



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103635780 A

(43) 申请公布日 2014. 03. 12

(21) 申请号 201280032498. 9

(74) 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

(22) 申请日 2012. 07. 02

11105

代理人 刘文洁

(30) 优先权数据

61/503, 555 2011. 06. 30 US

(51) Int. Cl.

G01D 5/24 (2006. 01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2013. 12. 30

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2012/062854 2012. 07. 02

(87) PCT国际申请的公布数据

W02013/001100 EN 2013. 01. 03

(71) 申请人 迈普尔平版印刷 IP 有限公司

地址 荷兰代夫特

(72) 发明人 C. 沃伯格 R. 莫赛尔 K. P. 帕德耶

E. 德科克 W. 维斯

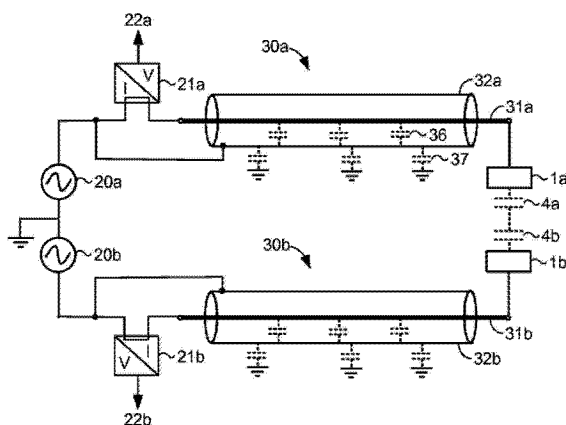
权利要求书2页 说明书12页 附图12页

(54) 发明名称

用于测量输入电流的系统

(57) 摘要

一种用以测量来自电流源 (CS) 的输入电流 (I_{cs}) 并且产生电流测量信号的测量系统, 包括电流测量电路 (70), 此电路具有连接至该电流源的第一输入终端 (72) 以及用以提供该电流测量信号的输出终端 (74)。该电流测量电路还包括一个或多个电力供应终端 (75、76), 其被布置成接收来自电力供应设备 (77a、77b) 的一个或多个电压以对该电流测量电路供电。该电流测量电路还包括第一电压源 (VD), 其被耦接于该一个或多个电力供应终端, 该第一电压源将扰动电压提供至该一个或多个电力供应终端, 该扰动电压代表在该第一输入终端处的电压。



1. 一种用于测量来自电流源 (CS) 的输入电流 (I_{cs}) 并且产生电流测量信号的测量系统,其包括电流测量电路 (70),所述电流测量电路具有经连接至所述电流源的第一输入终端 (72) 以及用于提供所述电流测量信号的输出终端 (74),

其中所述电流测量电路还包括一个或多个电力供应终端 (75、76),其被布置成接收来自电力供应设备 (77a、77b) 的一个或多个电压,以对所述电流测量电路供电,以及

其中所述电流测量电路还包括耦接到所述一个或多个电力供应终端的第一电压源 (VD),所述第一电压源将扰动电压提供给所述一个或多个电力供应终端,所述扰动电压代表在所述第一输入终端处的电压。

2. 如权利要求 1 所述的测量系统,进一步包括差分电路 (79),其被布置成从在所述电流测量电路的输出终端 (74) 处的信号减去由所述第一电压源 (VD) 所产生的电压,以产生所述电流测量信号。

3. 如权利要求 1 或 2 所述的测量系统,其中所述第一电压源 (VD) 被连接至所述电流测量电路 (70) 的第一输入终端 (72) 以驱动负载 (71),从而构成所述电流源 (CS)。

4. 如权利要求 3 所述的测量系统,其中所述负载 (71) 包括电容传感器 (40),用于产生随着所述电容传感器与目标 (2) 之间距离改变的电流 (I_{cs})。

5. 如权利要求 3 或 4 所述的测量系统,其中所述负载 (71) 是通过包括传感器接线 (31) 及屏蔽导体 (32) 的电缆 (30) 连接至所述电流测量电路 (70) 的第一输入终端 (72),其中所述传感器接线被串联于所述负载 (71) 和所述第一输入终端之间,并且所述屏蔽导体被连接至所述第一电压源 (VD、20)。

6. 如前述任一项权利要求所述的测量系统,其中所述第一电压源 (VD) 的输出终端是通过一个或多个电容器 (78a、78b) 耦接至所述电流测量电路 (70) 的一个或多个电力供应终端 (75、76)。

7. 如前述任一项权利要求所述的测量系统,其中所述电流测量电路 (70) 包括电流-电压转换器。

8. 如前述任一项权利要求所述的测量系统,其中所述电流测量电路 (70) 包括运算放大器 (80),所述运算放大器的负输入终端 (82) 用作所述电流测量电路的第一输入终端 (72),并且所述运算放大器的输出终端 (84) 作为所述电流测量电路的输出终端 (74),所述运算放大器还包括正输入终端 (83) 以及一个或多个电力供应终端 (85、86),其中所述运算放大器的正输入终端被电连接到所述运算放大器的一个或多个电力供应终端。

9. 如权利要求 8 所述的测量系统,其中所述运算放大器的正输入终端经由一个或多个电容器 (93、94) 被电连接到所述运算放大器的一个或多个电力供应终端。

10. 如前述任一项权利要求所述的测量系统,其中所述第一电压源产生具有三角波形的电压。

11. 如前述任一项权利要求所述的测量系统,其中所述电流源产生具有大致方型波形的电流。

12. 一种用于对来自电流源 (CS) 的输入电流 (I_{cs}) 进行测量并且产生电流测量信号的方法,包括:

将所述输入电流提供到电流测量电路 (70) 的第一输入终端 (72),所述电流测量电路具有一个或多个电力供应终端 (75、76),其被布置成接收来自电力供应设备 (77a、77b) 的

一个或多个电力供应电压,以对所述电流测量电路供电;

将扰动电压 (VD) 提供给所述一个或多个电力供应终端,所述扰动电压代表在所述第一输入终端处的电压;以及

在所述电流测量电路 (70) 的输出终端 (74) 处产生代表在所述电流测量电路的所述第一输入终端 (72) 处的输入电流的输出信号。

13. 如权利要求 12 所述的方法,进一步包括,从所述电流测量电路的所述输出终端 (74) 处的输出信号减去所述扰动电压 (VD),以产生所述电流测量信号。

14. 如权利要求 12 或 13 所述的方法,进一步包括,用电压来驱动负载 (71),以在所述电流测量电路 (70) 的所述第一输入终端 (72) 处产生所述输入电流 (I_{cs})。

15. 如权利要求 14 所述的方法,其中所述负载 (71) 包括电容传感器 (40),其用于产生随着所述电容传感器和目标 (2) 之间的距离而改变的电流 (I_{cs})。

16. 如权利要求 14 或 15 所述的方法,进一步包括,通过包括传感器接线 (31) 和屏蔽导体 (32) 的电缆 (30),将所述负载 (71) 耦接到所述电流测量电路 (70) 的所述第一输入终端 (72),其中所述传感器接线被串联连接在所述负载 (71) 和所述第一输入终端之间,并且使用与驱动所述负载大致相同的电压为所述屏蔽导体供给能量。

17. 如权利要求 12-16 中任一项所述的方法,其中所述扰动电压 (VD) 经由一个或多个电容器 (78a、78b) 被提供给所述一个或多个电力供应终端。

18. 如权利要求 12-17 中任一项所述的方法,其中所述扰动电压 (VD) 通过一个或多个电感器 (95、96) 与所述电力供应电压 (77a、77b) 隔离。

用于测量输入电流的系统

技术领域

[0001] 本发明涉及用于距离测量的电容传感器,并且尤其是用以测量在光刻设备中与目标之间的距离的电容传感器。

背景技术

[0002] 在许多应用里,重点是在于必须非常精准地进行电流测量。例如,带电粒子以及光学光刻机与检修机构通常都会需要对从该机构的最终透镜构件到晶圆或是其它待曝光或检修目标的表面之间的距离进行高准确度的测量。这些机构以及其它具有可移动部件的机构一般说来都会要求各种部件精确地对齐,而此精确对齐可通过测量从该可移动部件至参考点的距离来实现。在这些要求细致位置或距离测量的应用里可利用电容传感器。当电容传感器被供给能量时,电流流经该传感器,并且此电流会依照该传感器构件与相对表面之间的距离而改变。可利用此电流的精准测量结果来正确地决定该测量距离。

[0003] 为对电路进行测量,可利用测量电路,该测量电路以待测量的电流作为输入而且提供测量信号作为输出,该信号通常是电压的形式,同时可对该信号做进一步处理并转换成数字信号。有多项因素会对这种测量电路中的误差有贡献。这些因素包括该测量电路内的寄生阻抗、该输入电路的有限共同模式拒绝比值 (CMRR),以及该测量电路中与共同模式无关的传送功能的不正确度。这种寄生阻抗的数值可有所变化,例如,取决于诸如温度的因素,并且输入上的扰动也可能随着时间而改变。从而导致难以对这些影响进行补偿。

[0004] 通常会有必要将用于驱动该电容传感器以及用于产生需要测量的信号的电子测量电路设置在与该传感器一段距离处,原因是其中设置传感器的不友善环境,或者缺少适当位置而无法将该电路设置在靠近传感器处。在诸如 EUV 及带电粒子系统的现代光刻应用里,这些传感器通常是位在对于污染物和外部扰动极为敏感的真空环境内,并且若位于真空环境内,则在自电路上移除热能方面会产生问题,同时对这种电路的维护作业也造成妨碍。

[0005] 这种传感器与设置在远程处的驱动和测量电路间的线路连接会将寄生电容引入至系统内,故而影响到传感器的读取作业。若能将测量电路设置在传感器探针处,则可直接地且正确地测量传感器电流。由于这些被缆接系统所引入的平行寄生电容,在具有远程设置的测量电路的系统里通常会避免进行传感器内的电流的测量。传统的解决方案会引入需要加以考虑的测量误差,这通常是通过对该所合并传感器及接线安装加以校准。然而,线缆连接越长,这些问题就会越严峻。

[0006] 对传感器与传感器接线的结合进行校准的要求会降低设计与传感器系统构建上的弹性并同时提高其成本,此外每当更换传感器或其接线时也另需进行再校准,因此使得替换作业变得复杂、耗时且成本昂贵。

发明内容

[0007] 本发明寻求解决或减轻上述缺点,提供一种用以测量来自电流源的输入电流并且

产生电流测量信号的改良的测量系统,其中包括电流测量电路,此电路具有连接至该电流源的第一输入终端以及用以提供该电流测量信号的输出终端。该电流测量电路还包括一个或多个电力供应终端,其被布置成接收来自电力供应设备的一个或多个电压以对该电流测量电路供电。该电流测量电路还包括耦接于该一个或多个电力供应终端的第一电压源,该第一电压源将扰动电压提供至该一个或多个电力供应终端,扰动电压代表在第一输入终端处的电压。

[0008] 该测量系统可还包括差分电路,其被布置成从在电流测量电路的输出终端处的信号减去由该第一电压源所产生的电压,以产生该电流测量信号。

[0009] 第一电压源可连接至电流测量电路的第一输入终端以驱动负载,以构成电流源。该负载可包括电容传感器,用以产生按照该电容传感器与目标间的距离而改变的电流。该负载可通过包括传感器接线及屏蔽导体的电缆连接至该电流测量电路的第一输入终端,其中该传感器接线串联于该负载与该第一输入终端之间,并且该屏蔽导体被连接至该第一电压源。

[0010] 第一电压源的输出终端可经由一个或多个电容器耦接至该电流测量电路的一个或多个电力供应终端。该电流测量电路可包括电流-电压转换器。

[0011] 电流测量电路可包括运算放大器,该运算放大器的负输入终端用作该电流测量电路的第一输入终端,并且该运算放大器的输出终端作为该电流测量电路的输出终端,该运算放大器还包括正输入终端以及一个或多个电力供应终端,其中该运算放大器的正输入终端电连接至该运算放大器的一个或多个电力供应终端。运算放大器的正输入终端可经由一个或多个电容器电连接至该运算放大器的一个或多个电力供应终端。

[0012] 可利用第一电压源来产生具有三角波形的电压,并且电流源可产生具有大致方型波形的电流。

[0013] 另一方面,本发明涉及一种用以对来自电流源的输入电流进行测量并且产生电流测量信号的方法。该方法包括下列步骤,将输入电流提供至电流测量电路的第一输入终端,该测量电路具有一个或多个电力供应终端,其被布置成接收来自电力供应设备的一个或多个电压以对该电流测量电路供电;将扰动电压提供至该一个或多个电力供应终端,该扰动电压代表在该第一输入终端处的电压;以及在该电流测量电路的输出终端处产生代表在该电流测量电路第一输入终端处的输入电流的输出信号。

[0014] 该方法可进一步包括,从该电流测量电路的输出终端处的输出信号减去该扰动电压,以产生电流测量信号。该方法还可以包括,以电压来驱动负载,以在电流测量电路的第一输入终端处产生输入电流,并且该负载可包括电容传感器以产生按照该电容传感器与目标间的距离而改变的电流。

[0015] 该方法可进一步包括,通过包括传感器接线及屏蔽导体的电缆,将该负载连接至该电流测量电路的第一输入终端,其中该传感器接线串联于该负载与该第一输入终端之间,并且通过与驱动负载所使用的大致相同的电压来为该屏蔽导体供给能量。

[0016] 扰动电压可经由一个或多个电容器被提供至一个或多个电力供应终端,并且可通过一个或多个电感器与电力供应电压隔离。

附图说明

- [0017] 现将参照附图所示的具体实施例进一步解释本发明的各个方面,其中:
- [0018] 图 1 为电容传感器探针及接地导体目标的示意图;
- [0019] 图 2 为在具有未接地目标的差分测量布置里的两个电容传感器探针的示意图;
- [0020] 图 3 为与电压源和电流测量电路组合在一起的主动护卫电路及同轴电缆的示意图;
- [0021] 图 4 为,在差分传感器组对(pair)布置中,具有电压源以及驱动传感器接线和屏蔽导体两者的屏蔽驱动器的测量电路的示意图;
- [0022] 图 5 为图 4 测量电路的变化项目的示意图,其中屏蔽驱动器被整合于电压源之内;
- [0023] 图 6 为图 4 或图 5 测量电路所使用的三轴式电缆的示意图;
- [0024] 图 7A 为用以驱动电容传感器的三角 AC 电压波形的示意图;
- [0025] 图 7B 为来自于图 7A 的三角电压波形的理想 AC 电流波形的示意图;
- [0026] 图 7C 为实际上来自于图 7A 的三角电压波形的 AC 电流波形的示意图;
- [0027] 图 8 为连接至三轴式传感器电缆的薄膜电容传感器的截面视图;
- [0028] 图 9A 为薄膜电容传感器组对的截面视图;
- [0029] 图 9B 为图 9A 薄膜电容传感器组对的顶视图;
- [0030] 图 10 为用以在带电粒子光刻机里进行距离测量所实施的电容传感器及测量电路的简化示意图;
- [0031] 图 11 为具有多组用于可移动部件位置测量的薄膜电容传感器的模块式光刻系统的简化视图;
- [0032] 图 12 为具有馈入到电力供应设备内的输入电压扰动的电流测量电路的简化功能示意图;
- [0033] 图 13 为图 12 中具有由电压源所驱动负载的电流测量电路的简化示意图;
- [0034] 图 14 为使用运算放大器实施的电流测量电路的简化示意图;
- [0035] 图 15 为图 14 中用以测量来自电容传感器的电流的电流测量电路的简化示意图;
- [0036] 图 16A-16C 为图 13-15 的电流测量电路的信号波形图;
- [0037] 图 17 为电流测量系统的一个实施例的简化电路示意图;
- [0038] 图 18A-18K 为图 17 的电路所产生的波形的例子;以及
- [0039] 图 19 为电流测量系统的电路布置的简化框图。

具体实施方式

[0040] 下面说明本发明的各实施例,仅以范例方式并且参照附图提供了这些实施例。

[0041] 电容传感器是利用在两个导体表面之间所设立的均匀电场。在短距离上,所施加电压与该表面之间的距离成正比。单板(single-plate)传感器可测量在单一传感器板与导电性目标表面之间的距离。

[0042] 图 1 示出了测量接地导体目标 2 的位置或分隔距离的单一电容传感器探针 1。当供应以 AC 电流时,电流将会沿着路径 3 经由传感器-目标电容 4 从传感器流至目标,并且再从目标经由目标-接地阻抗 5 流至接地。该传感器上的电压将按照分隔该传感器探针及该目标的表面的距离而改变,并且测量此电压将提供该目标位置或是从该传感器探针至该目标的距离的测量结果。此测量结果的正确度与该传感器对传感器-目标电容 4 进行测量的正确程度相关。

[0043] 图 2 示出了用于对目标 2 位置或分隔距离进行差分测量的两个电容传感器探针 1a 及 1b 的布置。由于该传感器被供应以具有 180 度相位位移的 AC 电流,因此电流将沿着路径 6 从传感器经由传感器-目标电容 4a 流至目标,并且从目标经由另一传感器-目标电容 4b 流至该另一传感器。这种以相位外信号(out-of-phase signal)来驱动两个传感器的布置方式可有效地防止电流通过该目标流至接地,并且可将目标至接地阻抗的影响降至最低。这对于未接地目标而言也是实用的,原因是可让电流从一个传感器流至另一个传感器而无须接地返回路径。

[0044] 该电容传感器可由 AC 电压源或 AC 电流源供给能量,并且对该传感器两端所获得的电压或经过该传感器的电流进行测量。所产生的测量信号是依照该传感器的传感器至目标电容而定。该系统可为校准于该测量电容器并且测量电流 / 电压。

[0045] 在一般情况下,在工业应用中运用该电容传感器的环境通常为不适于电流或电压源驱动该电容传感器及用于处理来自该传感器的信号的测量电路的位置。因此,该驱动来源及测量电路通常是位在该传感器的远方处而需要连至该传感器的电缆连接。该传感器与远方电路之间的缆线连接将会在系统内引入额外的不希望的电容,即使是当该电缆很短时亦然。

[0046] 图 3 为显示这种电缆连接以及由该电缆引入至该传感器系统内的电容的示图。该传感器至目标电容 4 为待测的电容(又称为传感器电容),而该值是依照该传感器与该目标之间的距离而定。该电缆 30 包括中央导体 31 以及同轴屏蔽导体 32,并且该电缆会在该传感器接线 31 与该屏蔽 32 之间引入寄生电容 36,这又称为电缆电容,同时在该屏蔽 32 与接地之间引入寄生接地电容 37。

[0047] 电压源 20 是通过电流测量电路 21 连接至该传感器接线 31 的一端,并且该电容传感器的测量电极连接至该传感器接线的另一端。该电压源 20 供应 AC 电压以供应能量给该电容传感器 1,并且该电流测量电路 21 是通过该电容传感器 1 来测量在该传感器接线 31 里流过的电流。流经该传感器接线 31 的电流是按照该传感器电容 4 而改变,而传感器电容 4 是随着由该传感器所测得的距离而变。

[0048] 在该传感器接线 31 里流过的电流将会由于流经该传感器电容 4 的电流而包括一成分,同时也会因流经该电缆电容 36 的电流而包括一成分。该电缆电容 36 比起该传感器电容 4 应该是很小的,理由是,相较于流经传感器电容而所要测量的电流,高的寄生电容会增加流经该寄生电容的电流的比例值,并且降低测量的敏感度。不过,电缆电容通常很大并且会对传感器系统敏感度产生负面影响。

[0049] 可利用主动护卫方式将电缆电容的影响最小化。图 3 显示传统的布置方式,其中屏蔽驱动器 24 包括单元增益放大器 / 缓冲器,其输入是连接至传感器接线 31 的末端且其输出是连接至屏蔽 32。该屏蔽驱动器 24 是以与出现在传感器接线 31 上的(大致)相同的电压来供给能量给该屏蔽 32。由于该传感器接线 31 及该屏蔽导体 32 上具有几乎相同的电压,因此它们之间仅有微小的电压差,并且只有少量电流会流过该电缆电容 36,同时该电缆电容 36 在该导体之间的影响会降低。实际上,该屏蔽驱动器的增益只趋近于 1.0 的增益,并且一定会预期到该增益内的一些偏离。任何这种在增益上的偏离都会导致该屏蔽 32 与该传感器接线 31 之间的微小的电压差,因此该电缆电容 36 两端会出现电压。如此使得电流会流过该电容 36 并且减少该传感器系统的敏感度。对于冗长的电缆(具有较大的电缆

电容)且较高的测量频率来说,这种布置甚至会变得更加效率低下。

[0050] 现在是由该屏蔽驱动器 24 经过寄生电缆至接地电容 37 供应电流。对该屏蔽驱动器 24 的输入电流将会对该电流测量电路 21 所测得的电流有贡献而导致误差,但是由于该屏蔽驱动器具有高输入阻抗并且其输入电流相对较小,因此所导致的误差非常小。不过对于冗长电缆及较高测量频率而言,此布置会难以实现。该屏蔽驱动器也具有一些输入电容,而这会汲取额外的电流。所测得电容为该传感器电容 4 与这些额外误差电容的总和;即该屏蔽驱动器 24 的单元增益的偏离乘以该寄生电容 36 和该屏蔽驱动器 24 的输入电容。

[0051] 可通过重新布置图 4 所示电路来减少该测量误差。该布置用于驱动两个以差分组对方式布置的电容传感器。对于其中目标(或目标组对)并非导体或者为隔离于接地的位置的测量系统来说,可按差分组对布置方式利用第二传感器和具有反相驱动器的第二测量电路,如图 4 所示。

[0052] 该电压源 20a 的输出被连接至屏蔽驱动器 24a 的输入,并且该屏蔽驱动器 24a 的输出连接至电流测量电路 21a 的其中一个终端,电流测量电路 21a 的另一终端连接至传感器接线 31a。相同的布置运用于电压源 20b、屏蔽驱动器 24b、电流测量电路 21 以及传感器接线 31b。该电压源 20a 及 20b 产生彼此为 180 度相位位移的 AC 电压波形。该目标经由两个传感器电容 4a 及 4b 在两个传感器 1a 与 1b 之间传导交流电。对于两个测量系统而言,该目标的行为像是虚拟接地;若该传感器电容 4a 和 4b 相等,则这样可为最优的。当计算出两个电流测量值 22a 与 22b 之间的差值时,将会移除该目标的电位,而如共同模式扰动。

[0053] 将该屏蔽驱动器的输入移到位于该电流测量作业“之前”的点处可以从该电容测量中省略掉该屏蔽驱动器的输入电容,因此从该测量作业里消除此误差成分。这也可视为是将该屏蔽驱动器输出向前馈送至该屏蔽导体。该电压源输出仍会被传送至该传感器接线,并且也直接地连接成驱动该屏蔽导体,而不是对该传感器接线电压进行缓冲以负载该屏蔽导体。在该电压源与该测量电路之间串联该屏蔽驱动器具有额外的益处,即,能够移除因偏离屏蔽驱动器的单元增益所造成的误差,理由是该屏蔽驱动器输出是连接至该传感器接线(经由该测量电路)和该屏蔽导体二者的。

[0054] 图 5 显示进一步的细节示意图,其具有与图 4 相同的配置,但省略了分隔的屏蔽驱动器 24a/24b,而该项功能被整合到电压源 20a/20b 中以驱动该系统之内的所有电容。该布置对于该传感器接线及该屏蔽导体两者是利用相同的驱动器,并且测量在该传感器接线之内流过的电流。所获得的系统可达到简化目的,并同时消除出现在传统布置中的测量误差的来源。

[0055] 图 4 及 5 的布置可有效地消除该传感器接线 31 与该屏蔽导体 32 之间的任何电压差,因此可忽略电缆电容 36 两端的电压。这可有效地消除通过该电缆电容 36 上的电流,并且由该电路 21 所测得的电流实际上仅为流过传感器电容 1 的电流。可以使电流测量电路的输入阻抗足够地低,因此供应至该传感器接线及该屏蔽导体的电压近似于相等。

[0056] 流过屏蔽 32 与接地之间的电容 37 的电流是由电压源 20 或分别的屏蔽驱动器 24 供应的,并且此电流不会构成该所测得电流的一部分,同时对该电压源的输出处的电压仅产生第二阶影响。在该布置中,与该屏蔽驱动器的单元增益的任何偏离以及该屏蔽驱动器的输入电容的影响两者都会被消除。

[0057] 实际上,图 4 及 5 的布置方式可导致驱动该屏蔽导体 32 并且将该屏蔽耦接于该传

感器接线 31, 因此使得该传感器接在线的电压可遵循该屏蔽上的电压。这与传统布置方式相反, 其中, 传感器接线被驱动并且传感器接线的电压会被复制到该屏蔽导体上。在该设计中, 焦点从主要是针对于测量流过该传感器的电流 (并由此测量该传感器电容及距离值) 同时考虑到因寄生电容所产生的电流溢漏, 变成主要是关注于通过导引该屏蔽导体电压来提供适当环境以进行正确的传感器电流测量, 了解这一点是主要问题, 而测量该传感器电流的问题较容易解决。

[0058] 也可将接地外部屏蔽导体增设于图 4 及 5 的配置, 以减少来自任何邻近噪声来源的干扰。图 6 显示电缆 30a, 接地外部屏蔽导体 33a 被布置成围绕该 (内部) 屏蔽导体 32a。在该实施例中, 该电缆为三轴式电缆, 该接地屏蔽 33a 构成该最外部导体。该接地屏蔽最好是连接至电缆的远端处的分别接地处, 例如, 靠近该测量电路 21a。此接地为屏蔽接地, 并且最好是不连接至该传感器的任何接地。利用接地屏蔽围绕各条电缆, 如前文所述, 或是通过围绕电缆 30a 和 30b 两者设置单条接地屏蔽, 可减少与其它邻近系统的干扰。

[0059] 传统的电容感测系统通常是利用电流源来驱动传感器, 并且测量该传感器电容两端所得到的电压。而本发明, 如图 4-6 所示的配置, 则是利用电压源以及电流测量。该电压源最好是产生具有固定尖峰振幅、固定频率以及固定斜率的交替性正负斜率的 AC 三角电压波形, 如图 7A 所示, 但是也可采用其它波形。典型值为 5V 尖峰至尖峰的振幅和 500kHz 的频率。该电压源最好是具有低输出阻抗以实现在多变负载条件下达到固定的振幅输出, 并且可利用, 例如, 高电流运算放大器, 来实施。

[0060] 该屏蔽驱动器可实施为运算放大器, 并且最好是具有低输出阻抗。该屏蔽驱动器可为整合在电压源内以驱动该传感器接线及该屏蔽导体两者, 如前文所述。

[0061] 三角电压源波形的一个范例可如图 7A 所示, 其可理想地产生如图 7B 所示的方波电流波形, 其中该电流波形的振幅会依照所测得电容而改变。然而, 实际上该三角电压波形会产生不完美的电流波形, 更类似于如图 7C 所示的波形。该电流测量电路 21 可被配置成在该波形的一个部分处于接近各个半循环末端处, 在此该振幅已经稳定化, 来对该电流波形的振幅进行测量, 以在电流波形里降低这种可变不完美性的影响。该电流测量电路 21 可为电流-电压转换器, 并且最好是具有低输入阻抗、高正确度和低失真。

[0062] 该电容传感器可为传统的电容传感器, 或是如美国专利申请号 12/977, 240 所述的薄膜结构, 该申请整体以参考方式结合在本文中。图 8 示意性说明了三轴式电缆 30 至电容传感器的连接。在本范例里, 薄膜传感器 40 包括由薄膜导体层所构成的电极 41、42、43, 具有介于中间的薄膜绝缘层 45。该传感器接线 31 连接至该传感器的感测电极 41, 该屏蔽导体 32 连接至背侧护卫电极 42, 并且接地外部屏蔽导体连接至屏蔽电极 43。类似的连接法可运用于同轴电缆以及其它类型的传感器。

[0063] 图 9A 和图 9B 示出了构建成单一整合单元的传感器组对的示范性实施例, 其可被用作差分传感器。在这些实施例里, 该整合单元包括两个传感器 40a 及 40b, 其中每个传感器具有分别的感测电极 41a、41b 和分别的背侧护卫电极 42a、42b。该传感器组对的两个传感器可共享整合于该传感器组对的单个屏蔽电极 43, 或者, 其上固定有该传感器组对的导体组对 46 可作为屏蔽电极。这两个传感器 40a、40b 最好是用作为本文所描述的差分组对, 其中各个传感器是由与该组对的另一传感器相位不同的而且最好是相位差为 180 度的电压或电流来驱动, 并且进行差分测量以抵消共同模式误差。

[0064] 图 9B 示出了该传感器组对的顶视图。该背侧护卫及感测电极是由圆角四边形状所构成,其被设计成适合装配在,例如,围绕光刻机的最终透镜构件的角落位置中。也可将该电极构造成圆形,以产生大面积的感测电极。

[0065] 前述布置的众多替代方式也是可行的。例如,可运用同轴、三轴式或是具有四个或更多导体的电缆。也可使用具有按非同轴布置的一个或多个屏蔽导体的电缆,例如,导体是按平型配置来布置,而在任一侧上具有连接到屏蔽导体的中央传感器接线。该屏蔽驱动器可以是分离的,也可以整合在该电压源内。可利用单一电压源来驱动多个传感器。这在该屏蔽驱动器整合有电压源的配置中会特别有利,这可以大幅地减少该传感器系统中所使用的分离的组件的数量。

[0066] 可利用一些示范性计算来说明本发明的性能改进。对于具有 4mm 感测表面直径的传感器,在 0.1mm 标称测量距离处可获得约 1pF 的标称传感器电容。RG178 类型的并且长度为五米的电缆可在核芯与屏蔽导体之间获得约 500pF 的电缆电容。具有 100MHz 增益带宽因子和 1MHz 测量频率的屏蔽驱动器放大器可得到 0.99 的增益,即,与单元增益有 0.01 的偏差。利用这些范例数值,可估算出前述配置的稳态效能。如图 3 所示的传统主动屏蔽配置可获得下列的电容测量结果: $1\text{pF} + (1 - 0.99) \times 500\text{pF} = 6\text{pF}$ 。该庞大误差通常是通过对传感器及电缆的组合系统进行校准来补偿的。具有图 4-6 所示的用于传感器接线和屏蔽导体两者的合并驱动器的配置可得到下列电容测量: $1\text{pF} + (1 - 1) \times 500\text{pF} = 1\text{pF}$ 。在本范例中,可消除 500% 的测量误差而无须对该合并传感器 / 电缆系统进行校准。

[0067] 当外部扰动造成该屏蔽导体内的电流改变时,也可估算出前述配置的性能。例如,假设该屏蔽导体内的电流的变化造成该屏蔽驱动器中出现额外的 1% 增益误差,如图 3 所示的传统主动屏蔽配置会获得下列的电容测量值: $1\text{pF} + (1 - 0.98) \times 500\text{pF} = 11\text{pF}$ 。假设该屏蔽 / 接线驱动器里有相同的 1% 增益误差,则具有如图 4-6 所示的合并驱动器的配置会得到下列的电容测量值: $0.99 \times (1\text{pF} + (1 - 1) \times 500\text{pF}) = 0.99\text{pF}$ 。这表示 0.01pF 的误差偏差,即,仅为 1%。电缆长度 / 负载的敏感度降低到约 1%。

[0068] 图 10 示出了在带电粒子光刻机里进行距离测量所实施的电容传感器 1 及测量电路 103 的简化示图。该光刻机产生带电粒子射束以曝光安装在可在水平和垂直方向上移动的阶台 100 上的目标 2,诸如,硅晶圆。该电容传感器被安装在靠近该光刻机的投射透镜 102 的最终构件的平板上,被布置成供测量从投射透镜构件至待曝光晶圆的表面的距离。该传感器是经由电缆 30 连接至测量系统 103,这可按任何前述配置包括该电压源 20 及该电流测量电路 21。该测量系统 103 产生电流测量信号,此信号会被传送至控制系统 104,而该系统又根据该测量信号来控制阶台 100 的移动,以将目标 2 带往离光刻机的投射透镜的所需距离处。

[0069] 图 11 是说明模块式光刻设备 500 的主要构件的简化框图。该光刻设备 500 优选地按照模块方式设计以达到维护简便的目的。主要的子系统优选地构造成自含性的可移除的模块,因此能够将其从光刻设备移除,而尽可能地降低对其它子系统所产生的影响。这对于装在真空室内的光刻机来说,其中对机构的存取受到局限,会是特别地有利。因此,能够快速移除并更换出错子系统,而无须非必要地断开或影响到其它系统。

[0070] 在图 11 所示的实施例中,这些模块式子系统包括照射光学组件模块 501,其包括带电粒子光束源 301 和光束校准系统 302;孔径矩阵及聚光透镜模块 502,其包括孔径矩阵

303 和聚光透镜矩阵 304 ;光束切换模块 503,其包括多孔径矩阵 305 和小光束消隐器矩阵 306 ;以及投射光学组件模块 504,其包括光束停阻矩阵 308、光束偏折器矩阵 309 和投射透镜矩阵 310。该模块被设计成相对于对齐框架滑动进入和离出。在图 11 所示的实施例里,对齐框架包括从对齐外部子框架 506 经由震动阻尼支架 530 所悬吊的对齐内部子框架 505。框架 508 是经由该震动阻尼支架 507 来支撑该对齐子框架 506。该目标或晶圆 330 停驻于子平板支撑结构 509 上,而该子平板支撑结构 509 又是放置在夹盘 510 上。该夹盘 510 设于该阶台短行程 511 和长行程 512 上,其被布置成在各种水平及垂直方向上移动该阶台。该光刻机被装入真空室 335 内,此真空室可包括一个或多个 μ 金属(磁性金属)屏蔽层 515,并且停驻于由框架元件 521 所支撑的基底平板 520 之上。

[0071] 在图 11 所示的实施例里是运用五组电容传感器来测量该光刻机内的各种构件的位置或距离。传感器组 401 被布置成测量最终透镜构件与该目标 330 之间的距离,例如,如图 10 中所示。传感器组 402 被布置成测量被架置在靠近最终透镜处的光学对齐传感器与该目标 330 或夹盘 510 之间的距离,以促进对齐传感器射束的对焦以便于对齐该目标及阶台。传感器组 403 被布置成通过测量相对于长行程阶台 512 的距离,在水平(X、Y 轴)和垂直(Z 轴)位置来测量该短行程阶台 511 的位置。传感器组 404 被布置成通过相对于该子框架 505 进行测量,在水平和垂直位置来测量悬吊的子框架 505 相对于该对齐子框架 506 的位置。传感器组 405 被布置成通过相对于该子框架 505 进行测量,在水平和垂直位置来测量该照射光学组件模块 501 的位置。

[0072] 在图 10 和图 11 所示应用的任何一项里运用到的电容传感器最好是薄膜传感器,并且也可按组对方式布置以进行差分运算。该传感器可为如图 8 所示的类型,而且最好是利用图 8 所示的布置方式连接至该电缆 30。该传感器也可以是在信号基板上通过多个感测电极来构建,像是图 9A、9B 所示的传感器组对。利用薄膜构建可供能够以低成本构建该传感器,并且可供将该传感器设置在不适于具有较大维度的传统传感器的狭窄空间内和该光刻机的部件上。按差分模式运作的传感器可供利用该传感器来测量距该未经接地相对表面的距离,同时无需从该相对表面至该测量系统的返回电性连接。而在该传感器被布置成测量对可移动部件的距离,以及在难以或不利于对该感测系统进行该可移动部件的电性连接的应用里,后者因素是有利的。

[0073] 这些传感器组可被布置成六个传感器的组,以构成三个差分传感器组对,以供测量三条轴线,即,水平(X、Y 轴)和垂直(Z 轴)方向。这可通过安装该差分传感器组对,以供在各个方向上测量距适当相对表面的距离来实现。可利用来自该传感器的测量信号以调整该光刻机的可移动部件的位置,例如,利用压电马达来进行微小移动以在该系统内获得该部件的适当对齐结果。

[0074] 各组传感器可经由电缆 30 连接至位于该真空室外及该光刻机远方处的机柜里的相对应电流测量电路。图 19 显示载有多个电路板 601 的机柜 600 的实施例。各个电路板 601 提供对于电容传感器 40 的电流测量电路,而一对电路板 602 则提供对于差分传感器组对的电流测量电路。信号产生器 605 可提供 AC 电压信号,例如,来自电压源 20 的三角电压波形,以提供能量给电容传感器,如前文所述。各个电路板是经由连接器 612 及电缆 30 连接至薄膜电容传感器 40。电流测量输出信号则是经由另一连接器输出到模拟-数字转换器 613 以转换成数字信号以用于控制该光刻机。电力供应设备 610 可通过电力供应连接器

611 将电力提供至该电路板。

[0075] 该电流测量电路 21、21a、21b 可被实现为,例如,电流-电压转换器或电流-电流转换器所实施。有多项因素会贡献于这种测量电路中的误差。这些因素包括该测量电路的输入电路内的寄生阻抗;该输入电路的有限共同模式拒绝比值(CMRR);以及该测量电路中与共同模式无关的传送功能上的不精确度。

[0076] 图 12 为电流测量电路 70 的功能示意图。该电路会对在输入终端 72 处的来自 AC 或 DC 电流源 CS 的输入电流 I_{CS} 进行测量。该电流 I_{CS} 中的一部分会转移到该测量电路的输入电路里,该部分用电流 I_{CM} 表示。在该输入终端 72 上相对于该电路的电力供应电压的电压扰动会造成流经该内部阻抗 Z_{CM} 的电流 I_{CM} 的产生变动。因此,由该电路实际上测得的电流 I_{meas} 会略微地小于所要测量的输入电流 I_{CS} ,故而导致测量上的微小误差。此电流 I_{CM} 是来自于该输入电路内的寄生阻抗以及该输入信号里的共同模式扰动。稳态误差可予以校正,但是难以对该电流 I_{CM} 进行补偿,原因在于寄生阻抗的数值可随着诸如温度等的因素而变化,同时该输入上的共同模式扰动也会随着时间而起伏。

[0077] 可使用与在该测量电路的输入终端处出现的相同的电压来驱动供应电压以减少这些测量误差。按此方式,可将该输入上的扰动传送到该供应电压,以减少或消除由于输入信号与该测量电路的内部电路间的电压差的改变而造成的在该测量电路里流过的电流。

[0078] 该电流测量电路的电压供应终端 75 和 7 连接至包括电压源 77a、77b 的电力供应设备。电压源 VD 被设置成在该输入终端处将电压扰动馈送至该电力供应设备内,对此该输入信号与该测量电路供应电压之间的电压差会保持固定。该电压源 VD 连接至该测量电路电力供应设备,所以该电力供应电压也是由任何出现在该测量电路的输入终端处的电压所驱动。该电压源 VD 可以由该电路内的适当回馈或向前馈送来提供。

[0079] 图 13 为图 12 的电流测量电路的功能示意图,其中该电压源 VD 用以供给能量给负载 71。使用该电压源 VD 来驱动该负载 71 可得到电流 I_{CS} ,此电流是在该电路的输入终端 72 处所测得的电流。所以,耦接于该电流测量电路的电力供应设备的扰动电压 VD 是驱动负载 71 以产生该待测量电流 I_{CS} 的电压。将该扰动电压馈送至该电流测量电路的电力供应设备内可获以移除在该电流测量电路中由于扰动电压所造成的多变性电压差。这可以去除该电流测量中的误差来源。

[0080] 在图 13 所示的实施例里,也可以通过差分电路 79 从电流测量电路 70 的输出减去扰动电压 VD。在该电流测量电路 70 的输出终端 74 处的输出信号将具有与从测量该输入电流 I_{CS} 所得到的信号相叠加的扰动电压 VD。因此,可通过减去该扰动电压 VD 以分隔出该输出信号里表示该输入电流测量值的部分。

[0081] 图 13 中的实施例示出了由两个电压源 77a、77b 所供电的两个电力供应终端,通常是将正负 DC 电压供应至正负电力供应终端。可替代地,可以使用单个电力供应终端和/或单个电力供应电压源。在本实施例里,由于该扰动电压是经由电容器 78a、78b 馈送至该电力供应终端,使得该扰动电压的 AC 成分被馈送至该电力供应终端,同时使得该电力供应的 DC 成分与该输入终端 72 和该电压源 VD 隔离。也可利用电感器将该扰动电压的 AC 成分与该电力供应电压隔离,诸如,图 15 中所示的实施例里的电感器 95、96。

[0082] 图 14 的示意图示出了使用运算放大器 80(又称为 Opamp)实施的电流测量电路的一个实施例。电流源 CS 连接至该运算放大器 80 的负终端 82,并且该运算放大器的正输入

终端 83 连接至共同接地端。该运算放大器 80 具有两个电力终端 85 和 86, 并且可通过两个电压源 91 和 92 来供给能量给该运算放大器 80。

[0083] 该电流源 CS 产生待测量的电流 I_{CS} 。连接在该输入终端 82 和该输出终端 84 之间的阻抗 87 提供负回馈, 并且该运算放大器 80 可运作以将该两个输入终端 82 和 83 之间的电压差维持在近乎为零。该运算放大器 80 具有非常高的输入阻抗, 因此几乎不会有电流 I_{CS} 流过该运算放大器, 而是会流过该阻抗 87。然而, 由于该运算放大器 80 的输入电路里的寄生阻抗以及该运算放大器的有限 CMRR, 因此该运算放大器 80 无法完全消除共同模式电压对该输入的影响。

[0084] 在本图所示的实施例中, 是利用 AC 电压供应 VG 来驱动该输入终端 83。由于该运算放大器 80 被配置成将这两个输入终端 82 及 82 维持在几乎相同的电压, 因此该电压 VD 能够有效地表示在该等输入终端上的共同模式扰动。连接至该输入终端 83 的电压源 VD 的输出也是连接至该运算放大器电力供应电路, 以将该共同模式扰动电压前馈至该运算放大器 80 的电力供应电压内。在本实施例里, 该电压源 VD 的输出是经由电容器 93、94 被连接, 以将在该输入终端 83 处的电压耦接至电力供应终端 85、86 的电压供应。按此方式, DC 电压源 91、92 将 DC 电压供应至电力供应终端 85、86, 同时也会将出现在该输入终端 83 处的 AC 电压供应至电力供应终端 85、86。也可将电感器 95、96 容纳在电力供应设备内, 如图 15 的实施例所示, 以在该前馈输入终端电压的 AC 成分与该 DC 电压源 77、78 之间提供一些隔离。

[0085] 图 15 示出了图 14 的实施例运用在对电容传感器系统(如图 3-6 任一图中所示)内的电流进行测量的一个范例。待测量的电流会经由电缆 30 传送至该电流测量电路 21, 因为该电流测量电路 21 通常是位于该电容传感器的远方处。该电容传感器可以是诸如图 8 和图 9 所示的薄膜电容传感器。该电缆 30 包括传感器接线 31 和屏蔽导体 32, 并且具有远端和本地端。该传感器接线 31 在该电缆 30 的本地端处电连接至该电容传感器电极 41, 并且该屏蔽导体 32 在该电缆 30 的远端处电连接至该电容传感器护卫电极 42。

[0086] 该电压源 20 在该电缆 30 的远端处供给能量给该屏蔽导体 32 以供给能量给该护卫电极 42。该电压源 20 也经由该运算放大器 80 供给能量给该传感器接线 31, 以供给能量给该电容传感器的感测电极 41。由于该运算放大器会将其输入终端 82、83 处的电压维持在大致相同的电压处, 因此该传感器接线 31 和该屏蔽导体 32 也是在大致相同的电压处被供给能量, 几乎消除掉它们之间的电容溢漏电流。

[0087] 该电压源 20 的输出终端连接至输入终端 83、该屏蔽导体 32, 并且也连接至对于该运算放大器 80 的电力供应设备, 如前文所述, 同时也连接至差分电路 88, 以从该运算放大器 80 的输出信号中减去来自该电压源 20 的信号。

[0088] 该电压源优选地提供三角电压信号来驱动该电容传感器, 如前文所述。这可(在理想上)得到图 16A 所示的方波电流信号, 如前文所述。该电压源 20 所输出的三角电压会出现在该运算放大器 80 的输入终端 83 及 82 上, 如图 16B 所示。在该运算放大器 80 的输出终端 84 处的输出电压 V_{out} 将包括出现在输入终端处的三角电压, 并因流过该回馈阻抗 87 的方波电流而叠加方波, 如图 16C 中所示。为得到具有与在该电容传感器处所产生的电流相同的方波波形的测量信号, 会通过差分电路 88 从在该输出终端 84 处的信号减去来自该电压源 20 的三角电压波形。

[0089] 图 17 示出了用于诸如本文所描述的差分组对感测系统的电压源和电流测量电路

的一个实施例。该电路也可用于不作为差分组对工作的单个传感器。该电路可划分成模拟信号处理部 50 和数字信号处理部 70,这可以在如现场可编程门阵列中实施。

[0090] 在除法器电路 51 中产生频率参考 F_{SYNC} (例如, 2MHz) 并被划分以在较低频率处产生具有特定预定相位偏移的多个独立的方波信号。在该实施例中, 产生四个独立的具有 90 度相位偏移的 500kHz 的方波信号。图 18A 示出了频率参考信号的一个范例, 并且图 18B-18E 示出了具有 0、90、180 及 270 度相位位移的范例波形。

[0091] 积分器电路 52 可从方波信号的其中一个产生三角电压波形, 并且放大器电路 53a 和 53b 根据该三角形电压波形产生相差 180 度相位的两个三角电压波形, 这两个波形可对应于图 3-6、13、14 或 16 中所示的电压源 (例如, 20, 20a, 20b, VD) 的输出, 以供驱动该差分组对中的单独的电容性传感器或负载或两个传感器 / 负载。图 18F 和图 18G 示出了来自放大器电路 53a 和 53b 的三角波形输出的一个范例。这两个来自放大器 53a 及 53b 的三角电压信号可以被连接以对屏蔽导体 32、32a、32b 提供能量, 也会经由电流 - 电压转换器 54a 及 54b 被连接到传感器接线 31、31a、31b 以对如图 3-6、13、14 或 16 中所示的电容性传感器或者负载 40、40a、40b、71 提供能量。

[0092] 电流 - 电压转换器 54a 和 54b 的输出端生成电压信号, 该电压信号代表其输入端处的电流信号的测量 (即, 图 3-6、13、14 或 16 所示的输出信号 22、22a、22b、74、84)。通过差分电路 55a、55b 从该电流 - 电压转换器 54a 和 54b 的输出端处测量的电流信号减掉来自放大器电路 53a 及 53b 的三角电压波形, 以从电流 - 电压转换器输出信号中去除三角电压信号, 以隔离出该测得的输入电流信号。图 18H 及 18I 示出了在差分电路 55a、55b 的输出端处所得到的测量电流信号波形的范例。

[0093] 选择器 56a 和 56b 利用由除法器 51 生成的相位偏移参考信号中的一个或多个, 例如, 图 18D 及 18E 中所示的 180 或者 270 度偏移的参考信号, 对图 18H 和 18I 所示的该测得的电流信号的各个循环的一部分进行取样。而当在最大振幅值处通常为稳态时, 可对所测量的电流信号的各个循环的第二半部取样, 以获得该循环的该部分的振幅。

[0094] 当使用具有在差分模式下工作的传感器组对的电路时, 可以执行取样以在两个测得电流信号之间进行切换, 以累加在一个信号 (图 18J) 中的正的振幅和另一个信号 (图 18K) 中的负的振幅。低通滤波器 57a 及 57b 过滤取样的测得电流信号以实施电容器充电电路的等同物, 其斜率是由该测得电流信号波形的被取样的部分的振幅所决定的。

[0095] 放大器 58a、58b 的输出端处的范例波形如图 18J 和 18K 所示。这些波形会在各个取样时段过程中扬升 (或落降), 而结束值是由测得信号的振幅所决定。来自放大器 58a 及 58b 的输出彼此相减, 并且所得到的信号由模拟 - 数字转换器 59 转换成数字信号。所获得的数字信号被输出至该数字信号处理电路 63 以供进一步处理, 诸如, 校准、调整及比例设定, 以得到表示该传感器电容的可用测量值。加法器 61 及窗口比较器 62 可产生诸如在电缆短路或开路等的错误情况下在数字信号处理电路 63 中使用的误差信号。

[0096] 现已参照如前文所述的一些特定实施例对本发明进行了描述。应注意, 已经描述了各种构建及替代方式, 这些方式可运用于本文所述的任何具体实施例, 如本领域技术人员所能够得知的那样。尤其, 与图 12-14 相关联描述的电流测量电路可用在任何需要精准电流测量的应用, 并且与图 17 相关联描述的信号处理电路可用于任何要求隔离出交替性信号中的振幅信号的应用。此外, 可以理解, 可对这些具体实施例进行本领域技术人员所公

知的各式修改和替换,而不致悖离本发明精神与范畴。因此,虽然已描述了多个特定具体实施例,但这些实施例仅是示范性的并且不会对所附权利要求中所定义的本发明的保护范围造成任何限制。

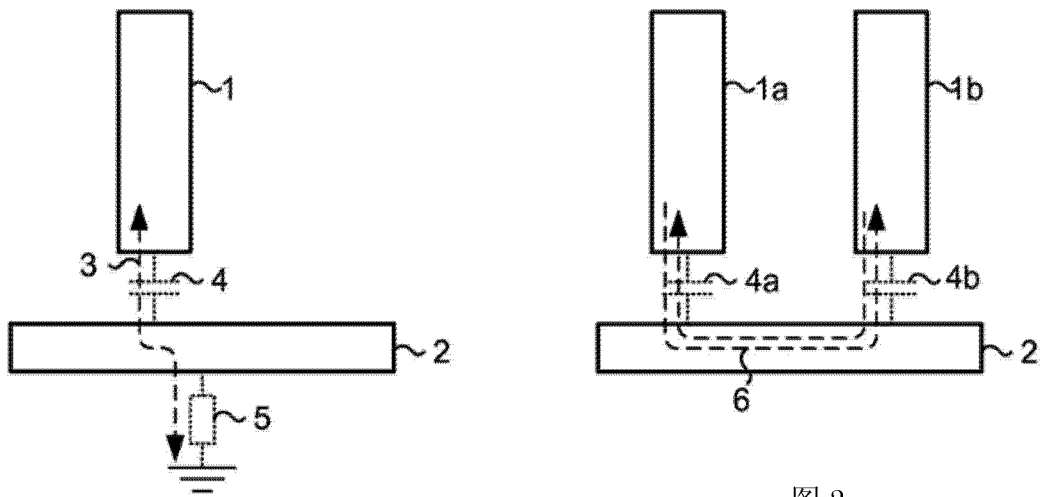


图 1

图 2

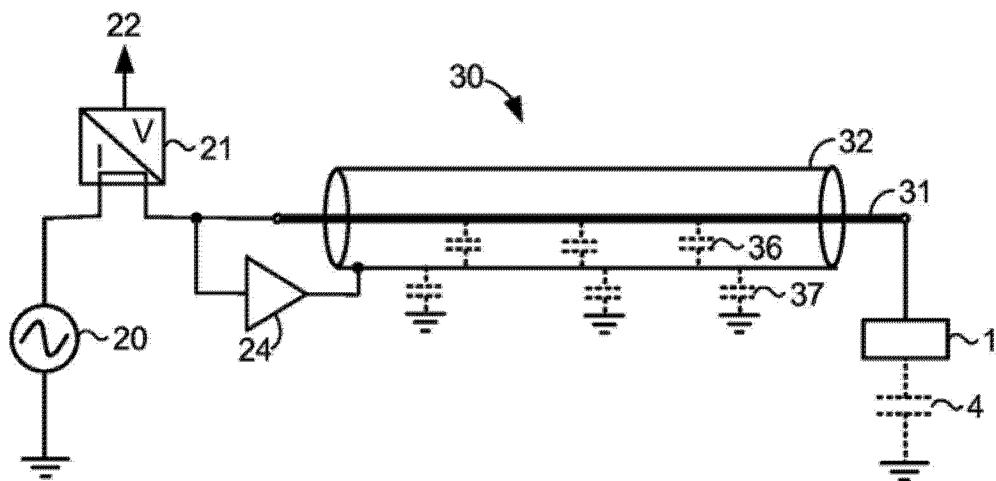


图 3

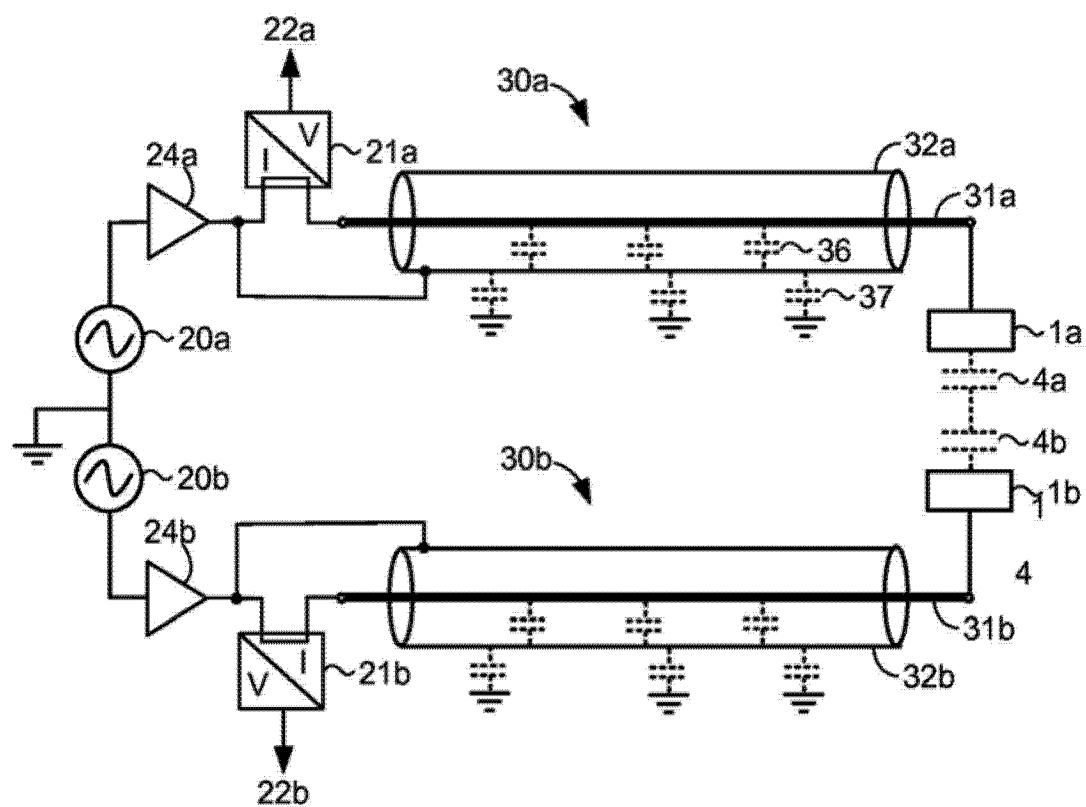


图 4

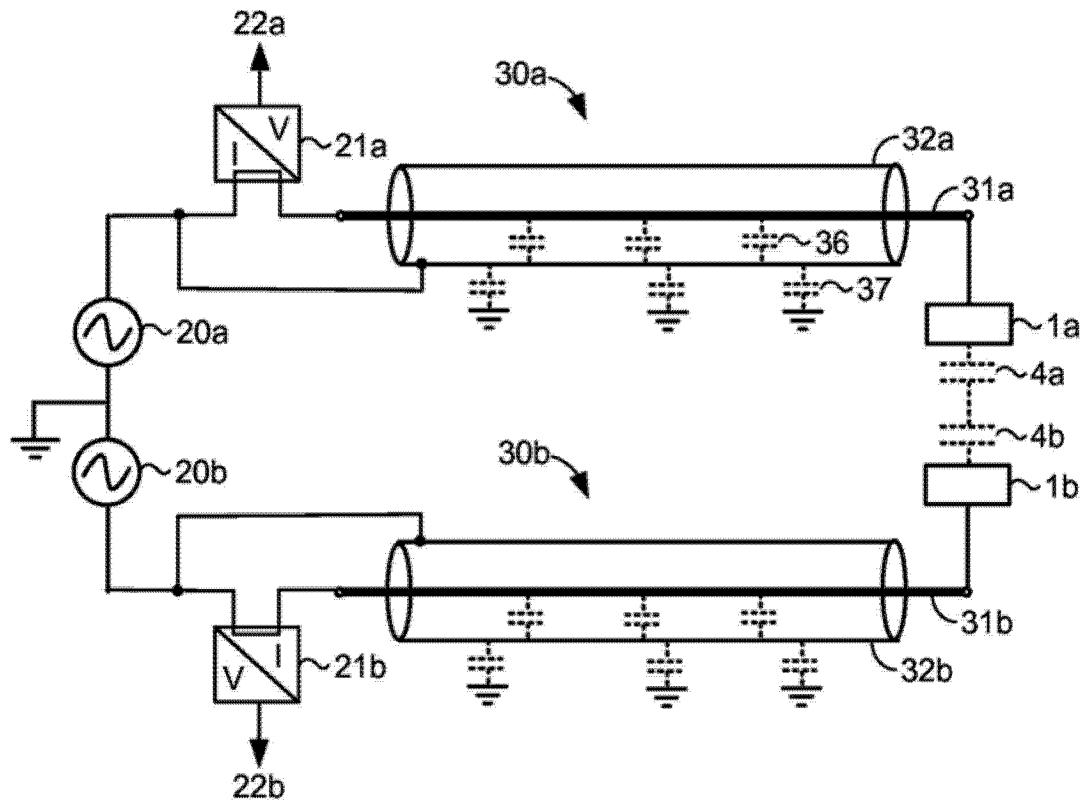


图 5

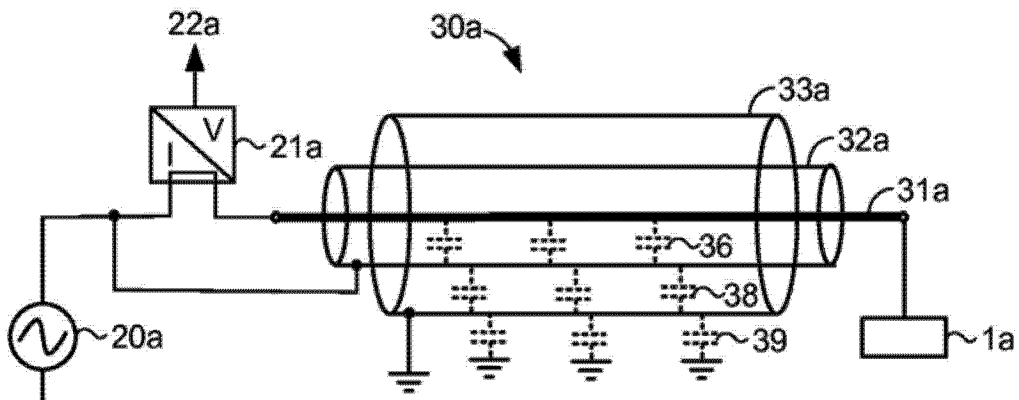


图 6



图 7A

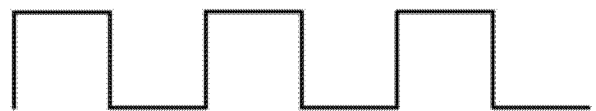


图 7B



图 7C

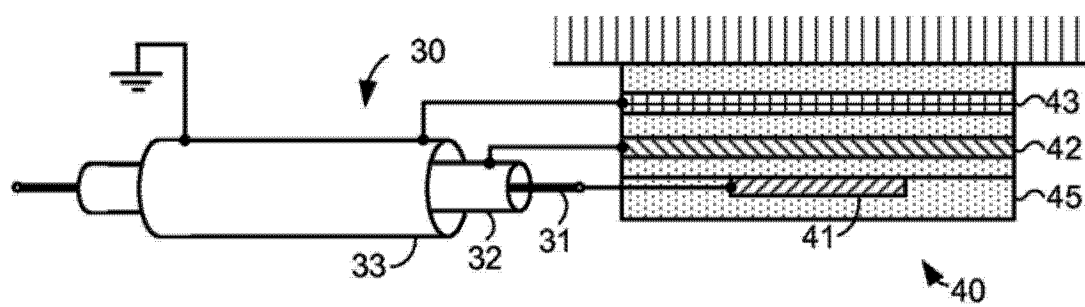


图 8

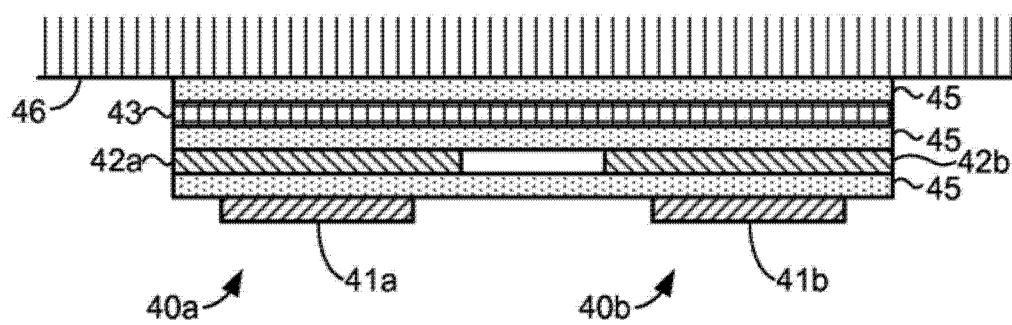


图 9A

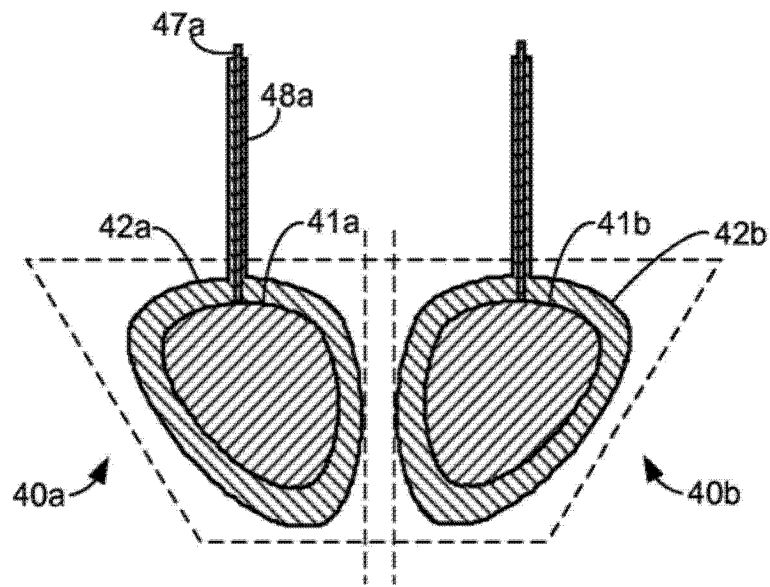


图 9B

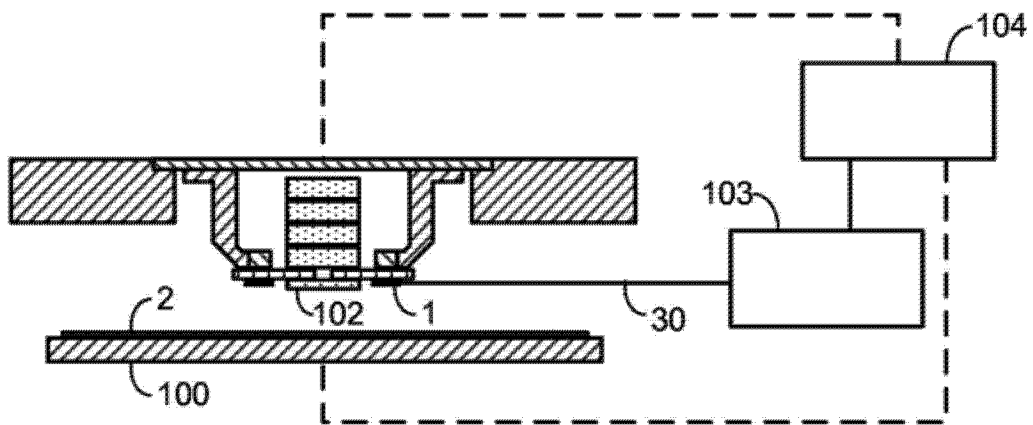


图 10

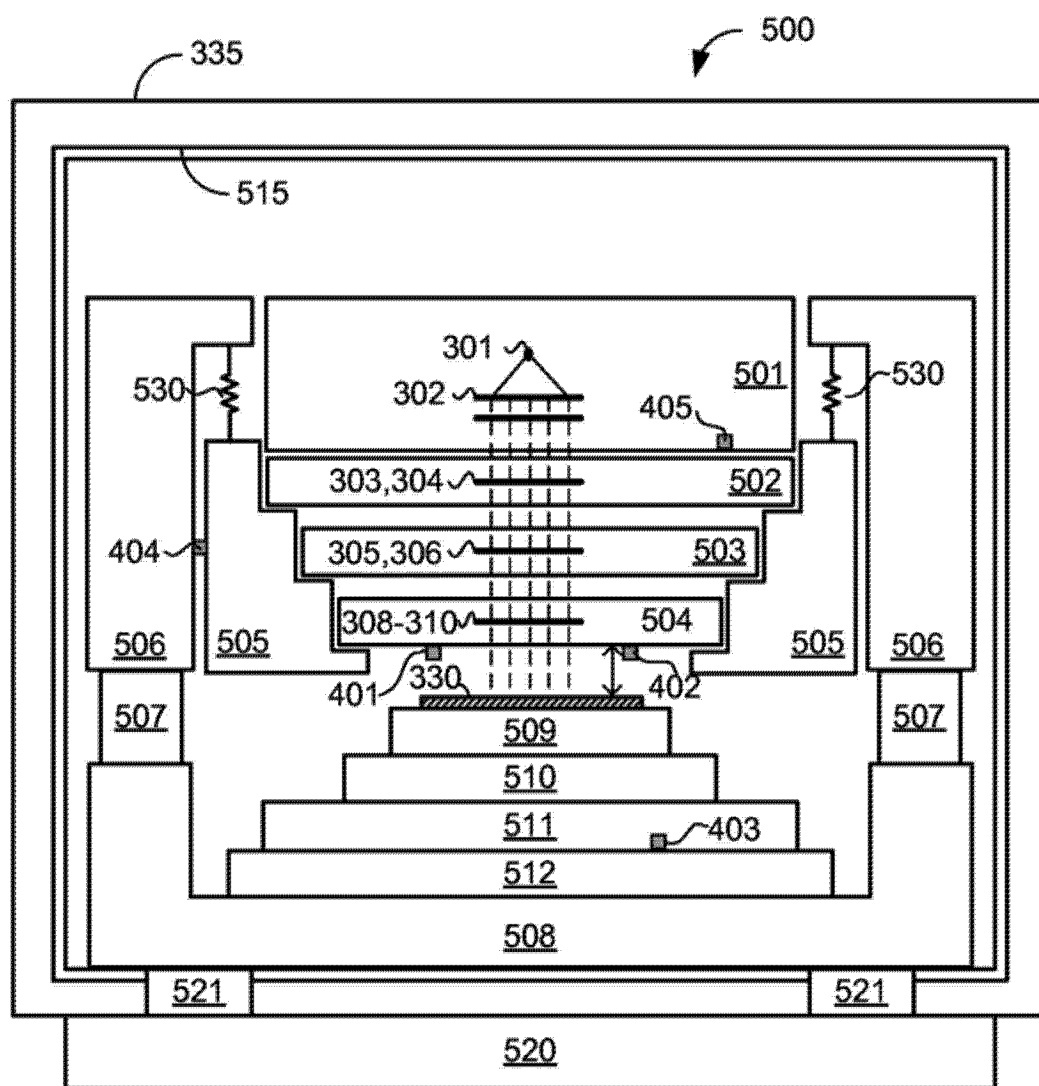


图 11

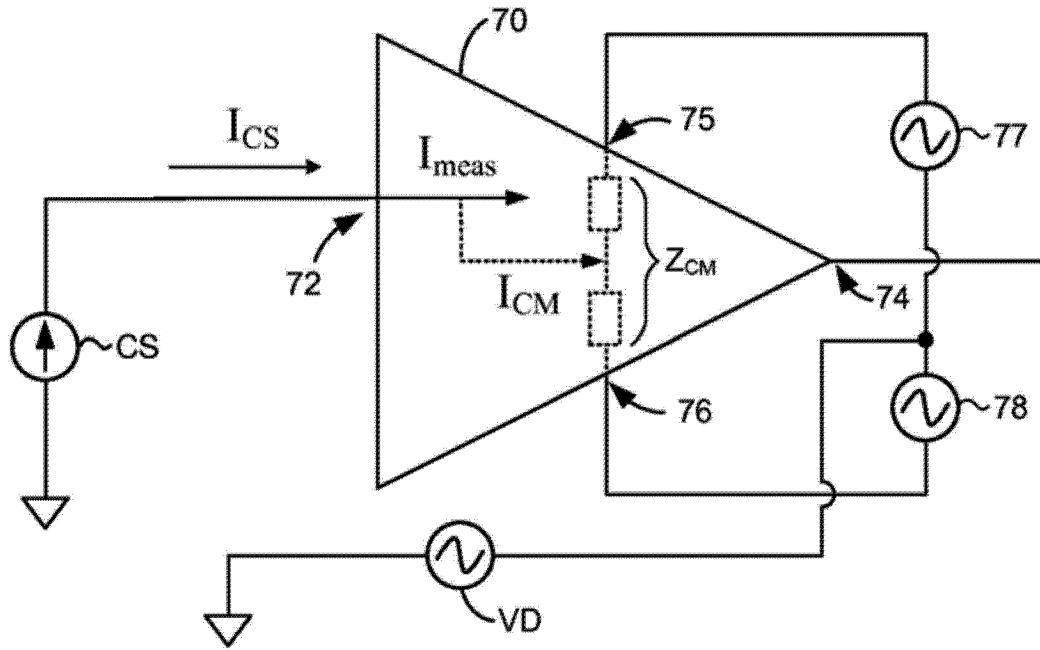


图 12

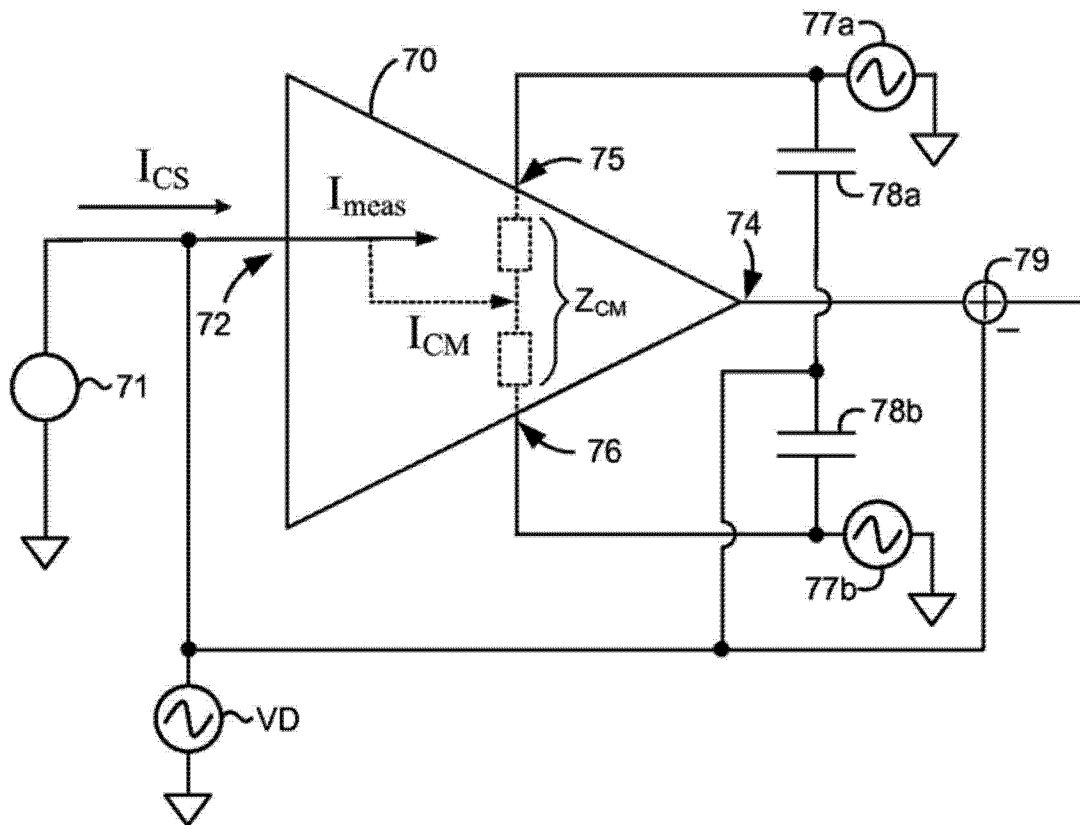


图 13

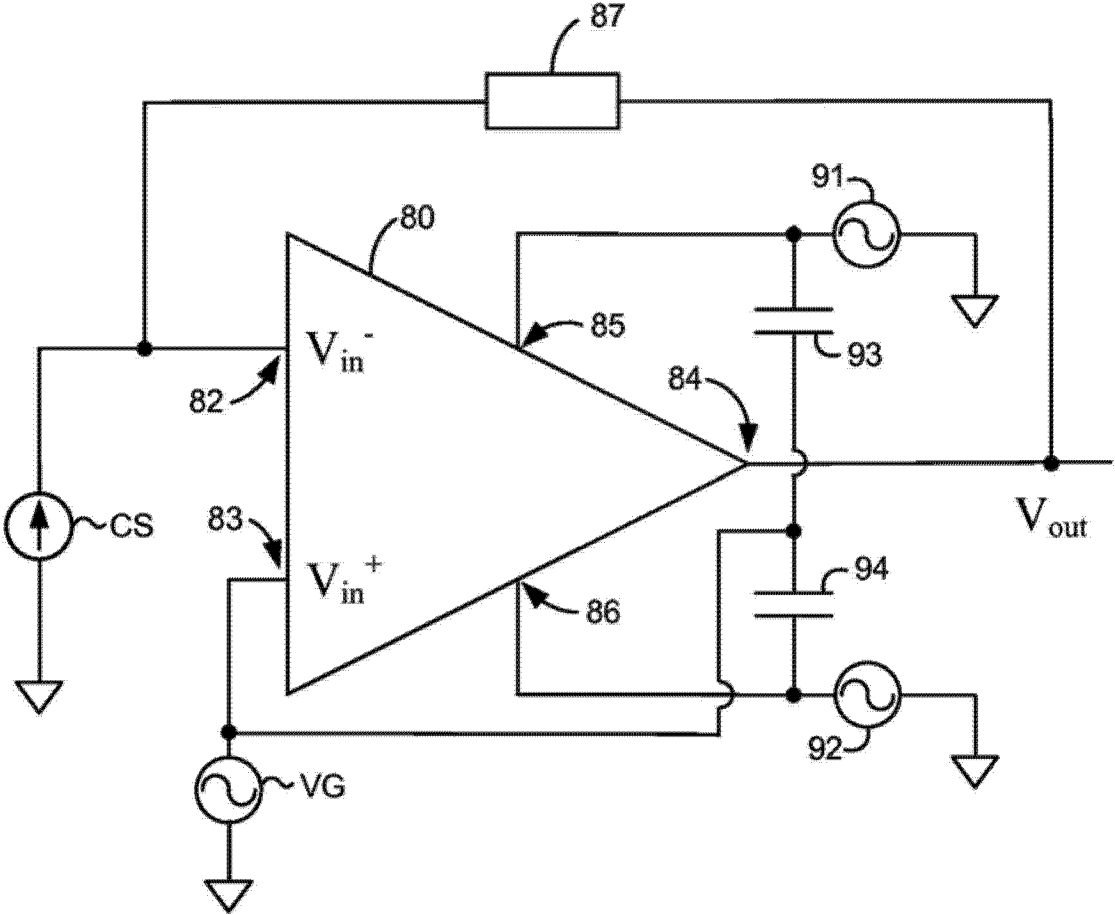


图 14

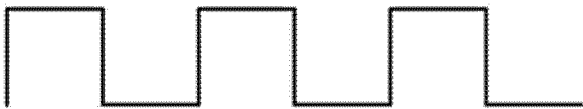


图 16A



图 16B

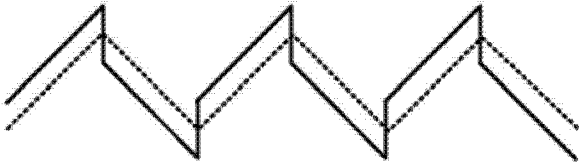


图 16C

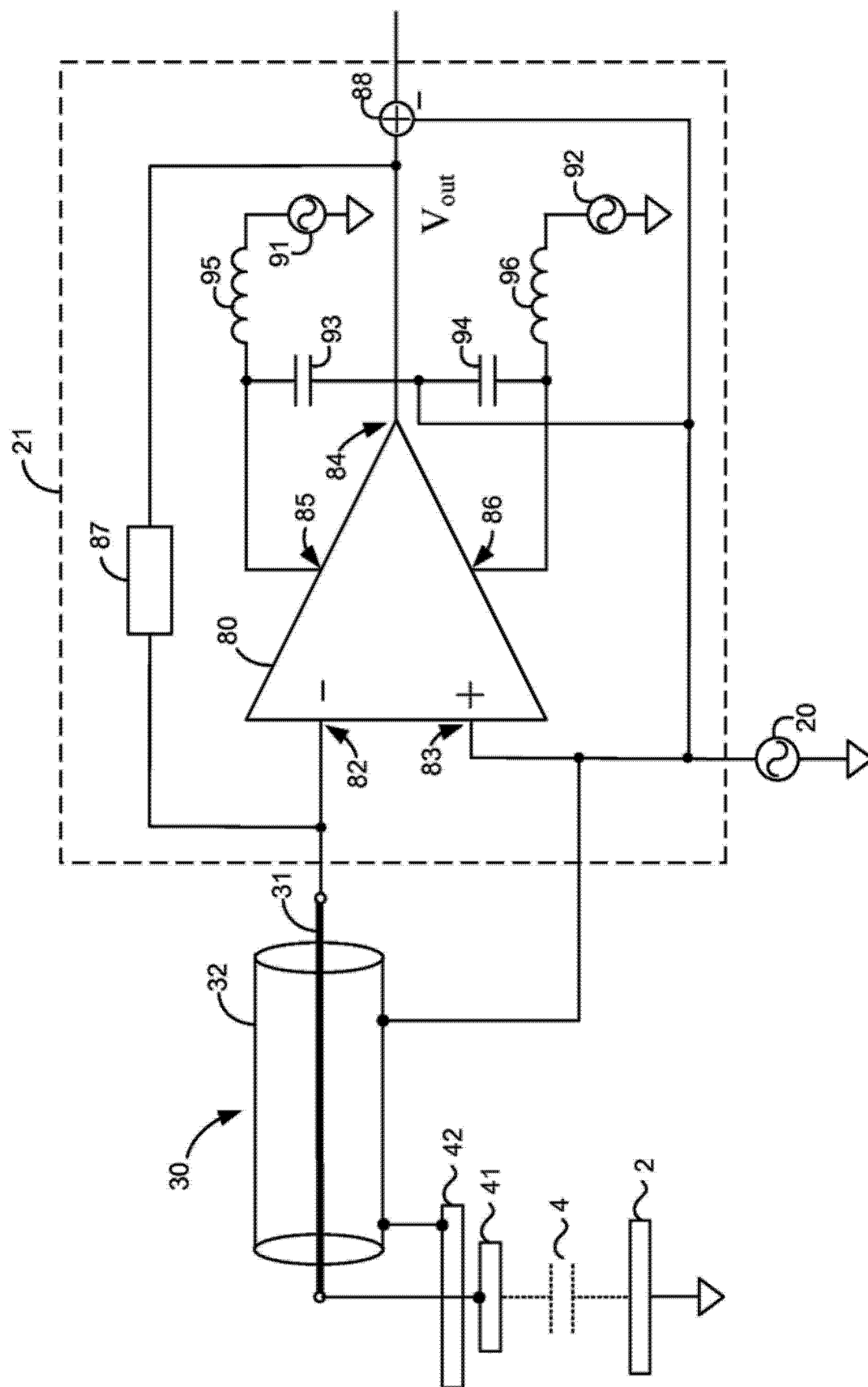


图 15

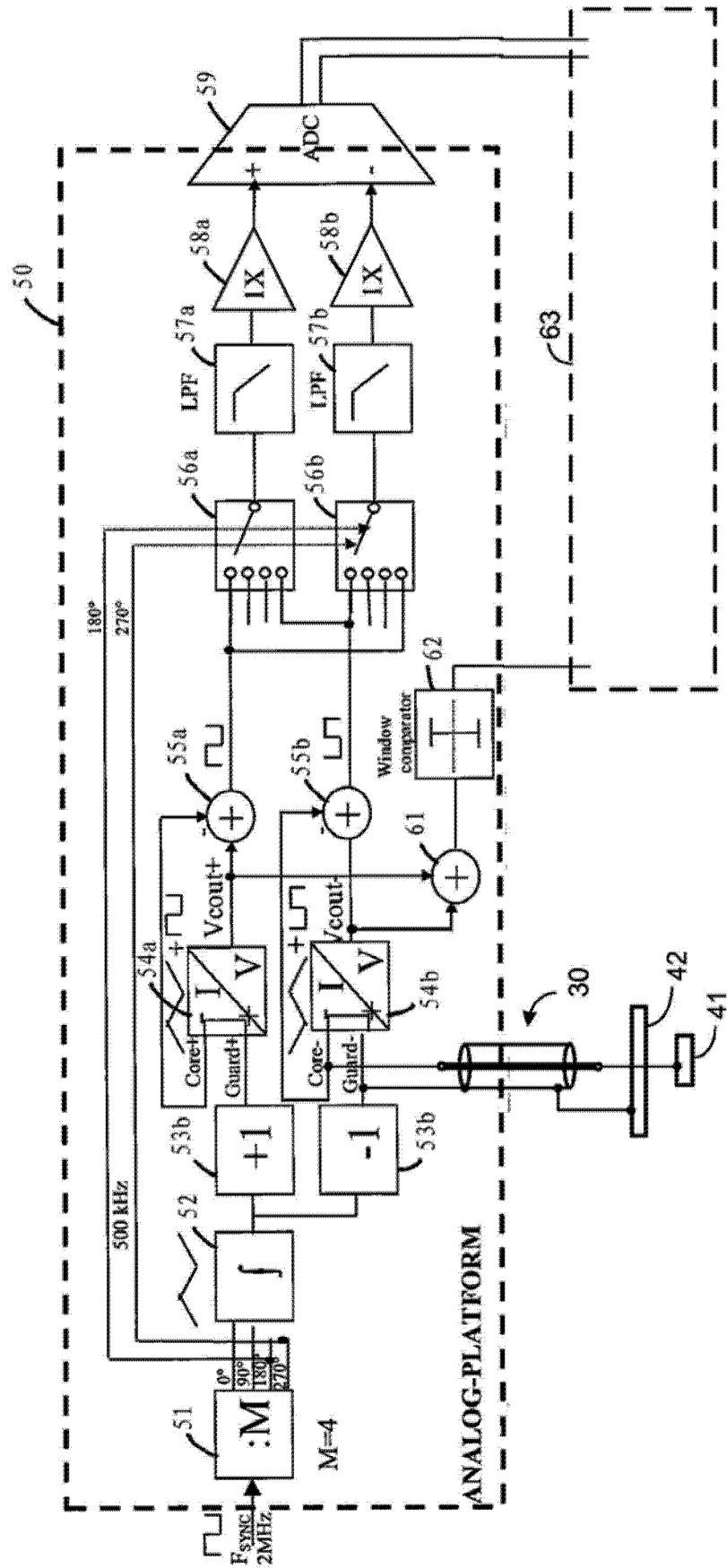


图 17

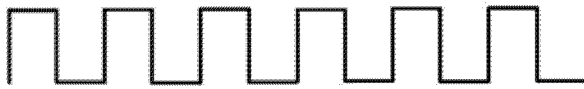


图 18A



图 18B

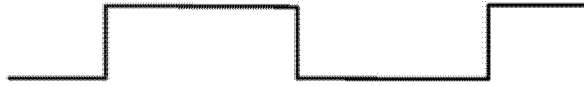


图 18C



图 18D

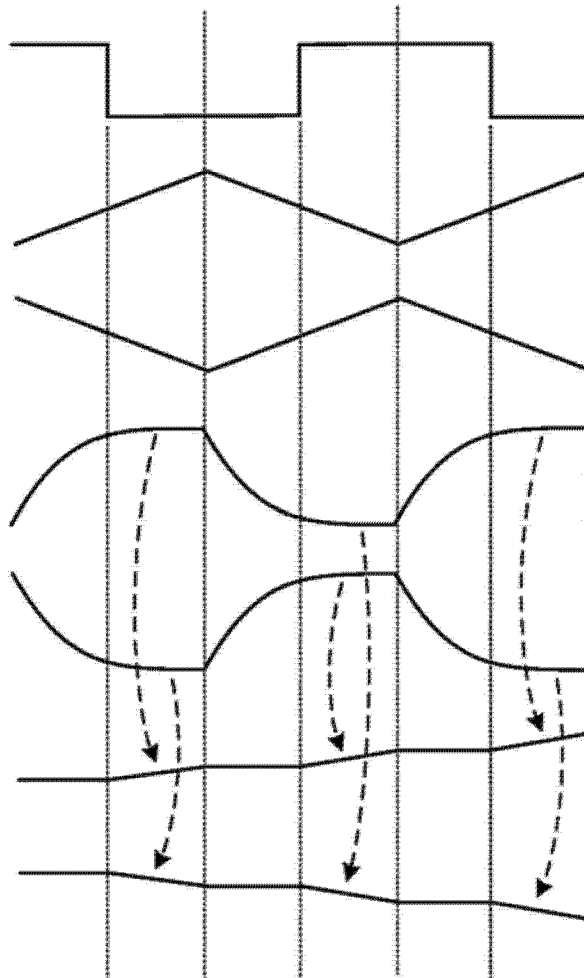


图 18E

图 18F

图 18G

图 18H

图 18I

图 18J

图 18K

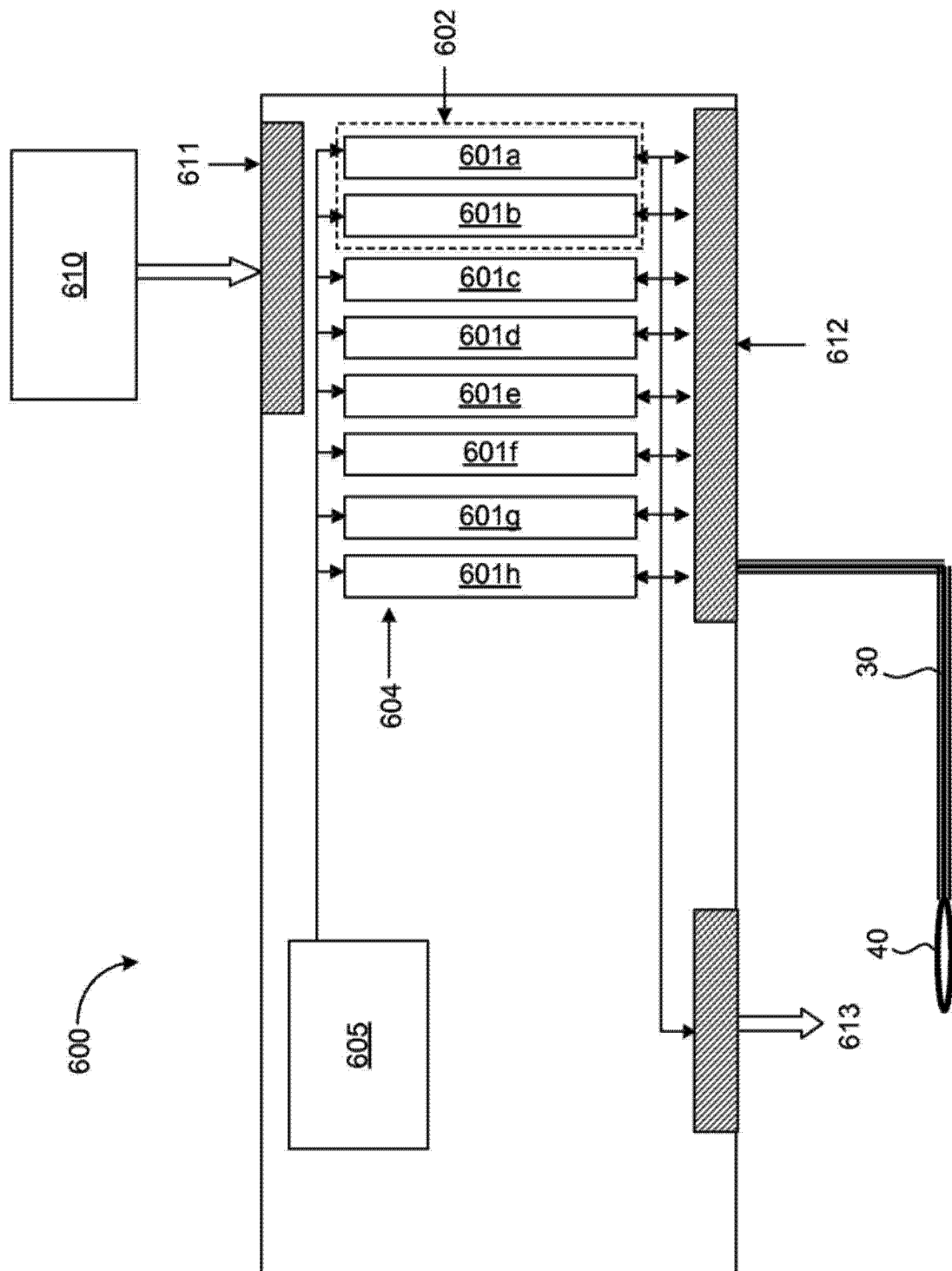


图 19