



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105716630 B

(45)授权公告日 2019.08.23

(21)申请号 201610064253.4

(74)专利代理机构 北京市金杜律师事务所

11256

(22)申请日 2010.12.29

代理人 王茂华

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 105716630 A

(51)Int.Cl.

G01D 3/036(2006.01)

(43)申请公布日 2016.06.29

G01D 5/241(2006.01)

(30)优先权数据

G01B 7/02(2006.01)

61/291,411 2009.12.31 US

G03F 9/00(2006.01)

(62)分案原申请数据

(56)对比文件

201080065060.1 2010.12.29

GB 2131176 B,1986.02.19,全文.

(73)专利权人 ASML荷兰有限公司

WO 97/29391 A1,1997.08.14,全文.

地址 荷兰维德霍温

JP 特开2001-91205 A,2001.04.06,全文.

(72)发明人 G.德波尔 J.J.J.范巴尔

US 2008/0100425 A1,2008.05.01,全文.

K.P.帕德耶 R.莫赛尔 N.弗吉尔
S.W.H.K.斯廷布林克

US 6335684 B1,2002.01.01,全文.

JP 特开2004-279081 A,2004.10.07,全文.

CN 1708672 A,2005.12.14,全文.

审查员 尹眉

权利要求书2页 说明书24页 附图24页

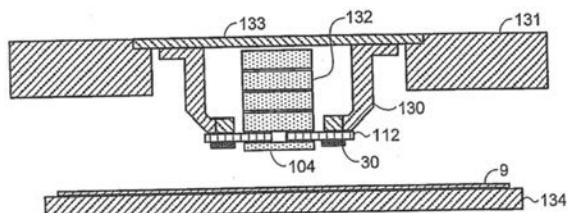
(54)发明名称

一种用于光刻机器的集成传感器系统的电容式感测系统

(57)摘要

一种用于光刻机器的集成传感器系统的电容式感测系统,该电容式感测系统包括用于测量所述电容式传感器与靶材之间的距离的两个或更多个电容式传感器、用于为所述电容式传感器供电的一个或多个AC电源、以及用于处理来自所述电容式传感器的信号的信号处理电路,其中所述传感器被成对配置,其中所述一个或多个AC电源被配置成以交流电流或电压为一对传感器中的第一传感器供电,该交流电流或电压与供应给该对传感器中的第二传感器的电流或电压相位相差180度,且其中所述信号处理电路配置成从该对传感器中的每一传感器接收输出信号,并基于接收到的输出信号产生有关于该对传感器与靶材间的平均距离的测量数值。

CN 105716630 B



1. 一种用于光刻机器的集成传感器系统的电容式感测系统,该电容式感测系统包括用于测量电容式传感器与靶材之间的距离的两个或更多个所述电容式传感器、用于为所述电容式传感器供电的一个或多个AC电源、以及用于处理来自所述电容式传感器的信号的信号处理电路,其中所述传感器被成对配置并被构成极为接近最后聚焦组件,

其中所述一个或多个AC电源被配置成以交流电流或电压为一对传感器中的第一传感器供电,该交流电流或电压与供应给该对传感器中的第二传感器的电流或电压相位相差180度,且

其中一对所述传感器被配置成极为接近并且提供用于单个测量距离值的测量单元,所述信号处理电路配置成从该对传感器中的每一传感器接收输出信号,并基于接收到的输出信号产生有关于该对传感器与靶材间的平均距离的测量数值。

2. 如权利要求1所述的电容式感测系统,其中所述感测系统包括多组成对的传感器,且其中所述信号处理电路针对每一对传感器产生差动式测量。

3. 如权利要求2所述的电容式感测系统,其中藉由在供电信号的第一半周期期间及该供电信号的第二半周期期间分别将传感器输出信号相加,并将各相加后的数值相减,产生所述差动式测量。

4. 如权利要求1所述的电容式感测系统,其中所述传感器被以具有恒定斜率和振幅的三角形电压波形供电。

5. 如权利要求1所述的电容式感测系统,其中每一对传感器均形成于薄膜绝缘基座层上并且彼此接近,且一对传感器中的每一传感器均包括形成于所述绝缘基座层的第一表面上的单独的薄膜感测电极以及定位在所述绝缘基座层的第二表面上的单独的薄膜背护电极。

6. 如权利要求5所述的电容式感测系统,其中每一对传感器均进一步包括第二绝缘层,具有与所述背护电极相邻的第一表面,以及设置在所述第二绝缘层的第二表面上的薄膜屏蔽电极,其中所述第二绝缘层和所述屏蔽电极由所述对传感器中的两个传感器共享。

7. 如权利要求1所述的电容式感测系统,其中所述电容式感测系统包括四个或更多个电容式传感器,所述电容式传感器被配置成对,且其中第一对传感器中的每一传感器被供应以交流电流或电压,其相位不同于供应给相邻的第二对传感器中每一传感器的电流或电压。

8. 如权利要求7所述的电容式感测系统,其中供应给相邻传感器对的电流或电压相位相差90度。

9. 如权利要求1所述的电容式感测系统,其中所述电容式传感器各自包括薄膜结构,所述薄膜结构是可挠性的。

10. 如权利要求5所述的电容式感测系统,其中每一传感器的背护电极的周边部分延伸超过该传感器的感测电极,以形成大致环绕所述感测电极的侧护电极,该周边部分设置在所述绝缘基座层的第二表面上。

11. 如权利要求5所述的电容式感测系统,其中每一传感器均包括单独的薄膜侧护电极,其形成于所述绝缘基座层的第一表面上,该侧护电极相邻于所述传感器的感测电极形成并定义出在所述侧护电极与所述感测电极之间的间隙,且其中所述侧护电极电连接所述传感器的背护电极。

12. 如权利要求5所述的电容式感测系统,其中每一传感器均进一步包括长形连接构件,该构件包含导电轨道印刷或附着于其上的可挠性膜片,所述导电轨道在一端电连接至所述传感器的感测电极和背护电极而在另一端电连接至连接器。

13. 如权利要求12所述的电容式感测系统,其中所述导电轨道形成于绝缘层上,且其中所述绝缘层包括所述感测电极和所述背护电极形成于其中的第一区域以及所述导电轨道形成于其上的第二长形区域。

14. 如权利要求中12所述的电容式感测系统,其中所述绝缘基座层包括所述感测电极和所述背护电极形成于其中的第一区域,以及所述导电轨道形成于其上的第二长形区域,所述导电轨道在一端电连接至所述感测电极和所述背护电极而在另一端电连接至连接器。

15. 如权利要求1所述的电容式感测系统,其中用于处理来自所述电容式传感器的信号的所述信号处理电路包括同步侦测电路,其具有振荡器和相位偏移电路以产生驱动一个或多个AC电源的信号。

16. 如权利要求15所述的电容式感测系统,进一步包括用于所述相位偏移电路的调整的自动校准算法。

17. 如权利要求16所述的电容式感测系统,其中所述自动校准算法调整所述相位偏移电路的相位偏移,以最大化混频器电路的输出。

18. 如权利要求16所述的电容式感测系统,其中所述自动校准算法将所述相位偏移电路的相位偏移调整成大致等于发生于所述感测系统中的相位偏移。

19. 如权利要求16所述的电容式感测系统,其中所述自动校准算法调整用于驱动所述一个或多个AC电源的信号。

20. 如权利要求1所述的电容式感测系统,其中每一传感器均连接于电桥电路中,该电桥电路具有并联的第一桥柱和第二桥柱,该第一桥柱包括彼此串联并在第一节点处连接在一起的第一阻抗和可变电容,且该第二桥柱包括彼此串联并在第二节点处连接在一起的第二阻抗和所述传感器,该系统进一步包括差动放大器,用于测量跨所述电桥电路的所述第一和第二节点的电压差。

21. 如权利要求20所述的电容式感测系统,其中所述AC电源跨接所述电桥电路的所述第一和第二桥柱。

22. 如权利要求20所述的电容式感测系统,其中所述第一和第二阻抗是固定的,且具有同一阻抗值。

23. 如权利要求20所述的电容式感测系统,其中所述电桥电路和所述差动放大器被集成到共同基板上,所述第一和第二阻抗及所述传感器均形成于该基板上。

一种用于光刻机器的集成传感器系统的电容式感测系统

[0001] 本申请是申请日为2010年12月29日、申请号为201080065060.1、发明名称为“集成传感器系统”的专利申请的分案申请。

技术领域

[0002] 本发明涉及一种用于测量距离的电容式传感器 (capacitive sensor) , 特别是用于在光刻设备 (lithography apparatus) 中测量距靶材 (target) 的距离的电容式传感器。

背景技术

[0003] 带电微粒以及光学光刻机器和检查机器 (inspection machine) 用于将图案曝显于晶圆和其他靶材之上, 这典型地是半导体装置制造流程的一部分。在光刻系统之中, 通常藉由光刻机器所发出的光学或微粒曝光射束针对晶圆的多个位置进行曝光。晶圆通常置放在晶圆固定台上, 且典型地藉由控制该晶圆固定台相对于固定的电子/光学柱体的平移而实现上述的多重曝光。这些曝光通常在晶圆的表面连续执行。

[0004] 待进行曝光的晶圆表面几乎绝不会是完全平整的。典型的晶圆在未箝制到晶圆固定台的情形下可以在其中具有高达50微米的弯曲。除了上述的晶圆弯曲之外, 晶圆表面可能具有其他不均匀性在其表面上。这些晶圆弯曲和其他不均匀性在晶圆表面造成高度上的变化。为了达到最新光刻机器所需的极高精确度, 必须矫正这种高度上的变化以将被曝光的晶圆表面维持于用于将上述光学或微粒曝光射束聚焦至晶圆上的投射透镜 (projection lens) 的焦面 (focal plane) 之中。

[0005] 支承晶圆的晶圆固定台可以被调整, 以补偿晶圆表面的高度上的变化。可以改变晶圆固定台的高度, 以将待曝光的晶圆表面调整至投射透镜的焦面上。晶圆固定台高度的控制可以利用从测量晶圆表面高度 (例如, 投射透镜与晶圆表面间的距离) 的传感器发送的信号来实现。需要高度灵敏的传感器, 以确保能以最新光刻机器所要求的极度精确性进行晶圆位置的正确控制。已有许多不同种类的传感器被使用于此类应用, 包括电容式探针。然而, 现有的电容式探针以及相关的测量及控制系统均受制于一些缺点。

[0006] 现有的电容式传感器其高度及传感器面积通常很大。图1A及图1B显示现有技术电容式传感器的结构。图1A显示截面图, 而图1B则显示该传感器探针的端视图。导电感测电极 2 被导电防护电极 3 环绕。绝缘层 4 分隔这两个电极, 另一绝缘层 5 可用于将防护电极 3 与外壳 6 隔离。电缆线 7 和连接器 8 将该传感器连接至信号处理系统, 以得到所需的最终测量信号。该传感器的工作范围取决于感测电极 2 之下的感测面积。防护电极 3 被设成与感测电极同一电位, 以将电场限制在感测面积之内, 而在感测电极 2 和靶材 9 之间产生相当均匀的电场。此种结构导致传感器相当高, 通常为大约20毫米的高度, 还导致感测电极相当大。

[0007] 相当大的传感器高度及宽度使得该传感器的位置需要相当程度地远离投射透镜, 因此将由于制造公差和热膨胀导致的传感器与投射透镜间的相对位置的变化而产生误差。现有电容式探针的相当大的尺寸同时还使得多传感器配置中的各个传感器彼此分隔遥远, 因而降低感测系统的空间分辨率, 致使晶圆表面上发生于小区域上的不均匀性难以被侦测

出来。此过宽的间隔还造成较为缓慢的测量处理,从而降低使用此类系统的光刻机器的生产量。

[0008] 英国专利2,131,176描述一种电容距离测量探针,藉由将两片在一侧上沉积有铜质涂层的热塑性聚合物薄膜黏接在一起而制成,使得一片的铜涂覆面接合至另一片的未涂覆面。一片上的暴露铜涂层被分成第一区域和第二区域,其中第一区域构成感测电极,第二区域至少部分地环绕该感测电极,并与另一片上的铜质涂层电气互连以定义出感测电极的防护电极。此架构与图1所示的架构相仿,提供环绕感测电极的防护电极,环绕感测电极的防护电极均形成于同一表面之上且位于分层装置的同一层处。这产生需要在不同导电层间建立电气连接的结构,因而需要较为复杂且成本较高的生产过程。

[0009] 此外,通往这些传感器的接线连接难以制造,且接线引入影响传感器读数的电容而需列入考虑,通常是对传感器及布线工程的组合进行校准。现有传感器需要校准,加上当置换传感器之时传感器接线需要再次校准,使得此种置换变得复杂、耗时且昂贵。

[0010] 第4,538,069号的美国专利描述一种校准用于曝显标线(reticle)的单一电子射束光刻机器的电容高度微测计(capacitance height gage)的方法。该高度微测计先利用激光干涉仪(laser interferometer)在校准设备中进行校准,接着机器被重新定位至光刻台以曝显一标线,而距该十字标线的距离用该电容微测计加以测量。该电容微测计形成于基板上,该基板被固定于电子射束光学模块外壳的底部。标线靶材被接地,而电容微测计被相位相差180°的信号驱动,且来自每一微测计的输出信号被分开处理以产生四个高度测量信号。

发明内容

[0011] 本发明寻求解决或减少上述缺点,而提出一种用于光刻机器的改进集成传感器系统,该系统包括用于将一个或多个曝光射束聚焦至靶材上的投射透镜系统、用于承载靶材的可移动平台、用于进行有关投射透镜系统的最后聚焦组件与靶材的表面之间的距离的测量的电容式感测系统、以及控制单元,控制单元用于至少部分地依据来自电容式感测系统的信号控制可移动平台的移动而调整靶材的位置。该电容式感测系统包括多个电容式传感器,该多个电容式传感器各自包括薄膜结构。电容式传感器和投射透镜系统的最后聚焦组件直接安装至共同基座,且传感器被置于极为接近投射透镜系统的最后聚焦组件的边缘处。

[0012] 至少一些传感器的置放,使得面朝靶材的传感器的感测电极的底部表面在垂直于靶材的表面的z轴方向上,与投射透镜系统的最后聚焦组件的底部表面大致位于同一高度。至少一些传感器可以被配置成具有面朝靶材的传感器的感测电极的底部表面,该靶材被置放在垂直于靶材表面的z轴方向上与投射透镜系统的最后聚焦组件的底部表面相距50微米的范围之内。至少一些传感器的从该传感器的背侧表面到面朝靶材的传感器的感测电极的前侧表面的厚度,可以为50至150微米,优选为大约100微米。该投射透镜系统的该最后聚焦组件可以是100至150微米厚。

[0013] 传感器被置放于接近最后聚焦组件处,且可以被置放在与最后聚焦组件的边缘相距光刻机器的场域尺寸的宽度或长度的范围之内。该最后聚焦组件可以是投射透镜系统的底部组件。该电容式传感器和投射透镜系统的最后聚焦组件直接连接在一起。

[0014] 电容式传感器可以各自包括薄膜结构,该薄膜结构包括第一绝缘层以及包括形成于第一绝缘层的第一表面上的感测电极的第一导电膜,包括背护电极(back guard electrode)的第二导电膜,该背护电极放置在第一绝缘层的第二表面及第二绝缘层的第一表面上,其中背护电极的周边部分延伸超过并环绕感测电极,以形成集成到背护电极的侧护电极(side guard electrode)。这些电容式传感器的薄膜结构可进一步包括第三导电薄膜,其包括置放在第二绝缘层的第二表面上的屏蔽电极(shield electrode)。该薄膜结构可以是可挠性的(flexible)。

[0015] 该电容式感测系统可以包括在感测电极的远程的主动式电子组件,而在传感器处并无主动式电子组件。每一传感器可以进一步包括长形连接构件,该构件包括导电轨道印刷或附着其上的可挠性膜片(flexible membrane),该导电轨道在一端电连接至传感器的感测电极和背护电极,而在另一端电连接至连接器。导电轨道可以形成于第一绝缘层上,且第一绝缘层可以包括感测电极和背护电极位于其中的第一区域以及导电轨道形成于其上的第二长形区域。

[0016] 电容式传感器可以包括多对电容式传感器,其形成于薄膜绝缘基座层上,该薄膜绝缘基座层直接安装至共同基座。该系统可以进一步包括一个或多个AC电源,该一个或多个AC电源配置成以交流电流或电压供电给一对传感器中的第一传感器,该交流电流或电压与供给该对传感器中的第二传感器的电流或电压相位相差180度。

附图说明

- [0017] 参照显示于附图中的实施例解释本发明的各个方面,其中:
- [0018] 图1A是电容式传感器的剖面视图;
- [0019] 图1B是图1A的电容式传感器的端视图;
- [0020] 图2是平行极板电极布置的简化示意图;
- [0021] 图3是电容式传感器探针和接地导电靶材的示意图;
- [0022] 图4是以差动式测量方式布置的两个电容式传感器探针和接地导电靶材的示意图;
- [0023] 图5是包含薄膜结构的电容式传感器的剖面视图;
- [0024] 图6A、图6B、图6C及图6D是薄膜传感器的各种实施例的剖面视图;
- [0025] 图6E是图6A及图6B的传感器的上视图;
- [0026] 图6F是图6D的传感器的上视图;
- [0027] 图7A是具有方形感测电极的薄膜传感器的上视图;
- [0028] 图7B是图8A的传感器的剖面视图;
- [0029] 图8A是具有圆形感测电极的薄膜传感器的上视图;
- [0030] 图8B是图8A的传感器的剖面视图;
- [0031] 图9A、图9B及图9C是集成差动式薄膜传感器的各种实施例的剖面视图;
- [0032] 图9D是集成差动式薄膜传感器的上视图;
- [0033] 图10A至图10D是薄膜电容式传感器的剖面视图;
- [0034] 图11是具有连接线及接触垫的传感器的上视图;
- [0035] 图12A及图12B是接触垫结构的剖面视图;

- [0036] 图13A至图13D是形成于共同基板上的传感器、连接线以及接触垫的示意图；
- [0037] 图14是安装在光刻机器上的传感器的侧视图；
- [0038] 图15A及图15B是挠性印刷连接器的示意图；
- [0039] 图16A及图16B是带电微粒光刻机器的投射透镜堆栈的剖面视图；
- [0040] 图17A至图17D是具有多个传感器及集成挠性印刷连接器的可挠性印刷电路结构的示意图；
- [0041] 图18是光刻机器上的传感器的另一种连接布置；
- [0042] 图19A及图19B是用于将集成可挠性印刷电路结构安装于光刻机器上的布置方式的示意图；
- [0043] 图20A及图20B是安装板上的电容式传感器的布置方式的示意图；
- [0044] 图20C及图20D是布置为对角布置方式的电容式传感器的示意图；
- [0045] 图21A及图21B是具有多个电容式传感器形成于其上的薄膜结构的示意图；
- [0046] 图21C是具有多个传感器及集成挠性印刷连接器的可挠性印刷电路结构的示意图；
- [0047] 图21D是集成挠性印刷连接器的剖面视图；
- [0048] 图22是传感器系统及信号处理系统的示意图；
- [0049] 图23A是具有电流源的高阻抗放大器电路的简化电路图；
- [0050] 图23B是具有电流源的差动式传感器布置方式的简化电路图；
- [0051] 图24A是具有电压源的惠斯登电桥布置方式的简化电路图；
- [0052] 图24B是具有电压源的差动式传感器布置方式的简化电路图；
- [0053] 图25是差动式传感器电路布置方式的简化电路图；
- [0054] 图26是同步侦测器电路的简化电路图；
- [0055] 图27是显示在传感器系统中的电容的示意图；
- [0056] 图28A及图28B是具有将传感器连接至信号处理电路的缆线的装置的简化电路图；
- [0057] 图29是同步电路的另一实施例的简化电路图；
- [0058] 图30是用于处理来自传感器差动对的信号的装置的简化电路图；
- [0059] 图31是用于定位用于光刻机器的晶圆的控制系统的示意图；以及
- [0060] 图32A及图32B、32C是与图31的控制系统一起使用的传感器装置的示意图。

具体实施方式

- [0061] 以下是本发明各种实施例的说明，其仅用于示范且是参照附图进行的。
- [0062] 电容式传感器的理论
- [0063] 电容式传感器利用在二导电表面之间所建立的均匀电场。在短距离下，施加的电压与这些表面之间的距离成正比。单板式传感器测量单一传感器板与导电靶材表面之间的距离。
- [0064] 图2显示了平行极板电极装置。二电极11、12之间的电容等于该二电极间的电位差在其中一个电极上感应出的电荷除以该电位差，如等式(1)所示，

$$[0065] C = \frac{Q}{\Delta V} \quad (1)$$

[0066] 这两个平行电极彼此分隔开距离d。忽略场弯曲 (field bending) 效应和电介质的非均匀性,这两个电极间的电容由等式 (2) 给定,

$$[0067] C = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r A}{d} \quad (2)$$

[0068] 其中C是这两个电极间的电容 (F), A是该二电极的交迭面积 (m^2), ϵ_0 是自由空间的介电常数 (permittivity) ($8.85 \times 10^{-12} \text{F/m}$), ϵ_r 是电极间的介质的相对介电常数,而d是电极间的距离 (m)。

[0069] 当利用交流电流源13对平行极板电容器充电时,在电极之间产生的电压位准取决于电极的阻抗。平行极板电容的阻抗如等式 (3) 所示,

$$[0070] Z = \frac{1}{2\pi f C} \quad (3)$$

[0071] 其中的Z是阻抗 (Ω), f是频率 (Hz), 而C是电容 (F)。

[0072] 由等式 (3) 可以看出,电容式阻抗与电容的数值以及施加至电容器的信号的频率成反比。在电容式传感器的情形中,测量电参数 (电压或电流) 的变化,这对应于该传感器的阻抗的变化。当施加至传感器的信号的频率维持固定时,可以使得阻抗与电容的变化成反比。等式 (2) 显示电容是直接正比于传感器电极的交迭面积,并反比于电极间距离的变化。结合等式 (2) 和 (3) 产生以下等式:

$$[0073] v = \frac{d}{2\pi f \epsilon_0 \epsilon_r A} \cdot i \quad (4)$$

[0074] 其中i=电流。

[0075] 藉由将电极交迭面积和施加至传感器的电信号 (电流) 的频率维持固定,电极间距离的改变导致电容式传感器的阻抗的改变。跨传感器的电压将与阻抗成正比,且与传感器电极之间的距离 (d) 成正比,致使得以进行距离的精确测量。以下描述各种可以使用的测量概念。

[0076] 电容式传感器的测量原理

[0077] 图3显示单一电容式传感器探针1,其测量距接地导电靶材9的分隔距离。当供以AC电流之时,电流将沿着路径15自传感器经由传感器-靶材电容16流至靶材,并经由靶材-接地阻抗17从靶材流至接地端。影响此距离测量的来自外界作用或变化的干扰在图中被表示为电压19。对从传感器到靶材的距离的测量精确度取决于传感器可以如何精确地测量传感器-靶材电容16。当靶材接地的状况不佳时,靶材-接地阻抗17的电容通常将大幅超过传感器-靶材电容16,且可能超过100倍之多。此高电容造成低阻抗17,故其对传感器的影响不大。然而,阻抗17的变化将影响距离测量,且最理想的是将此影响最小化。

[0078] 图4显示一种由两个电容式传感器探针1a及1b构成的装置,用于对距靶材9的分隔距离进行差动式测量 (differential measurement)。该传感器被供应以偏移180度的AC电流,使得电流将沿着路径18自一个传感器经由传感器-靶材电容16a流至靶材,并从靶材经由另一传感器-靶材电容16b流至另一传感器。这种以不同相位的信号驱动两个传感器的装置有效防止电流经由靶材流至接地端,而能将靶材对接地端阻抗17的影响最小化。未接地的靶材亦有所用处,因为其使得电流可以从一个传感器流至另一传感器而不需要接地的返

回路径。在从成对传感器中的每一传感器取得分离且独立的电容(及距离)测量的传统测量系统之中,可以使用此种以不同相位的信号激励传感器的装置。每一传感器分别测量距靶材的距离。干扰19在图4中被表示成两个干扰电压19a及19b,各自等于电压19的数值的一半,相当于一个对每一传感器影响程度相等的共模干扰(common mode disturbance)。

[0079] 差动式测量配置方式还可以配合供应给传感器的不同相位的信号使用。在此配置方式之中,该二传感器的输出耦接的方式使得传感器1a的传感器-靶材电容16a是藉由传感器1a的驱动电压在其正相半周期期间以及传感器1b的驱动电压在其正相半周期期间进行充电,而传感器1b的传感器-靶材电容16b则是藉由传感器1b的驱动电压在其负相半周期期间以及传感器1a的驱动电压在其负相半周期期间进行充电。因此,每一传感器的输出信号均对应于介于该二传感器和靶材之间的平均距离,即, $V_{out} = V_1 [(C_1+C_2)/2] + V_2 [(C_1+C_2)/2]$, 其中 $V_1 = V_2$ 。共模干扰可以自测量中去除。

[0080] 传感器被给予一具有恒定斜率及振幅的三角形电压波形,导致近似方波的电流流入传感器的电容,即,在某一半周期近似恒定的正电流而在另一半周期近似恒定的负电流。实际上,电流将在每一半周期期间上升至大致的稳态,故测量优选为在每一半周期的后半部当电流到达该稳态期间进行。

[0081] 可以测量流过传感器的电流和相关的传感器电容,并转换成待进一步处理的电压。差动对(differential pair)中的每一传感器的结果数值可以被结合以降低或排除共模干扰。举例而言,在正电流周期期间流过传感器1a的稳态电流与正电流周期期间流过传感器1b的稳态电流可以相加,同样地,在负电流周期期间流过传感器1a的稳态电流与负电流周期期间流过传感器1b的稳态电流可以相加。相加的正周期数值与相加的负周期数值二值相减得到一差动传感器信号,即, $V_{diff} = (V_{1pos}+V_{2pos}) - (V_{1neg}+V_{2neg})$ 。

[0082] 由于该对传感器极为接近以及其不同相位的驱动方式,传感器电流针对该传感器对(sensor pair)下的传感器-靶材电容16a及16b二者进行充电及放电,使得每一测量数值均是每一传感器与靶材的距离的平均值。这可以被视为该传感器对与在该靶材上该二传感器中间的一点之间的距离。每一测量数值各自均无法免于任何干扰的影响,例如,图4中所示的干扰19a和19b。这些干扰在正周期数值和负周期数值中均出现,但基本上通过正负数值相减以求出差动传感器信号的运算而从测量中去除。此种配置方式的优点在于各个传感器上的共模干扰在测量期间被抵消。测量期间二传感器中维持固定的任何差异均将抵消,而得到精确的测量。此差动式测量配置大幅地降低靶材-接地电容的影响,并增加该感测系统的灵敏性。

[0083] 传感器的结构

[0084] 图5显示包含薄膜结构的电容式传感器的剖面视图。导电感测电极31和导电侧护电极32形成于或附加至绝缘膜34上。导电背护电极35布置在绝缘膜34的背侧上。感测电极与防护电极之间的间隙39是狭窄的,通常是十分之几微米,且可以是空气间隙或是填充以绝缘材料。

[0085] 产生于感测电极和靶材之间的电场在接近感测电极边缘处弯曲。在接近感测电极边缘处存在一导体,对于电场以及传感器的测量具有巨大且无法预测的影响。为了避免此种境况(并且让传感器测量更加可以预测并更易于模式化而使得电场可以被以解析方式计算出来),感测电极被环绕以防护电极,其与感测电极被供应以同一电位。防护电极用作针

对外部干扰的屏蔽,同时还将电场弯曲效果移出感测电极下的感测区域,降低了寄生电容。在感测电极和靶材之间的电场的每一侧上,在防护电极和靶材之间产生电场。感测电极和防护电极之间未产生电场,因为它们处于同一电位。这在感测电极下的区域中产生大致均匀的电场,同时在防护电极的外部边缘处发生场的弯曲。

[0086] 相比于感测电极与靶材分隔的距离,感测电极31的面积应该要大。并且,相比于感测电极与靶材之间的距离,感测电极31与侧护电极32之间的间隙39应该要小,而相比于感测电极与靶材之间的距离,侧护电极32的宽度应该要大。在一实施例中,感测电极的宽度至少是感测电极与靶材之间的距离的五倍,感测电极与防护电极之间的间隙小于或等于感测电极与靶材之间距离的五分之一,而防护电极的宽度至少是感测电极与靶材之间的距离的五倍。遵循这些比较性设计规则提供了具有高度可预测的电容(例如,1ppm的电容可预测性)的电容式传感器设计规则的实施例。此处的可预测性被定义为,当以上等式(2)的理想极板-距离电容公式被用来计算有限电极尺寸而非无限电极尺寸的电容值时所产生的相对误差。

[0087] 除了在感测电极与被测量靶材之间的传感器电容 C_1 之外,传感器在该结构的每一分离元件之间均具有固有寄生电容 C_2 及 C_3 。相比于被测量的电容 C_1 ,寄生电容 C_2 和 C_3 算是小的。在图5的实施例中,寄生电容包含感测电极与侧护电极之间的电容 C_2 以及感测电极与背护电极之间的电容 C_3 。

[0088] 在传感器的一个实施例中,感测电极与靶材之间的电容 C_1 是0.1pF至1pF,而感测电极与侧护电极之间的寄生电容 C_2 则是小于其100到1000分之一,典型地是0.001pF(即, $10^{-15}F$)的数量级。感测电极与背侧电极之间的寄生电容 C_3 典型地较大且占支配性的主要地位,典型地大约是1到1000pF(即, $10^{-12}F$ 到 $10^{-9}F$)。通过对防护电极和感测电极施加同一电位,这些寄生电容的效应得以降低。这可通过电连接侧护电极和感测电极,或通过使用主动式防护来完成,以下将详细讨论。主动式防护也可以使用于背护电极。

[0089] 针对光刻机器工作于真空处理室(vacuum chamber)的清洁环境中的应用,优选地将传感器构造成在该真空环境中发出极低程度的污染。可在此类应用所使用的传感器的导体上形成保护层,诸如凯通(Kapton)聚酰亚胺膜或类似的保护膜,特别是当所用材料可能污染该真空环境时。图6A-图6D显示包含保护层37及38的薄膜传感器的各种实施例的剖面视图,图6E显示图6A及6B的传感器的上视图,而图6F显示图6D的传感器的上视图。

[0090] 图6A显示一实施例的剖面视图,其中感测电极31和侧护电极32形成于或附加至绝缘膜34的一个表面上,背护电极35形成于绝缘膜34的另一表面上。传感器被附加至平板40,其典型地是需要进行距离测量的设备的结构的一部分,或者可以被附加至该结构的部分,例如,光刻机器的投射透镜周围的安装板或隔离板,传感器在该光刻机器中测量该投射透镜与该透镜下方的晶圆之间的距离。板40可以是具导电性的,从而还可以用做该传感器的屏蔽电极。

[0091] 图6B显示另一实施例,具有导电屏蔽电极44形成于或附加至第二绝缘膜43,以做为该传感器结构的一部分。此架构使得传感器能够被安装至不导电的表面。即便是安装至导电表面,其也在一定程度上确保一致性以及屏蔽电极的功能。将屏蔽电极44包含在内作为传感器结构的一部分,同时也提供了独立的接地电位,否则其可能需自支承表面取得。举例而言,当传感器被使用于电子射束光刻系统上时,来自该机器的接地电位可能被投射透

镜的电噪声影响。其同时还使得传感器屏蔽电极能够与测量电路以及连接传感器至该电路的缆线具有相同的接地。

[0092] 这可以通过将传感器屏蔽电极连接至连接缆线中的屏蔽导体来实现,连接缆线接着被连接至测量电路所使用的接地点。这使得传感器和测量电子组件免于具有分开的接地。当连接至三导体缆线时,例如三轴缆线,此构造同时也使得连接点配置成传感器中的三个导电层各自与三轴缆线中的对应导体的连接,包含屏蔽电极,包含屏蔽电极至三轴缆线的屏蔽导体的连接,以提供自该电路至该传感器的独立接地电位。

[0093] 图6C示出另一实施例,包含外侧护电极33,其电连接至屏蔽电极44。该连接可以通过例如以激光在绝缘层34和43中形成洞眼或穿孔来实现,以容许每一阶层上的导电层部分之间的电连接。

[0094] 图6D描绘另一实施例,其在与感测电极同一阶层或同一表面上不具有侧护电极。如上所述,侧护电极在先前设计中一直被视为必须存在的,以限制感测电极在感测区域内所产生的电场,使得在感测电极和靶材之间产生相对均匀的电场并降低位置接近传感器的导体对传感器的影响。如图1A所示,在既高且大的先前架构之中,需要一防护电极向下延伸至与传感器电极相同的平面以环绕传感器电极。侧护电极同样地在薄膜设计中被视为不可或缺,以将防护电极放置成与传感器电极处于同一阶层。优选地将侧护电极电连接至背护电极,但这种配置方式需要在这两个电极之间制做出电连接,这有所困难。在图6A-图6C所示的设计中,此连接是穿过绝缘层34而形成。由于传感器的小尺寸以及绝缘层34的薄的程度,精确地做出正确尺寸的洞眼以及在绝缘层中的定位是有难度的。可以使用激光达成此目的,但制造处理将变得更加复杂且费用更高。

[0095] 然而,若薄膜传感器的膜层够薄,则发现不再需要与感测电极位于同一阶层的侧护电极。同样的效果可以藉由将传感器设计成具有小于背护电极35的感测电极31,使得背护电极的周边部分侧向延伸超过并环绕感测电极来实现。此背护电极的周边部分从而起到侧护电极的作用。从背护电极35的周边部分发出的电场延伸穿过绝缘层34,其用于限制感测电极在感测区域内所产生的电场,使得相当均匀的电场产生于感测电极与靶材之间。位于接近传感器处的导体所造成的电场弯曲发生于背护电极周边部分的外部边缘,而非发生于感测电极处。结果是较简单的设计,其制造起来较不复杂且生产费用更低廉,但却可以在感测电极下方的区域中产生大致均匀的电场,且对于位于接近传感器处的导体所造成的干扰的敏感度较低。

[0096] 图6E中显示了图6A及图6B的实施例的上视图,其中感测电极31形成为圆形的形状,具有几乎完全环绕感测电极的“C”形侧护电极32,并在感测电极31周边环绕的二电极之间留下狭窄的间隙。在此实施例中,侧护电极32和背侧电极35可选地彼此电气相连,利用绝缘膜34中的开口37使得防护和背侧电极实现电接触。在此实施例中使用单一“C”形开口,虽然也可以使用其他形状及/或多个开口。连接防护和背侧电极将二电极置于同一电位,以消除它们之间的任何电容效应,且通过使用主动式防护,在防护和背侧电极以及感测电极之间的任何电容效应也可以被消除。

[0097] 在图6E的实施例中,内部感测电极31具有一个或多个延伸,构成形成从感测电极到外部信号处理电路的电连接的连接线41,且侧护电极32同样地具有一个或多个延伸,构成形成电连接的连接线42。感测电极31、侧护电极32、及连接线41和42是由薄膜形成的。在

所示的实施例中,电极31和32以及连接线41和42均位于同一平面之中,且可以藉由沉积或形成膜层,利用激光,经由蚀刻,或其他适当的移除技术移除一些部分,以从同一薄膜形成。侧护电极32大致环绕感测电极31,留下一小间隙让连接线41从感测电极向外延伸以提供在感测电极与信号处理电路间的电连接。这些连接线也添加了寄生电容,这应在传感器的设计中加以考虑。

[0098] 图6F中显示了图6D的实施例的上视图(绝缘层34未显示于图中,使得可以看见背护电极35)。这类似于图6E的实施例,除了缺少与感测电极位于同一阶层的侧护电极之外。在此视图中,背护电极35的周边区域35a起到侧护电极的作用。传感器可以是以与上述图6E的实施例相同的方式构造的,且连接线41及42从感测及背护电极向外延伸以提供如上所述的电连接。

[0099] 在这些实施例中,电极31和35,以及该二电极包含于其中的电极32及44,可以由大约18微米厚的导电层形成,绝缘膜34及43可以是大约25微米厚,而保护层37、38可以是大约50微米厚。该薄膜传感器可以构造成总厚度为大约100至200微米,并且传感器结构背侧表面与感测电极前侧表面(即,面对进行距离测量方向的表面)之间的厚度为50至150微米,优选地为大约100微米。该传感器的薄膜结构、小面积、和极小的高度(厚度)使得有可能将该传感器应用于可用空间极小的应用(特别是可用高度极其有限的情况)中,以及传感器之间或传感器与其他设备之间需要紧密间隔的情况。

[0100] 显示于图6A-图6F(以及显示于以下所述的其他实施例中)的薄膜传感器的小尺寸提供许多优点。该薄膜结构造成极小的高度,且传感器的宽度或面积也可以非常小。这使得传感器能够被安置于极为接近预定的距离测量点之处。当与光刻机器一起使用以用于测量投射透镜与待曝光靶材间的距离时,可将传感器安装成紧邻投射透镜并安装在同一固定结构上,使得传感器和投射透镜被安装至同一参考点。这大幅地降低源于传感器和投射透镜间的相对移动的误差,排除针对传感器安装变化的修正的需要,并降低了校准的要求。传感器的小尺寸也降低传感器本身的平整度需求。

[0101] 图7及图8显示此薄膜传感器的附加实施例,其中绝缘层34仅形成于感测电极31与背侧电极35之间,使得侧护电极32和背侧电极35可以直接彼此相连。

[0102] 图7A和图7B分别显示具有方形感测电极的传感器的上视图和剖面视图。在一个实施例中,该方形传感器被设计成在传感器与靶材相距100微米的标称距离时具有1pF的标称传感器电容(感测电极与靶材之间的电容C₁)。感测电极具有3.5毫米(+/-0.01毫米)的宽度以及12.25平方毫米的面积。防护电极具有1.5毫米(+/-0.01毫米)的宽度,感测电极与防护电极之间的间隙是0.015毫米(+/-0.001毫米)。在另一实施例中,传感器被设计成在传感器与靶材相距100微米的标称距离时具有10pF的标称传感器电容。感测电极具有11毫米(+/-0.01毫米)的宽度以及121平方毫米的面积。防护电极宽度及间隙均未改变,分别是1.5毫米(+/-0.01毫米)以及0.015毫米(+/-0.001毫米)。

[0103] 图8A和图8B分别显示具有圆形感测电极的传感器的上视图和剖面视图。在一个实施例中,该圆形传感器被设计成在传感器与靶材相距100微米的标称距离时具有1pF的标称传感器电容。感测电极具有4毫米(+/-0.001毫米)的直径以及12.25平方毫米的面积。防护电极具有4.015毫米(+/-0.001毫米)的内径以及8毫米(+/-0.001毫米)的外径。在另一个实施例中,传感器被设计成在传感器与靶材相距100微米的标称距离时具有10pF的标称传感

器电容。感测电极具有6.2毫米(+/-0.001毫米)的直径以及121平方毫米的面积。防护电极具有6.215毫米(+/-0.001毫米)的内径以及12.4毫米(+/-0.001毫米)的外径。

[0104] 图5至图8的实施例可以被构建成在传感器和靶材之间具有80至180微米的测量范围(在正交于感测电极表面的z轴上)。可以改变传感器的尺寸以适应不同的测量范围,如本领域技术人员将理解的那样。

[0105] 图5至图8的实施例也可以是利用光刻技术做出的,以达到甚至更薄的材料层,例如,具有100纳米(+/-10纳米)厚度的感测电极31,厚度150纳米(+/-10纳米)的侧护电极32(若包含的话)及背侧电极35,以及厚度50纳米(+/-10纳米)的绝缘层34。这些实施例中的感测电极是方形或圆形的,提供大感测面积以最大化传感器的灵敏度,并最小化传感器的整体尺寸。然而,传感器可以与这些形状相异,而具有长方形、卵形或其他形状的感测电极(以及,情况类似地,防护电极)以最大化感测区域。

[0106] 图5至图8的实施例可以被构建成具有做为电极31、32的导电层,其沉积于绝缘层35上或是用黏着剂或接合层附加在该绝缘层。感测与防护电极之间的间隙39的形成,可以是通过针对感测和防护电极二者形成单一导电层,并利用激光或蚀刻来移除材料,以建立该间隙。优选地以激光做出极小的间隙宽度,且可以使用激光做出具有极小偏离的25微米宽的间隙,而蚀刻则通常精准度较差。

[0107] 传感器可以利用各种不同的技术制造,例如,利用光刻技术、MEMS (Micro Electro Mechanical Systems;微机电系统) 技术,或可挠性印刷电路技术。利用可挠性印刷电路技术,绝缘层34可以被提供为适当材料的可挠性薄片或卷带的形式,诸如凯通聚酰亚胺膜或类似的可挠性绝缘膜。导电电极31、32及35可以由铜质或其他适当导电材料的薄层形成,利用黏着剂固定至绝缘层34,形成为无胶压制层(adhesiveless laminate),例如,使用直接金属化制程(direct metallization process)、或者是利用导电油墨或其他适当的印刷技术印刷至绝缘层上。保护绝缘膜37及38可以是由与层34相同种类的材料形成。

[0108] 可挠性印刷薄膜传感器易于生产且可以快速地产出,导致极短的生产前置时间。可以将传感器制造成在从传感器到信号处理电路之间具有稳健的连接。小尺寸对于置放于待测量距离的点上或极接近处提供更多的灵活性。传感器可以被附着于适当处作为单独的传感器组件,以快速并简易地组装感测系统。单独传感器的平整度及倾斜度可以在其被附着到适当位置之后进行检查,并在测量过程中进行校准。在使用可挠性薄片的材料做为绝缘层的情形,可以将整个传感器构造成具有可挠性。

[0109] 在一些上述的实施例中,感测电极与侧护电极间的间隙宽度并未满足上述的比较性设计规则,例如,感测电极与防护电极间的间隙大于感测电极与靶材间的距离的五分之一。然而,薄膜结构的优点在传感器的许多应用上均比上述特点重要。

[0110] 图9A至图9C显示被构造为单一集成单元的传感器对的各种实施例。在这些实施例中,该集成单元包含两个传感器30a及30b,各自均具有其自身的感测电极31a、31b以及背护电极35a、35b。图9A中的传感器使用导电板40做为屏蔽电极,而图9B和图9C中的传感器则共享与传感器对集成的单一屏蔽电极44。在图9C的实施例中,利用屏蔽电极44与板40之间的胶点或胶线56将传感器安装至板40。在板40是具有导电性的情况下,可以使用导电胶将板40和屏蔽电极44电连接,以更有效地使屏蔽电极接地。这两个传感器30a、30b优选地作为如上所述的差动对工作,其中每一传感器均被与所述对中另一传感器不同相位的电压或电流所

驱动,优选地是相位相差180度,且执行差动式测量以抵消共模误差。

[0111] 图9D显示差动式传感器对的上视图。背护与感测电极形成于圆角四边形之中,该形状被设计成能契合于,例如,显示于图20D及图21B的区域115之内。此形状针对在区域115限制范围内的感测电极造成最大面积,以产生最高分辨率的测量。这些电极还可以形成为圆形的形状,也紧密地契合于区域115之内,以产生最大面积的感测电极。

[0112] 图10A至图10D显示使用不同材料作为传感器基板的薄膜电容式传感器的各种组态。这些实施例适合于使用光刻技术的构造,使得可以制造具有极小间隙尺寸的形状极为精确的电极。这让传感器能够被构造成满足上述的比较性设计规则,且具有极高的分辨率以测量极小的形态和极小的距离。光刻处理还使得连接线和接触/接合垫被制做成具有极小的轨道宽度和精确的尺寸。此外,光刻处理是本领域技术人员所熟知的,一旦制程流程开发出来,其可以很容易地被应用于具有更高分辨率的传感器的生产。然而,制程的前期开发造成较长的生产前置时间,且将需要短程的循环试验以验证不同的制程步骤。图10A至图10D仅显示层的布置,并未显示侧护电极,但若其包含于其中,则将与感测电极形成于同一层,且并未显示侧护电极及背护电极的可选连接。

[0113] 对于一个或多个传感器安装在诸如光刻机器的机器上的应用,这些实施例中的基板可以被超过一个传感器所共享,使得一组传感器被构造在一个单元中。此类布置的实例显示于图13A至图13D中,描述于下。基板可以从而被连接至安装板,或者该基板可以被用作用于将传感器安装至机器的安装板。

[0114] 图10A中的实施例具有硅基板45,其两侧上形成有绝缘层47a、47b。感测电极31形成于其中一个绝缘层的表面上,且背护电极35形成于另一绝缘层的表面上。此实施例可能需要防护电极的主动偏压(active biasing)以正常运作,其可能需要对传感器安装于其上的板进行图案化。此外,投射透镜和传感器之间的电容性耦合可能是一个问题。

[0115] 图10B中的实施例具有硅基板45,具有形成于一侧上的多个层,包含第一绝缘层47a、形成于该第一绝缘层上的感测电极31、第二绝缘层47b、以及形成于该第二绝缘层上的背护电极35。此实施例排除图案化安装传感器的安装板的需要,且还排除投射透镜和传感器之间的电容性耦合。然而,与图10A的实施例相比,需要额外的绝缘层。

[0116] 硅基板并非优良的绝缘体,故这些实施例中包含绝缘层。硅基板的另一缺点在于,由于硅中的杂质,硅中可能产生寄生电流,而这些电流可能干扰传感器的电容测量。

[0117] 图10C中的实施例具有派勒克斯玻璃(pyrex)基板46,其中感测电极31形成于一个表面之上,而背侧电极35形成于另一表面之上。若实施防护电极的主动偏压,则此实施例也需要图案化传感器被安装于其上的板,虽然主动式防护可以省略,但在灵敏性上有所降低,并在传感器中加入了少量的非线性。具有此种结构的实施例,包含厚度100微米的基板以及感测电极与侧护电极之间16微米的间隙,当施加以150kHz(千赫兹)的50μA(微安培)电流时,在传感器与靶材相距0.8微米的距离的情况下可以产生大约11.5V的有效输出电压,且在传感器和靶材相距1.8微米的距离的情况下可以产生大约13.5V的有效输出电压。

[0118] 图10D中的实施例具有派勒克斯玻璃基板46,具有形成于一侧上的多个层,包含防护电极49、形成防护电极上的绝缘层47,并且感测电极48形成于绝缘层上。此布置方式不需要对传感器安装于其上的板进行图案化,且由于该100微米的派勒克斯玻璃层,投射透镜与传感器之间的电容性耦合被降低。派勒克斯玻璃是优良的绝缘体,因而对于使用派勒克斯

玻璃基板的实施例,硅实施例中所用的绝缘层可以被省略。

[0119] 传感器电极(感测、侧护及背护电极)与信号处理系统间的电连接的形成,需要做出通往小型传感器组件的稳健低阻抗连接。该连接应该要能够承受预期的机械应力,同时在传感器装置之中要避免引入额外的寄生电容。对于使用光刻机器的传感器应用,该连接也应该要避免使用会对真空环境产生污染的材料。

[0120] 图11显示一传感器,具有接触垫50a、50b形成于连接线41及42的端部,用于形成从传感器通往信号处理电路的外部连接。图12A和图12B显示用于电接触至传感器电极的接触垫的结构的剖面视图。这些特别适用于使用由硅、派勒克斯玻璃和类似材质构成的基板的实施例。这些实施例在基板的背侧提供接触垫,以电连接至位于该基板前侧上的传感器电极。图12A显示的实施例具有穿过基板55的穿孔。导电接触垫50形成于硅基板的背侧上,且穿过该穿孔形成导电连接51以与位于基板前侧上的导电层52相连接。图12B显示的实施例具有电连接形成于基板55的边缘上。导电接触垫50形成于基板的背侧上,且导电连接51形成于该基板的边缘处,以与位于基板前侧上的导电层52相连接。

[0121] 对于使用硅或其他非电介质基板的实施例,绝缘层53将导电层52与基板分隔,且小绝缘层54将接触垫50与基板分隔。该穿孔在图12A中也涂覆以绝缘层,且图12B中位于导电连接51下的基板的边缘也涂覆以绝缘层。接触垫所需的额外绝缘层产生额外的小寄生电容。对于使用诸如派勒克斯玻璃的电介质基板的实施例,该额外绝缘层是可选的,而额外的寄生电容被减小。

[0122] 图13A至图13D显示感测系统的实施例,其具有多个传感器构造在环绕光刻机器的投射透镜104的单一基板102上。图13A显示该基板的前侧,即,朝下面且面向曝光晶圆的一侧。八个传感器(包含四个传感器对)形成于基板上,成对地分隔在投射透镜周围。在此实施例中,为每一传感器在基板的前侧上形成导电感测电极31。侧护电极32环绕每一感测电极,在其间形成小间隙。连接线105充当每一感测及防护电极与基板边缘之间的电连接。在此实施例中,基板由诸如派勒克斯玻璃或凯通的介电材料制成,且电极和基板之间并未使用额外的绝缘层。也可以在基板前侧上的传感器电极上形成薄保护绝缘层。

[0123] 图13B显示该基板的背侧,即,朝上远离待曝光晶圆的一侧。每一传感器均形成导电背护电极35于基板的背侧上。就每一传感器而言,该背侧电极对齐位于基板前侧的感测和侧护电极。在此实施例中,具有圆形电极,就每一传感器而言所有电极的中心均是对齐的。背侧电极35的直径比感测电极31大,且可以等于或大于位于前侧的侧护电极32的直径。连接线106充当背护电极与基板边缘之间的电连接。

[0124] 基板前侧上的连接线105与背侧上的连接线106可以被布置成在边缘处形成基板背侧上的接触垫50a和50b,利用图11、12A或12B中显示的构造,其中接触垫50a电连接至感测电极31而接触垫50b连接至侧护电极32和背护电极35。在此实施例中,接触垫区域交替形成,使得来自感测电极的每一接触垫50a在其两侧均具有来自对应的侧护及背护电极的接触垫50b。在基板的边缘处还形成额外的接触垫50c以连接至屏蔽电极,其可以连接至将传感器连接至测量系统的缆线的屏蔽护套。接触垫区域共同形成接触垫50,布置在对应于基板上的传感器对装置的分离区域中。

[0125] 图13C显示基板的背侧,具有绝缘层110形成于基板上,并环绕基板边缘保留一间隙,使得接触垫50被暴露出来以做为连接之用。图13D显示被安装在隔离/安装板112上的基

板102。安装板112可以是导电的,且可以充当屏蔽电极,可以接地,或者可以分离组件的形式提供做为屏蔽电极的导电屏蔽板。接触垫50c充当连接区域,形成通往屏蔽电极的电连接,例如,以连接至传感器屏蔽护套。绝缘层110使防护电极与安装板/屏蔽电极电隔离。在此实施例中,安装板在环绕其边缘处具有切除区,以使得接触垫50暴露出来而形成电连接。

[0126] 在一个实施例中,图13A至图13D的配置可包含一50毫米直径的派勒克斯玻璃基板,具有例如19x 19毫米或26x 26毫米的方形孔,以容纳投射透镜。感测电极具有3.8毫米的直径以及在感测电极与防护电极之间16微米的间隙,防护电极具有1毫米的宽度,而背侧电极具有6毫米的直径。连接线105具有0.05毫米的宽度和16微米的间隔,而连接线106具有0.5毫米的宽度和0.5毫米的间隔,接触垫可以是0.5毫米宽及1.4毫米长,且接触垫彼此被0.5毫米的间隙分隔。传感器可以被施加以频率200kHz的10μA电流。

[0127] 显示于图13A至图13D的实施例中的传感器,或本文所述的任一种其他传感器配置方式,均可以依据例如图6A至图6F、图7A至图7B、图8A至图8B、图9A至图9C、图10A至图10D、图11或图12A至图12B中所述的任一实施例构建而成,且可以是以差动对的形式配置,其中差动对中的每个传感器均被与该差动对中的另一传感器不同相位的电压或电流驱动。举例而言,差动对中的第一传感器可以被与该对中的另一传感器相位相差180度的电流驱动。为了降低传感器对之间的耦合,让多个传感器差动对可以一起使用,每一传感器对均可以被与相邻传感器对相位有所偏移的电压或电流驱动。例如,相邻的传感器对可以各自被彼此相位相差90度的电流驱动。举例而言,图13A顶端的传感器对可以被施加以相位为0度和180度的电流,位于右侧和左侧的传感器对各自可以被施加以相位为90度和270度的电流,而底部的传感器对可以被施加以相位为0度及180度的电流。以此种方式,运用相位分割技术配合相邻传感器对的正交偏压,以分隔差动对并降低其间的干扰。可以替代性地或进一步地采用诸如频率分割或时间分割的其他技术以降低传感器对之间的干扰。

[0128] 需要从传感器探针到信号处理系统的电连接,以将电信号传离传感器和发送电信号,以将原始传感器信号转换成有用的格式。图14显示传感器布置的侧视图,具有传感器30,其在光刻机器投射透镜104周围安装在基板102的前侧上。基板102还可以充当安装板112,以将传感器安装至进行距离测量的设备,例如,光刻机器的投射透镜。接触垫50形成于基板的背侧上,而金属接触弹簧形式的连接导线60电接触所述垫以连接至信号处理系统。

[0129] 图15A及图15B显示另一种可替换的连接布置方式,其使用可挠性印刷电路连接构件110,包含可挠性膜片111,导电轨道114a、114b、114c印刷或附着于其上。在这些导电轨道上可以形成保护绝缘层。挠性印刷连接器110一端接合至接触垫50或传感器电极的连接区域,使得导电轨道形成通往传感器电极的电连接。在所示的实施例中,导电轨道114a连接至感测电极的接触垫,而导电轨道114b和114c连接至侧护电极和/或背侧电极的接触垫。在屏蔽电极包含于传感器结构中的情况,额外的导电轨道可以形成于挠性印刷连接器上,以将屏蔽电极连接至远离传感器及支承传感器的结构的接地电位。连接器插头或插槽116通过接头117附接至挠性印刷连接器110的另一端,形成与导线或连接接脚120的电接触,以将传感器信号传输至信号处理系统。图15A显示挠性印刷连接器110的实施例的下侧,其显示导电轨道114至114c,以及这些导电轨道所连接的一组接触垫50的上视图。图15B显示该挠性印刷连接器110连接至接触垫时的侧视图。该挠性印刷连接器是可挠性的,且可以与本文所述的任一传感器实施例一起使用。该挠性印刷连接器的最大弯曲半径(maximum bending

radius) 应予慎重考虑, 特别是对于极细小的导电轨道宽度, 且该挠性印刷连接器与传感器接触垫在组装期间的对齐相当重要。

[0130] 当绝缘层34是由诸如聚合物绝缘膜或类似的适当材料制成时, 可挠性膜片111可以由相同的材料形成, 且集成至绝缘层34而作为绝缘层的延伸。在此实施例中, 导电轨道114a-114c可以类似地由相同的材料形成, 且集成至感测电极31和侧护电极32和/或背侧电极35而作为这些电极的延伸。在此组态之中, 电极和导电轨道间的接触垫将不再是必需的, 但接触垫可以使用于导电轨道的末端。在另一实施例中, 导电轨道可以是以与传感器电极相同的方式形成分层, 举例而言, 使得连接至背护电极的导电轨道形成于绝缘层上方, 该绝缘层形成于连接至感测电极的导电轨道上方。此结构也可以被延伸以包含连接至屏蔽电极的导电轨道, 该屏蔽电极形成于绝缘层上方, 该绝缘层形成于连接至背护电极的导电轨道上方, 例如图21D中所示。

[0131] 图16A显示带电微粒光刻机器的投射透镜和偏转器堆栈(deflector stack)132的剖面视图。堆栈132典型地包含垂直迭置的投射透镜组件以及子束偏转器组件, 以将光刻机器产生的带电微粒子束聚焦至晶圆的表面上, 并以扫描模式跨越晶圆表面对其进行偏转。每一垂直迭置的投射透镜组件实际上均可以包含投射透镜的阵列, 以同时将大量子束聚焦至晶圆表面上, 每一子束用于曝光晶圆的不同部分, 且每一偏转器组件均可以类似地包含偏转器的阵列。

[0132] 透镜堆栈132安装于外壳框架构件130之中。安装板112, 其也可以充当透镜堆栈的两个静电透镜组件间的隔离件, 被置放于框架构件130下方并附着至框架构件130, 具有位于中央的孔洞, 带电微粒束被投射通过该孔洞。板/隔离件112可以由玻璃或其他适当的绝缘材料制成, 以在透镜堆栈132与底部透镜104、晶圆、传感器、及附近其他组件中存在的高电压之间提供绝缘层。板112, 和通常是圆柱形状的框架构件130和上方安装板133, 共同构成投射透镜及偏转器堆栈132的外壳结构。

[0133] 板112或者可以是导电性的或包括导电层, 起到电容式传感器的屏蔽电极的作用。板112还可以是传感器可以形成于其上的基板102。在所显示的实施例中, 投射透镜堆栈132包含一连串投射透镜组件, 它们布置成垂直堆栈的形式, 大部分位于平板112上方, 但该堆栈最后的透镜组件104位于该板的下方, 在板112的底部表面上。

[0134] 图16B显示用于测量距离的传感器的配置, 该距离与投射透镜堆栈的底部投射透镜104与静置于可移动式晶圆固定台134上的晶圆9之间的距离有个。应注意晶圆和固定台均基于方便性而示意性地显示, 其宽度实际上远大于透镜堆栈外壳的尺寸。典型地, 晶圆是200或300毫米的直径, 而透镜堆栈外壳是50至70毫米。传感器30与置放底部投射透镜104被安装于同一板112上, 且极为接近透镜104。传感器优选为小于光刻机器的曝光场的尺寸, 且一些或所有传感器可以是比等于该曝光场尺寸的宽度或长度的距离更接近投射透镜的边缘。

[0135] 在此配置之中, 传感器的安装与投射透镜呈固定的相对关系, 使得底部投射透镜104与晶圆9之间的距离可以从传感器和晶圆间的测量距离确定。本文所述的传感器的极小尺寸使其有可能将传感器安置于极为接近投射透镜之处, 并容许其与投射透镜的最后聚焦组件安置于同一支承构件之上, 使得其二者均被安装至同一参考点。由于传感器与底部投射透镜被集成于单一结构上, 这大幅地降低源于传感器和投射透镜相对位置改变的误差,

举例而言,因为热胀冷缩以及底部投射透镜安装于其上的支承构件与传感器安装于其上的支承构件间的移动,以及分别因为传感器与底部投射透镜不同基部结构的安装不精确所造成。这致使针对传感器系统在x和y轴上(即,平行于晶圆的表面)和在z轴上(即,正交于晶圆的表面)的变化进行校准的需要得以排除,或至少降低对这样的校准的需要。传统的电容式传感器的高度和宽度过大以至于无法安装在板112上,而必须被不定在远离投射透镜104之处,例如在框架构件131上。

[0136] 聚焦效果主要由最后(底部)的投射透镜104决定。在上述的集成式设计特征之中,电容式高度传感器与投射透镜彼此集成,使得在传感器与该最后投射透镜组件的聚焦产生区域之间并无其他组件存在。该集成式系统中唯一必需注意的变化是单一投射透镜电极104的公差,其是一极薄的组件(通常是200微米或更小)。传感器和投射透镜之间的关系仅会被该最后组件104的公差干扰。若排除聚焦组件(投射透镜的最后组件)的厚度公差的影响,电容式传感器的确切测量基本上将匹配从聚焦组件到晶圆表面(即,射束聚焦的平面/位置)的距离。这种聚焦组件的厚度不确定性仅是测量靶材和传感器工作范围的一小部分,因此除了决定传感器静止电容(rest capacitance)的“无限远测量”之外,并不需要对传感器进行额外的校准。这可以藉由直接测量无限远,即,未置放一晶圆的情况,而决定。传感器和投射透镜的紧密集成将系统的整体公差最小化,使得电容式传感器的读取结果的精确度足以使用于光刻机器,而不需要额外的校准。额外的优点在于该微小设计使得能够测量与接近曝光射束的靶材(晶圆)的距离,更进一步最小化测量误差。

[0137] 传感器被设置在与投射透镜104的底部相邻的板112上。对于以分离形式构建的传感器,例如,依据显示于图5至图9中的薄膜架构形式,各个传感器可以直接固定至安装板112,例如,透过利用黏着剂。对于形成于共同基板上的传感器,例如,显示于图13A至图13D的类型,传感器基板还可以利用黏着剂或其他附接方式固定至安装板112。还有可能将共同传感器基板同时做为安装板112。

[0138] 投射透镜104的底部可以是与传感器30的感测电极的底部表面大致位于同一高度,或者可以略微较低。通过设计系统使得预定测量的距离几乎等于实际上量得的距离(即,感测电极的底部表面与待测量靶材之间的距离),则系统的灵敏度得以提升。在一个实施例中,当使用于光刻机器时,投射透镜104的底部延伸超过传感器30的感测电极的底部表面下方50微米。投射的焦面是在投射透镜的底部下方50微米以及感测电极下方100微米。晶圆固定台在感测电极的底部表面下方具有80至180微米的z轴(垂直)方向移动范围,以及100纳米的定位精确度,此范围的顶端使晶圆落入感测电极的80微米之内,而此范围的底部将晶圆移动至感测电极下方180微米处。

[0139] 图17A至图17D显示具有多个传感器30和集成挠性印刷连接器110的可挠性印刷电路结构120。结构120包含绝缘材料的可挠性基座,诸如凯通聚酰亚胺膜或类似的可挠性绝缘膜。传感器的导电电极和构成连接线的导电轨道可以由铜或其他适当导电材料的薄层形成,利用黏着剂固定至绝缘基座层,形成为无胶压制层,例如,使用直接金属化处理、或者是利用导电油墨或其他适当的印刷技术印刷至绝缘层上。保护绝缘膜可以从而形成在该导电层上。

[0140] 在显示于图17B的实施例中,八对传感器布置成环绕方形缺口121的方形阵列,该方形缺口121用于容纳底部投射透镜104。也可以使用单一传感器来取代传感器对,并且也

可以使用传感器或传感器对的不同空间布置。该可挠性基座层包含做为挠性印刷连接器110的延伸部分,以如前所述的方式构建,用于构成传感器与信号处理系统之间的电连接。挠性印刷连接器110连接至连接器116,其提供应力缓解以及通往三轴缆线210的接口,该三轴缆线210用于连接至远程信号处理系统。

[0141] 传感器与自该传感器传输信号至远离该传感器处所需的连接及接线的集成解决了许多问题,在上述远离该传感器处可做出更大型且更稳固的连接。由于接线及连接器硬件的尺寸限制,故传感器的超小尺寸使得难以构造出电连接。接线引入的电容必须加以控制,使其不至于支配传感器系统。接线的任何小移动或振动均可能造成损伤或者导致需要重新校准传感器。将传感器和传感器接线二者集成到单一挠性印刷可挠性基座层上,使得传感器处的连接可以具有极小的尺寸,该接线引入的电容可以在系统设计期间加以控制,而整合到单一基座层上产生机械性的稳健设计,大幅降低了接线移动所造成的问题。

[0142] 将多个传感器与它们关联的接线集成到单一基座层上具有进一步的优点。通过在单一基座上形成传感器阵列,传感器的空间布置在制造之时固定,且较大的集成结构更易于处置和接附至例如光刻机器的设备。

[0143] 信号预处理电路200可以通过将该电路印刷或以其他方式形成于可挠性基座层上,而被集成到挠性印刷连接器上。信号预处理电路200可以包含用于传感器防护电极的主动偏压(描述于下)的缓冲器/放大器(buffer/amplifier),可以包含额外的电路,或者可以省略,使得仅连接硬件位于投射透镜附近,而所有主动式部件均置于远程。当光刻机器在真空环境之中工作时,将主动式部件置于接近传感器处且位于真空中可能会由于真空中热传输的不足而造成从这些主动式部件散热的问题。然而,将主动式防护所必需的部件置于接近防护电极处提高了系统的性能。在所显示的实施例中,信号预处理电路200被置于紧邻连接器116之处,使得电路产生的热量可经由连接器116更有效地被传导至缆线210并离开传感器装置。

[0144] 图18显示可供选择的另一种连接布置。挠性印刷连接器110在一端连接至位于安装板112上的传感器30,而在另一端经由连接导线或接脚201连接至信号预处理电路200。信号预处理电路200可以安装在框架构件131上,优选地位于凹处或隔出的空间中。信号预处理电路200的输出经由导线或接脚202、连接器204、以及三轴缆线210被传送至控制系统。

[0145] 图19A及图19B显示一配置,用于将集成可挠性印刷电路结构120(显示于图17A至17D中)安装在光刻机器中。图19A显示上述的配置,投射透镜堆栈被移除以提高可见性,可挠性印刷电路结构120位于框架构件136中的凹井中。连接器116经由三轴缆线210连接至电缆束212,电缆束212又连接至缆线214以连接至远程信号处理系统。图19B显示底部视图,其显示可挠性印刷电路结构120和面向晶圆的传感器30。

[0146] 可挠性印刷电路结构120可以利用黏着剂或其他适当的附着方法被固定至安装板的底部表面,例如显示于图16A和16B中的安装板112。这造成传感器阵列与相关联的接线及安装板112和底部投射透镜104的集成,全部位于单一结构中。传感器从而以与投射透镜呈固定相对关系的方式被安装在极为接近投射透镜之处,带来如以上针对图16A和16B的实施例所述的优点。

[0147] 图20A、20B和20D显示位于安装板112上围绕光刻机器投射透镜104的电容式传感器的各种组态。在图20A中,四个传感器对被散布在安装板112的四个四分之一圆形中,传感

器被成对布置以进行差动式感测。在安装板的底侧,每一传感器包含感测电极31且可以还包含侧护电极32。这种布置特别适合于进行晶圆的高度和倾斜度的测量。图20B显示十六个传感器成对布置在方形矩阵中的布置方式,投射透镜104所位于的方形中间无任何传感器。上述的所有组态中,优选将背护电极包含于传感器基板的背侧上,且也可以如前所述地包含屏蔽电极。图20C显示相对于安装板112和传感器位于各种不同位置的晶圆9a、9b、9c、9d,这四个晶圆位置交迭的区域代表在板112上从投射透镜104的四个角延伸出的四个区域115。图20D显示布置在这四个区域115中的四个(差动式)传感器对。

[0148] 区域115的这种布置方式将传感器分散,使得以至少一个传感器或传感器对测量距晶圆表面的距离的可能性最大化。若晶圆的放置使得仅有一个传感器/传感器对位于该晶圆上方,则对该晶圆表面的距离测量仅能基于该传感器/传感器对。只要另一传感器/传感器对变成位于该晶圆上方,则也将由此传感器/传感器对进行测量,且可以从位于该晶圆上方的两个传感器/传感器对计算平均距离数值。同样地,当第三和第四传感器/传感器对变成位于该晶圆上方时,它们也将被列入考虑。额外的传感器/传感器对的纳入优选为以渐进的方式加入平均距离的计算,例如,通过逐渐纳入其他传感器/传感器对的作用,以避免在最终测量的距离值中产生突然的骤变。

[0149] 安装板112的尺寸决定最小的靶材尺寸,通常大约60毫米。对于300毫米的晶圆,在晶圆位置9a至9d之间的四个重迭区域115指示传感器的适当安置区域。然而,传感器优选地安装成尽可能接近光刻机器的光或电子射束的实际投射区域。诸如450毫米的较大型晶圆尺寸倾向于增大区域115,因为界定区域115的圆形段趋向于直线。

[0150] 图21A和21B显示具有四个差动式传感器对30a、30b的可挠性印刷电路结构120的实施例。结构120可以由类似于图17A至17D的实施例诸如凯通聚酰亚胺膜或类似可挠性绝缘膜的绝缘材料的可挠性基座构成,且也可以包含一个或多个集成式挠性印刷连接器110。在所显示的实施例之中,从面对感测电极的下方看去(并省略传感器上的任何绝缘保护层,使得感测电极可以被看见),四个传感器对被布置成位于环绕底部投射透镜104的图20D的区域115中。也可以使用单一传感器取代上述的传感器对。传感器与接线连接的集成使得可以对极小型传感器制做出简单且稳固的连接,并能够控制接线所引入的电容。图21A示出具有圆形传感器的实施例。图21B示出具有四边形传感器的实施例以最大化区域115的使用(为了简明起见,传感器被显示成具有尖锐的转角,虽然例如图9D中所示的圆角形式是优选的)。

[0151] 图21C从传感器后方某一角度处显示可挠性印刷电路结构120。四个集成的挠性连接器110被折叠并从基座层120向上延伸。导电轨道沿着挠性连接器110从每一传感器的传感器电极延伸,而后环绕可挠性膜片122和123,以连接至用于连接至远程电路的缆线。由上方看见基座层,并显示传感器的背护电极35a、35b(绝缘层和任何屏蔽电极均被省略,使背护电极可被看见),且具有导电轨道114b形成在挠性连接器110的内侧110b上。导电轨道也可以形成在挠性连接器110的外侧110a上。导电轨道可以由铜或其他适当导电材料的薄层构成,利用黏着剂固定至绝缘层,形成为无胶压制层,或者是如图17A至17D的实施例那样印刷到绝缘层上。

[0152] 图21D是传感器30和相关联的挠性连接器110的剖面视图。导电轨道114a-114e沿着用于将传感器连接至远程电路的挠性连接器110从传感器电极延伸。在此实施例中,导电

轨道114a-114e是由相同的材料构成的且集成至感测电极,做为这些电极的延伸。导电轨道以与传感器电极相同的方式布置在迭层之中。绝缘层34包含挠性连接器110的延伸部分。导电轨道114a从感测电极31延伸出,二者均形成在绝缘层34上。导电轨道114b从背护电极35延伸出,二者均形成在绝缘层34与43之间,其中导电轨道114b宽于导电轨道114a,使得导电轨道114b的周边部分起到导电轨道114a的侧护电极的作用。导电轨道114a载运来自感测电极的信号,且相对于周围环境中的导体将具有特定电容。导电轨道114a附近的导体将以与其影响传感器的感测电极相同的方式,影响此电容。导电轨道114b因此被设计成充当侧护电极,以降低源于邻近导体的干扰。

[0153] 在传感器包含屏蔽电极的情况下,导电轨道114d从屏蔽电极44延伸出,二者均形成在绝缘层43和38之间。这种布置扩大屏蔽电极对于承载来自感测电极的测量信号的导电轨道114a的长度的影响,以降低对距离测量的干扰和外界的影响。

[0154] 在图21C的实施例中,导电轨道114b和114d以及居间的绝缘层在挠性连接器的内侧表面110b上向内延伸。可以在挠性连接器的外侧表面110a上复制类似的布置方式。绝缘保护层37可以沿着挠性连接器110形成并在导电轨道114a上延伸,且导电轨道114c沿着挠性连接器在导电轨道114a上方延伸,使得周边部分在其任一侧上延伸。导电轨道114c可以从而电连接至导电轨道114b,该导电轨道114b连接至背护电极,从而使导电轨道114c与背护电极处于相同的电位。导电轨道114c也可以直接连接至背护电极,或者通过一些其他方式电连接。

[0155] 类似地,可以形成另一绝缘层43a,其沿着挠性连接器在导电轨道114c上延伸,且另一导电轨道114e沿着挠性连接器在导电轨道114c上方延伸。导电轨道114e可以电连接至导电轨道114d,或者电连接至用于连接至接地电位的缆线导体,该接地电位优选为位于该传感器远程的接地端。最后,保护层38a可以形成于最顶端。

[0156] 利用此双侧式配置,载运来自感测电极的信号的导电轨道114a被有效地夹置于背护电极的延伸部之间,且此组合结构被夹置于屏蔽电极的延伸部之间,因而大幅地降低对距离测量的干扰以及外界的影响。

[0157] 导电轨道114a-114e可以在远离传感器的端部连接至用于将传感器信号传送至远程电路的缆线。可以使用三轴缆线,中心缆线导体连接至导电轨道114a,居间缆线导体连接至导电轨道114b和114c,而外围缆线导体连接至导电轨道114d和114e。这些连接可以是藉由透过覆于其上的绝缘层中的孔洞暴露出每一导电轨道中的金属的接触垫来形成。

[0158] 显示于图21C中的传感器及连接器结构适合于用于将电容式传感器的阵列安装和连接至光刻机器的投射透镜。这种配置达成许多目标,提供可挠性基座层,用于将极小型薄膜电容式传感器直接安装至最后投射透镜组件被安装到的同一安装板,且极为接近投射透镜的聚焦点。这种安装方法消除了因感测组件和投射透镜间的高度变化而校准传感器系统的需要。从该传感器电极延伸出的集成式连接器建立通往传感器的稳健电连接,对于系统的电容引入极小的变化,并消除了因通往传感器的连接的变化所需的校准。

[0159] 这产生极为简单的系统,不需要进行现场校准。传感器的静止电容可以被决定(其可以直接藉由测量无限远而得出,意即,传感器前方不放置晶圆)并于随后加以补偿。不需要传感器的进一步校准,因为传感器的静止电容基本上是固定的。寄生电容(例如,源于接线的小移动)容易保持于低点,因为藉由固定的连接结构及三轴缆线,连接的移动或振动大

部分已被消除。由此产生的结构容易接附在光刻机器之内,且使得传感器易于移除和置换,或者使得投射透镜加上传感器结构的组合免于冗长的重新校准。

[0160] 电子电路

[0161] 图22显示传感器系统300,其包含一个或多个传感器探针30、信号处理系统301,和用于将信号从传感器探针传送至信号处理系统的连接系统302。信号处理系统301可以包含用于驱动该传感器探针的电流或电压源电路、用于放大原始传感器信号的放大器/缓冲器电路、用于对传感器防护电极施加偏压以及连接缆线导体的电路、用于处理从探针接收的信号及输出经过处理的信号作为测量数据的信号处理电路,以及用于校准系统的电路。连接系统302可以包含将传感器连接至信号处理系统的缆线。

[0162] 系统的每一部分均可能是各种测量误差以及灵敏度降低因素的来源。误差由传感器探针引入,源于这些探针的有限几何结构,以及在传感器电极及其他部件的几何构造上造成不规则性和不精确性的制程限制。源于传感器探针结构的固有/寄生电容以及与靠近探针的其他部件的互动均可以降低传感器的灵敏度。

[0163] 误差可以是由探针的安装而引起,起因于安装表面或探针的倾斜或不平整,以及位置的容忍公差和有关安装的其他因素。误差可能由信号处理系统引起,起因于信号处理误差、部件容忍公差、外部或内部干扰、以及其他因素。误差还可能由连接系统引起,诸如由连接线、接触垫、连接导线及缆线等连接部件所引入的额外电容。

[0164] 为了侦测传感器电容的改变,其代表传感器与靶材间的距离,可以运用各种放大器组态。图23A是基本高阻抗放大器电路的简化电路图。高输入阻抗放大器采用放大器305的单位增益非反相组态(unity gain non-inverting configuration)。AC电流源306被连接,作为该放大器的输入,与传感器探针30并联。该电路产生正比于电容变化的线性输出309,其随着传感器探针30与靶材9之间的距离改变。

[0165] 传感器30连接在放大器输入与接地端或虚拟接地端(即,被测量电容的一个电极连接至接地端)之间。然而,针对晶圆的距离测量,传感器的感测电极形成测量电容的一个电极,而晶圆中的导电层形成另一电极。晶圆9的导电层典型地经由晶圆固定台134和其他光刻机器部件电容性地耦接至接地端。晶圆与接地端之间的电容典型地在6pF到70nF之间变动,且传感器电容的标称数值典型地大约等于0.1pF到1pF。为了精确地测量传感器30与晶圆9之间的距离的微小变化,必须使得晶圆对接地端的电容至少大于传感器的标称电容的1000倍。由于晶圆对接地端电容的变化范围相当大,此电容上的小变化可以影响距离测量。若晶圆对接地端电容并未至少大于传感器标称电容的1000倍,则晶圆对接地端电容的小变化将造成测量电容上的变化以及距离测量上的非预期的改变。

[0166] 基于差动式测量原理,差动对中的两个传感器30a、30b被相位相差180度的电流源306a、306b所驱动,如图23B所示。通过一个探针的电流经由靶材中的导电层找到路径。在该电流路径的中央处产生该电流路径中的虚拟接地端,即,最低电位或恒定电位。高阻抗放大器305a、305b被用于测量对应于传感器与靶材中的导电层之间距离变化的电压信号。差动式测量原理使得距离的测量与晶圆对接地端阻抗的变化无关。

[0167] 图24A显示一使用电压源对传感器30施加偏压的替代性电路。两个固定阻抗71和72、可变电容73、和传感器30(显示为可变电容)被布置于惠斯登电桥(whetstone bridge)配置之中,并用电压源306供电。该电桥具有两个桥柱,布置在并联电路中,阻抗71和可变电

容73在第一节点处连接在一起并形成一个桥柱,而阻抗72和传感器30连接在第二节点处并形成另一桥柱。固定阻抗71和72具有完全相同的阻抗数值,且可变电容73被调整成与传感器30的标称电容相匹配。该电桥每一桥柱中点处的二节点连接至差动放大器75的两个输入端,该差动放大器75测量跨节点,即跨可变电容73和传感器30的电压差异。其改变该可变电容以调整该差动放大器的空值(null value),且可藉由自动校准算法进行调整。

[0168] 该电桥部件和差动放大器可以放置在传感器处。当配合如图17A至17D所示的挠性印刷结构使用时,固定阻抗71、72可以与传感器被形成在同一可挠性基座层上。可以利用可变电容二极管(变容二极管(varicap))或其他适当部件形成可变电容73。可变电容73也可以被集成在可挠性基座层上,作为安装或形成在基座层上的部件,或者利用铜和绝缘层被集成到可挠性结构本身中。该差动放大器可形成于该基座层上,但上述有关在真空环境中的主动式组件的考虑也适用。当差动放大器被放置于远程且使用同一缆线长度连接至传感器及可变电容时,可以去除有效缆线电容且可以抵消共模干扰。

[0169] 图24B显示为差动式传感器对实施的图24A的电路。该对中的每一传感器30a、30b均连接至固定阻抗71、72,并被电压源306a、306b偏压。此处藉由固定电容71和72以及传感器对30a及30b形成惠斯登电桥布置,经由位于靶材上的导电晶圆抗蚀剂被连接起来。

[0170] 图25显示利用高阻抗放大器电路进行的差动式测量的实施例。两个传感器30a、30b被布置在差动对中。传感器30a的感测电极31a被AC电流源306a驱动,而传感器30b的感测电极31b被AC电流源306b驱动。这两个电流源306a、306b彼此相位相差180度。在一半周期期间,电流307以一个方向流动通过传感器30a和传感器-至-靶材电容16a,通过靶材9的导电层,并通过传感器-至-靶材电容16b及传感器30b。在下一半周期期间,该电流以相反的方向流动。

[0171] 放大器/缓冲器305a放大传感器30a的原始输出电压,以产生待进一步处理的输出信号309a。输出309a也可以被馈回至传感器30a的侧护电极32a及/或背护电极35a。这藉由对防护电极施加与出现于感测电极处相同的电压实施主动式防护,使得感测电极与防护电极之间未形成电场,且使得感测电极与靶材之间的电场尽可能均匀。放大器/缓冲器305b类似地放大传感器30b的原始输出电压以产生输出信号309b,并针对传感器30b的防护电极提供主动偏压信号。输出信号309a、309b可以分别输入至同步侦测器(synchronous detector)电路330a、330b。

[0172] 放大器305a、305b优选地被置于接近传感器30a、30b处,特别是当实施防护电极的主动偏压时,以防止因将传感器经由缆线连接至进行信号处理的远程位置所引起的额外电容而造成的误差。针对工作在真空中的光刻机器的电容式传感器应用,将主动式部件置于接近传感器处通常需要将这些组件置放于真空处理室中,由于经由真空辐射的热传输的不足(虽然经由传导的热传输仍可在真空中发生)而可能造成散热问题。基于此缘故,电流源306a、306b及诸如同步侦测器330a、330b的进一步的信号处理电路可以被置于真空处理室外部的传感器远程之处。然而,放大器305a、305b优选为置放于真空处理室中接近传感器之处,以得到较低的测量误差,利用允许热传离主动式组件的组态。

[0173] 图26显示同步侦测器电路330的一个实施例。参考振荡器(reference oscillator)331产生参考频率f1,该参考频率f1被电流源306使用以产生驱动传感器的交流电流332,且被相位偏移器(phase shifter)333使用以产生参考信号334(其频率也是

f1),参考信号334相对于所述参考频率具有相位偏移。参考信号334的相位偏移被调整成等于参考频率和来自传感器的信号309之间的相位偏移,以补偿发生于同步侦测器电路330和传感器之间的缆线连接以及该感测配置内的相位偏移。

[0174] 来自传感器的频率为f2的输出309是输入缓冲器335的输入。倍频器(multiplier)337接收频率f2的缓冲或放大输入信号336以及频率f1的参考信号334。倍频器337的输出将包含两个输入频率的和(f1+f2)以及这两个输入频率的差(f1-f2)的成分。倍频器337的输出通过低通滤波器338,以滤除较高的频率而留下代表这两个输入频率的差(f1-f2)的低频成分。此信号被放大器339放大以产生测量信号340。此测量信号340代表传感器所测量的阻抗的变化,其与传感器和靶材间的距离的变化相关。

[0175] 如上所述,用于驱动传感器的电流源电路以及信号处理电路可以被置于传感器的远程。然而,用于将传感器连接至远程电路的缆线连接将在系统中引入额外的不良电容。图27是显示传感器系统中的电容的示意图。

[0176] 电容Cin代表缆线电容加上电流源306的输出电容,电容Cs代表待测量的传感器-至-靶材电容加上传感器和传感器连接线的固有(寄生)电容,而电容Cout代表缆线电容加上缓冲器305的输入电容。杂散电容Cin及Cout应该比Cs和待测量的传感器-至-靶材电容小,因为大的杂散电容将降低传感器的灵敏度。

[0177] 连接传感器至信号处理电路的缆线的电容可能很大,且对于传感器的灵敏度有负面影响。可以对缆线导体使用主动式防护以降低或排除此问题。图28A显示一种配置,具有将传感器30连接至信号处理电路330的缆线350。在显示的配置中,放大器/缓冲器305置于传感器30的附近(垂直虚线的左侧),而电流源306置于传感器的远程(垂直虚线的右侧)。电流源306经由缆线的中央导体351传送电流至传感器30。缓冲器305对同轴导体352施加的电压与传感器的感测电极上存在的相同。由于中央导体351与同轴导体352上具有相同的电压,故这些导体间的任何杂散电容的效应实质上均被取消。

[0178] 图28B显示在缆线350的导体与传感器30的导电电极之间的连接。中央导体351连接至感测电极31,内环同轴导体352连接至背护电极35,而外环同轴导体353连接至屏蔽电极44。

[0179] 此实施例中的缆线是三轴缆线,具有用作屏蔽且接地的第三同轴导体353。该屏蔽优选为连接至位于缆线远程端处的分离接地端,例如,位于电路330处。此接地端仅是屏蔽接地端,且优选地不连接至任何位于传感器处的接地端。

[0180] 此配置可能有许多替代方式。例如,也可以使用非同轴缆线,且缓冲器305可以被置于远离传感器之处,以从信号处理电路330附近的缆线350远程端为导体352供电。

[0181] 传感器和信号处理电路的实体分隔在传统设计之中已经被加以避免,其中的传感器及电路是由同一制造商供应,且在工厂中被视为匹配的套组而一起进行校准,以使得电子电路匹配于传感器并避免非线性。在本文所述的系统中,可以使用自动脚本配合晶圆固定台控制系统,以快速地校准感测系统,例如,通过将晶圆固定台移动到已知的位置并由传感器进行测量。这排除了将传感器和信号处理电路视为一匹配对的需要,并容许置换传感器但不置换信号处理电路,大幅地简化光刻机器的维护并降低其非生产时间,从而增加生产量。

[0182] 图29显示同步电路360的另一实施例。数字参考振荡器376产生参考频率f1,其形

成参考信号输入至混频器 (mixer) 372, 该参考信号还被馈入数位相位偏移器377以引入相位延迟。该相位延迟参考频率被数字至模拟转换器 (digital-to-analog converter) 378转换成模拟信号, 而该模拟相位延迟信号驱动电流源306, 该电流源306为传感器30供电。该相位延迟被调整成等于感测系统和缆线350中产生的相位偏移, 等于参考频率f1与位于同步侦测器电路输入处的传感器系统输出信号361之间的相位差。可以通过调整相位偏移器377设定该相位延迟, 直到从混频器372得到最大输出。应注意, 感测系统和缆线中的相位偏移应该维持恒定, 即使当传感器的电容有所改变之时也是如此。

[0183] 输入缓冲器362接收传感器信号361, 而缓冲信号被输入至带通滤波器 (band pass filter) 363, 以从该信号中滤除噪声和干扰。经过滤波的信号被模拟至数字转换器364转换成数字信号。接着运用数字处理, 电路360因此结合信号的模拟和数字处理, 以利用二者最佳特征。经过数字滤波的传感器信号接着被输入至单一输入差动输出的差动放大器 (或相位分离器 (phase splitter)) 371, 其具有两个差动式输出, 其中之一与输入信号同相, 而另一输出则与输入信号相位相差180度。混频器372接收差动式输出 (频率f2) 和参考信号 (频率f1)。输入频率f1 (参考频率) 和f2 (传感器信号361的频率) 在混频器372中被去除, 而混频器输出包含频率等于输入频率之和及差的成分 (即, f_1+f_2 及 f_1-f_2)。低通滤波器373滤除频率之和, 而留下相当于参考频率及传感器信号频率之差 (f_1-f_2) 的低频成分。当频率f1与f2相等且同相时, 混频器输出正比于传感器信号361的振幅的DC值, 其正比于传感器电容且正比于传感器与靶材之间的距离。放大器374放大低通滤波器的输出, 而后其可以被输入至控制系统。

[0184] 可以使用校准算法, 以自动地校准传感器系统的同步侦测器电路。该算法逐步调整数字相位偏移器377以递增或递减相位延迟, 并监测混频器372的输出。调整相位偏移器, 直到混频器372的输出达到最大值, 表示参考信号和传感器信号相位相同。

[0185] 同步侦测电路的数字处理可以利用现场可编程门阵列 (field programmable gate array; FPGA) 实施, 且校准算法也可以在FPGA及/或配合FPGA工作的软件中实施。

[0186] 此种具有自动校准的设计允许置换传感器或传感器的阵列, 而无需也置换或重新校准处理来自传感器或多个传感器的测量信号的信号处理电路。传统传感器系统设计包含在工厂中被视为匹配的套组而一起校准的传感器和信号处理电路, 使得置换传感器之时还需同时置换信号处理电路。自动校准算法使得传感器能以与信号处理电路无关的方式独立地进行置换, 并加速新传感器与现有信号处理电路的校准, 大幅地简化光刻机器的维护并缩减其非生产的时间。因而使光刻机器的停机时间较少, 并因此使其生产量较高。

[0187] 图30是传感器差动对30a、30b的处理电路的简化示意图。该传感器由相位相差180度的电流 (或电压) 源306a、306b施加偏压。每一传感器30a、30b的输出分别被馈入同步侦测器电路360a、360b, 且该同步侦测器电路的输出被输入至实施减法运算的电路380。该同步侦测器电路的输出彼此相位相差180度, 故该减法用于从这两个同步侦测器电路输出去除共模干扰, 但保留传感器信号。

[0188] 此电容式传感器可以被用于在光刻机器上进行晶圆定位的控制。图31是这样的控制系统的示意图。传感器30测量有关光刻机器的投射透镜104与静置于可移动式晶圆固定台134上的晶圆9之间的距离。在这种布置中, 传感器被安装成与投射透镜呈固定的相对关系, 使得投射透镜与晶圆之间的距离可以从传感器与晶圆间的测量距离确定。传感器信号

被传送至信号处理单元301,而信号处理单元输出的测量数据被传送至控制单元400。控制单元400可以被用于控制晶圆固定台的z轴(垂直)方向的移动,以将晶圆维持在光刻机器的投射透镜的焦面上,使得机器发出的带电微粒子束在晶圆在x和y轴上移动时仍维持聚焦于晶圆的表面上。

[0189] 搭配控制系统的传感器系统可以被用于在晶圆移动时在许多不同的点精确地确定投射透镜与晶圆之间的距离。这使得系统能够确定晶圆表面的拓扑结构,侦测晶圆中是否存在倾斜或弯曲以及晶圆表面上的其他不规则性。晶圆表面几乎绝不会是完全平整的。典型的晶圆在未被箝制的情形下可能在其中具有高达50微米的弯曲。除了上述的晶圆弯曲之外,晶圆表面可能具有其他不均匀性在其表面上。该晶圆弯曲和其他的不均匀性在晶圆表面造成高度上的变化,导致晶圆表面偏离投射透镜的焦面。该控制系统可被用于矫正这种高度上的变化,以将晶圆表面维持于用于将上述光学或微粒曝光射束聚焦至晶圆上的投射透镜的焦面之中。可以利用从传感器发送的信号调整晶圆固定台的垂直位置,以补偿晶圆表面高度上的这些变化。

[0190] 本系统被设计来在处理(例如,曝光)晶圆的同时,测量晶圆表面的拓扑结构,而非事先进行测量。这降低了整体晶圆处理时间并增加生产量。

[0191] 在一实施例中,使用八个传感器置于方形矩阵中围绕着投射透镜的布置方式,如图32A所示。此布置允许对晶圆倾斜量、晶圆弯曲度及其他不规则性的测量与晶圆的曝光均在晶圆的单一次扫描中完成。在典型的配置中,在一机械扫描方向移动晶圆,同时光刻机器的光学或带电微粒射束扫描过晶圆表面之上,以依据曝光图案对晶圆进行曝光。

[0192] 在图32A的实施例中,当晶圆沿机械扫描方向405移动时,第一列传感器A至C在晶圆表面上的一直线中的三点(对应于传感器A、B及C)测量距晶圆表面的距离。晶圆位置中的倾斜量、晶圆的弯曲度、或者是其他表面不规则性均可以藉由对传感器B的测量与传感器A和C的测量进行比较而计算出来。沿着该条线计算出来的晶圆倾斜量、弯曲度或不规则性的数值被存储在控制系统中的存储器中。当晶圆以方向405前进时,先前由传感器A至C测量的直线落到投射透镜104下方,且已就绪而可进行曝光。位于投射透镜两侧上的传感器D和E测量距传感器A和C先前所测量的直线上的点的距离。此时可以依据所存储的数值以及传感器D和E目前的测量值计算投射透镜下方的点处的晶圆高度。控制系统可以使用对投射透镜下方的点处的晶圆高度的此次计算结果,调整晶圆固定台的高度以确保晶圆表面维持于投射透镜的焦面上。这使得晶圆表面的倾斜量、弯曲度或其他不规则性的补偿均能够在晶圆的单一次扫描中被测出并加以修正。

[0193] 第三列传感器F至H被提供以使得上述的同一处理在两个机械扫描方向,即,当晶圆在方向405上或相反方向上移动时均能够使用。图32A例示了包含八个传感器的矩阵,然而上述的方法可以利用不同数目的传感器实施。此外,图32A中所显示的每一个传感器均可以是一差动式传感器对,在A至H每一点处进行差动式测量。

[0194] 另一实施例显示于图32B之中,其在投射透镜104的四个角处具有以差动对形式布置的八个传感器。这种布置适用于,例如,其中的晶圆在曝光期间被箝制妥当以将晶圆弯曲度降低至可接受数值的光刻系统。然而,即使是极为平整的晶圆固定台表面以及将晶圆妥善地箝制于晶圆固定台上而保持平整,由于晶圆及其表面上抗蚀层的差异,晶圆表面中将仍然存有变化。在此实施例中,当晶圆在机械扫描方向405上移动时,包含传感器对A和B的

第一列在晶圆表面上一直线上对应于位置A和B的二点处测量距晶圆表面的距离。测量也可以由位于位置C和D处的传感器对C和D进行。

[0195] 可以计算出在A、B、C和D处距晶圆的距离、距晶圆的平均距离、以及晶圆中是否存在倾斜及其倾斜量(例如,扫描方向上及另一方向上的晶圆倾斜),并储存于控制系统中的存储器。由这些测量,可以计算出投射透镜104中心与晶圆表面之间的距离。

[0196] 图32C例示一种用于确定投射透镜与晶圆表面间的距离以及该晶圆表面上的倾斜值的测量方法。曝光之前,在若干预先确定的位置处测量晶圆的局部梯度,例如,在晶圆中心以及环绕晶圆周边的四个等距离的位置处,如图32C所示。晶圆固定台可以被控制以调整晶圆固定台在x方向上的倾斜度Rx以及晶圆固定台在y方向上的倾斜度Ry。测量期间,晶圆固定台的倾斜度Rx及Ry维持于恒定数值。

[0197] 利用该测量结果,计算出待被处理单元曝光的晶圆的全部区域的高度地图。依据该高度地图,计算出用于在曝光期间驱动晶圆固定台的倾斜修正数值Rx(x,y)和Ry(x,y),以倾斜晶圆固定台而修正晶圆表面高度的变化。可以对整个曝光计算出x及y方向上的恒定倾斜修正值,即,针对曝光动作,Rx(x,y)是恒定数值且Ry(x,y)是(可能不同的)恒定数值。也可以进行较为复杂的计算,针对晶圆的不同区域计算出多个倾斜修正数值Rx和Ry,并在各个区域被曝光时据此调整晶圆固定台。

[0198] 曝光期间,依据计算出的倾斜修正数值Rx和Ry控制晶圆固定台在x和y方向上的倾斜度。例如,这可以利用针对晶圆固定台位置和倾斜度的反馈的干涉仪信号达成。从而可以使用水平传感器以仅产生z方向的数据,即,投射透镜和晶圆表面之间的距离。

[0199] 此程序不同于上述的在线测量方法以及先前的晶圆地图方法,在许多不同的位置测量z方向上距晶圆的距离,并据此计算出晶圆表面在x和y方向上的整体倾斜度。晶圆固定台接着在曝光之前被调整以对任何这样的倾斜进行最优修正,使得在晶圆扫描期间,对投射头呈现标称的平行的晶圆表面,位于光刻柱体的光轴的横切面上。扫描期间,可以使用计算出的晶圆表面高度地图来适应z方向上的变化,即,投射透镜与晶圆表面之间的距离变化。可以直接从先前确定的高度地图或藉由使用测量数值间的内插求出该z方向上的数值。

[0200] 本发明已通过上述特定实施例来说明。应注意各种不同的构造及替代均有提及,本领域技术人员应能知道可以套用于本文所述的任一实施例。此外,应能理解,这些实施例在未脱离本发明的精神和范围下容许有本领域技术人员所熟知的各种修改及替代形式。因此,虽以特定实施例的形式呈现,但仅用于示范,而非用于限制本发明的范围,该范围是由后附的权利要求定义的。

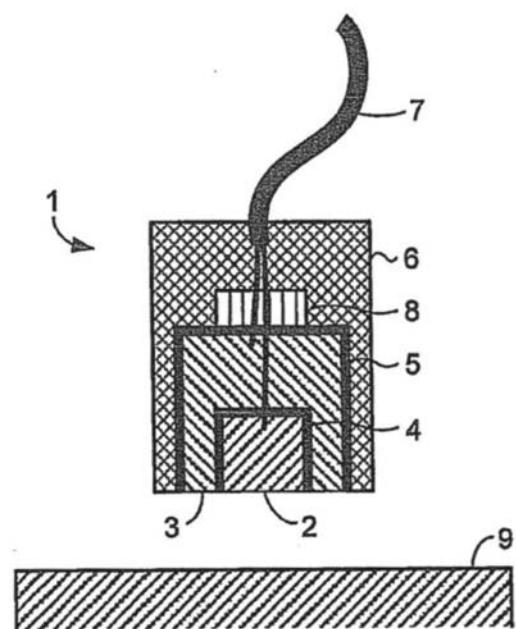


图1A

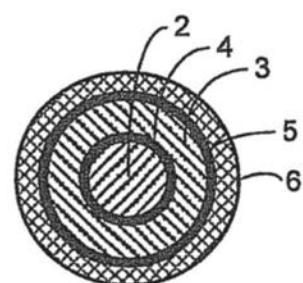


图1B

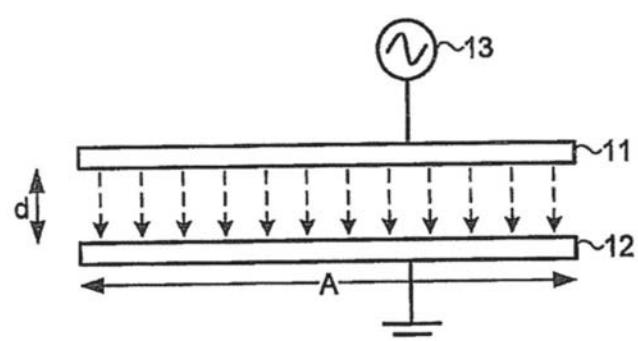


图2

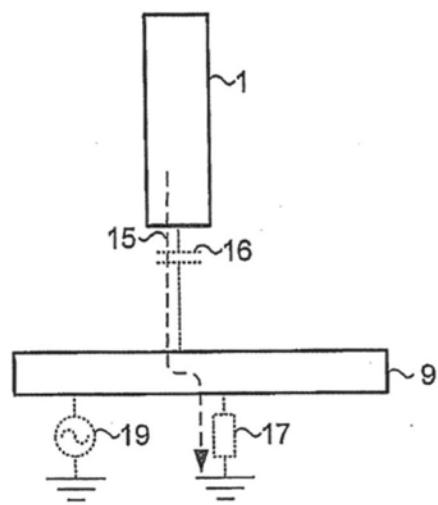


图3

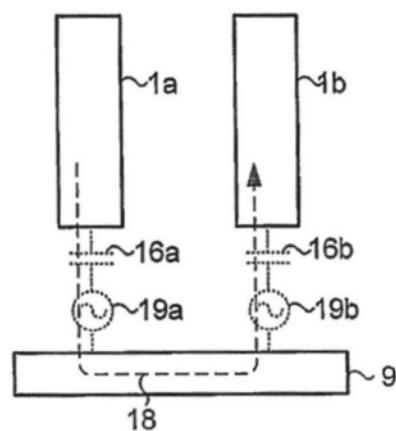


图4

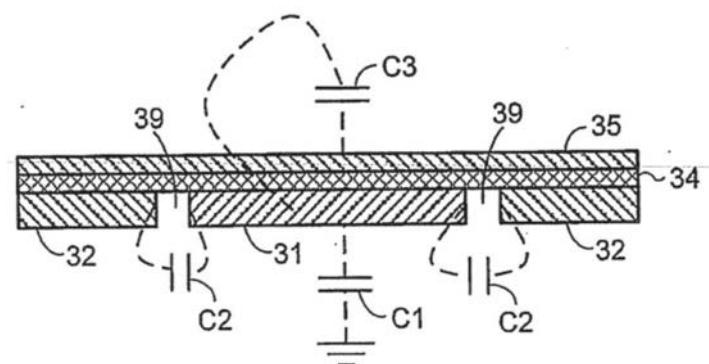


图5

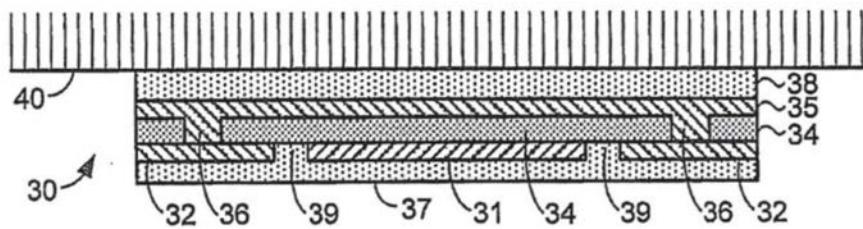


图6A

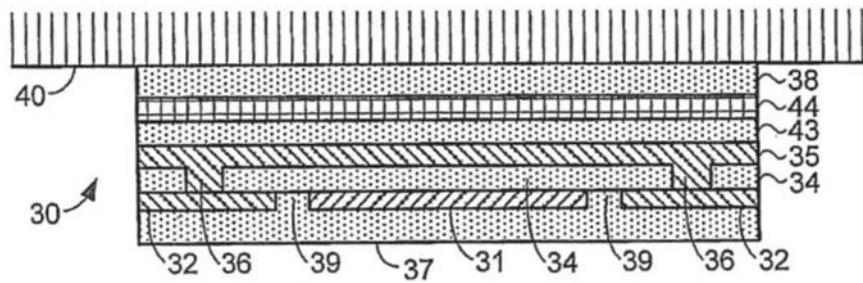


图6B

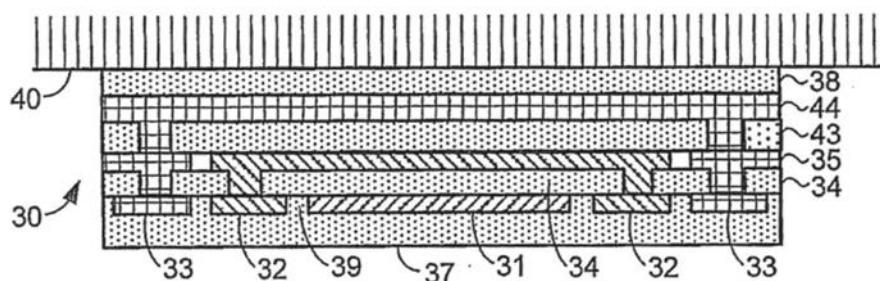


图6C

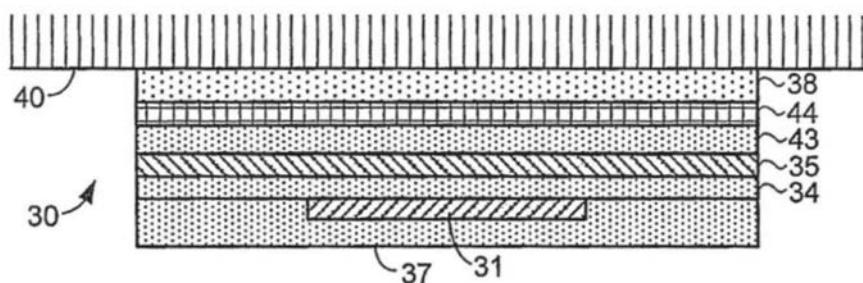


图6D

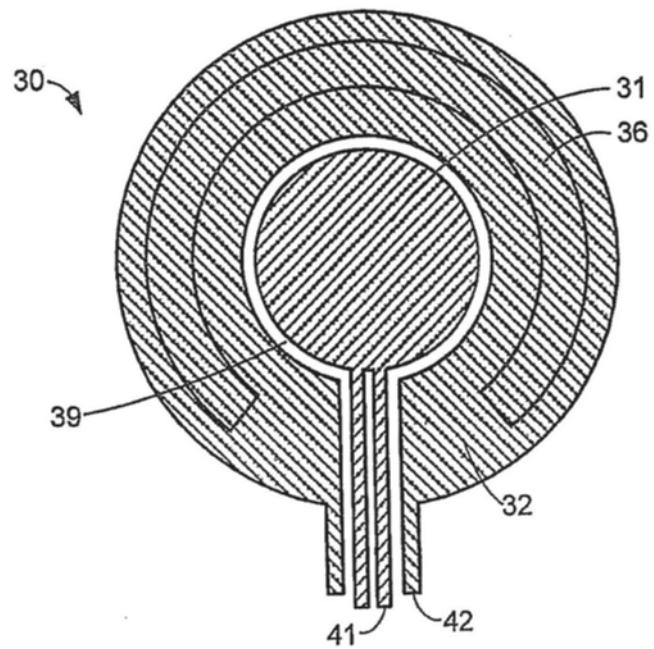


图6E

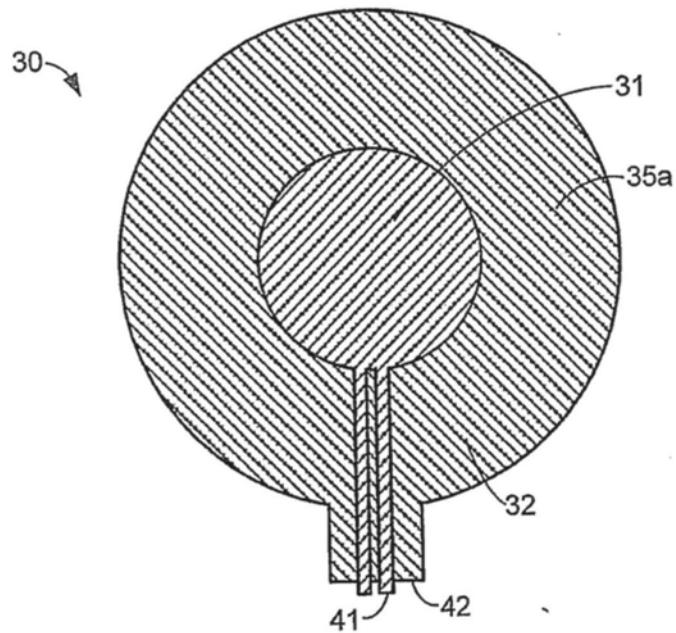


图6F

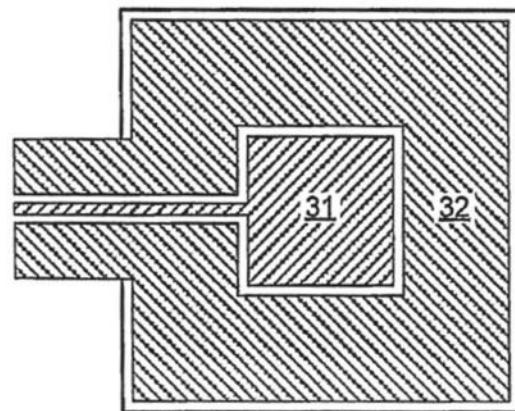


图7A

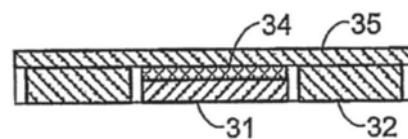


图7B

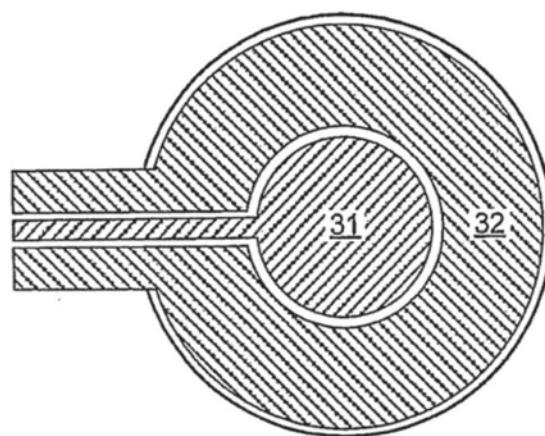


图8A

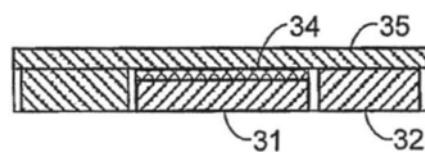


图8B

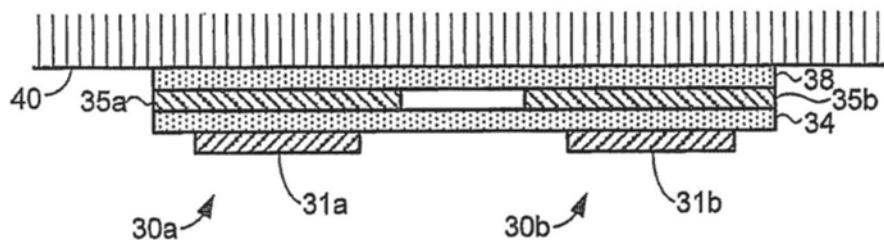


图9A

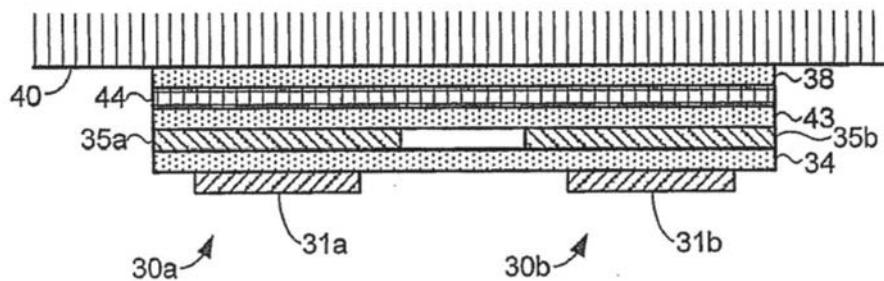


图9B

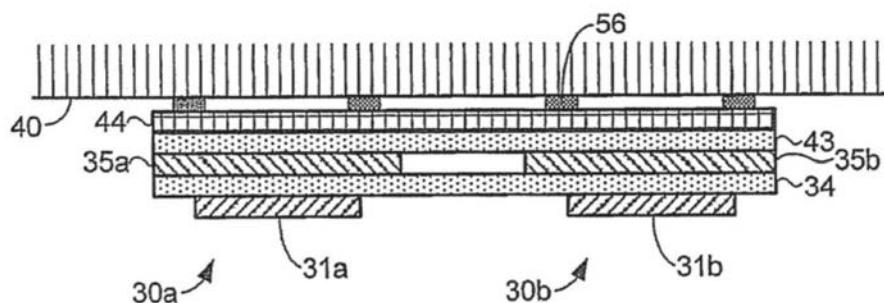


图9C

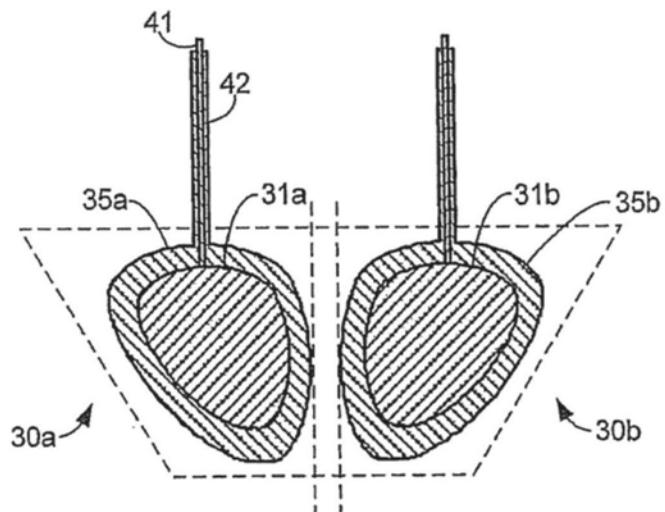


图9D

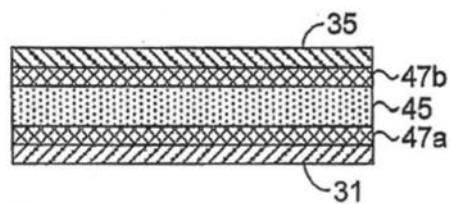


图10A

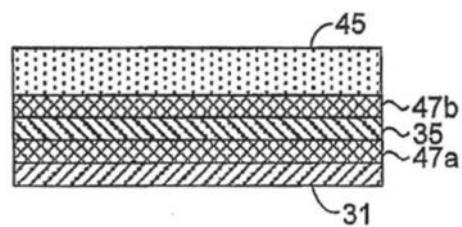


图10B

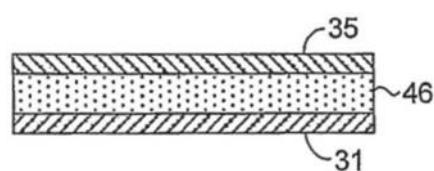


图10C

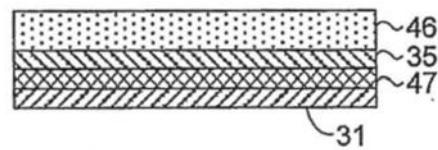


图10D

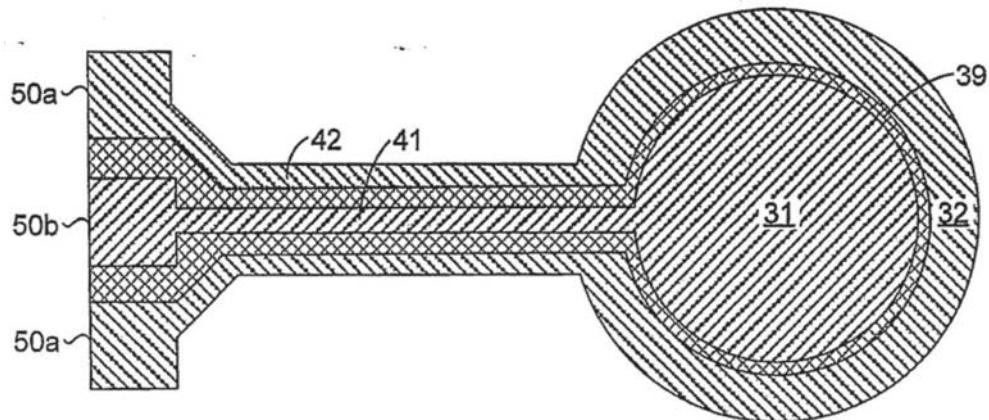


图11

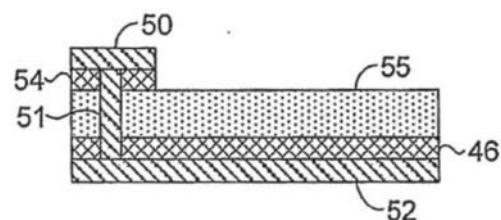


图12A

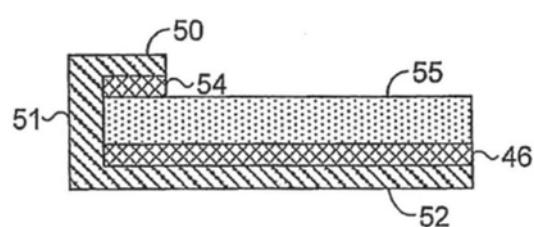


图12B

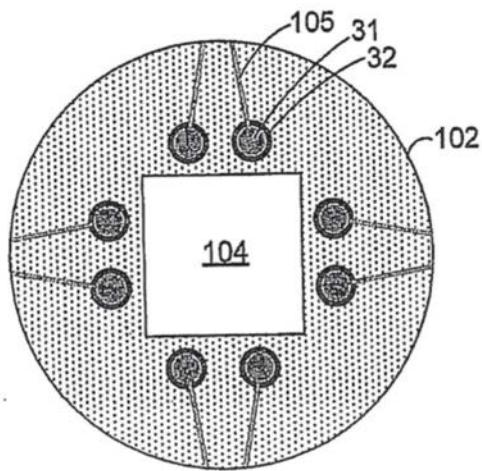


图13A

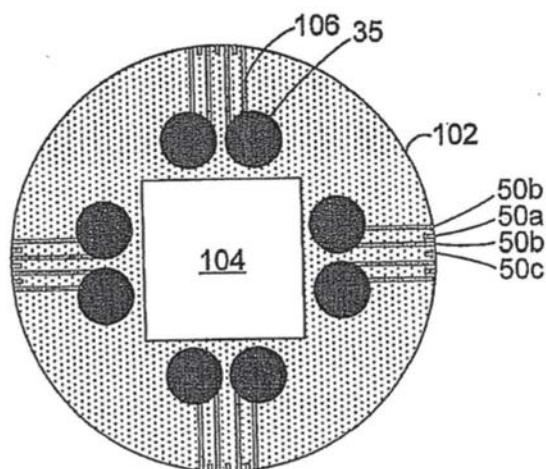


图13B

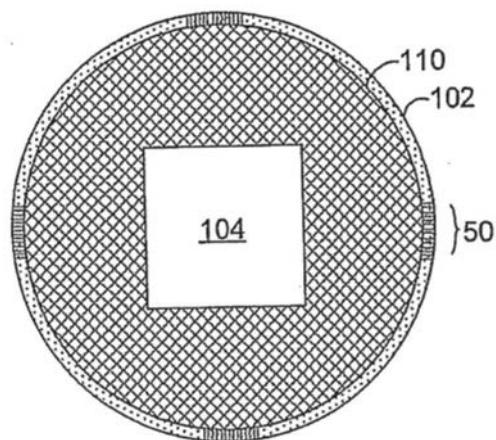


图13C

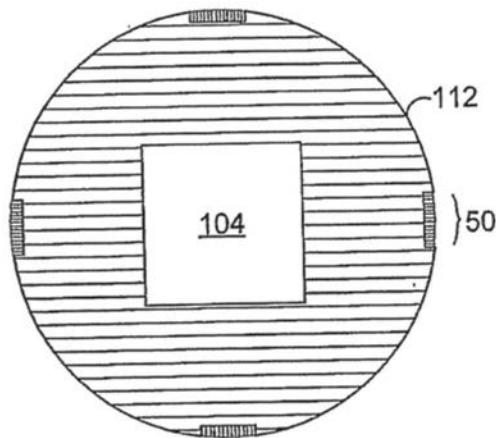


图13D

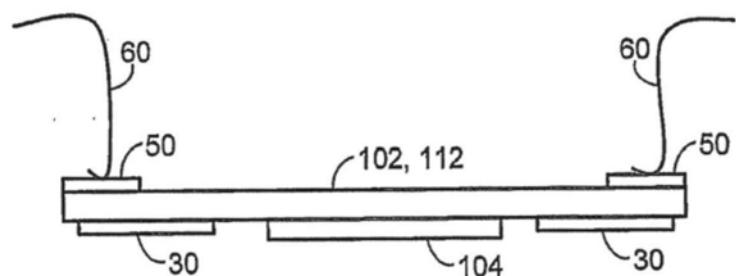


图14

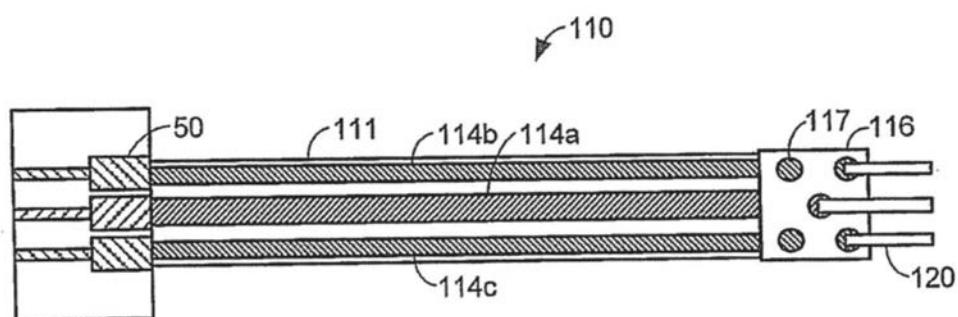


图15A

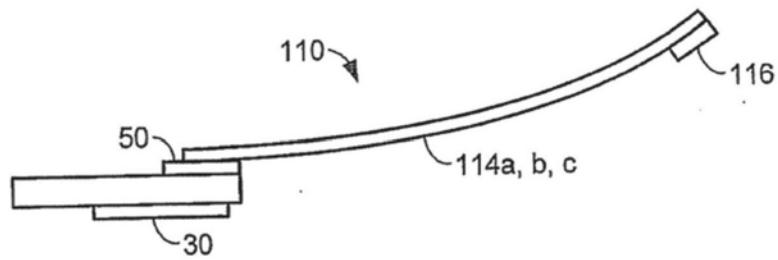


图15B

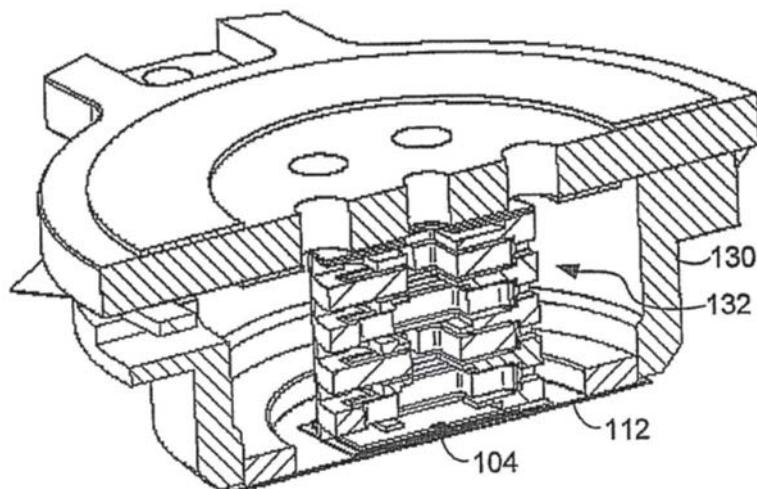


图16A

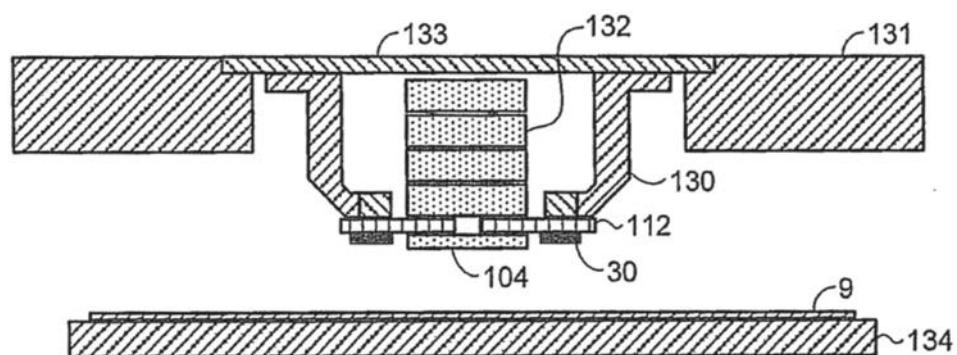


图16B

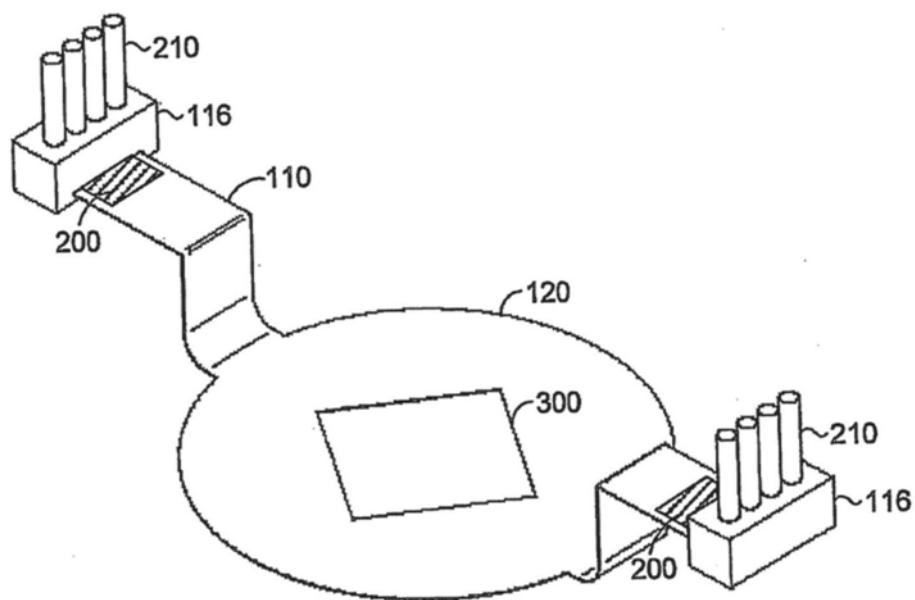


图17A

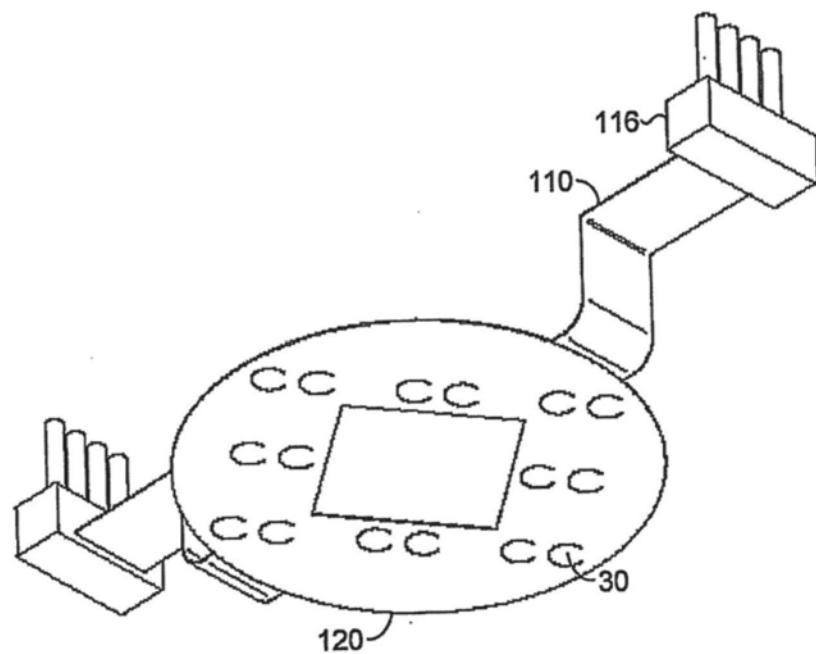


图17B

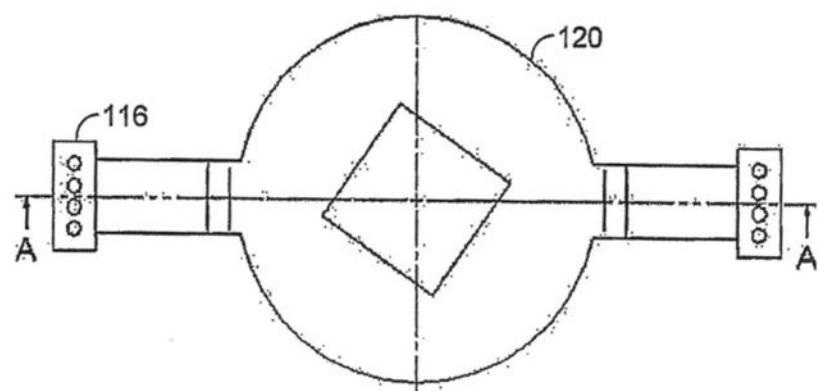


图17C

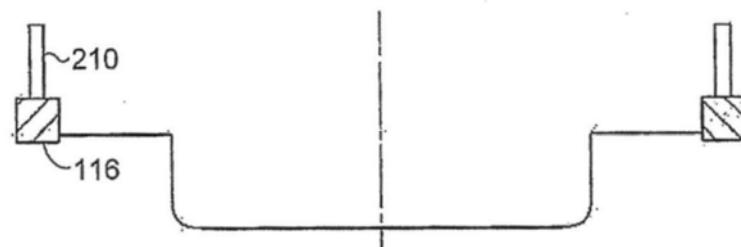


图17D

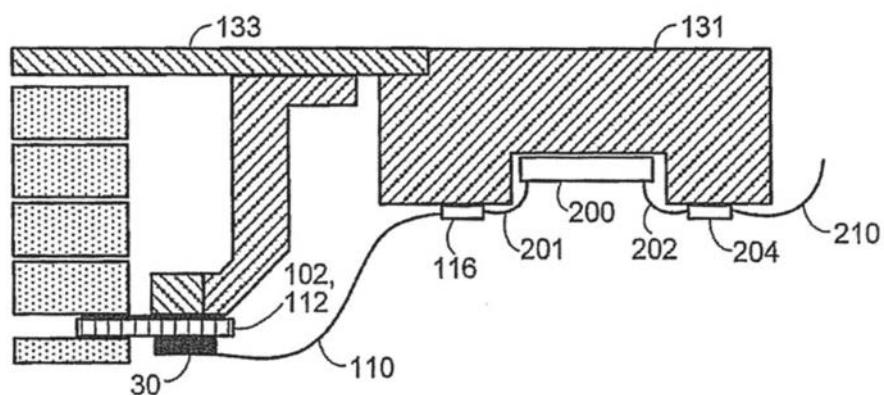


图18

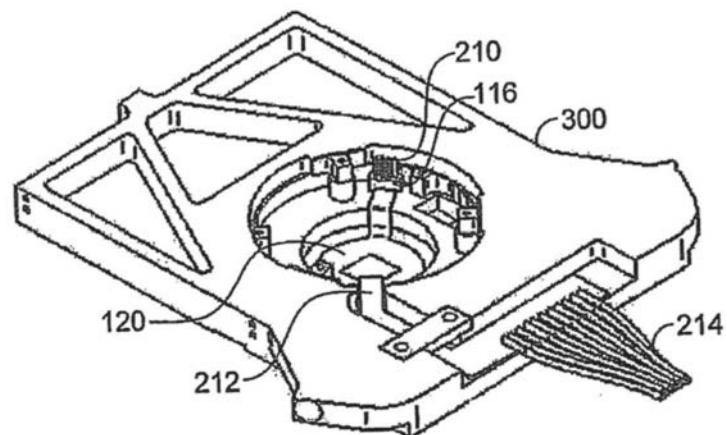


图19A

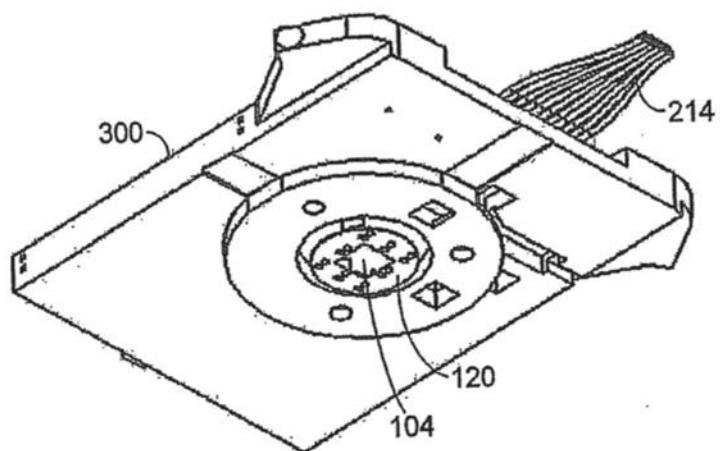


图19B

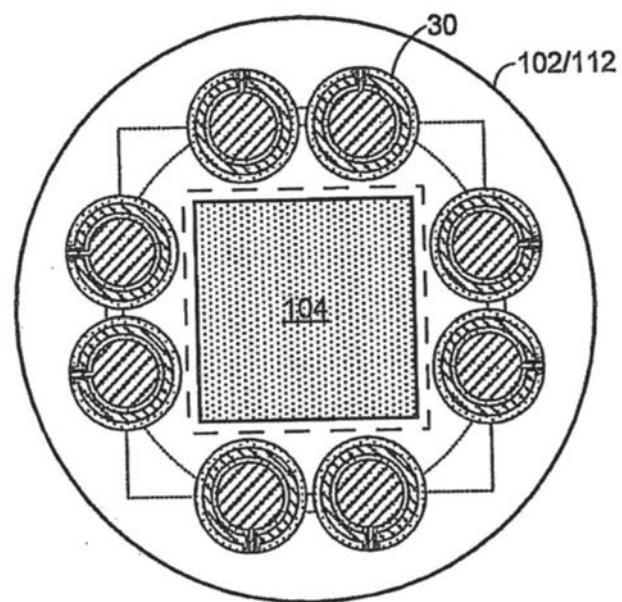


图20A

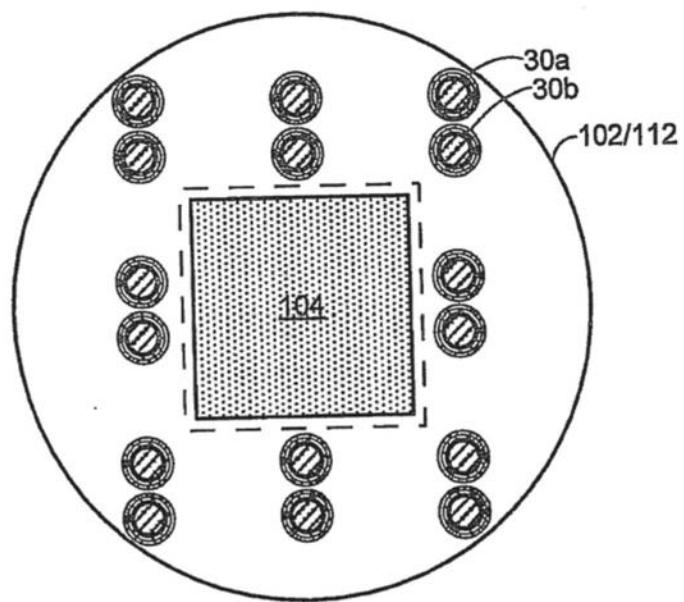


图20B

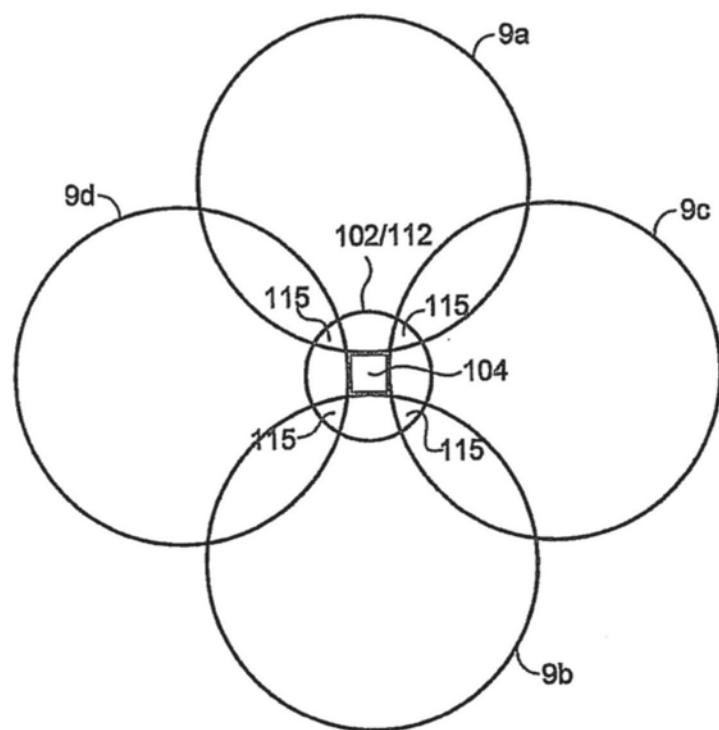


图20C

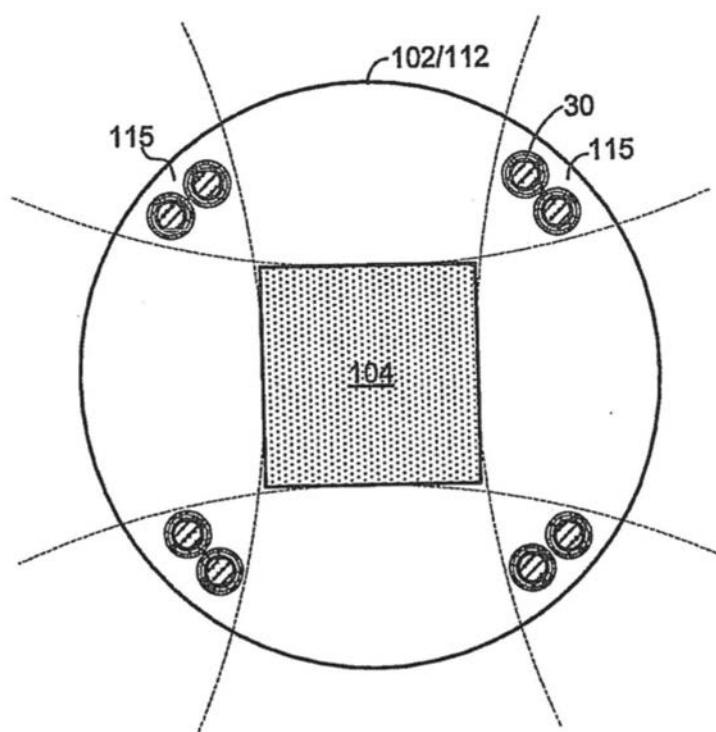


图20D

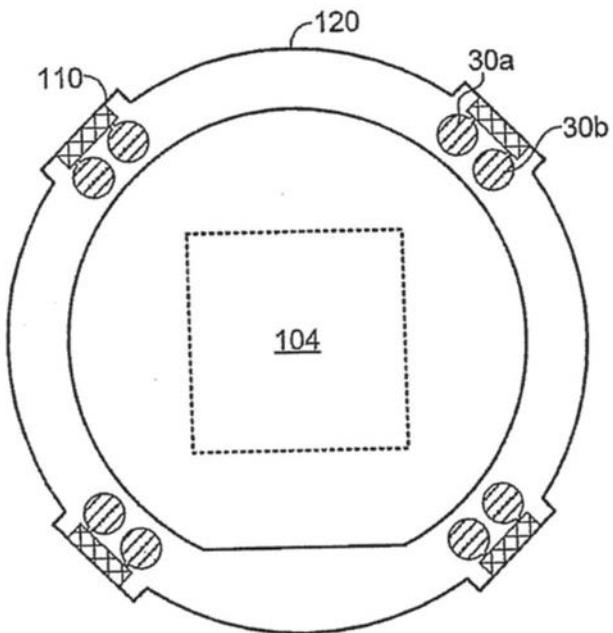


图21A

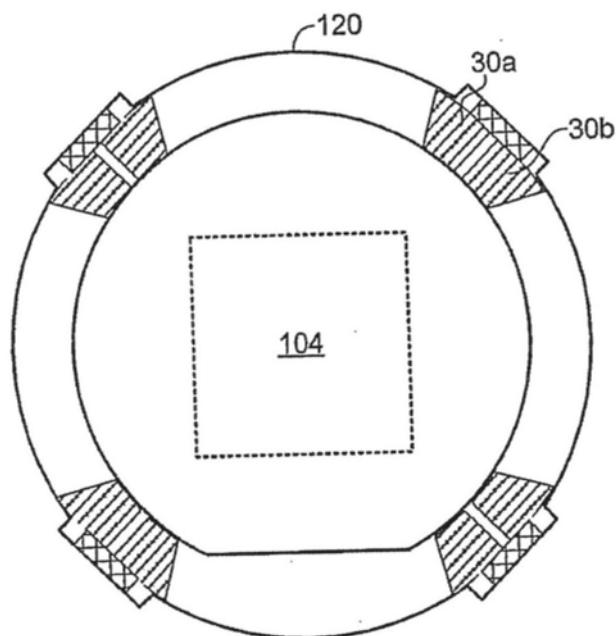


图21B

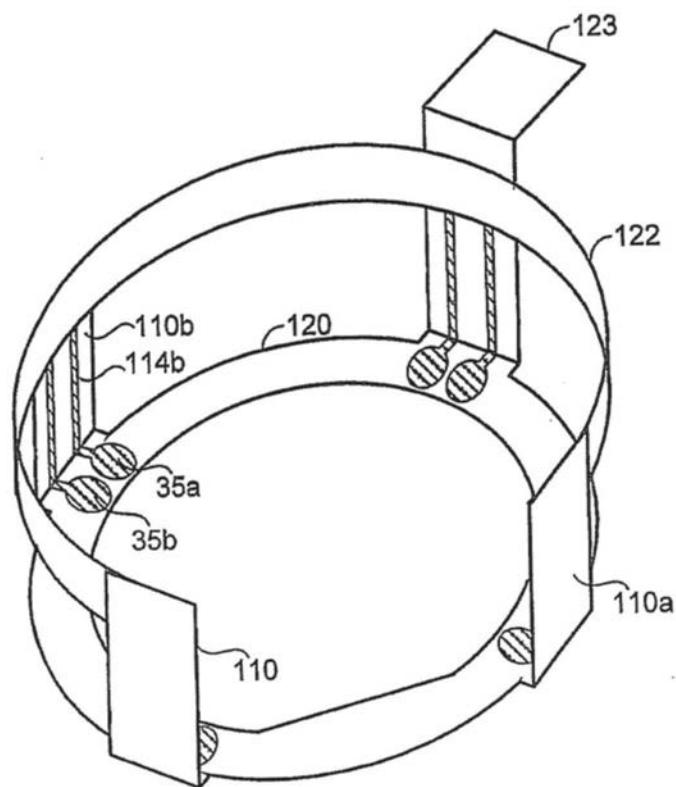


图21C

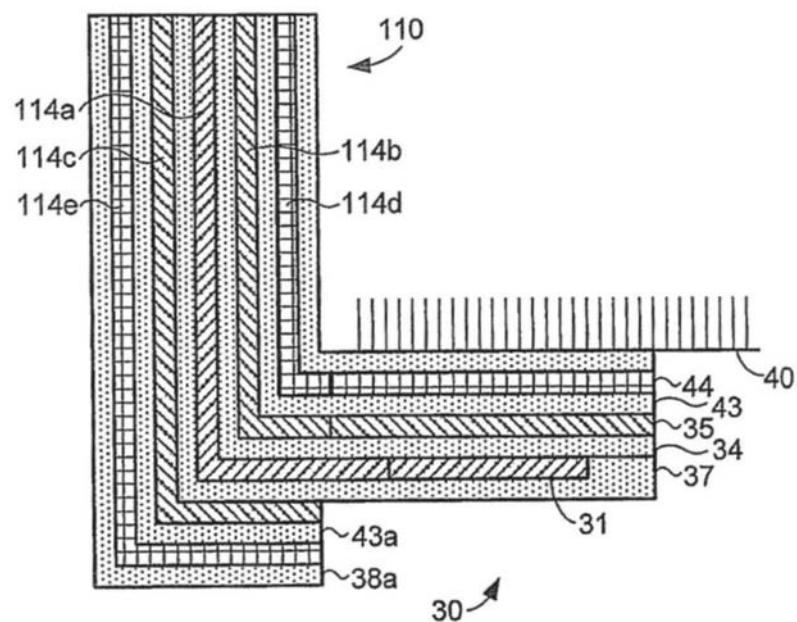


图21D

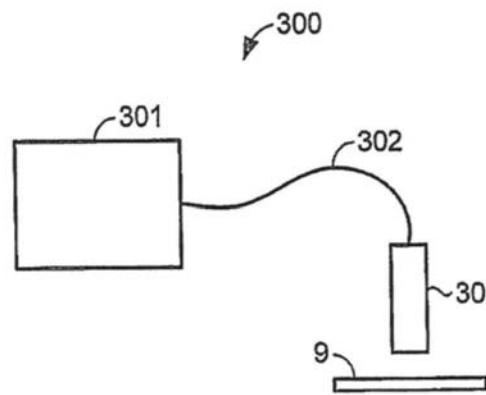


图22

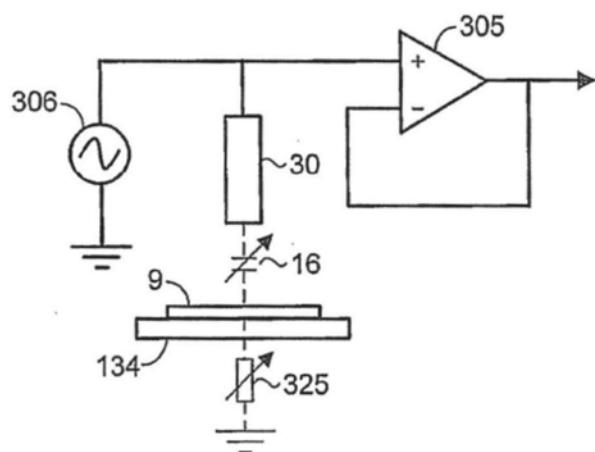


图23A

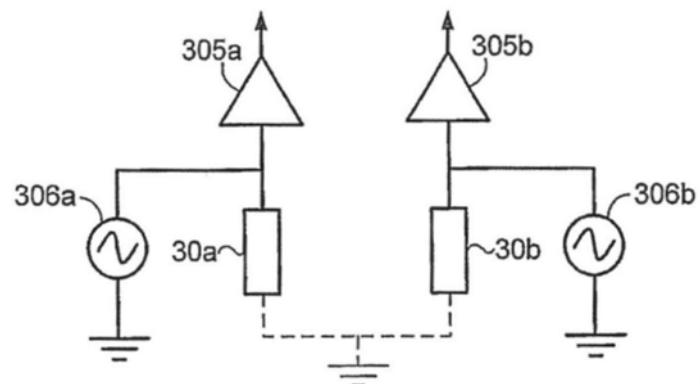


图23B

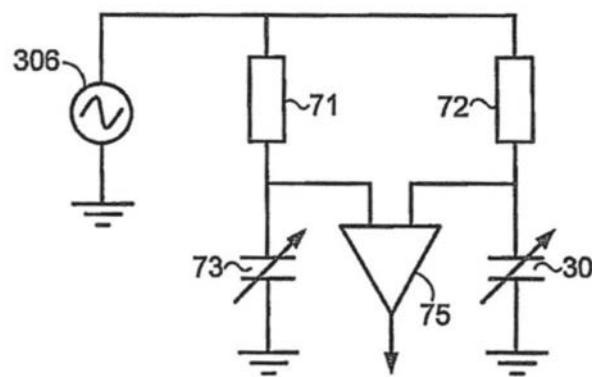


图24A

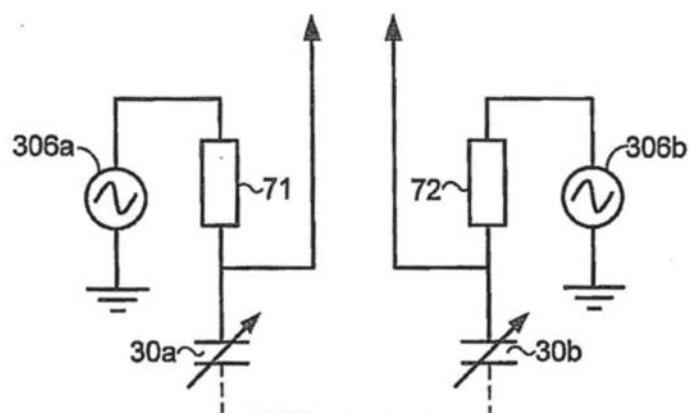


图24B

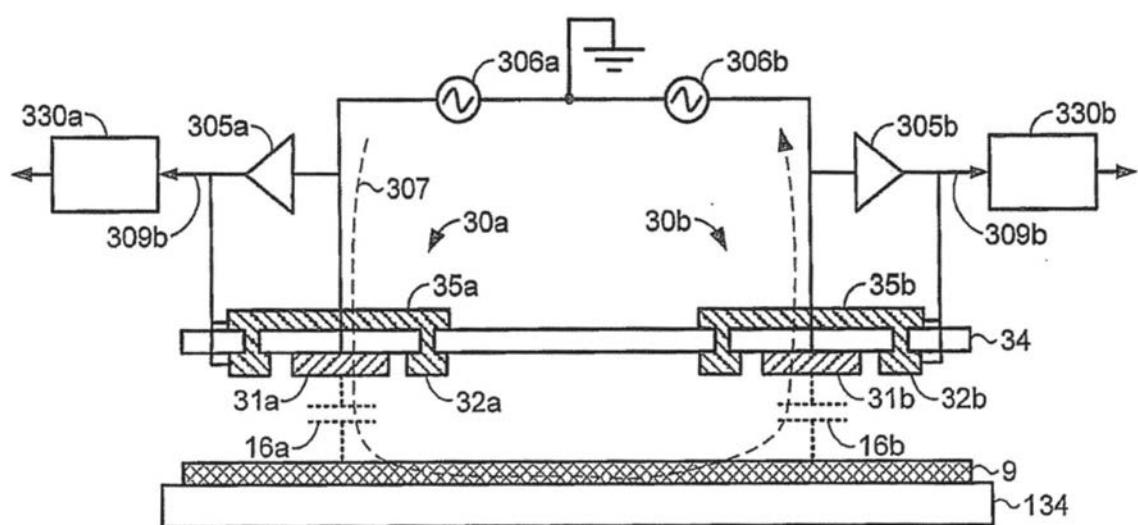


图25

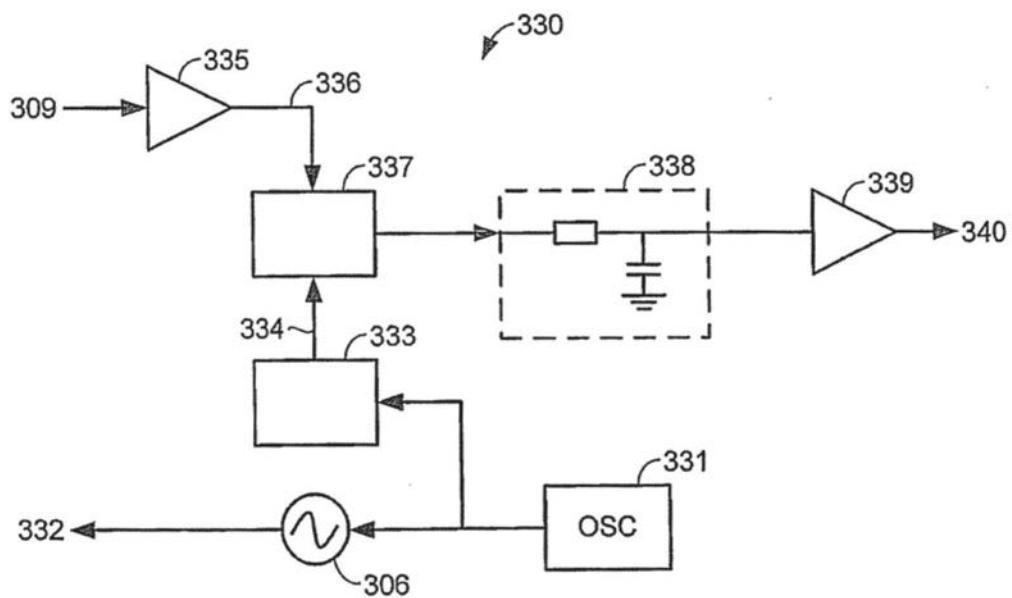


图26

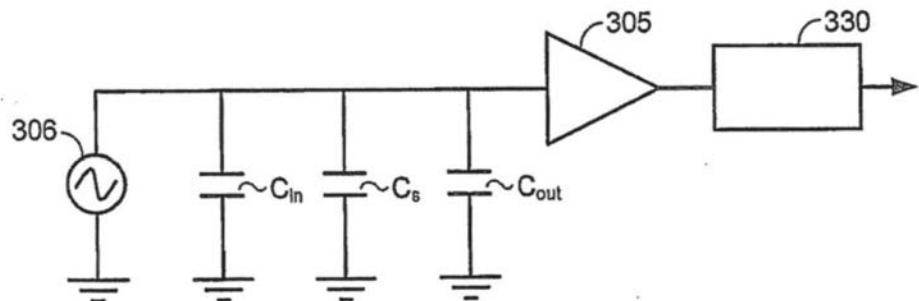


图27

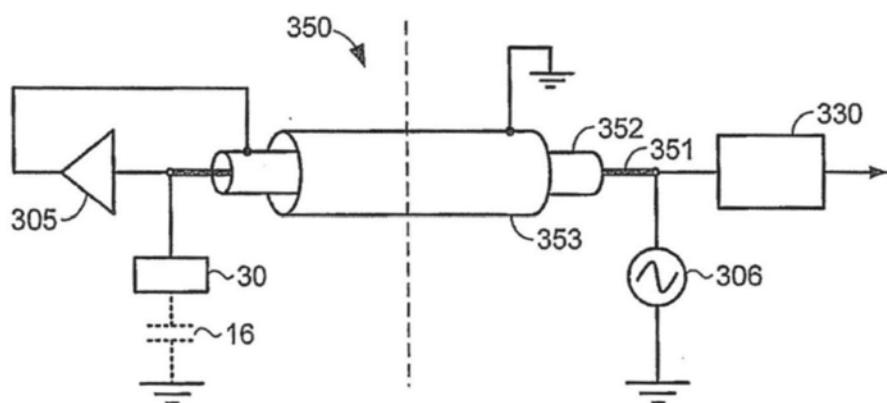


图28A

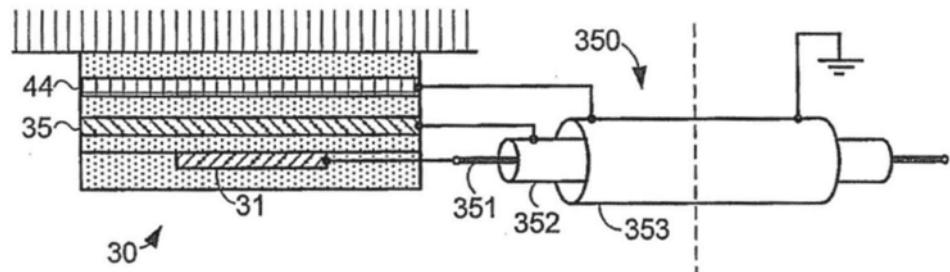


图28B

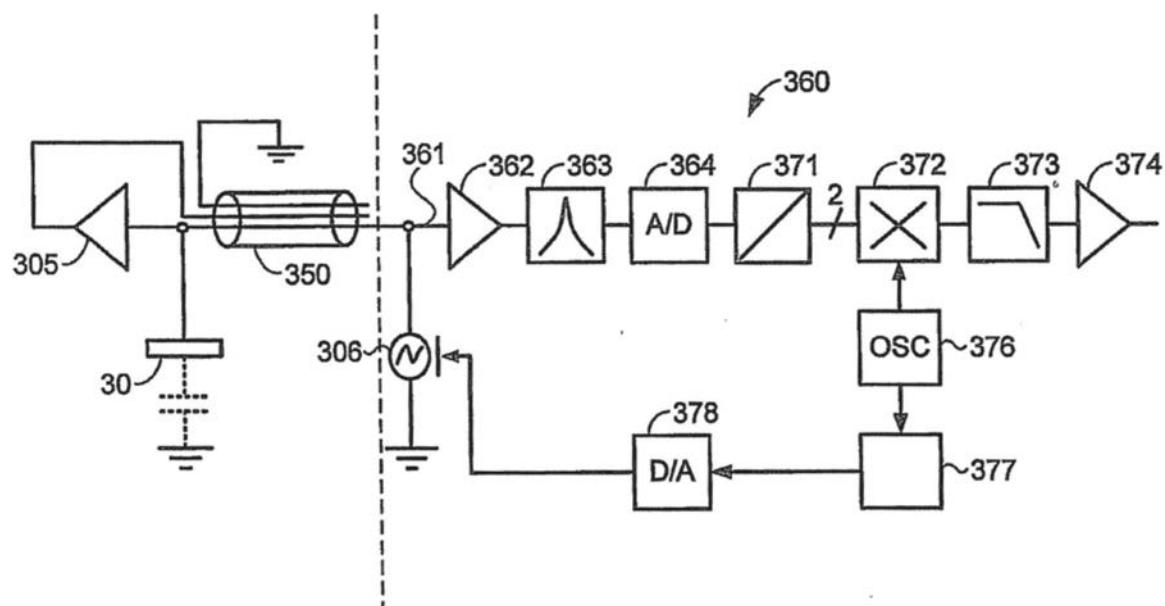


图29

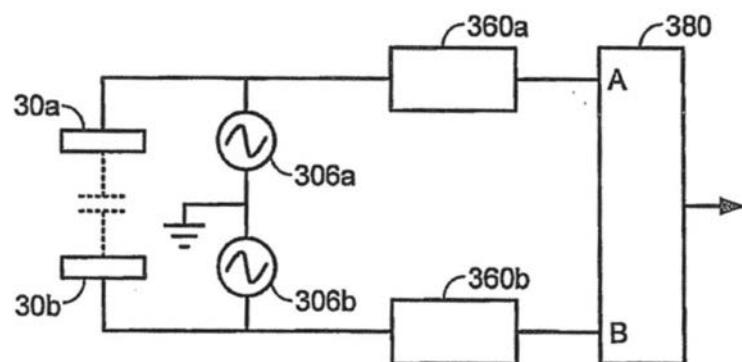


图30

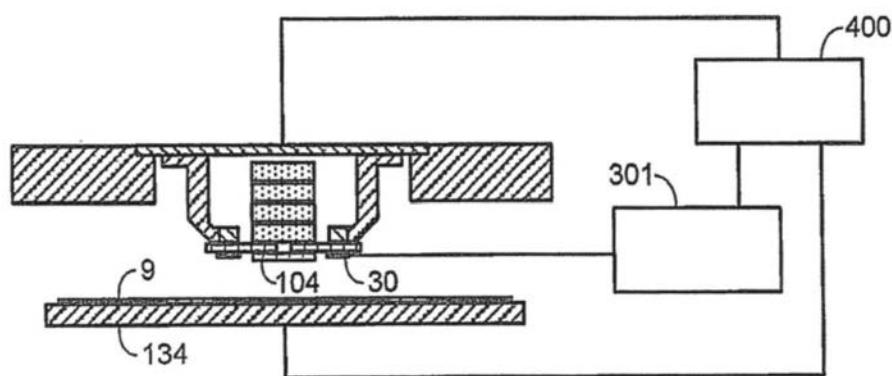


图31

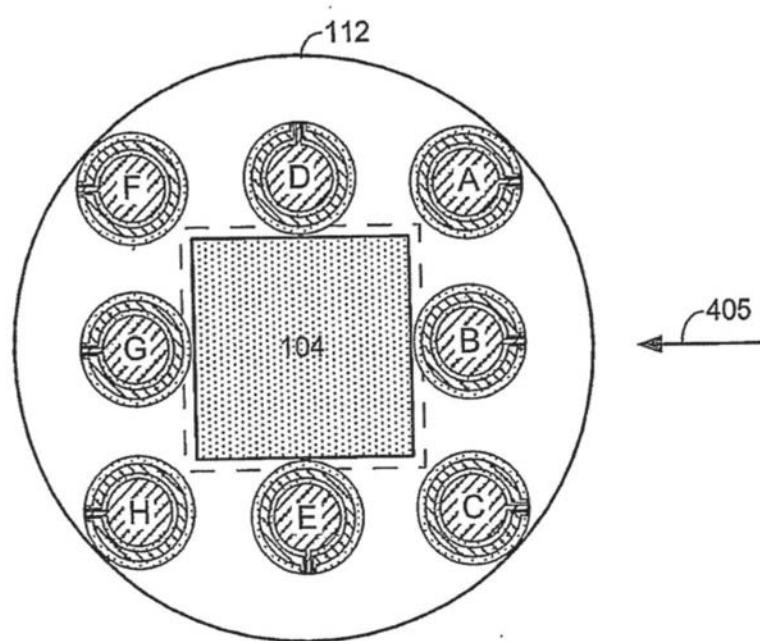


图32A

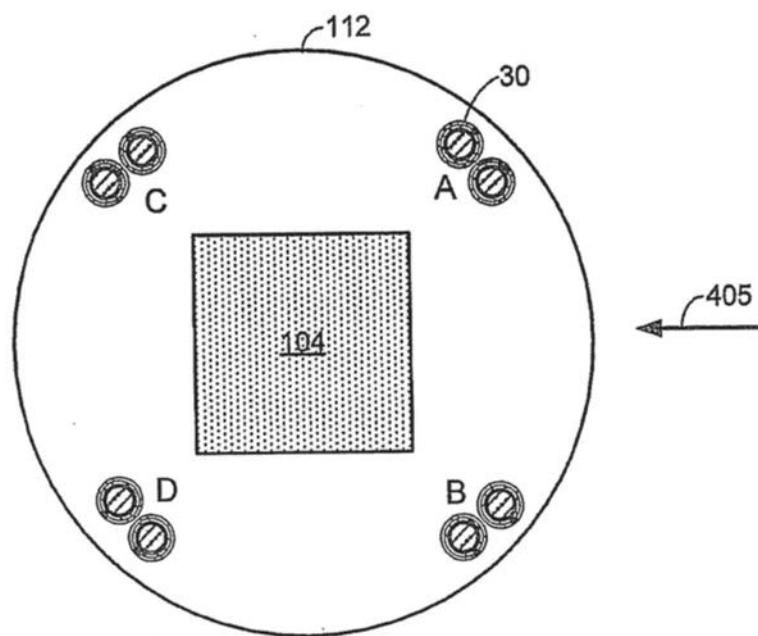


图32B

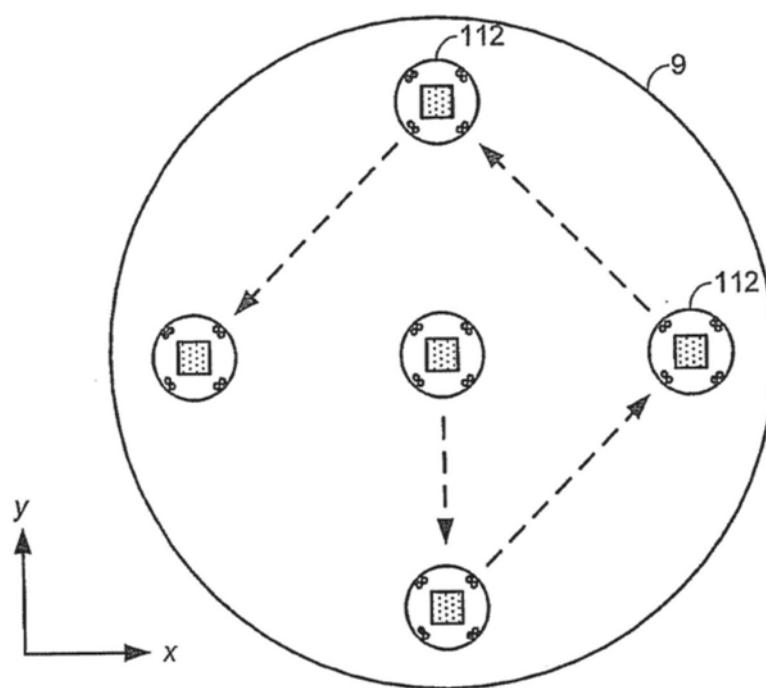


图32C