

一种抛光垫表面状况在线检测方法及检测系统

技术领域

本发明属于半导体集成电路芯片制造设备领域，尤其是涉及一种抛光垫表面状况在线检测方法及检测系统。

背景技术

在目前的半导体集成电路芯片制造流程中，化学机械平坦（CMP）是其中一项重要的工艺步骤。化学机械平坦工艺采用抛光垫和抛光液对晶圆研磨，通过机械与化学相结合的方式，实现晶圆表面形貌的平坦化。抛光垫依靠具有一定粗糙度的表面进行机械研磨，抛光垫上有沟槽图案，抛光液沿沟槽图案接触晶圆，进行化学腐蚀。

随着平坦化工艺的进行，抛光垫表面由于研磨不断损耗，抛光垫厚度将逐渐变薄，抛光垫表面沟槽图案将逐渐变浅。较浅的沟槽所能够承载的抛光液减少，将导致研磨速率的降低，磨损耗尽的沟槽使得抛光垫表面粗糙度不足，降低工艺的良率，且更易导致晶圆滑片。因此对抛光垫表面状况的检测十分必要。

目前对抛光垫表面状况的判断主要有以下几种方式：

1、根据抛光垫的使用时间或者研磨晶圆数量判断。这种方式在设定了相应的时间与数量后，到达设定值可自动提醒，但该方式完全依赖经验状况进行判断，而不同的工艺流程、参数，晶圆类型，抛光垫本身的差异都会造成实际状况与经验状况的不一致，使得判断产生错误；

2、采用人工在线或停机维护时目测或用工具检测。人工目检的

方式需要消耗大量人力资源，且仅为定性而非定量的检测，误差较大，判断准确率不足；停机维护则造成了时间资源上的浪费，且维护时间间隔较长易造成判断的延误；

3、根据抛光垫厚度间接判断。这种方式采用测量与抛光垫接触的修整器等结构的位置，获得抛光垫厚度信息，也有采用测量抛光垫透射率获得抛光垫厚度信息等方式；但该方式获得的抛光垫状况信息较为单一，仅为抛光垫局部的厚度信息，无法获得实际的沟槽深度信息；与抛光垫整体磨损无关的因素对沟槽的影响，以及抛光垫沟槽本身的深度误差等均易使该方案的判断产生错误。

发明内容

为了克服现有技术的不足，本发明提供一种可以实时在线检测抛光垫表面状况，获得沟槽深度、抛光垫厚度、表面液体状态等信息，提升化学机械平坦化工艺的效率与良率的抛光垫表面状况在线检测方法及检测系统。

本发明解决其技术问题所采用的技术方案是：一种抛光垫表面状况在线检测方法，包括以下步骤：

光学传感器在抛光垫上方移动，以获取光学传感器与抛光垫表面的距离信息；

根据测得的距离信息，区分抛光垫表面液体的分布情况，对应使用不同的修正计算公式，计算得到抛光垫表面沟槽的深度值；

将抛光垫表面沟槽修正后的深度值与预设阈值比较，判断抛光垫上的沟槽深度状况，以确定抛光垫是否需要更换。

进一步的，判断沟槽深度状况为判断深度值小于预设阈值的沟槽数量是否达到设定数量；或者，判断指定范围的沟槽深度均值是否小于预设阈值。

进一步的，所述光学传感器移动过程中获取其与抛光垫表面的距离，作为第一信息；

或/和，所述光学传感器移动过程中获取其与抛光垫上液体表面的距离，作为第二信息；

或/和，所述光学传感器移动过程中获取其与沟槽底面的距离，作为第三信息；

或/和，所述光学传感器移动过程中获取其与沟槽内液体表面的距离，作为第四信息。

进一步的，所述抛光垫表面液体的分布情况包括以下三种中的一种或两种及以上的组合，

第一种情况，沟槽内有液体，且液体溢出沟槽后覆盖抛光垫表面；

第二种情况，沟槽内有液体，且液体未填满沟槽；

第三种情况，沟槽内没有液体。

进一步的，所述光学传感器以检测得到的距离信息区分所述抛光垫表面液体的分布情况；

在第一种情况下，检测得到第一信息、第二信息、第三信息和第四信息；

在第二种情况下，检测得到第一信息、第三信息和第四信息；

在第三种情况下，检测得到第一信息和第三信息。

进一步的，在第一种情况下，修正后的沟槽深度=原沟槽深度 $\times$ 液体折射率；

在第二种情况下，修正后的沟槽深度=原沟槽深度+（光学传感器距离抛光垫沟槽底面的距离 - 光学传感器距离沟槽内液体表面的距离） $\times$ （液体折射率-1）；

在第三种情况下，修正后的沟槽深度=原沟槽深度。

进一步的，重复上述步骤进行沟槽深度状况检测，所述沟槽深度状况达到设定状况时，发出更换抛光垫的提醒。

进一步的，所述光学传感器在抛光垫的平行上方、沿着抛光垫的径向移动，且移动范围遍历抛光垫边缘至抛光垫中心。

本发明还公开了一种抛光垫表面状况在线检测系统，包括：

光学传感器，至少包括光学单元，传感器探头，及控制单元；

所述光学单元用于向抛光垫表面发射光束；

所述传感器探头用于将光学单元发射的光束聚焦并照射在抛光垫上，并用于接收反射光后传递至光学单元；

所述控制单元用于获取传感器探头与抛光垫表面各处之间的距离；

处理单元，与光学传感器连接，用于分析控制单元获取的距离信息并对应不同的修正计算公式，计算得到抛光垫表面沟槽的深度值；

可移动支撑结构，用于带动光学传感器在抛光垫上方移动。

进一步的，所述修正计算公式针对抛光垫表面液体的不同分布情况，所述分布情况包括，

第一种情况，沟槽内有液体，且液体溢出沟槽后覆盖抛光垫表面；

第二种情况，沟槽内有液体，且液体未填满沟槽；

第三种情况，沟槽内没有液体。

进一步的，所述光学传感器采用光谱共焦技术。

进一步的，所述可移动支撑结构带动光学传感器沿平行抛光垫的方向移动，移动范围遍历抛光垫边缘至抛光垫中心；所述可移动支撑结构的高度可调。

进一步的，所述可移动支撑结构为抛光头，或为抛光臂，或为抛光液分配臂，或为修整头，或为修整臂，或为独立支撑结构。

进一步的，所述传感器探头外罩设有透明保护层；还包括用于对传感器探头或透明保护层进行清洗的清洗单元。

进一步的，还包括警示单元，当指定范围的沟槽深度均值小于设定值或深度值小于预设阈值的沟槽数量达到设定数量时，该警示单元发出提醒。

本发明的有益效果是：1) 提出的一种抛光垫表面状况的在线检测系统和检测方法，依靠光学传感器非接触在线测量抛光垫表面状态，光学非接触的方式防止了接触检测对抛光垫表面可能造成的损害，在线的测量使得抛光垫表面状态的监测及时，相比于效率低的人工检测和准确度低的经验时间检测，该检测系统能够准确而高效的实现对抛光垫表面状态的检测；2) 依靠对抛光垫和沟槽底部距离的测量，得到沟槽深度的定量准确数值，且依靠可移动支撑结构，使得光学传感器可以遍历整个抛光垫，能够准确测量抛光垫上所有沟槽的深

度；相比于对局部抛光垫厚度的检测，本发明能够实现抛光垫表面状态整体和局部的精确测量；3）本发明的距离检测方式可以测量液体表面的距离，判断抛光垫上液体表面是否存在，在检测抛光垫上沟槽深度的同时，检测抛光垫表面的液体状态，判断抛光垫表面液体量的多少，并能够根据抛光垫表面液体状态，修正检测得到的抛光垫沟槽深度；4）根据抛光垫表面不同区域表面液体的分布情况，结合距离信息，可以得到不同区域的沟槽深度值，获取的深度值更加准确，判断更加精准；5）可移动支撑结构可以带着光学传感器实时移动对抛光垫进行检测，检测的时效性更强，更换抛光垫更加及时。

附图说明

图 1 为本发明的抛光系统简示立体图。

图 2 为本发明的抛光垫表面状况在线检测系统与化学机械平坦设备的配合结构简示图。

图 3 为本发明的抛光垫表面状况在线检测系统的结构简示图。

图 4 为抛光垫表面特征及其检测示意图，此时液面覆盖抛光垫表面。

图 5 为液面覆盖抛光垫表面状态的示意图。

图 6 为液面仅在沟槽中的状态示意图。

图 7 为抛光垫表面没有液体的状态示意图。

图 8 为本发明的抛光垫表面状况在线检测方法的步骤框图。

具体实施方式

为了使本技术领域的人员更好的理解本发明方案，下面将结合本

发明实施例中的附图，对发明实施例中的技术方案进行清楚、完整的描述，显然，所描述的实施例仅仅是本发明的一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都应当属于本发明保护的范围。

一种抛光垫表面状况在线检测系统，包括：光学传感器 1，处理单元 3，可移动支撑结构 4，及警示单元，如图 3 所示。

如图 1、图 2 所示，抛光垫 2 安装在抛光台 20 表面随抛光台 20 旋转，抛光台 20 上方安装有抛光头 41、抛光臂 42、抛光液分配臂 43、修整头 44 和修整臂 45。抛光头 41 固定晶圆并使其与抛光垫 2 充分接触，相对抛光台 20 移动和旋转；抛光臂 42 固定抛光头 41；抛光液分配臂 43 向抛光垫 2 表面供应抛光液；修整头 44 与抛光垫 2 接触，修整抛光垫 2 表面；修整臂 45 固定修整头 44。图 1 所示仅为其中一种抛光形式，当然在其他实施例中，也可以是现有的别的抛光形式。

光学传感器 1，用于在线检测其与抛光垫 2 表面特征的目标距离，其至少包括光学单元 11，传感器探头 12，及控制单元 13；在本实施例中，光学传感器 1 采用光谱共焦技术。

所述光学单元 11 用于向抛光垫 2 表面发射光束；

所述传感器探头 12 用于将光学单元 11 发射的光束聚焦并照射在抛光垫 2 上，并且用于接收反射光后传递至光学单元 11。传感器探头 12 不仅可以一体设置在光学传感器 1 内，也可以独立于光学传感

器 1 存在。

抛光台 20 的上方安装有清洗单元，其用于对传感器探头 12 进行清洗，防止可能发生的液体结晶，为了对传感器探头 12 形成良好的保护作用，在传感器探头 12 的外侧罩设有透明保护层，防止可能存在的液体污染与腐蚀，从而清洗单元对透明保护层进行清洗。

控制单元 13 用于获取传感器探头 12 与抛光垫 2 表面各处之间的距离。

处理单元 3，与光学传感器 2 连接，用于分析控制单元 13 获取的距离信息，并对应不同的修正计算公式，计算得到抛光垫 2 表面沟槽 21 的深度值；

上述的修正计算公式针对抛光垫 2 表面液体的不同分布情况各不相同，而分布情况包括，三种情况，其中第一种情况为，沟槽 21 内有液体，且液体溢出沟槽 21 后覆盖抛光垫 2 表面，即抛光垫 2 的研磨面和沟槽 21 上方液体表面均存在，如图 5 所示；第二种情况为，沟槽 21 内有液体，且液体未填满沟槽 21，即沟槽 21 上方液体表面存在，抛光垫 2 的研磨面上方液体表面不存在，如图 6 所示；第三种情况为，沟槽 21 内没有液体，抛光垫 2 的研磨面上方和沟槽 21 上方液体表面均不存在，如图 7 所示。

可移动支撑结构 4，用于带动光学传感器 1 在抛光垫 2 上方移动；即光学传感器 1 跟随可移动支撑结构 4 移动，且沿着平行抛光垫 2 的方向移动，移动范围遍历抛光垫 2 边缘至抛光垫 2 中心。

光学传感器 1 测量传感器探头 12 距离抛光垫 2 表面的距离，根

据该距离，可移动支撑结构 4 带动固定于其上的传感器探头 12 垂直于抛光垫 2 移动，使传感器探头 12 距离抛光垫 2 表面的距离调节为光学传感器 1 的最佳工作距离，在最佳工作距离，传感器探头 12 发射的光束聚焦点最小，能够进入并测量更为狭窄的沟槽；因此将可移动支撑结构 4 设计为高度可调的结构，且调整高度时沿垂直于抛光垫 2 表面的方向上下移动。

可移动支撑结构 4 可以为抛光头 41，或为抛光臂 42，或为抛光液分配臂 43，或为修整头 44，或为修整臂 45，又或为独立支撑结构，具体不作限制。

警示单元在指定范围的沟槽 21 深度均值小于设定值，或者深度值小于预设阈值的沟槽 21 数量达到设定数量时，发出提醒，提醒用户更换抛光垫 2。

抛光垫表面状况在线检测系统使用时，传感器探头 12 安装在距离抛光垫 2 一固定距离，该距离位于光学传感器 1 的检测范围之内，光学传感器 1 的光学单元 11 发射光束，通过传感器探头 12，光束聚焦为一微小点并照射在抛光垫 2 上，经过抛光垫 2 表面特征的反射，各特征的反射光束被传感器探头 12 接收，再次传递至光学单元 11，检测反射光束的波长、强度、光斑位置等信息；控制单元 13 控制光学单元 11 发射、接收和检测光束，并通过检测得到的信息，得出传感器探头 12 距离抛光垫 2 上各种液面分布区域的距离信息，完成光学传感器 1 距离测量的功能；处理单元 3 接收来自光学传感器 1 测量得到的距离信息，供后续抛光垫 2 表面状况分析使用。

可移动支撑结构 4 带动固定于其上的传感器探头 12，按照设定的移动路径平行于抛光垫 2 移动，测量移动路径上对应的抛光垫 2 局部或整体的各区域表面特征距离信息，包括传感器探头 12 距离抛光垫 2 上液体表面的距离，传感器探头 12 距离抛光垫 2 的距离，传感器探头 12 距离抛光垫 2 沟槽 21 底面的距离；可移动支撑结构 4 的移动路径包含抛光垫 2 边缘到中心的整个范围，使固定于其上的光学传感器 1 可测量整个抛光垫 2 各处的特征距离信息；

如图 8 所示，一种抛光垫表面状况在线检测方法，包括以下步骤：

光学传感器 1 在抛光垫 2 的上方移动，具体是在抛光垫 2 的平行上方，沿着抛光垫 2 的径向移动，且移动范围遍历抛光垫 2 边缘至抛光垫 2 的中心，从而获取抛光垫 2 表面的状况信息，及光学传感器 1 与抛光垫 2 表面的距离信息；

根据抛光垫 2 表面液体的分布情况，结合测得的距离信息，对应使用不同的修正计算公式，计算得到抛光垫 2 表面沟槽 21 的深度值；

将抛光垫 2 表面沟槽 21 修正后的深度值与预设阈值作比较，判断抛光垫 2 上的沟槽 21 深度状况，从而确定抛光垫 2 是否需要更换。

如果第一次判断结果为不需要更换，则重复上述步骤进行沟槽 21 深度状况检测，当沟槽 21 深度状况达到设定状况时，警示单元发出更换抛光垫 2 的提醒。

上述判断抛光垫 2 上的沟槽 21 深度状况为判断深度值小于预设阈值的沟槽 21 数量是否达到设定数量；或者，判断指定范围的沟槽 21 深度均值是否小于预设阈值，该指定范围可以是抛光垫 2 上的任

意大小的区域。

具体的，光学传感器 1 在抛光垫 2 的上方移动，获取抛光垫 2 表面的状况信息，包括第一信息、第二信息、第三信息和第四信息。

如图 4 所示，其中第一信息为光学传感器 1 与抛光垫 2 表面的距离；

第二信息为光学传感器 1 与抛光垫 2 上液体表面的距离；

换句话说，传感器探头 12 位于抛光垫 2 上方时，光学传感器 1 判断抛光垫 2 上液体表面是否存在，并测量传感器探头 12 距离抛光垫 2 上液体表面的距离；同时，光学传感器 1 判断抛光垫 2 是否存在并测量传感器探头 12 距离抛光垫 2 的距离；

第三信息为光学传感器 1 与沟槽 21 内底面的距离；

第四信息为光学传感器 1 与沟槽 21 内液体表面的距离；

换句话说，传感器探头 12 位于抛光垫 2 的沟槽 21 上方时，光学传感器 1 判断抛光垫 2 上液体表面是否存在，并测量传感器探头 12 距离沟槽 21 内液体表面的距离；同时，光学传感器 1 判断抛光垫 2 沟槽 21 底面是否存在并测量传感器探头 12 距离沟槽 21 底面的距离。

沟槽 21 深度的计算公式为：沟槽深度=传感器探头距离抛光垫沟槽底面的距离 - 传感器探头距离抛光垫表面（此处指的是抛光垫研磨面）的距离。

由于抛光垫 2 表面会积聚抛光液，且不同区域的抛光液积聚量不同，上述抛光垫 2 表面的状况信息一般包括以下三种中的一种或两种及两种以上的组合。光学传感器 1 以检测得到的距离信息区分抛光垫

2 表面液体的分布情况。

第一种情况为，沟槽 21 内有液体，且液体溢出沟槽 21 后覆盖抛光垫 2 表面，如图 5 所示；在第一种情况下，光学传感器 1 检测得到第一信息、第二信息、第三信息和第四信息，对应的修正公式为，修正后的沟槽深度=原沟槽深度 $\times$ 液体折射率；

第二种情况为，沟槽 21 内有液体，且液体未填满沟槽 21，如图 6 所示；在第二种情况下，光学传感器 1 检测得到第一信息、第三信息和第四信息，对应的修正公式为，修正后的沟槽深度=原沟槽深度 $h1 + (光学传感器距离抛光垫沟槽底面的距离 h2 - 光学传感器距离沟槽内液体表面的距离 h3) \times (液体折射率 - 1)$ ；

第三种情况为，沟槽 21 内没有液体，如图 7 所示；在第三种情况下，光学传感器 1 检测得到第一信息和第三信息，对应的修正公式为，修正后的沟槽深度=原沟槽深度。

上述具体实施方式用来解释说明本发明，而不是对本发明进行限制，在本发明的精神和权利要求的保护范围内，对本发明作出的任何修改和改变，都落入本发明的保护范围。

- 1、一种抛光垫表面状况在线检测方法，其特征在于，包括以下步骤：

光学传感器在抛光垫上方移动，以获取光学传感器与抛光垫表面的距离信息；

根据测得的距离信息，区分抛光垫表面液体的分布情况，对应使用不同的修正计算公式，计算得到抛光垫表面沟槽的深度值；

将抛光垫表面沟槽修正后的深度值与预设阈值比较，判断抛光垫上的沟槽深度状况，以确定抛光垫是否需要更换。

- 2、根据权利要求 1 所述的抛光垫表面状况在线检测方法，其特征在于：判断沟槽深度状况为判断深度值小于预设阈值的沟槽数量是否达到设定数量；或者，判断指定范围的沟槽深度均值是否小于预设阈值。

- 3、根据权利要求 1 所述的抛光垫表面状况在线检测方法，其特征在于：

所述光学传感器移动过程中获取其与抛光垫表面的距离，作为第一信息；

或/和，所述光学传感器移动过程中获取其与抛光垫上液体表面的距离，作为第二信息；

或/和，所述光学传感器移动过程中获取其与沟槽底面的距离，作为第三信息；

或/和，所述光学传感器移动过程中获取其与沟槽内液体表面的距离，作为第四信息。

- 4、根据权利要求 3 所述的抛光垫表面状况在线检测方法，其特征在于：所述抛光垫表面液体的分布情况包括以下三种中的一种或两种及以上的组合，

第一种情况，沟槽内有液体，且液体溢出沟槽后覆盖抛光垫表面；

第二种情况，沟槽内有液体，且液体未填满沟槽；

第三种情况，沟槽内没有液体。

- 5、 根据权利要求 4 所述的抛光垫表面状况在线检测方法，其特征在于：

所述光学传感器以检测得到的距离信息区分所述抛光垫表面液体的分布情况；

在第一种情况下，检测得到第一信息、第二信息、第三信息和第四信息；

在第二种情况下，检测得到第一信息、第三信息和第四信息；

在第三种情况下，检测得到第一信息和第三信息。

- 6、 根据权利要求 5 所述的抛光垫表面状况在线检测方法，其特征在于：

在第一种情况下，修正后的沟槽深度=原沟槽深度 $\times$ 液体折射率；

在第二种情况下，修正后的沟槽深度=原沟槽深度+（光学传感器距离抛光垫沟槽底面的距离 - 光学传感器距离抛光垫上液体表面的距离） $\times$ （液体折射率-1）；

在第三种情况下，修正后的沟槽深度=原沟槽深度。

- 7、 根据权利要求 1 所述的抛光垫表面状况在线检测方法，其特征在于：重复上述步骤进行沟槽深度状况检测，所述沟槽深度状况达到设定状况时，发出更换抛光垫的提醒。

- 8、 根据权利要求 1 所述的抛光垫表面状况在线检测方法，其特征在于：所述光学传感器在抛光垫的平行上方、沿着抛光垫的径向移动，且移动范围遍历抛光垫边缘至抛光垫中心。

- 9、 一种抛光垫表面状况在线检测系统，其特征在于，包括：

光学传感器，至少包括光学单元，传感器探头，及控制单元；

所述光学单元用于向抛光垫表面发射光束；

所述传感器探头用于将光学单元发射的光束聚焦并照射在抛光垫上，并用于接收反射光后传递至光学单元；

所述控制单元用于获取传感器探头与抛光垫表面各处之间的距离；

处理单元，与光学传感器连接，用于分析控制单元获取的距离信息并对应不同的修正计算公式，计算得到抛光垫表面沟槽的深度值；

可移动支撑结构，用于带动光学传感器在抛光垫上方移动。

- 10、根据权利要求 9 所述的抛光垫表面状况在线检测系统，其特征在于：所述修正计算公式针对抛光垫表面液体的不同分布情况，所述分布情况包括，
第一种情况，沟槽内有液体，且液体溢出沟槽后覆盖抛光垫表面；
第二种情况，沟槽内有液体，且液体未填满沟槽；
第三种情况，沟槽内没有液体。
- 11、根据权利要求 9 所述的抛光垫表面状况在线检测系统，其特征在于：所述光学传感器采用光谱共焦技术。
- 12、根据权利要求 9 所述的抛光垫表面状况在线检测系统，其特征在于：所述可移动支撑结构带动光学传感器沿平行抛光垫的方向移动，移动范围遍历抛光垫边缘至抛光垫中心；所述可移动支撑结构的高度可调。
- 13、根据权利要求 9 所述的抛光垫表面状况在线检测系统，其特征在于：所述可移动支撑结构为抛光头，或为抛光臂，或为抛光液分配臂，或为修整头，或为修整臂，或为独立支撑结构。
- 14、根据权利要求 9 所述的抛光垫表面状况在线检测系统，其特征在于：所述

传感器探头外罩设有透明保护层；还包括用于对传感器探头或透明保护层进行清洗的清洗单元。

- 15、根据权利要求 9 所述的抛光垫表面状况在线检测系统，其特征在于：还包括警示单元，当指定范围的沟槽深度均值小于设定值或深度值小于预设阈值的沟槽数量达到设定数量时，该警示单元发出提醒。