



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200480018273.3

[45] 授权公告日 2008 年 11 月 26 日

[11] 授权公告号 CN 100437116C

[22] 申请日 2004.4.27

US5313835A 1994.5.24

[21] 申请号 200480018273.3

US4841773 1989.6.27

[30] 优先权

审查员 徐秋杰

[32] 2003.4.28 [33] US [31] 60/466,126

[74] 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

[32] 2003.6.16 [33] US [31] 10/462,541

代理人 刘兴鹏

[86] 国际申请 PCT/US2004/012900 2004.4.27

[87] 国际公布 WO2004/097430 英 2004.11.11

[85] 进入国家阶段日期 2005.12.28

[73] 专利权人 模拟器件公司

地址 美国马萨诸塞州

[72] 发明人 约翰·A·吉恩

[56] 参考文献

US5392650A 1995.2.28

权利要求书 6 页 说明书 14 页 附图 4 页

CN1397004A 2003.2.12

US5894091A 1999.4.13

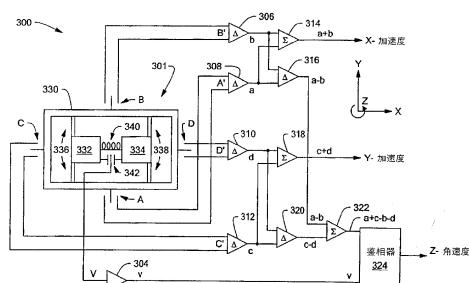
[54] 发明名称

的检测信号的差值(316, 320)相加(322)以提取与相对于旋转轴的角速度检测相关的信息。

提供两个加速度检测轴和一个角速度检测轴的微加工多传感器

[57] 摘要

一种微加工多传感器(300)，其提供两个加速度检测轴和一个角速度检测轴。该多传感器包括刚性加速计框架(330)、第一检验质量块(332)和第二检验质量块(334)。衬底具有在衬底平面中的两个关联的加速度轴(Y, X)和垂直于加速度轴的一个关联的旋转轴(Z)。检验质量块具有共同的振动轴(x)，该振动轴垂直于旋转轴(Z)。该多传感器还包括使检验质量块反相振动的驱动电极结构(246.1-246.2, 248.1-248.2)、沿其中一个加速度轴布置的第一对加速度检测电极结构(A, B)、和沿另一个加速度轴布置的第二对加速度检测电极结构(C, D)。该多传感器(314, 318)将由各个检测电极对产生的检测信号相加以提取与沿着加速度轴的加速度检测相关的信息，并且将由各个检测电极对产生



1. 一种多传感器，包括：

基本上平坦的加速计框架；

联接到所述框架的第一检验质量块；

联接到所述框架的第二检验质量块；

第一对在直径上相对的加速度检测电极结构，其联接到所述框架并且沿第一加速度轴布置；和

第二对在直径上相对的加速度检测电极结构，其联接到所述框架并且沿第二加速度轴布置，该第二加速度轴垂直于所述第一加速度轴，

其中所述第一和第二检验质量块被配置成沿振动轴反相地振动，所述振动轴在由所述第一加速度轴和所述第二加速度轴限定的平面中，并且

其中每个加速度检测电极结构被配置成产生各自的加速度检测信号，每个检测信号与其余的检测信号在电学上无关。

2. 根据权利要求 1 所述的多传感器，进一步包括弹性元件，该弹性元件弹性地联接所述第一检验质量块和所述第二检验质量块。

3. 根据权利要求 1 所述的多传感器，进一步包括信号处理单元，该信号处理单元被配置成提取与沿着所述第一和第二加速度轴的加速度检测相关的信息，并且提取与相对于旋转轴的角速度检测相关的信息，其中所述旋转轴垂直于所述第一和第二加速度轴。

4. 根据权利要求 1 所述的多传感器，进一步包括：第一放大

器，其被配置成从所述第一对加速度检测电极结构中的一个接收差分检测信号并且产生第一检测信号，和第二放大器，其被配置成从所述第一对加速度检测电极结构中的另一个接收差分检测信号并且产生第二检测信号。

5. 根据权利要求 4 所述的多传感器，进一步包括第三放大器，该第三放大器被配置成接收所述第一和第二检测信号，并且产生包括所述第一和第二检测信号之和的第三检测信号，该第三检测信号包括与沿着所述第一加速度轴的加速度检测相关的信息。

6. 根据权利要求 1 所述的多传感器，进一步包括：第一放大器，其被配置成从所述第二对加速度检测电极结构中的一个接收差分检测信号并且产生第一检测信号，和第二放大器，其被配置成从所述第二对加速度检测电极结构中的另一个接收差分检测信号并且产生第二检测信号。

7. 根据权利要求 6 所述的多传感器，进一步包括第三放大器，该第三放大器被配置成接收所述第一和第二检测信号，并且产生包括所述第一和第二检测信号之和的第三检测信号，该第三检测信号包括与沿着所述第二加速度轴的加速度检测相关的信息。

8. 根据权利要求 1 所述的多传感器，进一步包括：第一放大器，其被配置成从所述第一对加速度检测电极结构中的一个接收差分检测信号并且产生第一检测信号，第二放大器，其被配置成从所述第一对加速度检测电极结构中的另一个接收差分检测信号并且产生第二检测信号，第三放大器，其被配置成从所述第二对加速度检测电极结构中的一个接收差分检测信号并且产生第三检测信号；和第四放大器，其被配置成从所述第二对加速度检测电极结构中的另一个接收差分检测信号并且产生第四检测信号。

9. 根据权利要求 8 所述的多传感器，进一步包括：第五放大器，其被配置成接收所述第一和第二检测信号，并且产生包括所述第一和第二检测信号的差值的第五检测信号，和第六放大器，其被配置成接收所述第三和第四检测信号，并且产生包括所述第三和第四检测信号的差值的第六检测信号。

10. 根据权利要求 9 所述的多传感器，进一步包括第七放大器，该第七放大器被配置成接收所述第五和第六检测信号，并且产生包括所述第五和第六检测信号之和的第七检测信号，该第七检测信号包括与相对于旋转轴的角速度检测相关的信息，所述旋转轴垂直于所述第一和第二加速度轴。

11. 根据权利要求 10 所述的多传感器，进一步包括被配置成产生速度检测信号的速度检测电极结构，该速度检测信号与所述第一和第二检验质量块的振动速度同相并且与所述第一和第二检验质量块的线性加速度不同步。

12. 根据权利要求 11 所述的多传感器，进一步包括鉴相器，该鉴相器被配置成接收所述第七检测信号和所述速度检测信号，并且产生第八检测信号，该第八检测信号包括与相对于所述旋转轴的角速度检测相关的信息。

13. 根据权利要求 1 所述的多传感器，其中至少所述框架和所述第一和第二检验质量块在衬底上被微加工，所述第一和第二加速度轴在所述衬底的平面中。

14. 一种操作多传感器的方法，包括以下步骤：

通过驱动电极结构沿振动轴反相地振动第一检验质量块和第二检验质量块，所述第一检验质量块和所述第二检验质量块联接到加速计框架；

通过第一对在直径上相对的加速度检测电极结构产生各自的第一加速计检测信号，所述第一对加速度检测电极结构联接到所述框架并且沿第一加速度轴布置；和

通过第二对在直径上相对的加速度检测电极结构产生各自的第二加速计检测信号，所述第二对加速度检测电极结构联接到所述框架并且沿第二加速度轴布置，该第二加速度轴垂直于所述第一加速度轴，

其中在通过第一对在直径上相对的加速度检测电极结构产生各自的第一加速计检测信号的所述步骤中以及在通过第二对在直径上相对的加速度检测电极结构产生各自的第二加速计检测信号的所述步骤中产生的每个检测信号与其余的检测信号在电学上无关。

15. 根据权利要求 14 所述的方法，进一步包括以下步骤：通过一个信号处理单元，提取与沿着所述第一和第二加速度轴的加速度检测相关的信息，以及通过所述信号处理单元，提取与相对于旋转轴的角速度检测相关的信息，其中所述旋转轴垂直于所述第一和第二加速度轴。

16. 根据权利要求 14 所述的方法，进一步包括以下步骤：通过第一放大器从所述第一对加速度检测电极结构中的一个接收差分检测信号，并且通过所述第一放大器产生第一检测信号，通过第二放大器从所述第一对加速度检测电极结构中的另一个接收差分检测信号，并且通过所述第二放大器产生第二检测信号。

17. 根据权利要求 16 所述的方法，进一步包括以下步骤：通过第三放大器接收所述第一和二检测信号，并且通过所述第三放大器产生包括所述第一和第二检测信号之和的第三检测信号，该

第三检测信号包括与沿着所述第一加速度轴的加速度检测相关的信息。

18. 根据权利要求 14 所述的方法，进一步包括以下步骤：通过第一放大器从所述第二对加速度检测电极结构中的一个接收差分检测信号，并且通过所述第一放大器产生第一检测信号，通过第二放大器从所述第二对加速度检测电极结构中的另一个接收差分检测信号，并且通过所述第二放大器产生第二检测信号。

19. 根据权利要求 18 所述的方法，进一步包括以下步骤：通过第三放大器接收所述第一和二检测信号，并且通过所述第三放大器产生包括所述第一和第二检测信号之和的第三检测信号，该第三检测信号包括与沿着所述第二加速度轴的加速度检测相关的信息。

20. 根据权利要求 14 所述的方法，进一步包括以下步骤：通过第一放大器从所述第一对加速度检测电极结构中的一个接收差分检测信号，并且通过所述第一放大器产生第一检测信号，通过第二放大器从所述第一对加速度检测电极结构中的另一个接收差分检测信号，并且通过所述第二放大器产生第二检测信号，通过第三放大器从所述第二对加速度检测电极结构中的一个接收差分检测信号，并且通过所述第三放大器产生第三检测信号，通过第四放大器从所述第二对加速度检测电极结构中的另一个接收差分检测信号，并且通过所述第四放大器产生第四检测信号。

21. 根据权利要求 20 所述的方法，进一步包括以下步骤：通过第五放大器接收所述第一和第二检测信号，并且通过所述第五放大器产生包括所述第一和第二检测信号的差值的第五检测信号，通过第六放大器接收所述第三和第四检测信号，并且通过所

述第六放大器产生包括所述第三和第四检测信号的差值的第六检测信号。

22. 根据权利要求 21 所述的方法，进一步包括以下步骤：通过第七放大器接收所述第五和第六检测信号，并且通过所述第七放大器产生包括所述第五和第六检测信号之和的第七检测信号，该第七检测信号包括与相对于旋转轴的角速度检测相关的信息，所述旋转轴垂直于所述第一和第二加速度轴。

23. 根据权利要求 22 所述的方法，进一步包括以下步骤：通过速度检测电极结构产生速度检测信号，该速度检测信号与所述第一和第二检验质量块的振动速度同相并且与所述第一和第二检验质量块的加速度不同步。

24. 根据权利要求 23 所述的方法，进一步包括以下步骤：通过鉴相器接收所述第七检测信号和所述速度检测信号，并且通过所述鉴相器产生第八检测信号，该第八检测信号包括与相对于所述旋转轴的角速度检测相关的信息。

25. 根据权利要求 14 所述的方法，进一步包括以下步骤：在衬底上至少微加工所述框架和所述第一和第二检验质量块，所述第一和第二加速度轴在所述衬底的平面中。

提供两个加速度检测轴和一个角速度

检测轴的微加工多传感器

相关申请的相互参照

本申请要求申请日为 2003 年 4 月 28 日、名称为“提供两个加速度检测的轴和一个角速度检测的轴的微加工多传感器”的美国临时专利申请 No. 60/466,126 的优先权。

关于政府资助研究与开发的声明

不适用

技术领域

本发明大体涉及集成的加速度和角速度传感器（“多传感器”），更具体而言涉及能够提供两个加速度检测轴和一个角度速检测轴的硅微加工多传感器。

背景技术

已知的硅微加工多传感器包括用于在单个传感器设备中提供加速度检测和/或角速度检测的指示的至少一个加速计。传统的硅微加工多传感器，例如 1995 年 2 月 28 日公布的、名称为“微加工加速计陀螺仪”的美国专利 No.5,392,650 中所描述的硅微加工多传感器，包括一对加速计，其中每个加速计包括各自的加速计框架和从所述框架通过多个屈曲节悬挂的各自的检验质量块。传统的微加工多传感器具有与之相关的单个加速度检测轴，和垂直于所述加速度轴的单个旋转检测轴。而且，传统的微加工多传感器被配置成沿

振动轴反相地振动各自的检验质量块，该振动轴垂直于所述加速度和旋转轴。

在典型的操作模式中，传统的硅微加工多传感器通过第一组电回复力平衡各个检验质量块上的线性加速度的力，该第一组电回复力是检验质量块沿加速度轴的线性加速度的函数。传统的微加工多传感器进一步被配置成通过第二组电回复力平衡各个检验质量块上的科里奥利（Coriolis）力，该第二组电回复力是检验质量块沿垂直于旋转和振动轴的轴线的科里奥利加速度的函数。每个检验质量块的科里奥利加速度由检验质量块沿振动轴的振动和检验质量块沿旋转轴被施加的角旋转的组合产生。

由于包含在传统硅微加工多传感器中的检验质量块典型地被制造成反相地振动，因此检验质量块对线性加速度的响应处于同相，而检验质量块对科里奥利加速度的响应处于反相。因此，传统的微加工多传感器被配置成将各自加速计的输出相加以提取对应于线性加速度的信息（即加速度检测信息），并且将各自的加速计输出相减以提取对应于科里奥利加速度的信息（即角速度检测信息）。

典型地通过被称为体微加工（bulk micro-machining）的方法与其电子设备分离地制造上述传统的微加工多传感器，该方法是用于制造微加工设备的一种比较昂贵的方法。也存在通常比体微加工便宜的其它微加工制造方法，例如带有集成的电子设备的表面微加工。例如，传统的表面微加工陀螺仪在美国专利 No.6,122,961 中被描述，该专利公开于 2000 年 9 月 26 日，名称为“微加工陀螺仪”。传统的微加工陀螺设备可以被配置成将其科里奥利加速计的输出相加以及相减以产生在衬底平面中线性加速度的轴线（即倾斜），和垂直于衬底平面的陀螺轴线（即偏摆）。

然而，上述传统的表面微加工陀螺仪也具有缺陷。例如，包含在其中的检验质量块从分离的加速计框架悬挂。结果，在各个检验质量块的共振频率中典型地存在至少一个轻微的失配，这可以导致难以产生足够的驱动以用于在足够高的速度下振动检验质量块来获得可检测的科里奥利加速度。而且，在微加工多传感器设备中具有分离的加速计框架通常导致更难使设备在模具上居中。模具表面区域中的变形因此可以关于微加工设备不对称，这会降低多传感器的总体性能。另一缺陷在于该设备通常仅仅提供一个加速计倾斜检测轴和/或一个陀螺偏摆检测轴。然而，常常有利的是在单个检测器设备中具有一个以上的加速度和/或速度检测的轴。

因此理想的是具有一种硅微加工多传感器，其提供一个以上的加速度检测和/或角速度检测的轴，并且避免上述传统的微加工多传感器的缺陷。

发明内容

根据本发明，公开了一种微加工多传感器，其在比较容易居中于模具上的设备构造中提供两个加速度检测轴和一个角速度检测轴。当前公开的微加工多传感器包括至少一对加速计，所述加速计提供在电学上无关的检测信号，同时共享共同的加速计框架和共同的振动轴。

在一个实施例中，所述微加工多传感器包括刚性加速计框架，第一检验质量块，和第二检验质量块，每个质量块形成于硅衬底上。所述衬底在所述衬底的平面中具有两个相关联的、互相正交的加速度检测轴，和垂直于所述两个加速度轴的一个相关联的旋转检测轴。所述第一和第二检验质量块具有沿振动轴的共同的对称轴，所述振动轴垂直于所述旋转轴。而且，所述第一和第二检验质量块沿

所述振动轴弹性地彼此联接。所述第一和第二检验质量块通过各自的多个第一届曲节从所述刚性框架悬挂，并且所述刚性框架通过多个第二届曲节被锚固到所述衬底。所述第一和第二届曲节被配置成迫使所述第一和第二检验质量块基本上仅仅沿所述振动轴的方向相对于所述刚性框架移动，并且迫使所述刚性框架以线性和旋转方式相对于衬底移动。

在当前公开的实施例中，所述微加工多传感器包括驱动电极结构，该驱动电极结构被配置成使所述第一和第二检验质量块沿所述振动轴反相地振动。所述微加工多传感器进一步包括第一对在直径上相对的加速度检测电极结构，其联接到所述刚性框架并且沿所述加速度轴中的第一加速度轴布置，和第二对在直径上相对的加速度检测电极结构，其联接到所述刚性框架并且沿所述加速度轴中的第二加速度轴布置。所述微加工多传感器被配置成：(1) 将由所述第一检测电极对提供的检测信号相加以提取与沿所述第一加速度轴的加速度检测有关的信息，(2) 将由所述第二检测电极对提供的检测信号相加以提取与沿所述第二加速度轴的加速度检测有关的信息，和(3) 将由所述第一检测电极对提供的检测信号的差值和由所述第二检测电极对提供的检测信号的差值相加以提取与相对于所述旋转轴的角速度检测有关的信息。

通过将所述微加工多传感器配置成提供两对沿着所述硅衬底的平面中的各自两个相互正交的加速度轴的在电学上无关的加速度检测信号，可以通过适当地将所述检测信号相加和/或相减而获得两个加速度检测轴和一个角速度检测轴。而且，通过配置所述微加工多传感器使得所述第一和第二检验质量块沿着共同的振动轴反相地振动，同时从共同的加速度框架悬挂，所述多传感器设备具有两个正交镜像对称并且因此更容易在模具上居中。这样，可以减

少模具表面区域变形的不利影响。

从下面本发明的详细描述将显而易见本发明的其它特征、功能和方面。

附图说明

结合附图参考本发明的以下具体描述将更完整地理解本发明，其中：

图 1 是根据本发明的硅微加工多传感器的方案透视图；

图 2 是包含在图 1 的硅微加工多传感器中的一个传感器的平面图；

图 3 是图 1 的硅微加工多传感器的原理图；和

图 4 是操作图 1 的硅微加工多传感器的一种方法的流程图。

具体实施方式

于 2003 年 4 月 28 日申请的、名称为“提供两个加速度检测轴和一个角速度检测轴的微加工多传感器”的美国临时专利申请 No.60/466,126 被结合于此以作参考。

公开了一种微加工多传感器，其在单个多传感器设备中提供两个加速度检测轴和一个角速度检测轴。当前公开的微加工多传感器可以对称地布置在模具上，由此提高了产量并且提高了多传感器设备的总体性能。

图 1 显示了根据本发明的微加工多传感器 100 的方案图。当前公开的多传感器 100 包括诸如硅衬底这样的衬底 102，对该衬底进行任何合适的体微加工工艺以形成微电机系统 (MEMS) 多传感器设备。如图 1 中所示，MEMS 多传感器 100 包括传感器 101，该传

感器具有布置在衬底 102 的平面中的两个关联的相互正交的加速度检测轴 X 和 Y，和垂直于所述加速度轴 X 和 Y 的一个关联的旋转检测轴 Z。多传感器 100 被配置成提供沿各自加速度轴 X 和 Y 的加速度检测的两个指示，和相对于所述旋转轴 Z 的角速度的一个指示。

图 2 显示了包含在微加工多传感器 100（见图 1）中的传感器 101 的示例性实施例 201。在所例举的实施例中，传感器 201 包括刚性加速计框架 230，和检验质量块 232.1—232.2 和 234.1—234.2，它们形成于衬底 202 上。检验质量块 232.1—232.2 分别通过谐振器屈曲节 236.1—236.2 从刚性框架 230 悬挂，检验质量块 234.1—234.2 分别通过谐振器屈曲节 238.1—238.2 从所述刚性框架悬挂。而且，刚性框架 230 被通过加速计屈曲节 244.1—244.4 锚固到所述衬底，所述加速计屈曲节对角地布置在衬底 202 上。

传感器 201 进一步包括驱动电极结构 246.1—246.2 和 248.1—248.2，以及加速度检测电极结构 A—D。如图 2 中所示，驱动电极结构 246.1—246.2 和 248.1—248.2 包括各自的多个驱动电极（“指”），所述驱动电极彼此平行且交叉地布置。响应包括交流电压的驱动信号（未示出），驱动电极结构 246.1—246.2 被配置成分别在检验质量块 232.1—232.2 上施加静电力，驱动电极结构 248.1—248.2 被配置成分别在检验质量块 234.1—234.2 上施加静电力。应当理解驱动电极结构 246.1—246.2 和 248.1—248.2 可替代地包括电磁驱动结构，该电磁驱动结构被配置成响应交流电流信号分别在检验质量块 232.1—232.2 和 234.1—234.2 上施加电磁力。

如图 2 中进一步所示，加速度检测电极结构 A—D 包括各自的多个检测电极（“指”），所述检测电极彼此平行且交叉地布置。具体而言，所述检测电极结构 A，B，C 和 D 包括各自的整体地联接

到刚性框架 230 的第一组检测指，和固定到衬底 202 的相应第二组检测指。例如在传感器 201 进行线性和/或旋转运动的情况下，刚性框架 230 响应产生的线性加速度和/或科里奥利力而相对于衬底 202 偏转。由于当其偏转时刚性框架 230 和与检测电极结构 A—D 关联的第一组检测指（例如参见与检测电极结构 B 关联的检测指 250）随着刚性框架 230 移动，而同时第二组检测指（例如参见与检测电极结构 B 关联的检测指 252）仍然锚固到衬底 202，因此检测电极结构 A—D 通过检测第一和第二组检测指的相对运动来检测框架 230 的偏转，并且产生检测信号 A'—D'（见图 3），该检测信号所具有的幅度与所述偏转的幅度成正比。应当理解检测电极结构 A, C 和 D 具有类似于检测电极结构 B 的指状构造的检测指构造。

传感器 201 进一步包括从刚性框架 230 悬挂的多个杠杆 240.1—240.4，和用于杠杆 240.1—240.4 的驱动电极结构 240.5—240.6。具体而言，杠杆 240.1 弹性地联接在检验质量块 232.1 和杠杆 240.3 之间，杠杆 240.2 弹性地联接在检验质量块 232.2 和杠杆 240.4 之间，杠杆 240.3 弹性地联接在检验质量块 234.1 和杠杆 240.1 之间，杠杆 240.4 弹性地联接在检验质量块 234.2 和杠杆 240.2 之间。而且，驱动电极结构 240.5—240.6 包括彼此平行且交叉地布置的各自的多个驱动指。驱动电极结构 240.5 被配置成在杠杆 240.1 和 240.3 上施加静电力，驱动电极结构 240.6 被配置成在杠杆 240.2 和 240.4 上施加静电力。应当理解驱动电极结构 240.5—240.6 可替代地包括各自的电磁驱动结构。也应当理解一些驱动电极可替代地用于提供速度信号，该速度信号为驱动电子设备提供反馈并且为科里奥利信号处理提供参考。

应当注意，检验质量块 232.1 机械地联接到检验质量块 232.2，

从而检验质量块 232.1—232.2 基本上作为单一质量块一起移动。类似地，检验质量块 234.1 机械地联接到检验质量块 234.2，从而检验质量块 234.1—234.2 基本上作为单一质量块一起移动。而且，从刚性框架 230 悬挂检验质量块 232.1—232.2 的屈曲节 236.1—236.2 被配置成迫使检验质量块 232.1—232.2 基本上仅仅沿着轴 X 的方向相对于框架 230 移动。类似地，从刚性框架 230 悬挂检验质量块 234.1—234.2 的屈曲节 238.1—238.2 被配置成迫使检验质量块 234.1—234.2 基本上仅仅沿着轴 X 的方向相对于框架 230 移动。杠杆 240.1—240.4 被配置成联接检验质量块 232.1—232.2 和 234.1—234.2 的运动，使得它们作为单一谐振进行振动。提供这种联接的优点在 1997 年 6 月 3 日公开的、名称为“用于微加工设备中多个质量块的联接”的美国专利 No.5,635,638，和 1997 年 6 月 3 日公开的、名称为“带有旋转振动质量块的微加工设备”的美国专利 No.5,635,640 中被描述，然而，在这些现有专利中描述的联接的特定机械结构不同于图 2 中所例举的传感器 201 的机械结构。将刚性框架 230 锚固到衬底 202 的屈曲节 244.1—244.4 被配置成迫使刚性框架 230 允许框架 230 相对于衬底 202 进行旋转运动以用于科里奥利检测。

对角屈曲节 244.1—244.4 形成折叠对，从而与布置成对角辐条（spoke）的单屈曲节不同，它们允许某些平移运动。这减轻了用于表面微加工的沉积膜中的应力，并且允许沿着 X 和 Y 轴进行线性加速度检测。科里奥利加速度通常比待检测的线性加速度小得多，从而理想的是，与沿着 X 和 Y 轴相比，屈曲节 244.1—244.4 更适应旋转运动。通过使用屈曲节长度—折叠分离的合适比率产生顺应性的理想比率。

进一步应当注意，刚性框架 230，检验质量块 232.1—232.2 和

234.1—234.2，驱动电极结构 246.1—246.2、248.1—248.2 和 240.5—240.6，加速度检测电极结构 A—D，杠杆 240.1—240.4，以及屈曲节 236.1—236.2、238.1—238.2 和 244.1—244.4 以镜像方式布置在传感器 201 的横向对称轴的每一侧上和垂直对称轴的每一侧上。因此，传感器 201 可以对称地布置居中于模具（未示出）上以减小模具表面变形的不利影响。然而，在传感器 201 中采用单个刚性框架 230 减小了多传感器设备的总尺寸。

图 3 显示了根据本发明的微加工多传感器 100（见图 1）的一个示例性实施例 300 的原理图。在该例举的实施例中，多传感器 300 包括传感器 301，跨阻（transresistance）放大器 304，多个差分放大器 306, 308, 310, 312, 316, 和 320，多个加法放大器 314, 318, 和 322，以及鉴相器（phase demodulator）324。如上所述，检验质量块 232.1—232.2（见图 2）联接在一起作为单一质量块移动，检验质量块 234.1—234.2（见图 2）类似地联接在一起作为单一质量块移动。因此，传感器 301 包括代表刚性框架 230（见图 2）的刚性加速计框架 330，代表检验质量块 232.1—232.2 的第一检验质量块 332，和代表检验质量块 234.1—234.2 的第二检验质量块 334。

具体而言，第一检验质量块 332 通过代表屈曲节 236.1—236.2（见图 2）的谐振器屈曲节 336 从刚性框架 330 悬挂，第二检验质量块 334 通过代表屈曲节 238.1—238.2（见图 2）的谐振器屈曲节 338 从刚性框架 330 悬挂。而且，刚性框架 330 通过多个加速计屈曲节（例如，参见图 2 中的屈曲节 244.1—244.4）锚固到衬底（例如，参见图 2 中的衬底 202）。

传感器 301（见图 3）进一步包括代表杠杆和驱动电极结构 240.1—240.6（见图 2）的弹性元件 340。弹性元件 340 弹性地互连第一

检验质量块 332 和第二检验质量块 334。而且，传感器 301 包括用于振动检验质量块 332 和 334 的驱动电极结构（例如，参见图 2 中的驱动电极结构 246.1—246.2 和 248.1—248.2），以及代表图 2 的检测电极结构 A—D 的加速度检测电极结构 A，B，C 和 D。

具体而言，驱动电极结构被配置成同时以机械谐振振动各自的第一和第二检验质量块 332 和 334，并且弹性元件 340 被配置成沿着振动轴反相地（即，在相位上相差 180° ）移动检验质量块 332 和 334，所述振动轴在当前公开的实施例中平行于加速度轴 X。在直径上相对的加速度检测电极结构 A—B 沿着加速度轴 Y 布置并且联接到刚性框架 330，在直径上相对的加速度检测电极结构 C—D 沿着加速度轴 X 布置并且联接到刚性框架 330。各个检测电极结构 A—D 被配置成分别产生在电学上无关的检测信号 A'，B'，C' 和 D'。

本领域的普通技术人员将理解，当检验质量块 332 和 334 沿着振动轴振动时，同时刚性框架 330 围绕旋转轴 Z 旋转时，检验质量块 332 和 334 中的每一个在由加速度轴 X 和 Y 限定的平面中承受科里奥利加速度。而且，由于检验质量块 332 和 334 反相地振动，因此各自的检验质量块 332 和 334 在相反方向承受科里奥利加速度。结果，明显的科里奥利力被施加到检验质量块 332 和 334，从而沿加速度轴 X 和 Y 的平面内的相反方向偏转检验质量块 332 和 334。

因此，检验质量 332 和 334 相对于旋转轴 Z 对科里奥利加速度的响应处于反相，而检验质量 332 和 334 相对于加速度轴 X 和 Y 对线性加速度的响应处于正向。因此适合将在电学上无关的加速度检测信号 A'，B'，C' 和 D' 相加和/或相减以提取对应于所述线性加速度的信息（即加速度检测信息），并且提取对应于科里奥

利加速度的信息（即角速度检测信息）。例如，第一组电回复力（未示出）可以用来平衡线性加速度的力，第二组电回复力（未示出）可以用来平衡科里奥利加速度的力。而且，各个检测电极结构 A，B，C 和 D 可以被配置成基于所述电回复力的大小产生在电学上无关的加速度检测信号 A' ， B' ， C' 和 D' 。

作为另一选择，将所述框架连接到所述衬底的屈曲节 244.1—244.4 的偏转所产生的弹力可以用来平衡科里奥利力和用于检测这些偏转的所述结构 A，B，C 和 D。如果用于表面微细加工的结构膜是多晶硅，那么所述屈曲节的偏转与所述力线性地相关，从而引入复杂的电回复力是不经济的。

具体而言，差分放大器 306 被配置成从检测电极结构 B 接收差分检测信号 B' ，并且向加法放大器 314 和差分放大器 316 提供相应的检测信号 b。类似地，差分放大器 308 被配置成从检测电极结构 A 接收差分检测信号 A' ，并且向加法放大器 314 和差分放大器 316 提供相应的检测信号 a。而且，差分放大器 310 被配置成从检测电极结构 D 接收差分检测信号 D' ，并且向加法放大器 318 和差分放大器 320 提供相应的检测信号 d，差分放大器 312 被配置成从检测电极结构 C 接收差分检测信号 C' ，并且向加法放大器 318 和差分放大器 320 提供相应的检测信号 c。

加法放大器 314 被配置成将检测信号 a 和 b 相加，并且产生检测信号 $a+b$ 之和，该总和包含与沿着加速度轴 X (“X 加速度”) 的加速度检测相关的信息。类似地，加法放大器 318 被配置成将检测信号 c 和 d 相加，并且产生检测信号 $c+d$ 之和，该总和包含与沿着加速度轴 Y (“Y 加速度”) 的加速度检测相关的信息。

而且，差分放大器 316 被配置成将检测信号 a 和 b 相减，并且向加法放大器 322 提供检测信号 $a-b$ 的差值。类似地，差分放大

器 320 被配置成将检测信号 c 和 d 相减，并且向加法放大器 322 提供检测信号 $c-d$ 的差值。而且，加法放大器 322 被配置成将检测 $a-b$ 和 $c-d$ 相加，并且向鉴相器 324 提供 $a+c-b-d$ 之和。检测信号 $a+c-b-d$ 包括与相对于旋转轴“Z”（“Z 旋转”）的角速度检测相关的信息。然而应当注意，检测信号 $a+c-b-d$ 也可以包括至少一些与沿着加速度轴 X 和 Y 中之一或两者的加速度检测相关的信息。因此，鉴相器 324 被配置成消除陀螺检测信号 $a+c-b-d$ 中的加速度信息。

具体而言，鉴相器 324 对着速度检测信号 V 解调陀螺检测信号 $a+c-b-d$ ，该速度检测信号与检验质量块 332 和 334 的振动速度同相并且不与检验质量块加速度同步。如图 3 中所示，传感器 301 包括速度检测电极结构 342，该速度检测电极结构被配置成向跨阻放大器 304 提供速度检测信号 V（电流信号），所述跨阻放大器将所述电流信号转换为相应的电压信号 v。通过检测联接到检验质量块 332 和 334 的电极与锚固到衬底的电极之间的相对运动，速度检测电极结构 342 检测检验质量块 332 和 334 的振动速度，并且产生速度检测信号 V，该速度检测信号与振动速度同相。接着，跨阻放大器 304 向鉴相器 324 提供作为相位基准的电压信号 v。由于速度检测信号 V 与加速度信号 $a+b$ 和 $c+d$ 不同步，因此在加法放大器 322 的输出处的加速度信息被鉴相器 324 消除，由此在鉴相器输出处增加了陀螺的信噪比（SNR）。

应当理解，为了通过差动电容来检测加速计电极 A, B, C 和 D 的静态偏转，向框架 330 提供交流电压并且对着该电压同步解调所述信号。这样的解调既可以在差分放大器 306, 308, 310 和 312 中执行，也可以在加法放大器 314, 318 和 322 中执行。为了提高灵敏度，交流电压的频率尽可能地高。而且，为了防止出现相对频

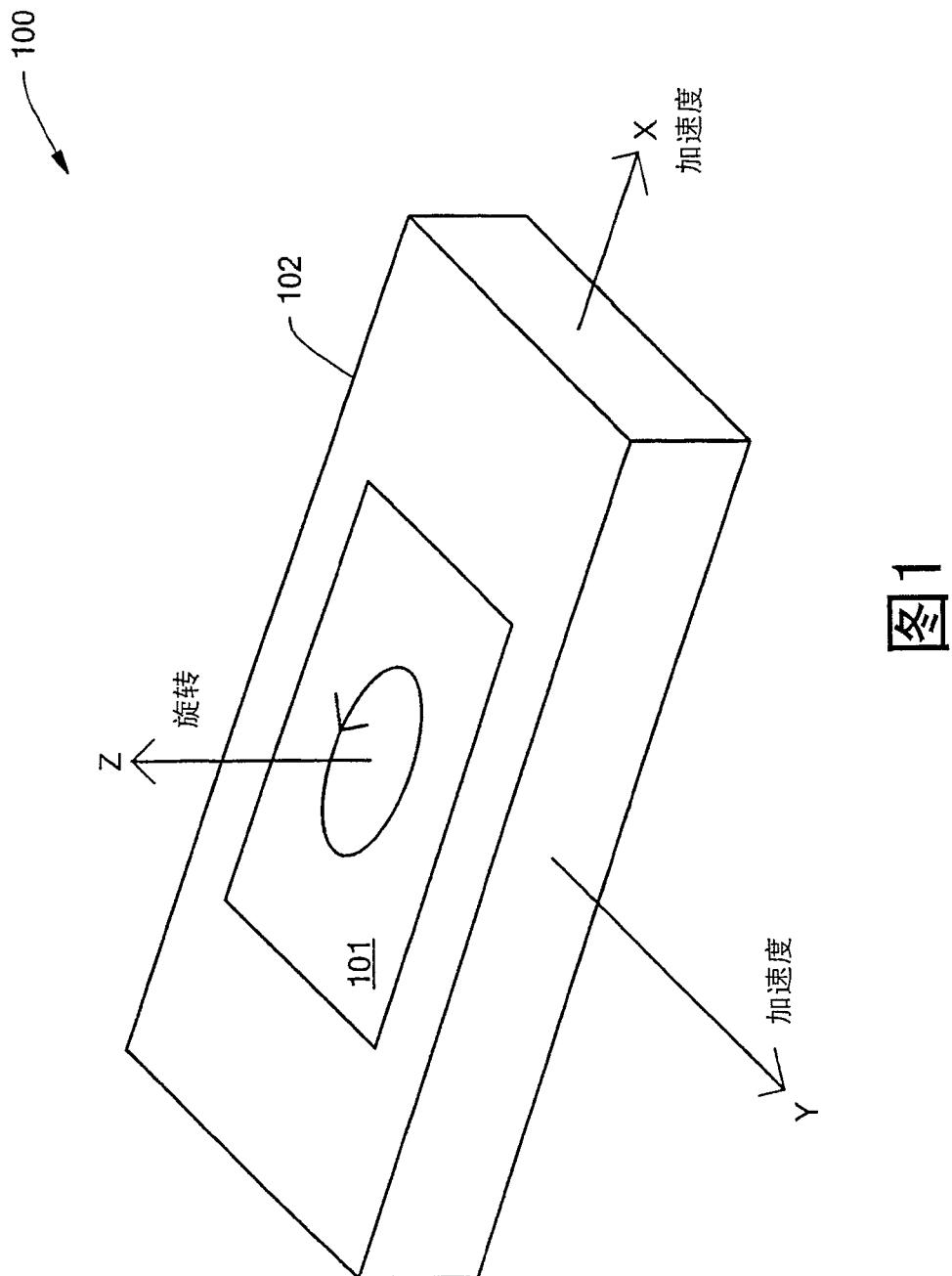
移的错误，优选地使用锁相环使交流电压与速度信号相关。也应当注意，尽管为了论述的清楚而将各种放大器分离地显示在图 3 中，所述放大器可以替代地在集成电路中被组合成晶体管的一个更有效的布置，同时保留它们总的功能。具体而言，如果使用连续时间（基于放大器）来实现，通过就鉴相器而言保留差分信号通道，可以保留该过程的完整性。如果采用离散时间（数字式）方法，那么它可以更有效地合并加法、减法、解调和滤波过程。

参考图 4 例举了操作当前公开的硅微加工多传感器的一种方法。如步骤 402 中所描述的，包含在多传感器中的两个检验质量块沿着振动轴反相地振动，同时多传感器围绕旋转轴旋转。应当理解振动轴在多传感器的衬底的平面中，旋转轴垂直于振动轴和多传感器衬底。接着，如步骤 404 中所描述的，由加速度检测电极结构 A 和 B 产生的差分检测信号 A' 和 B' 分别被转换成检测信号 a 和 b。类似地，如步骤 406 中所描述的，由加速度检测电极结构 C 和 D 产生的差分检测信号 C' 和 D' 分别被转换成检测信号 c 和 d。加速度检测电极结构 A 和 B 沿着加速度轴 X 布置，该加速度轴在衬底的平面中并且垂直于振动轴。而且，加速度检测电极结构 C 和 D 沿着加速度轴 Y 布置，该加速度轴在衬底的平面中并且垂直于加速度轴 X。如步骤 408 中所描述的，检测信号 a 和 b 然后被相加，以产生检测信号 $a+b$ 之和，该总和包含与沿着加速度轴 X (X 加速度) 的加速度检测相关的信息。类似地，如步骤 410 中所描述的，检测信号 c 和 d 然后被相加，以产生检测信号 $c+d$ 之和，该总和包含与沿着加速度轴 Y (Y 加速度) 的加速度检测相关的信息。接着，如步骤 412 中所描述的，检测信号 a 和 b 然后相减，以产生检测信号 $a-b$ 的差值。类似地，如步骤 414 所描述的，检测信号 c 和 d 然后相减，以产生检测信号 $c-d$ 的差值。如步骤 416 中所描

述的，检测信号 $a-b$ 和 $c-d$ 然后相加，以产生检测信号 $(a-b)+(c-d)$ 之和，该总和包括与相对于旋转轴 Z (Z 旋转) 的角速度检测有关的信息。最后，如步骤 418 中所描述的，可以包含在陀螺检测信号 $a+c-b-d$ 中的加速度信息可选择地被消除，以增加陀螺 SNR。

信号处理领域的普通技术人员应当理解，图 4 中所描述的算法并非是产生理想结果的唯一算法，也可以利用其它合适的离散时间来实现。例如，步骤 412, 414, 416 和 418 中所描述的加法、减法和解调的顺序可以互换或合并。

本领域的普通技术人员将进一步理解，可以对提供两个加速度检测轴和一个角速度检测轴的上述微加工多传感器进行改进和变化而不脱离在此公开的创新思想。因此，除了由后附权利要求的范围和精神限定之外，不应当将本发明视为受到其它限制。



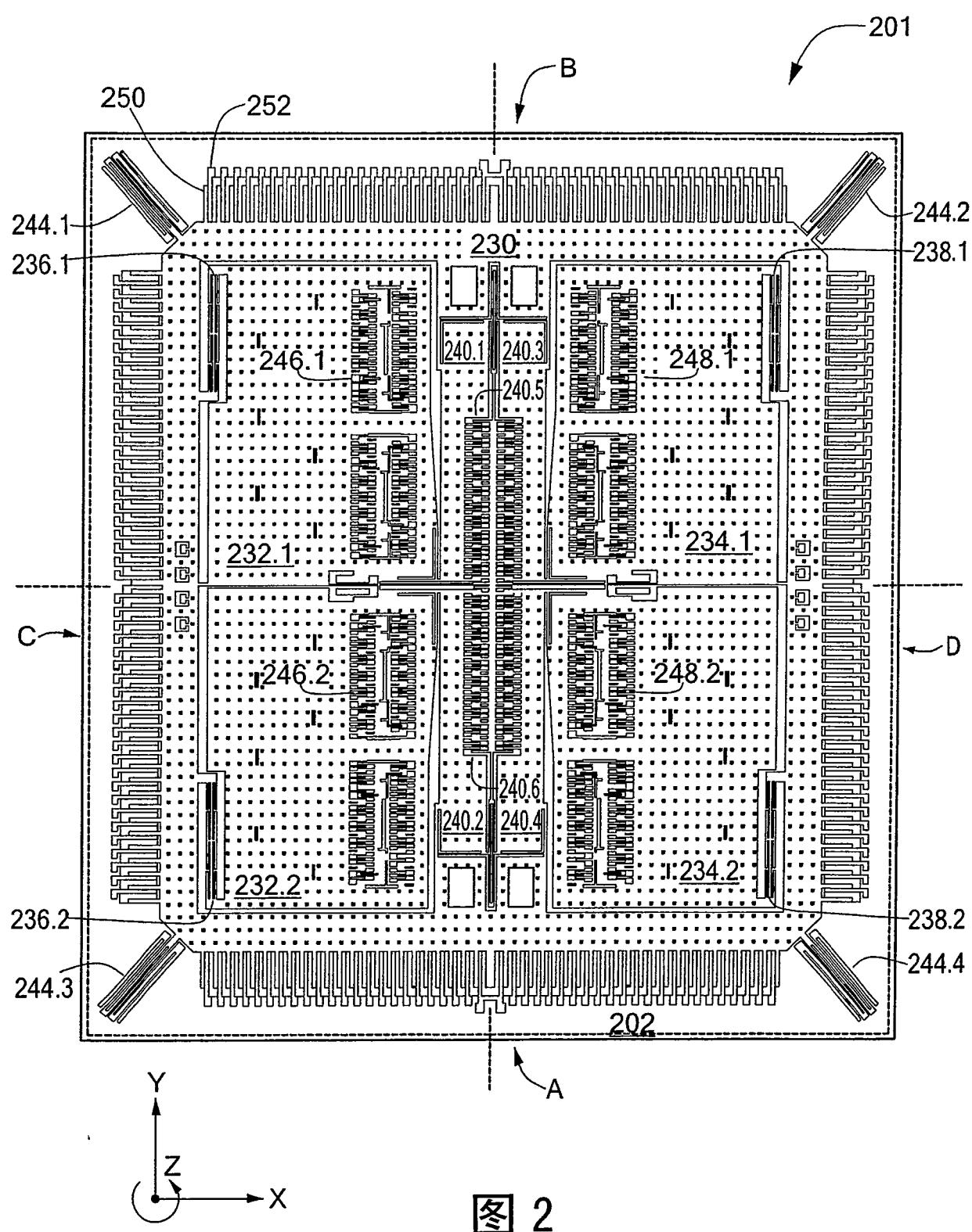


图 2

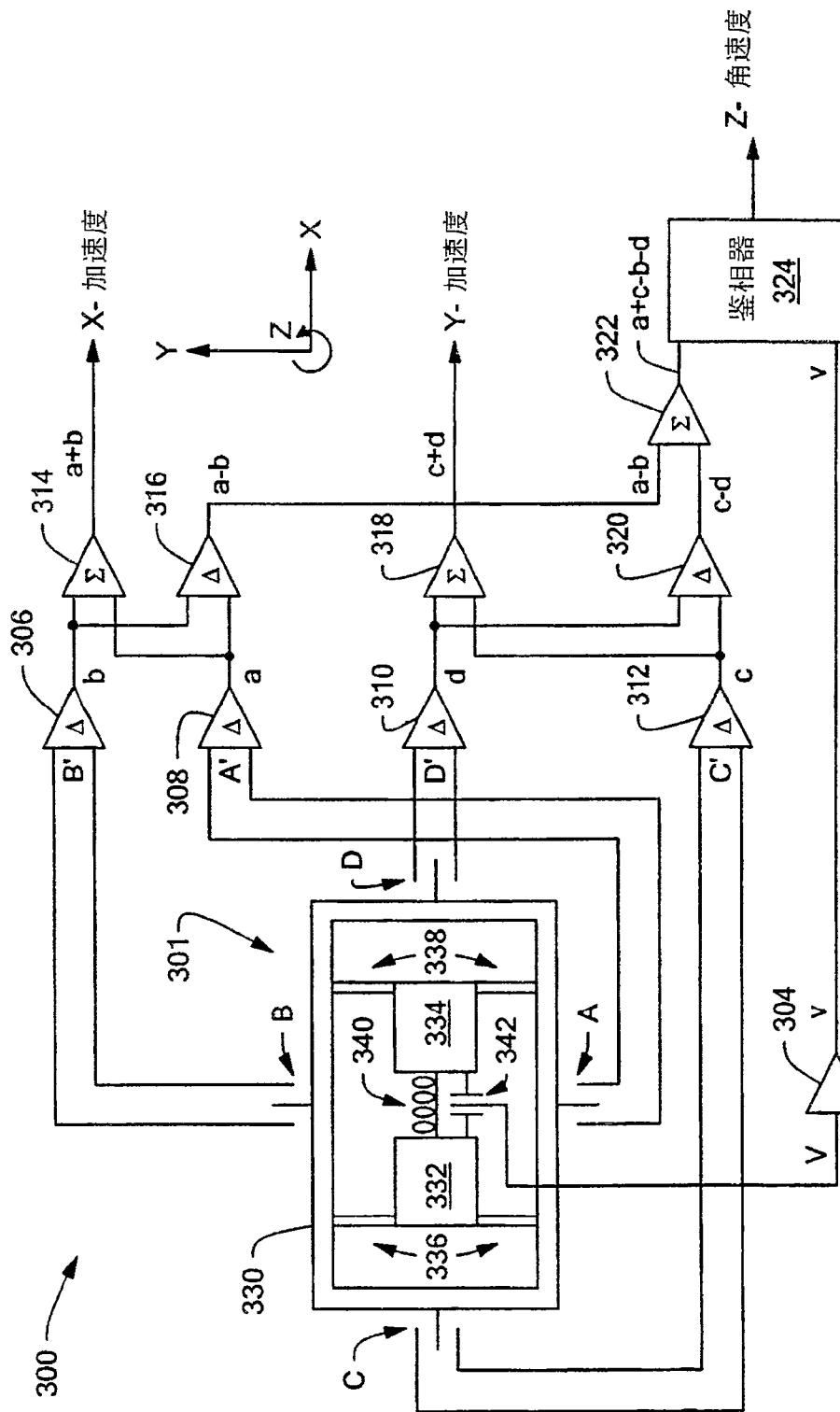


图3

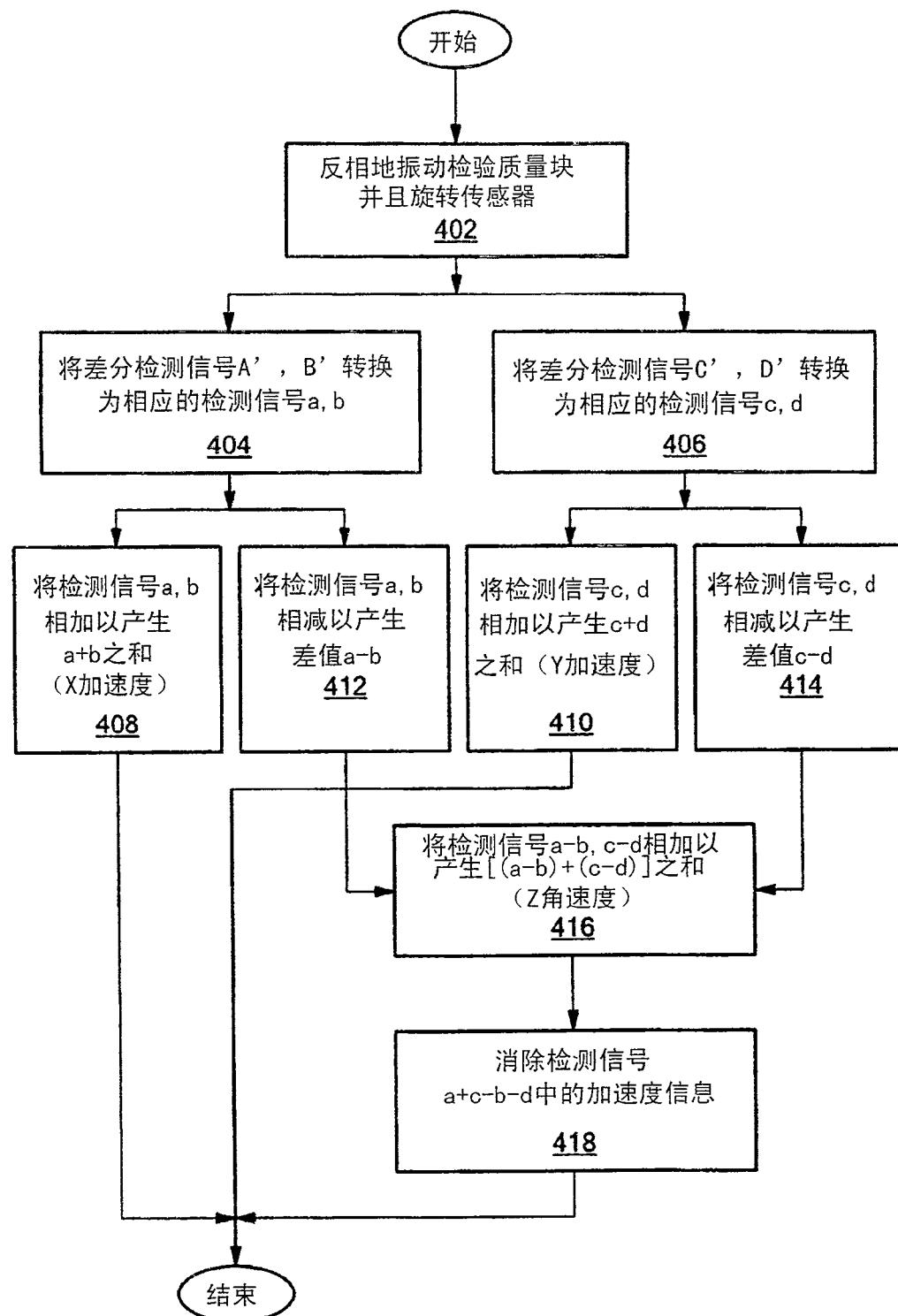


图4