



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105190272 A

(43) 申请公布日 2015. 12. 23

(21) 申请号 201480010161. 7

代理人 陈珊 刘兴鹏

(22) 申请日 2014. 02. 14

(51) Int. Cl.

(30) 优先权数据

61/770, 817 2013. 02. 28 US

61/817, 724 2013. 04. 30 US

14/072, 188 2013. 11. 05 US

G01L 7/08(2006. 01)

G01L 9/00(2006. 01)

G01L 13/02(2006. 01)

G01L 27/00(2006. 01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2015. 08. 24

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2014/016451 2014. 02. 14

(87) PCT国际申请的公布数据

W02014/133788 EN 2014. 09. 04

(71) 申请人 MKS 仪器公司

地址 美国马萨诸塞州

(72) 发明人 顾磊 P·D·卢卡斯 S·F·巴尔特

P·W·苏立万

(74) 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

72002

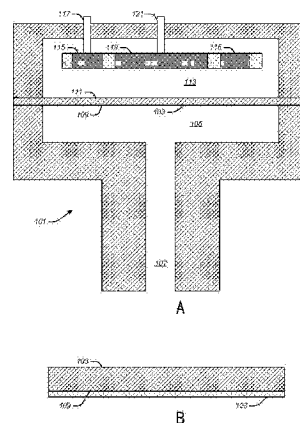
权利要求书3页 说明书10页 附图13页

(54) 发明名称

具有实时健康监测和补偿的压力传感器

(57) 摘要

压力传感器可测量气体或液体压力。腔室可具有接收气体或液体的入口。柔性膜片可位于腔室内,所述柔性膜片具有在气体或液体流动通过入口之后暴露于气体或液体的表面。压力传感器系统可感测由气体或液体的压力变化所导致的柔性膜片的变化。压力不敏感传感器系统可感测柔性膜片中的不由气体或液体压力变化所导致的变化。压力不敏感传感器系统可对于柔性膜片中的由气体或液体压力变化所导致的变化不敏感。



1. 用于测量气体或液体压力的压力传感器,包括:

腔室,所述腔室具有接收气体或液体的入口;

位于腔室内的柔性膜片,所述柔性膜片具有在气体或液体流动通过入口之后暴露于气体或液体的表面;

压力传感器系统,所述压力传感器系统感测由气体或液体的压力变化所导致的柔性膜片的变化;以及

压力不敏感传感器系统,所述压力不敏感传感器系统感测柔性膜片中的不由气体或液体的压力变化所导致的变化,并且所述压力不敏感传感器系统对于柔性膜片中的由气体或液体的压力变化所导致的变化不敏感。

2. 根据权利要求 1 所述的压力传感器,其中压力不敏感传感器系统包括在所述柔性膜片上或内的压力不敏感位置处的局部传感器,所述压力不敏感位置经历变化但不响应于气体或液体的压力变化。

3. 根据权利要求 1 所述的压力传感器,其中所述压力不敏感传感器系统包括:

在所述柔性膜片上或内的不同压力敏感位置处的多个局部传感器;以及

外推处理系统,根据所述多个局部传感器的输出,所述外推处理系统外推所述柔性膜片上或内的压力不敏感位置处的变化,所述压力不敏感位置经历变化但不响应于气体或液体的压力变化。

4. 根据权利要求 3 所述的压力传感器,其中:

所述柔性膜片具有由压力不敏感位置构成的线,每个压力不敏感位置经历变化但不响应于气体或液体的压力变化;

所述多个局部传感器中的至少两个定位在所述线的相反侧上。

5. 根据权利要求 3 所述的压力传感器,其中:

所述柔性膜片具有由压力不敏感位置构成的线,每个压力不敏感位置经历变化但不响应于气体或液体的压力变化;以及

所述多个局部传感器中的至少两个定位在所述线的相同侧上。

6. 根据权利要求 3 所述的压力传感器,其中所述外推处理系统根据以下方程式计算在压力不敏感位置处的应力:

$$\frac{\sigma_1' \sigma_2'' - \sigma_1'' \sigma_2'}{\sigma_1' + \sigma_2'' - \sigma_1'' - \sigma_2'} + \sigma_{initial}$$

其中:

σ_1' 和 σ_2'' 是在分别受到实质上不同的压力 P1 和 P2 时来自所述多个局部传感器中的一个的输出;

σ_1'' 和 σ_2' 是在分别受到同样的实质上不同的压力 P1 和 P2 时来自所述多个局部传感器中的另一个的输出;以及

$\sigma_{initial}$ 是在暴露于压力 P1 和 P2 之前被置于所述柔性膜片上并且在暴露于压力 P1 和 P2 期间仍保持在所述柔性膜片上的任何应力。

7. 根据权利要求 3 所述的压力传感器,其中所述多个局部传感器的不同压力敏感位置关于所述柔性膜片的表面具有实质上平面对称性。

8. 根据权利要求 3 所述的压力传感器,其中所述柔性膜片是圆形的,并且其中所述压

力不敏感位置位于实质上同心圆上,所述同心圆具有的半径在柔性膜片半径的 0.63 加或减 0.2 的范围内。

9. 根据权利要求 1 所述的压力传感器,其中所述压力不敏感传感器系统包括在暴露于气体或液体的柔性膜片表面上的局部传感器。

10. 根据权利要求 1 所述的压力传感器,其中所述压力不敏感传感器系统包括在不暴露于气体或液体的柔性膜片表面上的局部传感器。

11. 根据权利要求 1 所述的压力传感器,其中所述压力不敏感传感器系统包括嵌入到所述柔性膜片内的局部传感器。

12. 根据权利要求 1 所述的压力传感器,其中所述压力不敏感传感器系统不包括在所述柔性膜片上或内的局部传感器。

13. 根据权利要求 12 所述的压力传感器,其中:

所述柔性膜片是第一柔性膜片;

所述压力不敏感传感器系统包括与第一柔性膜片分离的第二柔性膜片;以及

所述第二柔性膜片具有在气体或液体流动通过入口之后暴露于所述气体或液体的表面。

14. 根据权利要求 13 所述的压力传感器,其中所述第二柔性膜片的尺寸、形状和材料组成与所述第一柔性膜片实质上相同。

15. 根据权利要求 13 所述的压力传感器,其中所述第二柔性膜片的尺寸、形状或材料组成与所述第一柔性膜片实质上不同。

16. 根据权利要求 13 所述的压力传感器,其中所述压力不敏感传感器系统包括在所述第二柔性膜片上或内的压力不敏感位置处的局部传感器,所述压力不敏感位置经历变化但不响应于气体或液体的压力变化。

17. 根据权利要求 13 所述的压力传感器,其中所述压力不敏感传感器系统包括:

在所述第二柔性膜片上或内的不同压力敏感位置处的多个局部传感器;以及

外推处理系统,根据所述多个局部传感器的输出,所述外推处理系统外推所述第二柔性膜片上或内的压力不敏感位置处的变化,所述压力不敏感位置经历变化但不响应于气体或液体的压力变化。

18. 根据权利要求 17 所述的压力传感器,其中:

所述第二柔性膜片具有由压力不敏感位置构成的线,每个压力不敏感位置经历变化但不响应于气体或液体的压力变化;

所述多个局部传感器中的至少两个定位在所述线的相反侧上。

19. 根据权利要求 17 所述的压力传感器,其中:

所述第二柔性膜片具有由压力不敏感位置构成的线,每个压力不敏感位置经历变化但不响应于气体或液体的压力变化;

所述多个局部传感器中的至少两个定位在所述线的相同侧上。

20. 根据权利要求 17 所述的压力传感器,其中所述外推处理系统根据以下方程式计算在所述压力不敏感位置处的应力:

$$\frac{\sigma_1^i \sigma_2^m - \sigma_1^m \sigma_2^i}{\sigma_1^i + \sigma_2^m - \sigma_1^m - \sigma_2^i} + \sigma_{initial}$$

其中：

σ_1' 和 σ_2' 是在分别受到实质上不同的压力 P1 和 P2 时来自所述多个局部传感器中的一个的输出；

σ_1'' 和 σ_2'' 是在分别受到同样的实质上不同的压力 P1 和 P2 时来自所述多个局部传感器中的另一个的输出；以及

$\sigma_{initial}$ 是在暴露于压力 P1 和 P2 之前被置于所述柔性膜片上并且在暴露于压力 P1 和 P2 期间仍保持在所述柔性膜片上的任何应力。

21. 根据权利要求 17 所述的压力传感器，其中所述多个局部传感器的不同压力敏感位置关于所述第二柔性膜片的表面具有实质上平面对称性。

22. 根据权利要求 13 所述的压力传感器，其中所述压力不敏感传感器系统包括在暴露于所述气体或液体的第二柔性膜片表面上的局部传感器。

23. 根据权利要求 13 所述的压力传感器，其中所述压力不敏感传感器系统包括在不暴露于所述气体或液体的第二柔性膜片表面上的局部传感器。

24. 根据权利要求 13 所述的压力传感器，其中所述压力不敏感传感器系统包括嵌入到所述第二柔性膜片内的局部传感器。

25. 根据权利要求 13 所述的压力传感器，其中所述第二柔性膜片具有在气体或液体流动通过入口之后均暴露于所述气体或液体的两个表面。

26. 根据权利要求 1 所述的压力传感器，其中：

所述压力传感器系统包括具有电容的可变电容器，所述电容响应于所述气体或液体的压力变化而改变；以及

所述柔性膜片由导电材料制成并且是所述可变电容器的一部分。

27. 根据权利要求 1 所述的压力传感器，其中所述压力不敏感传感器系统包括应变计，所述应变计具有响应于所述柔性膜片的变化而改变的电阻。

28. 根据权利要求 1 所述的压力传感器，其中所述压力不敏感传感器系统包括压电传感器，所述压电传感器具有响应于所述柔性膜片的变化而改变的电压。

29. 根据权利要求 1 所述的压力传感器，还包括补偿系统，所述补偿系统基于由所述压力不敏感传感器系统所感测的所述柔性膜片的变化来补偿由压力传感器系统所进行的测量中的误差，所述误差是由于所述柔性膜片中的不由所述气体或液体的压力变化导致的变化。

30. 根据权利要求 1 所述的压力传感器，还包括寿命测量系统，所述寿命测量系统基于由所述压力不敏感传感器系统所感测到的所述柔性膜片的变化而提供指示所述压力传感器系统的预计剩余寿命的信息。

31. 根据权利要求 30 所述的压力传感器，其中所述寿命测量系统包括警告系统，当所述压力传感器系统的预计剩余寿命等于或超过阈值时，所述警告系统发出警告。

具有实时健康监测和补偿的压力传感器

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请基于下述申请并要求下述申请的优先权：2013年11月5日提交的、题为“具有实时健康监测和补偿的压力传感器”、号为14/072,188的美国专利申请；2013年2月28日提交的、题为“具有集成健康监测的压力传感器”、号为61/770,817的美国临时专利申请；和2013年4月30日提交的、题为“具有集成监测的压力传感器”、号为61/817,724的美国临时专利申请。这些申请的每一申请的全部内容通过引用并入本文。

技术领域

[0003] 本申请涉及压力传感器，包括将柔性膜片暴露于具有待被测量压力的气体或液体的压力传感器。

背景技术

[0004] 使用柔性膜片的压力传感器可以在各种各样的应用中使用。柔性膜片的一侧可以暴露于具有待被测量压力的气体或液体。另一侧可以与气体或液体隔离，但暴露于密封腔室。待被测量的压力上的变化可以导致柔性膜片挠曲上的相应变化。这些变化的测量可以用作压力变化的指示。

[0005] 一些压力传感器在可能损坏所述柔性膜片的环境中使用。例如，一些压力传感器在化学气相沉积（CVD）系统中使用。这些系统可能导致沉积物在柔性膜片上稳定积聚和/或由于原子掺杂导致的柔性膜片变化。对柔性膜片的该损坏会不利地影响所进行的压力测量的精确度。

[0006] 处理该问题的一种方法可以是定期地更换柔性膜片。然而，这可能会导致过早和过度延迟更换以及在更换过程期间系统的无法使用。

[0007] 另一种方法可以是对柔性膜片进行定期校准测试。然而，同样，该系统可能需要被离线因此暂时被禁用。

发明内容

[0008] 压力传感器可以测量气体或液体压力。腔室可具有接收气体或液体的入口。柔性膜片可以位于腔室内，所述柔性膜片具有暴露于流动通过入口之后的气体或液体的表面。压力传感器系统可以感测由气体或液体的压力变化所导致的柔性膜片的变化。压力不敏感传感器系统可以感测柔性膜片中的不由气体或液体压力变化所导致的变化。所述压力不敏感传感器系统可以对于柔性膜片中的由气体或液体压力变化所导致的变化不敏感。

[0009] 压力不敏感传感器系统可以包括在柔性膜片上或内的压力不敏感位置处的局部传感器，所述压力不敏感位置经历变化但并不响应于气体或液体的压力变化。

[0010] 压力不敏感传感器系统可以包括在柔性膜片上或内的不同压力不敏感位置处的多个局部传感器。根据多个局部传感器的输出，外推处理系统可外推在柔性膜片上或内的压力不敏感位置处的变化，所述压力不敏感位置经历变化但并不响应于气体或液体的压力

变化。

[0011] 柔性膜片可具有均经历变化、但不响应于气体或液体的压力变化的压力不敏感位置构成的线。所述多个局部传感器中的至少两个可定位在该线的相反侧上或相同侧上。

[0012] 外推处理系统可根据以下方程式计算在压力不敏感位置处的应力：

$$[0013] \quad \frac{\sigma_1 \sigma_2 - \sigma_1' \sigma_2'}{\sigma_1 + \sigma_2 - \sigma_1' - \sigma_2'} + \sigma_{initial}$$

[0014] 其中： σ_1' 和 σ_2' 是在分别受到实质上不同压力 P1 和 P2 时来自多个局部传感器中的一个的输出； σ_1 和 σ_2 是在分别受到同样的实质上不同压力 P1 和 P2 时来自多个局部传感器中的另一个的输出；以及 $\sigma_{initial}$ 是在暴露于压力 P1 和 P2 之前被置于柔性膜片上并且在暴露于压力 P1 和 P2 期间仍保持在柔性膜片上的任何应力。

[0015] 多个局部传感器的不同压力敏感位置可关于所述柔性膜片的表面具有实质上平面对称性。

[0016] 柔性膜片可以是圆形的，并且压力不敏感位置可位于实质上同心的圆上，所述实质上同心的圆具有的半径在柔性膜片半径的 0.63 加或减 0.2 的范围内。

[0017] 压力不敏感传感器系统可包括在暴露或不暴露于气体或液体的柔性膜片表面上的局部传感器。压力不敏感传感器系统可以替代为嵌入到柔性膜片内的局部传感器。

[0018] 压力不敏感传感器系统可以不包括在柔性膜片上或内的局部传感器。柔性膜片可以是第一柔性膜片；压力不敏感传感器系统可包括与第一柔性膜片分离的第二柔性膜片；以及第二柔性膜片可具有在气体或液体流动通过入口之后暴露于所述气体或液体的表面。

[0019] 第二柔性膜片的尺寸、形状和材料组成可与第一柔性膜片实质上相同。第二柔性膜片的尺寸、形状或材料组成可替代地与第一柔性膜片实质上不同。

[0020] 不响应于气体或液体压力变化的第二柔性膜片上的变化可以以上文结合第一柔性膜片所述的任何方式来测量。

[0021] 第二柔性膜片可具有在气体或液体流动通过入口之后均暴露于气体或液体的两个表面。

[0022] 压力传感器系统可包括具有一电容的可变电容器，所述电容响应于气体或液体压力变化而改变，并且所述柔性膜片可由导电材料制成并且可以是可变电容器的一部分。

[0023] 压力不敏感传感器系统可包括应变计，所述应变计具有响应于气体或液体压力变化而改变的电阻。

[0024] 压力传感器可包括补偿系统，所述补偿系统基于由压力不敏感传感器系统所感测到的柔性膜片的变化而补偿由压力传感器系统所进行的测量。

[0025] 压力传感器可包括寿命测量系统，所述寿命测量系统基于由压力不敏感传感器系统所感测到的柔性膜片的变化而提供指示压力传感器系统的预计剩余寿命的信息。

[0026] 寿命测量系统可包括警告系统，当压力传感器系统的预计剩余寿命等于或超过阈值时所述警告系统发出警告。

[0027] 从示例性实施例、附图和权利要求书的以下详细描述中，这些以及其它部件、步骤、特征、目的、益处和优点现在将变得明显。

附图说明

[0028] 附图是示例性实施例。附图没有示出所有实施例。其它实施例可另外或替代性地使用。显而易见或不必要的细节可被省略以节省空间或为了更有效地示出。一些实施例可用额外的部件或步骤和 / 或不用所有被示出的部件或步骤来实施。当相同的附图标记出现在不同的附图中时,所述附图标记指代相同或相似的部件或步骤。

[0029] 图 1A 示出使用柔性膜片的现有技术压力传感器的横截面视图。图 1B 示出在现有技术压力传感器的使用期间在沉积物已被沉积在暴露于气体或液体的柔性膜片表面上之后的在图 1A 中所示的一部分柔性膜片的放大横截面视图。

[0030] 图 2A 是具有压力施加到其上、但没有任何沉积物沉积的柔性膜片的气体或液体暴露侧和干燥侧上的应力曲线图。图 2B 是具有各种水平的压力施加到其上、但再次没有任何沉积物沉积的相同柔性膜片一侧上的应力曲线图。

[0031] 图 3A 是当没有压力施加到其上、但具有显著沉积物沉积时的相同柔性膜片的气体或液体暴露侧和干燥侧上的应力曲线图。图 3B 是当压力施加到其上且具有显著沉积物沉积时的相同柔性膜片的气体或液体暴露侧和干燥侧上的应力曲线图。

[0032] 图 4A 和图 4B 示出两种类型不同的、非均匀的、沉积物沉积图案的示例。

[0033] 图 5 示出在已经经受两种类型的非均匀沉积物沉积的在各种水平压力下的膜片的气体暴露侧中各个位置处的压力。

[0034] 图 6 示出使用柔性膜片和压力不敏感传感器系统的压力传感器示例的横截面视图,压力不敏感传感器系统包括处于柔性膜片表面上的压力不敏感位置处的应变计(例如,压阻的或压电的)。

[0035] 图 7A-图 7D 示出处于柔性膜片 603 上的压力不敏感位置处的应变计的各种位置和构造以及已经发生的沉积物沉积。

[0036] 图 8A 示出处于柔性膜片上的压力不敏感位置处的应变计的示例。应变计可包括四个传感元件。图 8B 示出可在图 8A 中所示的多个压阻元件之间进行的电连接的示例。

[0037] 图 9A 示出使用柔性膜片和压力不敏感传感器系统的压力传感器示例的横截面视图,压力不敏感传感器系统包括在压力不敏感位置线的相反侧上的压力敏感位置处的膜片表面上的应变计。图 9B 和图 9C 示出应变计的不同压力敏感位置以及所述不同压力敏感位置可如何具有关于柔性膜片表面的实质上平面对称性。

[0038] 图 10 是示出在两个不同压力下来自图 9 所示两个应变计的输出示例和可如何使用该信息来确定已经被定位在压力不敏感位置处的应变计输出的曲线图。

[0039] 图 11 示出使用柔性膜片和压力不敏感传感器系统的压力传感器示例的横截面视图,压力不敏感传感器系统包括在压力不敏感位置线外侧上的压力敏感位置处的膜片表面上的应变计。

[0040] 图 12 示出使用柔性膜片和压力不敏感传感器系统的压力传感器示例的横截面视图,压力不敏感传感器系统包括在由压力不敏感位置线定界的表面内侧上的压力敏感位置处的膜片表面上的应变计。

[0041] 图 13 示出压力传感器示例的横截面视图,压力传感器使用具有暴露于具有待被测量压力的气体或液体的表面的柔性膜片,以及暴露于相同的气体或液体并且因此经历实质上相同的沉积物沉积和原子掺杂的单独探针。

[0042] 图 14 是压力传感器示例的框图,压力传感器补偿为压力传感器一部分的膜片状

态的变化。

[0043] 图 15 是压力传感器示例的框图,压力传感器提供指示压力传感器预计剩余寿命的信息和 / 或当所述压力传感器的预计剩余寿命等于或超过阈值时的警告。

具体实施方式

[0044] 现在描述示例性实施例。其它实施例可另外或替代性地使用。可能是显而易见或不必要的细节可被省略以节省空间或更有效地展示。一些实施例可用额外的部件或步骤和 / 或不用所有被描述的部件或步骤来实施。

[0045] 图 1A 示出使用柔性膜片 103 的现有技术压力传感器 101 的横截面视图。现有技术压力传感器 101 包括具有入口 107 的腔室 105,所述入口接收在待被测量压力下的气体或者液体。

[0046] 柔性膜片 103 具有在气体或液体流动通过入口 107 之后暴露于所述气体或液体的表面 109。柔性膜片 103 具有另一表面 111,另一表面 111 未暴露于气体或液体,而是形成第二腔室 113 的壁。也位于第二腔室 113 内的是具有电连接 117 的绝缘环形参考电极 115 和具有电连接 121 的绝缘圆形感测电极 119。

[0047] 柔性膜片 103 可由任何材料制成,诸如硅、蓝宝石、陶瓷、不锈钢、和 / 或镍合金。该材料可允许膜片 103 挠曲,但可以不能透过具有待被测量压力的任何气体或液体。柔性膜片 103 可为任何形状,诸如圆形、椭圆形、矩形或三角形。柔性膜片 103 可具有导电表面。

[0048] 在入口 107 处的气体或液体压力变化可能导致柔性膜片 103 挠曲上的变化。参考电极 115、感测电极 119、和柔性膜片 103 可协作以形成电容器,该电容器的电容响应于膜片 103 挠曲上的变化而改变。电容上的该变化可通过测量在 119 和 103 之间或 115 和 103 之间的电容变化来测量。此外,这两种测量可被差分使用以提高测量精确度。

[0049] 其它装置可被另外或替代地使用,以检测由于气体或液体压力变化所导致的膜片 103 挠曲上的变化。例如,一个或多个应变计(例如,压阻的或压电的)可在一个或多个位置处被安装在膜片 103 上或内,所述位置对于由在入口 107 处的气体或液体压力变化而导致的膜片 103 挠曲上的变化敏感。其它技术可另外或替代地使用以检测和测量膜片 103 挠曲上的变化,诸如光学和 / 或超声技术。此外另一种方法可以通过静电力驱动 115 和 103 或 119 和 103,并且在该驱动工作期间测量膜片的刚度。一种方法可以通过可变频率正弦(AC)电压驱动一电极对并且测量另一电极对的电容输出。这可允许测量膜片的共振频率。共振频率的变化可允许检测膜片刚度的变化。

[0050] 图 1B 示出在沉积物 123 已被沉积在现有技术压力传感器 101 的使用期间暴露于气体或液体的柔性膜片 103 的表面 109 上之后的在图 1A 中所示的柔性膜片 103 的一部分的放大横截面视图。虽然沉积物 123 被示为是均匀的,但实际上所述沉积物 123 可以是不均匀的。例如,相比于靠近中心处,沉积物 123 可在靠近周边处更厚,或反之亦然。如上文所解释的那样,柔性膜片 103 也可或替代地由原子掺杂而损坏。

[0051] 沉积物 123 的沉积和 / 或由原子掺杂所导致的变化可以导致膜片 103 挠曲和 / 或可改变膜片 103 对气体或液体的压力变化的挠曲灵敏度。如上文所解释的那样,对于柔性膜片的这种损坏会不利地影响由压力传感器 101 所进行的压力测量的精确度。

[0052] 在柔性膜片 103 上可存在压力不敏感位置。当沉积物被沉积在柔性膜片 103 上时

和 / 或当柔性膜片 103 由原子掺杂改变时, 这些位置可以经历应力变化和 / 或位移。然而, 这些位置不会仅仅当在入口 107 处的气体或液体压力发生变化时经历应力变化和 / 或位移。

[0053] 图 2A 是具有压力施加到其上、但没有任何沉积物沉积的柔性膜片的气体或液体暴露侧 201 和干燥侧 203 上的应力曲线图。如在该图中所示, 尽管压力施加到膜片上, 在膜片上的压力不敏感位置 205 和 207 示出在柔性膜片中没有应力。

[0054] 图 2B 是具有各种水平的压力施加到其上、但再次没有任何沉积物沉积的相同柔性膜片一侧上的应力曲线图。轨迹 209 示出 10 托、211 示出 5 托、213 示出 2.5 托、215 示出 1 托以及 217 示出 0 托的施加压力。如在该图中所示, 尽管这些各种压力施加到膜片上, 膜片上的压力不敏感位置 205 和 207 继续显示在柔性膜片中没有应力。

[0055] 图 3A 是当没有压力施加到其上、但具有显著沉积物沉积时的相同柔性膜片的气体或液体暴露侧 201 和干燥侧 203 上的应力曲线图。如在该图中所示, 膜片上的所有位置显示大约相同水平的应力。

[0056] 图 3B 是当压力施加到其上且具有显著沉积物沉积时的相同柔性膜片的气体或液体暴露侧 201 和干燥侧 203 上的应力曲线图。如在该图中所示, 膜片上的压力不敏感位置 205 和 207 显示应力, 该应力反映通过沉积物沉积所施加的应力。但是也如图 2A 中所示, 即使当压力施加到膜片上时, 这些相同的压力不敏感位置显示没有应力。

[0057] 压力不敏感位置可构成一条位置线。在圆形膜片的情况下, 这种压力不敏感位置的线例如可以构成圆, 所述圆与圆形膜片基本上同心, 并且具有的半径为圆形膜片半径的约 0.63 加或减 0.2。对于膜片的其它构造而言, 压力不敏感位置可类似地界定出一条线, 该线遵循膜片周边的轮廓, 但是与膜片周边的轮廓向内间隔开。

[0058] 沉积物沉积跨越膜片的表面可以是不均匀的。例如, 所述沉积物沉积可朝向膜片的外边缘更厚, 而朝向中心更薄, 或反之亦然。在任意的沉积沉积物非均匀性或原子掺杂非均匀性的情况下可存在压力敏感位置的轨迹。

[0059] 图 4A 和图 4B 示出不同的、非均匀的、沉积物沉积图案的示例。在图 4A 中, 沉积物沉积的区域覆盖压力不敏感位置的线 401。在图 4B 中, 沉积物沉积的区域不覆盖压力不敏感位置的线 401。交叉阴影线示出沉积物沉积。

[0060] 图 5 示出在已经经受非均匀沉积物沉积的在各种水平压力下的膜片的气体暴露侧中各个位置处的压力。对于图 4A 中所示的非均匀沉积物的沉积而言, 轨迹 501、502 和 503 分别示出 1 托、5 托和 10 托。对于图 4B 中所示的非均匀沉积物沉积而言, 轨迹 504、505 和 506 分别示出 1 托、5 托和 10 托。然而同样, 在膜片上可存在压力不敏感位置, 尽管在所施加的压力上有显著的变化, 所述压力不敏感位置显示应力基本上没有变化。

[0061] 测量在这些压力不敏感位置中的一个或多个处发生的变化量因此可指示由沉积物沉积和 / 或原子掺杂所导致的对膜片 103 的损坏量。现在描述用于测量在这种压力敏感位置处的变化的技术示例。其它技术可以另外或可替代地使用。

[0062] 图 6 示出使用柔性膜片 603 和压力不敏感传感器系统的压力传感器 601 示例的横截面视图, 压力不敏感传感器系统包括处于柔性膜片 603 的表面 607 上的压力不敏感位置处的应变计 605 (例如, 压阻的或压电的)。除了应变计 605 之外, 压力传感器 601 的所有部件可与压力传感器 101 的相应部件 (如上所述) 相同, 包括在上文所述的所有变型。

[0063] 该压力不敏感传感器系统可感测不由气体或液体的压力变化所导致的柔性膜片 603 的变化。压力不敏感传感器系统也可对于由气体或液体的压力变化所导致的柔性膜片 603 的变化不敏感。应变计 605 被定位于此的压力不敏感位置可以是经历变化的位置,诸如由沉积物的沉积和 / 或原子掺杂所导致的变化,但不是由气体或液体压力变化所导致的变化。这种位置的示例在图 2A、2B 和 3B 中示出。

[0064] 应变计 605 可在压力不敏感位置处位于柔性膜片 603 上或内。当在柔性膜片 603 上时,该应变计 605 可诸如用胶水附接到柔性膜片 603 的任一侧。当在柔性膜片 603 内时,应变计 605 可通过在压力不敏感位置处用应变计来掺杂柔性膜片 603 而产生。柔性膜片 603 可以是半导体材料。

[0065] 图 7A- 图 7D 示出处于柔性膜片 603 上的压力不敏感位置处的应变计 605 的各种位置和配置以及已经发生的沉积物沉积 701。图 7A 示出在气体或液体暴露侧 703 上的应变计 605 ;图 7B 示出在干燥侧 705 上的应变计 605 ;图 7C 示出在干燥侧 705 上的应变计 605 和在气体或液体暴露侧 703 上的额外应变计 605A ;以及图 7D 示出嵌入到柔性膜片 603 内的应变计 605。还可存在处于柔性膜片 603 上或内的多个压力不敏感位置处的多个应变计。当使用多个应变计时,可以使用所述多个应变计的输出的平均值。

[0066] 图 8A 示出在柔性膜片 803 上的压力不敏感位置处的应变计 801 的示例。应变计 801 可以是布置成正方形的压阻元件 805、807、809 和 811 的桥接件,压阻元件 805 和 809 可被定向以检测在一个方向上的应变,而压阻元件 807 和 811 可被定向以检测在正交的另一个方向上的应变。每个压阻元件可将其电阻作为施加到所述压阻元件上的应力的函数而改变。

[0067] 图 8B 示出可在图 8A 中所示的多个压阻元件之间进行电连接的示例。电压可跨连接 813 和 815 施加,而差分输出可跨连接 817 和 819 输送。

[0068] 在实践中,可能难以准确地识别在膜片上的压力不敏感位置,特别是当在该位置在生产过程中由于公差变化而改变时。相反,多个局部应变计可置于柔性膜片上或内的压力敏感位置处。外推处理系统可接收来自多个局部传感器的输出,并且根据这些输出外推在柔性膜片上或内的压力不敏感位置处的变化,所述压力不敏感位置经历变化但不响应于气体或液体的压力变化。

[0069] 图 9A 示出使用柔性膜片 903 和压力不敏感传感器系统的压力传感器 901 示例的横截面视图,压力不敏感传感器系统包括在压力不敏感位置(诸如压力不敏感位置 911)线的相反侧上的压力敏感位置处的膜片 903 的表面 909 上的应变计 905 和 907。图 9B 和图 9C 示出应变计 905 和 907 的不同压力敏感位置以及所述应变计 905 和 907 可如何具有关于柔性膜片 903 的表面 909 的基本上平面对称性。

[0070] 图 9 还示出外推处理系统 913。根据应变计 905 和 907 的输出,外推处理系统 913 可外推柔性膜片上的压力不敏感位置处的应力变化,所述压力不敏感位置经历变化但并不响应于气体或液体的压力变化,诸如在压力不敏感位置 911 处。外推处理系统 913 可被配置以使用任何方法来如此执行。

[0071] 图 10 是示出在两个不同压力 P_1 和 P_2 下、来自图 9 所示两个应变计 905 和 907 的输出示例和可如何使用该信息来确定已被定位在压力不敏感位置处的应变计输出的曲线图。具体地,图 10 示出在位置 x' 处和在压力 P_1 下的应变计 905 的应力输出为 σ_1' 以及在压力

P_2 下为 σ_2' ，以及在位置 x'' 处和在压力 P_1 下的应变计 907 的输出为 σ_1'' 以及在压力 P_2 下为 σ_2'' ”。

[0072] 例如，如图 10 中所示，该外推处理系统 913 可被配置以假定柔性膜片上在应变计 905 和 907 的位置之间的位置处的应力读数的线性变化。外推处理系统 913 可配置成通过确定在压力 P_1 处两个应变计输出值之间的线与在压力 P_2 处两个应变计输出值之间的线之间的交叉点来确定在压力不敏感位置 911 处的应力，也如图 10 中所示。在数学上，外推处理系统 913 可被配置以根据以下方程式来计算在该压力不敏感位置 911 处的应力；

$$[0073] \quad \frac{\sigma_1' \sigma_2'' - \sigma_1'' \sigma_2'}{\sigma_1' + \sigma_2'' - \sigma_1'' - \sigma_2'} + \sigma_{initial}$$

[0074] 其中 $\sigma_{initial}$ 是在暴露于压力 P_1 和 P_2 之前被置于柔性膜片上的任何应力。

[0075] 除了上面已经描述的之外，压力传感器 901 的各部件可与分别在图 1 和图 6 中所示的压力传感器 101 和 601 的相应部件（如上所述）相同，包括所有上面已经描述的变型。

[0076] 所使用的多个压力传感器不需要在压力不敏感位置线的相反侧上。例如，它们可都在由此线定界的表面的内侧或外侧。

[0077] 图 11 示出使用柔性膜片 1103 和压力不敏感传感器系统的压力传感器 1101 示例的横截面视图，压力不敏感传感器系统包括膜片 1103 的表面 1109 上在由压力不敏感位置（诸如压力不敏感位置 1111）线所界定的表面外侧上的压力敏感位置处的应变计 1105 和 1107。应变计 1105 和 1107 的不同压力敏感位置可具有关于柔性膜片 1103 的表面 1109 的基本上平面对称性。

[0078] 除了刚刚所述的之外，压力传感器 1101 的各部件可与分别在图 1、图 6 和图 9 中所示的压力传感器 101、601 和 901 的相应部件如上所述）相同（包括所有上面已经描述的变型。

[0079] 图 12 示出使用柔性膜片 1203 和压力不敏感传感器系统的压力传感器 1201 示例的横截面视图，压力不敏感传感器系统包括膜片 1203 的表面 1209 上在由压力不敏感位置（诸如压力不敏感位置 1211）线定界的表面内侧上的压力敏感位置处的应变计 1205 和 1207。应变计 1205 和 1207 的不同压力敏感位置可具有关于所述柔性膜片 1203 的表面 1209 的基本上平面对称性。

[0080] 除了刚刚所述的之外，压力传感器 1201 的各部件可与分别在图 1、图 6 和图 9 中所示的压力传感器 101、601 和 901 的相应部件（如上所述）相同，包括所有上面已经描述的变型。

[0081] 压力不敏感传感器系统可不包括柔性膜片上或内的任何局部传感器。相反，压力不敏感传感器可包括完全分离的探针，该探针经受导致沉积物沉积在压力传感器的膜片上和 / 或原子掺杂的相同环境。由沉积的沉积物和 / 或原子掺杂对这种分离探针造成的损坏从而可以指示对柔性膜片造成的损坏。现在描述和图示这种独立设备的示例。其它方法则可以另外或替代性地使用。

[0082] 图 13 示出压力传感器 1301 示例的横截面视图，压力传感器 1301 使用具有暴露于具有待被测量压力的气体或液体的表面 1305 的柔性膜片 1303，和暴露于相同的气体或液体以及因此经历基本上相同的沉积物沉积和原子掺杂的分离探针 1307。

[0083] 柔性膜片 1309 的尺寸、形状和材料组成可与柔性膜片 1303 相同，或者可具有不同

的尺寸（如图 13 中所示）、形状或材料组成。柔性膜片 1309 可置于经历与柔性膜片 1303 基本上相同的沉积物沉积和原子掺杂的位置处，或可置于经历沉积物沉积和原子掺杂、但在量上与柔性膜片 1303 不同的位置处。

[0084] 单独的探针 1307 可包括柔性膜片 1309，柔性膜片 1309 具有暴露于气体或液体的两个表面，并且因此应该不响应于气体或液体的压力变化来挠曲。传感器系统 1311 可感测柔性膜片 1309 中的变化，包括由沉积物沉积和 / 或原子掺杂所导致的变化。具有更高电导（更多暴露）的表面可获得比更低电导的表面 1309（更少暴露或更小的开口）更程度的沉积。因此，即使 1309 的两个表面均可暴露于气体，具有对入口管的更大电导的表面则可接收可被检测的更多沉积物。传感器系统 1311 可以是用于感测柔性膜片 1303 中变化的相同类型的传感器系统，诸如在图 1A 中所示的电极 115 和 119，或任何不同类型的系统，诸如上述的应变计方法。

[0085] 在柔性膜片 1309 的仅仅一侧被暴露于气体或液体的情况下，可以上述的任何方式在柔性膜片 1309 上的一个或多个非压力敏感位置处检测沉积物沉积和 / 或原子掺杂中的变化。

[0086] 在柔性膜片 1309 与柔性膜片 1303 实质不同的情况下，或在柔性膜片 1303 和 1309 暴露于气体或液体的程度之间存在差异的情况下，可由压力不敏感传感器系统提供补偿，以补偿这些差异。

[0087] 挡板可结合两个膜片使用，以确保所述挡板经历相同水平的沉积物沉积和 / 或原子掺杂。这种挡板的示例在 2013 年 4 月 30 日提交的、题为“适于 MEMS 压力传感器的集成挡板 (Integrated Baffle for a MEMS pressure sensor)”的美国临时专利申请 61/817, 713 中描述，其内容通过引用并入本文。

[0088] 除了刚刚所述的之外，压力传感器 1301 的各部件可与分别在图 1、图 6、图 9、图 11 和图 12 中所示的压力传感器 101、601、901、1101 和 1201 的相应部件（如上所述）相同，包括所有上面已经描述的变型。

[0089] 图 14 是压力传感器 1401 示例的框图，压力传感器 1301 补偿为压力传感器一部分的膜片状况的变化。压力传感器 1401 可包括包括膜片的压力传感器系统 1403、压力不敏感传感器系统 1405 和补偿系统 1407。压力传感器系统 1403 和压力不敏感传感器系统 1405 可为上述的任何类型。补偿系统 1407 可基于由压力不敏感传感器系统 1405 所提供的损坏读数调节由压力传感器系统 1403 提供的压力读数。补偿系统 1407 可配置以基于对膜片的不同水平的损坏与压力敏感传感器系统 1403 读数中的相应误差之间的以实验和 / 或数学方式确定的关系来如此进行。基于由压力不敏感传感器系统 1405 所报告的损坏量，这些所确定的关系可转换成由所述补偿系统 1407 所施加的补偿算法和 / 或转换成映射由压力传感器系统 1403 进行的测量所需调节的映射表。当压力传感器 1401 正在被使用时，补偿系统 1407 可实时地提供这种补偿。

[0090] 图 15 是压力传感器 1501 示例的框图，压力传感器 1501 提供指示压力传感器预计剩余寿命的信息和 / 或当所述压力传感器的预计剩余寿命等于或超过阈值时的警告。压力传感器 1501 可包括具有会由沉积物沉积和 / 或原子掺杂损坏的膜片的压力传感器系统 1503、压力不敏感传感器系统 1505、寿命管理测量系统 1507 和警告系统 1509。

[0091] 压力传感器系统 1503 和压力不敏感传感器系统 1505 可以是上述的任何类型。

[0092] 基于由所述压力不敏感传感器系统 1505 所提供的损坏读数, 寿命测量系统 1507 可确定在压力传感器系统 1503 中使用的膜片的剩余寿命。寿命测量系统 1507 可使得膜片寿命的结束与由压力不敏感传感器系统 1503 报告对膜片的损坏达到阈值水平时等同。对膜片的实际损坏可与该阈值比较, 且百分比差异可由寿命测量系统 1507 报告为膜片的剩余寿命。可以使用在损坏上的变化和寿命上的相应报告的变化之间的线性或非线性关系。这种线性或非线性关系可实验地和 / 或数学地确定, 并且用算法和 / 或映射表实施。当压力传感器 1501 正在被使用时, 寿命测量系统 1507 可实时地提供这种补偿。

[0093] 警告系统 1509 可将来自寿命测量系统 1507 的关于传感器系统 1501 的剩余寿命的信息与阈值比较, 并且当预计剩余寿命等于或超过该阈值时发出警告。当压力传感器 1501 正在被使用时, 警告系统 1509 可适当地实时提供这种警告。

[0094] 除非另有说明, 否则已经在本文中论述的外推处理系统、补偿系统、寿命测量系统和警告系统用计算机系统实施, 所述计算机系统配置以执行在本文中描述的用于部件的功能。每个计算机系统包括一个或多个处理器、有形存储器 (例如, 随机存取存储器 (RAM), 只读存储器 (ROM) 和 / 或可编程只读存储器 (PROMS))、有形存储设备 (例如, 硬盘驱动器、CD/DVD 驱动器、和 / 或闪存)、系统总线、视频处理部件、网络通信部件、输入 / 输出端口、和 / 或用户界面设备 (例如, 键盘、指针设备、显示器、麦克风、声音再现系统和 / 或触摸屏)。

[0095] 每个计算机系统可被集成到其相应的传感器系统内, 或者可与传感器系统分离, 诸如台式计算机或便携式计算机。

[0096] 每个计算机系统可包括软件 (例如, 一个或多个操作系统、设备驱动器、应用程序和 / 或通信程序)。当软件被包括时, 软件包括编程指令, 并且可包括相关联的数据和库。当被包括时, 编程指令配置成实施一种或多种算法, 所述算法实施计算机系统的一种或多种功能, 如本文所述的那样。对由每个计算机系统所执行的每个功能的描述也构成对执行该功能的算法的描述。

[0097] 软件可被存储在一个或多个非暂时性的、有形存储设备上或其内, 诸如一个或多个硬盘驱动器、CD、DVD 和 / 或闪存。软件可为源代码和 / 或目标代码格式。相关联的数据可被存储在任何类型的易失性和 / 或非易失性的存储器内。软件可被下载到非暂时性的存储器内并由一个或多个处理器执行。

[0098] 已经被论述的部件、步骤、特征、目的、益处和优点仅仅是示例性的。它们以及关于它们的论述都不意旨以任何方式限制保护范围。也可以考虑许多其它实施例。这些包括具有更少的、附加的、和 / 或不同部件、步骤、特征、目的、益处和优点的实施例。这些也包括其中部件和 / 或步骤被不同地布置和 / 或定序的实施例。

[0099] 除非另有说明, 否则在该说明书中 (包括在随后的权利要求书中) 所述的所有测量、数值、等级、位置、量级、尺寸和其它规格都是近似的, 而非精确的。它们意旨具有一个合理的范围, 该合理范围与它们的相关功能以及它们所属技术领域的惯例是一致的。

[0100] 在本公开中引用的所有文章、专利、专利申请和其它出版物都通过引入并入本文。

[0101] 当短语“用于……的装置”在权利要求中使用时意旨并且应被解释成包括所述的相应结构和材料以及其等同物。类似地, 当短语“用于……的步骤”在权利要求中使用时意旨并且应被解释为成包括所述的相应动作和其等同物。这些短语没有在权利要求中出现意味着权利要求不意旨并且不应被解释成限于这些相应的结构、材料、或动作或其等同物。

[0102] 保护范围仅由现在随后的各权利要求限定。当根据本说明书与随后的审查历史来解释时,该范围意旨并应被解释成宽泛至与权利要求中所用语言的普通含义相一致,除了特定含义已被阐述之处之外,并包括所有的结构性和功能性等同物。

[0103] 诸如“第一”和“第二”等的关系术语可以单独使用以便将一个实体或动作与另一个进行区分,而不一定要求或暗示它们之间的任何实际关系或顺序。术语“包括 (comprises, comprising)”及其任何其它变体当与说明书或权利要求书中的元件列表结合使用时意旨指示列表不是排它性的,并且其它元件可被包括在内。同样,前面加以“一 (a, an)”的元件不排除(不进一步限制)相同类型的附加元件的存在。

[0104] 没有权利要求意旨涵盖不满足专利法第 101、102、或 103 章节要求的主题,并且它们也不应以这样的方式来解释。这种主题的任何非预期涵盖因此会被放弃。除了刚刚在该段落中所述之外,所述和所示内容不意旨也不应被解释成导致任何部件、步骤、功能、目标、益处、优点或等同物专属于公众,无论其是否记载在权利要求书中。

[0105] 提供摘要来帮助读者快速地确定技术公开的本质。摘要以将不用于解释或限制权利要求范围或含义的理解来提交。此外,在先前详细描述的各种特征会在各种实施例中组合到一起以简化本公开。本公开方法不应被解释为要求保护的实施例需要比在每项权利要求中明确记载的更多的特征。相反,如以下权利要求所反映的那样,发明主题在于少于单个公开实施例的所有特征。因此,随后的权利要求由此并入到详细说明中,其中每项权利要求作为单独要求保护的主题而独立地存在。

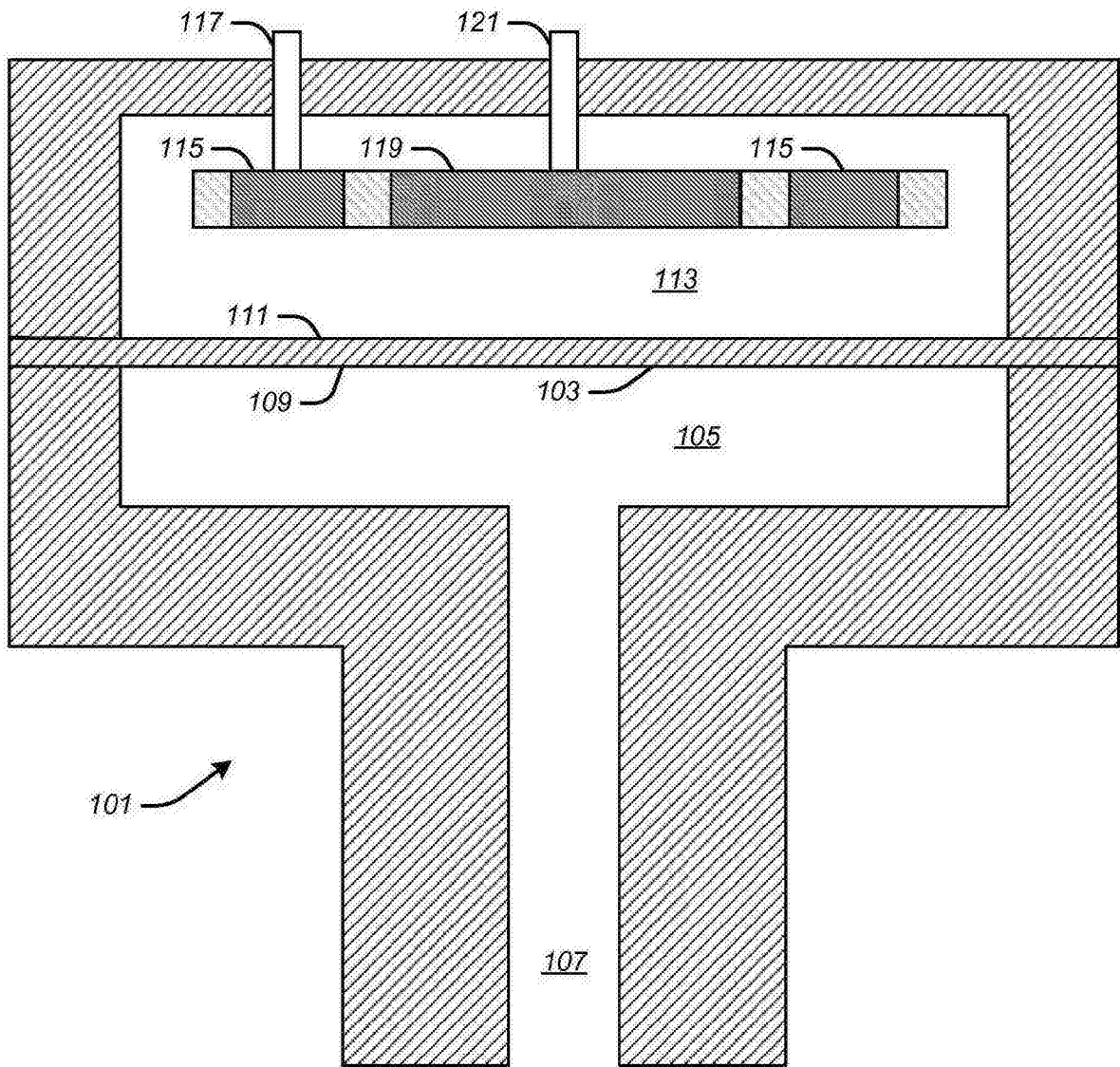


图 1A 现有技术

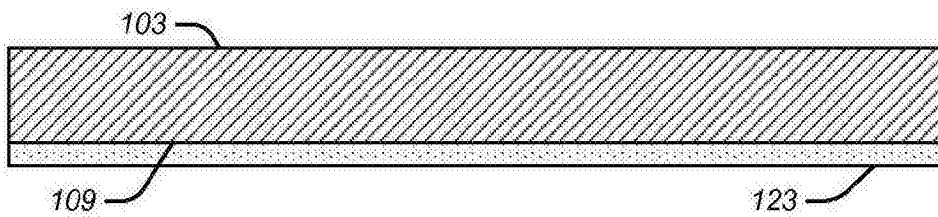


图 1B 现有技术

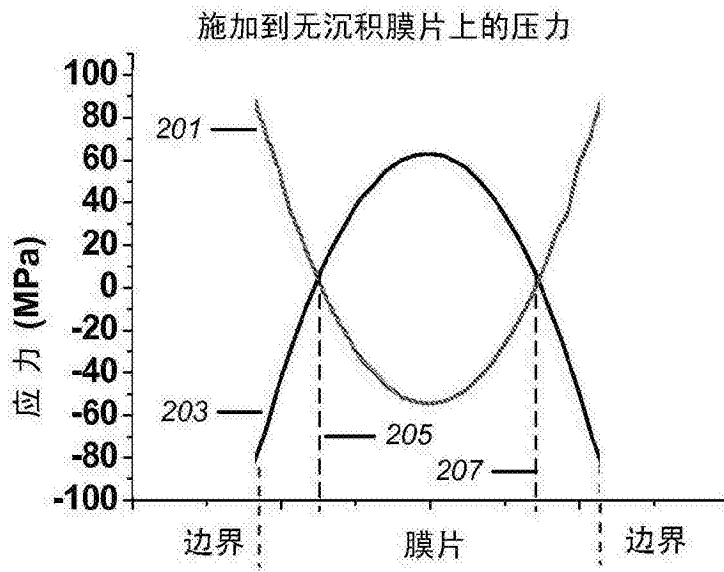


图 2A

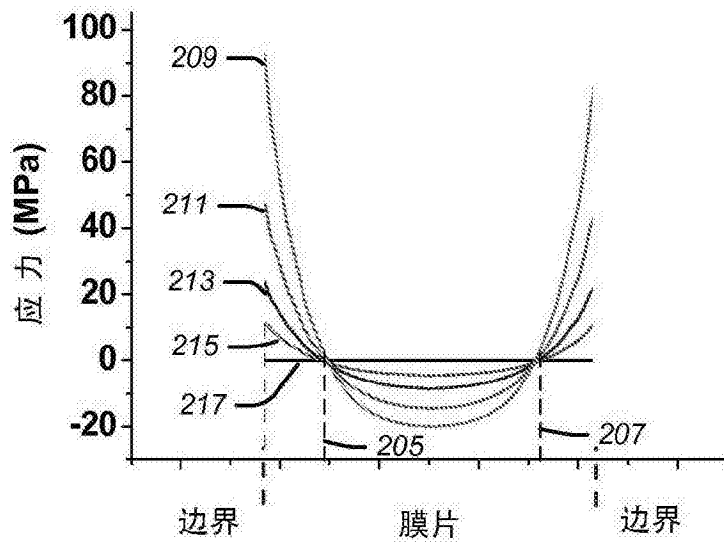


图 2B

没有压力施加到具有沉积的膜片上 (100MPa)

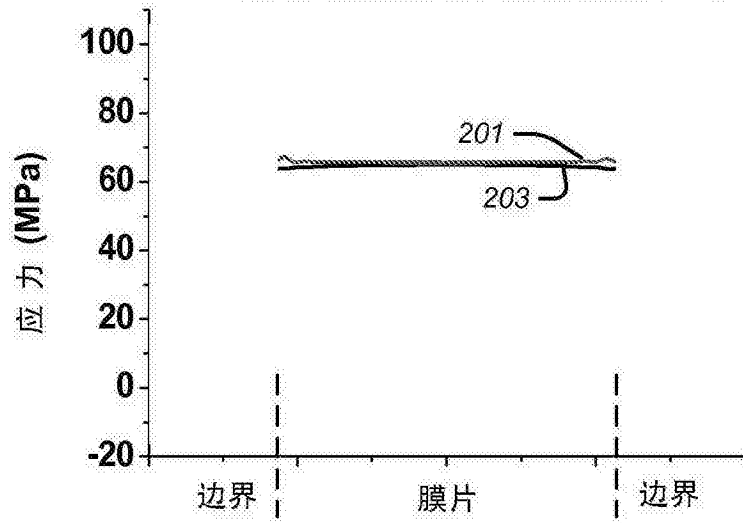


图 3A

有压力施加到具有沉积的膜片上 (100MPa)

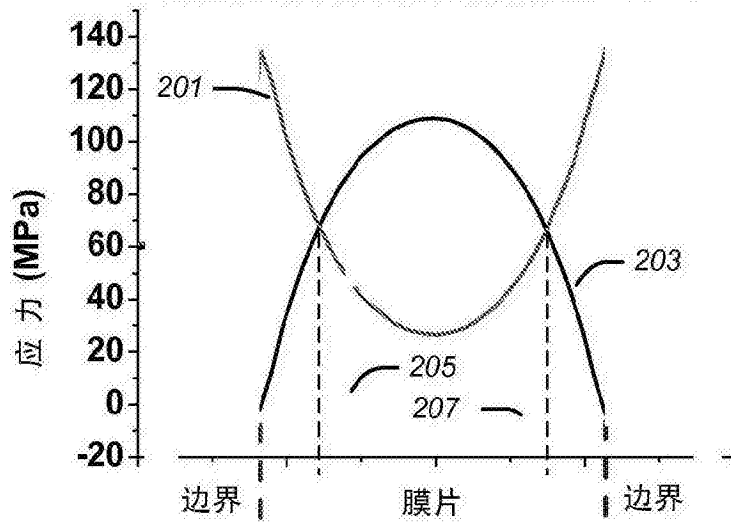


图 3B

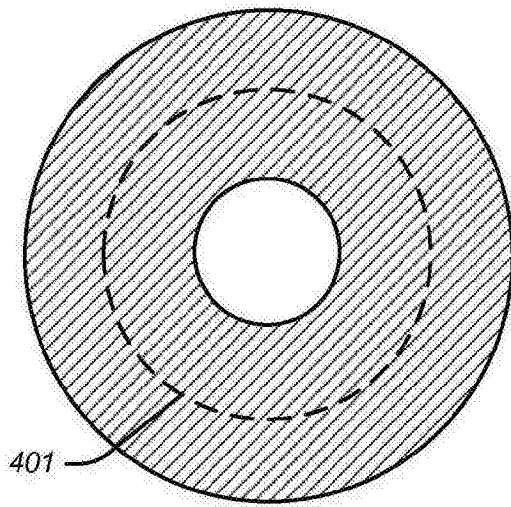


图 4A

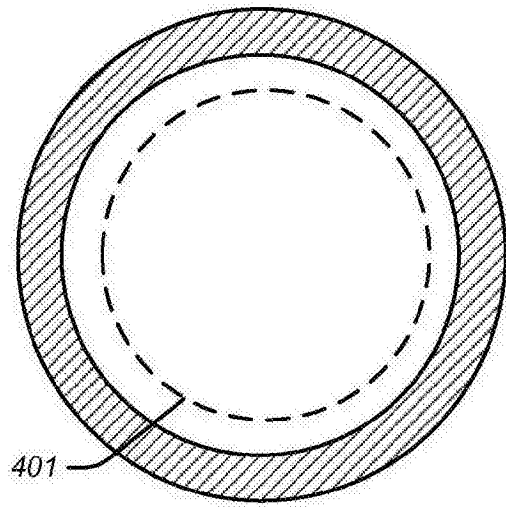


图 4B

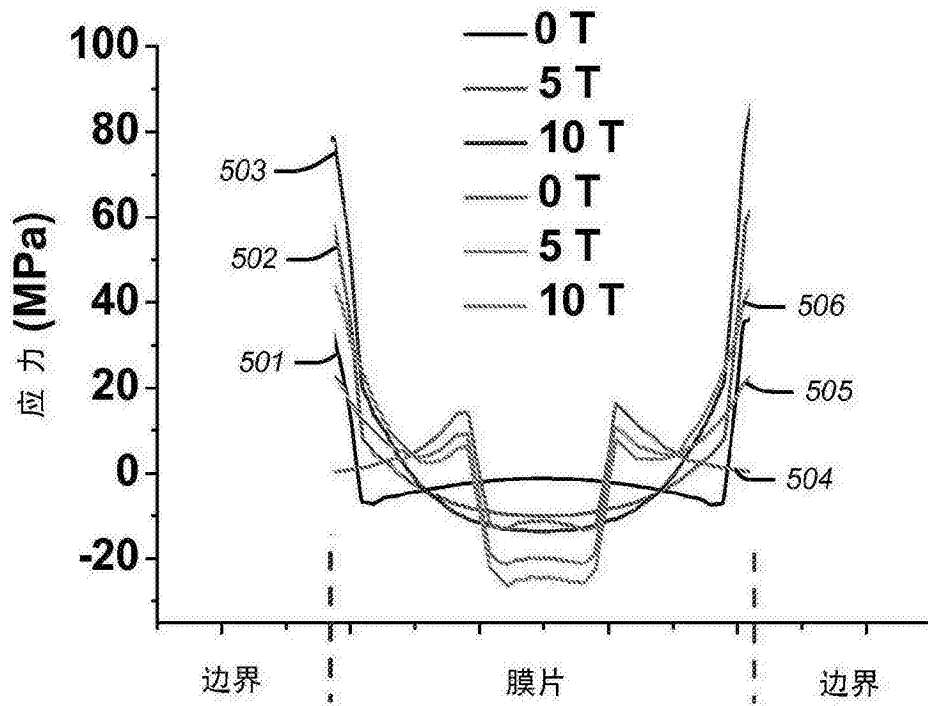


图 5

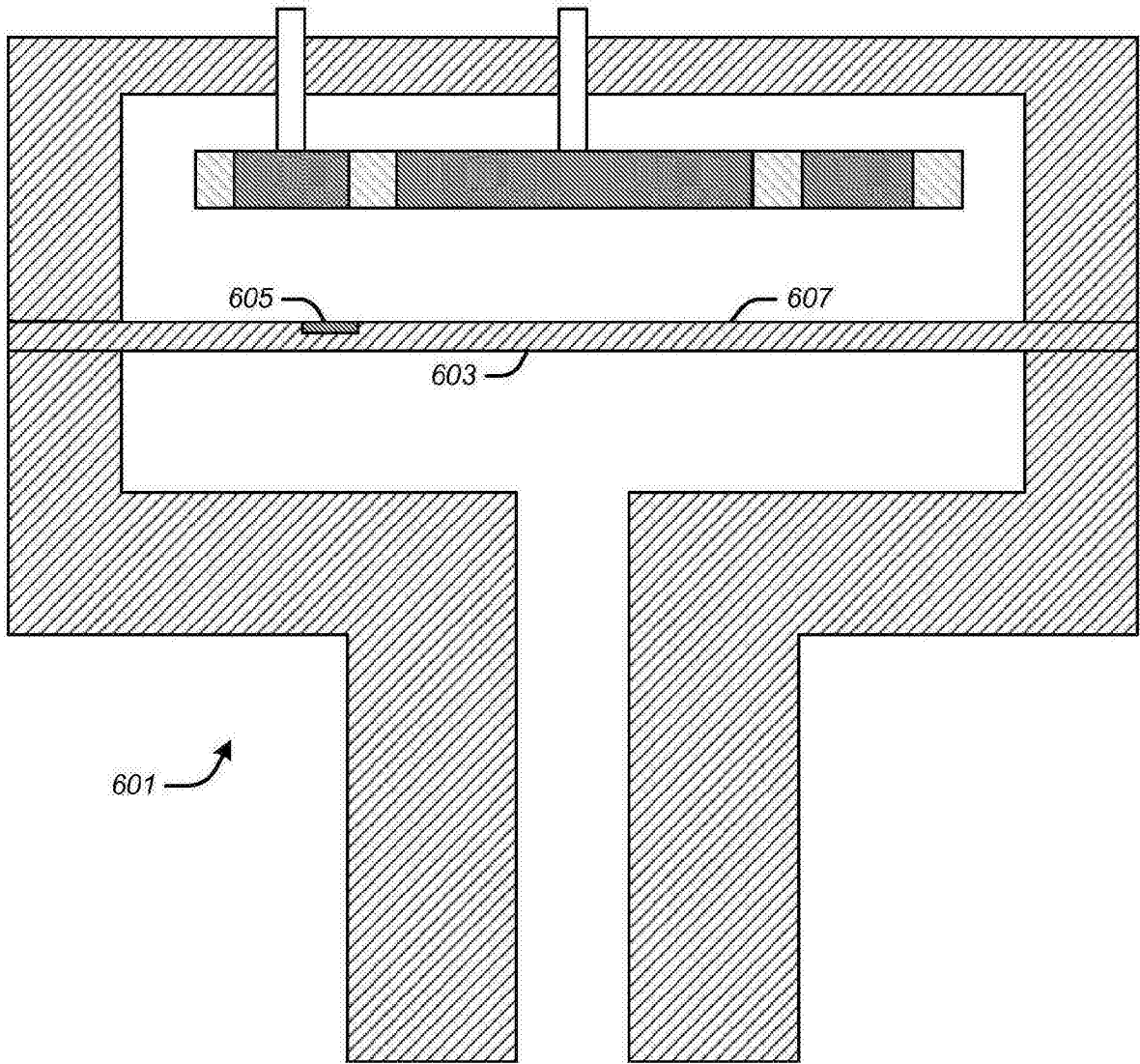


图 6

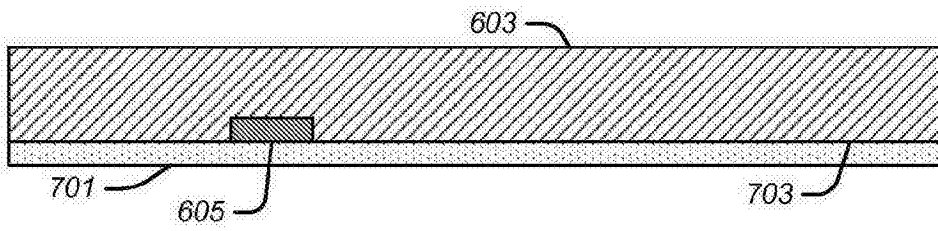


图 7A

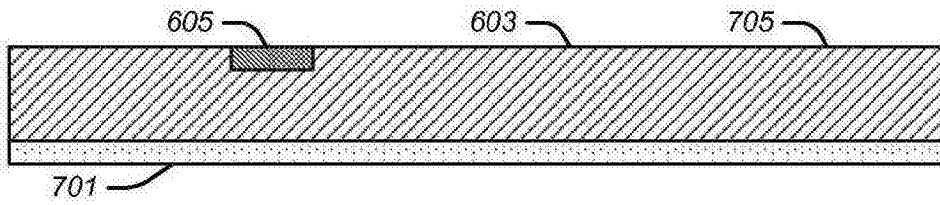


图 7B

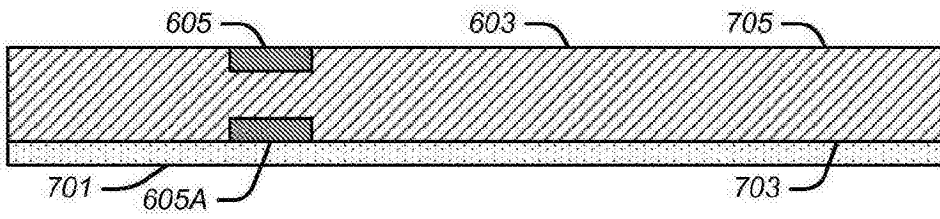


图 7C

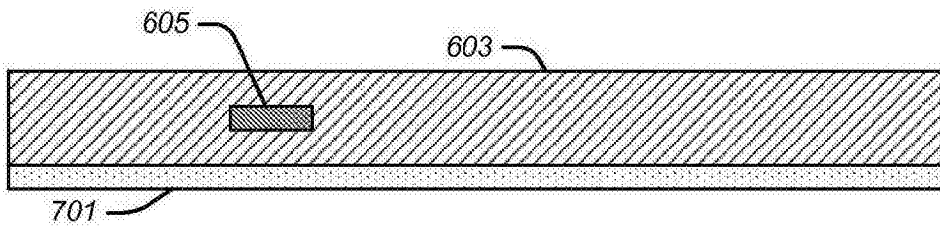


图 7D

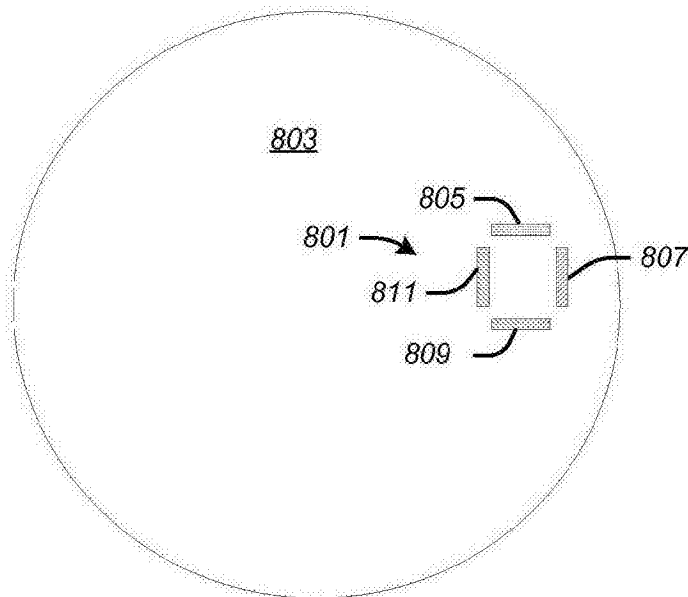


图 8A

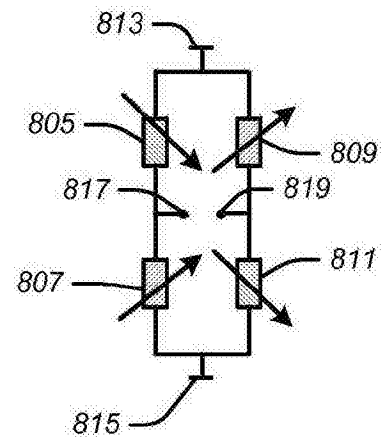


图 8B

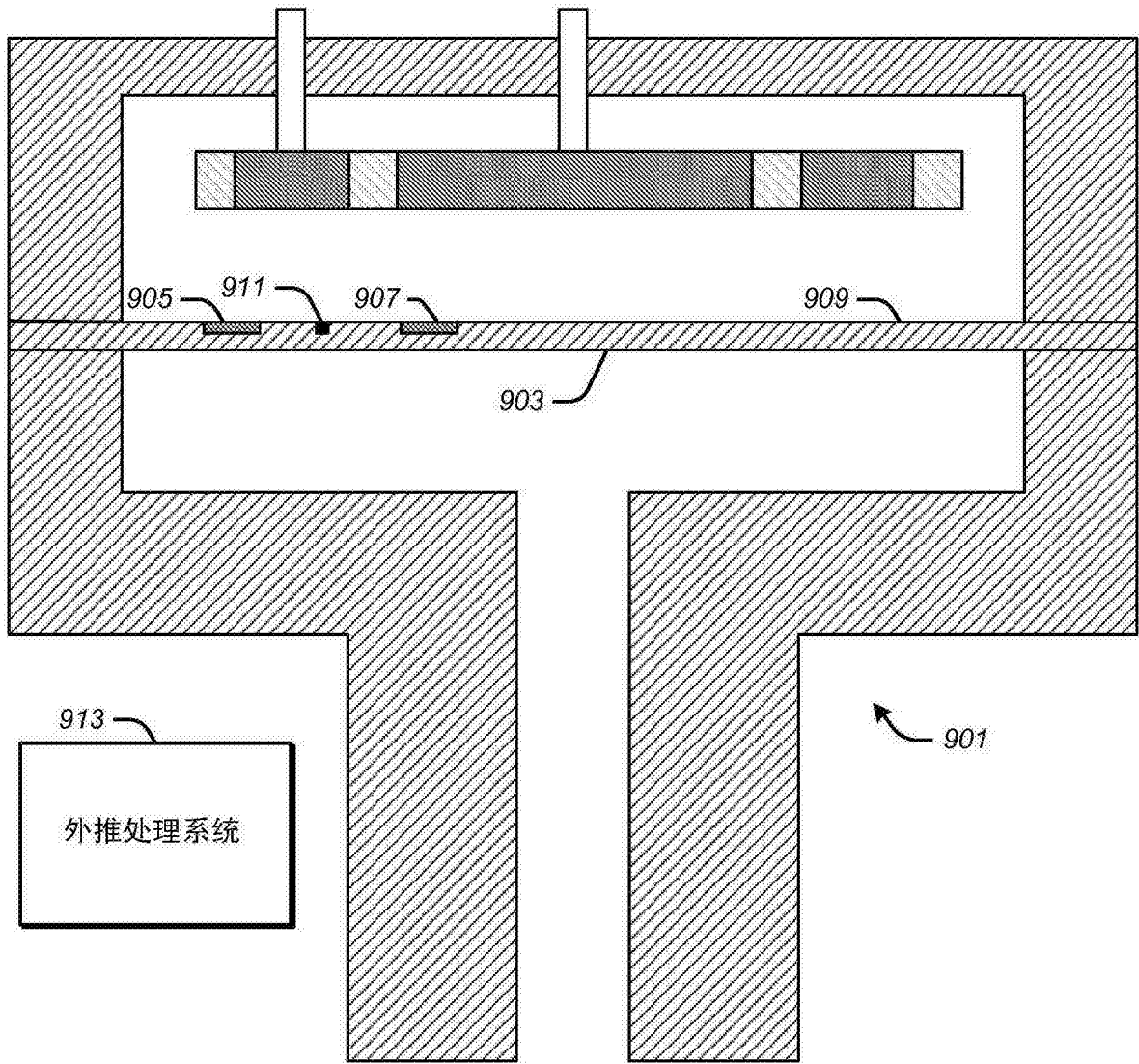


图 9A

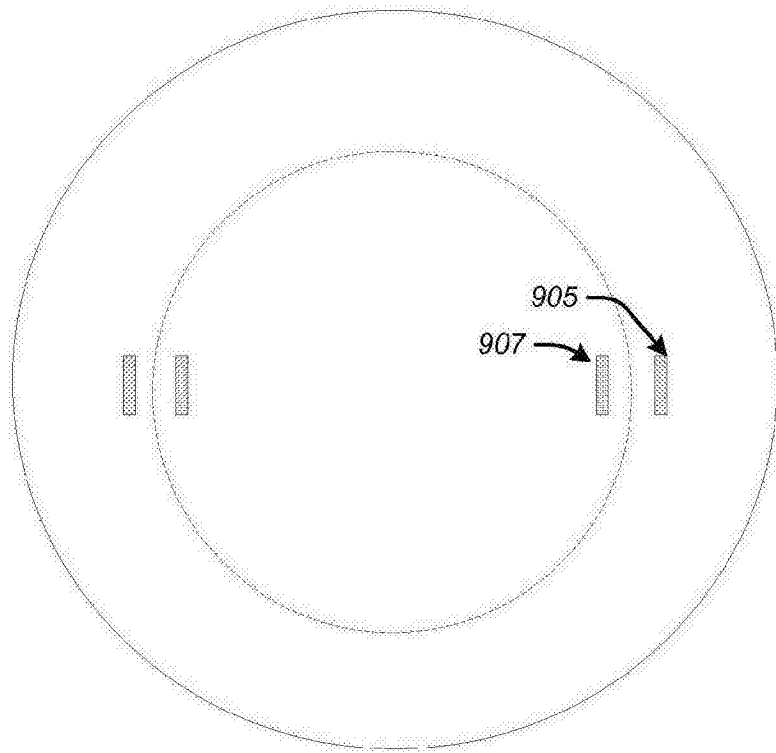


图 9B

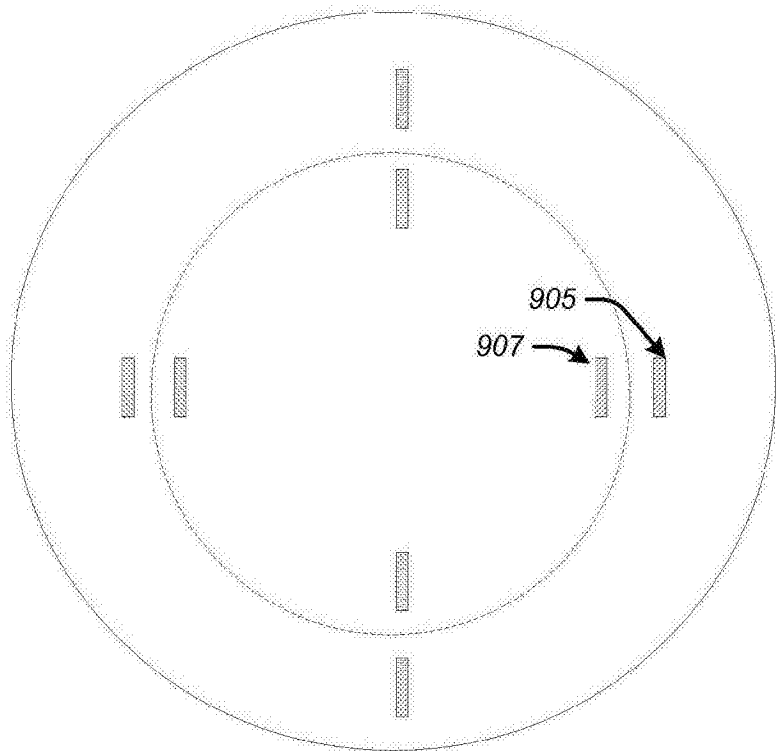


图 9C

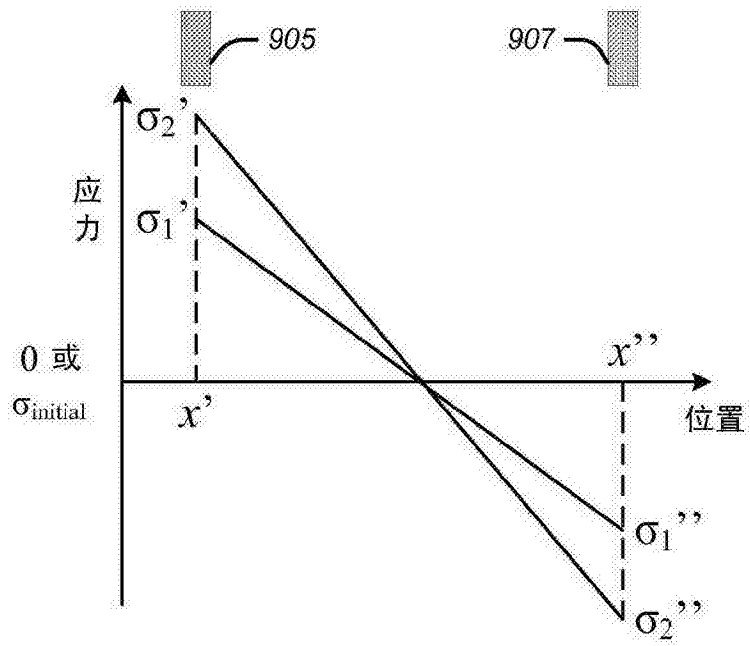


图 10

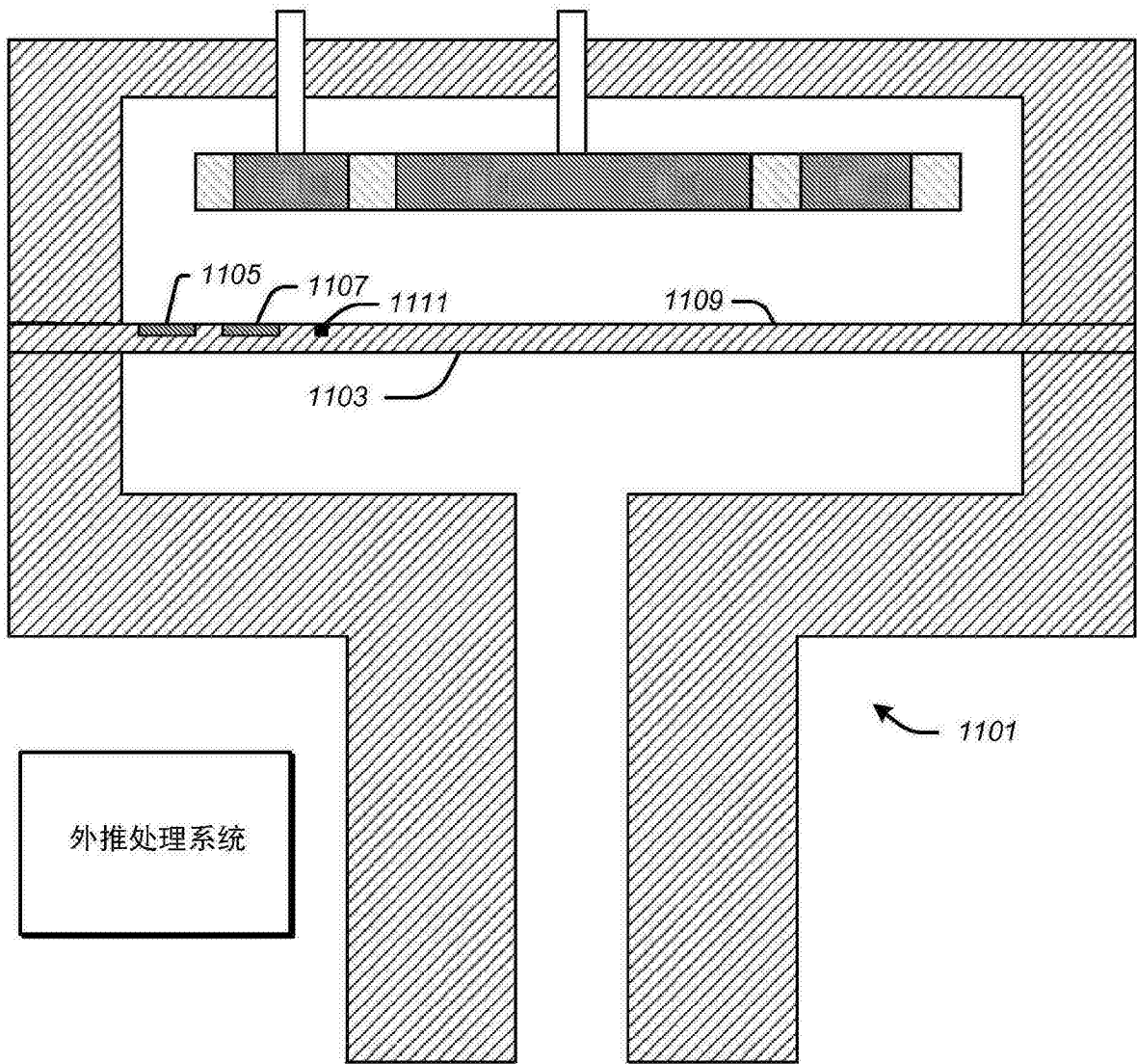


图 11

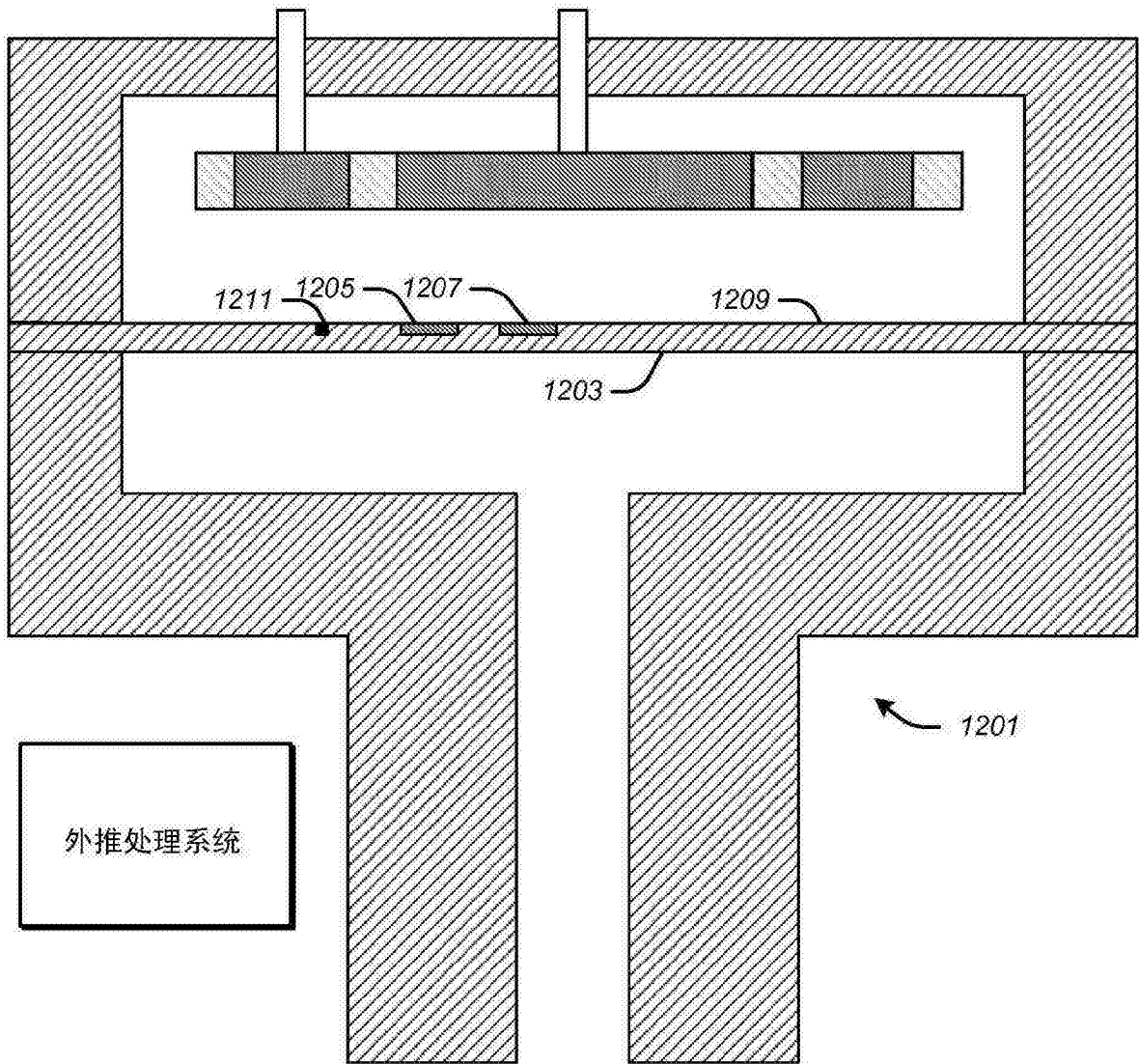


图 12

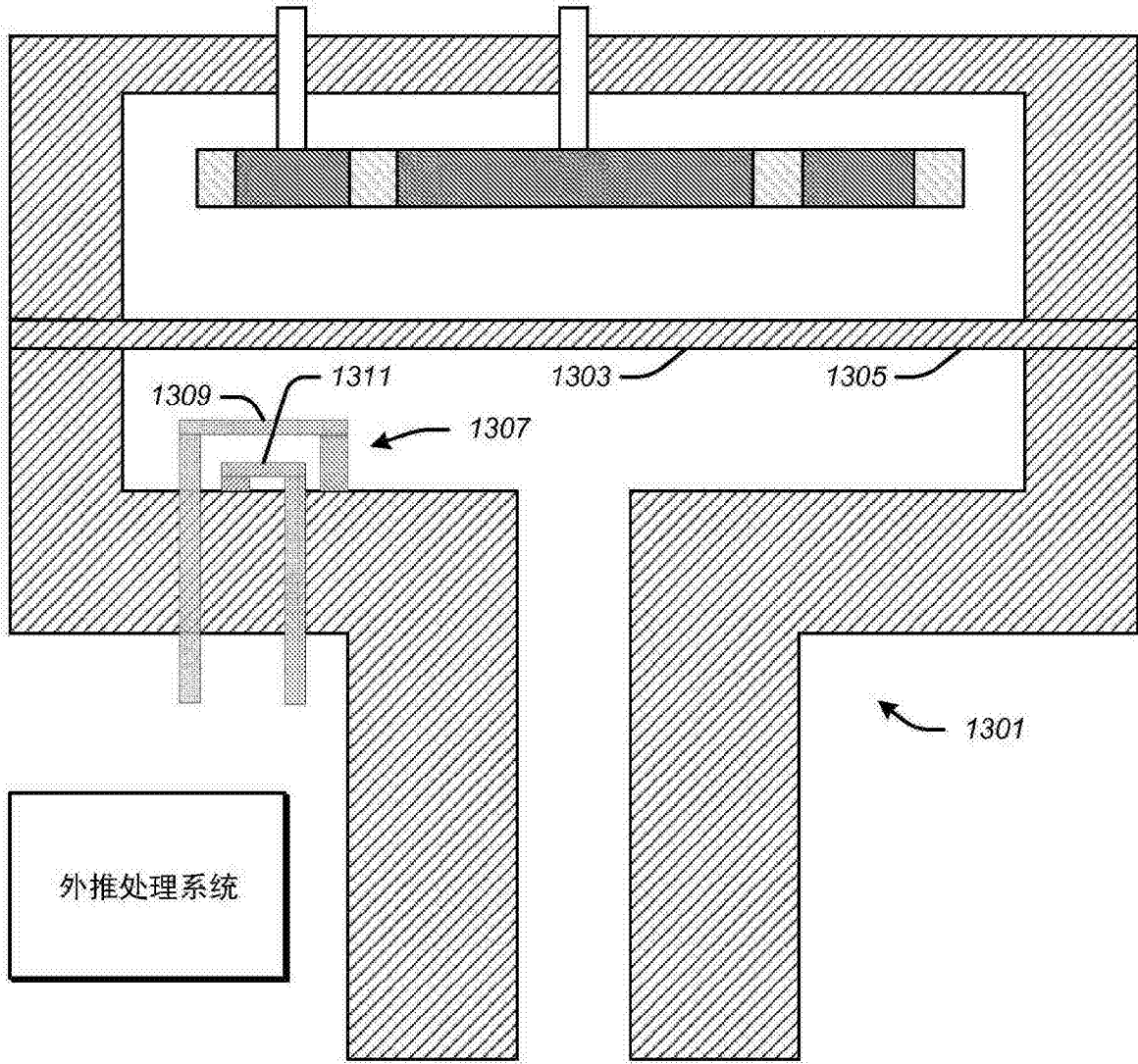


图 13

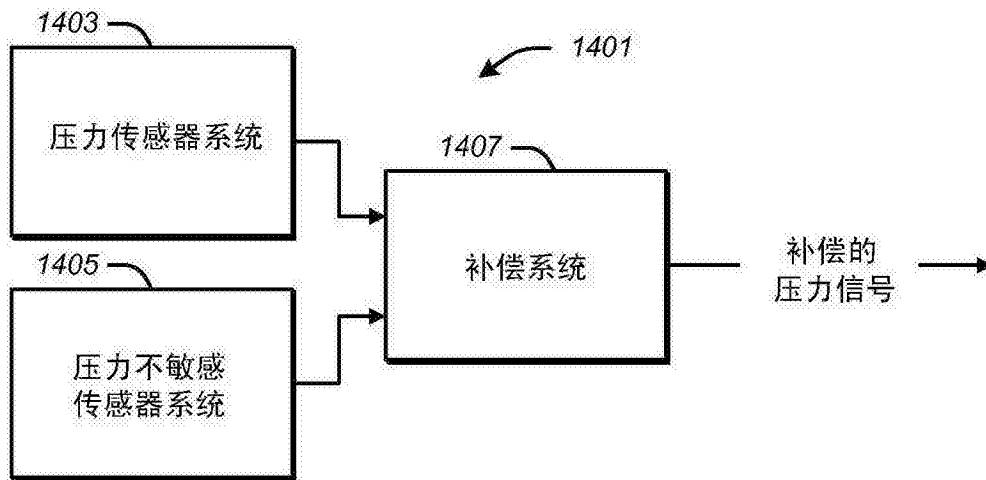


图 14

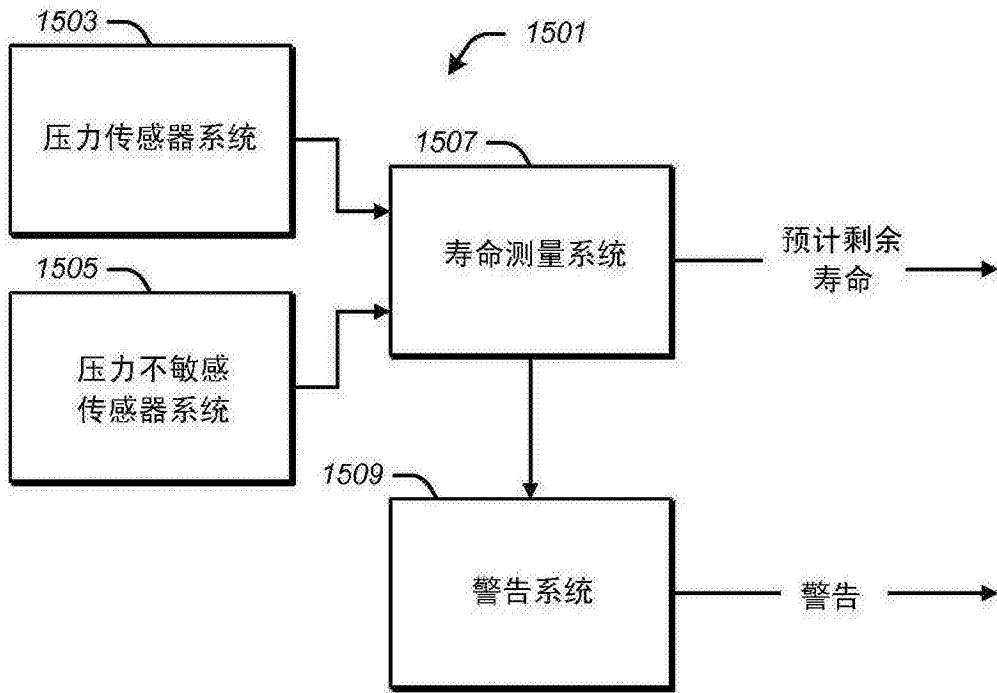


图 15