

基于晶圆级封装的多模式传感器及其制造方法

技术领域

本公开涉及集成电路封装和传感器技术领域，尤其涉及一种基于晶圆级封装的多模式传感器及其制造方法。

背景技术

随着制造水平的提高，先进封装技术被逐渐应用于传感器领域。相比于传统传感器，先进封装的多模式传感器体积更小、重量更轻、功耗更低、成本更低，更加适用于在智能设备与可穿戴设备上的集成。随着对传感参量的增加和多维度传感的需求，大量多功能传感器通过独立传感器的简单组合实现，在效率、可靠性、轻量化、集成度、成本等方面存在大量问题。

在推动传感器走向小型化的同时，相关技术中的多模式传感器芯片的设计受到了挑战。例如，器件小型化和多模式要求更高可靠性、更高集成度、更小体积、工艺更简化的封装集成技术；相关采用薄膜涂覆工艺需要与晶圆级制备工艺更好兼容；更高效率的流片过程要求晶圆级的键合、晶圆级植球工艺与晶圆级封装工艺设计。另外，多模式传感器走向小型化和多模式的需求，也对工业进行微型多模式传感器的高可控高均一性批量制备提出了更高的要求。而且，在单个晶圆上制造多种功能的传感器还可能引发热预算超标、应力管理失控、工艺复杂度骤增、工艺成本暴涨、器件之间的串扰等问题。

因此，如何提供一种解决上述问题的薄膜型多模式传感器及其制造方法是亟待解决的问题。

发明内容

有鉴于此，本公开提出了一种基于晶圆级封装的多模式传感器及其制造方法。本公开提出的多模式传感器及制造方法根据电极电路设计、传感薄膜材料制备方式、封装方式的不同，可实现对多种物理、化学、生物参量，包括机械振动、速度、加速度、流速、角速度、间隙大小、压强、光强、图像、温度、湿度、气体种类、浓度、气溶胶、mRNA、DNA等的测量。

第一方面，本公开的实施例提供了一种基于晶圆级封装的多模式传感器，所述多模式传感器包括基体、多模式传感器主体、盖帽层和多个电极；

所述基体包括：第一衬底、介质层、第一绝缘层和多个硅通孔，所述介质层覆盖在所述第一衬底的第一面的至少部分区域；各所述硅通孔贯穿于所述第一衬底和所述介质层；所述第一绝缘层覆盖在所述第一衬底的第二面且至少暴露出对应于各所述硅通孔的通孔区域，所述第一衬底为硅衬底；

各所述电极设置于对应的所述通孔区域且与对应的所述硅通孔电连接；

所述多模式传感器主体包括传感电极和传感薄膜材料层，所述传感电极位于所述介质层上方且与对应的所述硅通孔连接；所述传感薄膜材料层覆盖在所述传感电极的目标区域上；

所述盖帽层包括第二衬底和键合环，所述第二衬底的第一面设置有容置槽，所述多模式传感器主体的至少部分处于所述容置槽中；所述键合环设置于所述第二衬底的第一面且闭合环绕所述容置槽，用于将所述基体和所述盖帽层固定连接在一起。

在一种可能的实现方式中，所述多模式传感器主体还包括：调控电极、第二绝缘层；
5 所述调控电极位于所述介质层上方且与对应的各所述硅通孔连接；
所述第二绝缘层位于所述介质层上方且至少覆盖所述调控电极，且所述第二绝缘层设置用于暴露出所述传感电极所连接的硅通孔的电极通孔；

其中，所述传感电极位于所述第二绝缘层上方且所述目标区域与所述调控电极重叠，并通过所述电极通孔连接到对应的各所述硅通孔。

10 在一种可能的实现方式中，所述介质层覆盖所述第一衬底的第一面的对应于所述容置槽的区域，所述键合环与所述第一衬底的第一面固定连接，以使所述基体和所述盖帽层固定连接在一起、所述多模式传感器主体和所述介质层位于所述容置槽内；或者

所述介质层覆盖所述第一衬底的第一面的全部区域，所述键合环与所述介质层固定连接，以使所述基体和所述盖帽层固定连接在一起、所述多模式传感器主体中至少所述
15 传感薄膜材料层位于所述容置槽内。

在一种可能的实现方式中，所述介质层覆盖所述第一衬底的第一面的对应于所述容置槽的区域且所述第二绝缘层还至多覆盖裸露的所述介质层，所述键合环与所述第一衬底的第一面固定连接，以使所述基体和所述盖帽层固定连接在一起、所述多模式传感器主体和所述介质层位于所述容置槽内；或者

20 所述介质层覆盖所述第一衬底的第一面的全部区域、且所述第二绝缘层还至多覆盖裸露的所述介质层的对应于所述容置槽的区域，所述键合环与所述介质层固定连接，以使所述基体和所述盖帽层固定连接在一起、所述多模式传感器主体位于所述容置槽内；
或者

所述介质层覆盖所述第一衬底的第一面的全部区域且所述第二绝缘层还覆盖裸露的
25 所述介质层的全部区域，所述键合环与所述第二绝缘层固定连接，以使所述基体和所述盖帽层固定连接在一起、至少所述传感薄膜材料层位于所述容置槽内。

在一种可能的实现方式中，所述调控电极的形状包括可延展形状，所述可延展形状包括蛇形、S形中的任意一种；

所述传感电极包括叉指电极和/或交汇电极，所述目标区域为所述传感电极的周期性
30 图案区域，所述调控电极的可延展形状区域和所述目标区域的尺寸匹配且位置重叠。

在一种可能的实现方式中，所述多模式传感器主体还包括传感结构，所述传感结构位于所述基体上方或所述基体内部，所述传感结构包括以下至少一种：多个复合膜层、具有预设立体结构的几何机构。

在一种可能的实现方式中，所述多模式传感器主体用于对外部气体进行检测，所述
35 第二衬底的第二面还设置有与所述容置槽连接的、位置对应于所述目标区域的物质交换孔。

在一种可能的实现方式中，所述盖帽层还包括：

透气膜层，位于所述第二衬底的第二面的上方且至少覆盖所述物质交换孔。

在一种可能的实现方式中，所述盖帽层还包括：

防尘网层，位于所述第二衬底的第二面且至少覆盖在所述透气膜层的与所述物质交换孔对应的区域，所述防尘网层的对应于所述物质交换孔的部分设置有多通孔。

第二方面，提供了一种基于晶圆级封装的多模式传感器的制造方法，所述方法包括：

- 5 基体制造步骤、多模式传感器主体制造步骤、盖帽层制造步骤、固定连接步骤和电极制造步骤，

所述基体制造步骤包括：在第一衬底的第一面制备介质层；对所述第一衬底和所述介质层进行刻蚀、并对所述第一衬底进行减薄，形成多个硅通孔；在所述第一衬底的第二面制备第一绝缘层，并对所述第一绝缘层进行刻蚀以至少暴露出各所述硅通孔对应的通孔区域，得到所述多模式传感器的基体；

所述多模式传感器主体制造步骤包括：在所述介质层的上方制造传感电极；在所述传感电极的目标区域的上方制造传感薄膜材料层，得到多模式传感器主体；

所述盖帽层制造步骤包括：在第二衬底的第一面制备键合环；对所述第二衬底的第一面进行刻蚀，形成容置槽，得到所述多模式传感器的盖帽层；

- 15 所述固定连接步骤包括：通过键合的方式将所述键合环与所述基体固定连接在一起，以使至少部分所述多模式传感器主体处于所述容置槽中；

所述电极制造步骤包括：在各所述通孔区域植球，形成所述多模式传感器的电极，完成所述多模式传感器的制备。

- 20 在一种可能的实现方式中，在所述介质层的上方制造传感电极；在所述传感电极的目标区域的上方制造传感薄膜材料层，得到多模式传感器主体，包括：

在所述介质层的上方依次制造调控电极和第二绝缘层，且使所述第二绝缘层至少覆盖所述调控电极；

对所述第二绝缘层进行刻蚀，形成电极通孔，以暴露出用于与传感电极连接的硅通孔；

- 25 在所述第二绝缘层上制造出目标区域与所述调控电极重叠的传感电极，并使所述传感电极通过所述电极通孔与对应的硅通孔连接；

在所述目标区域的上方制造传感薄膜材料层，得到多模式传感器主体。

在一种可能的实现方式中，通过键合的方式将所述键合环与所述基体固定连接在一起，包括以下任意一个步骤：

- 30 若所述介质层覆盖所述第一衬底的第一面的对应于所述容置槽的区域，则通过键合的方式将所述键合环与所述第一衬底的第一面固定连接，以使所述基体和所述盖帽层固定连接在一起、所述多模式传感器主体和所述介质层位于所述容置槽内；或者

- 35 若所述介质层覆盖所述第一衬底的第一面的全部区域，则通过键合的方式将所述键合环与所述介质层固定连接，以使所述基体和所述盖帽层固定连接在一起、所述多模式传感器主体中至少所述传感薄膜材料层位于所述容置槽内。

在一种可能的实现方式中，通过键合的方式将所述键合环与所述基体固定连接在一起，包括以下任意一个步骤：

若所述介质层覆盖所述第一衬底的第一面的对应于所述容置槽的区域且所述第二绝

缘层还至多覆盖裸露的所述介质层，则通过键合的方式将所述键合环与所述第一衬底的第一面固定连接，以使所述基体和所述盖帽层固定连接在一起、所述多模式传感器主体和所述介质层位于所述容置槽内；

5 若所述介质层覆盖所述第一衬底的第一面的全部区域、且所述第二绝缘层还至多覆盖裸露的所述介质层的对应于所述容置槽的区域，则通过键合的方式将所述键合环与所述介质层固定连接，以使所述基体和所述盖帽层固定连接在一起、所述多模式传感器主体位于所述容置槽内；

10 若所述介质层覆盖所述第一衬底的第一面的全部区域且所述第二绝缘层还覆盖裸露的所述介质层的全部区域，则通过键合的方式将所述键合环与所述第二绝缘层固定连接，以使所述基体和所述盖帽层固定连接在一起、至少所述传感薄膜材料层位于所述容置槽内。

在一种可能的实现方式中，所述调控电极的形状包括可延展形状，所述可延展形状包括蛇形、S形中的任意一种；并且/或者

15 所述传感电极包括叉指电极和/或交汇电极，所述目标区域为所述叉指电极或交汇电极的周期性图案区域，所述调控电极的可延展形状区域和所述目标区域的尺寸匹配且位置重叠。

在一种可能的实现方式中，所述多模式传感器主体还包括传感结构，所述传感结构位于所述基体上方或所述基体内部，所述传感结构包括以下至少一种：多个复合膜层、具有预设立体结构的几何机构。

20 在一种可能的实现方式中，所述盖帽层制造步骤还包括：

在对所述第二衬底的第一面进行刻蚀形成容置槽之前，对所述第二衬底进行刻蚀，形成贯穿所述第二衬底且对应于所述目标区域的物质交换孔，所述容置槽与所述通孔连接。

在一种可能的实现方式中，所述盖帽层制造步骤还包括：

25 将预先制备的透气膜贴合在所述第二衬底的第二面并至少覆盖所述物质交换孔，形成透气膜层。

在一种可能的实现方式中，所述盖帽层制造步骤还包括：

在所述透气膜层上方进行防尘网层制备，形成至少覆盖所述透气膜层的部分带有多个通孔的防尘网层。

30 通过上述第一方面以及第二方面提供的多模式传感器及其制造方法，能够整体设计系统优化，具有高性能、低成本、小型化、高可靠性、高工艺可行性与兼容性、高晶圆级均一性。根据整晶圆的应力动态调控与补偿、高工艺兼容度、热预算管理与分配对制造过程进行设置，避免制造过程中应力过大、工艺兼容性过差或热失效带来的良率损失，可广泛应用于晶圆级多模式传感器，例如气体多模式传感器、压力多模式传感器、温度
35 多模式传感器的制备与封装。

第三方面，本公开的实施例提供了一种基于晶圆级封装的多模式传感器，所述多模式传感器包括：基体、用于针对外界环境中检测对象进行检测的多模式传感器主体、盖帽层和多个电极；

所述基体包括：第一衬底、介质层、第一绝缘层和多个硅通孔，所述介质层覆盖在所述第一衬底的第一面的至少部分区域；各所述硅通孔贯穿于所述第一衬底和所述介质层；所述第一绝缘层覆盖在所述第一衬底的第二面且至少暴露出对应于各所述硅通孔的通孔区域，所述第一衬底包括硅衬底；

5 各所述电极设置于对应的所述通孔区域且与对应的所述硅通孔电连接；

所述多模式传感器主体包括调控电极、第二绝缘层、传感电极和传感薄膜材料层，所述调控电极位于所述介质层上方且与对应的各所述硅通孔连接；所述第二绝缘层位于所述介质层上方且至少覆盖所述调控电极；所述传感电极位于所述第二绝缘层上方且目标区域与所述调控电极重叠，并通过所述第二绝缘层中的通孔连接到对应的各所述硅通孔；所述传感薄膜材料层位于所述第二绝缘层上方且覆盖在所述传感电极的所述目标区域上；

所述盖帽层包括第二衬底和键合环，所述第二衬底的第一面设置有容置槽，至少部分所述多模式传感器主体处于所述容置槽中；所述第二衬底的第二面设置有与所述容置槽连接的、位置对应于所述目标区域的物质交换孔；所述键合环设置于所述第二衬底的第一面且闭合环绕所述容置槽，用于将所述基体和所述盖帽层固定连接在一起。

在一种可能的实现方式中，所述盖帽层还包括：

透气膜层，位于所述第二衬底的第二面的上方且至少覆盖所述物质交换孔。

在一种可能的实现方式中，所述盖帽层还包括：

20 防尘网层，位于所述第二衬底的第二面且至少覆盖在所述透气膜层的与所述物质交换孔对应的区域，所述防尘网层的对应于所述物质交换孔的部分设置有多通孔。

在一种可能的实现方式中，所述介质层覆盖所述第一衬底的第一面的对应于所述容置槽的区域且所述第二绝缘层还至多覆盖裸露的所述介质层，所述键合环与所述第一衬底的第一面固定连接，以使所述基体和所述盖帽层固定连接在一起、所述多模式传感器主体和所述介质层位于所述容置槽内；或者

25 所述介质层覆盖所述第一衬底的第一面的全部区域、且所述第二绝缘层还至多覆盖裸露的所述介质层的对应于所述容置槽的区域，所述键合环与所述介质层固定连接，以使所述基体和所述盖帽层固定连接在一起、所述多模式传感器主体位于所述容置槽内；或者

30 所述介质层覆盖所述第一衬底的第一面的全部区域且所述第二绝缘层还覆盖裸露的所述介质层的全部区域，所述键合环与所述第二绝缘层固定连接，以使所述基体和所述盖帽层固定连接在一起、所述多模式传感器主体中至少所述传感薄膜材料层位于所述容置槽内。

在一种可能的实现方式中，所述调控电极的形状包括可延展形状，所述可延展形状包括蛇形、S形中的任意一种；并且/或者

35 所述传感电极包括叉指电极和/或交汇电极，所述目标区域为所述传感电极的周期性图案区域，所述调控电极的可延展形状区域和所述目标区域的尺寸匹配且位置重叠。

在一种可能的实现方式中，所述多模式传感器主体还包括传感结构，所述传感结构位于所述基体上方或所述基体内部，所述传感结构包括以下至少一种：多个复合膜层、

具有预设立体结构的几何机构。

第四方面，提供了一种基于晶圆级封装的多模式传感器的制造方法，用于制造上述多模式传感器，所述方法包括：基体制造步骤、多模式传感器主体制造步骤、盖帽层制造步骤、固定连接步骤和电极制造步骤，

- 5 所述基体制造步骤包括：在第一衬底的第一面制备介质层；对所述第一衬底和所述介质层进行刻蚀、并对所述第一衬底进行减薄，形成多个硅通孔；在所述第一衬底的第二面制备第一绝缘层，并对所述第一绝缘层进行刻蚀以至少暴露出各所述硅通孔对应的通孔区域，得到所述多模式传感器的基体；

- 所述多模式传感器主体制造步骤包括：在所述介质层的上方依次制造调控电极和第二绝缘层，且使所述第二绝缘层至少覆盖所述调控电极；对所述第二绝缘层进行刻蚀，
10 暴露出用于与传感电极连接的硅通孔；在所述第二绝缘层上制造出目标区域与所述调控电极重叠的传感电极，并使所述传感电极与所述第二绝缘层暴露的硅通孔连接；在所述目标区域的上方制造传感薄膜材料层，得到多模式传感器主体；

- 所述盖帽层制造步骤包括：在第二衬底的第一面制备键合环；对所述第二衬底进行
15 刻蚀，形成贯穿所述第二衬底且对应于所述目标区域的物质交换孔；对所述第二衬底的第一面进行刻蚀，形成与所述物质交换孔连接的容置槽，得到所述多模式传感器的盖帽层；

 固定连接步骤：通过键合的方式将所述键合环与所述基体固定连接在一起，以使至少部分所述多模式传感器主体处于所述容置槽中；

- 20 电极制造步骤：在各所述通孔区域植球，形成所述多模式传感器的电极，完成所述多模式传感器的制备。

 在一种可能的实现方式中，所述盖帽层制造步骤，还包括：

 将预先制备的透气膜贴合在所述第二衬底的第二面并至少覆盖所述物质交换孔，形成透气膜层。

- 25 在一种可能的实现方式中，所述盖帽层制造步骤，还包括：

 在所述透气膜层上方进行防尘网层制备，形成至少覆盖所述透气膜层的部分带有多个通孔的防尘网层。

 在一种可能的实现方式中，通过键合的方式将所述键合环与所述基体固定连接在一起，包括以下任意一个步骤：

- 30 若所述介质层覆盖所述第一衬底的第一面的对应于所述容置槽的区域且所述第二绝缘层还至多覆盖裸露的所述介质层，则通过键合的方式将所述键合环与所述第一衬底的第一面固定连接，以使所述基体和所述盖帽层固定连接在一起、所述多模式传感器主体和所述介质层位于所述容置槽内；

- 若所述介质层覆盖所述第一衬底的第一面的全部区域、且所述第二绝缘层还至多覆盖裸露的所述介质层的对应于所述容置槽的区域，则通过键合的方式将所述键合环与
35 所述介质层固定连接，以使所述基体和所述盖帽层固定连接在一起、所述多模式传感器主体位于所述容置槽内；

 若所述介质层覆盖所述第一衬底的第一面的全部区域且所述第二绝缘层还覆盖裸露

的所述介质层的全部区域，则通过键合的方式将所述键合环与所述第二绝缘层固定连接，以使所述基体和所述盖帽层固定连接在一起、所述多模式传感器主体中至少所述传感薄膜材料层位于所述容置槽内。

在一种可能的实现方式中，所述调控电极的形状包括可延展形状，所述可延展形状
5 包括蛇形、S形中的任意一种；并且/或者

所述传感电极包括叉指电极或交汇电极，所述目标区域为所述叉指电极或交汇电极的周期性图案区域，所述调控电极的可延展形状区域和所述目标区域的尺寸匹配且位置重叠；并且/或者

所述传感薄膜材料层为球状气敏材料的自组装团簇。

10 通过上述第三方面以及第四方面提供的基于晶圆级封装的多模式传感器及其制造方法，所制造的多模式传感器传感薄膜材料区域与互联线路区域分离，并对多模式传感器主体的核心结构加以保护，使多模式传感器抗冲击与抗污染性能增强，降低了制造成本，并更好的兼容了晶圆级制造流程，并通过晶圆级封装技术提高封装质量与封装精度的均一性，提高了工业生产效率。

15 第五方面，本公开的实施例提供了一种基于晶圆级封装的多模式传感模组，包括：依次垂直堆叠的多个上述基于晶圆级封装的多模式传感器。

第六方面，本公开的实施例提供了一种基于晶圆级封装的多模式传感组件，包括：顶部二次封装层、多个传感器层、二次封装通孔互联层以及底部二次封装层，

其中，各所述传感器层设置有多个上述基于晶圆级封装的多模式传感器。

20 第七方面，本公开的实施例提供了一种基于晶圆级封装的多模式传感组件，包括：顶部二次封装层、如第五方面所述的基于晶圆级封装的多模式传感模组、二次封装通孔互联层以及底部二次封装层。

第八方面，本公开的实施例提供了一种基于晶圆级封装的多模式传感组件，包括：多个传感器层与至少两个基体侧壁，各所述传感器层设置有多个上述基于晶圆级封装的多模式传感器；
25

各所述传感器层与对应的基体侧壁封装键合固定连接在一起，且各所述多模式传感器通过自身基体中的硅通孔、互联线路由侧向连接至各所述基体侧壁，实现与所述基体侧壁表面线路的电连接。

第九方面，本公开的实施例提供了一种基于晶圆级封装的多模式传感阵列，包括：
30 顶部二次封装盖帽晶圆、多层传感器层晶圆、二次封装通孔互联晶圆与底部二次封装层晶圆，

其中，各传感器层晶圆包括多个上述基于晶圆级封装的多模式传感器。

集成多模式传感器通过晶圆背面直接互联，并在后续加工过程中对多个互联传感单元统一划片切割并封装，避免了后续单个传感微系统芯片在处理电路上分别集成导致的低生产效率，且可在晶圆级生产后在晶圆表面完成封装测试，特别是针对互联电路的测试，可提高多模式传感微系统芯片设备的生产效率，缩短设计与生产周期，降低整体成本。
35

根据下面参考附图对示例性实施例的详细说明，本公开的其它特征及方面将变得清

楚。

附图说明

包含在说明书中并且构成说明书的一部分的附图与说明书一起示出了本公开的示例性实施例、特征和方面，并且用于解释本公开的原理。

- 图1A示出根据本公开一实施例的基于晶圆级封装的多模式传感器的结构示意图。
图1B示出根据本公开一实施例的基于晶圆级封装的多模式传感器的截面示意图。
图2A示出根据本公开一实施例的基于晶圆级封装的多模式传感器的结构示意图。
图2B示出根据本公开一实施例的基于晶圆级封装的多模式传感器的截面示意图。
图3示出根据本公开一实施例的基于晶圆级封装的多模式传感器的结构示意图。
图4示出根据本公开一实施例的基于晶圆级封装的多模式传感器的结构示意图。
图5示出根据本公开一实施例的基于晶圆级封装的多模式传感器的结构示意图。
图6示出根据本公开一实施例的调控电极的结构示意图。
图7示出根据本公开一实施例的传感电极的结构示意图。
图8示出根据本公开一实施例的传感薄膜材料层的结构示意图。
图9示出根据本公开一实施例的加热电极、测试电极和敏感材料层的相对位置示意图。
图10A示出根据本公开一实施例的盖帽层的俯视图。
图10B示出根据本公开一实施例的基于晶圆级封装的多模式传感器的盖帽层的俯视图。
图11示出根据本公开一实施例的基于晶圆级封装的多模式传感器的结构示意图。
图12示出根据本公开一实施例的基于晶圆级封装的多模式传感器的制造方法的流程图。
图13示出根据本公开一实施例的基于晶圆级封装的多模式传感器的制造方法的制造过程示意图。
图14示出根据本公开一实施例的基于晶圆级封装的多模式传感器的制造方法中多模式传感器主体的制造过程示意图。
图15示出根据本公开一实施例的基于晶圆级封装的多模式传感器的制造方法中盖帽层的制造过程示意图。
图16示出根据本公开一实施例的基于晶圆级封装的多模式传感器的制造方法的制造过程示意图。
图17示出根据本公开一实施例的基于晶圆级封装的多模式传感器的制造方法中盖帽层的制造过程示意图。
图18A-图18C示出根据本公开一实施例的基于晶圆级封装的多模式传感模组的结构示意图。
图19示出根据本公开一实施例的基于晶圆级封装的多模式传感组件的二次封装结构示意图。
图20示出根据本公开一实施例的基于晶圆级封装的多模式传感阵列的结构示意图。
图21、图22示出根据本公开又一实施例的基于晶圆级封装的多模式传感组件的多次

封装结构示意图。

图23示出根据本公开一实施例的基于晶圆级封装的多模式传感阵列二次封装的制造过程示意图。

图24示出根据本公开一实施例的基于晶圆级封装的多模式传感组件的多次封装结构的制造过程示意图。

图25示出根据本公开一实施例的采用氧化硅绝缘层与金属电镀工艺实现的基体制备过程晶圆表面翘曲度表征曲线。

图26示出根据本公开一实施例的采取氧化硅/氮化硅复合膜层作为绝缘层后晶圆表面翘曲度表征曲线。

图27示出根据本公开一实施例的采取低应力慢速电镀工艺填充孔后晶圆表面翘曲度表征曲线。

具体实施方式

以下将参考附图详细说明本公开的各种示例性实施例、特征和方面。附图中相同的附图标记表示功能相同或相似的元件。尽管在附图中示出了实施例的各种方面，但是除非特别指出，不必按比例绘制附图。

在这里专用的词“示例性”意为“用作例子、实施例或说明性”。这里作为“示例性”所说明的任何实施例不必解释为优于或好于其它实施例。

另外，为了更好的说明本公开，在下文的具体实施方式中给出了众多的具体细节。本领域技术人员应当理解，没有某些具体细节，本公开同样可以实施。在一些实例中，对于本领域技术人员熟知的方法、手段、元件和电路未作详细描述，以便于凸显本公开的主旨。

为解决上述技术问题，本公开实施例提供了一种基于晶圆级封装的多模式传感器及其制造方法，所制造的多模式传感器能够整体设计系统优化，所制造的多模式传感器具有高性能、低成本、小型化、高可靠性、高工艺可行性与兼容性、高晶圆级均一性。基于晶圆级键合的多模式传感器制备与封装工艺过程可根据整晶圆的应力动态调控与补偿、高工艺兼容度、热预算管理 with 分配对制造过程进行设置，避免制造过程中应力过大、工艺兼容性过差或热失效带来的良率损失，可广泛应用于晶圆级多模式传感器，例如气体多模式传感器、压力多模式传感器、温度多模式传感器的制备与封装。

图1A、图2A、图3-图5示出根据本公开一实施例的基于晶圆级封装的多模式传感器的结构示意图。其中，本公开还提供一种多模式传感模组，该多模式传感模组包括本公开的一个或多个多模式传感器，可以根据实际需要多模式传感模组中多模式传感器的种类和数量进行设置，本公开对此不作限制。

如图1A所示，该多模式传感器包括：基体、多模式传感器主体、盖帽层和多个电极41。所述基体可以包括：第一衬底11、介质层12、第一绝缘层16和多个硅通孔15。所述多模式传感器主体包括传感电极20和传感薄膜材料层21。盖帽层包括第二衬底31和键合环32。

其中，如图1A所示，所述基体可以包括：第一衬底11、介质层12、第一绝缘层16和

多个硅通孔15。所述介质层12覆盖在所述第一衬底11的第一面的至少部分区域。各所述硅通孔15贯穿于所述第一衬底11和所述介质层12。所述第一绝缘层16覆盖在所述第一衬底11的第二面且至少暴露出对应于各所述硅通孔15的通孔区域15'（如图1B所示），所述第一衬底11为硅衬底。其中，图1B和图2B仅是本公开给出的一种示意性示例，本领域技术人员可以根据实际需要对硅通孔的位置、数量进行设置，本公开对此不作限制。

在本实施例中，介质层用于将第一衬底与多模式传感器主体中的传感电极以及下文描述的调控电极隔离，介质层可以为ONO介质层，ONO介质层可以为氧化硅（ SiO_2 ）/氮化硅（ SiN_x ）/氧化硅层，可以采用等离子体增强化学气相沉积法（Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition, PECVD）等工艺制备。由于氮化硅与氧化硅有相反的热膨胀特性，因此可在高温工艺中减少热膨胀带来的附加应力，所以可以将介质层设置为ONO介质层。

例如，如图5所示，介质层12可以包括氧化硅层121、氮化硅层122和氧化硅层123。硅通孔15的直径可以为 $1\mu\text{m}\sim 50\mu\text{m}$ 、深宽比可以为5:1~10:1。第一绝缘层的材料可以是氧化硅等绝缘材料，第一绝缘层的厚度可以为300nm~1000nm。本领域技术人员可以根据实际需要对介质层、第一绝缘层、硅通孔的材料、尺寸进行设置，本公开对此不作限制。

如图1A所示，各所述电极41设置于对应的所述通孔区域15'且与对应的所述硅通孔15电连接。这样，通过硅通孔15下方连接电极41，可减少平面金属布线，将测试区域与电气区域有效隔离，从而提高器件可靠性，并实现器件小型化。

在本实施例中，电极41可以为通过激光植球等植球方式制造的金属球，金属球的材料可以是铅锡合金（PbSn）等。如图2A、图2B、图3-图5所示，该多模式传感器还可以包括金属电极沉积层17。该金属电极沉积层17位于各通孔区域15'且覆盖各通孔区域15'。金属电极沉积层17的材料可以是钛（Ti）、铂（Pt）、金（Au）等金属。金属电极沉积层17的厚度可以是550nm。通过金属电极沉积层17可以便于后续通过植球方式制备电极41，保证植球的顺利进行。本领域技术人员可以根据实际需要对金属电极沉积层、电极的材料、尺寸进行设置，本公开对此不作限制。

如图1A所示，所述多模式传感器主体包括传感电极20和传感薄膜材料层21。所述传感电极20位于所述介质层12上方且与对应的各所述硅通孔15连接。所述传感薄膜材料层21覆盖在所述传感电极20的目标区域上或处于目标区域下方。

在本实施例中，传感薄膜材料层的材料可以为氧化物、金属、高分子聚合物等，根据实际需要切换不同的材料。传感薄膜材料层可以用自组装或整晶圆涂覆形成，并通过光刻实现图案化，从而与晶圆级制造技术更好兼容。其中，多模式传感器主体工作过程中可以在传感电极两端施加一定电压，当传感薄膜材料层在传感过程中发生特异性变化时，传感电极两端电信号会发生改变，通过读取该信号变化可实现相应检测。

在一种可能的实现方式中，如图2A、图3-图5所示，在所制造的多模式传感器中传感薄膜材料层21需要进行一些外部调控正常工作的情况下，所述多模式传感器主体还可以包括：调控电极18、第二绝缘层19。所述调控电极18位于所述介质层12上方且与对应的各所述硅通孔15连接。所述第二绝缘层19位于所述介质层12上方且至少覆盖所述调控电极18，且所述第二绝缘层19设置有助于暴露出所述传感电极20所连接的硅通孔15的电极

通孔191。

其中，若多模式传感器主体还可以包括：调控电极18、第二绝缘层19，则所述传感电极20位于所述第二绝缘层19上方且目标区域与所述调控电极18重叠，并通过所述电极通孔191连接到对应的各所述硅通孔15。

5 在该实现方式中，调控电极18用于在通电时产生温度变化、机械应变、磁场、极化、发光等，这些外部条件变化能够对多模式传感器主体中传感薄膜材料层21进行调控，对传感薄膜材料层21的温度、应力、磁极化强度等进行调节，使得传感薄膜材料层21在多模式传感器工作过程中处于所需工作状态，保证多模式传感器主体可以进行相应的检测。调控电极材料可以为金属电阻丝、电致伸缩材料、电磁铁、铁电体、光伏材料等。调控
10 电极可设置多个，其形状、尺寸、排列顺序、材料均可按需要进行设计，本发明对此不作限制。

示例性地，若多模式传感器为气体传感器等需要对外界待测物质进行检测的传感器，则多模式传感器主体还可以包括调控电极18、第二绝缘层19。若多模式传感器为气体传感器，则传感薄膜材料层21的材料可以是气敏材料，调控电极18可以为加热电极。气敏
15 材料被调控电极18加热处于工作状态后可以与气体分子进行特异性结合。其中，环境中气体的种类和浓度不同，气敏材料层与气体分子的特异性结合存在差异，使得气敏材料层的电阻存在差异，在监测过程中向传感电极20施加恒压并测量流过传感电极20的电流值，由于气敏材料层因与气体分子的特异性结合导致其电阻存在差异，使得检测到的传感电极20的电流值会发生变化，基于电流值的变化可以确定出气敏材料层阻值的变化，
20 进而可以对与气敏材料层结合的气体的种类和浓度进行识别。可以根据气体检测的种类和浓度需要对气敏材料进行设置，本公开对此不作限制。

其中，第二绝缘层19用于隔绝传感电极20和调控电极18，使得传感电极20和调控电极18互不联通。其中，第二绝缘层19的材料可以为氧化硅、氮化硅等绝缘材料，本公开对此不作限制。

25 在一种可能的实现方式中，若多模式传感器为气体传感器，则调控电极18与传感电极20连接的硅通孔15可以对称位于容置槽312的四个角且在容置槽312内部。容置槽312的深度（容置槽312顶部与多模式传感器主体顶部之间的距离）应在100 μm 以上，以在多模式传感器主体表面提供一定的稳定气体层，使传感薄膜材料层21可以与气体分子充分接触。

30 图6示出根据本公开一实施例的调控电极的结构示意图。图7示出根据本公开一实施例的传感电极的结构示意图。图8示出根据本公开一实施例的传感薄膜材料层的结构示意图。图9示出根据本公开一实施例的调控电极、传感电极和传感薄膜材料层的相对位置示意图。其中，为更清晰的示意调控电极18、传感电极20和传感薄膜材料层21在空间中的相对位置关系，图9并未示出第二绝缘层19。

35 在一种可能的实现方式中，所述调控电极18的形状可以包括可延展形状，所述可延展形状可以包括如图6、图9所示的蛇形、S形等具有延展性的形状。这样，可以增加调控电极的长度。调控电极18可以包括可延展形状区域M1、用于连接硅通孔15的第一连接区181、用于实现可延展形状区域M1与第一连接区181之间连接的第一导线区182。

在一种可能的实现方式中，如图7所示，传感电极20可以为叉指电极、交汇电极或其他类型电极。叉指电极中互不联通的叉指之间可以通过其上方覆盖的传感薄膜材料层21实现联通。传感电极20可以包括周期性图案区域M2、用于连接硅通孔15的第二连接区201、用于实现周期性图案区域M2与第二连接区201之间连接的第二导线区202。目标区域可以为周期性图案区域M2。

其中，调控电极18中可延展形状区域M1和第一导线区182的宽度 w_1 与叉指电极的宽度（也即周期性图案区域M2和第二连接区201的宽度） w_2 相等，也即 $w_1=w_2$ 。可延展形状区域M1条状金属之间的距离 s_1 与叉指电极中叉指之间的距离（也即周期性图案区域M2中条状金属之间的距离） s_2 相同，也即 $s_1=s_2$ 。并且， w_1 与 s_1 可以相等。可延展形状区域M1与周期性图案区域M2的尺寸相同。可延展形状区域M1、周期性图案区域M2的周期数也可以相同，其中，如图6、图9所示的可延展形状区域M1的周期数为4，图7、图9所示的周期性图案区域M2的周期数为4。调控电极18的厚度和传感电极20的厚度可以相同，该厚度可以为80nm~150nm，例如调控电极18和传感电极20的厚度设置为110nm。

在该实现方式中，调控电极18和传感电极20的材料可以是钛（Ti）、铂（Pt）等金属，本公开对此不作限制。

在一种可能的实现方式中，如图8、图9所示，传感薄膜材料层21可以是球状敏感材料211的自组装团簇。传感薄膜材料层21的尺寸可以略小于或等于周期性图案区域M2的尺寸，以使得传感薄膜材料层21可以完全覆盖周期性图案区域M2，保证传感器的电路导通。

在本实施例中，可以根据传感器的尺寸设置需要对传感薄膜材料层21、传感电极20、调控电极18的尺寸进行设置。假定根据传感器的尺寸设置确定传感薄膜材料层21的尺寸为 $100\mu\text{m}\times 100\mu\text{m}\sim 300\mu\text{m}\times 300\mu\text{m}$ ，则 s_1 、 s_2 、 w_1 、 w_2 可以为 $5\mu\text{m}\sim 20\mu\text{m}$ ，传感电极20、调控电极18的长度可以为 $35\mu\text{m}\sim 380\mu\text{m}$ 。可以理解的是，本领域技术人员可以根据实际需要，对传感器主体中各部分的尺寸、材料等进行设置，本公开对此不作限制。

图10A示出根据本公开一实施例的盖帽层的俯视图。如图1A、图2A、图3-图5、图10A所示，盖帽层可以包括第二衬底31和键合环32。所述第二衬底31的第一面设置有容置槽312，至少部分所述多模式传感器主体处于所述容置槽312中。所述键合环32设置于所述第二衬底31的第一面且闭合环绕所述容置槽312，用于将所述基体和所述盖帽层固定连接在一起。

图10B示出根据本公开一实施例的基于晶圆级封装的多模式传感器的盖帽层的俯视图。图11示出根据本公开一实施例的基于晶圆级封装的气体传感器的结构示意图。当本公开的多模式传感器为气体传感器时，如图10B、图11所示，在一种可能的实现方式中，若多模式传感器为气体传感器，则盖帽层还可以包括透气膜层33、或者盖帽层还可以包括透气膜层33和防尘网层34。第二衬底31的第二面可以设置有与所述容置槽312连接的、位置对应于所述目标区域的物质交换孔311。透气膜层33位于所述第二衬底31的第二面的上方且至少覆盖所述物质交换孔311。防尘网层34，位于所述第二衬底31的第二面且至少覆盖在所述透气膜层33的与所述物质交换孔311对应的区域，所述防尘网层34的对应于物质交换孔311的部分设置有多通孔341。

在该实现方式中，透气膜层33可以覆盖在第二衬底31的第二面的全部区域（如图11所示），也可以仅覆盖在第二衬底31的第二面对应于所述物质交换孔311的区域。该透气膜层33具有选择通过性，可以使气体进入物质交换孔311中，阻挡十微米级的污染物进入物质交换孔311中。例如，透气膜层33的材料可以为聚合物。这样，可以避免污染物对多模式传感器中传感薄膜材料层造成污染和损伤。本领域技术人员可以根据实际需要设置透气膜层的材料、厚度进行设置，本公开对此不作限制。

防尘网层34可以覆盖在透气膜层33的全部区域（如图11所示），也可以仅覆盖在透气膜层33的对应于所述物质交换孔311的区域。防尘网层34与透气膜层33的尺寸可以相同也可以不同，本公开对此不作限制。防尘网层34用于阻挡灰尘等大颗粒污染物通过物质交换孔311落入多模式传感器内部，避免大颗粒污染物对多模式传感器中传感薄膜材料层造成污染和机械损伤。防尘网层34的材料可以是金属等能够抵抗腐蚀性气体的腐蚀的材料，以提高多模式传感器的可靠性。例如，防尘网层34的材料可以是Pt。防尘网层34的厚度可以是100nm~300nm。本领域技术人员可以根据实际需要设置防尘网层的材料、厚度进行设置，本公开对此不作限制。

在一种可能的实现方式中，若多模式传感器为气体传感器，则盖帽层还可以仅包括防尘网层（也即不包括透气膜层），该和防尘网层位于所述第二衬底31的第二面且至少覆盖在所述物质交换孔311对应的区域，所述防尘网层的至少覆盖物质交换孔311的区域设置多个通孔341。

在一种可能的实现方式中，该多模式传感器还可以包括处理模块，该处理模块用于对调控电极和传感电极的通电进行控制，以使得多模式传感器工作过程中，调控电极能通电以将传感薄膜材料层调整至所需工作状态。在多模式传感器工作过程中，处理模块本身或者控制对应的检测模块对流经传感电极的电流进行监测，并根据监测结果确定多模式传感器所检测到的针对与对象的相关数据。其中，检测对象可以是任意物理、化学、生物参量，如物理参量（温度、湿度、加速度、振动、图像、温度、湿度等），化学参量（有机分子、无机分子、复合材料分支等、气体成分、液体成分）、生物参量（mRNA、DNA、病毒、细菌等），本公开对此不作限制。例如，若检测对象为气体，则确定的相关数据可以是种类和/或浓度。

在本实施例中，盖帽层的厚度可以为200微米~400微米，第一衬底和第二衬底可以为硅等材料，以使得二者与器件层制造工艺具有较高的兼容性，保证第一衬底、基体与键合环之间接触强度的匹配。盖帽层的材料还可以是玻璃等材料，本公开对此不作限制。

在本实施例中，盖帽层和基体可以是尺寸相同、厚度相近或相同结构。这样，可以确保基体和盖帽层之间有相当的力学性能，在键合及后续操作中不会因膨胀系数、抗压强度等不匹配而产生问题。键合环32的材料可以是易于与基体键合的材料，例如，键合环32的材料可以是金（Au）、AuSn合金、高分子材料等粘合强度满足键合要求的材料，本公开对此不作限制。为保证盖帽层和基体之间固定连接的可靠性，可以对键合环的宽度w3和厚度h进行设置，例如，w3可以为100μm~150μm，h可以为150nm。如图10A所示，键合环32可以环绕容置槽且位于第二衬底31的第一面的边缘。其中，键合环可以是图10A、图10B所示的连续的环状结构，也可以是不连续的环状结构，还可以是平行的条带等等，

只要键合环能够保证基体和盖帽层之间连接的强度需求就可以，本公开对键合环的形状不作限制。

在本实施例中，可以通过键合的方式将键合环32固定到基体上，以将所述基体和所述盖帽层固定连接在一起。而由于基体和多模式传感器主体结构上的差异，与键合环32键合连接的结构存在差异，以下通过键合方式一、二、三、四、五进行示意性说明。

键合方式一：

如图4所示，若多模式传感器主体还包括第二绝缘层，且所述介质层12覆盖所述第一衬底11的第一面的对应于所述容置槽312的区域且所述第二绝缘层19还至多覆盖裸露的所述介质层12，则通过键合的方式将所述键合环32与所述第一衬底11的第一面固定连接，以使所述基体和所述盖帽层固定连接在一起、所述多模式传感器主体和所述介质层12位于所述容置槽312内。

键合方式二：

如图3所示，若多模式传感器主体还包括第二绝缘层，且所述介质层12覆盖所述第一衬底11的第一面的全部区域、且所述第二绝缘层19还至多覆盖裸露的所述介质层12的对应于所述容置槽312的区域，则通过键合的方式将所述键合环32与所述介质层12固定连接，以使所述基体和所述盖帽层固定连接在一起、所述多模式传感器主体位于所述容置槽312内。

键合方式三：

如图5所示，若多模式传感器主体还包括第二绝缘层，且所述介质层12覆盖所述第一衬底11的第一面的全部区域且所述第二绝缘层还覆盖裸露的所述介质层12的全部区域，则通过键合的方式将所述键合环32与所述第二绝缘层19固定连接，以使所述基体和所述盖帽层固定连接在一起、至少所述传感薄膜材料层21位于所述容置槽312内。

键合方式四：

若多模式传感器主体仅包括传感电极和传感薄膜材料层，且所述介质层12覆盖所述第一衬底11的第一面的对应于所述容置槽312的区域，则通过键合的方式将所述键合环32与所述第一衬底11的第一面固定连接，以使所述基体和所述盖帽层固定连接在一起、所述多模式传感器主体和所述介质层12位于所述容置槽312内。

键合方式五：

如图1A所示，若多模式传感器主体仅包括传感电极和传感薄膜材料层，且所述介质层12覆盖所述第一衬底11的第一面的全部区域，则通过键合的方式将所述键合环32与所述介质层12固定连接，以使所述基体和所述盖帽层固定连接在一起、所述多模式传感器主体中至少所述传感薄膜材料层21位于所述容置槽312内。

在本实施例中，容置槽312的位置、尺寸和形状可以根据多模式传感器主体的位置、尺寸和形状进行设置，以使得至少多模式传感器主体的传感薄膜材料层21处于容置槽312中。容置槽312的深度可以为100微米~300微米。举例来说，若多模式传感器为如图5所示的结构，传感薄膜材料层21的尺寸为100 μm ×100 μm ~300 μm ×300 μm ，则容置槽312可以为长方体结构，其尺寸为500 μm ×500 μm ×100 μm （100 μm 为深度）。

在一些实施例中，若多模式传感器为气体传感器或其它需要与外界环境接触的传感

器，则容置槽312设置在多模式传感器主体的上方且容置槽312和物质交换孔311均处于传感薄膜材料层21上方，是为了保证传感薄膜材料层21可以与外界环境接触，实现针对检测对象的检测。其中，对于需要测量的外界环境中对应于检测对象的待测物质（如液相、气相、固体分散相等）也可以通过物质交换孔311扩散到传感薄膜材料层21，使得待测物质与材料层21能充分接触。容置槽312的位置、尺寸和形状可以根据多模式传感器主体的位置、尺寸和形状进行设置，以使得至少多模式传感器主体的传感薄膜材料层21处于容置槽312中且与物质交换孔311对应的位置。容置槽312的深度可以为100微米~300微米。

图12示出根据本公开一实施例的基于晶圆级封装的多模式传感器的制造方法的流程图。图13示出根据本公开一实施例的基于晶圆级封装的多模式传感器的制造方法的制造过程示意图。图14示出根据本公开一实施例的基于晶圆级封装的多模式传感器的制造方法中多模式传感器主体的制造过程示意图。图15示出根据本公开一实施例的基于晶圆级封装的多模式传感器的制造方法中盖帽层的制造过程示意图。图16示出根据本公开一实施例的基于晶圆级封装的多模式传感器中气体传感器的制造方法的制造过程示意图。图17示出根据本公开一实施例的基于晶圆级封装的多模式传感器中气体传感器的制造方法中盖帽层的制造过程示意图。

如图12-图15所示，该方法包括：基体制造步骤、多模式传感器主体制造步骤、盖帽层制造步骤、固定连接步骤和电极制造步骤。其中，基体制造步骤包括步骤S501至步骤S503。多模式传感器主体制造步骤包括步骤S504至步骤S505。盖帽层制造步骤包括步骤S506至步骤S507。固定连接步骤包括步骤S508。电极制造步骤包括步骤S509。其中，图13和图14中示意性的以制造图1所示的多模式传感器（假定图1中介质层为ONO介质层）为例，示出了制造方法的流程。图16和图17中示意性的以制造图11所示的多模式传感器（假定图11中介质层为ONO介质层）为例，示出了制造方法的流程。可以理解的是，基体制造步骤可以在盖帽层制造步骤之前、之后、或者同步执行。多模式传感器主体制造步骤在基体制造步骤之后执行，固定连接步骤在执行完基体制造步骤、多模式传感器主体制造步骤、盖帽层制造步骤之后执行，电极制造步骤在固定连接步骤之后执行。

基体制造步骤：包括步骤S501至步骤S503。

在步骤S501中，在第一衬底11的第一面制备出介质层12，介质层12可以为氧化硅层121、氮化硅层122和氧化硅层123。可以采用PECVD工艺制备该介质层12。

在步骤S502中，对第一衬底11和介质层12进行刻蚀、并对所述第一衬底11进行减薄，形成多个硅通孔15。

其中，如图13所示，步骤S502可以包括：

对第一衬底11和介质层12进行刻蚀，形成制备该多模式传感器所需的多个盲孔13；通过热氧化在盲孔13表面制备氧化硅绝缘层（可以避免后续高温损坏绝缘层），而后在绝缘层表面采用原子层沉积（Atomic layer deposition, ALD）工艺或物理气相沉积(Physical Vapor Deposition, PVD)工艺依次制备TiN阻挡层和Cu种子层；可以采用电镀工艺在盲孔13中填充金属形成如图10B所示的金属结构14，而后可以退火以部分释放填充金属带来的应力；由于介质层12上也电镀上了金属结构14，因而可以继续采用化学机械抛光（Chemical Mechanical Polishing, CMP）等工艺对介质层12上的金属结构14进行抛光；抛

光后对第一衬底11的第二面进行减薄直至暴露出盲孔13，得到硅通孔15。其中，为简图10B中并未示出硅通孔中的绝缘层、TiN阻挡层和Cu种子层。绝缘层用于在硅通孔15中的金属柱与第一衬底11之间实现电绝缘。阻挡层用于防止硅通孔15中的金属柱中电极金属扩散进入绝缘层及第一衬底11。

5 其中，可以采用电感耦合等离子体（Inductively Coupled Plasma, ICP）等干法刻蚀工艺对介质层12进行刻蚀，采用Bosch工艺对第一衬底11进行刻蚀，最终形成多个盲孔13。

在步骤S503中，在所述第一衬底11的第二面制备第一绝缘层16，并对所述第一绝缘层16进行刻蚀以至少暴露出各所述硅通孔15对应的通孔区域，完成基体的制造。

其中，可以采用PECVD制备第一绝缘层16，可以避免高温下硅通孔中的金属扩散。
10 而后可以采用光刻工艺对通孔区域进行图案化，而后利用ICP工艺刻蚀第一绝缘层16直至暴露出各通孔区域。而后可以通过磁控溅射或蒸发镀膜等金属沉积方式在通孔区域中沉积金属电极沉积层17，作为后续植球的接触区（接触区的制造步骤为可选步骤）。通过制备硅通孔过程中的抛光和步骤S503中的减薄，可以消除薄膜应力导致的晶圆翘曲，保障后续工艺的顺利实施。

15 多模式传感器主体制造步骤：包括步骤S504至步骤S505。

在步骤S504中，在介质层12的表面制备传感电极20。

其中，可以在介质层12表面涂覆光刻胶，基于传感电极20的结构和尺寸对光刻胶进行图案化后，暴露出介质层12表面需要制备传感电极20的区域，通过磁控溅射或蒸发镀膜等金属沉积方式进行金属沉积形成传感电极20，而后去掉介质层12表面的多道光刻胶。

20 在步骤S505中，在所述传感电极20的目标区域的上方制造传感薄膜材料层21，完成多模式传感器主体的制造。

其中，采用光刻的方式对传感电极20的目标区域上方进行图案化，暴露出传感电极20表面需要制备传感薄膜材料层21的区域，而后采用涂覆的方式进行传感薄膜材料涂覆，剥离光刻胶之后得到传感薄膜材料层21，得到多模式传感器主体。

25 在一种可能的实现方式中，如图14所示，若多模式传感器主体还包括调控电极和第二绝缘侧，则多模式传感器主体的制造步骤可以包括：在介质层12的表面制备调控电极18。在调控电极18以及裸露的介质层12表面制造第二绝缘层19；对第二绝缘层19进行刻蚀，形成电极通孔191，以通过电极通孔191暴露出多个硅通孔15中用于与传感电极20连接的硅通孔；在所述第二绝缘层19上制造出目标区域与所述调控电极18重叠的传感电极
30 20，并使所述传感电极20通过电极通孔191与对应的硅通孔15连接；在所述目标区域的上方制造传感薄膜材料层21，完成多模式传感器主体的制造。

在该实现方式中，可以在介质层12表面涂覆光刻胶，基于调控电极18的结构和尺寸对光刻胶进行图案化后，暴露出介质层12表面需要制造调控电极18的区域，通过磁控溅射或蒸发镀膜等金属沉积方式进行金属沉积形成调控电极，而后去掉介质层12表面的多
35 道光刻胶。可以采用PECVD工艺沉积第二绝缘层。可以在第二绝缘层19表面涂覆光刻胶，基于传感电极20连接的硅通孔15的位置和尺寸对光刻胶进行图案化后，通过湿法刻蚀工艺对第二绝缘层19进行刻蚀，暴露出多个硅通孔15中用于与传感电极20连接的硅通孔而后去掉第二绝缘层19表面的多道光刻胶。可以在第二绝缘层19表面涂覆光刻胶，基于传

感电极20的结构和尺寸对光刻胶进行图案化后，暴露出第二绝缘层19表面需要制备传感电极20的区域，通过磁控溅射或蒸发镀膜等金属沉积方式进行金属沉积形成传感电极20，而后去掉第二绝缘层19表面的多余光刻胶。采用光刻的方式对传感电极20的目标区域上方进行图案化，暴露出第二绝缘层19和传感电极20表面需要制备传感薄膜材料层21的区域，而后采用涂覆的方式进行传感薄膜材料涂覆，剥离光刻胶之后得到传感薄膜材料层21，得到多模式传感器主体。

在一些实施例中，若多模式传感器主体还包括传感结构，以传感结构位于基体上方为例，可以将预先制备好的传感结构安装到基体上方对应的位置。还可以根据传感结构的立体形状结构，直接在基体上方制备传感结构。例如，可以在基体上方涂覆光刻胶并暴露出基体上设置该传感结构的区域，而后在该区域上制备结构层，而后通过刻蚀等加工工艺对结构层进行加工，形成传感结构。其中，可以根据传感结构的位置、传感薄膜材料层与传感电极的上下位置关系，对传感结构、传感薄膜材料层、传感电极的制备顺序进行设置，本公开对此不作限制。

图13-图17示出的仅是进行一个多模式传感器制造的过程，实际可以生产中可以在一个晶圆上实现多个多模式传感器的同步制造，在一种可能的实现方式中，在晶圆上进行多个多模式传感器的制造中，可在相邻的不同传感电极表面涂覆不同的传感薄膜材料，以实现不同的传感功能的多模式传感器的制备。其中，可以根据需要涂覆的传感薄膜材料的不同，在涂覆某种传感薄膜材料时，通过光刻暴露出需要涂覆该材料的传感电极、其余不需要涂覆该材料的传感电极等不需要涂覆该材料的区域利用光刻胶覆盖，完成涂覆后去除光刻胶。

盖帽层制造步骤：包括步骤S506至步骤S507。

在步骤S506中，在第二衬底31的第一面制备键合环32。

其中，可以采用光刻的方式对键合环区域进行图案化，而后可以使用磁控溅射或蒸发镀膜等金属沉积方式进行沉积，而后对多余的胶层进行剥离获得键合环32。

在步骤S507中，对所述第二衬底31的第一面进行刻蚀，形成容置槽312。

其中，可以通过光刻对第二衬底31的第一面对应于容置槽的区域进行图案化，并采用BOSCH工艺刻蚀图案化区域内的第二衬底31，形成容置槽312。

在一种可能的实现方式中，若多模式传感器为气体多模式传感器，则盖帽层制造步骤可以包括：对所述第二衬底31进行刻蚀，形成贯穿所述第二衬底31且对应于所述目标区域的物质交换孔311。其中，可以采用BOSCH工艺对第二衬底31进行刻蚀，以形成物质交换孔311。对所述第二衬底31的第一面进行刻蚀，形成与所述物质交换孔311连接的容置槽312。其中，可以通过光刻对第二衬底31的第一面对应于容置槽的区域进行图案化，并采用BOSCH工艺刻蚀图案化区域内的第二衬底31，形成容置槽312。将预先制备的透气膜贴合在所述第二衬底31的第二面并至少覆盖所述物质交换孔311，形成透气膜层33。在所述透气膜层33上方进行防尘网层制备，形成至少覆盖所述透气膜层33的部分带有多个通孔341的防尘网层34。其中，可以采用光刻的方式对防尘网层进行图案化，暴露出透气膜层33上方和第二衬底的第二面上方需要制备防尘网层的区域，通过磁控溅射或蒸发镀膜等金属沉积方式进行金属沉积形成防尘网层，而后去掉多余光刻胶，完成防尘网层

34的制备。

在一种可能的实现方式中，若多模式传感器为气体多模式传感器，且盖帽层包括防尘网层但不包括透气膜层，则盖帽层制造步骤可以包括：对所述第二衬底31进行刻蚀，形成贯穿所述第二衬底31且对应于所述目标区域的物质交换孔311。对所述第二衬底31的第一面进行刻蚀，形成与所述物质交换孔311连接的容置槽312。可以采用光刻的方式对防尘网层进行图案化，暴露出第二衬底的第二面上方需要制备防尘网层的区域，通过磁控溅射或蒸发镀膜等金属沉积方式进行金属沉积形成防尘网层，而后去掉多余光刻胶，完成防尘网层的制备，得到至少覆盖所述物质交换孔的部分带有多个通孔的防尘网层。

固定连接步骤：包括步骤S508。

在步骤S508中，通过键合的方式将所述键合环32与所述基体固定连接在一起，以使至少部分所述多模式传感器主体处于所述容置槽312中。

其中，在键合过程中可以对基体施加反向压应力，进一步减轻翘曲。

其中，根据基体和多模式传感器主体结构的差异，步骤S508包括以下任意一种实现方式：

若多模式传感器主体不包括调控电极和第二绝缘层，且所述介质层12覆盖所述第一衬底11的第一面的对应于所述容置槽312的区域，则通过键合的方式将所述键合环32与所述第一衬底11的第一面固定连接，以使所述基体和所述盖帽层固定连接在一起、所述多模式传感器主体和所述介质层12位于所述容置槽312内。

若多模式传感器主体不包括调控电极和第二绝缘层，且所述介质层12覆盖所述第一衬底11的第一面的全部区域，则通过键合的方式将所述键合环32与所述介质层12固定连接，以使所述基体和所述盖帽层固定连接在一起、所述多模式传感器主体中至少所述传感薄膜材料层21位于所述容置槽312内。也即，最终得到如图1A所示的基体与盖帽层连接的状态的多模式传感器。

若多模式传感器主体包括调控电极18和第二绝缘层19，且所述介质层12覆盖所述第一衬底11的第一面的对应于所述容置槽312的区域且所述第二绝缘层19还至多覆盖裸露的所述介质层12，则通过键合的方式将所述键合环32与所述第一衬底11的第一面固定连接，以使所述基体和所述盖帽层固定连接在一起、所述多模式传感器主体和所述介质层12位于所述容置槽312内。也即，最终得到如图4所示的基体与盖帽层连接的状态的多模式传感器。

若多模式传感器主体包括调控电极18和第二绝缘层19，且所述介质层12覆盖所述第一衬底11的第一面的全部区域、且所述第二绝缘层19还至多覆盖裸露的所述介质层12的对应于所述容置槽312的区域，则通过键合的方式将所述键合环32与所述介质层12固定连接，以使所述基体和所述盖帽层固定连接在一起、所述多模式传感器主体位于所述容置槽312内。也即，最终得到如图3所示的基体与盖帽层连接的状态的多模式传感器。

若多模式传感器主体包括调控电极18和第二绝缘层19，且所述介质层12覆盖所述第一衬底11的第一面的全部区域且所述第二绝缘层19还覆盖裸露的所述介质层12的全部区域，则通过键合的方式将所述键合环32与所述第二绝缘层19固定连接，以使所述基体和所述盖帽层固定连接在一起、至少所述传感薄膜材料层21位于所述容置槽312内。也即，

最终得到如图5所示的基体与盖帽层连接的状态的多模式传感器。

电极制造步骤：包括步骤S509。

在步骤S509中，在各所述通孔区域植球，形成所述多模式传感器的电极41，完成所述多模式传感器的制备。其中，可以采用激光植球的方式进行植球。

5

图18A-图18C示出根据本公开一实施例的基于晶圆级封装的多模式传感模组的结构示意图。如图18A-图18C所示，通过将一个多模式传感器X1的基体底面与另一个多模式传感器X1的盖帽顶面进行键合，实现了多个多模式传感器X1的连接与多模式传感模组Y结构的制备。其中，图18A-图18C中仅示意性示出多模式传感模组Y包括3个多模式传感器X1的结构示意图。参与键合的多模式传感器X1可以为任意功能的多模式传感器。多模式传感模组Y中非底层的多模式传感器X1可以通过其下方的多模式传感器X1的盖帽层中的导电柱K1以及层间布线（图中未示出）连接到最下层多模式传感器X1对应的电极上。在另一种可能的设计与连接方式中，若将需要与外界物质交换（化学物质，生物物质，物理变化等）多模式传感器X1连接至中间层或底层，则可通过侧壁或顶部含物质交换孔的硅盖帽实现与外界待测物质交换。例如，可以如图18A所示，针对多模式传感模组Y中顶部的需要与外界待测物质接触的多模式传感器，在该多模式传感器的盖帽层物质交换孔311，实现该顶层多模式传感器与外界待测物质的接触。也可以如图18B所示，设置贯穿多模式传感模组Y中每个多模式传感器X1的通孔U，保证各多模式传感器物质交换孔的硅盖帽实现与外界待测物质的接触。还可以如图18C所示，针对多模式传感模组中某一个需要与外界待测物质接触的多模式传感器，在该多模式传感器的盖帽层设置孔O，实现该多模式传感器与外界待测物质的接触。

10

15

20

图19示出根据本公开一实施例的基于晶圆级封装的多模式传感组件的二次封装结构示意图。如图19所示，该多模式传感组件R包括顶部二次封装层、多个传感器层（图19中仅示意性给出3层）、二次封装通孔互联层以及底部二次封装层。其中，顶部二次封装层用于保护二次封装后的多模式传感组件，顶部二次封装层还设置有防尘网和通孔等结构用于实现多模式传感组件内部的多模式传感器与外界待测物质进行接触。各传感器层包括多个上述多模式传感器，同一传感器层中各多模式传感器的盖帽层可以形成一个一体结构作为该传感器层的盖帽结构，整个盖帽结构中对应于不同多模式传感器位置根据该多模式传感器的功能需要进行相应结构设置，这样便于各传感器层的制备。同一传感器层上设置的多模式传感器的检测功能可以相同，也可以不同，本公开对此不作限制。二次封装通孔互联层内设置硅通孔与互联线路，可实现对多模式传感组件中多个横向传感器层的互联。底部二次封装层用于对二次封装通孔互联层内互联线路进行保护。各层间均通过晶圆键合连接。通过二次封装，多模式传感组件实现了横纵向集成，且通过通孔互联层进一步将水平布线转化为垂直布线，节省了空间尺寸，进一步提高了多模式传感组件集成度。在一些实施例中，多模式传感组件R中的多个传感器层还可以为上述基于晶圆级封装的多模式传感模组Y。

25

30

35

图20示出根据本公开一实施例的基于晶圆级封装的多模式传感阵列的结构示意图。如图20所示，多模式传感阵列包括顶部二次封装盖帽晶圆、多层传感器层晶圆（示例性

地，图中示出3层传感器层晶圆)、二次封装通孔互联晶圆与底部二次封装层晶圆。顶部二次封装盖帽晶圆用于保护多模式传感阵列，可以设置有有防尘网和通孔等结构用于与外界待测物质进行交换。在一些实施例中，若多模式传感阵列作为一整体应用，则各传感器层晶圆包括多个多模式传感器，且同一传感器层晶圆各多模式传感器的盖帽层可以形成一体结构的盖帽结构。各传感器层晶圆上设置有不同功能的多模式传感器，相由二次封装层封装在同一结构中，形成多模式传感阵列。二次封装通孔互联晶圆内设置硅通孔与互联线路，可实现对多模式传感阵列中多个横向传感器的互联。底部二次封装晶圆用于对通孔互联晶圆内互联线路进行保护。所有晶圆均通过晶圆级键合实现连接。且在晶圆级流片与封装工艺完成后进行测试与划片切割，可极大提高测试效率与生产效率。

5 在一些实施例中，上述多模式传感器组件R可以为多模式传感阵列中的一部分，也即多模式传感阵列包括多个呈阵列排布的多模式传感组件R。相比于单个多模式传感器或多模式传感组件划片切割后再进行键合封装，该晶圆级封装工艺效率与产品质量均一度均更高。

图21、图22示出根据本公开又一实施例的基于晶圆级封装的多模式传感组件的多次封装结构示意图。如图21、图22所示，该多模式传感组件包括多个传感器层与至少两个基体侧壁。在一些实施例中，各传感器层可以为传感器层晶圆，各基体侧壁也可以为晶圆，本公开对此不作限制。其中，各传感器层中包括多个多模式传感器，各多模式传感器通过其基体中的硅通孔、互联线路由侧向引出至各基体侧壁，并在基体侧壁表面与基体侧壁封装互联进行键合与线路连接。其中，各基体侧壁可与多个传感器层进行键合互联，各传感器层也可与多个基体侧壁封装互联晶圆进行键合互联。最终多模式传感组件可以借助各基体侧壁组装至PCB上，以实现多模式传感组件的立体结构设置，满足在三维安装条件下的后续组装需求。

15 20

图23示出根据本公开一实施例的基于晶圆级封装的多模式传感阵列二次封装的制造过程示意图。如图23所示，该方法包括以下步骤：多传感器晶圆间键合、二次封装盖帽层晶圆键合、二次封装通孔互联晶圆制备与键合、底部二次封装层晶圆键合、晶圆切割。其中传感器晶圆上多模式传感器的制备工艺如上文所述，此处不予赘述。

25

多传感器晶圆间键合：如图23，在最底层传感器层晶圆顶部对应每个多模式传感器的外周区域制备键合环。其中，可以采用光刻的方式对键合环区域进行图案化，而后可以使用磁控溅射或蒸发镀膜等金属沉积方式进行沉积，而后对多余的胶层进行剥离获得键合环。同样在上一层传感器层基体晶圆底部对应区域制备键合环。之后通过晶圆键合将相邻的两传感器层晶圆上的键合环连接在一起。

30

二次封装盖帽层键合：如图23，在最顶层传感器层晶圆顶部的所需二次封装的边界传感器外周制备键合环。该键合环尺寸与位置应与二次封装盖帽晶圆上键合环尺寸及位置对应。其中，可以采用光刻的方式对键合环区域进行图案化，而后可以使用磁控溅射或蒸发镀膜等金属沉积方式进行沉积，而后对多余的胶层进行剥离获得键合环。之后通过晶圆键合将顶层传感器层晶圆与二次封装盖帽晶圆上的键合环连接在一起。

35

二次封装通孔互联晶圆制备（图中未示出）：

首先，制备底层互联层通过与步骤S502相同的方法实现硅通孔制备。而后，在具有

通孔的基板正面及背面制备互联线路，将多个硅通孔触点相连，实现不同器件组之间的传感信号互通。线路制备可以先通过光刻工艺图案化光刻胶，再通过金属沉积工艺在光刻胶的凹陷处沉积金属层，再通过去除光刻胶形成互联图案。在底层互联层上表面对应传感器组区域外围制备键合环。采用相同方法制备另一层上层互联层，并在上表面与下表面5 表面对应传感器组区域的外围制备键合环。将所述最下层互联层上方与所述相邻的上层互联基板的底部键合环通过晶圆键合连接，并使传感下层互联层上方线路与上层互联层底部线路实现互联。而后将所述上层基板作为最下层互联基板继续进行下一互联基板的固定与纵向互联，直至全部互联层均完成堆叠。

二次封装通孔互联晶圆键合：

10 如图23，将二次封装通孔互联晶圆顶部键合环与传感器层晶圆底部进行晶圆键合使两晶圆连接在一起。

底部二次封装晶圆键合：如图23所示，在底部二次封装晶圆上表面对应传感器区域外围制备键合环。之后将其与二次封装通孔互联晶圆底部进行晶圆键合，实现连接。

15 晶圆切割：对二次封装后的晶圆进行切割，在多模式传感器组外围区域进行切割以实现单个多模式传感器、传感器组件等的获取。切割工艺可选激光切割或机械划片。

该晶圆级键合与切割方法可极大提高测试效率与生产效率。相比于单个传感器件划片切割后再进行键合封装，该晶圆级封装工艺效率与产品质量均一度均有明显提高。

20 图24示出根据本公开一实施例的基于晶圆级封装的多模式传感组件的多次封装结构的制造过程示意图。用于实现如图21、图22所示的多模式传感组件的制备，如图24所示，该方法包括以下步骤：多传感器晶圆横向互联线路制备、基体侧壁制备与键合。其中，为简明图24中仅部分示意传感器层的基体侧壁。

25 多传感器晶圆横向互联线路制备：如图24，对多个传感器层晶圆键合后的晶圆侧面进行抛光，并进行光刻以确定所需刻蚀孔的位置，之后通过刻蚀工艺刻蚀孔与器件硅通孔相连。刻蚀工艺可为深硅刻蚀工艺。对不同深度的孔分别进行光刻与刻蚀。在深孔Q制备完成后，采用金属沉积工艺填充孔，将电极侧向引出。金属沉积工艺可以为PVD。

基体侧壁制备键合：如图24，在制备出基体侧壁之后，将各传感器层晶圆键合到侧壁上。

30 可以理解的是，本公开示意性给出的基于多模式传感器所构成的多模式传感组件、多模式传感阵列的二次封装、多次封装示例，实际上可以根据实际需要基于多模式传感器进行需要的二次、三次以及更多次的封装得到所需结构，本公开对此不作限制。

35 本公开进一步示出了在多模式传感器晶圆级制造过程中，采用应力动态调控与补偿方法实现的低应力晶圆级多模式传感器阵列制备工艺。对兼容制造过程中多个导致晶圆翘曲度上升的常规工艺技术进行低应力技术优化以实现最终产物晶圆的较低翘曲度，减小后续键合中晶圆开裂风险，提高工艺兼容性与工艺良率。

其中，在步骤S502的基体制备方法中，针对基体制备过程中易导致晶圆产生极大应力的绝缘层沉积与电镀金属填充工艺，可进行低应力的技术优化。举例来说，图25示出了采用氧化硅绝缘层与金属电镀工艺实现的基体制备工艺过程中，原始晶圆与每一关键

步骤（包括刻蚀、氧化层制备、阻挡层TiN制备）后晶圆表面翘曲度表征曲线。在电镀填充孔后，晶圆表面翘曲度大于设备检测量程上限。图26示出了采取氧化硅/氮化硅复合膜层作为绝缘层后晶圆表面翘曲度表征曲线。氧化硅与氮化硅热膨胀系数相反，因此采用两种材料的复合膜层可在较高温的成膜工艺中减小复合膜层的总热变形，从而减少该工艺给晶圆带来的应力与翘曲。图27示出了采取低应力慢速电镀工艺填充孔后晶圆表面翘曲度表征曲线。采用低速电镀工艺可改善电镀得到金属膜层晶粒大小与金属膜质量，实现更均一的金属填充，同时较缓和的填充工艺可减小金属膜层生长带来的晶圆翘曲，从而实现低应力技术优化与多模式传感器制造。此外，在晶圆级封装工艺阶段，键合工艺中会对受应力与翘曲影响最大的基体晶圆施加与其翘曲方向相反的压应力，从而进一步在封装后的产品中减轻翘曲。

需要说明的是，尽管以上述实施例作为示例介绍了基于晶圆级封装的多模式传感器及其制造方法如上，但本领域技术人员能够理解，本公开应不限于此。事实上，用户完全可根据个人喜好和/或实际应用场景灵活设定多模式传感器各结构、方法的各步骤，只要符合本公开的技术方案即可。

以上已经描述了本公开的各实施例，上述说明是示例性的，并非穷尽性的，并且也不限于所披露的各实施例。在不偏离所说明的各实施例的范围和精神的情况下，对于本技术领域的普通技术人员来说许多修改和变更都是显而易见的。本文中所用术语的选择，旨在最好地解释各实施例的原理、实际应用或对市场中的技术改进，或者使本技术领域的其它普通技术人员能理解本文披露的各实施例。

权 利 要 求 书

1. 一种基于晶圆级封装的多模式传感器,其特征在于,所述多模式传感器包括基体、多模式传感器主体、盖帽层和多个电极;

所述基体包括:第一衬底、介质层、第一绝缘层和多个硅通孔,所述介质层覆盖在所述第一衬底的第一面的至少部分区域;各所述硅通孔贯穿于所述第一衬底和所述介质层;所述第一绝缘层覆盖在所述第一衬底的第二面且至少暴露出对应于各所述硅通孔的

5 通孔区域,所述第一衬底为硅衬底;

各所述电极设置于对应的所述通孔区域且与对应的所述硅通孔电连接;

所述多模式传感器主体包括传感电极和传感薄膜材料层,所述传感电极位于所述介质层上方且与对应的所述硅通孔连接;所述传感薄膜材料层覆盖在所述传感电极的目标

10 区域上;

所述盖帽层包括第二衬底和键合环,所述第二衬底的第一面设置有容置槽,所述多模式传感器主体的至少部分处于所述容置槽中;所述键合环设置于所述第二衬底的第一面且闭合环绕所述容置槽,用于将所述基体和所述盖帽层固定连接在一起。

2. 根据权利要求1所述的多模式传感器,其特征在于,所述多模式传感器主体还包括:

15 调控电极、第二绝缘层;

所述调控电极位于所述介质层上方且与对应的各所述硅通孔连接;

所述第二绝缘层位于所述介质层上方且至少覆盖所述调控电极,且所述第二绝缘层设置有用以暴露出所述传感电极所连接的硅通孔的电极通孔;

其中,所述传感电极位于所述第二绝缘层上方且所述目标区域与所述调控电极重叠,

20 并通过所述电极通孔连接到对应的各所述硅通孔。

3. 根据权利要求1所述的多模式传感器,其特征在于,

所述介质层覆盖所述第一衬底的第一面的对应于所述容置槽的区域,所述键合环与所述第一衬底的第一面固定连接,以使所述基体和所述盖帽层固定连接在一起、所述多模式传感器主体和所述介质层位于所述容置槽内;或者

25 所述介质层覆盖所述第一衬底的第一面的全部区域,所述键合环与所述介质层固定连接,以使所述基体和所述盖帽层固定连接在一起、所述多模式传感器主体中至少所述传感薄膜材料层位于所述容置槽内。

4. 根据权利要求2所述的多模式传感器,其特征在于,

30 所述介质层覆盖所述第一衬底的第一面的对应于所述容置槽的区域且所述第二绝缘层还至多覆盖裸露的所述介质层,所述键合环与所述第一衬底的第一面固定连接,以使所述基体和所述盖帽层固定连接在一起、所述多模式传感器主体和所述介质层位于所述容置槽内;或者

所述介质层覆盖所述第一衬底的第一面的全部区域、且所述第二绝缘层还至多覆盖裸露的所述介质层的对应于所述容置槽的区域,所述键合环与所述介质层固定连接,以使

35 所述基体和所述盖帽层固定连接在一起、所述多模式传感器主体位于所述容置槽内;

或者

所述介质层覆盖所述第一衬底的第一面的全部区域且所述第二绝缘层还覆盖裸露的所述介质层的全部区域,所述键合环与所述第二绝缘层固定连接,以使所述基体和所述

盖帽层固定连接在一起、至少所述传感薄膜材料层位于所述容置槽内。

5. 根据权利要求2所述的多模式传感器，其特征在于，

所述调控电极的形状包括可延展形状，所述可延展形状包括蛇形、S形中的任意一种；并且/或者

5 所述传感电极包括叉指电极和/或交汇电极，所述目标区域为所述传感电极的周期性图案区域，所述调控电极的可延展形状区域和所述目标区域的尺寸匹配且位置重叠；并且/或者

所述多模式传感器主体还包括传感结构，所述传感结构位于所述基体上方或所述基体内部，所述传感结构包括以下至少一种：多个复合膜层、具有预设立体结构的几何机构。
10

6. 根据权利要求2所述的多模式传感器，其特征在于，所述多模式传感器主体用于对外部气体进行检测，所述第二衬底的第二面还设置有与所述容置槽连接的、位置对应于所述目标区域的物质交换孔。

7. 根据权利要求6所述的多模式传感器，其特征在于，所述盖帽层还包括：
15 透气膜层，位于所述第二衬底的第二面的上方且至少覆盖所述物质交换孔。

8. 根据权利要求7所述的多模式传感器，其特征在于，所述盖帽层还包括：
防尘网层，位于所述第二衬底的第二面且至少覆盖在所述透气膜层的与所述物质交换孔对应的区域，所述防尘网层的对应于所述物质交换孔的部分设置有多个通孔。

9. 一种基于晶圆级封装的多模式传感器的制造方法，其特征在于，用于制造权利要求1-8任意一项所述的多模式传感器，所述方法包括：基体制造步骤、多模式传感器主体制造步骤、盖帽层制造步骤、固定连接步骤和电极制造步骤，
20

所述基体制造步骤包括：在第一衬底的第一面制备介质层；对所述第一衬底和所述介质层进行刻蚀、并对所述第一衬底进行减薄，形成多个硅通孔；在所述第一衬底的第二面制备第一绝缘层，并对所述第一绝缘层进行刻蚀以至少暴露出各所述硅通孔对应的通孔区域，得到所述多模式传感器的基体；
25

所述多模式传感器主体制造步骤包括：在所述介质层的上方制造传感电极；在所述传感电极的目标区域的上方制造传感薄膜材料层，得到多模式传感器主体；

所述盖帽层制造步骤包括：在第二衬底的第一面制备键合环；对所述第二衬底的第一面进行刻蚀，形成容置槽，得到所述多模式传感器的盖帽层；

30 所述固定连接步骤包括：通过键合的方式将所述键合环与所述基体固定连接在一起，以使至少部分所述多模式传感器主体处于所述容置槽中；

所述电极制造步骤包括：在各所述通孔区域植球，形成所述多模式传感器的电极，完成所述多模式传感器的制备。

10. 根据权利要求9所述的方法，其特征在于，在所述介质层的上方制造传感电极；
35 在所述传感电极的目标区域的上方制造传感薄膜材料层，得到多模式传感器主体，包括：

在所述介质层的上方依次制造调控电极和第二绝缘层，且使所述第二绝缘层至少覆盖所述调控电极；

对所述第二绝缘层进行刻蚀，形成电极通孔，以暴露出用于与传感电极连接的硅通

孔；

在所述第二绝缘层上制造出目标区域与所述调控电极重叠的传感电极，并使所述传感电极通过所述电极通孔与对应的硅通孔连接；

在所述目标区域的上方制造传感薄膜材料层，得到多模式传感器主体。

- 5 11. 根据权利要求9所述的方法，其特征在于，通过键合的方式将所述键合环与所述基体固定连接在一起，包括以下任意一个步骤：

若所述介质层覆盖所述第一衬底的第一面的对应于所述容置槽的区域，则通过键合的方式将所述键合环与所述第一衬底的第一面固定连接，以使所述基体和所述盖帽层固定连接在一起、所述多模式传感器主体和所述介质层位于所述容置槽内；或者

- 10 若所述介质层覆盖所述第一衬底的第一面的全部区域，则通过键合的方式将所述键合环与所述介质层固定连接，以使所述基体和所述盖帽层固定连接在一起、所述多模式传感器主体中至少所述传感薄膜材料层位于所述容置槽内。

12. 根据权利要求10所述的方法，其特征在于，通过键合的方式将所述键合环与所述基体固定连接在一起，包括以下任意一个步骤：

- 15 若所述介质层覆盖所述第一衬底的第一面的对应于所述容置槽的区域且所述第二绝缘层还至多覆盖裸露的所述介质层，则通过键合的方式将所述键合环与所述第一衬底的第一面固定连接，以使所述基体和所述盖帽层固定连接在一起、所述多模式传感器主体和所述介质层位于所述容置槽内；

- 20 若所述介质层覆盖所述第一衬底的第一面的全部区域、且所述第二绝缘层还至多覆盖裸露的所述介质层的对应于所述容置槽的区域，则通过键合的方式将所述键合环与所述介质层固定连接，以使所述基体和所述盖帽层固定连接在一起、所述多模式传感器主体位于所述容置槽内；

- 25 若所述介质层覆盖所述第一衬底的第一面的全部区域且所述第二绝缘层还覆盖裸露的所述介质层的全部区域，则通过键合的方式将所述键合环与所述第二绝缘层固定连接，以使所述基体和所述盖帽层固定连接在一起、至少所述传感薄膜材料层位于所述容置槽内。

13. 根据权利要求10所述的方法，其特征在于，

所述调控电极的形状包括可延展形状，所述可延展形状包括蛇形、S形中的任意一种；

- 30 所述传感电极包括叉指电极和/或交汇电极，所述目标区域为所述传感电极的周期性图案区域，所述调控电极的可延展形状区域和所述目标区域的尺寸匹配且位置重叠；并且/或者

所述多模式传感器主体还包括传感结构，所述传感结构位于所述基体上方或所述基体内部，所述传感结构包括以下至少一种：多个复合膜层、具有预设立体结构的几何机构。

- 35 14. 根据权利要求10所述的方法，其特征在于，所述盖帽层制造步骤还包括：

在对所述第二衬底的第一面进行刻蚀形成容置槽之前，对所述第二衬底进行刻蚀，形成贯穿所述第二衬底且对应于所述目标区域的物质交换孔，所述容置槽与所述通孔连接。

15. 根据权利要求14所述的方法，其特征在于，所述盖帽层制造步骤还包括：
将预先制备的透气膜贴合在所述第二衬底的第二面并至少覆盖所述物质交换孔，形成透气膜层。
16. 根据权利要求15所述的方法，其特征在于，所述盖帽层制造步骤还包括：
5 在所述透气膜层上方进行防尘网层制备，形成至少覆盖所述透气膜层的部分带有多个通孔的防尘网层。
17. 一种基于晶圆级封装的多模式传感模组，其特征在于，包括：
依次垂直堆叠的多个多模式传感器，所述多模式传感器为权利要求1-8任意一项所述的基于晶圆级封装的多模式传感器。
- 10 18. 一种基于晶圆级封装的多模式传感组件，其特征在于，包括：顶部二次封装层、多个传感器层、二次封装通孔互联层以及底部二次封装层，
其中，各所述传感器层设置有多如权利要求1-8任意一项所述的基于晶圆级封装的多模式传感器。
- 15 19. 一种基于晶圆级封装的多模式传感组件，其特征在于，包括：顶部二次封装层、如权利要求17所述的基于晶圆级封装的多模式传感模组、二次封装通孔互联层以及底部二次封装层。
20. 一种基于晶圆级封装的多模式传感组件，其特征在于，包括：多个传感器层与至少两个基体侧壁，各所述传感器层设置有多如权利要求1-8任意一项所述的基于晶圆级封装的多模式传感器；
20 各所述传感器层与对应的基体侧壁封装键合固定连接在一起，且各所述多模式传感器通过自身基体中的硅通孔、互联线路由侧向连接至各所述基体侧壁，实现与所述基体侧壁表面线路的电连接。
21. 一种基于晶圆级封装的多模式传感阵列，其特征在于，包括：顶部二次封装盖帽晶圆、多层传感器层晶圆、二次封装通孔互联晶圆与底部二次封装层晶圆，
25 其中，各传感器层晶圆包括多个如权利要求1-8任意一项所述的基于晶圆级封装的多模式传感器。