(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103649688 B
(45)授权公告日 2017.02.22

(21)申请号 201280032762.9
(22)申请日 2012.07.02
(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 103649688 A
(43)申请公布日 2014.03.19
(30)优先权数据
61/503,555 2011.06.30 US
(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/EP2012/062851 2012.07.02
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2013/001098 EN 2013.01.03
(73)专利权人 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
(74)专利代理机构 北京市柳沈律师事务所 11105
代理人 李国华
(51)Int.Cl.
G01D 5/24(2006.01)
(56)对比文件
CN 1124060 A,1996.06.05,
CN 1125842 A,1996.07.03,
CN 1890880 A,2007.01.03,
US 5963023 A,1999.10.05,
US 4538069 A,1985.08.27,
US 5489888 A,1996.02.06,
审查员 刘颖婷

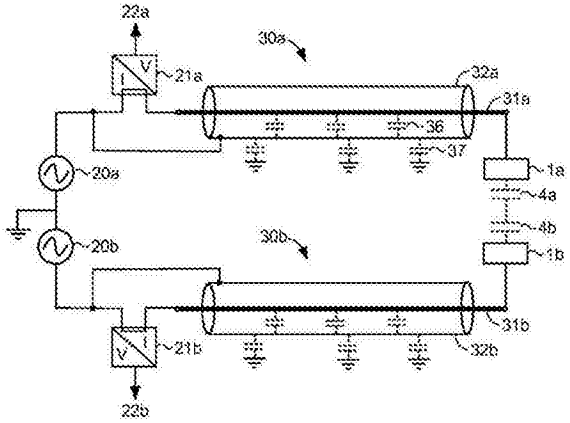
权利要求书3页 说明书12页 附图12页

(54)发明名称

用于电容式测量系统的有源屏蔽

(57)摘要

一种产生表示对一目标的测量位置或距离的测量信号的电容式测量系统。该系统具有第一电路，其包括：薄膜电容式传感器(1a)，配置成提供取决于测量位置或距离的传感器电容；电缆(30a)，包括传感器接线(31a)和同轴屏蔽导体(32a)，电缆具有远程末端和本地末端，传感器接线在电缆的本地末端处电连接到电容式传感器；电压源(24a)，具有在电缆的远程末端处连接至传感器接线的输出端子，并被配置成供给电容式传感器能量，并以与传感器接线大致相同的电压供给屏蔽导体能量；以及电流测量电路(21a)，其具有第一和第二输入端子和一输出端子，电流测量电路与电压源和传感器接线串联连接，其中第一输入端子连接到电压源的输出端子并且第二输入端子在电缆的远程末端处连接到传感器接线，电流测量电路布置成测量在传感器接线中流动的电流并且在输出端子处产生测量信号。



CN 103649688 B

1.一种电容式测量系统，用于产生表示对于目标的测量位置或距离的测量信号，该系统具有第一电路，其中包括：

薄膜电容式传感器(1a)，其配置成提供取决于所述测量位置或距离的传感器电容；

电缆(30a)，其包括传感器接线(31a)和同轴屏蔽导体(32a)，所述电缆具有远程末端和本地末端，所述传感器接线在所述电缆的本地末端处电连接到所述薄膜电容式传感器；

电压源(20a)，其具有在所述电缆的远程末端处连接至所述传感器接线和连接至同轴屏蔽导体的输出端子，并且被配置成以基本上相同的电压为所述薄膜电容式传感器和所述同轴屏蔽导体供给能量；以及

电流测量电路(21a)，其具有第一和第二输入端子和一输出端子，所述电流测量电路串联连接在所述电压源的输出端子与在所述电缆的远程末端处的所述传感器接线之间，其中所述第一输入端子连接到所述电压源的输出端子并且所述第二输入端子在所述电缆的远程末端处连接到所述传感器接线，所述电流测量电路布置成测量在所述传感器接线中流动的电流并且在所述电流测量电路的输出端子处产生测量信号。

2.如权利要求1所述的系统，其中所述同轴屏蔽导体直接地连接到所述电压源的输出端子。

3.如权利要求1或2所述的系统，其中所述电压源配置成在其输出端子处产生AC电压波形。

4.如权利要求1所述的系统，其中所述电压源配置成产生具有恒定频率、恒定峰值振幅以及交替的具有恒定斜率的正与负斜率的波形。

5.如权利要求1所述的系统，其中所述电流测量电路(21a)为适用于在其输出端子处产生测量信号的电流电压转换器(54a)，该测量信号为表示在所述传感器接线中流动的电流的电压，所述系统进一步包括减法电路(55a)，该减法电路用于从所述测量信号中减去用于供给所述薄膜电容式传感器能量的电压波形，以产生经修改的测量信号。

6.如权利要求5所述的系统，进一步包括采样电路(56a)，其用于在所述经修改的测量信号的循环的预定的一部分对所述经修改的测量信号重复进行采样，以产生采样测量信号。

7.如权利要求5或6所述的系统，进一步包括第一低通过滤器(57a)，其用于过滤采样测量信号，以产生指示由所述电流测量电路产生的所述测量信号的峰值振幅的经过滤的测量信号。

8.如权利要求1所述的系统，其中所述电流测量电路包括一个或多个电源端子，以及配置成将电压供应给所述一个或多个电源端子的电源电路，并且其中所述系统进一步包括从所述电压源的输出端子到所述电源电路的连接，用于对供应给所述一个或多个电源端子的电压进行偏压。

9.如权利要求1所述的系统，进一步包括第二电路，所述第二电路包含第二电容式传感器(1b)、第二传感器接线(31b)和第二屏蔽导体(32b)、第二电压源(20b)以及第二电流测量电路(21b)，所述第二电路按照与所述第一电路相同的方式布置，其中所述电压源和所述第二电压源产生彼此为180度反相位的电压，以便为按差分对方式布置的所述薄膜电容式传感器和所述第二电容式传感器供给电能。

10.如权利要求9所述的系统，其中所述第二电压源配置成产生具有恒定频率、恒定峰

值振幅以及交替的具有恒定斜率的正与负斜率的波形，并且其中所述第二电流测量电路(21b)为第二电流电压转换器(54b)，该第二电流电压转换器适用于在其输出端子处产生第二测量信号，该第二测量信号为表示在所述第二传感器接线中流动的电流的电压，所述系统进一步包括第二减法电路(55b)，该第二减法电路用于从所述第二测量信号减去用于供给所述第二电容式传感器电能的电压波形，以产生第二经修改的测量信号。

11.如权利要求7所述的系统，进一步包括第二电路，所述第二电路包含第二电容式传感器(1b)、第二传感器接线(31b)和第二屏蔽导体(32b)、第二电压源(20b)以及第二电流测量电路(21b)，所述第二电路按照与所述第一电路相同的方式布置，其中所述电压源和所述第二电压源产生彼此为180度反相位的电压，以便为按差分对方式布置的所述薄膜电容式传感器和所述第二电容式传感器供给电能；

其中所述第二电压源配置成产生具有恒定频率、恒定峰值振幅以及交替的具有恒定斜率的正与负斜率的波形，并且其中所述第二电流测量电路(21b)为第二电流电压转换器(54b)，该第二电流电压转换器适用于在其输出端子处产生第二测量信号，该第二测量信号为表示在所述第二传感器接线中流动的电流的电压，所述系统进一步包括第二减法电路(55b)，该第二减法电路用于从所述第二测量信号减去用于供给所述第二电容式传感器电能的电压波形，以产生第二经修改的测量信号；

其中，所述系统进一步包含：

第二采样电路(56b)，用于在所述第二经修改的测量信号的循环的预定的一部分对所述第二经修改的测量信号重复地进行采样，以产生第二采样测量信号；

第二低通过滤器(57b)，用于过滤所述第二采样测量信号，以产生指示所述第二测量信号的峰值振幅的第二经过滤的测量信号；以及

差分电路，用于决定所述经过滤的测量信号与所述第二经过滤的测量信号之间的差值。

12.如权利要求1所述的系统，其中由所述电压源(20a)供应给所述传感器接线(31a)和所述同轴屏蔽导体(32a)的电压为基本上相同。

13.如权利要求1所述的系统，进一步包括串联在所述电压源(20a)与所述电流测量电路(21a)之间的屏蔽驱动器(24a)。

14.如权利要求13所述的系统，其中所述屏蔽驱动器(24a)的输出被导引连接到所述同轴屏蔽导体(32a)，以基本上相同的电压来驱动所述传感器接线(31a)和所述同轴屏蔽导体(32a)。

15.如权利要求1所述的系统，其中所述电缆为三轴式电缆，其进一步包括与所述同轴屏蔽导体同轴且围绕该同轴屏蔽导体的接地外部屏蔽导体(33a)。

16.一种用于如前述权利要求中任一项所述的系统的电容式测量装置，所述装置包含：

电压源(20a)；

电流测量电路(21a)，其具有连接至所述电压源的输出端子的第一输入端子；

用于将传感器电缆(30a)的传感器接线(31a)直接地连接至所述电流测量电路的第二输入端子的连接点；以及

用于将传感器电缆(30a)的同轴屏蔽导体(32a)直接地连接至所述电压源的输出端子的连接点。

17.一种用于处理包含第一信号和第二反信号的差分测量信号的测量电路(50),所述电路包括:

第一电路(51),用于产生多个相位偏移基准信号;以及

第一采样电路(56a),用于在所述第一信号的第一正循环期间采样所述第一信号,以及在所述第二反信号的第二正循环期间采样所述第二反信号,以产生第一样本输出,

其中,所述第一采样电路(56a)被布置成使用所述相位偏移基准信号中的一个或多个来对所述第一信号的第一正循环的一部分进行采样以及对所述第二反信号的第二正循环的一部分进行采样。

18.如权利要求17所述的测量电路,进一步包括第一低通过滤器(57a),其用于过滤所述第一样本输出,以产生指示所述差分测量信号的峰值振幅的第一测量信号。

19.如权利要求17或18所述的测量电路,进一步包括第二采样电路(56b),其用于在所述第二反信号的第一负循环期间采样所述第二反信号,以及在所述第一信号的第二负循环期间采样所述第一信号,以产生第二样本输出,

其中,所述第二采样电路(56b)被布置成使用所述相位偏移基准信号中的一个或多个,来对所述第二反信号的第一负循环的一部分进行采样以及对所述第一信号的第二负循环的一部分进行采样。

20.如权利要求19所述的测量电路,进一步包括第二低通过滤器(57b),其用于过滤所述第二样本输出,以产生指示所述差分测量信号的峰值振幅的第二测量信号。

21.如权利要求20所述的测量电路,进一步包括用于将所述第一测量信号和所述第二测量信号相减的电路。

22.如权利要求17所述的测量电路,其中所述第一采样电路配置成在所述差分测量信号的循环的末端部分期间采样所述差分测量信号。

23.一种光刻机器,包括用于承载晶圆(2)的载台(100)、投射透镜元件(102),所述机器进一步包括如权利要求1-15中任一项所述的电容式测量系统,其中所述电容式测量系统的薄膜电容式传感器被配置成测量所述晶圆和所述投射透镜元件之间的距离。

24.如权利要求23所述的光刻机器,进一步包括如权利要求17-22中任一项所述的测量电路。

用于电容式测量系统的有源屏蔽

技术领域

[0001] 本发明涉及用于距离测量的电容式传感器，并且尤其是涉及用于测量对于光刻设备内的目标的距离的电容式传感器。

背景技术

[0002] 在许多应用中，非常精确地测量电流都是很重要的。例如，带电粒子和光学光刻机器与检测机器通常都会需要对从该机器的最终透镜元件到晶圆或是其它待曝光或检测的目标的表面的距离进行高度准确的测量。这些机器以及其它具有可移动部件的装置经常要求各种部件精确地对齐，而这种精确对齐可通过测量从可移动部件到一参考点的距离来实现。在这样的要求精细的位置或距离测量的应用中可利用电容式传感器。当将能量供给电容式传感器之后，电流会流经该传感器，并且此电流会依照传感器元件与相对表面之间的距离而改变。可利用对此电流的精确测量结果来准确地确定该所测距离。

[0003] 为对电流进行测量，可利用一测量电路，其中以待测量的电流作为输入而且提供测量信号作为输出，该信号通常为电压的形式，同时可被进一步处理并转换成数字信号。但存在若干因素会导致这种测量电路中的误差。这些因素包括测量电路的输入电路内的杂散阻抗；输入电路的有限共模抑制比(CMRR)；以及该测量电路中与共模无关的传送功能上的不准确度。这样的杂散阻抗的值可例如根据诸如温度这样的因素而变化，并且输入的干扰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] 通常有必要将用于驱动电容式传感器以及用于产生所期望的测量信号的电子测量电路设置在与传感器相距一段距离处，原因是其中设置有传感器的不友善环境，或者缺少适当空间以供这些电路设置在靠近传感器之处。在诸如EUV和带电粒子系统的现代光刻应用中，这些传感器通常放置在对于污染物和外部干扰非常敏感的真空环境内，并且如果它们位于真空环境内，则在从电路上去除热能方面会产生问题，同时对这些电路的维护也造成妨 碍。

[0005] 这些传感器与设置在远程处的驱动和测量电路之间的线路连接会将寄生电容引入系统内，故而影响到传感器的读数。如果能够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。由于被布线系统引入的这些并行寄生电容，因此在具有设置在远程的测量电路的系统里通常会避免进行对传感器内电流的测量。传统的解决方案会引入需要加以考虑的测量误差，通常通过校准组合起来的传感器和接线装置来解决这种误差。接线连接越长，这些问题就会愈加地严峻。

[0006] 对于校准传感器以及传感器接线的需求会降低设计和构建传感器系统的灵活性并且提高了它们的成本，此外每当更换传感器或其接线时还另需进行再校准，因而使得更换操作变得复杂、耗时且成本高昂。

发明内容

[0007] 本发明寻求解决或减轻上述缺点，以提供经改善的电容式测量系统，用于产生代

表对一目标的测量位置或距离的测量信号。该系统包括：第一电路，其包括配置成提供取决于测量位置或距离的传感器电容的薄膜电容式传感器；电缆，其包括传感器接线和同轴屏蔽导体，该电缆具有远程末端和本地末端，该传感器接线在电缆的本地末端处电连接到电容式传感器；电压源，其具有在所述电缆的远程末端处连接至所述传感器接线的输出端子，并且被配置成供给所述电容式传感器能量，并以与所述传感器接线大致相同的电压供给所述屏蔽导体能量；以及电流测量电路，其具有第一和第二输入端子和一输出端子，电流测量电路与电压源和传感器接线串联连接，其中第一输入端子连接到电压源的输出端子并且第二输入端子在电缆的远程末端处连接到传感器接线，电流测量电路布置成测量在所述传感器接线中流动的电流并且在其输出端子处产生测量信号。

[0008] 该系统的配置提供能够产生非常精确的距离与位置测量结果的低成本系统。利用传感器的薄膜构造使得能够利用低成本的制造技术并且避免传统电容式传感器的昂贵精密制造处理。利用电压源供给电容式传感器能量，而非更复杂的电流源，可降低电路的成本及复杂度而不会牺牲测量结果的准确度。利用将电缆与有源屏蔽相连的配置使得电路(例如电压源和电流测量电路)能够被设置成远离传感器。这点具有显著意义，原因是一般说来由于在 该传感器位置处缺少空间或者由于其它限制状况而难以将这些电路设置在靠近这些传感器之处。电压源与电流测量电路，以及它们对电缆和传感器的连接的布置方式提供了一种手段，其能以简单的布置方式抵消由连接传感器与测量电路的电缆系统所引入的寄生电容的效应，这减少或消除在传统解决方案中存在的测量误差来源。这些因素可促成一种位置/距离测量系统，该系统能够应用于众多状况，而可实现低成本但能对光刻或其它类型复杂系统内的许多可移动构件的位置进行精确测量和控制。

[0009] 测量系统的传感器接线和屏蔽导体可为同轴电缆的元件，该传感器接线包括同轴电缆的缆芯导体，并且该屏蔽导体包括同轴电缆的外部导体。同轴电缆可以为三轴式电缆，其进一步包括同轴于且围绕于屏蔽导体的接地外部屏蔽导体。

[0010] 测量系统可进一步包括第二电路，该第二电路包含第二电容式传感器、包括第二传感器接线和第二屏蔽导体的第二电缆、第二电压源以及第二电流测量电路，所述第二电路按照与第一电路相同的方式布置，其中电压源和第二电压源产生彼此为180度反相位的电压，以便为按差分对方式布置的电容式传感器和第二电容式传感器供给电能。

[0011] 测量系统的电压源可配置成产生三角AC电压波形，并且该电压源可进一步配置成产生具有恒定频率、恒定振幅以及交替的具有恒定斜率的正与负斜率的波形。

[0012] 该测量系统可配置成使得由电压源供应给传感器接线及屏蔽导体的电压为大致相同。该屏蔽导体可直接地连接至电压源的输出。测量系统可配置成驱动屏蔽导体并且将该屏蔽导体耦接至传感器接线，使得传感器接线上的电压会依循屏蔽导体上的电压。这是与传统布置方式相反的情况，传统布置方式中是驱动传感器接线并且该传感器接线上的电压会被复制到屏蔽导体上。

[0013] 测量系统可进一步包括屏蔽驱动器，该屏蔽驱动器串联在电压源与电流测量电路之间。该屏蔽驱动器的输出可被导引连接至屏蔽导体，以按大致相同的电压来驱动传感器接线和屏蔽导体。

[0014] 本发明进一步提供一种电容式测量系统，该系统包含：电缆，该电缆包括传感器接线以用于连接至电容式传感器，该电缆还具有屏蔽导体；电压源，用于供应电压给传感器接

线和屏蔽导体能量;电流测量电路,其串联在电压 源与传感器接线之间,用于对传感器接线中的电流进行测量;以及屏蔽驱动器,其串联在电压源与电流测量电路之间,屏蔽驱动器的输出直接地连接到屏蔽导体;其中系统配置成使得屏蔽驱动器直接地驱动屏蔽导体而且经由电流测量电路驱动传感器接线。

[0015] 在另一方面中,本发明包括一种用于前述系统的电容式测量装置,该装置包含:电压源;电流测量电路,其具有连接至电压源的输出的第一端子;连接点,用于将传感器电缆的传感器接线连接至电流测量电路的第二端子;以及连接点,用于将传感器电缆的屏蔽导体直接地连接至电压源的输出。

[0016] 在进一步的方面中,本发明包括一种用于测量电容的方法,包括:将电容式传感器连接至传感器接线的第一末端;提供屏蔽导体(32a),其适用于将传感器接线与电干扰屏蔽;将交流电压供应至传感器接线的第二末端且供应至屏蔽导体;以及对在传感器接线内流动的电流进行测量。

[0017] 在又另一方面中,本发明提供一种用于处理含有第一信号和第二反信号的差分测量信号的测量电路,该电路包含:第一电路,其用于产生多个相位偏移基准信号;以及第一采样电路,用于在第一正循环期间采样该第一信号,以及在第二正循环期间采样该第二反信号,以产生第一样本输出。可提供第一低通过滤器以用于过滤该第一样本输出,产生表示差分测量信号的峰值振幅的第一测量信号。该测量电路可另外地含有第二采样电路,用于在第一负循环期间采样该第二反信号,以及在第二负循环期间采样第一信号,以产生第二样本输出。可提供第二低通过滤器以用于过滤该第二样本输出,以产生表示该差分测量信号的峰值振幅的第二测量信号。

[0018] 测量电路可含有用于将第一测量信号和第二测量信号相减的电路。第一采样电路可配置成在差分测量信号的循环的末端部分期间对差分测量信号采样。

[0019] 本发明还提供一种光刻机器,其包括用于承载晶圆的载台、投射透镜元件和配置成测量晶圆与投射透镜元件之间的距离的电容式传感器,该机器进一步包括如前文所述的电容式感测系统。该光刻机器也可包括如前文所述的测量电路。

附图说明

[0020] 现将参考附图中所示的具体实施例进一步解释本发明的各个方面,其 中:

[0021] 图1为电容式传感器探针和接地导体目标的图;

[0022] 图2为在具有未接地目标的差分测量装置装置中两个电容式传感器探针的图;

[0023] 图3为结合有电压源和电流测量电路的有源防护电路及同轴电缆的图;

[0024] 图4为,在差分传感器对装置中,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图;

[0025] 图5为图4的测量电路的变形的图,而其中屏蔽驱动器集成到电压源中;

[0026] 图6为应用于图4或图5的测量电路的三轴式电缆的图;

[0027] 图7A为用于驱动电容式传感器的三角AC电压波形的图;

[0028] 图7B为由图7A的三角电压波形产生的理想AC电流波形的图;

[0029] 图7C为由图7A的三角电压波形实际上产生的AC电流波形的图;

[0030] 图8为连接到三轴式传感器电缆的薄膜电容式传感器的截面图;

[0031] 图9A为薄膜电容式传感器组对的截面图；

[0032] 图9B为图9A的薄膜电容式传感器组对的顶视图；

[0033] 图10为用于在带电粒子光刻机器中进行距离测量而实施的电容式传感器和测量电路的简化图；

[0034] 图11为具有多组薄膜电容式传感器的模块式光刻系统的简化视图，该薄膜电容式传感器用于可移动部件的位置测量；

[0035] 图12为具有馈入到电源内的输入电压干扰的电流测量电路的简化功能图；

[0036] 图13为图12中的电流测量电路的简化图，其负载由电压源所驱动；

[0037] 图14为用运算放大器实现的电流测量电路的简化图；

[0038] 图15为图14中用于测量来自电容式传感器的电流的电流测量电路的简化图；

[0039] 图16A-图16C为用于图13-图15的电流测量电路的信号的波形图；

[0040] 图17为电流测量系统的一个具体实施例的简化电路图；

[0041] 图18A-图18K为图17的电路所产生的波形的示例；以及

[0042] 图19为电流测量系统的电路布局的简化方块图。

具体实施方式

[0043] 后文中说明本发明的各种具体实施例，而这些是仅作为示例的方式并且参考附图所提供的。

[0044] 电容式传感器利用在两个导体表面之间建立起的均匀电场。在短距离中，施加电压与表面之间的距离成正比。单板传感器测量在单个传感器板与导电目标表面之间的距离。

[0045] 图1显示测量接地导体目标2的位置或到接地导体目标2的分隔距离的单个电容式传感器探针1。当供应以AC电流时，电流将沿着路径3从传感器经由传感器-目标电容4流至目标，并且再从该目标经由目标-接地阻抗5流至接地。传感器两端的电压将按照分隔传感器探针于目标表面的距离而改变，并且测量此电压将可提供该目标位置或是从传感器探针到目标的距离的测量结果。此测量结果的准确度取决于传感器对传感器-目标电容4进行测量的准确程度。

[0046] 图2显示两个用于差分测量目标2的位置或分隔距离的电容式传感器探针1a和1b的装置。传感器被供应以具有180度相位偏移的AC电流，使得电流将沿着路径6从一个传感器经由传感器-目标电容4a流至目标，并且从目标经由另一个传感器-目标电容4b流至另一个传感器。这种以反相信号来驱动两个传感器的装置可有效地防止电流通过目标流至接地，并且可将目标至接地的阻抗的效应降至最低。这对于未接地的目标而言也很有用，原因是可让电流从一个传感器流至另一个传感器而无需接地返回路径。

[0047] 该电容式传感器可由AC电压源或AC电流源供给能量，并且对因此产生的在传感器两端的电压或经过传感器的电流进行测量。所产生的测量信号取决于该传感器的传感器至目标的电容。可相对于测量电容器和测量电流/电压来校准该系统。

[0048] 在一般情况下，在工业应用中应用该电容式传感器的之环境通常为不适合驱动电容式传感器的电流或电压源及用于处理传感器的信号的测量电路的位置。因此，驱动源和测量电路通常位于传感器的远程处而需要连至传感器的电缆连接。传感器与远程电路之间

的缆线连接将会在系统内引入额外的不合需要的电容，即使是当该电缆为较短时也是这样。

[0049] 图3为显示这样的电缆连接以及由该电缆引入传感器系统的电容的图。该传感器至目标电容4为待测的电容(又称为传感器电容)，该值取决于传感器与目标之间的距离。电缆30包含中心导体31和同轴屏蔽导体32，并且该 电缆会在传感器接线31与屏蔽32之间引入杂散电容36，这又称为电缆电容，同时在屏蔽32与接地之间引入杂散接地电容37。

[0050] 电压源20通过电流测量电路21连接至传感器接线31的一端，并且电容式传感器的测量电极连接至该传感器接线的另一端。电压源20供应AC电压以供给电容式传感器1能量，并且电流测量电路21通过电容式传感器1来测量在传感器接线31中的电流。流经传感器接线31的电流根据传感器电容4而改变，而此电容随着由该传感器所测量的距离而变。

[0051] 在传感器接线31中流动的电流将包括因流经传感器电容4的电流而产生的分量，还包括因流经该电缆电容36的电流而产生的分量。电缆电容36与传感器电容4相比应为较小的，理由是，相比于期望测量的流经传感器电容的电流，高的杂散电容会增加流经杂散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效应。

[0052] 可利用有源防护来最小化电缆电容的效应。图3显示利用屏蔽驱动器24的传统装置，该屏蔽驱动器24包括单一增益放大器/缓冲器，其输入连接至传感器接线31的端部且其输出连接至屏蔽32。该屏蔽驱动器24以与出现在传感器接线31上的(大致)相同的电压来供给屏蔽32能量。由于传感器接线31和屏蔽导体32在它们之上具有几乎相同的电压，因此它们之间仅有很小的电压差，并且只有少量电流会流过电缆电容36，同时在这些导体之间的电缆电容36的效应会降低。实际上，该屏蔽驱动器的增益只趋近于1.0的增益，并且一定能预期到该增益的一些偏离。任何这种在增益上的偏离都会在屏蔽32与传感器接线31之间产生小的电压差，使得出现跨电缆电容36的电压。这导致电流流过电容36并且降低了传感器系统的敏感度。对于长的电缆(具有更大的电缆电容)和较高的测量频率来说，这种装置甚至会变得更加无效。

[0053] 流过杂散电缆至接地电容37的电流是由屏蔽驱动器24供应的。对屏蔽驱动器24的输入电流将会对由电流测量电路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，因此产生的误差小。不过对于长电缆及较高测量频率而言，这种布置难以实现。屏蔽驱动器还具有一些输入电容，而这会吸收额外的电流。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；即屏蔽驱动器24的单位增益的偏离乘以杂散电容36和屏蔽驱动器24的输入电容。

[0054] 可通过如图4所示那样重新布置电路来减少该测量误差。这种布置用于驱动两个为差分对布置形式的电容式传感器。对于其中的目标(或目标的部分)并非导体或者目标否则为与接地隔离的位置测量系统来说，可按差分对布置方式利用第二传感器和具有反向驱动器的第二测量电路，即如图4所示。

[0055] 电压源20a的输出连接至屏蔽驱动器24a的输入，并且屏蔽驱动器24a的输出连接至电流测量电路21a的一个端子，而电流测量电路21a的另一端子连接至传感器接线31a。相同的布置应用于电压源20b、屏蔽驱动器24b、电流测量电路21b以及传感器接线31b。这些电压源20a和20b产生彼此有180度相位偏移的AC电压波形。该目标通过两个传感器电容4a和

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，该目标表现地象虚拟接地；而如果传感器电容4a及4b为相等的，则如此可为最优。当计算出两个电流测量值22a与22b之间的差时，该目标的电位将作为共模式干扰被移除。

[0056] 将屏蔽驱动器的输入移到位于该电流测量“之前”的点处可从该电容式测量中省略屏蔽驱动器的输入电容，因此从测量结果中消除了此误差成份。这也可视为将屏蔽驱动器输出前馈至屏蔽导体。电压源输出仍会被传送至传感器接线，并且也被直接地连接以驱动屏蔽导体，而非缓冲传感器接线电压以加载该屏蔽导体。在电压源与测量电路之间串联该屏蔽驱动器具有额外的益处，即能够移除因偏离于屏蔽驱动器的单位增益所造成的误差，这是因为屏蔽驱动器输出连接至传感器接线(经由该测量电路)和屏蔽导体两者。

[0057] 图5显示进一步的改进方式，其具有与图4相同的配置，但省略了分离的屏蔽驱动器24a/24b，而该项功能与电压源20a/20b相集成，以驱动系统之内的所有电容。这种布置利用同一个驱动器用于传感器接线和屏蔽导体两者，并且测量在该传感器接线之内流动的电流。所获的系统可达到简化目的，同时还消除了传统装置中存在的测量误差的来源。

[0058] 图4和图5的布置有效地消除了传感器接线31与屏蔽导体32之间的任何电压差，使得电缆电容36两端的电压可忽略。这有效地消除通过电缆电容36的电流，并且由电路21所测得的电流实际上仅为流过传感器电容1的电流。将电流测量电路的输入阻抗制造得足够低，使得供应至传感器接线和屏蔽导体的电压近似于相等。

[0059] 流经屏蔽32与接地间的电容37的电流是从电压源20或分离的屏蔽驱 动器24供应的，并且此电流不会形成测量的电流的一部分，并且对在电压源的输出处的电压仅产生二阶效应。在此装置中，对屏蔽驱动器的单位增益的任何偏离以及屏蔽驱动器的输入电容的效应两者都会被消除。

[0060] 实际上，图4及图5的布置导致驱动该屏蔽导体32并且将该屏蔽耦接于传感器接线31，使得传感器接线的电压是因屏蔽上的电压而产生的。这与传统布置方式相反，在传统布置中是驱动传感器接线并且该传感器接线的电压会被复制到屏蔽导体上。在此设计中，焦点被从主要是针对于测量流过传感器的电流(并藉此测量传感器电容和距离值)而同时考虑到因寄生电容产生的电流泄漏，改变成主要是关注于通过控制屏蔽导体电压来为准确的传感器电流测量提供适当环境，实现这一点成为主要问题，而测量传感器电流成为次要问题。

[0061] 也可将接地外部屏蔽导体增加到图4及图5的配置中，以减少来自任何邻近噪声源的干扰。图6显示电缆30a，其接地外部屏蔽导体33a设置成围绕(内部)屏蔽导体32a。在本具体实施例中，该电缆为三轴式电缆，接地屏蔽33a构成最外部导体。接地屏蔽优选地连接至位于电缆远程端，例如靠近测量电路21a，的分离的接地。此接地为屏蔽接地，并且优选地并非连接至该传感器的任何接地。利用如上所述的围绕每条电缆的接地屏蔽，或是通过围绕电缆30a和30b两者设置单条接地屏蔽，可减少其它邻近系统的干扰。

[0062] 常规的电容感测系统通常是利用电流源驱动传感器，并且测量传感器电容两端的所得电压。而本发明，例如图4-6中所示的配置，则是利用电压源以及电流测量。该电压源优选地产生具有恒定峰值振幅、恒定频率以及交替的具有恒定斜率的正负斜率的AC三角电压波形，如图7A所示，但也可采用其它波形。典型值为5V尖峰至尖峰的振幅和500kHz的频率。该电压源优选地具有低输出阻抗，以在变动负载的条件下达到恒定振幅输出，并且可利用

例如高电流运算放大器来实现。

[0063] 该屏蔽驱动器可实现为运算放大器，并且最好是具有低输出阻抗。该屏蔽驱动器可集成在电压源内，以驱动传感器接线和屏蔽导体两者，如前文所述。

[0064] 三角电压源波形的示例可如图7A所示，其在理想情况下产生如图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的电容而改变。然而，实际上该三角电压波形会产生不完美的电流波形，即更类似于如图7C 所示的波形。该电流测量电路21可配置成在该波形的一部分处在接近各个半周期结尾处(此处振幅已经稳定)，来对电流波形的振幅进行测量，以降低在电流波形中这种可变不完美性的效应。电流测量电路21可以为电流至电压转换器，并且优选的是具有低输入阻抗、高准确度和低失真。

[0065] 该电容式传感器可以是常规的电容式传感器，或是如美国专利申请第12/977,240号的薄膜结构，该申请整体并入本文中作为参考。图8说明了三轴式电缆30到电容式传感器的连接。在本示例中，薄膜传感器40包含由薄膜导体层形成的电极41、42、43，以及中间薄膜绝缘层45。传感器接线31连接至传感器的感测电极41，屏蔽导体32连接至背侧防护电极42，并且接地外部屏蔽导体连接至屏蔽电极43。类似的连接方案可应用于同轴电缆以及其它类型的传感器。

[0066] 图9A和图9B显示构造成单个集成单元的传感器组对的示范性实施例，其可用作差分传感器。在这些实施例中，该集成单元包括两个传感器40a和40b，分别具有各自的感测电极41a、41b和各自的背侧防护电极42a、42b。该传感器组对的两个传感器共享与该传感器组对集成的单个屏蔽电极43，或可替换地，其上固定有传感器组对的导体板46可用作屏蔽电极。这两个传感器40a、40b优选地如本文所述的差分对那样工作，其中各个传感器由与该组对的另一传感器为反相位，而且优选的是180度反相位，的电压或电流所驱动，并且进行差分测量以抵消共模式误差。

[0067] 图9B显示该传感器组对的顶视图。背侧防护和感测电极形成为圆角四边的形状，该形状设计成能适应例如光刻机器的最终透镜元件周围的角落位置。电极也可以形成为圆形的形状，以产生大面积感测电极。

[0068] 上述的布置可以有许多替换方式。例如可使用同轴、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更多屏蔽导体的电缆，例如，导体布置成扁平配置，而在任一侧上具有屏蔽导体和中心传感器接线。该屏蔽驱动器可以与电压源相分离或集成到电压源中。可利用单个电压源来驱动多个传感器。这在屏蔽驱动器与电压源相集成的配置中会特别有利，这样可大幅地减少该传感器系统中所使用的单独部件的数量。

[0069] 可利用一些示范性计算来说明本发明的性能改善结果。对于具有4mm感测表面直径的传感器，在0.1mm标准测量距离处可导致标准传感器电容为约1pF。RG178类型且长度为五米的电缆可在核芯与屏蔽导体之间产生约 500pF的电缆电容。具有100MHz的增益带宽因子及1MHz测量频率的屏蔽驱动器放大器可产生0.99的增益，即与单位增益偏离0.01。利用这些示范性数值，就能够估算出上述配置的稳态性能。如图3所示的常规有源屏蔽配置可获得下列的电容测量结果：1pF+(1-0.99)x500pF=6pF。这种很大的误差通常是通过对传感器和电缆的合并系统进行校准来补偿的。具有如图4-图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获得下列电容测量结果：1pF+(1-1)x500pF=1pF。在本示例中，

可消除500%的测量误差而无需对该合并传感器/电缆系统进行校准。

[0070] 当外部干扰造成屏蔽导体内的电流改变时，也可估算出上述配置的性能。例如，假设屏蔽导体内的电流的变化造成屏蔽驱动器中出现额外的1%增益误差，则如图3所示的常规有源屏蔽配置会获得下列的电容测量值：1pF+(1-0.98)x500pF=11pF。假设屏蔽/接线驱动器中有相同的1%增益误差，则具有如图4-图6所示的合并驱动器的配置组态会得到下列的电容测量值：0.99x(1pF+(1-1)x500pF)=0.99pF。这表示0.01pF的误差偏离，即仅有1%。电缆长度/负载的敏感度降低到约1%。

[0071] 图10显示为在带电粒子光刻机器中进行距离测量所实施的电容式传感器1和测量电路103的简化示图。该光刻机器产生带电粒子射束，以曝光被安装在可在水平和竖直方向上移动的载台100上的目标2，诸如硅质晶圆。电容式传感器被安装在靠近光刻机器的投射透镜102的最终元件的平板上，布置成测量从投射透镜元件到待曝光的晶圆的表面的距离。传感器经由电缆30连接至测量系统103，这可包括处于本文中描述的任意配置的电压源20和电流测量电路21。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104又根据该测量信号来控制载台100的移动，以将该目标2带到与光刻机器的投射透镜相距期望距离处。

[0072] 图11显示说明一模块式光刻设备500的主要元件的简化方块图。光刻设备500优选地以模块方式设计以允许维护更简便。主要的子系统优选地以自包含且可移除的模块形式构造，使得它们能够在对其它子系统的干扰尽可能小的情况下从光刻设备移除。这对于封闭在真空室内的光刻机器来说会是特别有利的，在这种情况下对机器的接近受到限制。因此能够快速地移除和更换故障子系统，而无需非必要地断开或干扰到其它系统。

[0073] 在图11所示的实施例中，这些模块式子系统包括：照射光学器件模块 501，其包含带电粒子射束源301和射束准直系统302；孔径阵列和聚光透镜模块502，其包含孔径阵列303和聚光透镜阵列304；射束切换模块503，其包含多孔径阵列305和细射束阻断器阵列306；以及投射光学器件模块504，其包含射束停止阵列308、射束偏转器阵列309和投射透镜阵列310。这些模块设计成相对于一对齐框架滑动进入和退出。在图11所示的实施例里，对齐框架包含从对齐外部子框架506经由振动阻尼固定件530所悬吊的对齐内部子框架505。框架508经由振动阻尼固定件507来支撑该对齐子框架506。该目标或晶圆330安置在基板支撑结构509上，该基板支撑结构继而又放置在夹盘510上。该夹盘510设置在载台短行程511和长行程512上，该载台短行程511和长行程512布置成在各种水平和竖直方向上移动该载台。光刻机器封闭在真空室335内，该真空室可包括一个或多个mu金属(磁性金属)屏蔽层515，并且安置在由框架构件521所支撑的基底平板520上。

[0074] 在图11所示的实施例中利用五组电容式传感器来测量该光刻机器内的各种元件的位置或距离。传感器集合401布置成测量最终透镜元件与目标330之间的距离，例如图10中所示的。传感器集合402布置成测量被安装在最终透镜元件附近的光学对齐传感器与目标330或夹盘510之间的距离，藉此促进用于对齐目标和载台的对齐传感器射束的聚集。传感器集合403布置成通过测量相对于长行程载台512的距离按水平(X、Y轴)和竖直(Z轴)位置来测量短行程载台511的位置。传感器集合404布置成根据相对于子框架505的测量值按水平和竖直位置来测量该悬吊的子框架505相对于对齐子框架506的位置。而传感器集合405布置成根据相对于子框架505的测量值按水平和垂直位置来测量照射光学器件模块501

的位置。

[0075] 在图10和图11所示的任何一种应用中使用的电容式传感器优选是薄膜传感器，并且也可以布置成组对的形式，以用于进行差分运算。这些传感器可以为图8中所示的类型，优选地利用图8所示的布置方式连接至电缆30。传感器也可用在单个信号基板上的多个感测电极来构造，诸如图9A、9B所示的传感器组对。利用薄膜构造使得能够以低成本构造这些传感器，并且使得这些传感器能够设置在不适于具有较大尺寸的常规传感器的狭窄空间内和该光刻机器的部件上。按差分模式操作传感器使得能够利用这些传感器来测量距未接地的相对表面的距离，而无需从该相对表面到测量系统的返回电气连接。在传感器布置成测量相对可移动部件的距离的应用中，以及在难以 或不利于实现对于感测系统的可移动部件的电气连接的应用中，后一种因素是有利的。

[0076] 这些传感器集合可布置成六个传感器的集合，以构成三个差分传感器组对，用于测量三条轴线，即水平(X、Y轴)和垂直(Z轴)方向。这可通过将这些差分传感器组对安置成定向为用于在各个方向上测量距一适当相对表面的距离来实现。可利用来自传感器的测量信号来调整光刻机器的可移动部件的位置，例如利用压电马达来进行小的移动，从而在该系统内获得该部件的适当对齐。

[0077] 各组传感器可经由电缆30连接至相对应电流测量电路，该电路位于真空室外并且远离光刻机器的机柜里。图19显示载有多个电路板601的机柜600的实施例。每个电路板601提供对于电容式传感器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。信号发生器605可从电压源20提供AC电压信号，例如三角电压波形，以供给电容式传感器能量，如前文所述。各个电路板经由连接器612和电缆30连接至薄膜电容式传感器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，以便用于控制光刻机器。电源610可经由电源连接器611将电力提供至电路板。

[0078] 这些电流测量电路21、21a、21b可实现为，例如电流至电压转换器或电流至电流转换器。但是存在多项因素会对这样的测量电路中的误差有贡献。这些因素包含测量电路的输入电路的杂散阻抗；该输入电路的有限共模拒绝比值(CMRR)；以及该测量电路的与共同模式无关的传送功能上的不准确度。

[0079] 图12为电流测量电路70的功能示意图。该电路会对在输入端72处来自AC或DC电流源CS的输入电流I_{CS}进行测量。该电流I_{CS}中的一部份会分散在测量电路的输入电路中，此部份由I_{CM}表示。在该输入端72上相对于该电路的电源电压的电压干扰会造成流经内部阻抗Z_{CM}的电流I_{CM}产生变动。结果是，由该电路实际上测得的电流I_{meas}会略微地小于预期测量的输入电流I_{CS}，导致测量上的小误差。电流I_{CM}是因为输入电路内的杂散阻抗以及输入信号中的共模干扰产生的。稳态误差可被校正，但是难以对电流I_{CM}进行补偿，原因在于杂散阻抗的值可依照诸如温度的因素而变化，同时输入上的共模干扰也随时间而变化。

[0080] 可通过利用在测量电路输入端子处存在的相同电压驱动供应电压，来减少这些测量误差。通过这种方式，可将输入上的干扰传送至供应电压，以减少或消除由输入信号与测量电路内部电路之间的变化电压差而造成的在测量电路中流动的电流。

[0081] 电流测量电路的电压供应端75和76连接至含有电压源77a、77b的电源。电压源VD设置成将输入端处的电压干扰馈送至电源，以使得输入信号与测量电路供应电压之间的电压差会维持恒定。电压源VD连接至测量电路电源，使得电源电压也是由任何出现在测量电

路输入端处的电压所驱动。电压源VD可由电路内的适当反馈或前馈所提供。

[0082] 图13是显示图12的电流测量电路的功能示意图，其中该电压源VD用于供给一负载71能量。用电压源VD驱动负载71可产生电流Ics，此电流为在电路输入端72处所测得的电流。所以，耦接到电流测量电路的电源的干扰电压VD为驱动负载71以产生待测量的电流Ics的电压。将该干扰电压馈送至电流测量电路的电源内可导致移除在电流测量电路内由于干扰电压造成的变化电压差。这样可去除电流测量结果中的误差来源。

[0083] 在图13所示的实施例中，也可由差分电路79从电流测量电路70的输出减去干扰电压VD。在电流测量电路70输出端74处的输出信号将具有叠加在由于测量输入电流Ics所得到的信号上的干扰电压VD。因此，可利用减去该干扰电压VD来分隔出该输出信号中表示输入电流测量值的部分。

[0084] 图13内的实施例显示由两个电压源77a、77b供电的两个电源端子，这两个电压源77a、77b典型地将正和负DC电压供应至正和负电源端子。可作为替代使用单个电源端子和/或单个电源电压源。在本实施例中，干扰电压经由电容器78a、78b馈送至电源端子，使得会将干扰电压的AC成分馈送至电源端子，而同时电源电压的DC成分被与输入端72和电压源VD隔离开。也可利用电感器将干扰电压的AC成分与电源电压隔离开，诸如图15中的实施例中所示的电感器95、96。

[0085] 图14为显示用运算放大器80(又称为Opamp)实现的电流测量电路的实施例的示图。电流源CS被连接至该运算放大器80的负端子82，并且该运算放大器的正输入端子83连接至共同端(common)。该运算放大器80具有两个电力端子85和86，并且可通过这两个端子由两个电压源91和92来供给运算放大器80能量。

[0086] 该电流源CS产生待测量的电流Ics。连接在输入端子82与输出端子84之间的阻抗87提供负反馈，并且运算放大器80操作以将两个输入端子82和83之间的电压差维持成接近于零。运算放大器80具有非常高的输入阻抗，使得电流Ics中的极少部分流入运算放大器内，反而会流过阻抗87。然而，，由于运算放大器80的输入电路中的杂散阻抗以及运算放大器的有限CMRR，运算放大器80无法完全消除共模电压对这些输入的影响。

[0087] 在所示的实施例中，利用AC电压供应VG来驱动输入端子83。因为运算放大器80配置成将这两个输入端子82和83维持在几乎相同的电压，因此电压VD实际上代表在这些输入端子上的共模干扰。电压源VD的输出连接至输入端子83，还连接至运算放大器电源电路，以将共模干扰电压前馈至运算放大器80的电源电压内。在本实施例中，电压源VD的输出经由电容器93、94所连接，以将在输入端子83处的电压耦接至对于电源端子85、86的电压供应器。通过这种方式，DC电压源91、92向电源端子85、86供应DC电压，同时出现在输入端子83处的AC电压也被供应至电源端子85、86。也可将电感器95、96包括在电源中，如图15的实施例所示，以在前馈输入端子电压的AC成分与DC电压源77、78之间提供一些隔离性。

[0088] 图15显示图14的实施例的一个示例，用于在对电容式传感器系统，诸如图3-图6任一图中所示的系统内的电流进行测量。待测量的电流经由电缆30传送至电流测量电路21，因为该电流测量电路21通常位于电容式传感器的远程处。电容式传感器可为诸如图8和图9所示的薄膜电容式传感器。该电缆30包含传感器接线31和屏蔽导体32，并且具有远程末端和本地末端。传感器接线31在电缆30的本地末端处电连接至电容式传感器电极41，并且屏蔽导体32在电缆30的本地末端处电连接至电容式传感器防护电极42。

[0089] 电压源20在电缆30的远程末端处供给屏蔽导体32能量以供给该防护电极42能量。电压源20也经由运算放大器80供给传感器接线31能量，以供给电容式传感器的感测电极41能量。由于运算放大器会将其输入端82、83处的电压维持在大致相同的电压，因此传感器接线31和屏蔽导体32也是以大致相同的电压被供给能量的，因此几乎是消除了它们之间的电容泄漏电流。

[0090] 电压源20的输出端连接至输入端83、屏蔽导体32，并且也连接至运算放大器80的电源，如前文所述，并且连接至差分电路88，以从运算放大器 80的输出信号中减去来自电压源20的信号。

[0091] 该电压源优选地提供三角电压信号来驱动电容式传感器，如上所述。这样可(理想情况下)获得图16A所示的方波电流信号，如上所述。电压源20输出的三角电压会出现在运算放大器80的输入端83和82上，如图16B所示。在运算放大器80输出端84处的输出电压Vout将含有出现在输入端处的三角电压，并因流过反馈阻抗87的方波电流之故而叠加以方波，如图16C中所示。为得到具有与在电容式传感器处产生的电流相同的方波波形的测量信号，因此由差分电路88从输出端84处的信号减去来自电压源20的三角电压波形。

[0092] 图17显示用于诸如本文描述的差分对感测系统的电压源和电流测量电路的实施例。该电路还可被用于并非作为差分对那样工作的单个传感器。该电路被划分成模拟信号处理部分50以及数字信号处理部分70，该数字信号处理部分可例如在现场可程序门阵列中实现。

[0093] 一频率基准被产生(例如，为2MHz)，并且在除法器(divider)电路51中被划分开，以产生较低频率的具有某个预定相位偏移的多个单独方波信号。在实施例中，产生四个单独的具有90度相位偏移的500kHz方波信号。图18A显示方波频率基准信号的范例，并且图18B-图18E显示具有0、90、180及270度相移的较低频率的信号的示例波形。

[0094] 积分器电路52可从其中一个方波信号产生三角电压波形。由此，放大器电路53a和53b产生两个180度反相位的三角电压波形。例如，这两个反相位的三角电压波形可对应于图3-6、13、14或16中任意的图所示的电压源(例如，20、20a、20b、VD)的输出，用于驱动单个电容式传感器或负载以及在差分对中工作的两个传感器/负载。图18F和图18G显示从放大器电路53a和53b输出的三角波形的范例。该三角电压信号可被连接来给屏蔽导体32、32a、32b供电，也可经由电流电压转换器54a和54b连接到传感器接线31、31a、31b，用于给如图3-图6、图13、图14或图16中所示的电容式传感器或负载40、40a、40b供电。

[0095] 电流电压转换器54a和54b在它们的输出端产生电压信号，该信号代表在它们的输入端的电流信号的测量结果(即，图3-6、图13、图14或图16的输出信号22、22a、22b、74、84)。通过差分电路55a、55b从电流电压转换器54a和54b输出端处的电流测量信号减去来自放大器电路53a和53b的三角电压波形，以从电流电压转换器输出信号中移除三角电压信号，以隔离出测得的输入电流信号。图18H和图18I显示在差分电路55a、55b输出端处产生的电流测量信号的示例。

[0096] 选择器56a、56b利用由除法器电路51产生的相移基准信号中的一个或多个，例如，图18D和图18E中所示的具有180度和270度相移的基准信号，来对图18H和图18I中所示的电流测量信号的每个循环的一部分进行采样。对电流测量信号的每个循环的第二半进行采样以获得该循环的一部分的振幅，在该部分中该电流测量信号在最大振幅值处大体上为稳

态。

[0097] 当该电路用于以差分模式工作的传感器组对时，此采样处理可在两个电流测量信号之间切换进行，以累加在一个信号内的正振幅(图18J)以及在另一个信号内的负振幅(图18K)。低通过滤器57a和57b过滤经采样的电流测量信号以实现电容器充电电路的等同物，具有的斜率是由该电流测量信号波形的经采样部分的振福所决定。

[0098] 在放大器58a和58b输出处的示例波形如图18J和图18K所示。这些波形在每个采样时段期间上升(或下降)，端值是由电流测量信号的振幅所决定。来自放大器58a及58b的输出彼此相减，产生的信号由模拟数字转换器59转换成数字信号。产生的数字信号被输出至数字信号处理电路63，以用于进行诸如校准调节和缩放这样的进一步处理，从而产生表示该传感器电容的可用测量结果。加法器61和窗口比较器62产生对于诸如电缆短路或开路故障情况用于数字信号处理电路63的误差信号。

[0099] 已参照如前文所述的一些实施例对本发明进行了描述。应注意到已经描述了各种构造和替代方式，这些可应用于本文描述的任何实施例，如本领域技术人员所熟知的那样。尤其，相对于图12-14所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中，并且相对于图17描述的信号处理电路可用于在任何需要隔离出交流信号内的振幅信号的应用中。此外，将能认知到可对这些实施例进行本领域技术人员所周知的各种修改和替换，而不会背离本发明的精神与范围。因此，尽管已描述了多个特定实施例，但这些仅仅为示例，而不会对如所附权利要求中所定义的本发明的范围造成限制。

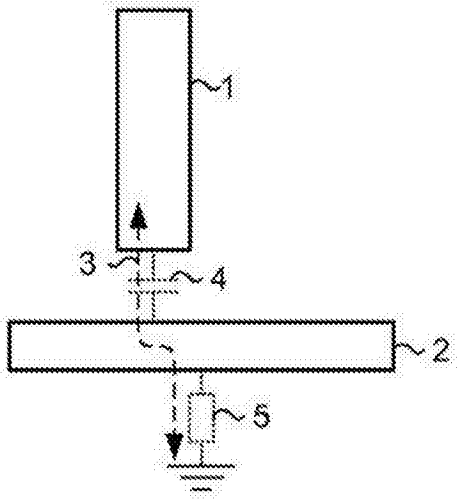


图1

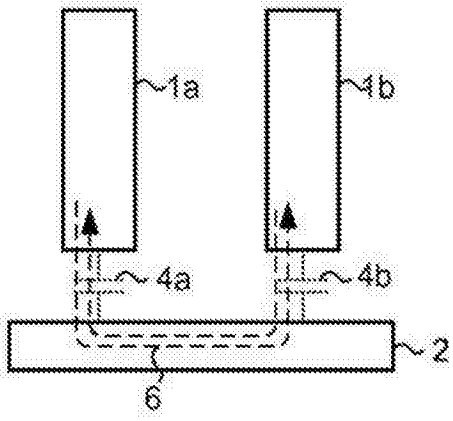


图2

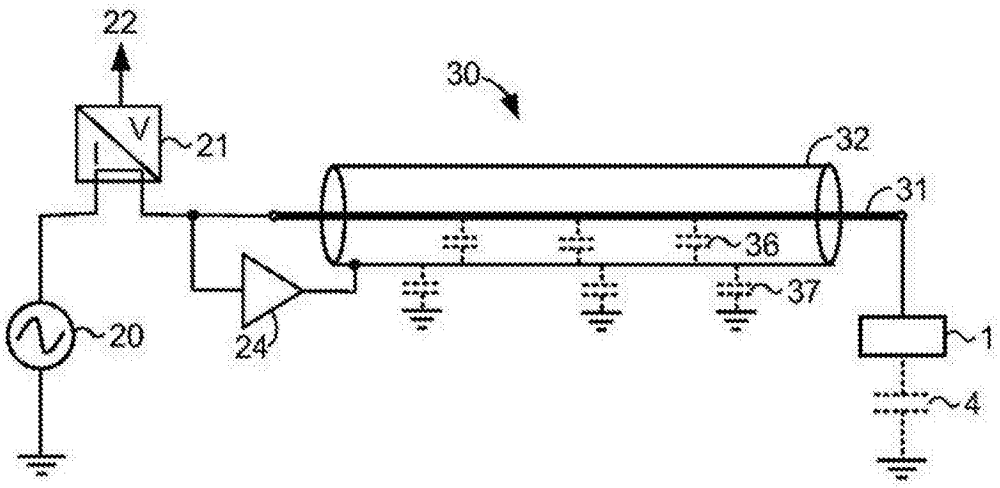


图3

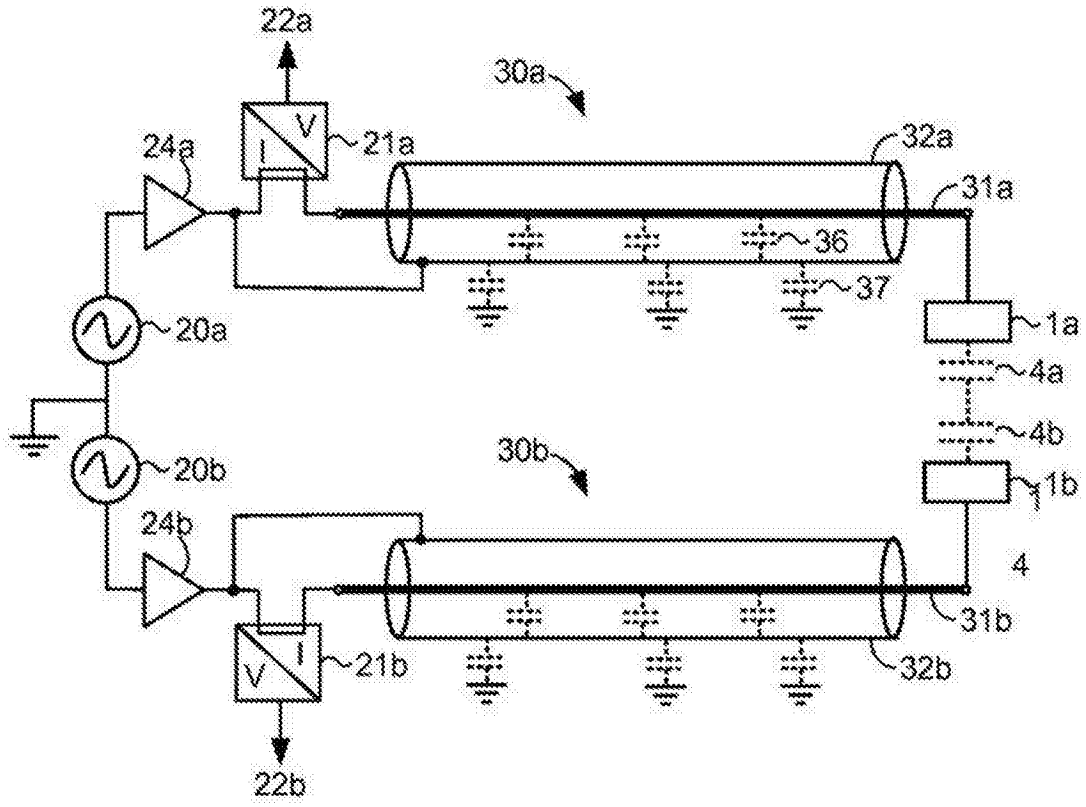

22a
30a
V
I
21a
24a
32a
31a
36
37
20a
1a
4a
4b
20b
30b
1b
24b
4
31b
V
I
21b
32b
22b

图4

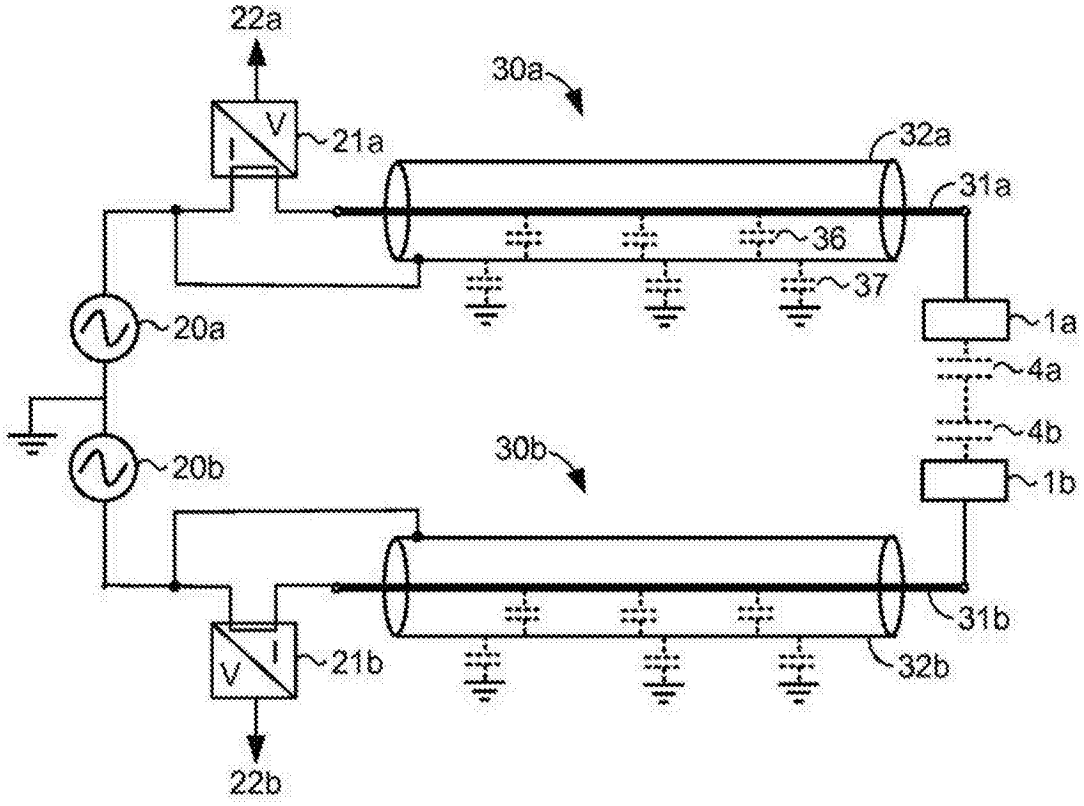

22a
30a
V
I
21a
32a
31a
36
37
20a
1a
4a
4b
20b
30b
1b
31b
V
I
21b
32b
22b

图5

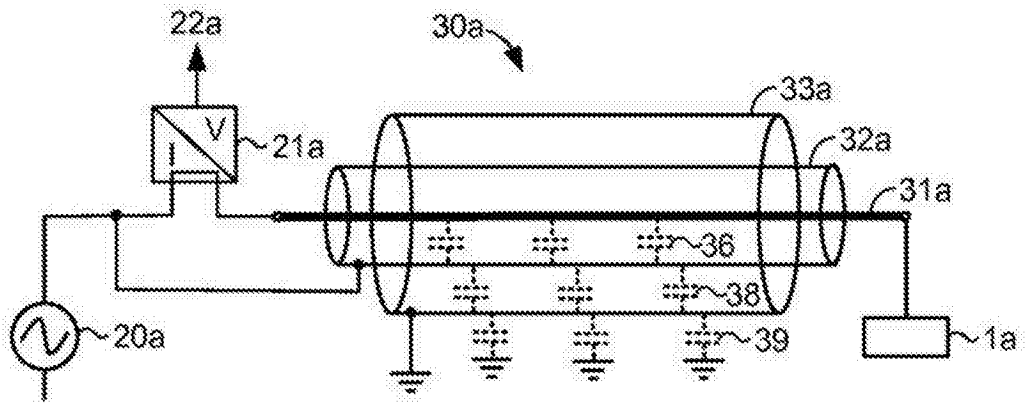


图6

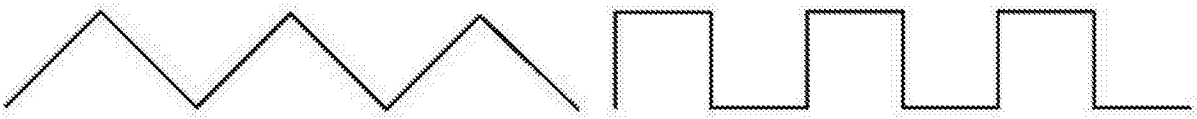


图7A 图7B



图7C

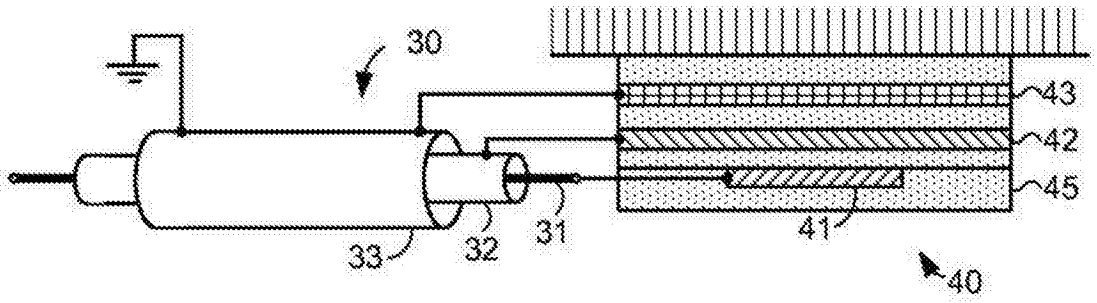


图8

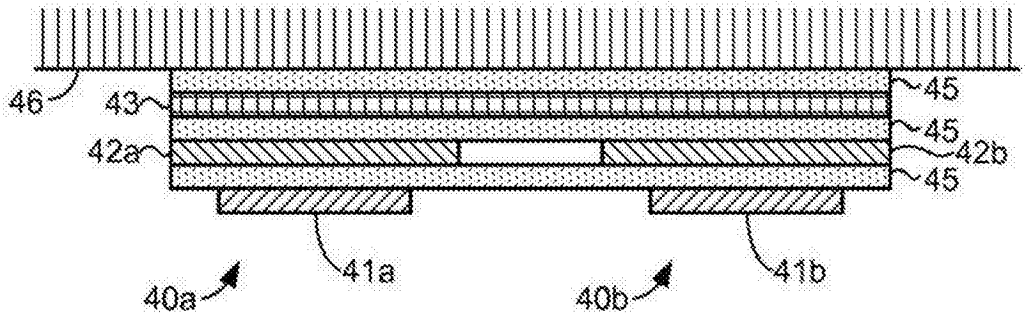

46
43
42a
45
45
42b
45
41a
41b
40a
40b

图9A

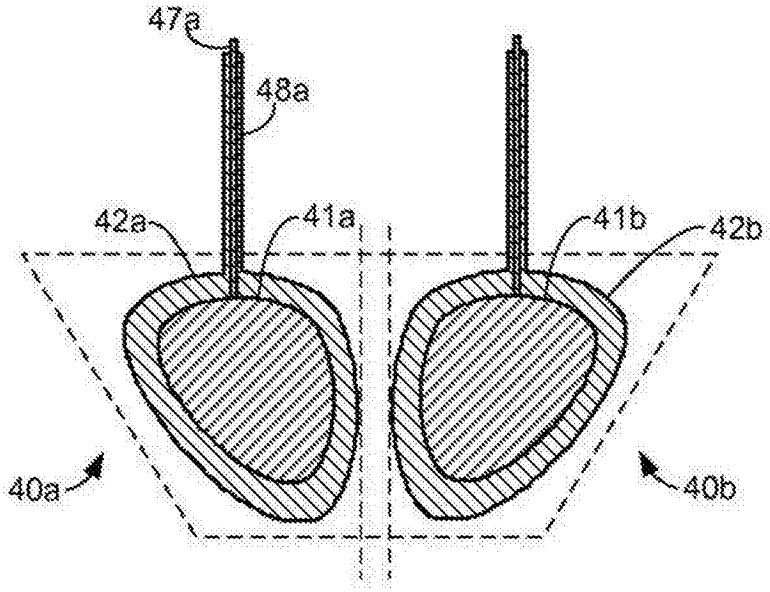

47a
48a
42a
41a
41b
42b
40a
40b

图9B

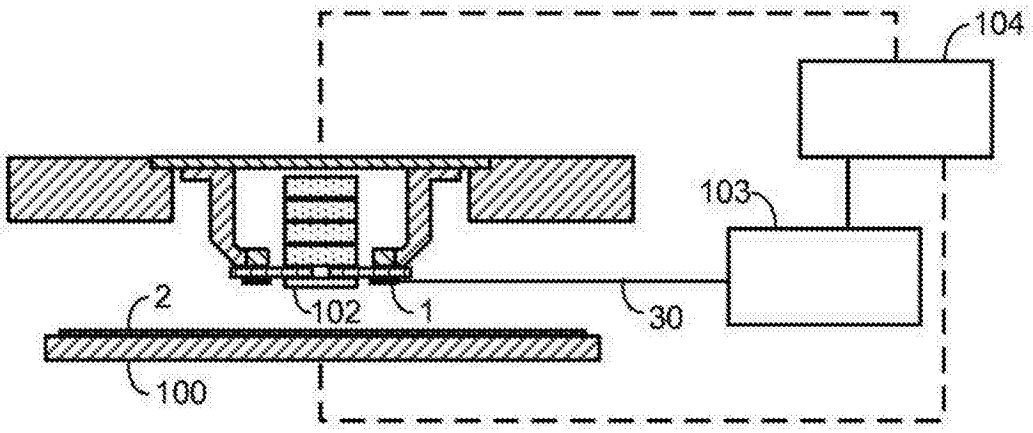

104
103
2
102
1
30
100

图10

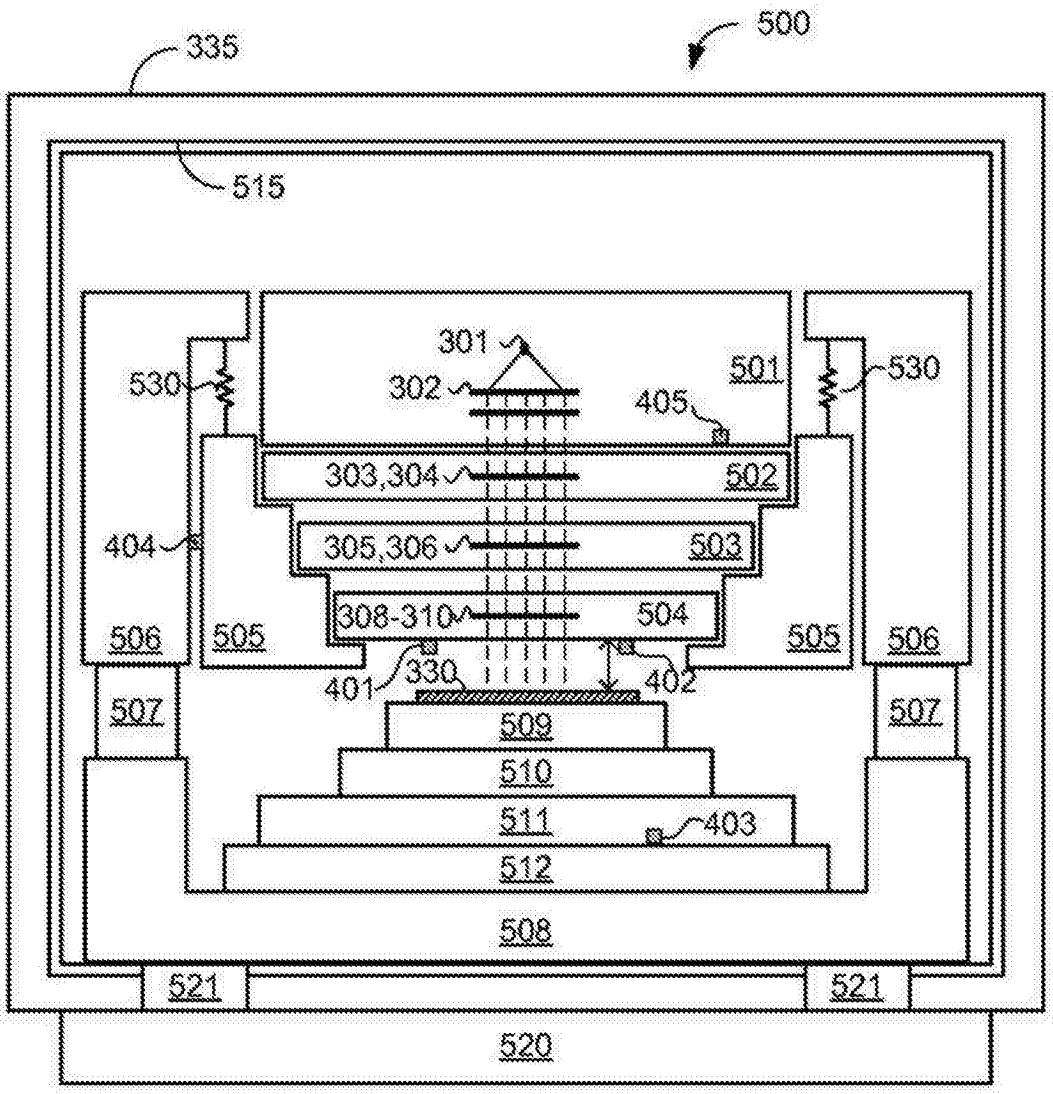

500
335
515
301
302
405
501
530
530
303,304
502
305,306
503
404
308-310
504
506
505
505
506
401
330
402
507
507
509
510
511
403
512
508
521
521
520

图11

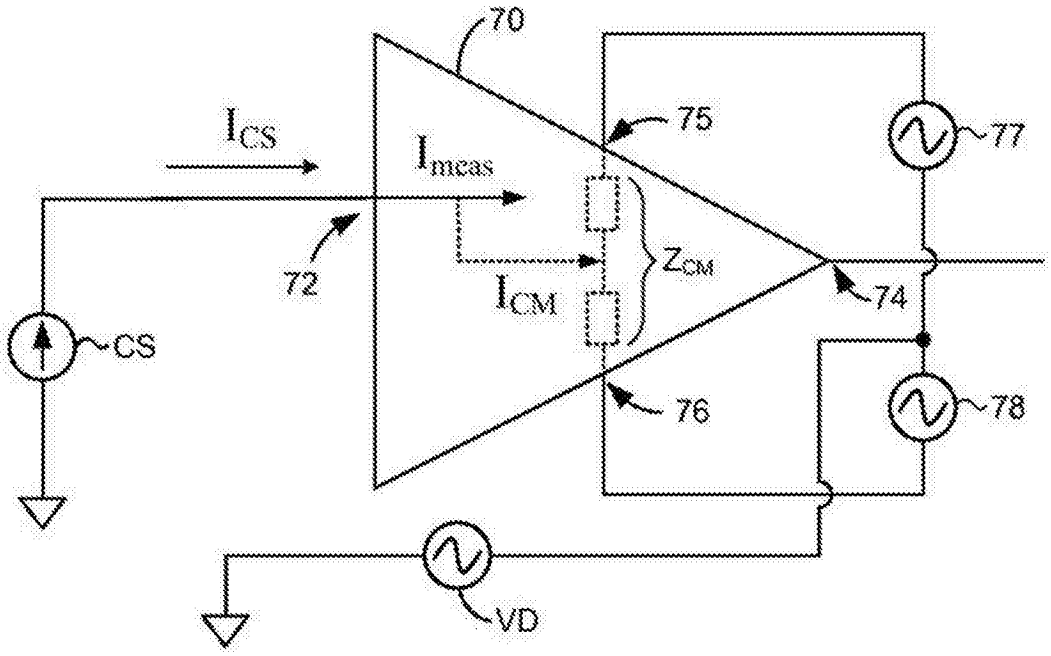

70
75
77
I_{CS}
I_{meas}
72
Z_{CM}
I_{CM}
74
CS
76
78
VD

图12

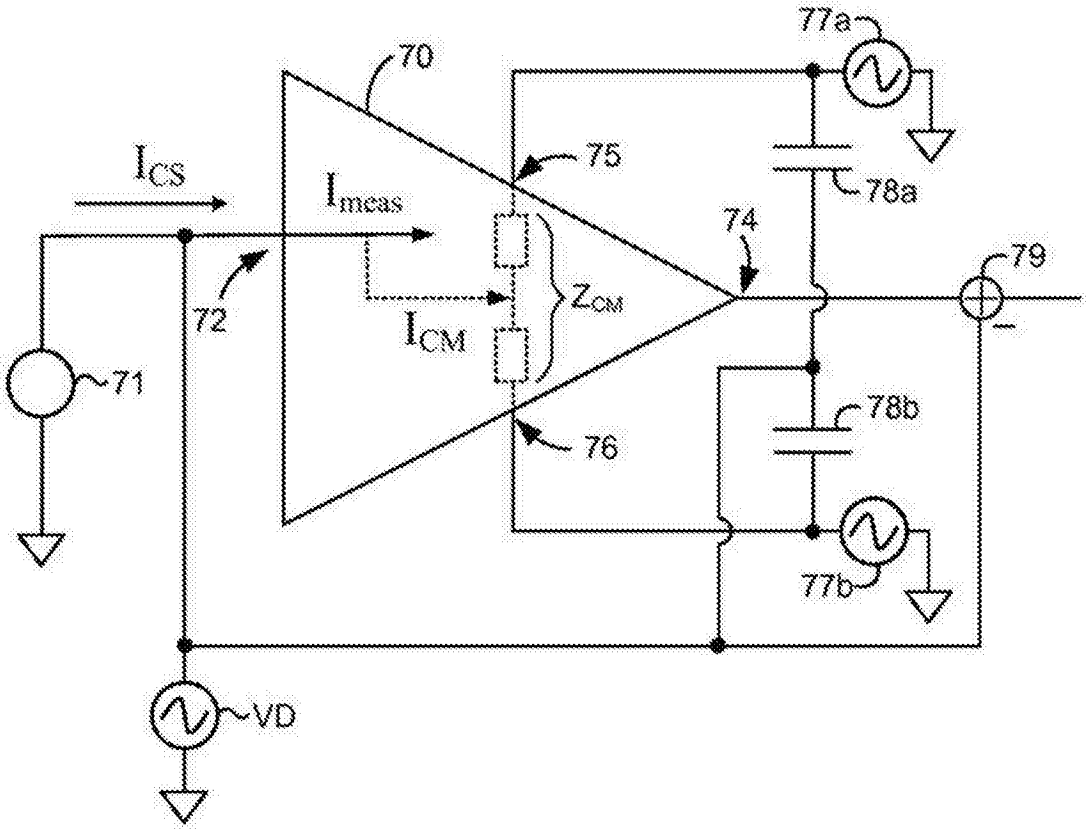

77a
70
75
78a
I_{CS}
I_{meas}
74
79
72
Z_{CM}
I_{CM}
71
78b
76
77b
VD

图13

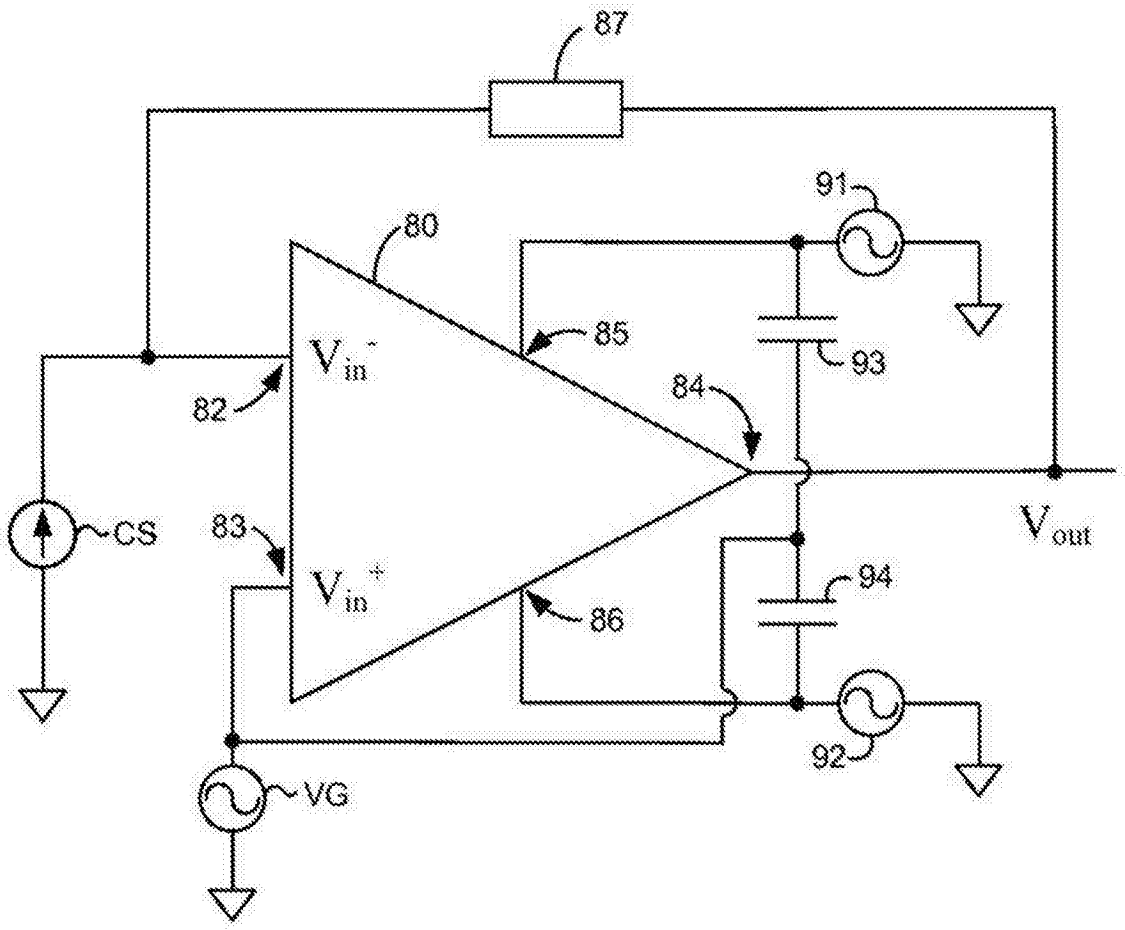


图14

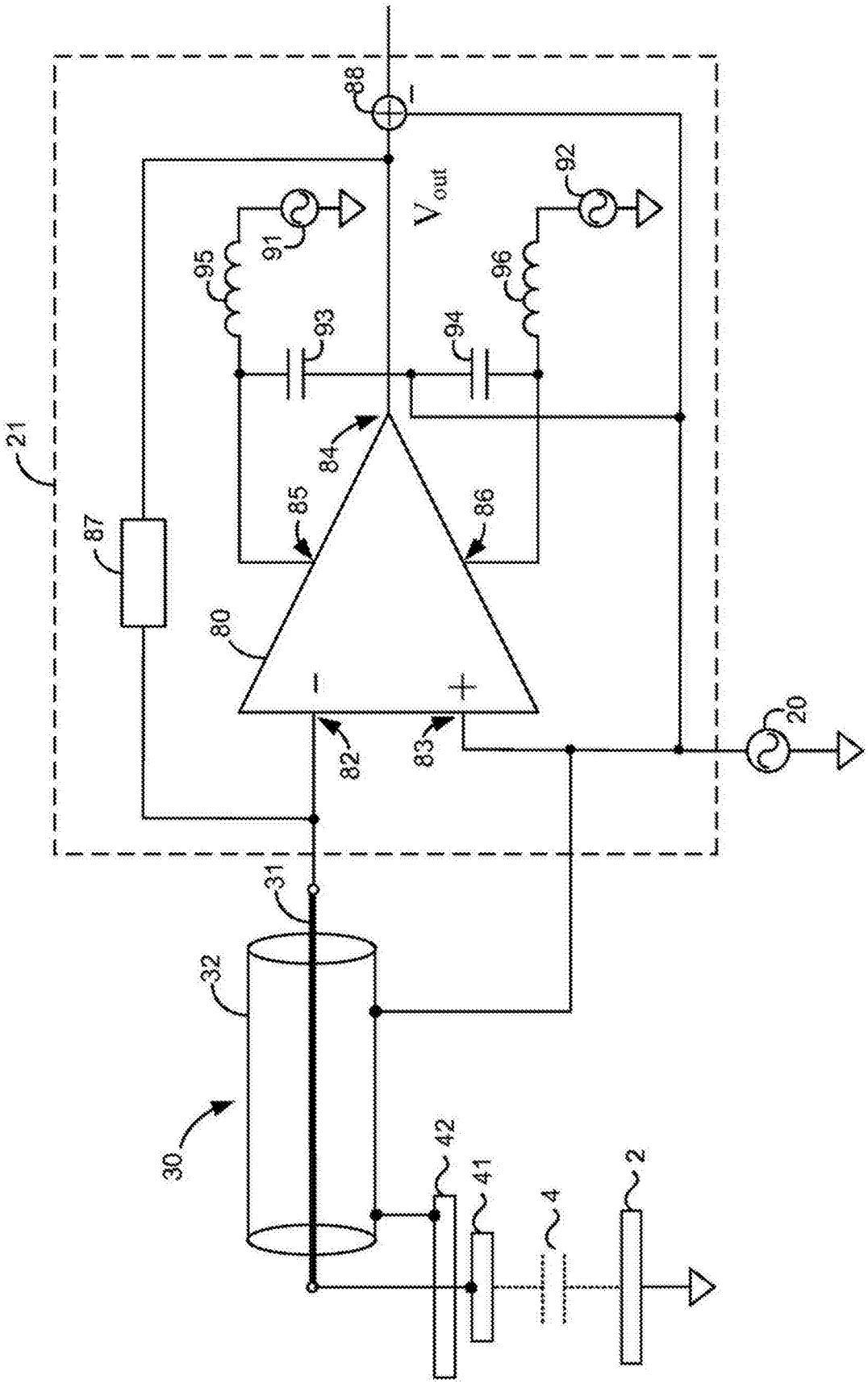


图15

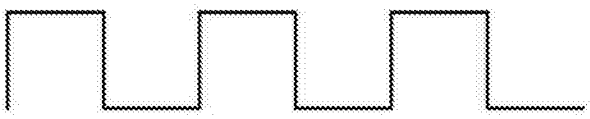


图16A



图16B

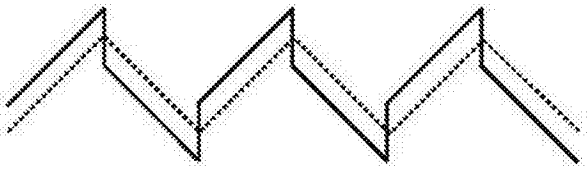


图16C

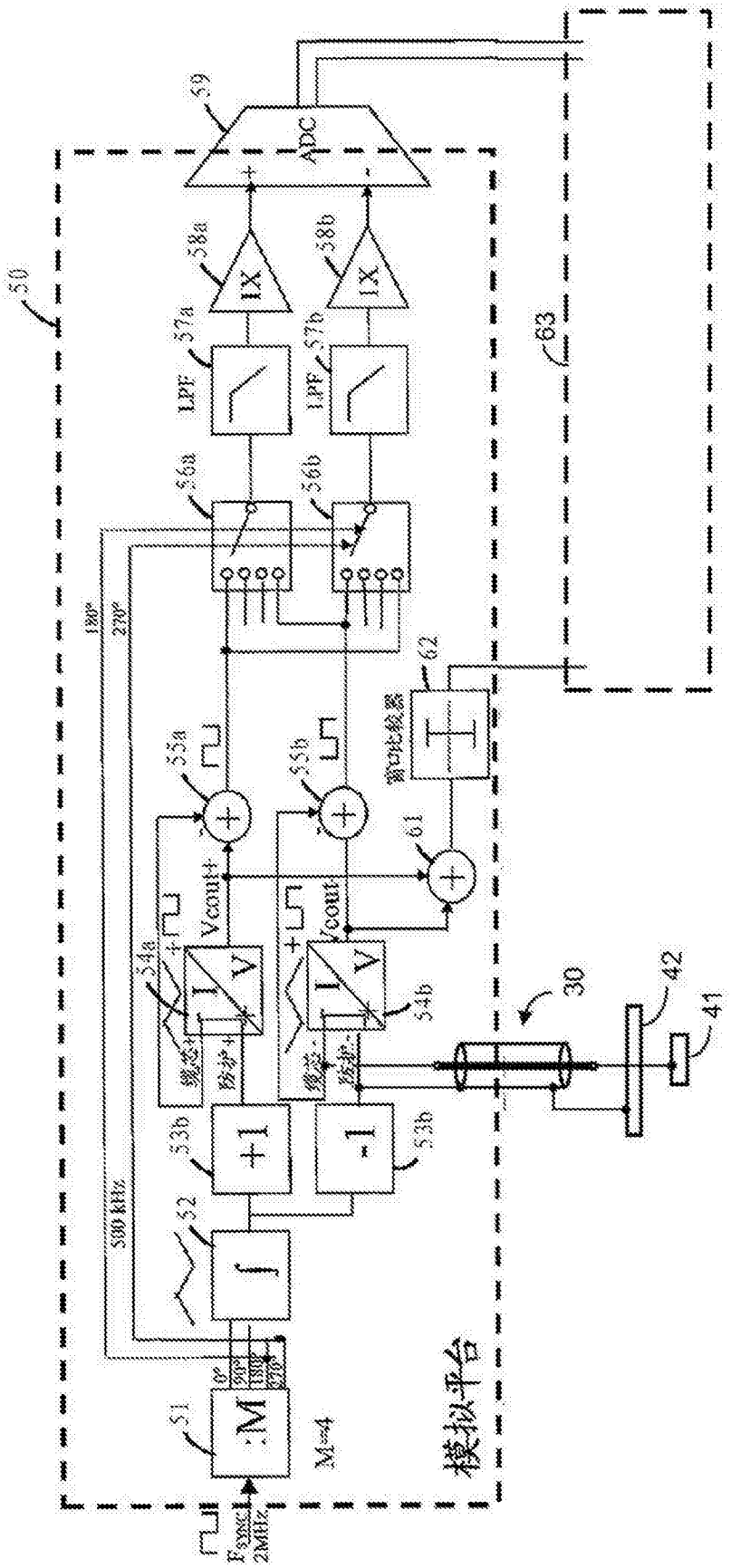

59
ADC
58a
58b
1X
1X
57a
57b
LPF
LPF
50
63
56a
56b
180°
270°
62
55a
55b
61
Vcont
Vcont
54a
54b
V
I
30
42
41
53b
+1
-1
52
500 kHz
51
M
M=4
模拟平台
Fsync
2MHz

图17

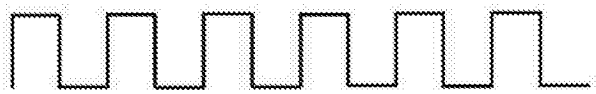


图18A



图18B

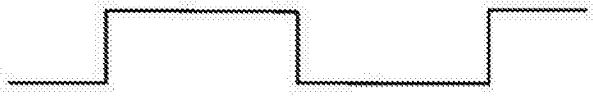
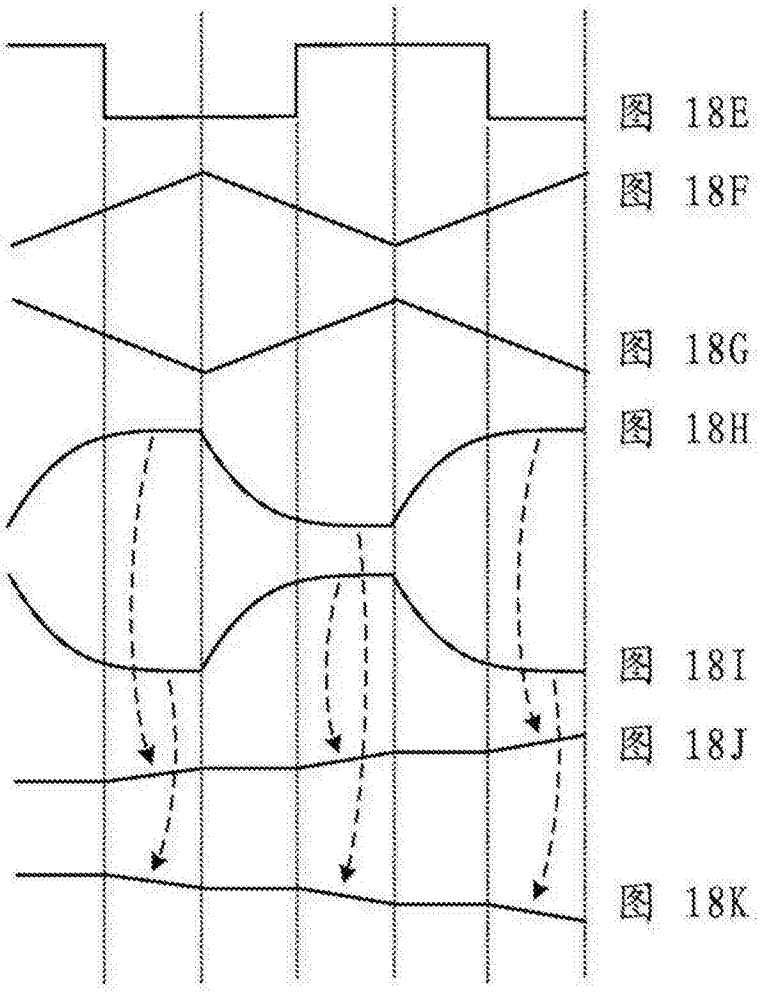


图18C



图18D



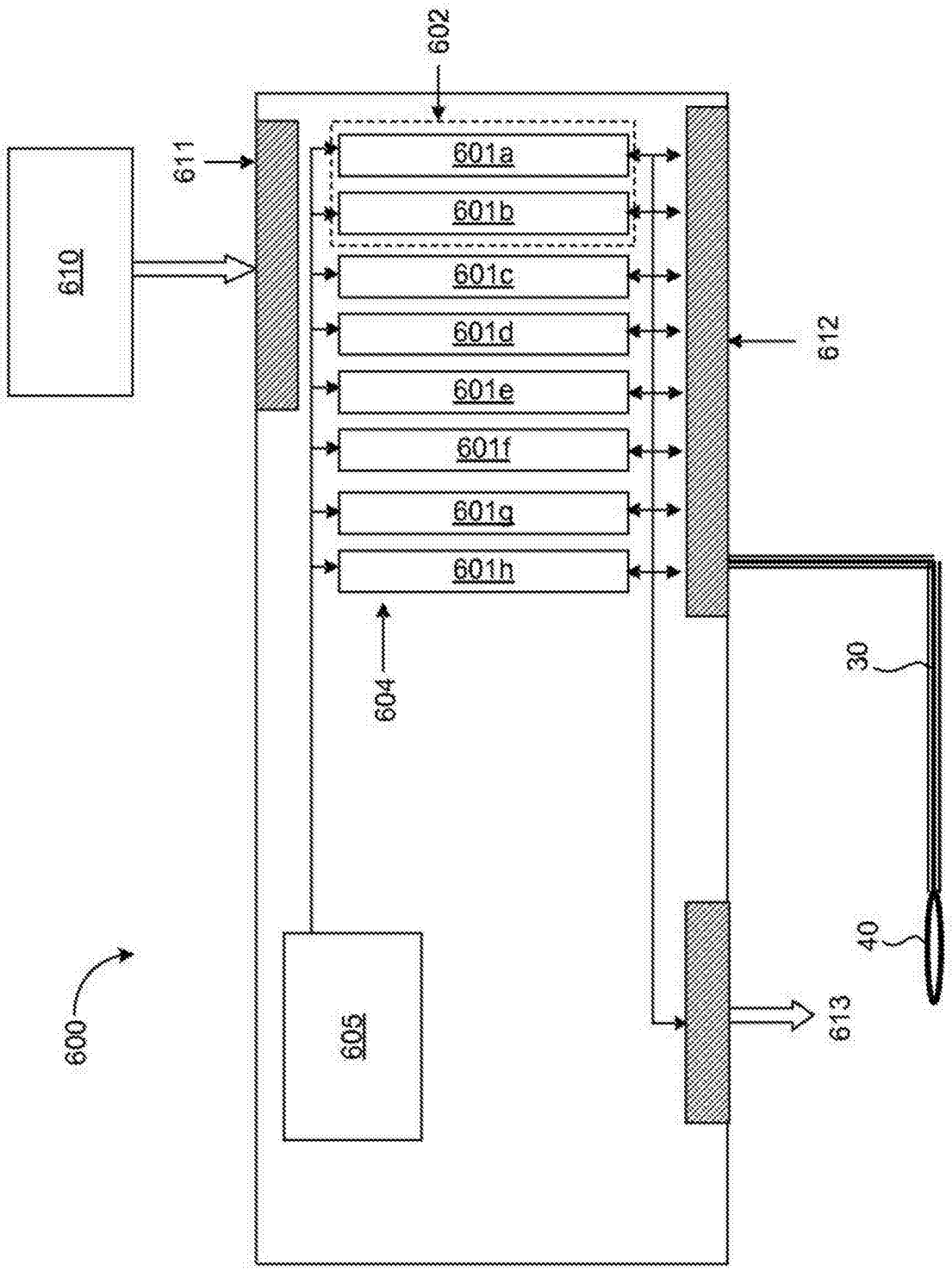

602
611
610
601a
601b
601c
601d
601e
601f
601g
601h
612
604
30
40
613
605
600

图19