说 明 书

微镜芯片、微镜器件和光器件

本公开要求于2024年02月04日提交的申请号为202410163132.X、发明名称为“微镜芯片、微镜器件和光器件”的中国专利申请的优先权，其全部内容通过引用结合在本公开中。

技术领域

本公开涉及微机电系统技术领域，特别涉及一种微镜芯片、微镜器件和光器件。

背景技术

微镜芯片，如微机电系统（micro-electro-mechanical-system，MEMS）微镜芯片，是一种用于改变光路的器件，具有尺寸小和响应灵敏等优势，而广泛应用在光通信领域、激光雷达领域和光学投影领域等中。

而微镜芯片在封装过程中，如在将微镜裸芯片固定在基板上的过程中，以及在微镜裸芯片上打金线的过程中，会对微镜裸芯片造成污染，如微小颗粒会落在微镜裸芯片上，而降低封装后的微镜器件的良率。

发明内容

本公开提供了一种微镜芯片、微镜器件和光器件，能够提高封装后的微镜器件的良率。

第一方面，本公开提供了一种微镜芯片，所述微镜芯片包括衬底、微镜阵列、电极、光窗和固定环；

所述微镜阵列位于所述衬底的第一表面，所述电极位于所述衬底的第二表面，所述第一表面和所述第二表面在所述衬底的厚度方向上位置相对；

所述固定环固定在所述衬底的第一表面，且所述微镜阵列位于所述固定环的环内空间中，所述光窗固定在所述固定环上，且覆盖所述微镜阵列。

在本公开所示的方案中，在对微镜芯片进行封装中，因首先将微镜阵列密封在衬底、固定环和光窗形成的密封空间中，那么，在后续的封装过程中，不会有微小颗粒落入微镜阵列所在的环境中，进而能够提高封装后的微镜器件的合格率，从而提升封装后的微镜器件的良率。

在一种可能的实现方式中，所述光窗的形状呈平板状，与所述衬底之间存在夹角α，且所述夹角α大于所述微镜阵列中可旋转微镜的最大旋转角度β。

其中，最大旋转角度β是所有可旋转微镜的最大旋转角度，例如，各个可旋转微镜的最大旋转角度相同，都是β，又例如，各个可旋转微镜的最大旋转角度不同，但是β是最大的最大旋转角度。

在本公开所示的方案中，无论可旋转微镜旋转多少度，光窗与可旋转微镜都不平行，只要光窗与可旋转微镜不平行，那么，光窗的反射光路，就不会落在可旋转微镜的扫描视场范围内，而探测器是布置在可旋转微镜的扫描视场范围内的，所以，就能实现探测器仅仅在可旋转微镜的扫描视场内，而不在光窗的反射光路上，进而，经由光窗反射的光线，就不会进入到探测器，进而，即便光窗具有一定的反射率，经由光窗反射的光线，也不会对探测器接收到的光信号造成干扰。

例如，微镜阵列中每个微镜对应一个耦合器，一根光纤和一个探测器，微镜反射的光线，进入到耦合器，通过耦合器进入到光纤，再经由光纤入射至探测器。为了使经由光窗反射的光线，不进入到探测器，只需使经由光窗反射的光线，不进入到耦合器或者以比较大的入射角进入到耦合器即可，该处的入射角是指与耦合器的法线之间的夹角，入射角越小，说明越接近垂直于耦合器入射，耦合效率越高，而该处是想让经由光窗反射的光线，耦合至耦合器的效率低。

在一种可能的实现方式中，所述固定环的高度满足如下关系：

$L1/H1 \geq \tan(\theta)$，$L2/H2 \geq \tan(\theta+2\gamma)$；

所述L1为靠近光线入射方向，且位于所述微镜阵列的阵列边缘处的第一微镜，与所述固定环的最小间距，所述H1为所述固定环在靠近所述第一微镜处的高度；

所述L2为靠近光线出射方向，且位于所述微镜阵列的阵列边缘处的第二可旋转微镜，与所述固定环的最小间距，所述H2为所述固定环在靠近所述第二可旋转微镜处的高度；

所述θ为入射光线与所述衬底所在水平面的法线之间的最大夹角，所述γ为所述第二可旋转微镜的最大旋转角度。

在本公开所示的方案中，固定环的尺寸满足L1/H1≥tan（θ），便能使所有的入射角度的光线，都能入射至微镜阵列的任意一个微镜上。固定环的尺寸满足L2/H2≥tan（θ+2γ），便能使任意一个微镜，反射出去的光线，都能从微镜芯片中射出。

在一种可能的实现方式中，所述光窗的内表面，在靠近边缘的位置处，具有第一缺口，所述固定环的顶部固定在所述第一缺口中。

在本公开所示的方案中，第一缺口一方面用来增强光窗与固定环之间的固定强度，另一方面实现光窗与固定环之间的预定位，避免光窗从固定环的顶部滑落，或者避免光窗与固定环之间发生滑移现象。

在一种可能的实现方式中，所述固定环的内表面，在顶部位置处，具有第二缺口，所述光窗的内表面，在靠近边缘位置处，固定在所述第二缺口中。

在本公开所示的方案中，第二缺口一方面用来增强光窗与固定环之间的固定强度，另一方面实现光窗与固定环之间的预定位，避免光窗从固定环的顶部滑落，或者避免光窗与固定环之间发生滑移现象。

在一种可能的实现方式中，所述固定环，和/或，所述光窗具有通气孔，所述通气孔用于在高温封装工艺之前，连通所述固定环的环内空间和环外空间，在高温封装工艺之后，通过介质封堵。

在本公开所示的方案中，微镜芯片在封装中，在高温工艺中，如微镜芯片焊接在基板上或焊接在RDL上中，虽然在高温下，但是因通气孔的存在，能够降低固定环的环内空间内的气压，避免高压下，环内空间内的构件发生损坏。

在本公开所示的方案中，在高温工艺以后，可以通过在通气孔中填充介质的方式，将通气孔封堵住，以确保固定环的环内空间处于密封状态。

在一种可能的实现方式中，所述光窗具有通气孔，所述通气孔在所述衬底上的垂直投影，一部分落在所述固定环的环内空间中，另一部分落在所述固定环上。

在本公开所示的方案中，在通过点胶方式，密封通气孔中，胶水可以挂附在固定环上，几乎不会落入固定环的环内空间中。

在一种可能的实现方式中，所述固定环的环壁，在与所述光窗连接的顶部的内表面，具有倒角。

在本公开所示的方案中，倒角能避让入射光线和出射光线。

在一种可能的实现方式中，所述固定环的环壁的形状为呈梯形的柱状，且靠近所述光窗的顶部的面积，小于靠近所述衬底的底部的面积。

在本公开所示的方案中，固定环顶部的面积，小于底部的面积，一方面能够避让入射光线和出射光线，另一方面能够增大固定环环壁的强度。

在一种可能的实现方式中，所述光窗的外表面和内表面均镀有增透膜，且所述光窗的内表面在与所述固定环固定的位置处，无增透膜。

在本公开所示的方案中，所述光窗的内表面在与所述固定环固定的位置处，无增透膜，可以避免增透膜对光窗与固定环的固定，使光窗与固定环的固定更为牢固。

在一种可能的实现方式中，所述衬底第一表面，在与所述固定环固定的位置处，具有沉槽，所述固定环的底部固定于所述沉槽中。

在本公开所示的方案中，因沉槽四周的槽壁，以及沉槽的槽底，与固定环均有固定关系，那么，与固定环直接固定在衬底表面上相比，显然设置沉槽的方案，能够增大衬底与固定环之间的接触面积，进而增强衬底与固定环之间的附着力（如胶水附着力），而增强衬底与固定环的固定强度。衬底与固定环之间的固定强度，一旦得到增强，那么，衬底与固定环之间的键合强度也得以增强，固定环的环内空间的气密性也得以加强。

在一种可能的实现方式中，所述衬底第一表面，在与所述固定环固定的位置处的粗糙度，大于其他位置处的粗糙度。

在本公开所示的方案中，固定环固定在衬底的粗糙度比较大的位置处，能够借助大粗糙度，增强衬底与固定环之间的附着力，进而增强衬底与固定环之间的固定强度。

在一种可能的实现方式中，所述光窗与所述衬底第一侧之间的间距，大于或等于100um。

在本公开所示的方案中，光窗虽然固定在微镜裸芯片的衬底上，但是可以通过设置光窗与衬底之间的间距，如足够大，从而能够光窗不会干涉到微镜阵列中可旋转微镜的旋转。

在一种可能的实现方式中，所述固定环的材质为胶、硅材料或者金属材料。

在本公开所示的方案中，固定环可以是胶，胶固化以后，而形成形状呈环状的固定环。

在一种可能的实现方式中，所述固定环和所述衬底之间，通过胶粘或键合固定，所述光窗和所述固定环之间，通过胶粘或键合固定。

在本公开所示的方案中，固定环也可以是硅材料或金属材料，那么，固定环与衬底之间通过胶粘或键合固定连接，光窗与固定环之间也通过胶粘或键合工艺固定连接。

在一种可能的实现方式中，所述微镜芯片还包括吸气剂，所述吸气剂位于所述固定环的环内空间中。

在本公开所示的方案中，位于衬底、固定环和光窗形成的密闭空间中的吸气剂，能够吸收密闭空间内的气体，如湿气等，以避免气体影响到微镜阵列中的可旋转微镜的旋转。

在一种可能的实现方式中，所述电极包括用于驱动微镜阵列中的可旋转微镜旋转的第一电极和第二电极，所述第一电极位于所述衬底的第一表面，且在所述固定环的环外空间，所述第二电极位于所述衬底的第二表面，其中，所述第一电极的数量为一个或多个，如小于或等于第二电极的数量，所述第二电极的数量大于或等于所述微镜阵列所包括的可旋转微镜的数量。

在本公开所示的方案中，第一电极可以为负电极，第二电极为正电极，微镜阵列的可旋转微镜可以共用一个第一电极，所以，第一电极的数量比较少，可以布置在衬底的第一表面，与微镜阵列同侧。第一电极虽然与微镜阵列同侧，但是却在固定环的环外空间，故不会影响到微镜芯片封装中，第一电极与外围电路连接。

在另一种所示的方案中，作为负电极的第一电极的数量也可以是多个。作为正电极的第二电极的数量可以与可旋转微镜的数量相同，一个第二电极对应一个可旋转微镜，或者，第二电极的数量也可以大于可旋转微镜的数量，多个第二电极对应一个可旋转微镜。

在一种可能的实现方式中，所述电极包括用于驱动微镜阵列中的可旋转微镜旋转的第一电极和第二电极，所述第一电极和所述第二电极均位于所述衬底的第二表面，其中，所述第一电极的数量为一个或多个，如小于或等于第二电极的数量，所述第二电极的数量与所述微镜阵列所包括的可旋转微镜的数量相同，或者，第二电极的数量大于可旋转微镜的数量，如第二电极的数量是可旋转微镜数量的整数倍。

在本公开所示的方案中，微镜芯片的所有电极，也即是，第一电极和第二电极，均布置在衬底的第二表面，与微镜阵列，位于衬底的不同侧，那么，微镜芯片的电极都在固定环的环外空间，更不会影响到微镜芯片封装中，第一电极、第二电极分别与外围电路的连接。

在一种可能的实现方式中，所述微镜芯片还包括电极引出层，所述电极引出层位于所述衬底的第二表面，所述电极引出层具有电极，所述电极引出层的电极与所述衬底第二表面上的电极电连接。

在一种可能的实现方式中，所述电极引出层为硅通孔TSV层，所述TSV层具有贯穿厚度方向的环形区域，所述环形区域的数量大于或等于衬底第二表面上的电极的数量；

所述TSV层具有导电性，所述衬底第二表面上的每个电极，与一个所述环形区域的内环围成的环内区域电连接，所述环形区域中填充有具有绝缘性的第一介质。

在本公开所示的方案中，环形区域的内环围成的环内区域，形成TSV层的电极，而环形区域中填充有绝缘性的第一介质，以实现相邻两个环内区域的电隔离。

在本公开所示的方案中，因衬底的材质为硅，而TSV层的材质也为硅，所以，TSV层也可以看作是微镜裸芯片的衬底的一部分。那么，微镜裸芯片也包括TSV层，也即是，TSV层也是微镜裸芯片的一部分。

这种微镜芯片包括TSV层的方案中，TSV层具有一定的厚度，所以，TSV层能够增大微镜裸芯片的整体厚度，而一旦微镜裸芯片的整体厚度比较大，那么，微镜裸芯片的刚度比较大，在封装过程中，不易发生形变。

在一种可能的实现方式中，所述衬底第二表面上的电极包括驱动电极和测试电极，所述驱动电极用于驱动所述微镜阵列中的可旋转微镜旋转，所述测试电极用于测试所述TSV层与所连基板或RDL的导通性。

在本公开所示的方案中，以TSV层与RDL连接示意，TSV层的各个环内区域与RDL连接，那么，测试TSV层与所连RDL之间的导通性，也即是，测试环内区域与RDL的连接处的导通性。例如，环内区域与RDL通过焊球连接，那么，即为测试焊球与环内区域的导通性，以及焊球与RDL之间的导通性是否良好。

需要指出的是，并不是测试所有的环内区域与RDL的导通性，这是因为一部分环内区域是与驱动电极连接。例如，环内区域的数量为8个，其中，5个环内区域是与驱动电极连接，用来向可旋转微镜输入驱动信号，3个环内区域是与测试电极连接（如串联在测试链路上），那么，测试导通性时，是测试位于

测试链路上的环内区域，与RDL之间的导通性是否良好。

在一种可能的实现方式中，测试电极的数量为一个或多个（如奇数个），这测试电极可以都是正电极，而为了构成测试链路，可以使用驱动电极中的某一个电极，作为负电极，例如，可以使用上述所述的某一个第一电极作为测试链路的负电极。这样，每一个测试电极与一个第一电极连接起来，构成用于测试的闭合短路。或者，这些测试电极都接地，也能构成测试链路。

在一种可能的实现方式中，测试电极的数量为两个或两个以上（如偶数个），如包括两对测试电极，每一对测试电极中，一个作为正电极，另一个作为负电极。这样，每一对测试电极的正电极和负电极连接起来，构成用于测试的闭合短路。

在测试中，使用电阻表，测试该短路回路中的电阻情况，如果电阻比较大，则说明测试链路中至少一处连接处的导通性较差，而如果电阻很小，则说明测试链路中所有的连接处的导通性都良好。

需要指出的是，用于驱动可旋转微镜旋转的驱动链路的正电极和负电极，是分别接在驱动芯片上的，以使驱动芯片，驱动可旋转微镜旋转。或者，用于驱动可旋转微镜旋转的驱动链路的正电极，分别接在驱动芯片的正电极上，而驱动链路的负电极和驱动芯片的负电极接共同的地。

在一种可能的实现方式中，所述环形区域的内环壁和外环壁，均覆盖有所述第一介质；

所述内环壁上的第一介质，与所述外环壁上的第一介质之间，还填充有第二介质，所述第二介质的热膨胀系数，介于所述第一介质的热膨胀系数和所述环内区域内的材质的热膨胀系数之间。

在本公开所示的方案中，环形区域中并不是全部填充第一介质，而是填充第一介质和第二介质，其中，第一介质起到电气隔离作用，第二介质起到降低热应力的作用。

在一种可能的实现方式中，所述第二介质的材质为多晶硅，如掺杂多晶硅。

在一种可能的实现方式中，所述TSV层的材质为单晶硅，所述第一介质的材质为氧化硅。

在本公开所示的方案中，TSV层的材质为单晶硅，第一介质的材质为氧化硅，第二介质的材质为多晶硅，TSV层和第二介质均为硅材质，那么，两者的热膨胀系数比较近，TSV层与第二介质之间的热应力比较小，那么，微镜芯片在温变下不易发生形变。

在一种可能的实现方式中，所述电极引出层为电极芯片，所述电极芯片的面积，大于所述衬底的面积；

所述电极芯片的上表面，在伸出于所述衬底的位置处，具有电极，所述电极芯片的上表面为面向所述衬底第二表面的表面；

所述电极芯片上表面的电极，与所述衬底第二表面上的电极，通过所述电极芯片内部的走线电连接。

第二方面，提供了一种微镜器件，所述微镜器件包括基板、驱动芯片和第一方面所述的微镜芯片；

所述微镜芯片位于所述基板上，所述驱动芯片与所述微镜芯片电连接。

在本公开所示的方案中，微镜芯片，通过焊球，与基板或RDL电连接，与微镜芯片通过插针连接器，与基板或RDL连接相比，通过焊球实现电连接的方案，因焊球的尺寸小，相邻的焊球之间的间距小，那么，更易于实现高密排布。

在一种可能的实现方式中，所述微镜器件还包括重布线层RDL，所述RDL位于所述基板的表面，所述微镜芯片位于所述RDL的上表面，所述RDL的上表面为背对所述基板的表面。

在本公开所示的方案中，因RDL的材质为硅，即便RDL的面积比较大，但是RDL的表面依然比较平整，微镜芯片易于固定在RDL的表面上。

在一种可能的实现方式中，所述驱动芯片位于所述RDL的上表面，所述微镜芯片和所述驱动芯片，通过所述RDL电连接。

在本公开所示的方案中，驱动芯片和微镜芯片，位于同一个RDL的上表面，这样，驱动芯片和微镜芯片，通过RDL内部的走线，实现电气连接。或者，RDL包括第一RDL和第二RDL，微镜芯片位于第一RDL上，而驱动芯片位于第二RDL上，而第一RDL和第二RDL之间通过打线连接。这样，驱动芯片单独焊接在一个RDL上，那么，即便某一个驱动芯片在焊接在第二RDL的过程中出现差错，也不会影响到微镜芯片和其他驱动芯片，可以降低良率损失，提高微镜器件的良率。

在一种可能的实现方式中，所述微镜器件还包括连接器，所述连接器位于所述基板的表面，如位于基板的上表面或下表面；

所述微镜芯片和所述连接器，通过所述RDL和所述基板电连接，所述连接器和所述驱动芯片通过柔性电路板FPC电连接。

在一种可能的实现方式中，所述RDL的下表面，具有多个锚点结构和多个弹性结构，所述锚点结构和所述弹性结构一一连接，所述RDL的下表面为面向所述基板的表面；

所述RDL在锚点结构位置处，与所述基板，通过第一胶固定，所述RDL在锚点结构以外的其他位置处，与所述基板，通过第二胶固定，所述第一胶的弹性模量，大于所述第二胶的弹性模量，且所述第二胶固化后具有柔性。

在本公开所示的方案中，环氧树脂胶固化以后，刚度大，使RDL与基板的固定更为牢固，导热硅胶固化以后，比较柔软，能够释放RDL与基板粘接中产生的应力，降低RDL与基板之间的残余应力，RDL与基板粘接以后，不易发生形变。

第三方面，提供了一种光器件，所述光器件包括激光器和第二方面所述的微镜器件，所述激光器用于发射光信号，所述微镜器件用于反射光信号。

附图说明

图1是本公开一个示例性实施例提供的微镜芯片的示意图；

图2是本公开一个示例性实施例提供的微镜芯片的俯视示意图；

图3是本公开一个示例性实施例提供的第一电极在衬底第一侧，第二电极在衬底第二侧的微镜芯片的示意图；

图4是本公开一个示例性实施例提供的第一电极和第二电极均在衬底第二侧的微镜芯片的示意图；

图5是本公开一个示例性实施例提供的光窗与衬底之间具有夹角的微镜芯片的示意图；

图6是本公开一个示例性实施例提供的固定环固定在衬底上的示意图；

图7是本公开一个示例性实施例提供的光线在微镜芯片的扫描视场的示意图；

图8是本公开一个示例性实施例提供的光窗具有第一缺口的微镜芯片的示意图；

图9是本公开一个示例性实施例提供的固定环具有第二缺口的微镜芯片的示意图；

图10是本公开一个示例性实施例提供的光窗和固定环均具有缺口的微镜芯片的示意图；

图11是本公开一个示例性实施例提供的衬底具有沉槽的微镜芯片的示意图；

图12是本公开一个示例性实施例提供的包括吸气剂的微镜芯片的俯视示意图；

图13是本公开一个示例性实施例提供的包括TSV层的微镜芯片的示意图；

图14是图13中某一个环形区域附近区域的俯视示意图；

图15是本公开一个示例性实施例提供的包括电极芯片的微镜芯片的示意图；

图16是本公开一个示例性实施例提供的微镜芯片封装在基板上的示意图；

图17是本公开一个示例性实施例提供的微镜芯片和驱动芯片均封装在基板上的示意图；

图18是本公开一个示例性实施例提供的微镜芯片通过RDL，封装在基板上的示意图；

图19是本公开一个示例性实施例提供的微镜芯片和驱动芯片均通过同一个RDL，封装在基板上的示意图；

图20是本公开一个示例性实施例提供的微镜芯片和驱动芯片通过不同的RDL，封装在基板上的示意图；

图21是本公开一个示例性实施例提供的微镜芯片通过连接器对外连接的示意图；

图22是本公开一个示例性实施例提供的微镜芯片和驱动芯片，均通过RDL，封装在基板上，且驱动芯片通过连接器对外连接的示意图；

图23是本公开一个示例性实施例提供的RDL固定位于基板上的示意图；

图24是RDL与基板通过环氧树脂胶粘接方案中，RDL的形变量变换关系曲线；

图25是RDL的锚点结构位置处，与基板通过环氧树脂胶固定，其他位置与基板通过导热硅胶固定的方案中，RDL的形变量变换关系曲线。

附图标记说明

1、衬底；2、微镜阵列；21、微镜；21A、第一微镜；21B、第二微镜。

3、电极；31、第一电极；32、第二电极；4、光窗。

5、固定环；51、第一侧壁；52、第二侧壁；53、第三侧壁；54、第四侧壁。

6、吸气剂。

7、TSV层；71、环形区域；72、环内区域；73、第一介质；74、第二介质；8、电极芯片。

100、基板；200、驱动芯片；300、微镜芯片；400、RDL；500、连接器。

具体实施方式

为使本公开的目的、技术方案和优点更加清楚，下面将结合附图对本公开实施方式作进一步地详细描述。

本申请实施例涉及到微镜芯片，微镜芯片具体为微机电系统（micro-electro-mechanical-system，MEMS）微镜芯片。在加工微镜芯片中，一般是先通过半导体工艺，制作出微镜裸芯片，然后对微镜裸芯片进行封装，得到封装后的微镜器件，封装后的微镜器件，再应用到光器件（如激光测距雷达、光交叉连接和波长选择开关等）中。

因微镜裸芯片在整个封装过程中，微镜裸芯片的微镜都暴露在外，导致一些微小颗粒会落在微镜所在环境中，这些微小颗粒会干涉微镜的旋转，而且，微镜颗粒还带电，会影响微镜的驱动信号。由此可见，微小颗粒无论是干涉微镜的旋转，还是影响微镜的驱动信号，都会降低封装后的微镜器件的良率。

为了提高封装后的微镜器件的良率，本实施例提供了一种微镜芯片，该微镜芯片在封装在基板上之前，已经将微镜密封起来，对微镜形成保护，那么，在封装过程中，能够避免微小颗粒落入微镜所在环境中，进而能提升封装后的微镜器件的良率。

其中，本实施例中将通过半导体工艺加工出来的芯片称为微镜裸芯片，将固定光窗4后的芯片称为微镜芯片，将封装在基板上的芯片称为微镜器件。

下面将介绍该微镜芯片的特征，如图1和2所示为微镜芯片的结构示意图，其中图2为微镜芯片的俯视示意图，其中，图1中虚线框所框的结构，即是通过半导体工艺加工出来的微镜裸芯片，也称为微镜裸die。

参考图1所示，微镜芯片包括衬底1和微镜阵列2，其中，衬底1具体可以为硅衬底，微镜阵列2，参考图2所示，是包括多个微镜21的阵列，位于衬底1的第一表面。例如，衬底1的第一表面具有多个微镜槽，每个微镜槽中均分布有一个微镜。

其中，微镜21是尺寸在微米至毫米级的微小光学镜，用于改变光信号的光路。

在一种示例中，微镜阵列2中的多个微镜21可以均为可旋转的微镜（记为可旋转微镜），这些可旋转微镜，在驱动信号下能够发生旋转。

在另一种示例中，微镜阵列2中的多个微镜21中，可以是一部分微镜21是不可旋转的微镜（即固定微镜），另一部分是可旋转微镜。其中，可旋转微镜如上述所述，在驱动信号下发生旋转，而固定微镜，一旦完成制作，便不可发生旋转。

例如，微境阵列2的特殊位置处可以布置固定微镜，如微镜阵列2的阵列边缘位置处布置固定微镜，其他位置均为可旋转微镜。又如矩形阵列的微镜阵列2，在阵列顶角位置处布置固定微镜，其他位置均为可旋转微镜。

其中，本实施例对微镜阵列2中是否包括固定微镜，以及固定微镜在微镜阵列的具体位置，均不做具体限定，下文在未特殊指明的情况下，所述的微镜均为可旋转微镜。

在一种示例中，因微镜阵列2中包括可旋转微镜，那么，为了驱动微镜阵列2中的微镜21发生旋转，相应的，微镜芯片还会包括驱动组件，驱动组件用于带动微镜阵列2中的可旋转微镜旋转，那么，驱动组件和微镜阵列位于衬底1的同一侧，所以，驱动组件也位于衬底1的第一表面（本实施例的附图中未示出驱动组件）。

如上述所述，衬底1第一表面具有微镜槽，那么，驱动组件与微镜阵列中的可旋转微镜一一对应，驱动组件可以布置在微镜槽中，每个可旋转微镜布置在一个驱动组件的可旋转结构上，驱动组件在驱动信号的作用下，其可旋转结构发生旋转，从而带动可旋转微镜旋转。

在一种示例中，微镜阵列2如果包括固定微镜，固定微镜无需旋转，那么，固定微镜无需驱动组件来驱动，所以，固定微镜直接布置在衬底1的第一表面，或者，直接布置在衬底1第一表面的微镜槽中即可，或者，固定微镜通过固定支架，布置在衬底1的第一表面上，其中，本实施例对固定微镜的布置方式不做具体限定。

在一种示例中，驱动可旋转微镜旋转的驱动组件，可以是静电式的驱动组件，也可以是压电式的驱动组件，本实施例对此不做限定，因本实施例所述方案，不涉及到驱动组件，故下文不再对驱动组件进行详述。

以上是有关微镜阵列2的特征介绍，下面将介绍向驱动可旋转微镜旋转的驱动组件，输入驱动信号的电极的特征。

在一种示例中，为了向驱动微镜旋转的驱动组件，输入驱动信号，相应的，继续参考图1所示，微镜芯片包括电极3，其中，电极3是位于衬底1表面的焊盘，因微镜阵列2包括多个可旋转微镜，所以，每个可旋转微镜均需要通过电极3输入驱动信号，所以，继续参考图1所示，电极3的数量也是多个。

在一种示例中，为了形成信号回路，每个驱动组件需要两个电极，这两个电极可以记为第一电极和第二电极，因此，微镜芯片的电极3包括第一电极31和第二电极32，其中，第一电极31和第二电极32中，一个作为正电极，另一个作为负电极，例如，第一电极作为负电极，第二电极作为正电极。当然，也可以是，第一电极作为正电极，第二电极作为负电极。

在一种示例中，为了减少电极的数量，所有的可旋转微镜的负电极可以共用，而可旋转微镜与正电极一一对应，所以，第一电极31的数量可以是一个，而第二电极32的数量大于或等于与可旋转微镜的数量。

在另一种示例中，第一电极31的数量也可以是多个，例如，第一电极31的数量为a个，而可旋转微镜的数量为b个，其中a≤b。

在另一种示例中，第二电极32的数量也可以大于可旋转微镜的数量，这样，一个可旋转微镜对应1个或多个第二电极32。

其中，本实施例对第一电极31的数量以及第二电极32的数量不做具体限定。

下面将介绍第一电极31和第二电极32的衬底1上的位置，其中，第一电极31和第二电极32均布置在衬底1的表面。

作为一种示例，如图3所示，第一电极31因数量比较少，可以与微镜阵列2，位于衬底1的同一侧，例如，都位于衬底1的第一表面，但是第一电极31位于固定环5的环外空间，以便于后续在封装中，与基板100或RDL（重布线层）400电连接。而第二电极32因数量众多，与微镜阵列2布置在同一侧，会导致微镜芯片的面积比较大，所以，继续参考图3所示，数量众多的第二电极32可以布置在衬底1的第二表面。

其中，第一电极31和第二电极32按照如图3所示的布局布置，在后续封装中，第一电极31可以通过打线（wire bonding）方式连接在基板100上或RDL400上，而第二电极32通过焊球（solder ball）方式连接在基板100或RDL400上。

在另一种示例中，如图4所示，第一电极31和第二电极32均布置在衬底1的第二表面上，这样，也能实现第一电极31和第二电极32均位于固定环5的环外空间，那么，在对微镜芯片进行封装之前，更易实现先将微镜阵列2密封起来。

以上是关于微镜裸芯片的特征介绍，下面将介绍微镜阵列2的密封，其中，图1、图3和图4中虚线框所框结构，即是微镜裸芯片。

在一种示例中，为了在微镜裸芯片封装之前，先将微镜阵列2密封起来，相应的，参考图4所示，微镜芯片还包括光窗4和固定环5，其中，固定环5固定在衬底1的第一表面，并将微镜阵列2围起来，也即是，固定环5呈环状，微镜阵列2位于固定环5的环内空间中。

继续参考图4所示，光窗4固定在固定环5的顶部，且覆盖微镜阵列2，从而，微镜阵列2被密封在衬底1、固定环5和光窗4形成的密封空间中。

需要指出的是，如上述所述，微镜阵列2中的各个可旋转微镜，是由驱动组件带动旋转的，所以，用来驱动微镜旋转的驱动组件也被密封在衬底1、固定环5和光窗4形成的密封空间中。

而电极3在封装中，需要通过打线或插针或焊球的方式引出，所以，电极3位于固定环5的环外空间中。例如，参考图3所示，第一电极31位于衬底1的第一表面的方案中，第一电极31位于固定环5的环外空间。

可见，在对微镜芯片进行封装中，因微镜阵列2已经被密封起来，那么，封装过程中，不会有微小颗粒落入微镜阵列2所在的环境中，进而能够提高封装后的微镜器件的合格率，从而提升封装后的微镜器件的良率。

下面将介绍光窗4和固定环5的特征。

在一种示例中，为了不干涉可旋转微镜的旋转，那么，光窗4与衬底1的第一表面之间的最小间距，可以大于100um，以满足微镜21旋转至设定的最大旋转角度时，也不会碰触到光窗4。

在一种示例中，光窗4在材质上为透明材质，具有较高的透射率和较低的反射率。例如，光窗4的内

表面和外表面，均可以镀增透膜。例如，可以在光窗4的内表面和外表面，镀增透膜，该增透膜能够提高某一波段的透过率，如提高1100nm至1700nm波段的透过率。

在一种示例中，因光窗4的内表面与固定环5的顶端固定，为了便于光窗4与固定环5的固定，光窗4的内表面，在与固定环5固定的位置处无增透膜。例如，在光窗4内表面镀增透膜时，将用来与固定环5固定的区域预留出，不镀增透膜。又例如，在光窗4的整个内表面镀完增透膜以后，再将用来与固定环5固定的区域内的增透膜去除。

需要指出的是，光窗4内表面，用来与固定环5固定的区域，无增透膜，指的是理论情况，但是在实际加工中，因误差所致，会在该区域内的一些位置处，镀上增透膜。

在一种示例中，光窗4的形状可以呈平板状，覆盖在固定环5的顶端，其中，固定环5的顶端也即是背对衬底1的一端。

在一种示例中，虽然光窗4的反射率比较低，但是光窗4还是具有一定的反射率，导致入射至光窗4的光线，会经由光窗4，反射至探测器，对探测器接收到的光信号造成干扰（其中，理论情况下，光线穿透光窗4，入射至微镜21，经由微镜21反射，反射光透过光窗4，进入到探测器）。

为了避免经由光窗4反射的反射光，入射至探测器，对探测器接收到的光信号造成干扰，相应的，如图5所示，光窗4呈平板状，与衬底1所在水平面之间存在夹角α，夹角α大于微镜阵列2中可旋转微镜的最大旋转角度β。

其中，最大旋转角度β是所有可旋转微镜的最大旋转角度，例如，各个可旋转微镜的最大旋转角度相同，都是β，又例如，各个可旋转微镜的最大旋转角度不同，但是β是最大的最大旋转角度。

这样，无论可旋转微镜旋转多少度，光窗4与可旋转微镜都不平行，只要光窗4与可旋转微镜不平行，那么，光窗4的反射光路，就不会落在可旋转微镜的扫描视场范围内，而探测器是布置在可旋转微镜的扫描视场范围内的，所以，就能实现探测器仅仅在可旋转微镜的扫描视场内，而不在光窗4的反射光路上，进而，经由光窗4反射的光线，就不会进入到探测器，进而，即便光窗4具有一定的反射率，经由光窗4反射的光线，也不会对探测器接收到的光信号造成干扰。

需要指出的是，在一些方案中，微镜反射出去的光线，是耦合至耦合器中，经由耦合器进入到光纤中，然后再经由光纤，入射至探测器（或者输出端）中。那么，为了使光窗4反射的光线，不进入到探测器中，相应的，只需要使光窗4反射的光线，不进入到耦合器，只要不进入到耦合器，那么也不会经由光纤进入到探测器中。或者，光窗4反射的光线，以比较大的入射角（即与耦合器的法线的夹角），进入到耦合器中，降低光耦合效率，光窗4反射的光线，耦合至光纤的效率比较低，那么，进入到探测器的光线也比较弱，可以忽略不计。

在一种示例中，光窗4的倾斜，可以通过固定环5的高度来设置，例如，如图6所示，固定环5固定在衬底1第一表面上的示意图，参考图6所示，固定环5包括第一侧壁51、第二侧壁52、第三侧壁53和第四侧壁54，其中，第一侧壁51和第二侧壁52位置相对，且第一侧壁51的高度大于第二侧壁52的高度，第三侧壁53和第四侧壁54的位置相对，且第三侧壁53和第四侧壁54的顶端所在平面与衬底1所在平面之间的夹角为α，这样，光窗4覆盖在固定环5的顶端，光窗4与衬底1的夹角也为α。

在一种示例中，参考图6所示，固定环5的高度以及与阵列边缘的微镜之间的间距，会影响到微镜芯片的扫描视场，其中，微镜芯片的扫描视场是最大入射光线与最大出射光线之间的夹角，那么，为了不影响到微镜芯片的扫描视场，相应的，参考图7所示，固定环5的尺寸满足如下关系。

$$L1/H1 \geq \tan(\theta),\ L2/H2 \geq \tan(\theta+2\gamma)$$

参考图7所示，L1为靠近光线入射方向，且位于微镜阵列2的阵列边缘的第一微镜21A，与固定环5的最小间距，H1为固定环5在靠近第一微镜21A处的高度。其中，第一微镜21A可以是固定微镜，也可以是可旋转微镜。

参考图6和图7所示，通常，光线是平行于第三侧壁53，从第一侧壁51的左上角或者从第二侧壁52的右上角，向微镜芯片入射。例如，如图7所示，光线从第一侧壁51的左上角向微镜芯片入射，那么，参考图7所示，L1为第一侧壁51的内表面，与第一微镜21A的靠近第一侧壁51的一侧之间的间距，H1为第一侧壁51的高度。

式中，θ为入射光线与衬底1所在水平面的法线之间的最大夹角。

因此，参考图7所示，固定环5的尺寸满足$L1/H1 \geq \tan(\theta)$，便能使所有的入射角度的光线，都能入射至微镜阵列2的任意一个微镜21上。

继续参考图7所示，L2为靠近光线出射方向，且位于微镜阵列2的阵列边缘的第二微镜21B，与固定环5的最小间距，H2为固定环5在靠近第二微镜21B处的高度。例如，参考图7所示，L2为第二侧壁52的内表面，与第二微镜21B的靠近第二侧壁52的一侧之间的间距，H2为第二侧壁52的高度。

其中，图7中直线M表示衬底1所在水平面的法线，直线N表示当第二微镜21B旋转至最大旋转角度γ时，第二微镜21B在该状态下的法线，平面P表示第二侧壁52的内表面所在平面。

其中，γ为第二微镜21B的最大旋转角度，小于或等于上述所述的β，其中β为所有可旋转微镜中的最大的最大旋转角度。

参考图7所示，当第二微镜21B旋转γ角度时，与第二微镜21B垂直的法线，也旋转γ角度，所以，如图7所示，直线M与直线N之间的夹角为γ，其中，直线M也可以看作第二微镜21B旋转0度（即平行于衬底）时的法线。

所以，参考图7所示，当第二微镜21B旋转至最大旋转角度γ时，经由当前转角的第二微镜21B反射的光线，与第二侧壁52的内表面之间的夹角为θ+2γ。

因此，参考图7所示，固定环5的尺寸满足L2/H2≥tan（θ+2γ），便能使任意一个微镜，反射出去的光线，都能从微镜芯片中射出。

在一种示例中，如果光窗4平行于衬底1，则H1和H2相等，如果光窗4相对于衬底1倾斜，则第一侧壁51的高度H1大于第二侧壁52的高度H2，且H1和H2之差为L3和tanα之积，其中，L3为第一侧壁51内表面与第二侧壁52内表面之间的间距。

所以，固定环5的尺寸满足上述公式所示关系，便能实现固定环5不会干涉到微镜芯片的扫描视场。

需要指出的是，第一微镜21A可以是可旋转微镜，也可以是不可旋转的固定微镜，第二微镜21B也可以是可旋转微镜，也可以是不可旋转的固定微镜，如果第二微镜21B为不可旋转的固定微镜，则上述第二微镜21B的最大旋转角度γ=0度。

需要指出的是，H1和H2的数值，均需要考虑光窗4与固定环5的胶粘或键合带来的高度变化，以及固定环5与衬底1的胶粘或键合带来的高度变化。

在一种示例中，如图8所示，光窗4的内表面，在靠近边缘位置处，具有第一缺口，固定环5的顶部固定在第一缺口中。

如图8所示，第一缺口可以是呈L型的缺口，该缺口位于光窗4的内表面，且在边缘位置处。这样，缺口的两个侧壁，都与固定环5具有固定关系，那么，固定面积（如粘接面积）大了，进而增强固定环5与光窗4的固定强度。

而且，光窗4的缺口与固定环5属于卡接，那么，光窗4与固定环5固定之前，先预定位，使光窗4不易从固定环5的顶部脱落。例如，对于倾斜式的光窗4，固定之前，光窗4预定位在固定环5的顶部，能够避免光窗4从固定环5的顶部滑落，或者，避免光窗4与固定环5之间有滑移。

在另一种示例中，第一缺口也可以是沉槽，如光窗4的内表面，在靠近边缘位置处开设沉槽，固定环5的顶部固定在沉槽中。这样，固定环5的顶部与沉槽的槽底之间具有固定关系，固定环5的侧壁与沉槽的槽壁之间具有固定关系，进而增强固定环5与光窗4的固定强度。固定环5的顶部位于沉槽中，相当于固定环5的顶部卡在沉槽中，那么，能够在光窗4与固定环5固定之前，将光窗4预定位在固定环5的顶部，使光窗4不易从固定环5的顶部滑落。

在另一种示例中，如图9所示，固定环5的内表面，在顶部位置处，开设第二缺口，光窗4的内表面，且靠近边缘位置处，固定在第二缺口中。其中，如图9所示，第二缺口为L型的缺口。

固定环5的第二缺口，也是一方面起到增强光窗4与固定环5之间的固定强度，另一方面起到预定位作用，对光窗4进行限位，在固定中，避免光窗4从固定环5的顶部滑落，或者，避免光窗4与固定环5之间有滑移。

在另一种示例中，如图10所示，光窗4和固定环5均具有缺口，如光窗4具有第一缺口，固定环5具有第二缺口，光窗4的第一缺口和固定环5的第二缺口匹配，光窗4的第一缺口卡在固定环5的第二缺口中。光窗4的第一缺口和固定环5的第二缺口配合，不仅起到限位光窗4的作用，还能进一步增大光窗4与固定环5的固定面积（如粘接面积），提升固定强度。

需要指出的是，图8至图10中光窗4与固定环5连接处的黑色填充，表示两者的固定区域，如黑色区域表示胶粘区域，或者键合区域。

在一种示例中，固定环5的材质可以是胶，那么，光窗4和衬底1通过胶粘接固定，胶固化而形成固定

环5。

在另一种示例中，固定环5的材质也可以是硅材料、玻璃、融石英，或者金属材料。固定环5和衬底1之间，通过胶水粘接固定，或者，固定环5与衬底1之间，通过键合工艺固定。固定环5与光窗4之间，也可以通过胶水粘接固定，或者，通过键合工艺固定。

其中，本实施例对固定环5的材质不作具体限定，例如，固定环5的材质可以选热膨胀系数，介于光窗4的热膨胀系数与衬底1的热膨胀系数之间的材质，这样，能够减弱微镜芯片的热应力，使微镜芯片在较大温差下，不易发生形变，不易产生裂纹。

在一种示例中，为了增强固定环5与衬底1之间的固定，相应的，如图11所示，衬底1的第一表面，在与固定环5固定的位置处，可以开设沉槽，固定环5的底部可以固定在沉槽中，其中，图11中固定环5与衬底1的连接处的黑色填充，表示两者的固定区域，如黑色区域表示胶粘区域或键合区域。

因沉槽四周的槽壁，以及沉槽的槽底，与固定环5均有固定关系，那么，与固定环5直接固定在衬底1表面上相比，显然设置沉槽的方案，能够增大衬底1与固定环5之间的接触面积，进而增强衬底1与固定环5之间的附着力（如胶水附着力），而增强衬底1与固定环5的固定强度。

在一种示例中，衬底1第一表面上的沉槽也可以由L型缺口来代替，其中， L型缺口面向固定环5的环外空间，固定环5的环壁的底部，固定在L型缺口中。

在一种示例中，衬底1第一表面，在与固定环5固定的位置处的粗糙度，可以大于其他位置处的粗糙度。固定环5固定在衬底1的粗糙度比较大的位置处，能够借助大粗糙度，增强衬底1与固定环5之间的附着力，进而增强衬底1与固定环5之间的固定强度。

其中，提高粗糙度的方式可以是，在衬底1第一表面，对应固定环5安装区域内，刻蚀多个凹槽，使该区域内表面凹凸不平，从而增大该区域的表面粗糙度。或者，也可以在衬底1第一表面，对应固定环5安装区域的表面上镀膜，通过膜层提升该区域内的粗糙度。

其中，衬底1与固定环5之间的固定强度，一旦得到增强，那么，衬底1与固定环5之间的键合强度也得以增强，固定环5的环内空间的气密性也得以加强。

在一种示例中，衬底1第一表面上刻蚀沉槽或刻蚀凹槽的工艺过程，可以在刻蚀微镜安装槽中进行，例如，在衬底1第一表面上开设微镜安装槽中，可以顺便在固定环5的安装区域内，开设沉槽和/或凹槽。

在一种示例中，固定环5的环壁可以是呈梯形的柱状，固定环5的与光窗4固定的顶部的面积，小于与衬底1固定的底部的面积，这样能增大固定环5环壁的强度。其中，固定环5的环壁，例如，如图6所示为第一侧壁51、第二侧壁52、第三侧壁53和第四侧壁54。

在另一种示例中，参考图7所示，固定环5的环壁的顶部，在面向环内空间的内表面，具有倒角，例如，固定环5的第一侧壁51顶部的内表面具有倒角，第二侧壁52顶部的内表面具有倒角。其中，倒角能避让入射光线和出射光线。其中，如图7所示，倒角是将连接第一侧壁51的顶部与内表面的直角棱边，切成一个斜面。

在一种示例中，为了避免封装中，在高温工艺下，固定环5的环内空间气压过大，相应的，参考图6所示，固定环5可以具有通气孔a，例如，可以在固定环5的任意一个侧壁上，开设通气孔a。其中，通气孔a与固定环5的环内空间连通，这样能够避免在高温工艺下，微镜阵列2所在环境内的气压过高。

在另一种示例中，通气孔a也可以设置在光窗4上。

在一种示例中，为了不影响环内空间的气密性，相应的，高温工艺流程结束以后，可以再密封通气孔a，例如，微镜芯片与基板焊接属于高温工艺，那么，微镜芯片在完成高温焊接之后，可以使用介质将通气孔a封堵。

在另一种示例中，微镜芯片在应用中，是布置在气密性比较好的壳体中，那么，通气孔a可以无需密封。

在一种示例中，在微镜芯片的封装工艺中，通气孔a完成排气作业以后，也可以将通气孔a密封起来，例如，通过在通气孔a中点胶的方式，使用固化后的胶体，将通气孔a密封起来。

为了避免在通气孔a中点胶中，胶水流向固定环5的环内空间中，而影响到可旋转微镜的旋转，相应的，光窗4上的通气孔a，在位置上尽量靠近固定环5，例如，通气孔a在衬底1上的垂直投影，一部分落在固定环5的环内空间中，另一部分落在固定环5上。也即是，光窗4上的通气孔a不仅开设在光窗4上，也开设在固定环5上，其中，通气孔a在固定环5上的部分，可以贯穿固定环5的高度，也可以不贯穿。

这样，在通过点胶方式，密封通气孔a中，胶水可以挂附在固定环5上，几乎不会落入固定环5的环内

空间中。

在另一种示例中，对于光窗4上开设通气孔a的方案，通气孔a的孔径比较小，这样，在通过点胶方式密封通气孔a中，胶水粘附在通气孔a的孔壁上，那么，胶水也不易流入固定环5的环内空间中。

在一种示例中，如图12所示，微镜芯片还可以包括吸气剂6，吸气剂6位于衬底1的第一表面，且在固定环5的环内空间中。例如，参考图12所示，吸气剂6位于固定环5与微镜阵列2的阵列边缘处的微镜之间。

其中，吸气剂6用于吸收衬底1、固定环5和光窗4围成的密闭空间中的气体和湿气，可以通过在衬底1第一表面上镀吸气膜层而形成。

在一种示例中，固定环5的内表面，可以镀吸气膜层，该吸气膜层用来吸收衬底1、固定环5和光窗4围成的密闭空间中的气体和湿气，其中，固定环5的内表面是面向环内空间的表面。

在一种示例中，吸气剂6和固定环5内表面的吸气膜层可以都存在于微境芯片中，也可以是两者中的其中一种，存在于微镜芯片中。

其中，衬底1第一表面上的吸气剂6也是吸气膜层，与固定环5内表面的吸气膜层，两者的材质可以相同。

在一种示例中，固定环5的外表面可以镀遮光膜层，以避免环境中的杂散光的干扰，其中，固定环5的外表面是面向环外空间的表面。在另一种示例中，固定环5的材质也可以是透射率比较差的材料，这样也可以避免环境中的杂散光进入到固定环5的环内空间中，而造成干扰。

在一种示例中，如图13所示，为微镜芯片的结构示意图，参考图13所示，微镜芯片还可以包括电极引出层，电极引出层位于衬底1的第二侧，电极引出层具有电极，电极引出层的电极与衬底1第二侧上的电极电连接。

参考图13所示，电极引出层为硅通孔（through-silicon via，TSV）层7，TSV层7具有贯穿厚度方向的环形区域71。如图13并参考图14所示，环形区域71的内环壁和外环壁之间为贯穿TSV层7厚度的通孔，该通孔中填充有介质，如填充有第一介质73，又如填充有第一介质73和第二介质74。

其中，环形区域71的数量或等于衬底1第二表面上的电极3的数量，衬底1第二表面上的电极3，与环形区域71的环内区域72一一连接。

其中，TSV层7的材质为硅，具有导电性，所以，环形区域71的内环围成的环内区域72，可以作为TSV层7的电极，与衬底1第二表面上的电极3电连接，或者，也可以称环内区域72为导电通路，连接衬底1第二表面上的电极3。

在一种示例中，衬底1第二表面的电极3，可以都是用来驱动可旋转微镜旋转的驱动电极。其中，上述所述的第一电极31和第二电极32都属于驱动电极，只不过第一电极31和第二电极32中，一个是正驱动电极，另一个是负驱动电极。

作为一种示例，衬底1第二表面上的电极3全部是第二电极32，则每个第二电极32，分别与一个环内区域72连接。又例如，衬底1第二表面的电极3包括至少一个第一电极31和所有的第二电极32，则至少一个第一电极31中的每一个，分别与一个环内区域72连接，所有的第二电极32中的每一个，分别与一个环内区域72连接。如衬底1第二表面的电极3包括一个第一电极31和三个第二电极32，环内区域72的数量为四个，则一个环内区域72与第一电极31连接，三个环内区域72与三个第二电极32一一连接。

在一种示例中，衬底1第二表面的电极3，不仅包括驱动电极（也即是第一电极31和第二电极32），还包括测试电极，其中，测试电极用于测试TSV层7与所连基板100或RDL400的导通性。

如图18所示，以TSV层7与RDL400连接示意，TSV层7的各个环内区域72与RDL400连接，那么，测试TSV层7与所连RDL400之间的导通性，也即是，测试环内区域72与RDL400之间的导通性。例如，环内区域72与RDL400通过焊球连接，那么，即为测试焊球与环内区域72的导通性，以及焊球与RDL400之间的导通性是否良好。

需要指出的是，并不是测试所有的环内区域72与RDL400的导通性，这是因为一部分环内区域72还与驱动电极（如第二电极32）连接。例如，环内区域72的数量为8个，其中，5个环内区域72是与驱动电极（如第二电极32）连接，用来向可旋转微镜输入驱动信号，3个环内区域72是与测试电极连接（如这3个环内区域72串联在测试链路上），那么，测试导通性时，是测试位于测试链路上的环内区域72，与RDL400之间的导通性是否良好。

作为一种示例，测试电极的数量为一个或多个（如奇数个），例如，这些测试电极为正电极，那么，为了构成测试链路，可以使用驱动电极中的某一个电极，作为负电极，例如，可以使用上述所述的某一

个第一电极作为测试链路的负电极。或者，每一个测试链路的另一端接地。

作为一种示例，测试电极的数量为两个或两个以上（如偶数个），例如，每一对测试电极中，一个测试电极为正电极，另一个测试电极作为负电极。

无论测试电极的数量是奇数个，还是偶数个，每一个测试链路的正电极和负电极需要连接起来，或者，每一个测试链路的负电极接地，形成闭合的短路。那么，在测试中，使用电阻表，测试该闭合的短路中的电阻情况。如果电阻比较大，则说明测试链路中至少一处连接处的导通性较差，而如果电阻很小，则说明测试链路中所有的连接处的导通性都良好。

需要指出的是，用于驱动可旋转微镜旋转的驱动链路的正电极和负电极，是分别接在驱动芯片的正电极和负电极上的，以使驱动芯片，驱动可旋转微镜旋转。或者，驱动链路的正电极，接在驱动芯片的正电极上，而驱动链路的负电极，以及驱动芯片的负电极接共同的地上。

无论衬底1下表面的电极3，是全部都是驱动电极，还是包括驱动电极和测试电极，衬底1下表面（即第二表面）上的所有的电极3，都通过TSV层7的各个环内区域72，引到了各个环内区域72的底部，环内区域72的底部即为远离衬底1的位置。

继续参考图14所示，环形区域71中填充有具有绝缘性的第一介质73，以实现相邻的两个环内区域72的电隔离，其中，第一介质73可以是氧化硅。其中，图14所示，为图13中某一个环形区域71附近的局部俯视示意图。

在一种示例中，参考图13所示，如果环形区域71的环宽d比较大，那么，在环形区域71中沉积氧化硅，一方面氧化硅的生长周期比较长，会延长微镜芯片的制作周期，另一方面，第一介质73为氧化硅，而TSV层7的材质为单晶硅，氧化硅和硅的热膨胀系数相差比较大，导致热应力比较大，使微镜芯片在温变下易发生形变。

那么，在环形区域71的环宽d比较大的情况下，可以在环形区域71中填充第一介质73和第二介质74，其中，第二介质74的热膨胀系数介于第一介质73的热膨胀系数和环内区域72内的材质的热膨胀系数之间。例如，参考图14所示，环形区域71的内环壁和外环壁，均覆盖第一介质73，而内环壁上的第一介质73，与外环壁上的第一介质73之间，填充第二介质74。这样，可以降低TSV层7的热应力。

其中，第二介质74可以为多晶硅。

这样，TSV层7的材质为单晶硅，第二介质74的材质为多晶硅，TSV层7和第二介质74均为硅材质，那么，两者的热膨胀系数比较近，TSV层7与第二介质74之间的热应力比较小，那么，微镜芯片在温变下不易发生形变。

在一种示例中，因衬底1的材质为硅，而TSV层7的材质也为硅，所以，参考图13所示，在加工微镜裸芯片中，TSV层7和衬底1一起生长而成为微镜裸芯片的总衬底，在总衬底的底部，沿着厚度方向，刻蚀多个环形区域71，但是环形区域71并未穿透总衬底的厚度，所以，将总衬底划分为无环形区域71的衬底1，以及有环形区域71的TSV层7。因此，TSV层7是微镜裸芯片的一部分。

因微镜裸芯片包括TSV层7，而TSV层7具有一定的厚度，所以，TSV层7能够增大微镜裸芯片的整体厚度，而一旦微镜裸芯片的整体厚度比较大，那么，微镜裸芯片的刚度比较大，在封装过程中，不易发生形变。

在另一种示例中，电极引出层也可以不是TSV层7，而是芯片（记为电极芯片8），如图15所示，电极引出层为电极芯片8，电极芯片8的面积，大于衬底1的面积，电极芯片8的上表面，在伸出于衬底1的位置处，具有电极，电极芯片8的上表面为面向衬底1第二侧的表面，电极芯片8上表面的电极81，与衬底1第二侧上的电极3，通过电极芯片8内部的走线电连接。

在另一种示例中，电极引出层也可以包括TSV层7和电极芯片8，该方案中，TSV层7的环内区域72，与电极芯片8的电极，通过电极芯片8内部的走线电连接。

需要指出的是，微镜阵列2的密封过程，也即是，固定环5和光窗4的固定过程，可以看作微镜裸芯片封装之前的预处理过程，也可以看作微镜裸芯片的封装第一步，无论看作哪一步，微镜阵列2的密封，都是在微镜裸芯片封装在基板上之前。

在本公开实施例中，在对微镜芯片进行封装中，因首先将微镜阵列2密封在衬底、固定环和光窗形成的密封空间中，那么，在后续的封装过程中，不会有微小颗粒落入微镜阵列2所在的环境中，进而能够提高封装后的微镜器件的合格率，从而提升封装后的微镜器件的良率。

本实施例还提供了一种微镜器件，微镜器件可以应用在光交叉连接（optical cross connect，OXC）或波长选择开关（wavelength selective switch，WSS）等中。

如图16所示，该微镜器件包括基板100、驱动芯片200和上述所述的微镜芯片300，其中，微镜芯片300以包括TSV层7进行示例。

其中，驱动芯片200与微镜芯片300电连接，以便于向微镜裸芯片的电极3传输驱动信号，以驱动微镜阵列2中的可旋转微镜旋转。

在一种示例中，参考图16所示，微镜芯片300位于基板100上，例如，微镜芯片300通过胶粘或者键合或焊接工艺，固定在基板100上。

继续参考图16所示，基板100具有线路，基板100的表面还可以布置电极，微镜芯片300的环内区域72与基板100之间通过焊球（solder ball）电连接，而焊球与基板100表面的电极101，通过基板100内部的走线实现电连接。其中，基板100表面上的电极101用来与其他器件电连接，如与驱动芯片200电连接。

其中，上述所述的焊球，以及下文提及的焊球，也可以由柱形凸块（stup bump）和锡焊凸块（solder bump）等代替。

这样，衬底1第二表面（即下表面）的电极，便通过TSV层7，连接在基板100上，而如果衬底1第一表面（即上表面）也有电极，则衬底1上表面的电极，可以通过打线方式，连接在基板100上。

如图17所示，驱动芯片200也可以布置在基板100的表面，驱动芯片200与基板100之间通过焊球连接，进而，驱动芯片200与微镜芯片300之间，通过基板100内部的走线实现电连接。

在另一种示例中，驱动芯片200不在基板100上的方案中，驱动芯片200和微镜芯片300之间，可以通过连接器和柔性电路板（flexible printed circuit，FPC）实现电连接，可以参考图21所示。

在另一种示例中，如图18所示，微镜器件还可以包括重布线层（re-distribution layer，RDL）400，RDL400位于基板100的表面，微镜芯片300位于RDL400的上表面，其中，RDL400的上表面也即是背对基板100的表面。

其中，微镜芯片300与RDL400之间通过焊球（solder ball）连接，RDL400的上表面具有电极，RDL400的电极410与基板100的电极101通过打线（wire bonding）连接。

这样，衬底1第二表面（即下表面）的电极，便通过TSV层7，连接在RDL400上，而如果衬底1第一表面（即上表面）也有电极，则衬底1上表面的电极，可以通过打线方式，连接在RDL400上。

在一种示例中，RDL400的材质是硅，即便RDL400的面积比较大，RDL400的表面也能比较平整，而基板100的材质为陶瓷，基板100的面积比较大时，其表面难以平整。所以，微镜芯片300直接固定在RDL400表面，不是直接固定在基板100的表面，能够增强微镜芯片300与RDL400之间的固定连接，降低封装应力。

在一种示例中，驱动芯片200可以固定在RDL400的上表面，如图19所示，驱动芯片200和微镜芯片300，均位于RDL400的上表面，驱动芯片200与微镜芯片300之间通过RDL400内部的走线电连接。

在另一种示例中，如图20所示，RDL400可以包括第一RDL401和第二RDL402，其中，第一RDL401和第二RDL402均固定位于基板100的表面，而微镜器件300位于第一RDL401的上表面，驱动芯片200位于第二RDL402的上表面，例如，驱动芯片200与第二RDL402一一对应。其中，第一RDL401和第二RDL402之间，通过打线连接。

如图20所示的方案，驱动芯片200单独焊接在一个RDL上，那么，即便某一个驱动芯片200在焊接在第二RDL402的过程中出现差错，也不会影响到微镜芯片300和其他驱动芯片，可以降低良率损失，提高微镜器件的良率。

如图19所示的方案，因微镜芯片300和所有的驱动芯片200都布置在RDL400上，那么，一旦有一个驱动芯片200在焊接在RDL上的过程中出现差错，那么，整个微镜器件可能会报废。

需要指出的是，微镜芯片包括RDL400的方案中，驱动芯片200也可以不位于RDL400的上表面，也是位于基板100的表面。或者，驱动芯片200既不在RDL400的表面，也不在基板100的表面，而是通过连接器500和FPC，与微镜芯片300电连接，该方案中，连接器500可以焊接在RDL400的表面（如上表面或下表面）。

如图21和图22所示，微镜器件还包括连接器500，连接器500可以位于基板100的上表面，也可以位于基板100的下表面，参考图21所示，连接器500可以用来实现驱动芯片200与微镜芯片300的电连接，参考图22所示，连接器500也可以用来实现驱动芯片200与微镜器件的控制电路电连接。

其中，连接器500与基板100的连接方式可以是焊球焊接或打线。

在一种示例中，微镜器件包括RDL400的方案中，基板100的表面及内部可以无走线，这种基板100不起到电气互连作用，而是起到支撑作用。

在一种示例中，微镜器件包括RDL400的方案中，RDL400的下表面，可以具有多个锚点结构（如凹槽或凸起或条纹等）和多个弹性结构，其中，锚点结构和弹性结构一一连接，RDL400的下表面也即是面向基板100的表面。

RDL400在锚点结构处与基板100，通过第一胶固定，而RDL400在锚点结构以外的位置处，与基板100，通过第二胶固定，其中，第一胶的弹性模量大于第二胶的弹性模量，而且，第二胶固化后具有一定的柔性。例如，第一胶为环氧树脂胶，第二胶为导热硅胶。

其中，环氧树脂胶固化以后，比较硬，刚度大，使RDL400与基板100之间的连接比较牢固。

其中，导热硅胶固化以后比较柔软，能够吸收RDL400与基板100固定中的残余应力，使RDL400与基板之间不易发生开裂和形变。

其中，与锚点结构连接的弹性结构，用于吸收RDL400的锚点结构与基板100，通过环氧树脂胶连接所产生的残余应力。

在一种示例中，如图23所示，为RDL400位于基板100上的示意图，参考图23所示，RDL400的形状为方形或矩形，那么，可以在RDL400的四个顶点位置处，设置锚点结构。

在一种示例中，以图23中的RDL400的中心位置为坐标原点，以RDL所在平面为xoy平面，以RDL的厚度方向为z轴建立坐标系，通过仿真软件，模拟RDL400的形变情况。

如图24所示，为RDL400与基板100之间，全部使用环氧树脂胶固定的方案中，RDL400与基板100粘接以后，RDL400的x轴坐标位置与z轴形变量之间的关系曲线示意图。如图25所示，为RDL400与基板100之间，按照上述所述，使用环氧树脂胶和导热硅胶固定的方案中，RDL400与基板100粘接以后，RDL400的x轴坐标位置与z轴形变量之间的关系曲线示意图。

参考图24和图25所示， RDL400与基板100之间，使用环氧树脂胶和导热硅胶粘接，能够减少RDL400与基板100固定中的残余应力，粘接后RDL400不易发生形变。

在本公开实施例中，参考图16至图22所示，微镜芯片300，通过焊球，与基板100或RDL400电连接的方案，与微镜芯片300通过插针连接器，与基板100或RDL400连接的方案相比，通过焊球实现电连接的方案，因焊球的尺寸小，相邻的焊球之间的间距小，那么，更易于实现高密排布。

本实施例还提供了一种光器件，该光器件包括激光器和上述所述的微镜器件，其中，激光器用于发射光信号，微镜器件用于通过其微镜反射光信号。

该光器件可以是光通信领域中的光交叉连接（optical cross connect，OXC）或波长选择开关（wavelength selective switch，WSS）。

例如，该光器件包括第一微镜器件和第二微镜器件这两个微镜器件，在应用中，一个或多个激光器发射的光信号，入射至第一光纤阵列中的某一个光纤中，该光纤出射的光信号，入射至第一微镜器件的某一个微镜上，经由第一微镜器件的微镜，反射至第二微镜器件的某一个微镜上，再经由第二微镜器件的微镜，反射至第二光纤阵列中的某一光纤中，实现光信号，从第一光纤阵列中的一个光纤，切换到第二光纤阵列中的另一个光纤。

该光器件还可以是激光测距领域中的激光测距雷达。例如，激光器发射的光信号，入射至微镜器件，经由微镜器件的微镜，反射至被测物体，经由被测物体反射的光线，进入到探测器中，从而测量出被测物体与微镜器件之间的距离。

权 利 要 求 书

1.一种微镜芯片，其特征在于，所述微镜芯片包括衬底（1）、微镜阵列（2）、电极（3）、光窗（4）和固定环（5）；

所述微镜阵列（2）位于所述衬底（1）的第一表面，所述电极（3）位于所述衬底（1）的第二表面，所述第一表面和所述第二表面在所述衬底（1）的厚度方向上位置相对；

所述固定环（5）固定在所述衬底（1）的第一表面，且所述微镜阵列（2）位于所述固定环（5）的环内空间中，所述光窗（4）固定在所述固定环（5）上，且覆盖所述微镜阵列（2）。

2.根据权利要求1所述的微镜芯片，其特征在于，所述光窗（4）的形状呈平板状，与所述衬底（1）之间存在夹角α，且所述夹角α大于所述微镜阵列（2）中可旋转微镜的最大旋转角度β。

3.根据权利要求1或2所述的微镜芯片，其特征在于，所述固定环（5）的高度满足如下关系：

$L1/H1 \geq \tan(\theta)$，$L2/H2 \geq \tan(\theta+2\gamma)$；

所述L1为靠近光线入射方向，且位于所述微镜阵列（2）阵列边缘的第一微镜（21A），与所述固定环（5）的最小间距，所述H1为所述固定环（5）在靠近所述第一微镜（21A）处的高度；

所述L2为靠近光线出射方向，且位于所述微镜阵列（2）阵列边缘的第二微镜（21B），与所述固定环（5）的最小间距，所述H2为所述固定环（5）在靠近所述第二微镜（21B）处的高度；

所述θ为入射光线与所述衬底（1）所在水平面的法线之间的最大夹角，所述γ为所述第二微镜（21B）的最大旋转角度。

4.根据权利要求1至3任一所述的微镜芯片，其特征在于，所述光窗（4）的内表面具有第一缺口，所述固定环（5）的顶部固定在所述第一缺口中。

5.根据权利要求1至4任一所述的微镜芯片，其特征在于，所述固定环（5）的内表面具有第二缺口，所述光窗（4）固定在所述第二缺口中。

6.根据权利要求1至5任一所述的微镜芯片，其特征在于，所述光窗（4）的外表面和内表面均镀有增透膜，且所述光窗（4）的内表面在与所述固定环（5）固定的位置处，无增透膜。

7.根据权利要求1至6任一所述的微镜芯片，其特征在于，所述固定环（5）的环壁，在与所述光窗（4）连接的顶部的内表面，具有倒角。

8.根据权利要求1至7任一所述的微镜芯片，其特征在于，所述固定环（5）的环壁，靠近所述光窗（4）的顶部的面积，小于靠近所述衬底（1）的底部的面积。

9.根据权利要求1至8任一所述的微镜芯片，其特征在于，所述衬底（1）第一表面，在与所述固定环（5）固定的位置处，具有沉槽，所述固定环（5）的底部固定于所述沉槽中。

10.根据权利要求1至9任一所述的微镜芯片，其特征在于，所述衬底（1）第一表面，在与所述固定环（5）固定的位置处的粗糙度，大于其他位置处的粗糙度。

11.根据权利要求1至10任一所述的微镜芯片，其特征在于，所述微镜芯片还包括吸气剂（6），所述吸气剂（6）位于所述固定环（5）的环内空间中。

12.根据权利要求1至11任一所述的微镜芯片，其特征在于，所述电极（3）包括用于驱动所述微镜阵列（2）中的可旋转微镜旋转的第一电极（31）和第二电极（32）；

所述第一电极（31）的数量大于或等于1，且小于或等于所述第二电极（32）的数量，所述第二电极

（32）数量大于或等于所述微镜阵列（2）所包括的可旋转微镜的数量；

所述第一电极（31）位于所述衬底（1）的第一表面，且在所述固定环（5）的环外空间，所述第二电极（32）位于所述衬底（1）的第二表面。

13.根据权利要求1至11任一所述的微镜芯片，其特征在于，所述电极（3）包括用于驱动所述微镜阵列（2）中的可旋转微镜旋转的第一电极（31）和第二电极（32）；

所述第一电极（31）的数量大于或等于1，且小于或等于所述第二电极（32）的数量，所述第二电极（32）数量大于或等于所述微镜阵列（2）所包括的可旋转微镜的数量；

所述第一电极（31）和所述第二电极（32）均位于所述衬底（1）的第二表面。

14.根据权利要求1至13任一所述的微镜芯片，其特征在于，所述微镜芯片还包括具有导电性的硅通孔TSV层（7），所述TSV层（7）位于所述衬底（1）的第二表面；

所述TSV层（7）具有贯穿厚度方向的环形区域（71），所述环形区域（71）的等于所述衬底（1）第二表面上的电极（3）的数量；

所述衬底（1）第二表面上的电极（3）与所述环形区域（71）的内环围成的环内区域（72），一一连接，且每个所述环形区域（71）中填充有具有绝缘性的第一介质（73）。

15.根据权利要求14所述的微镜芯片，其特征在于，所述衬底（1）第二表面上的电极（3）包括驱动电极和测试电极，所述驱动电极用于驱动所述微镜阵列（2）中的可旋转微镜旋转，所述测试电极用于测试所述TSV层（7）与所连基板（100）或RDL（400）的导通性。

16.根据权利要求14或15所述的微镜芯片，其特征在于，所述环形区域（71）的内环壁和外环壁，均覆盖有所述第一介质（73）；

所述内环壁上的第一介质（73），与所述外环壁上的第一介质（73）之间，还填充有第二介质（74），所述第二介质（74）的热膨胀系数，介于所述第一介质（73）的热膨胀系数和所述环内区域（72）内的材质的热膨胀系数之间。

17.一种微镜器件，其特征在于，所述微镜器件包括基板（100）、驱动芯片（200）和权利要求1至16任一所述的微镜芯片（300）；

所述微镜芯片（300）位于所述基板（100）上，所述驱动芯片（200）与所述微镜芯片（300）电连接。

18.根据权利要求17所述的微镜器件，其特征在于，所述微镜器件还包括重布线层RDL（400），所述RDL（400）位于所述基板（100）的表面，所述微镜芯片（300）位于所述RDL（400）的上表面，所述RDL（400）的上表面为背对所述基板（100）的表面。

19.根据权利要求18所述的微镜器件，其特征在于，所述驱动芯片（200）位于所述RDL（400）的上表面，所述微镜器件（300）和所述驱动芯片（200），通过所述RDL（400）电连接。

20.根据权利要求18所述的微镜器件，其特征在于，所述微镜器件还包括连接器（500），所述连接器（500）位于所述基板（100）的表面；

所述微镜芯片（300）和所述连接器（500），通过所述RDL（400）和所述基板（100）电连接，所述连接器（500）和所述驱动芯片（200），通过柔性电路板FPC电连接。

21.根据权利要求18至20任一所述的微镜器件，其特征在于，所述RDL（400）的下表面，具有多个锚点结构和多个弹性结构，所述锚点结构和所述弹性结构一一连接，所述RDL（400）的下表面为面向所述基板（100）的表面；

所述RDL（400）在锚点结构位置处，与所述基板（100），通过第一胶固定，所述RDL（400）在锚

点结构以外的其他位置处，与所述基板（100），通过第二胶固定，所述第一胶的弹性模量，大于所述第二胶的弹性模量，且所述第二胶固化后具有柔性。

22.一种光器件，其特征在于，所述光器件包括激光器和权利要求17至21任一所述的微镜器件，所述激光器用于发射光信号，所述微镜器件用于反射光信号。