



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102725825 B

(45) 授权公告日 2015. 11. 25

(21) 申请号 201080061173. 4

BO8B 3/12(2006. 01)

(22) 申请日 2010. 05. 31

(56) 对比文件

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2012. 07. 11

CN 101179009 A, 2008. 05. 14,

CN 101350287 A, 2009. 01. 21,

CN 101373705 A, 2009. 02. 25,

CN 101516533 A, 2009. 08. 26,

CN 1712144 A, 2005. 12. 28,

JP 2009188035 A, 2009. 08. 20,

JP H0648862 U, 1994. 07. 05,

JP H08224555 A, 1996. 09. 03,

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/KR2010/003459 2010. 05. 31

(87) PCT国际申请的公布数据
W02011/152573 EN 2011. 12. 08

(73) 专利权人 韩国机械研究院
地址 韩国大田市

审查员 赵龙凤

(72) 发明人 李阳来 林义洙 金贤世 金相律
吉基范

(74) 专利代理机构 北京安信方达知识产权代理
有限公司 11262
代理人 周靖 郑霞

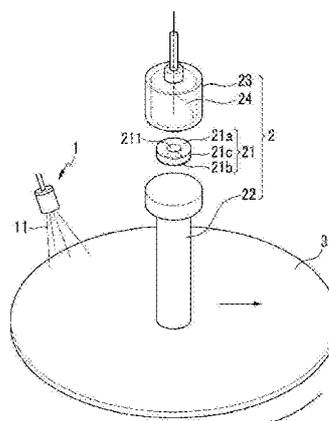
(51) Int. Cl.
H01L 21/302(2006. 01)

权利要求书1页 说明书6页 附图15页

(54) 发明名称
超声精密清洁装置

(57) 摘要

所公开的是超声清洁装置,其在压电元件的广泛区域产生均匀的声压,而声压不被集中到压电元件的中间,从而提高清洁效率而不损坏被清洁对象。超声精密清洁装置包括:用于向被清洁对象供应清洁液的清洁液供应器;具有压电元件、超声波导、外壳和电源线的发送器(或换能器),所述压电元件具有陶瓷主体以及分别沉积到所述陶瓷主体的上部分和下部分的上电极和下电极并且产生超声波,所述超声波导耦合到所述压电元件的尖端,置于所述被清洁对象的对面并传递从所述压电元件产生的所述超声波到所述被清洁对象,其中,所述压电元件或所述超声波导的中间形成有垂直孔。



CN 102725825 B

1. 一种超声精密清洁装置,包括:用于向被清洁对象(3)供应清洁液的清洁液供应器(1);具有压电元件(21)、超声波导(22)、外壳(23)和电源线(24)的发送器或换能器,所述压电元件(21)具有陶瓷主体(21c)以及分别沉积到所述陶瓷主体(21c)的上部分和下部分的上电极和下电极(21a、21b)并且产生超声波,所述超声波导(22)耦合到所述压电元件(21)的尖端,置于所述被清洁对象(3)的对面并传递从所述压电元件(21)产生的超声波到所述被清洁对象(3),其中,所述压电元件(21)形成有第一垂直孔(211),以及

所述发送器或换能器在所述被清洁对象(3)上以扫描方式移动并清洁所述被清洁对象(3)。

2. 如权利要求1所述的装置,其中,所述第一垂直孔(211)被形成以穿透所述陶瓷主体(21c)以及所述上电极和所述下电极(21a、21b)。

3. 如权利要求1所述的装置,其中,所述第一垂直孔(211)被形成这样的形状:仅从所述上电极和所述下电极的至少一个的中间清除了电极层而非陶瓷层。

4. 如权利要求1所述的装置,其中,所述超声波导(22)还在其中间形成有第二垂直孔(221)。

5. 如权利要求4所述的装置,其中,所述第二垂直孔(221)形成在所述超声波导(22)的某上部分或某下部分中,或者被形成以在所述上部分和所述下部分之间垂直地穿透。

6. 一种超声精密清洁装置,包括:用于向被清洁对象(3)供应清洁液(11)的清洁液供应器(1);具有压电元件(21)、超声波导(22)、外壳(23)和电源线(24)的发送器或换能器,所述压电元件(21)具有陶瓷主体(21c)以及分别沉积到所述陶瓷主体(21c)的上部分和下部分的上电极和下电极(21a、21b)并且产生超声波,所述超声波导(22)耦合到所述压电元件(21)的尖端,置于所述被清洁对象(3)的对面并传递从所述压电元件(21)产生的超声波到所述被清洁对象(3),其中,所述超声波导(22)在其中间形成有垂直孔(221),以及

所述发送器或换能器在所述被清洁对象(3)上以扫描方式移动并清洁所述被清洁对象(3)。

7. 如权利要求6所述的装置,其中,所述垂直孔(221)形成在所述超声波导(22)的某上部分和某下部分中,或者被形成以在所述上部分和所述下部分之间垂直地穿透。

8. 如权利要求1-7之一所述的装置,其中,所述压电元件(21)被在至少两个不同频率处驱动。

9. 如权利要求1-7之一所述的装置,其中,在所述超声波导(22)中设置有数量至少为两个的所述压电元件(21),并且每个压电元件(21)被在与另一个压电元件不同的频率处驱动。

10. 如权利要求9所述的装置,其中,所述压电元件(21)置于所述超声波导(22)上不同的高度处。

11. 如权利要求1-7之一所述的装置,其中,设置有数量至少为两个的所述超声波导(22),每个超声波导(22)设置有至少一个压电元件(21),并且每个压电元件(21)被在与另一个压电元件不同的频率处驱动。

12. 如权利要求11所述的装置,其中,所述超声波导(22)具有彼此不同的高度。

超声精密清洁装置

技术领域

[0001] 本发明涉及超声清洁装置,并且更特别地涉及在压电元件的广泛区域产生均匀声压而声压不被集中到压电元件的中间从而提高清洁效率而不损坏被清洁的对象的超声清洁装置。

背景技术

[0002] 半导体制造工艺中最基本的技术之一是清洁技术。

[0003] 半导体制造工艺包括许多工艺步骤以形成晶片的表面,并且在每个工艺步骤中,各种污染物产生并残留在半导体晶片和半导体制造装置中,而这些残留的污染物对晶片上形成的器件图案造成缺陷,从而降低器件的可靠性。

[0004] 因此,需要通过在每个工艺步骤机械地和化学地清洁半导体晶片及半导体制造装置来消除污染物。

[0005] 化学清洁是通过洗涤、蚀刻和氧化还原反应并采用各种化学品或气体来消除表面上的污染物。

[0006] 机械清洁是通过超声能量释放沉积物、通过刷子扫清沉积物或使用高压水清除沉积物。

[0007] 对于高效清洁,一般使用超声清洁,其中机械清洁和化学清洁两者相互结合。

[0008] 也就是说,超声清洁是通过机械手段(超声波)和化学手段(化学清洁液)清除沉积在被清洗对象上的污染物并防止被清除的污染物再次被沉积。

[0009] 由超声波产生的机械现象意思是其通过超声波的空化引起,以及空化是当超声能量在溶液中传递并伴随着非常大的压力(数十到数百个大气压)和高温(数百至数千度)时微气泡通过超声波的压力产生和消散的现象。

[0010] 在此空化中,微气泡在极短的时间(一秒的千分之一-数十,至千分之数百)内重复产生和消散以产生冲击波,而通过这冲击波,可以在短时间内清洁沉浸在溶液中的被清洁对象的不可见的内部深处部分。

[0011] 实际上,除了由空化所造成的冲击能量,超声本身的辐射压力造成的搅拌效果和热力作用协同清洁剂,从而导致高清洁效果。

[0012] 超声清洁主要用于清洁或冲洗诸如关于 LCD 的玻璃基板、半导体晶片和用于数据存储的磁盘的被清洁对象。

[0013] 有关超声清洁的技术由本受让人公开在第 10-2006-0102511 号韩国专利申请(标题:使用超声波的清洁装置(cleaning apparatus using ultrasonic wave))中。

[0014] 这项技术包括清洁液供应器 100 和发送器(或换能器)200,如图 1 和 2 所示。

[0015] 在本文中,清洁液供应器 100 被置于被清洁对象 300 的上方(其间有预定间隙)并供应清洁液。

[0016] 发送器(或换能器)200 被置于被清洁对象 300 的对面并产生超声波,以及所产生的超声波穿过清洁液传递到对象 300。

[0017] 此时,发送器(或换能器)200被配置使得如图1所示,压电元件210中产生的超声波穿过近场区中的超声波导220传递到被清洁对象300,或被配置使得如图2所示,压电元件210中产生的超声波穿过远场区中的超声波导220传递到被清洁对象300。

[0018] 在本文中,压电元件210应用来自外面的电力进行振荡,并且发送器(或换能器)200包括压电元件210、传递从压电元件210产生的超声波的超声波导220、压电元件210和超声波导220在其中整体地耦合其的外壳230以及用于将电力应用到压电元件210的电源线240。

[0019] 然而,根据此配置,声压的相对均匀的分布在近场内沿距压电元件一定距离周期性显示,但声压集中到压电元件的中间并最终集中到尖端的中间,其中超声波最后被传递到远场接近近场的部分中的被清洁对象,如图3所示。

[0020] 在这种情况下,声压集中到尖端的中间不仅使均匀清洁困难,而且通过声压所集中的地方处的部分清洁的该部分中的图案可能被损坏。

[0021] 降低声压防止损坏图案使清洁效率变坏。

[0022] 与此同时,常规的超声清洁装置不能有效地清除各种尺寸的外来物质。

[0023] 图4是示出根据常规的超声清洁装置中频率和颗粒污染物大小的清洁效率的图表:在1MHz处,对于大颗粒污染物清洁效率高而对于小颗粒污染物清洁效率低,但是在3MHz处,对于大颗粒污染物清洁效率低而对于小颗粒污染物清洁效率高。

[0024] 也就是说,在具有长波长的低频处,由于空化以大尺寸产生并且空化数量小,大颗粒污染物很好清洁,但是小颗粒污染物数量大不易清洁。

[0025] 相反,在具有短波长的高频处,由于小尺寸空化大量生产并且此时产生的冲击波较弱,小颗粒污染物很好清洁,但大颗粒污染物不易清洁。

[0026] 因此,使用单一频率的常规装置很难有效地清洁不同颗粒大小的污染物。

[0027] 所公开的第3927936号日本专利注册解决了在采用单一频率的情况下清洁效率低的缺点。

[0028] 如图5所示,第3927936号日本专利注册包括转台600和多个超声振荡器700,在转台600中支撑构件的上部分在圆盘上形成,每个超声振荡器在与另一个超声振荡器不同的频率处驱动,这些超声振荡器在从转台的中间到转台的外围的方向上平行布置。

[0029] 也就是说,这项技术是通过布置平行的超声振荡器来有效地清洁不同的颗粒污染物,这些平行的超声振荡器被在相互不同的频率处驱动并沿晶片W的径向方向具有矩形长度。

[0030] 然而,根据这项技术,由于超声振荡器沿径向方向是长的,横波被产生并且所产生的峰值声压在纵向方向上显示,所以声压分布不均匀。

[0031] 因此,精细图案可能被峰值声压损坏,而减弱振动来降低这个峰值声压不能保证有效的清洁。

[0032] 此外,由于超声振荡器不是扫描类型而是不管声压的不均匀分布的固定类型,改善声压的不均匀分布是不可能的。

[0033] 公开

[0034] 技术问题

[0035] 本发明的目的是提供超声精密清洁装置,其向被清洁对象供应清洁液并将从压电

元件产生的超声波传递穿过超声波导到达所供应的清洁液,其中垂直孔在压电元件的中间形成,这形成发送器(或换能器)或超声波导使得声压不集中而是在广泛区域均匀产生。

[0036] 本发明的另一目的是提供超声精密清洁装置,其通过实行清洁同时发送器(或换能器)以扫描方式在旋转晶片上移动来允许在旋转晶片的整个区进行均匀清洁。

[0037] 本发明的又一目的是提供超声精密清洁装置,其通过使用在彼此不同的频率处驱动发送器(或换能器)应用至少两个不同频率的超声波到被清洁对象,可以提高对各种颗粒大小的污染物的清洁效率。

[0038] 技术方案

[0039] 为了实现本发明的目的,本发明提供超声精密清洁装置,其包括:用于向被清洁对象供应清洁液的清洁液供应器;具有陶瓷主体和分别沉积到陶瓷主体的上部分和下部分的上和下电极并产生超声波的压电元件;耦合到压电元件的尖端、置于被清洁对象的对面以及传递从压电元件产生的超声波到被清洁对象的超声波导,其中压电元件或超声波导的中间形成有垂直孔。

[0040] 有利效果

[0041] 根据本发明,由于垂直孔在压电元件或超声波导的中间形成,高声压环绕垂直孔广泛分布,从而能够提高清洁效率。

[0042] 此外,根据本发明,通过使用在至少两个不同的频率处驱动的压电元件应用不同频率的超声波能够提高清洁效率,无论颗粒污染物的大小。

[0043] 附图描述

[0044] 从结合附图给定的优选实施方式的下面描述,本发明的上述和其他目的、特点和优势将变得明显,其中:

[0045] 图 1 是示出常规的超声清洁装置的视图。

[0046] 图 2 是示出另一常规的超声清洁装置的视图。

[0047] 图 3 是示出由常规的超声清洁装置产生的声压分布的视图。

[0048] 图 4 是根据常规的超声清洁装置中频率和颗粒污染物大小的清洁效率的图表。

[0049] 图 5 是示出使用多频率的常规单一晶片超声清洁装置的结构视图。

[0050] 图 6 是根据本发明的第一实施方式的超声精密清洁装置的分解透视图。

[0051] 图 7-图 9 和图 11-图 15 是示出图 6 的超声精密清洁装置的改进实施方式的视图。

[0052] 图 10 是示出图 9 的压电元件的布置的视图。

[0053] 图 16 是根据本发明的第二实施方式的超声精密清洁装置的分解透视图。

[0054] 图 17-图 23 是示出图 16 的超声精密清洁装置的改进实施方式的视图。

[0055] 图 24 是示出通过本发明的超声精密清洁装置峰值声压的分布中的改善的图表。

[0056] 图 25 是示出通过本发明的超声精密清洁装置产生的声压的分布的视图。

[0057] 主要元件的详述

[0058] 1:清洁液供应器

[0059] 11:清洁液

[0060] 2:发送器(或换能器)

[0061] 21:压电元件

[0062] 21a:上电极

- [0063] 21b :下电极
- [0064] 21c :陶瓷主体
- [0065] 211 :垂直孔
- [0066] 22 :超声波导
- [0067] 221 :垂直孔
- [0068] 23 :外壳
- [0069] 24 :电源线
- [0070] 3 :被清洁对象
- [0071] 最佳模式

[0072] 在下文中,将参考附图详细描述本发明的实施方式。

[0073] 图 6 是根据本发明的第一实施方式的超声清洁装置的分解透视图,并且根据本发明的第一实施方式的超声清洁装置包括清洁液供应器 1 和发送器(或换能器)2。

[0074] 在本文中,清洁液供应器 1 置于被清洁对象 3 的上方,其间具有预定间隙,并将清洁液 11 供应给被清洁对象 3。

[0075] 发送器(或换能器)2 置于被清洁对象 3 的对面并产生超声波,然后所产生的超声波穿过清洁液传递到被清洁对象 3。

[0076] 在此时,发送器(或换能器)2 包括超声波导 22、超声波导 22 中设置的压电元件 21,外壳 23 和电源线 24,并且在晶片的上表面上以扫描方式移动来均匀地清洁旋转晶片的整个表面。

[0077] 在本文中,压电元件 21 应用来自外面的电力进行振荡,并且包括陶瓷主体 21c 以及分别沉积在陶瓷主体 21c 的上表面和下表面上的上电极和下电极。

[0078] 此外,压电元件 21 和超声波导 22 整体地耦合到外壳 23,并且外壳 23 在其内部提供有电源线 24 用于将电力应用到压电元件 21。

[0079] 根据本发明的特征,压电元件 21 优选地形成垂直孔 211。

[0080] 也就是说,如图 6 所示,垂直孔 211 可形成以穿透陶瓷主体 21c 和上电极 21a 及下电极 21b。

[0081] 可选地,垂直孔 211 可形成在上电极 21a 和下电极 21b 的至少一个的中间,处于只有电极层而非陶瓷层被清除的形状中:如图 7 所示,垂直孔 211 在上电极 21a 的中间而非陶瓷主体 21c 中形成,或者如图 8 所示,在下电极 21b 的中间而非在陶瓷主体 21c 中形成,或在另一改进实施方式中在上电极 21a 和下电极 21b 两者中而非在陶瓷主体 21c 中形成。

[0082] 根据上述本发明的第一实施方式,由于垂直孔 211 在压电元件 21 的中间形成时,高声压环绕垂直孔 211 广泛分布并且穿过超声波导 22 传递到被清洁对象 3,从而能够提高清洁效率。

[0083] 此外,在本发明的第一实施方式中,压电元件 21 可在至少两个不同频率处驱动。

[0084] 根据本发明的第一实施方式的改进实施方式,如图 9 所示,在超声波导 22 中设置有数量至少为两个的压电元件 21,并且每个压电元件 21 可在与另一个压电元件不同的频率处驱动。

[0085] 例如,压电元件可包括在 1MHz 驱动的压电元件 21 和在 3MHz 驱动的压电元件 21;如图 10 的 (a) 中所示,压电元件 21 具有圆形形状并彼此间隔开,如 (b) 中所示,一个压电

元件 21 被放置在外部具有环形形状而另一压电元件 21 被放置在内部具有圆形形状, 或如 (c) 和 (d) 中所示, 压电元件 21 具有半圆形状并且彼此间隔开且彼此相对。

[0086] 此外, 压电元件 21 可置于超声波导 22 上彼此不同的高度处, 如图 11 所示。

[0087] 根据本发明的第一实施方式的另一改进实施方式, 如图 12 所示, 可设置有数量至少为两个的超声波导 22, 每个超声波导 22 可设置有至少一个压电元件 21 并且每个压电元件 21 可以在与另一个压电元件不同的频率处驱动。

[0088] 此外, 如图 13 所示, 每个超声波导可具有与另一个超声波导不同的高度。

[0089] 与此同时, 虽然在本发明的第一实施方式中, 远场区中的超声波导 22 传递从压电元件 21 产生的超声波, 但是如图 14 所示, 传递超声波穿过近场区中的超声波导是可能的并且对其的详细描述将被省略, 因为除超声波导以外的其余结构和修改与上述本发明的第一实施方式是相同的。

[0090] 此外, 虽然在本发明的第一实施方式中, 垂直孔 211 只在压电元件 21 的中间形成, 但是根据另一方面, 如图 15 所示, 垂直孔 211 可在超声波导 22 的中间形成。

[0091] 进一步, 虽然本文中超声波导 22 的垂直孔 221 在超声波导 22 的某上部分形成, 但是垂直孔 221 可在超声波导 22 的某下部分形成或者形成以在上部分和下部分之间垂直地穿透。

[0092] 图 16 是根据本发明的第二实施方式的超声清洁装置的分解透视图。

[0093] 参考图 16, 本发明的超声清洁装置包括清洁液供应器 1 和发送器 (或换能器) 2。

[0094] 在本文中, 清洁液供应器 1 置于被清洁对象 3 的上方, 其间具有预定间隙, 并将清洁液 11 供应给被清洁对象 3。

[0095] 发送器 (或换能器) 2 置于被清洁对象 3 的对面并产生超声波, 然后所产生的超声波穿过清洁液传递到被清洁对象 3。

[0096] 在此时, 发送器 (或换能器) 2 包括超声波导 22、超声波导 22 中提供的压电元件 21, 外壳 23 和电源线 24, 并且在晶片的上表面上以扫描方式移动来均匀地清洁旋转晶片的整个表面。

[0097] 也就是说, 现有的发送器 (或换能器) 是固定类型并因而很难用其均匀地清洁旋转晶片的整个区, 但是在本发明中, 由于发送器 (或换能器) 以扫描方式在旋转晶片上移动并清洁旋转晶片, 实行均匀清洁是可能的。

[0098] 在本文中, 压电元件 21 应用来自外面的电力进行振荡, 并且包括陶瓷主体 21c 以及分别沉积在陶瓷主体 21c 的上表面和下表面上的上电极 21a 和下电极 21b。

[0099] 此外, 压电元件 21 和超声波导 22 整体地耦合到外壳 23, 并且外壳 23 在其内部设置有电源线 24。

[0100] 根据本发明的特征, 压电元件 21 优选地在其中间形成垂直孔 211。

[0101] 也就是说, 由于从压电元件 21 产生的超声波集中到压电元件 21 的中间, 在清洁精细图案时, 可能会造成损坏或降低清洁效率, 但是根据本发明的第一实施方式, 由于垂直孔 211 在压电元件 21 的中间形成, 高声压环绕垂直孔 211 广泛分布, 从而能够提高清洁效率。

[0102] 虽然图 16 中超声波导 22 的垂直孔 221 在超声波导 22 的某上部分形成, 但是如图 17 所示, 垂直孔 221 可在超声波导 22 的某下部分形成或如图 18 所示形成以在上部分和下部分之间垂直地穿透。

[0103] 与此同时,在本发明的第二实施方式中,压电元件 21 可在至少两个不同频率处驱动。

[0104] 也就是说,如果压电元件在单一频率处驱动,则很难有效地清洁不同大小的污染物,或由于旋转晶片是固定类型无法实行均匀清洁,或精细图案可能被沿纵向方向是长的超声发送器(或换能器)的声压分布中峰值声压强劲所在的部分损坏,即使压电元件在不同频率处驱动,但是本发明以扫描方式移动产生不同频率的发送器(或换能器)以实行均匀清洁。

[0105] 换句话说,由于有关大尺寸颗粒污染物和小尺寸颗粒污染物的清洁效率根据使用超声波清洁的频率而不同,在本发明中需要应用不同频率以提高有关大尺寸颗粒污染物和小尺寸颗粒污染物两者的清洁效率。

[0106] 因此,通过使用在至少两个不同频率处驱动的压电元件,本发明可以提高清洁效率,无论颗粒污染物的大小。

[0107] 在另一实施方式中,如图 19 所示,超声波导 22 可设置有至少两个压电元件 21 并且每个压电元件 21 可在与另一个压电元件不同的频率处驱动。

[0108] 对于这样的压电元件 21 的详细形状和布置,可参考图 10 和对图 10 的描述。

[0109] 在本文中,压电元件 21 可置于超声波导 22 上彼此不同的高度处,如图 20 所示。

[0110] 可选地,如图 21 所示,可设置有数量至少为两个的超声波导 22,每个超声波导 22 可设置有至少一个压电元件 21 并且每个压电元件 21 可以在与另一个压电元件不同的频率处驱动。

[0111] 在改进的实施方式中,如图 22 所示,每个超声波导 22 可具有与另一个超声波导不同的高度。

[0112] 与此同时,虽然在本发明的第二实施方式中,远场区中的超声波导 22 传递从压电元件 21 产生的超声波,但是如图 23 所示,传递超声波穿过近场区中的超声波导是可能的并且对其的详细描述将被省略,因为除超声波导以外的其余结构和修改与上述本发明的第二实施方式是相同的。

[0113] 图 24 是示出根据本发明的通过超声精密清洁装置的峰值声压的分布中的改善的图表。

[0114] 在图 24 中,(a) 示出根据改善前的部分的区域分布以及 (b) 示出根据改善后的部分的区域分布,其中 x 轴表示声压强度和 y 轴表示频率。

[0115] 在 (a) 中,主要分布 10% 或更少的声压以及 20% 或更多的高声压被集中性地显示在中间。

[0116] 在 (b) 中,10% 或更多的高声压均匀地分布而不集中到特定部分。

[0117] 如上所述,由于垂直孔在超声波导或压电元件的中间形成并因而高声压环绕垂直孔广泛分布,本发明可以提升清洁效率。

[0118] 本申请包含涉及 2008 年 10 月 2 日在韩国知识产权局提交的第 10-2009-0023661 号韩国专利申请的主题,其的全部内容通过引用并入本文。

[0119] 虽然已经关于具体实施方式描述了本发明,但是对于本领域的那些技术人员来说将明显的是,可进行各种变化和修改而不偏离下面权利要求中限定的本发明的精神和范围。

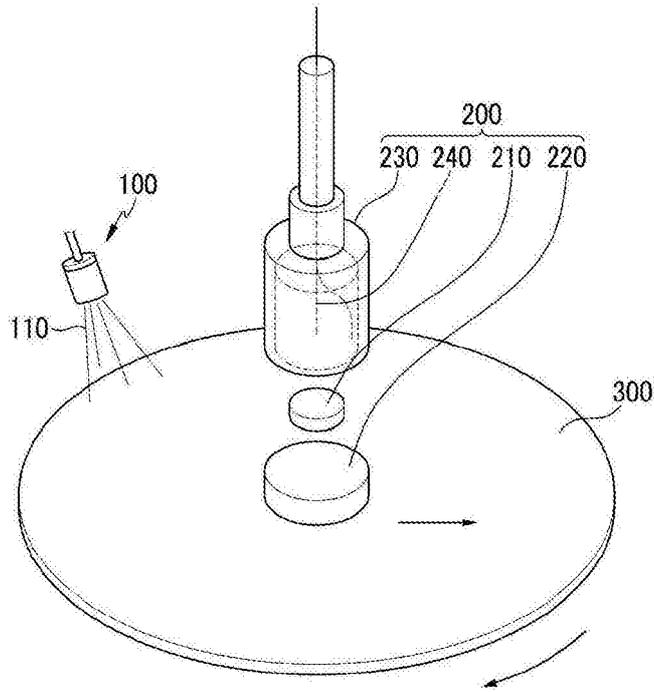


图 1

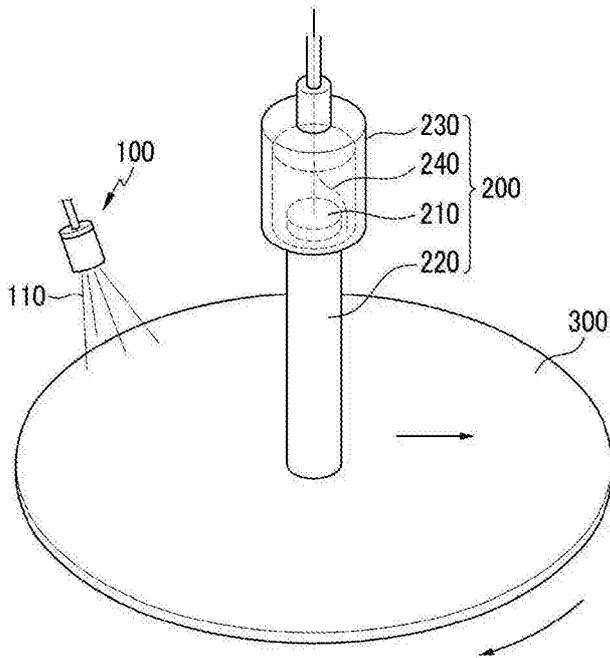


图 2

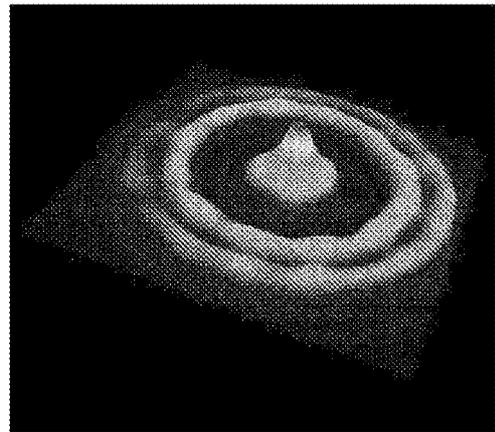


图 3

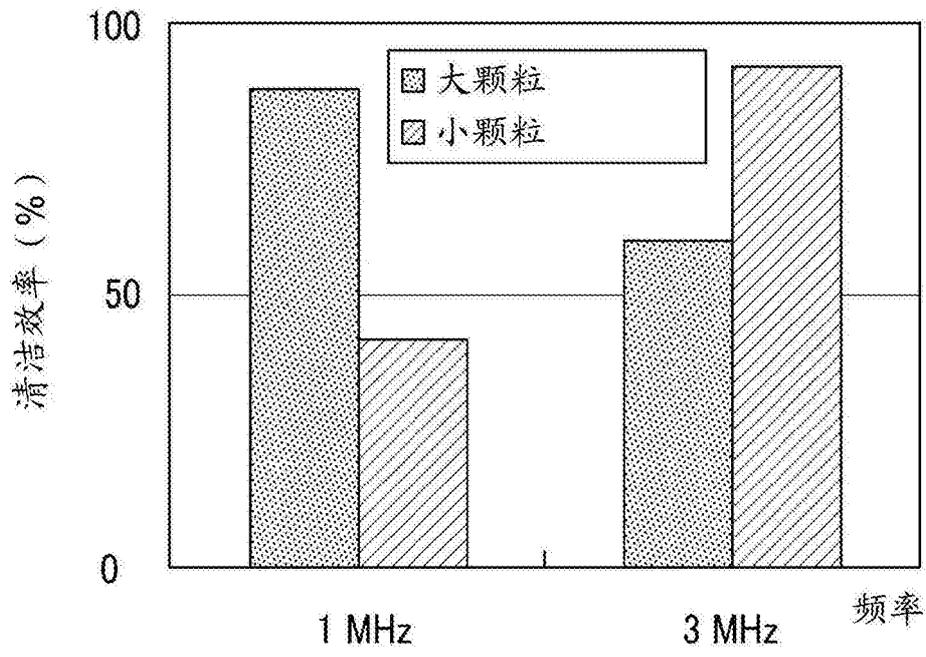


图 4

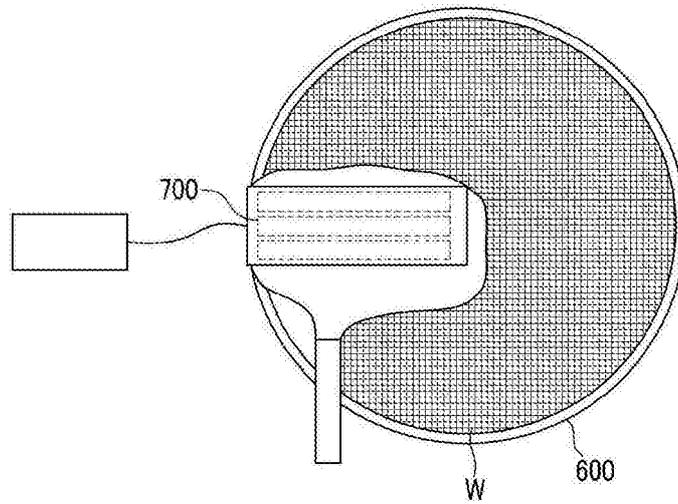


图 5

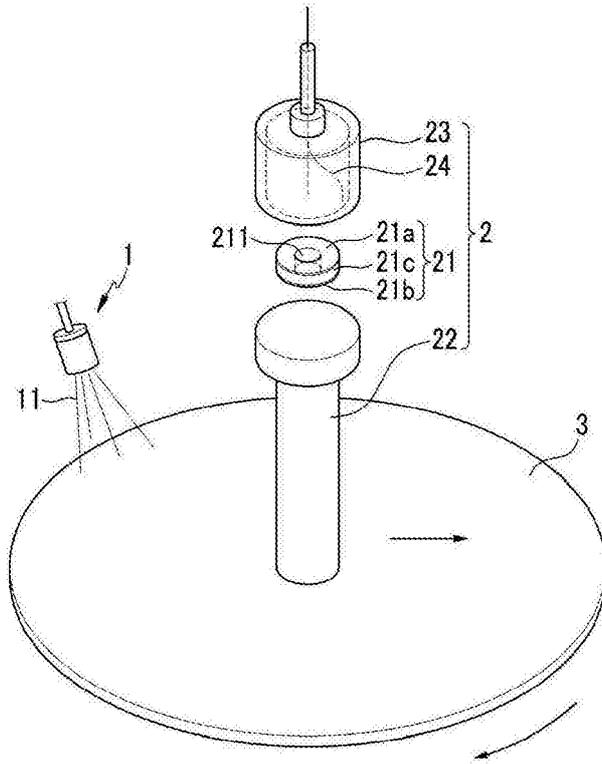


图 6

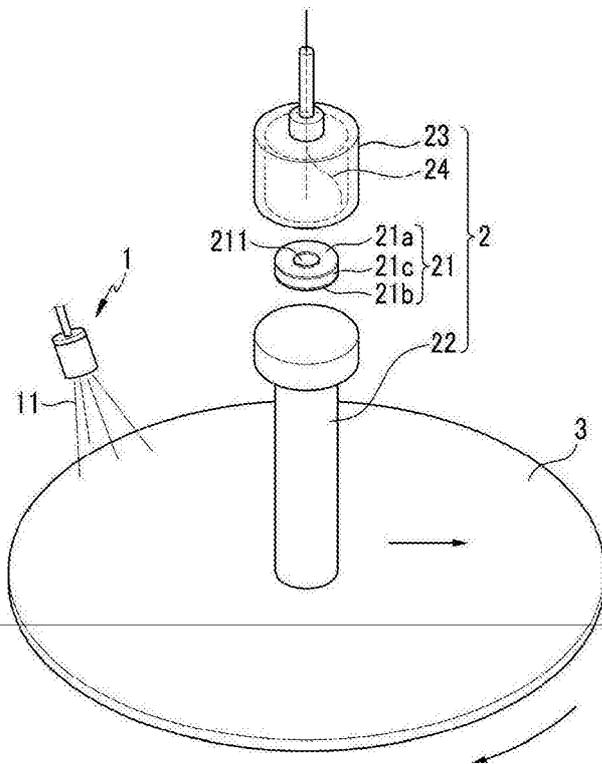


图 7

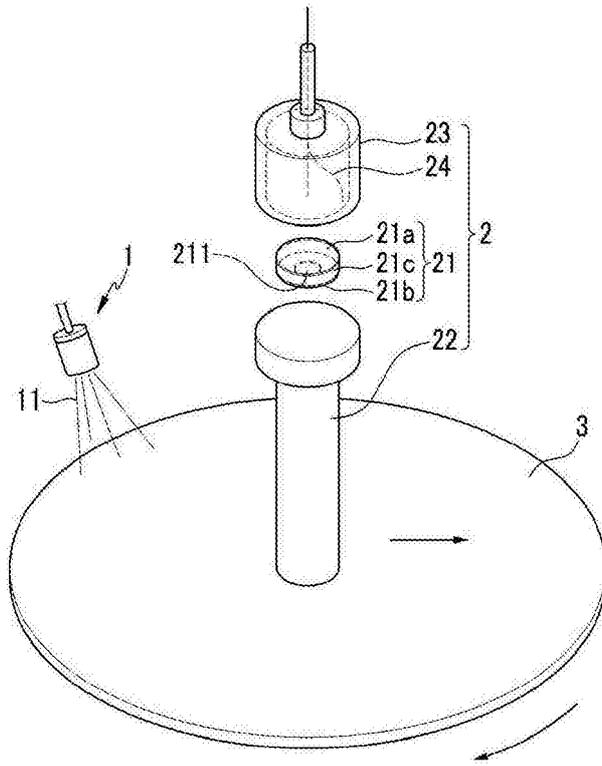


图 8

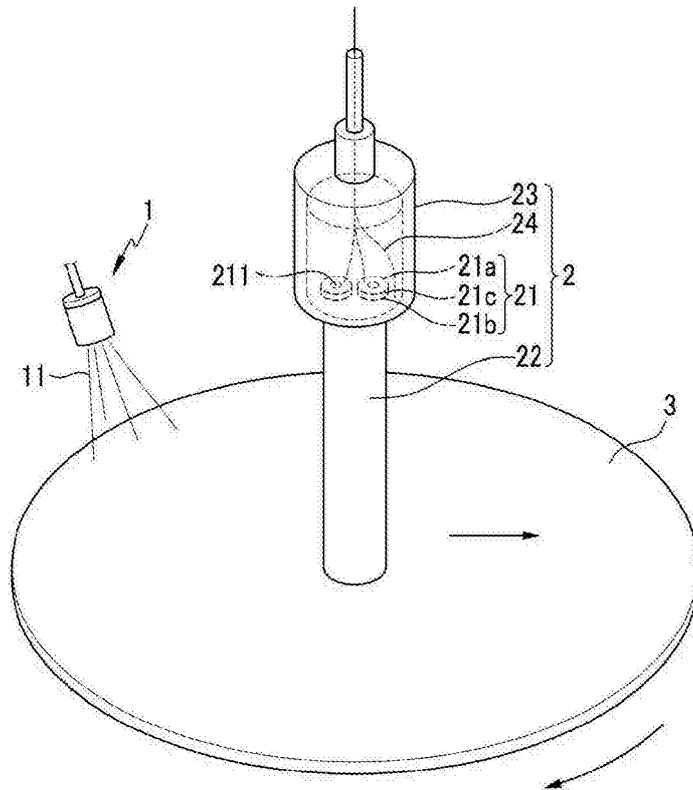


图 9

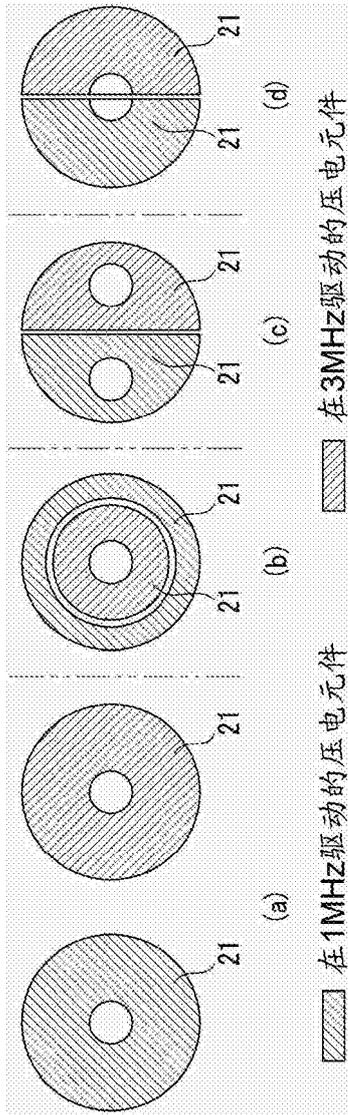


图 10

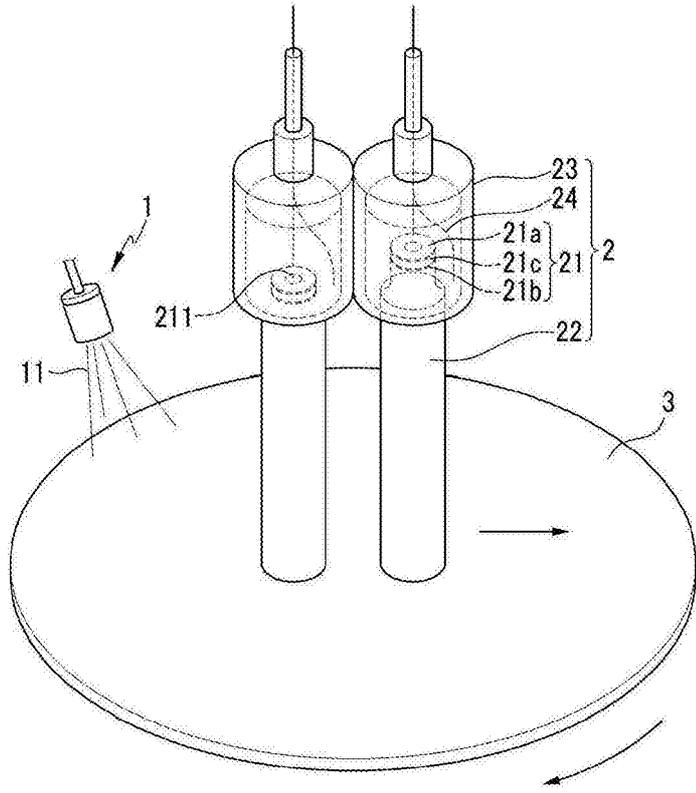


图 11

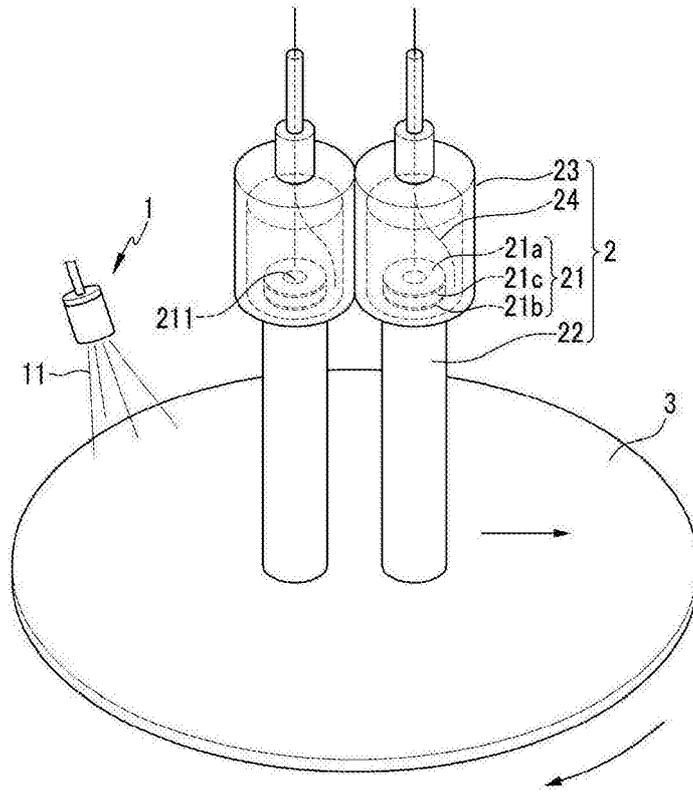


图 12

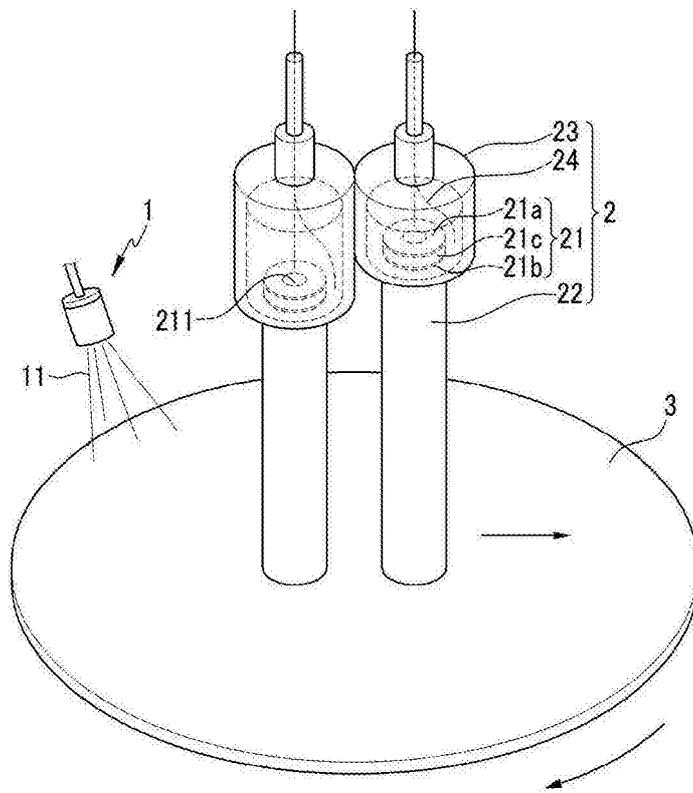


图 13

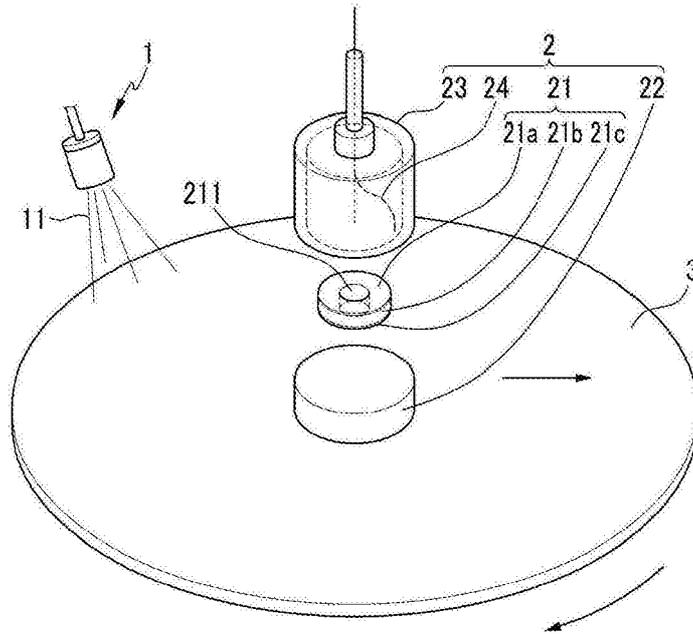


图 14

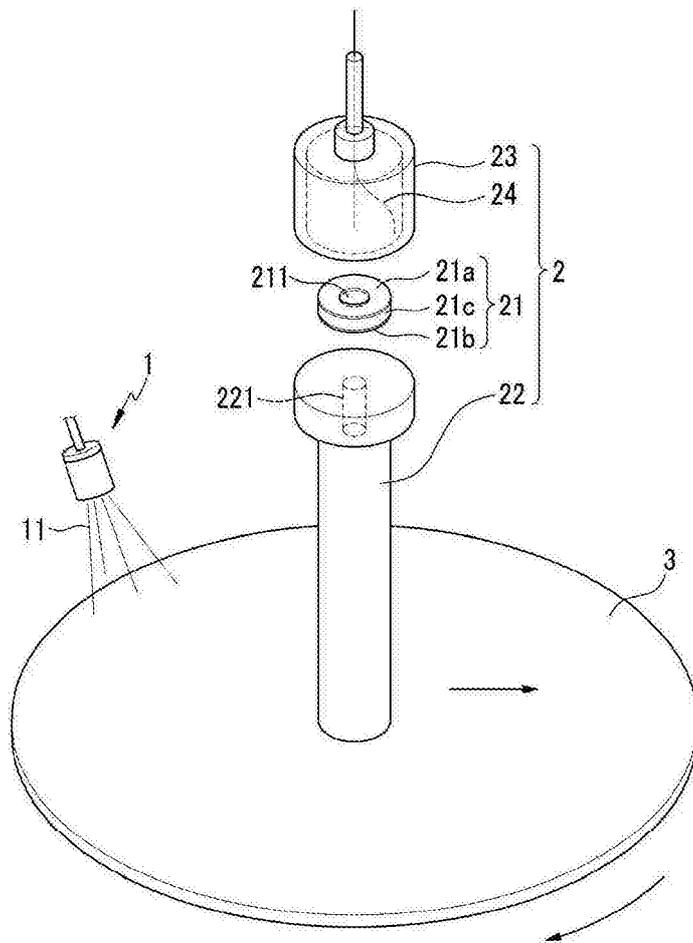


图 15

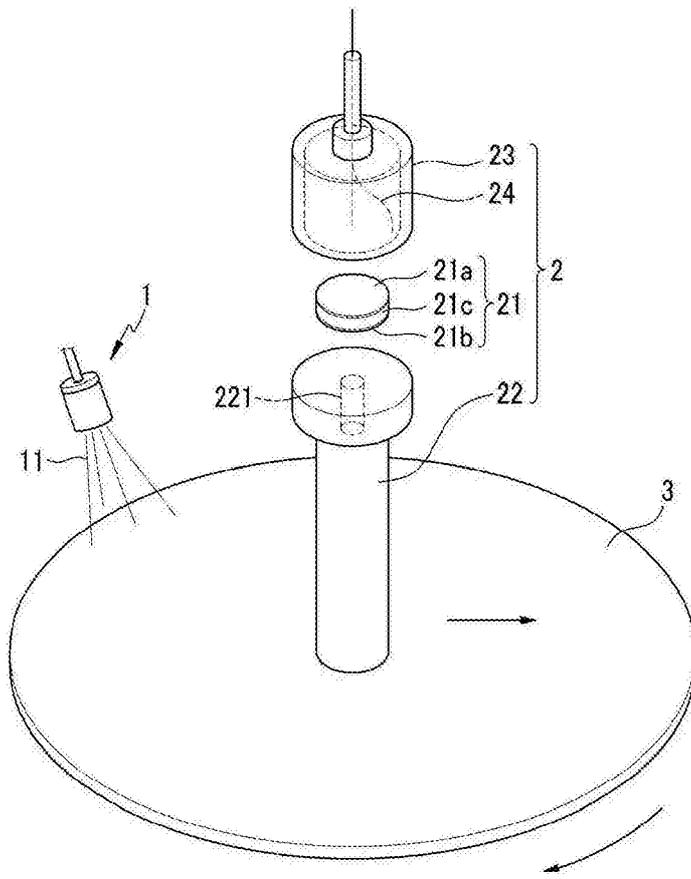


图 16

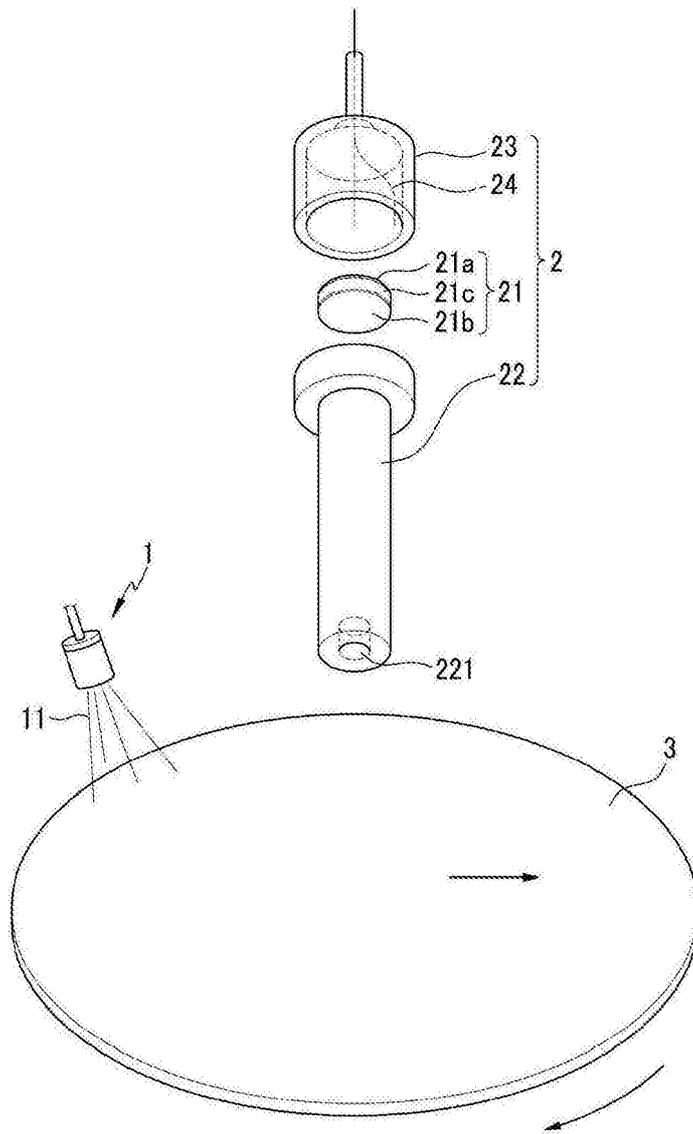


图 17

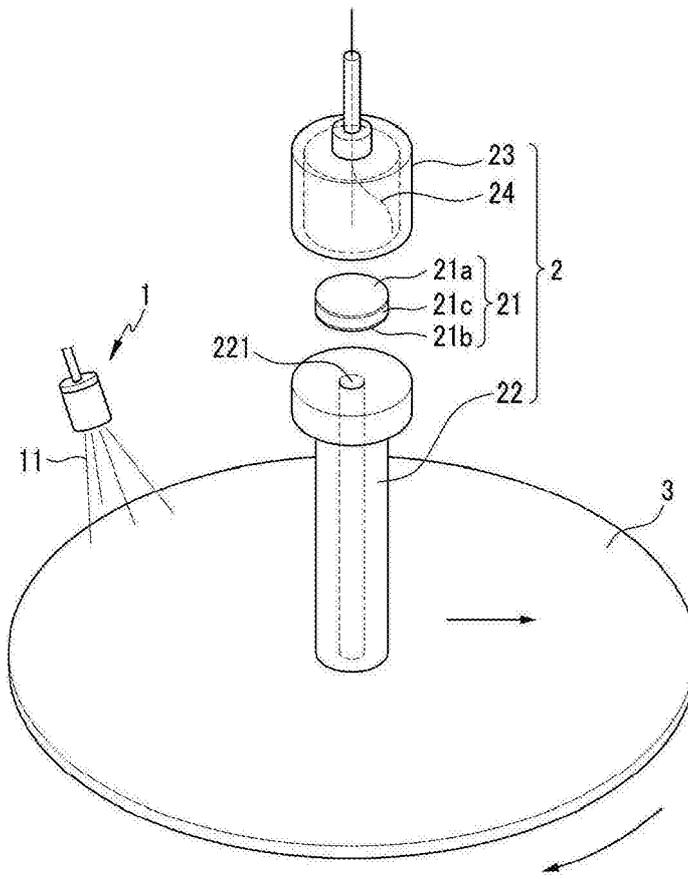


图 18

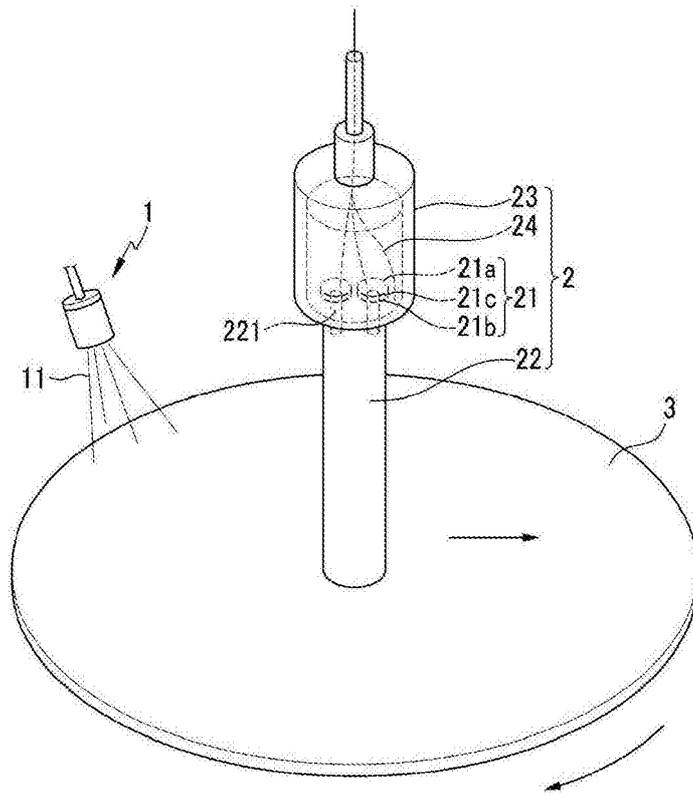


图 19

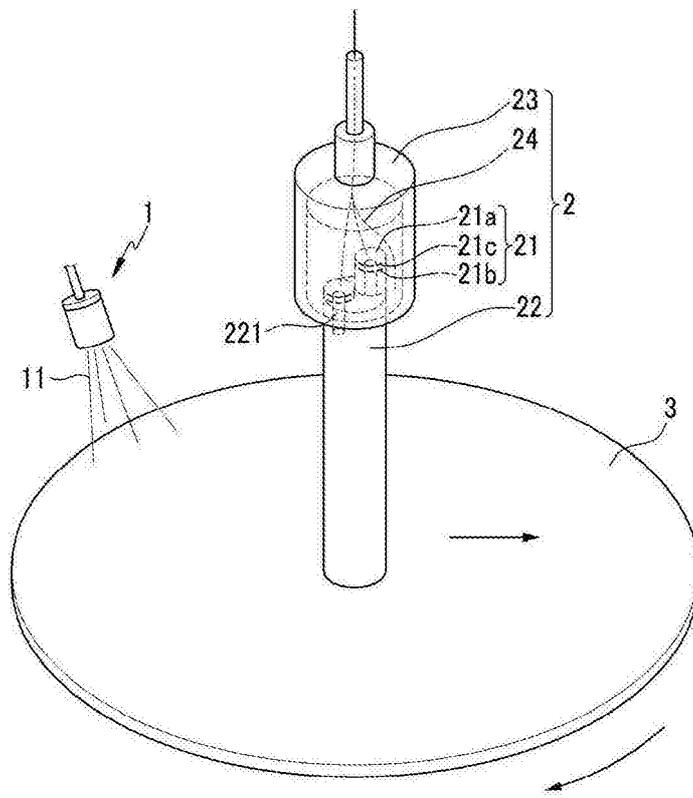


图 20

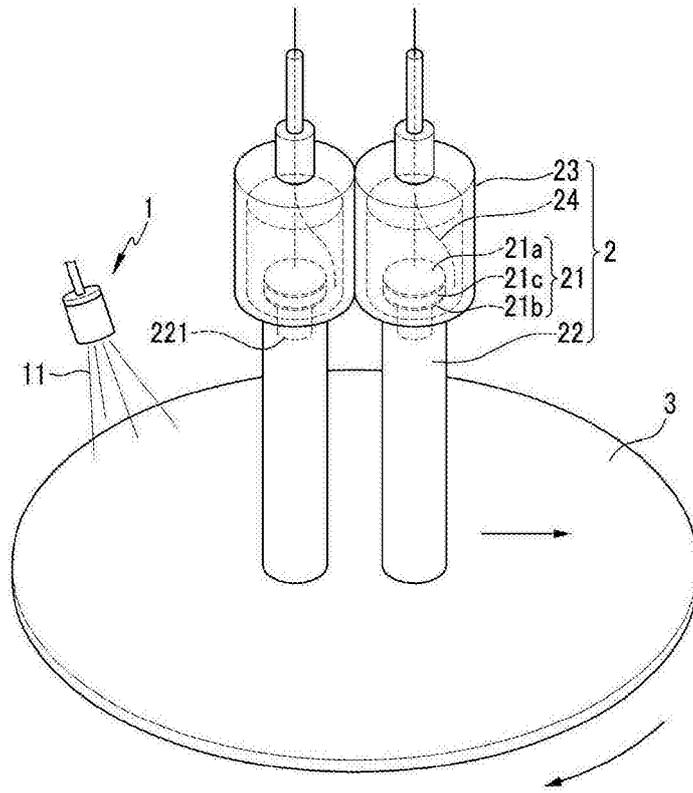


图 21

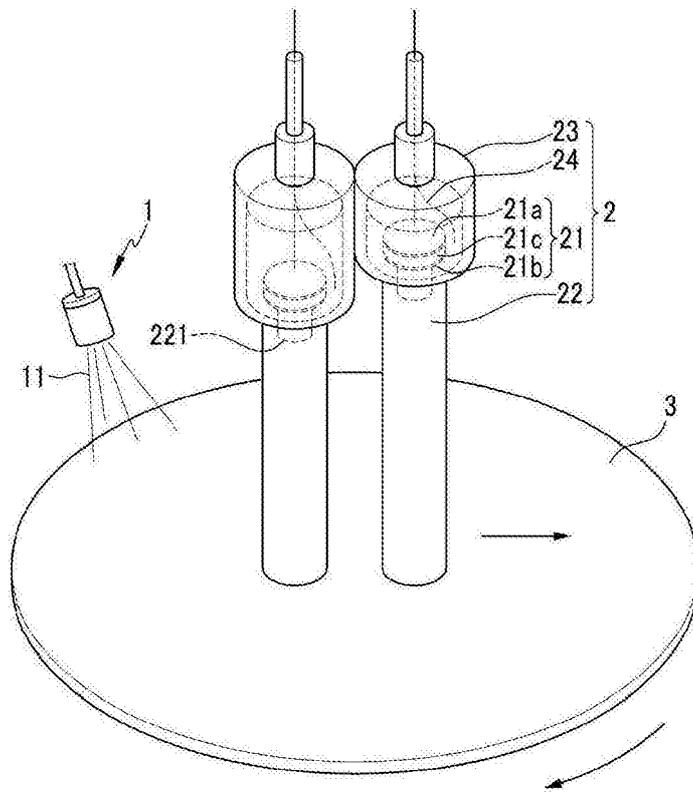


图 22

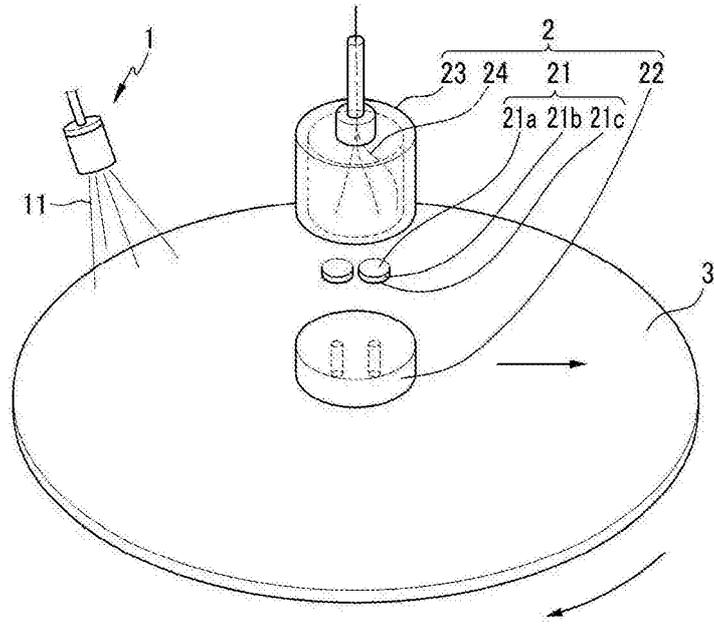


图 23

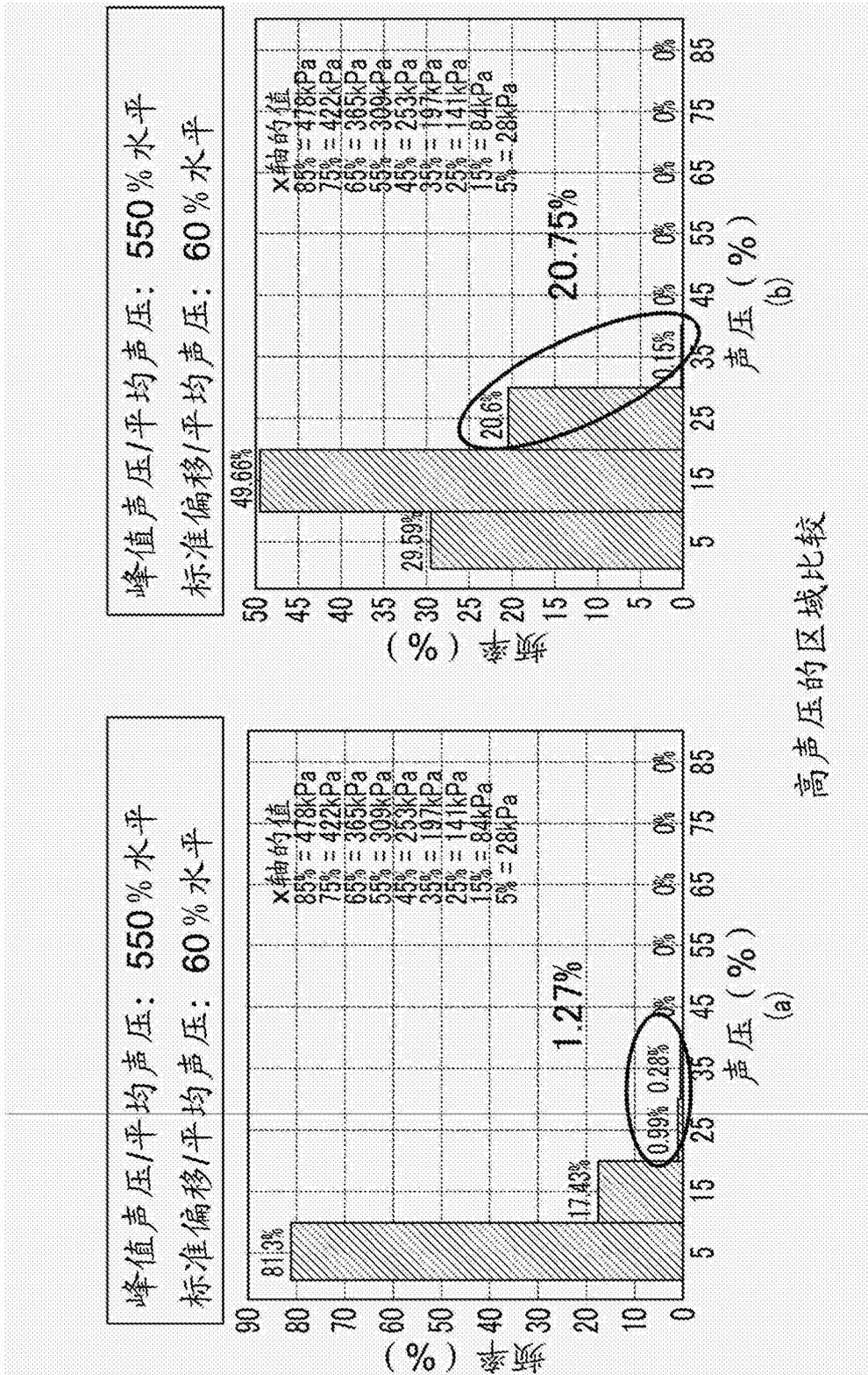


图 24

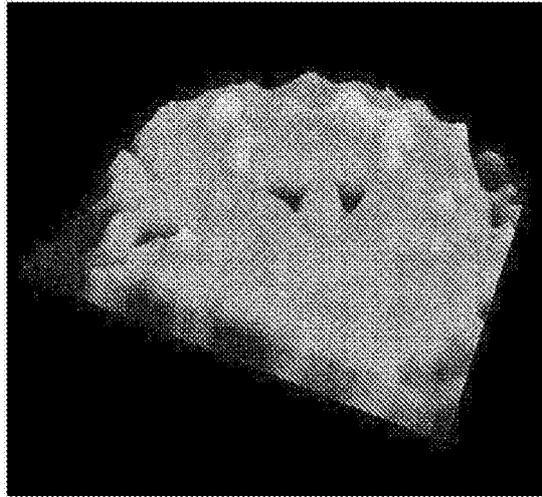


图 25