极端子与电路基板(柔性基板)的连接部电连接。

[0003] 【专利文献1】日本特开2015-133864号公报

[0004] 但是,如果振子趋于小型化,则电极端子与电路基板的接触面积变小,担心电极端子间的接触电阻发生偏差。这样的问题并不局限于超声波马达,为其他种类的电气设备所共有的问题。

### 发明内容

[0005] 本发明是为了解决上述课题而形成的,能够作为以下的方式实现。

[0006] (1)根据本发明的一方式,提供电气设备。该电气设备具备:电气部件,其具有具备凸部的电极端子;以及电路基板,其具有与上述凸部电连接的连接部,上述连接部具备与上述凸部接触的凹部。根据该方式,连接部具备与凸部接触的凹部,由此能够增大电极端子与电路基板的连接部的接触面积,使电极端子间的接触电阻不易产生偏差。

[0007] (2)根据本发明的一方式,提供电气设备。该电气设备具备:电气部件,其具有具备凸部的电极端子;以及电路基板,其具有与上述凸部电连接的连接部,上述凸部的杨氏模量比上述连接部的杨氏模量大。根据该方式,由于凸部的杨氏模量比电路基板的连接部的杨氏模量大,因此凸部能够咬入连接部,能够增大电极端子与电路基板的连接部的接触面积,使电极端子间的接触电阻的偏差不易发生。

[0008] (3)在上述方式中,可以为,上述电路基板包含柔性印刷基板。柔性印刷基板富有弹性,因此凸部容易咬入连接部。因此,能够增大电极端子与电路基板的连接部的接触面积,使电极端子间的接触电阻的偏差不易发生。

[0009] (4)在上述方式中,可以为,上述凸部的至少一部分由镀层构成。根据该方式,能够容易地构成凸部。

[0010] (5)在上述方式中,可以为,上述凸部包含镍,上述连接部包含铜。根据该方式,凸部容易咬入连接部。

[0011] (6)在上述方式中,可以为,上述凸部在表面具有镀金层。根据该方式,由于凸部在表面具有镀金层,因此发生腐蚀的情况减少,使电极端子间的接触电阻的偏差不易发生。

[0012] (7)在上述方式中,可以为,上述电极端子具备多个上述凸部。根据该方式,由于电极端子在多个凸部与电路基板的连接部接触,因此能够增大电极端子与电路基板的连接部的合计的接触面积,使电极端子间的接触电阻的偏差不易发生。

[0013] (8)在上述方式中,可以为,上述电气部件是具有具备振子的振动板的压电致动器。

[0014] (9) 在上述方式中,可以为,上述电气部件是多个上述压电致动器层叠而成的层叠致动器。根据该方式,电气设备可增大驱动力。

[0015] (10) 在上述方式中,可以为,上述电气部件与上述电路基板以包含上述振子的主面的第一假想平面同包含上述电气部件与上述电路基板的连接面的第二假想平面交叉的朝向配置。根据该方式,能够以1张电路基板与电气设备的多个压电致动器的电极端子连接。

[0016] 本发明能够以各种方式实现,例如除了电气设备之外,可以以压电致动器、层叠致动器、具备电气设备的压电马达、具备电气设备的机器人、机械手、送液泵等各种方式实现。

## 附图说明

- [0017] 图1为表示第1实施方式的电气设备的说明图。
- [0018] 图2为表示凸部的结构的变形例的说明图。
- [0019] 图3为表示第2实施方式的电气设备的说明图。
- [0020] 图4为表示作为第3实施方式的电气部件的压电致动器的说明图。
- [0021] 图5为表示压电致动器的剖视图。
- [0022] 图6为从连接电路基板一侧观察压电致动器的说明图。
- [0023] 图7为表示压电致动器的制造工序的流程图。
- [0024] 图8为表示压电致动器单元的制造工序的说明图。
- [0025] 图9为表示基于布电线极的布线的图案的说明图。
- [0026] 图10为表示使用2个压电致动器单元制造压电致动器的工序的说明图。
- [0027] 图11为表示连接压电致动器与基板的工序的说明图。
- [0028] 图12为表示压电致动器的等效电路的说明图。
- [0029] 图13为表示压电致动器的动作的例子的说明图。
- [0030] 图14为表示第4实施方式的压电致动器的说明图。
- [0031] 图15为表示第5实施方式的层叠致动器的说明图。
- [0032] 图16为表示利用压电致动器的机器人的1个例子的说明图。
- [0033] 图17为表示利用压电致动器的机械手的说明图。
- [0034] 图18为表示利用压电致动器的手指辅助装置的说明图。
- [0035] 图19为表示利用压电致动器的送液泵的1个例子的说明图。

## 具体实施方式

[0036] 第1实施方式:

[0037] 图1为表示第1实施方式的电气设备13的说明图。电气设备13具备电气部件103以及电路基板300。电气部件103具备作为电气电路的压电元件110、以及布线255、256。布线255、256的一方的端部与包夹压电元件110的压电体的2个电极(未图示)连接。布线255、256的另一方的端部具有向电路基板300突出的电极端子255t、256t。电极端子255t、256t例如由镍构成,且具备凸部285。镍的杨氏模量为207GPa。此外,杨氏模量为胡克定律成立的弹性范围内的、同轴方向的应变与应力的比例常量,如果将杨氏模量设为E、应变设为 $\epsilon$ 、应力设为 $\sigma$ ,则表现为 $E = \sigma / \epsilon$ 。在此,杨氏模量E为在横轴取应力 $\sigma$ 、纵轴取应变时的应力-应变曲线中的、弹性变形区域的直线的斜率。求取应力-应变曲线的方法如后文所述。以在材料上标

记2个标点并沿2个标点排列的方向施加拉伸载荷的方式将材料安装于拉伸试验机(或者万能试验机等)。然后,对材料施加拉伸负载P并且计测标点间距离L。应力 $\sigma$ 通过将拉伸负载P除以2个标点间的变形前的剖面积 $A_0$ 求得,因此为 $\sigma = P/A_0$ 。应变 $\epsilon$ 通过将伸长 $\Delta L (=L-L_0)$ 除以变形前的标点间距离 $L_0$ 求得,因此为 $\epsilon = \Delta L/L_0$ 。将应力 $\sigma$ 与应变 $\epsilon$ 在记录纸等上描绘而求出应力-应变曲线。关于材料(试件)的形状以及标点间距离,以JIS Z2201(日本工业标准)或者ISO6892(International Organization for Standardization)为参考。根据材料的情况当无法取得足够的尺寸的情况下,则不受上述限制。

[0038] 电路基板300例如为柔性印刷基板,具备FPC基板主体301、以及配置于FPC基板主体301上的多个连接部302。连接部302为布线电极,与电气部件103的电极端子255t、256t的凸部285电连接。连接部302由杨氏模量比凸部285小的部件(例如铜之类的金属)构成。在此,铜的杨氏模量为110GPa。因此,镍制的凸部285的杨氏模量比铜制的连接部302的杨氏模量大。此外,优选凸部285与连接部302均由金属构成。

[0039] 根据第1实施方式,凸部285的杨氏模量比连接部302的杨氏模量大,因此在电气部件103与电路基板300的连接时,通过将凸部285按压于连接部302,使凸部285咬入连接部302。换句话说,在连接部302形成凹部。凸部285与凹部内接触。其结果,凸部285与连接部302的接触面积变大,因此能够使凸部285与连接部302之间的接触电阻的偏差不易发生。另外,在连接凸部285与连接部302时,无需加热至高温。

[0040] 另外,电路基板300为柔性印刷基板,因此富有弹性。其结果,能够容易使凸部285咬入连接部302。

[0041] 在上述第1实施方式中,使用具有压电元件110的电气部件103,不过也可以在其他种类的电气部件中应用本发明。

[0042] • 第1实施方式的变形例:

[0043] 图2为表示凸部的结构的变形例的说明图。在图2中,仅图示出同图1的凸部285与连接部302的连接部分的放大图相当的部分。在变形例中,电极端子255t的结构与材料同第1实施方式不同。变形例的电极端子255t由基端部257与凸状连接部258构成。基端部257例如由铝、铜构成。凸状连接部258例如由镀镍层构成,构成凸部285。通过采用这样的结构,能够使用杨氏模量较小且便于加工的铝、铜等构成基端部257。此外,具有凸部285的凸状连接部258由杨氏模量较大的镍构成,因此能够使凸部285与连接部302之间的接触电阻的偏差不易发生。

[0044] 在该变形例中,由镀镍层构成凸状连接部258,不过也可以代替镀镍层,转而使用导电浆构成凸状连接部258(或者凸部285)。导电浆例如含有银,银的杨氏模量为76GPa。因此,作为连接部302的材料,例如可以使用铝(杨氏模量68GPa)。

[0045] • 第2实施方式:

[0046] 图3为表示第2实施方式的电气设备14的说明图。与第1实施方式的电气设备13的差异为凸部285的结构。在第1实施方式中,电极端子255t具备1个凸部285,而在第2实施方式中,电极端子255t具备两个凸部285。由于具备两个凸部285,使得凸部285与连接部302的接触面积进一步变大,因此能够进一步使凸部285与连接部302之间的接触电阻的偏差不易发生。这样,电极端子255t可以具备多个凸部285。

[0047] 此外,在第2实施方式中,作为凸部285的形状,采用矩形。在第1实施方式中,采用

凸部285的前端为尖角的形状，在变形例中，采用凸部285的前端为圆角的形状。这样，只要具备凸部285即可，凸部285的形状可采用各种形状。

[0048] 另外，在第2实施方式中，具备两个电气部件104，2个电气部件104沿z方向（电气部件104的厚度方向）被层叠。这样，电气设备可以具备多个电气部件104。

[0049] • 第3实施方式：

[0050] 图4为表示作为第3实施方式的电气部件的压电致动器10的说明图。压电致动器10具备作为振子的压电元件110a、110b、110c、110d、110e、基板200以及突起部20。基板200具有振动部210以及支承振动部210的支承部220。振动部210具有大致长方形形状，配置压电元件110a、110b、110c、110d、110e。压电元件110e呈大致长方形形状配置，在振动部210的宽度方向的中央，沿振动部210的长边方向配置。压电元件110a、110b、110c、110d配置在振动部210的四角的位置。支承部220被配置为包围振动部210的大致一半，支承部220的端部在振动部210的长边的中央与振动部210连接。将支承部220中的与振动部210连接的端部称为“第1连接部222”、“第2连接部223”，将第1连接部222、第2连接部223以外的部分称为“固定部221”。在振动部210与支承部220之间构成间隙205。如果对压电元件110a～110e施加电压，则压电元件110a～110e伸缩，振动部210振动，间隙205构成为即使发生上述振动，振动部210也不与支承部220的固定部221接触的大小。在振动部210的未被支承部220包围的一侧的短边配置突起部20。突起部20优选由陶瓷（例如Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>）等具有耐老化性的材料构成。

[0051] 图5为图4的压电致动器10的5A-5A剖视图。其中，为了方便图示，夸大描绘出厚度方向的尺寸。压电致动器10具备2个压电致动器单元100、镀镍层280以及镀金层290。此外，在上述的图4中，镀镍层280、镀金层290被省略图示。

[0052] 2个压电致动器单元100分别具备基板200、以及配置于基板200上的5个压电元件110a～110e（图4）。此外，图5为5A-5A剖视图，因此，图示出5个压电元件110a～110e中的2个压电元件110c、110d，其余3个压电元件110a、110b、110e未予图示。压电元件110a～110e分别具备第1电极130、压电体140以及第2电极150。压电元件110a～110e在俯视（图4）视角下2张基板200重叠的区域（振动部210的区域）中，分别配置在2张基板200相面对侧的主面上。另外，被标注了相同的附图标记的2个压电元件、例如2个压电元件110a在2张基板200的俯视视角下处于相互重叠的位置。关于其他的压电元件110b～110e也同样如此。

[0053] 在压电元件110b～110e之上配置有绝缘层240、布线层250、保护层260。绝缘层240将压电元件110a～110e绝缘。布线层250构成用于对压电元件110a～110e的第1电极130与第2电极150施加电压的布线。保护层260保护压电元件110a～110e不受外界伤害。在此将“保护层260”称为“覆盖部260”。

[0054] 2个压电致动器单元100被配置为使基板200处于外侧，并由2张基板200夹持压电元件110a～110e，并通过粘接层270粘接。即，2个压电致动器单元100的覆盖部260彼此通过粘接层270粘接，由此形成压电致动器10。

[0055] 在图4中，对于突起部20的形状未进行说明，不过突起部20形成大致圆柱形状，如图5所示，横跨2个基板200。不过，也可以将突起部20形成为球形状或者椭圆体形状，并分别设置于各基板200。

[0056] 压电致动器10如图5所示，在支承部220之上还具备由第1电极130与第2电极150夹持压电体140的压电元件构造111。在此，当压电致动器10在基板200的支承部220之上不具

备压电元件构造111的情况下,2个支承部220会隔开间隙配置。另一方面,在振动部210,在2张基板200之间配置压电元件110a~110e。因此,当在支承部220之上不具备压电元件构造111的情况下,厚度在振动部210与支承部220间不同,因此在支承部220中,压电致动器单元100彼此不接触,存在结构不稳定的情况。如果在支承部220之上具备压电元件构造111,则厚度在振动部210与支承部220间大致一致,在支承部220,压电致动器单元100彼此也不接触,因此结构容易稳定。此外,由于担心压电元件构造111由于被施加电压而伸长或收缩时致使支承部220振动,因此压电元件构造111优选构成为其压电体140不被施加电压,或者即便被施加电压也不伸长、收缩。例如,可以将压电元件构造111的夹持压电体140的2张电极130、150接地或短路。

[0057] 镀镍层280构成为在支承部220覆盖布线层250,构成从支承部220稍微突出的凸部285。在镀镍层280之上配置有镀金层290。镀金层290使镀镍层280不易腐蚀。此外,在本说明书中,镀金层290为不同于凸部285的其他部件。因此,当提及“凸部285的杨氏模量”的情况下,是指无镀金层290的状态下的凸部285的杨氏模量。在本实施方式中,也可以省略镀金层290。另外,也可以由镀镍层280以外的其他镀层构成凸部285的一部分或者全部。

[0058] 图6为从连接电路基板300侧(沿图5的6B的箭头的朝向)观察压电致动器10时的说明图。可看到4个镀金层290。该4个镀金层290分别与由布线层250构成的4个布线(后述)对应配置。

[0059] 图7为表示压电致动器的制造工序的流程图。图8为表示压电致动器单元的制造工序的说明图。在步骤S100中,在基板200上形成绝缘层201。作为基板200,例如可以利用Si晶片。能够在1张Si晶片上形成多个压电致动器单元100。作为绝缘层201,例如,能够使用对基板200的表面热氧化而形成的SiO<sub>2</sub>层。作为绝缘层201,能够使用氧化铝(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>),丙烯酸或聚酰亚胺等有机材料。此外,在基板200是绝缘体的情况下,能够省略形成绝缘层201的工序。

[0060] 在步骤S110中,形成第1电极130,并进行图案形成。作为第1电极130的材料,能够使用Al(铝)、Ni(镍)、Au(金)、Pt(铂)、Ir(铱)、Cu(铜)等导电性高的任意的材料。第1电极130例如能够通过溅射而形成,例如能够通过蚀刻进行图案形成。

[0061] 在步骤S120中,在第1电极130上形成压电体140,并进行图案形成。作为压电体140的材料能够使用陶瓷等体现压电效应的任意的材料,所述陶瓷采用ABO<sub>3</sub>型的钙钛矿构造。作为采用ABO<sub>3</sub>型的钙钛矿构造的陶瓷,例如能够使用锆钛酸铅(PZT)、钛酸锂、钛酸铅、铌酸钾、铌酸锂、钽酸锂、钨酸钠、氧化锌、钛酸钡(BST)、钽酸锶铋(SBT)、偏铌酸铅、铌锌酸铅、钪铌酸铅等。另外,也可以使用陶瓷以外的体现压电效应的材料例如聚偏二氟乙烯、水晶等。

[0062] 例如能够使用溶胶-凝胶法进行压电体140的形成。即,将压电体材料的溶胶凝胶溶液滴下到基板200(第1电极130)上,并使基板200高速旋转,由此在第1电极130上形成溶胶凝胶溶液的薄膜。之后,在200~300℃的温度下煅烧而在第1电极130上形成压电体材料的第一层。之后,通过重复多次溶胶凝胶溶液的滴下、高速旋转、煅烧的循环,在第1电极130上形成希望厚度的压电体层。此外,在1个循环中形成的压电体的一层的厚度也依赖于溶胶凝胶溶液的粘度、基板200的旋转速度,约为50nm~150nm的厚度。在形成希望的厚度的压电体层后,通过在600℃~1000℃的温度烧结而形成压电体140。如果将烧结后的压电体140的厚度设为50nm(0.05μm)以上20μm以下的范围内,则能够实现小型的压电致动器10。此外,如果将压电体140的厚度设为0.05μm以上,则能够根据压电体140的伸缩产生足够大的力。另

外,如果将压电体140的厚度设为20μm以下,则即使将对压电体140施加的电压设为600V以下也能够产生足够大的力。结果,能够以廉价的元件构成用于驱动压电致动器10的驱动电路(未图示)。此外,可以将压电体的厚度设为400nm以上,在该情况下,能够较大地得到由压电元件产生的力。此外,煅烧、烧结的温度、时间是1个例子,能够根据压电体材料适当选择。

[0063] 在使用溶胶凝胶法形成压电体材料的薄膜后进行烧结的情况下,与混合原料粉末进行烧结的以往的烧结法比较,具有以下优点:(a)容易形成薄膜;(b)使晶格方向一致而容易结晶;(c)能够提高压电体的耐压。

[0064] 在第1实施方式中,在步骤S120中,通过使用了氩离子束的离子铣削来进行压电体140的图案形成。此外,也可以代替使用离子铣削来进行图案形成,转而通过其他的任意的图案形成方法(例如,使用了氯基气体的干蚀刻)进行图案形成。

[0065] 在步骤S130中,在压电体140之上形成第2电极150,进行图案形成。第2电极150的形成以及图案形成与第1电极130相同,可通过蚀刻进行。

[0066] 在步骤S140中,在第2电极150之上形成绝缘层240,并进行图案形成从而形成接触孔。此外,在图8中,省略了接触孔的图示。在步骤S150中,在绝缘层240之上使用铜或者黄铜形成布线层250,将布线层250进行图案形成从而形成布线。

[0067] 图9为表示基于布线层250的布线的图案的说明图。布线层250具有4个布线251、252、253、254。这些布线251~254从固定部221之上经由连接部222、223之上形成直至振动部210。第1布线251在振动部210上与压电元件110a、110d(图1)的第2电极150连接。同样,第2布线252在振动部210上与压电元件110b、110c的第2电极150连接,第3布线253在振动部210上与压电元件110e的第2电极150连接,第4布线254在振动部210上与压电元件110a、110b、110c、110d、110e的第1电极130连接。另外,这些布线251~254在支承部220上与电路基板连接。此外,布线251~254不与固定部221上的压电元件构造111连接。由图9可见,在支承部220的连接基板300侧(图9中右侧)突出4条布线251~254。在图6中说明的4个镀金层290形成为经由镀镍层280覆盖这4条布线251~254。

[0068] 在步骤S160中,形成保护层260(覆盖部260)。覆盖部260例如由JCR(junction coating resin)这样的硅树脂形成。此外,也可以代替JCR,转而使用环氧树脂、聚酰亚胺等的树脂材料形成。

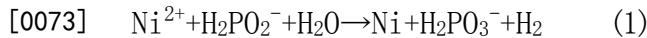
[0069] 在步骤S170中,通过蚀刻形成各个基板200的形状,同时在振动部210与支承部220之间形成间隙205,并形成用于安装突起部20的凹部216。

[0070] 图10是表示使用2个压电致动器单元100来制造压电致动器10的工序的说明图。在步骤S180中,将2个压电致动器单元100彼此以基板200朝向外侧,压电元件110a~110e朝向内侧,相同符号的部件为面对称的方式配置。之后,使用粘接层270将两个压电致动器单元100的覆盖部260彼此之间粘接。压电元件110a~110e被覆盖部260覆盖,并被两张基板200夹持,因此难以受到由于垃圾等导致的外界伤害。在步骤S190中,将突起部20通过粘接剂粘接在凹部216。

[0071] 图11是表示压电致动器与电路基板的连接工序的说明图。在图11中,为了便于图示,未将第1电极130、压电体140和第2电极150(图5)分开而作为压电元件构造111图示。在步骤S200中,使用无电解镀镍-磷法在布线层250之上形成镀镍层280。具体地说,首先,使压电致动器10的端部浸渍于含钯离子的催化剂溶液中。布线层250由铜或者黄铜形成,因此铜

的一部分被钯置换，钯金属吸附于布线层250。

[0072] 接着，将压电致动器10的端部浸渍在无电解镀镍磷酸液中。无电解镀镍磷酸液包含镍离子(Ni<sup>2+</sup>)和次亚磷酸根离子(H<sub>2</sub>PO<sub>2</sub><sup>-</sup>)。镍离子(Ni<sup>2+</sup>)和次亚磷酸根离子(H<sub>2</sub>PO<sub>2</sub><sup>-</sup>)将钯作为催化剂发生下式(1)的氧化还原反应，被还原的镍析出到布线层250上。由于镍沿着布线层250析出，因此成为沿着基板200(支承部220)具有相比基板200朝外缘侧突出的凸部285的形状。此外，如上所述，由于布线层具有4个布线251～254，因此形成4个镀镍层280。镍可以在析出时含有磷。



[0074] 在步骤S210中，在镀镍层280上形成镀金层290。在步骤S220中，将压电致动器10与电路基板300接合。电路基板300具有在FPC基板主体301上形成了连接部302的构造。该连接部302由与由镀镍层280形成的凸部285相比杨氏模量小的材料(例如铜)形成。通过将凸部285按压于电路基板300，使凸部285咬入电路基板300的连接部302，将压电致动器10与电路基板300接合并进行电连接。此时，包含振子(压电元件110a～110e)的主面的第1假想平面为xy平面，包含压电致动器10(电气部件)与电路基板300的连接面的第2假想平面为yz平面，xy平面与yz平面交叉。即，包含振子(压电元件110a～110e)的主面的第1假想平面与包含电气部件(压电致动器10)与电路基板300的连接面的第2假想平面交叉。如此一来，由于凸部285被沿电路基板300的连接部302的法线方向按压，因此不易产生接触电阻的偏差。另外，能够以1张电路基板300连接多个压电致动器10。

[0075] 图12为表示压电致动器10的等效电路的说明图。此外，压电致动器10具有2个压电致动器单元100，但在图12中仅示出一方的压电致动器单元100。由图12可见，5个压电元件110a～110e的第1电极130被与布线254连接，并被连接到电路基板300。压电元件110a、110d的第2电极150被与布线251连接，并被连接到电路基板300。压电元件110b、110c的第2电极150被与布线252连接，并被连接到电路基板300。压电元件110e的第2电极150被与布线253连接，并被连接到电路基板300。即，压电元件110a～110e分为3个组。第1组具有2个压电元件110a、110d。第2组具有2个压电元件110b、110c。第3组只具有1个压电元件110e。第1组的压电元件110a、110d被彼此并联连接，并连接到电路基板300。第2组的压电元件110b、110c被彼此并联连接，并连接到电路基板300。当并联连接时，能够使施加在各压电元件110a～110d的电压较大。第3组的压电元件110e被单独地连接到电路基板300。此外，第1组的压电元件110a、110d也可以被串联连接。在这种情况下，被施加了电压时的压电元件110a与110d的极化的朝向优选是相同的。对于第2组的压电元件110b、110c，也可以同样地串联连接。当串联连接时，能够使容量变小。

[0076] 通过从电路基板300向5个压电元件110a～110e中的规定的压电元件、例如第1组的压电元件110a、110d的第1电极130与第2电极150之间施加周期性变化的交流电压或者脉动电压，能够使压电致动器10进行超声波振动，并使与突起部20接触的转子(被驱动体、被驱动部件)向规定的旋转方向旋转。在此，“脉动电压”是指对交流电压施加DC偏置后的电压，脉动电压的电压(电场)的朝向是从一方的电极朝向另一方的电极的1个方向。对于电流的朝向，与从第1电极130向第2电极150相比，从第2电极150向第1电极130的朝向更为理想。另外，通过对第2组的压电元件110b、110c的第1电极130与第2电极150之间施加交流电压或者脉动电压，能够使与突起部20接触的转子向相反方向旋转。即，压电致动器10作为压电马

达发挥功能。

[0077] 图13是表示压电致动器10的动作的例子的说明图。为了便于图示而省略了支承部220。压电致动器10的突起部20与作为被驱动部件的转子50的外周接触。在图13所示的例子中,对第1组的2个压电元件110a、110d施加交流电压或者脉动电压,压电元件110a、110d沿图13的箭头x的方向进行伸缩。与此相应,压电致动器10的振动部210在振动部210的平面内弯曲而变形为曲折形状(S字形状),突起部20的前端在箭头y的方向上进行往返运动、或者进行椭圆运动。结果,转子50绕其中心51沿规定的方向z(在图13中绕顺时针方向)旋转。此外,在电路基板300对第2组的2个压电元件110b、110c(图12)施加交流电压或者脉动电压的情况下,转子50向相反方向旋转。此外,如果对中央的压电元件110e施加交流电压或者脉动电压,则压电致动器10在长度方向上进行伸缩,因此能够使从突起部20赋予给转子50的力更大。此外,关于压电致动器10的这样的动作被日本专利文献特开2004-320979号公报(或者,对应的美国专利第7224102号)记载,其公开内容通过参照而被并入本文。

[0078] 以上,根据第3实施方式,由于包含振子(压电元件110a~110e)的主面的第1假想平面同包含电气部件(压电致动器10)与电路基板300的连接面的第2假想平面交叉,因此凸部285被沿电路基板300的连接部302的法线方向按压,由此使接触电阻的偏差不易发生。

[0079] • 第4实施方式:

[0080] 图14为表示第4实施方式的压电致动器11的说明图。第3实施方式的压电致动器10具备2个压电致动器单元100,而第4实施方式的压电致动器11仅具备1个压电致动器单元100,并代替第3实施方式的第2个压电致动器单元100,具备未配置压电元件的基板200。即,使第1压电致动器单元100的压电元件110a~110e被第1压电致动器单元100的基板200和未配置压电元件的基板200夹持。根据该方式,能够构成1个电极端子具有1个凸部285的压电致动器11。

[0081] • 第5实施方式:

[0082] 图15为表示第5实施方式的层叠致动器12的说明图。在第3实施方式中,对于仅具有1个压电致动器10的方式进行了说明。可以将第3实施方式的压电致动器10沿基板200的法线方向层叠多个,从而构成层叠致动器12。由于层叠致动器12具备多个压电致动器10,因此可得出大的驱动力。在第5实施方式中,能够以1个电路基板300与多个压电致动器10连接。此外,在第5实施方式中,虽然层叠多个第3实施方式的压电致动器10,不过也可以层叠多个第4实施方式的压电致动器11。

[0083] 其他实施方式:

[0084] 上述的压电致动器10是能够通过利用共振而对被驱动部件施加大的力的部件,能够应用于各种装置。压电致动器10例如能够作为机器人(也包含电子部件输送装置(IC自动分拣机))、投药用泵、时钟的日历推进装置、印刷装置(例如送纸机构。不过,在被头使用的压电致动器中由于不使振动板共振,因此在头中不能应用。)等的各种设备中的驱动装置使用。以下,对代表的实施方式进行说明

[0085] 图16是示出使用了上述的压电致动器10的机器人2050的一例的说明图。机器人2050具有臂2010(也称为“腕部”),所述臂具备多根连杆部2012(也称为“连杆部件”)以及将这些连杆部2012之间以能够转动或者弯曲的状态连接的多个关节部2020。在各个关节部2020内置上述的压电致动器10,能够使用压电致动器10将关节部2020转动或者弯曲任意的

角度。在臂2010的前端连接有机械手2000。机械手2000具备一对把持部2003。在机械手2000内也内置压电致动器10，能够使用压电致动器10对把持部2003进行打开关闭来把持物体。另外，在机械手2000与臂2010之间也设置有压电致动器10，也能够使用压电致动器10使机械手2000相对于臂2010进行旋转。

[0086] 图17是图16所示的机器人2050的手腕部分的说明图。手腕的关节部2020夹持手腕转动部2022，手腕的连杆部2012以能够绕手腕转动部2022的中心轴O转动的方式安装于手腕转动部2022。手腕转动部2022具备压电致动器10，压电致动器10使手腕的连杆部2012以及机械手2000绕中心轴O转动。在机械手2000立起设置有多个把持部2003。把持部2003的基端部能够在机械手2000内移动，在该把持部2003的根部搭载有压电致动器10。因此，通过使压电致动器10动作，能够使把持部2003移动来把持对象物。

[0087] 此外，作为机器人并不限定于单臂的机器人，在臂的数目是2个以上的多臂机器人中也能应用压电致动器10。此处，在手腕的关节部2020、机械手2000的内部，除了压电致动器10之外，还包含向力传感器、陀螺传感器等各种装置供应电力的电力线、传递信号的信号线等，需要非常多的布线。因此，在关节部2020、机械手2000的内部配置布线是非常困难的。但是，由于上述的实施方式的压电致动器10与通常的电动马达、以往的压电驱动装置相比能够减小驱动电流，因此即使在关节部2020(特别是臂2010的前端的关节部)、机械手2000这样的小的空间也能够布线。

[0088] 在上述说明中，以具备机械手2000的机器人2050为例进行了说明，但机械手2000不仅作为机器人2050的部件，也可以作为单独的产品来构成。

[0089] 图18是表示利用了上述的压电致动器10的手指辅助装置1000的说明图。手指辅助装置1000具备第1手指辅助部1001、第2手指辅助部1002以及基座部件1003，并被佩戴于手指700。第1手指辅助部1001具备压电致动器10、减速器501以及手指支承部701。第2手指辅助部1002具备压电致动器10、减速器502、手指支承部702以及绑带703。除了绑带703之外，第1手指辅助部1001和第2手指辅助部1002是基本相同的结构。绑带703从手指700的腹侧固定第2手指辅助部1002。此外，绑带703也被设置于第1手指辅助部1001，但在图18中省略。手指辅助装置1000通过压电致动器10辅助手指700的伸屈。此外，在本实施方式中，手指辅助装置1000作为辅助手指700的伸屈的部件而进行了说明，但代替手指700，可以使用机器人的机械手，并将机械手和手指辅助装置1000一体化。在该情况下，机械手被压电致动器10驱动而进行伸屈。

[0090] 图19是表示利用了上述的压电致动器10的送液泵2200的一例的说明图。送液泵2200在壳体2230内设置有贮存器2211、管2212、压电致动器10、转子2222、减速传递机构2223、凸轮2202以及多个指部2213、2214、2215、2216、2217、2218、2219。贮存器2211是用于容纳作为输送对象的液体的容纳部。管2212是用于输送从贮存器2211送出的液体的管。压电致动器10的凸部件20以被按压在转子2222的侧面的状态被设置，压电致动器10对转子2222进行旋转驱动。转子2222的旋转力经由减速传递机构2223被传递给凸轮2202。指部2213到2219是用于堵塞管2212的部件。当凸轮2202旋转时，通过凸轮2202的突起部2202A将指部2213到2219依次被推向辐射方向外侧。指部2213到2219从输送方向上游侧(贮存器2211侧)依次堵塞管2212。由此，管2212内的液体依次被输送到下游侧。如此，能够高精度地输送极少量的液体，并且能够实现小型的送液泵2200。此外，各部件的配置并不限定于附图

所示的情况。另外,可以是不具备指部等的部件而由设置于转子2222的球等堵塞管2212的结构。如上述那样的送液泵2200能够有效利用于将胰岛素等药液投放人体的投药装置等。此处,通过使用上述的实施方式的压电致动器10,与以往的压电驱动装置相比驱动电流变小,因此能够抑制投药装置的消耗电力。因此,在电池驱动投药装置的情况下特别有效。

[0091] 以上,基于几个实施例对本发明的实施方式进行了说明,但是上述的发明的实施方式是用于易于本发明的理解的,并不是限定本发明。本发明在不脱离其主旨以及权利要求的范围内,能够变更、改良,并且在本发明中当然也包含其等价物。

[0092] 其中,附图标记说明如下:

[0093] 10、11:压电致动器;12:层叠致动器;13、14:电气设备;20:突起部;50:转子;51:中心;100:压电致动器单元;103、104:电气部件;110、110a、110b、110c、110d、110e:压电元件;111:压电元件构造;130:第1电极;140:压电体;150:第2电极;200:基板;201:绝缘层;205:间隙;210:振动部;216:凹部;220:支承部;221:固定部;222、223:连接部;240:绝缘层;250:布线层;251、252、253、254、255;256:布线;255t、256t:电极端子;257:基端部;258:凸状连接部;260:保护层(覆盖部);270:粘接层;280:镀镍层;285:凸部;290:镀金层;300:电路基板;301:FPC基板主体;302:连接部;501、502:减速机;700:手指;701、702:手指支承部;703:绑带;1000:手指辅助装置;1001、1002:手指辅助部;1003:基座部件;2000:机械手;2003:把持部;2010:臂;2012:连杆部;2020:关节部;2022:手腕转动部;2050:机器人;2200:送液泵;2202:凸轮;2202A:突起部;2211:储液器;2212:管;2213:指部;2222:转子;2223:减速传递机构。

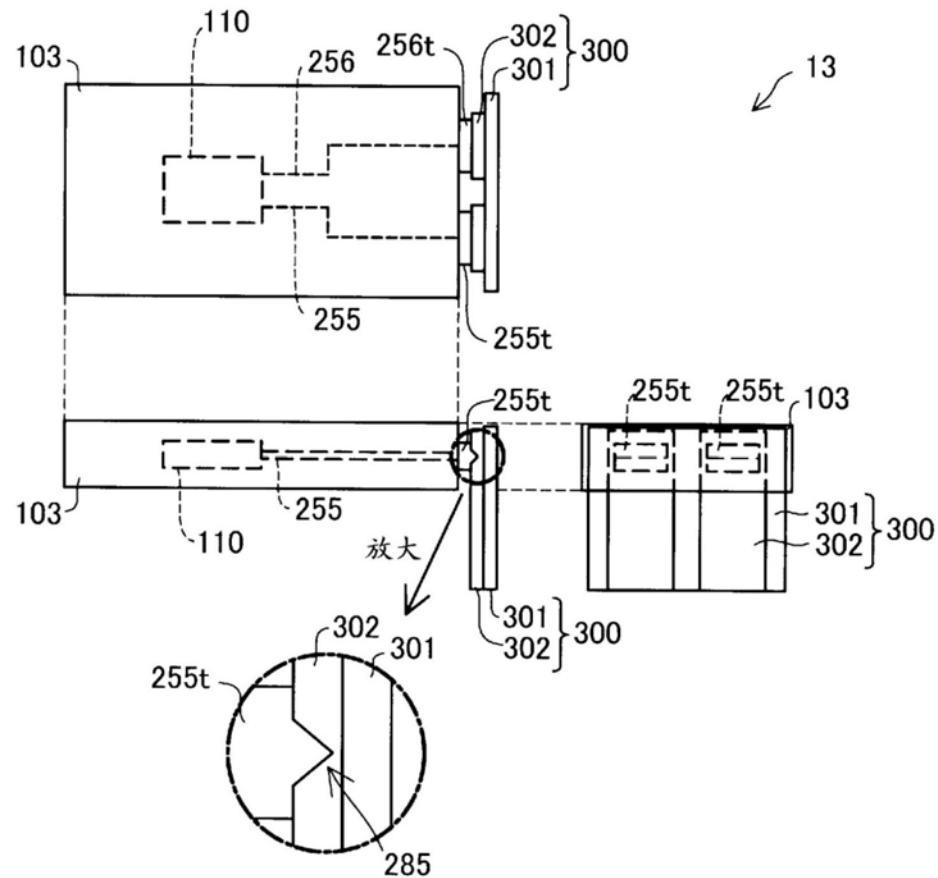


图1

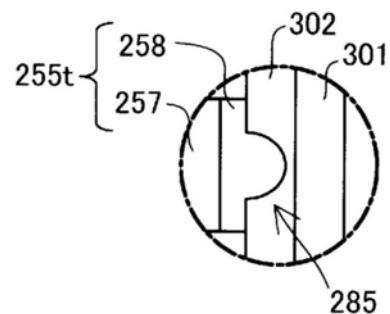


图2

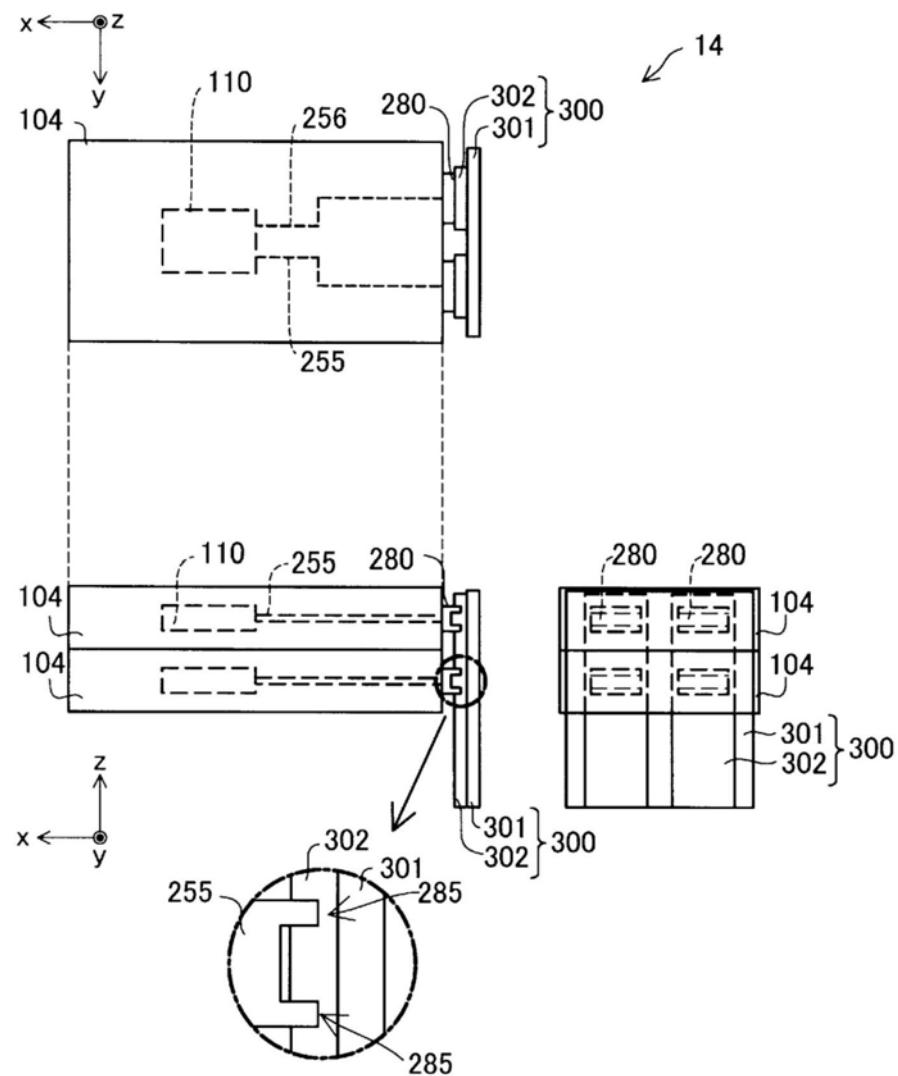


图3

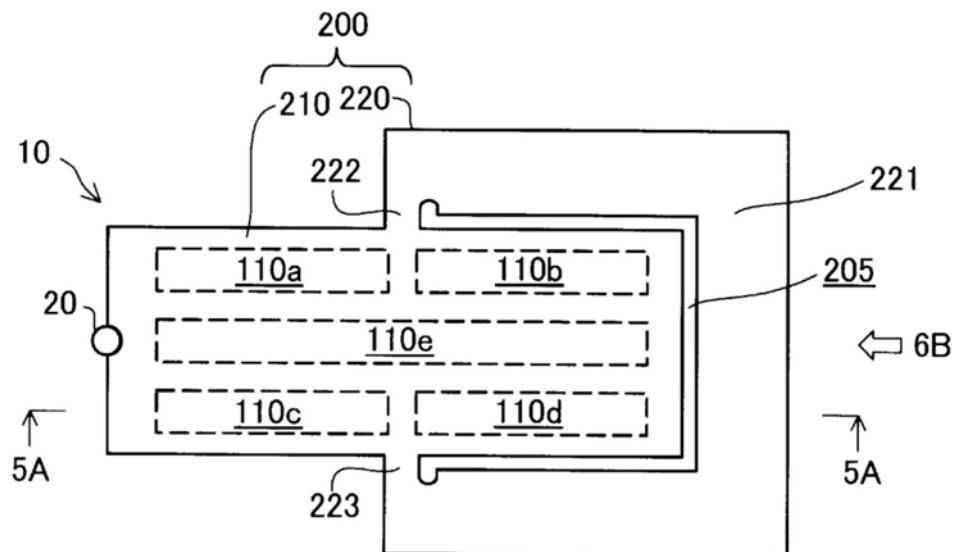


图4

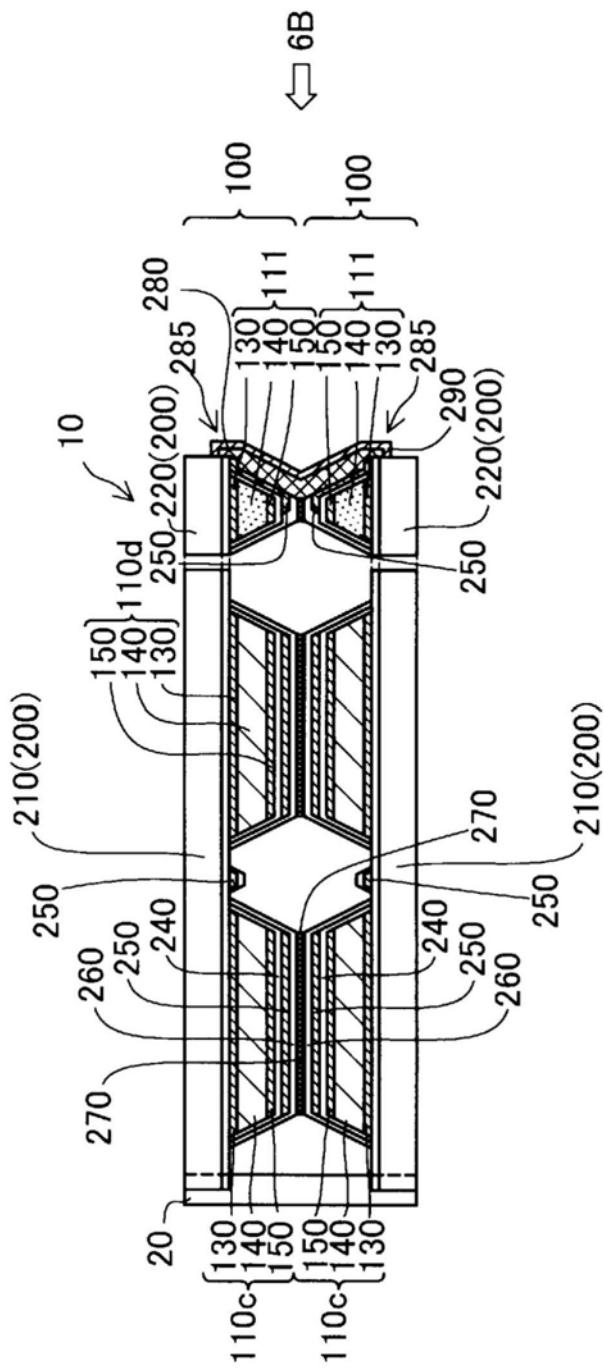


图5

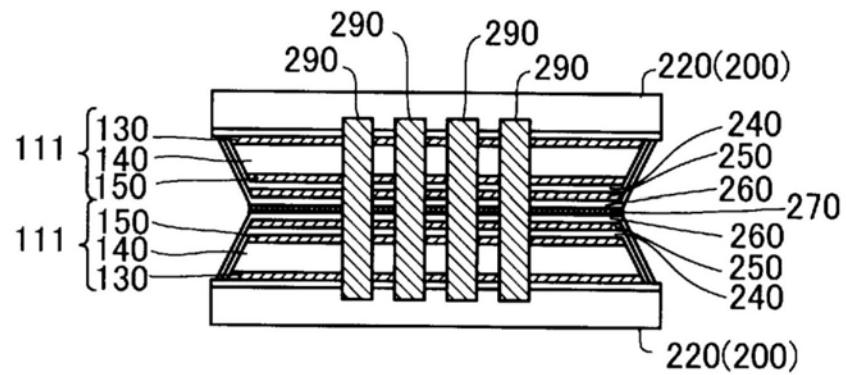


图6

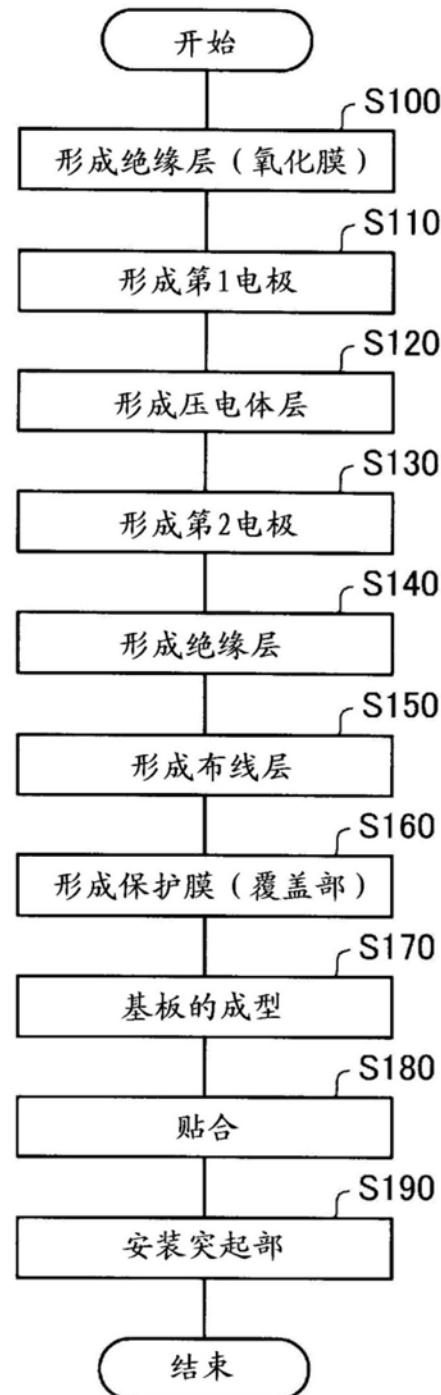


图7

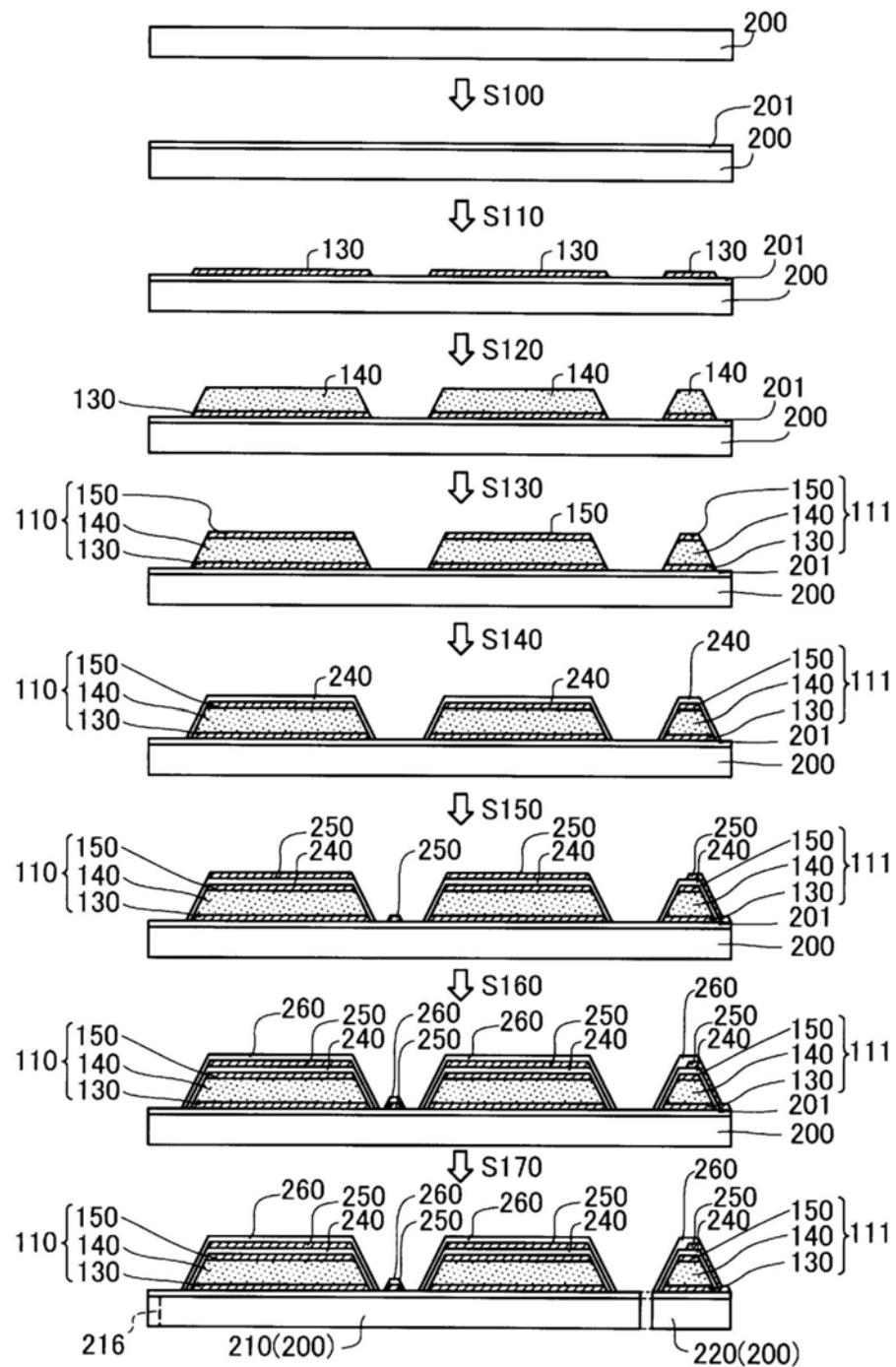


图8

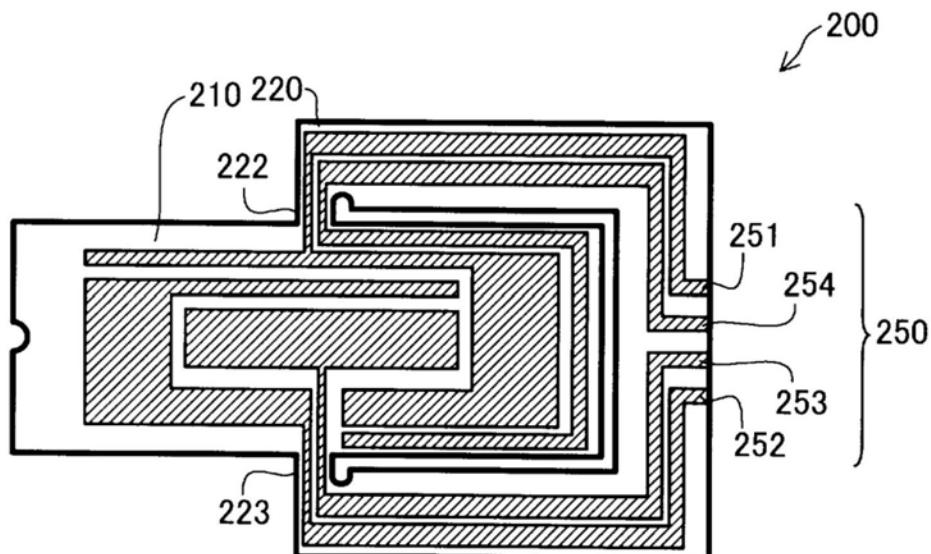


图9

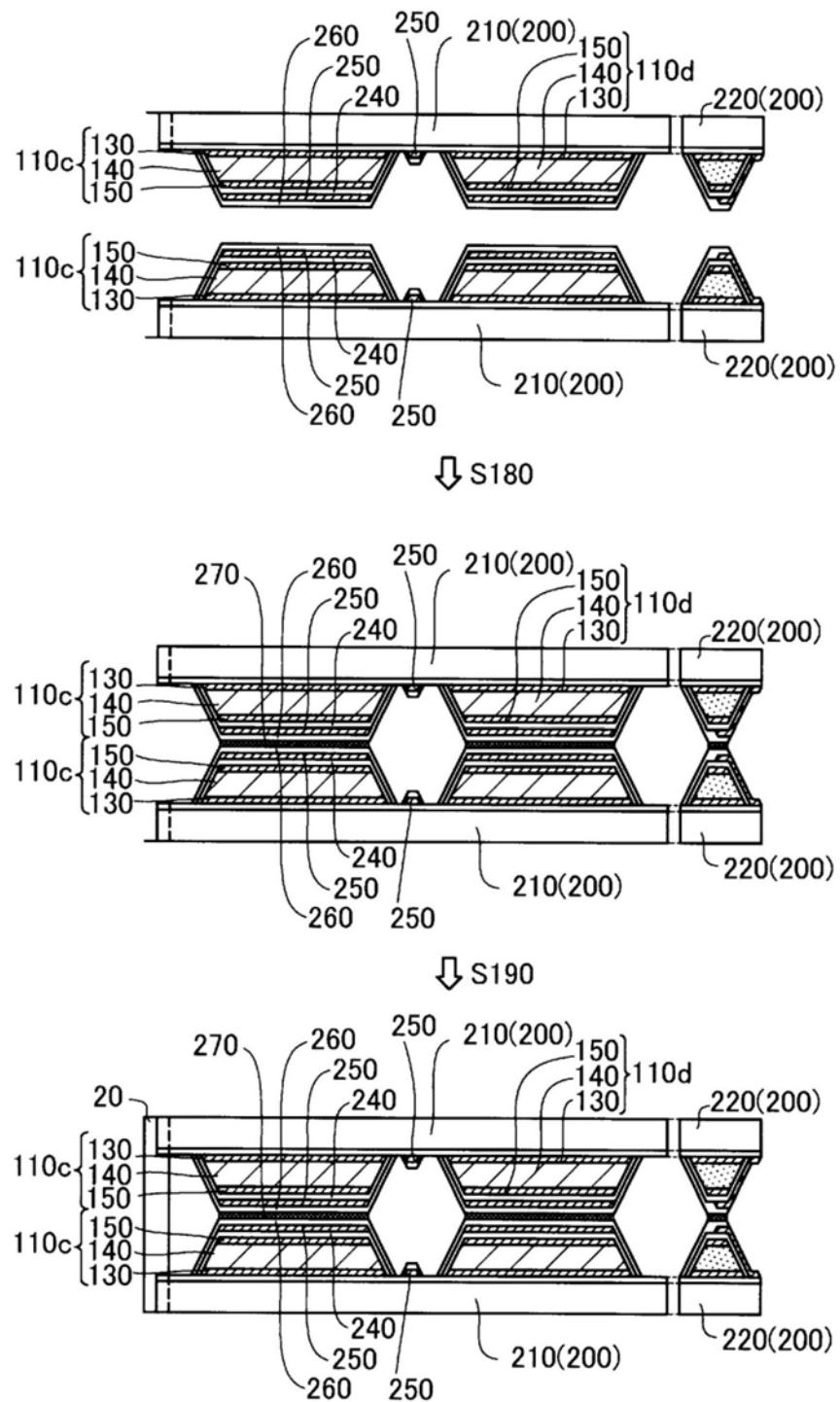


图10

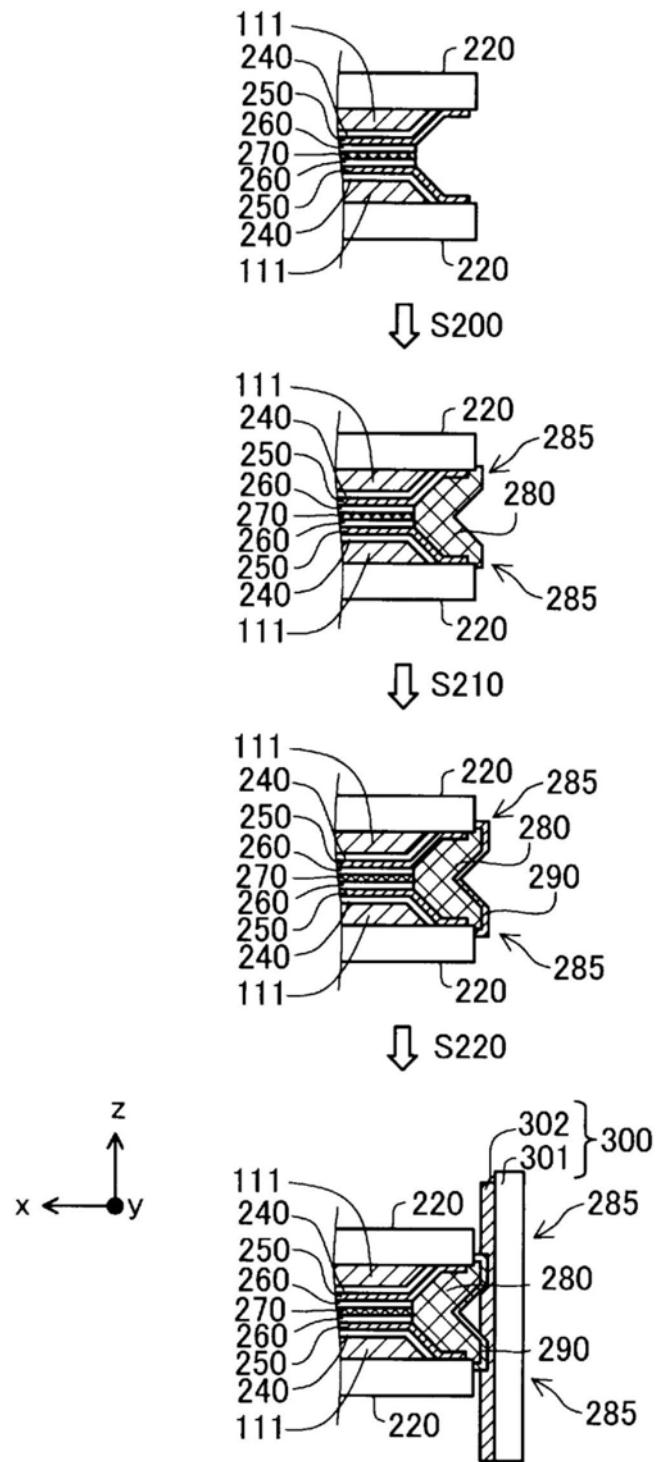


图11

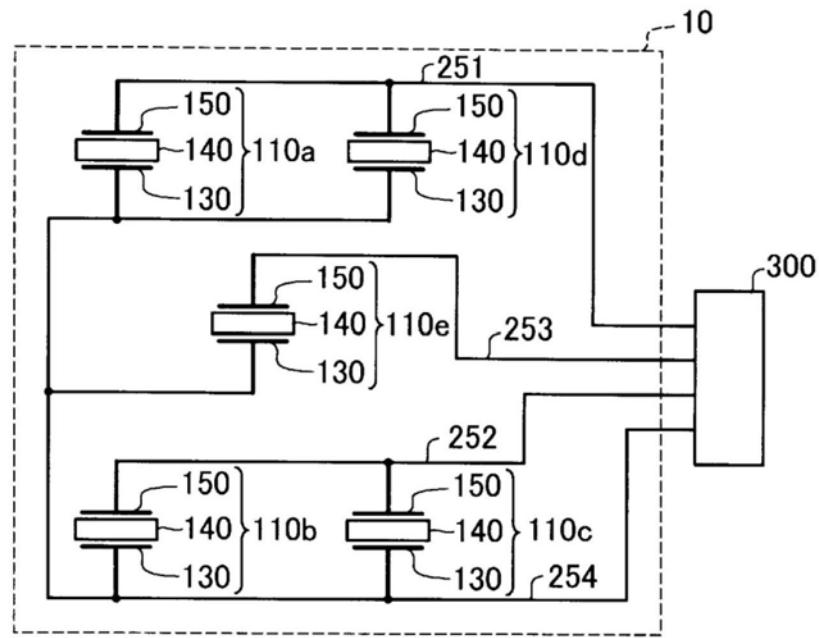


图12

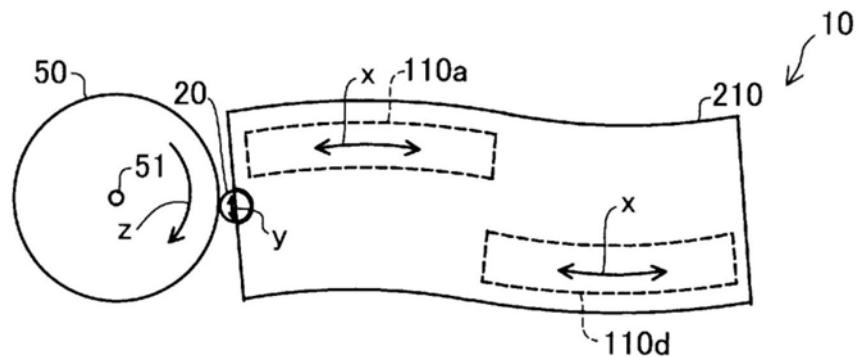


图13

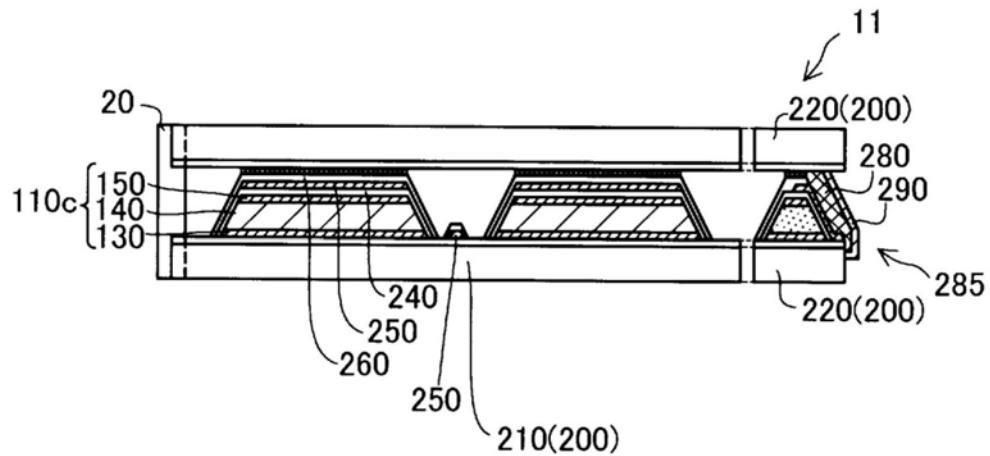


图14

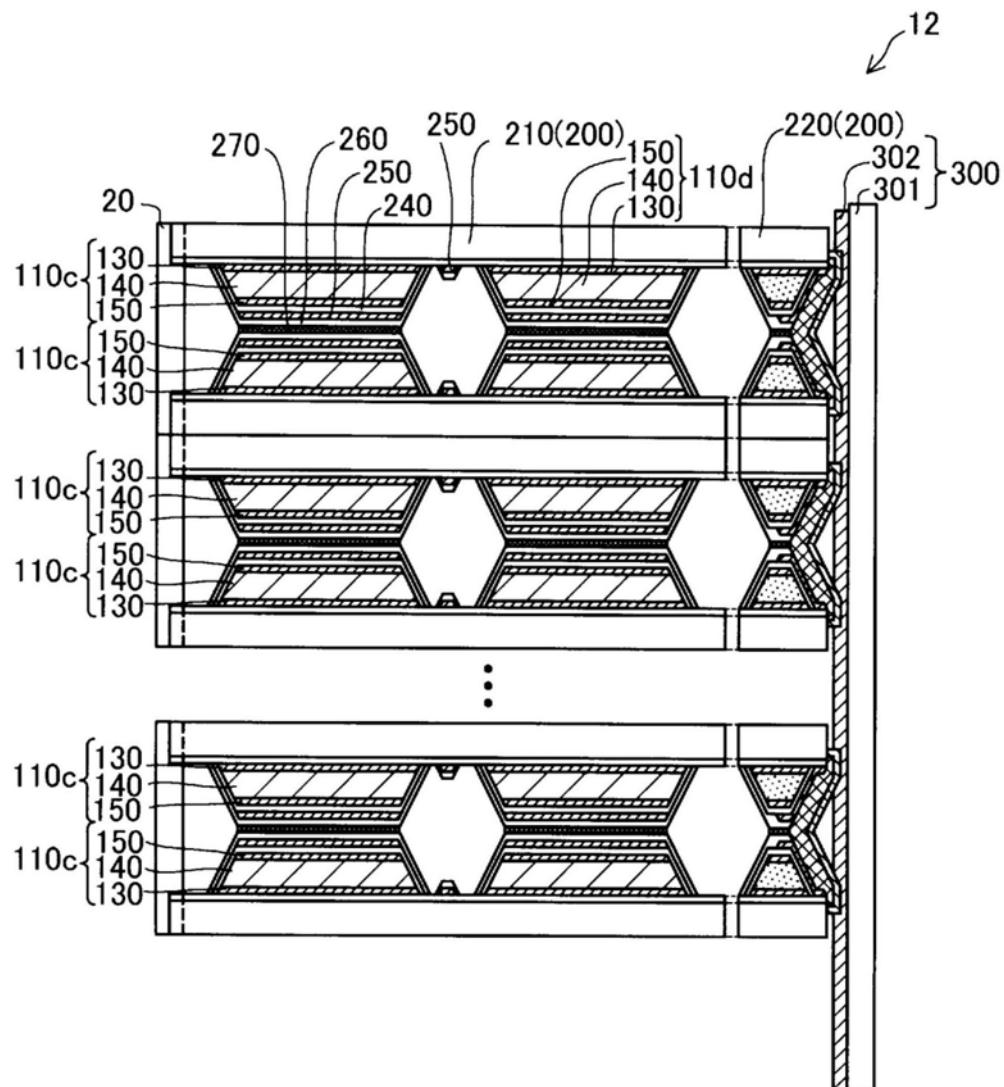


图15

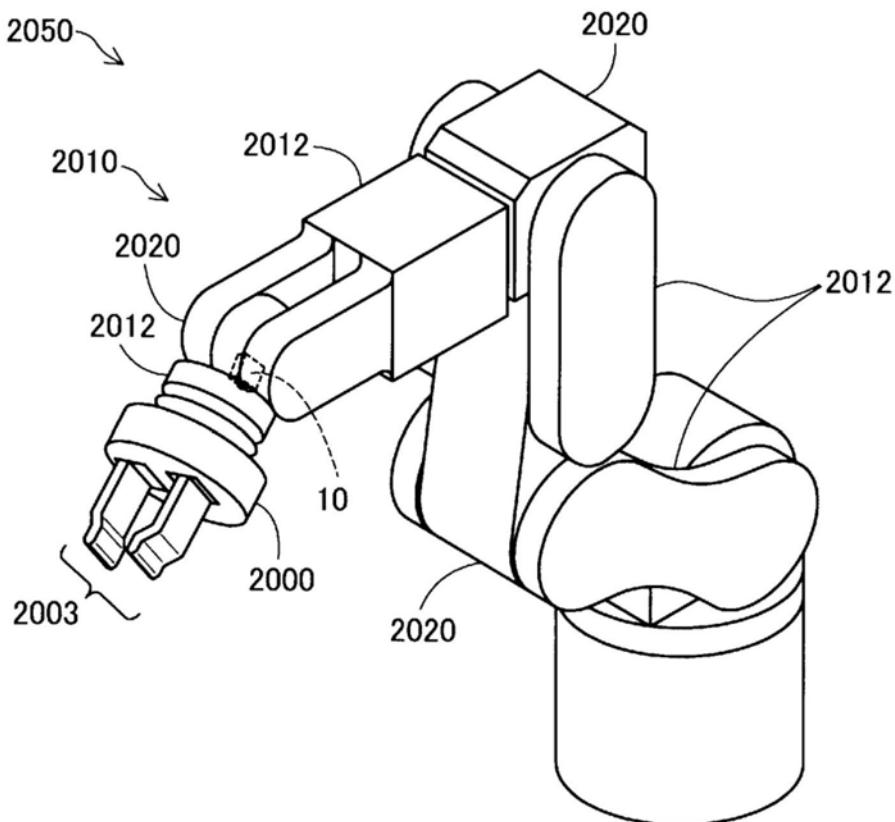


图16

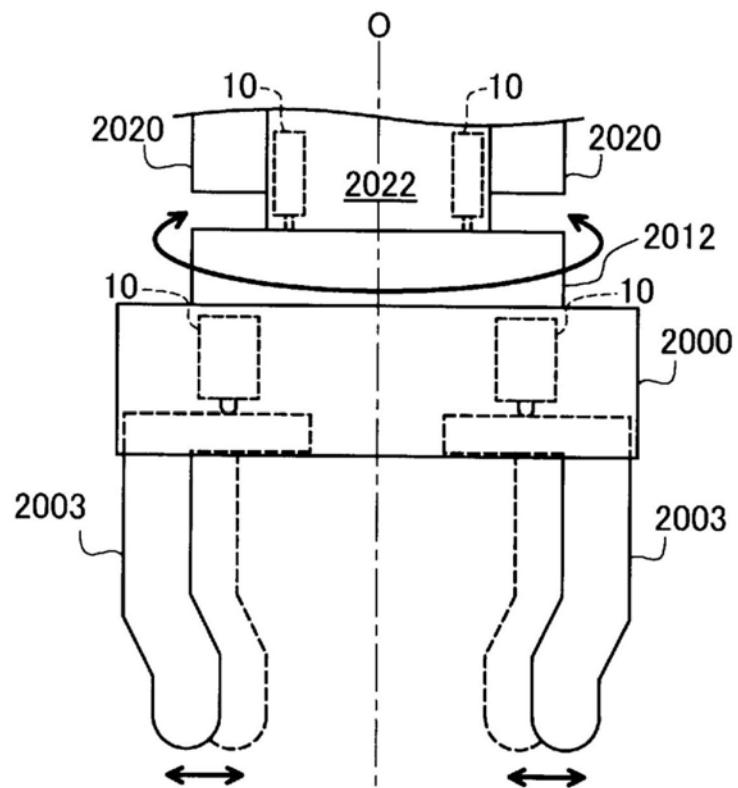


图17

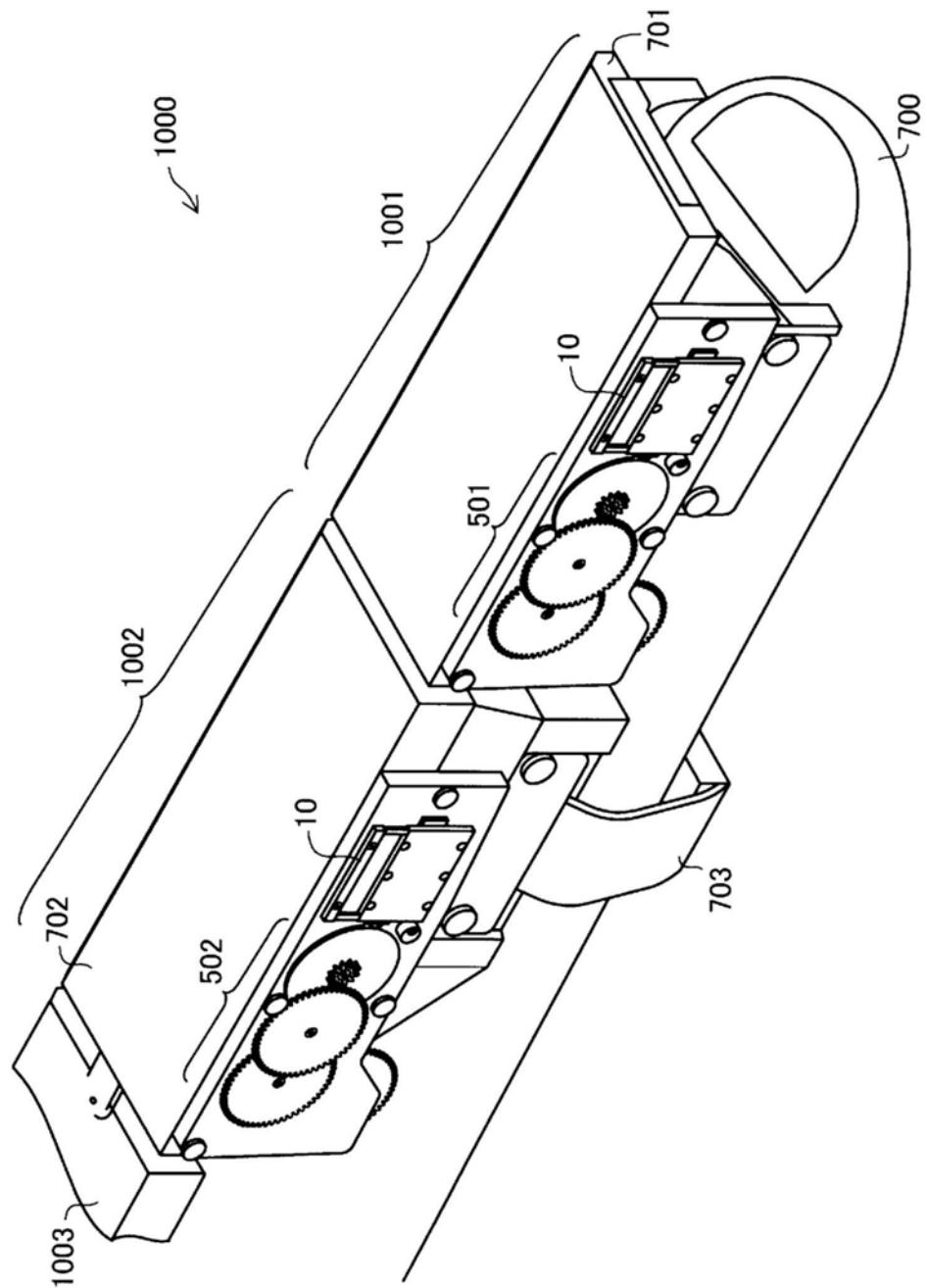


图18

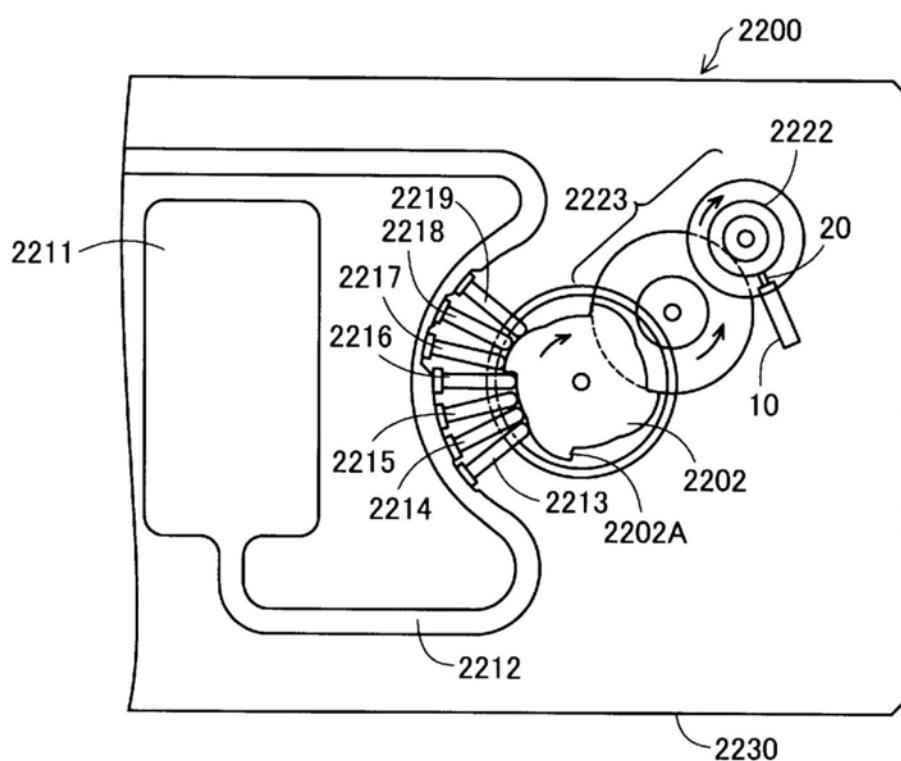


图19