



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104849218 A

(43) 申请公布日 2015. 08. 19

(21) 申请号 201410578917. X

(22) 申请日 2014. 10. 24

(30) 优先权数据

14/063, 740 2013. 10. 25 US

(71) 申请人 应用材料公司

地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 J·D·戴维 B·A·斯韦德克

(74) 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公

司 31100

代理人 徐伟

(51) Int. Cl.

G01N 21/25(2006. 01)

权利要求书2页 说明书11页 附图6页

(54) 发明名称

分组来自抛光基板的光谱数据

(57) 摘要

本发明尤其描述了基于计算机的方法。所述方法包含通过一或多个计算机接收在基板上的数个不同位置处从基板反射的数个测量光谱。所述基板包含具有不同结构特征的至少两个区域。所述方法还包含：通过一或多个计算机对数个测量光谱执行群集算法以基于数个测量光谱的光谱特性将数个测量光谱分成若干群组；选择所述若干群组中的一个群组以提供选定群组，所述选定群组具有来自数个测量光谱的光谱子集；和在一或多个计算机中，基于选定群组的光谱子集确定基板的至少一个表征值。

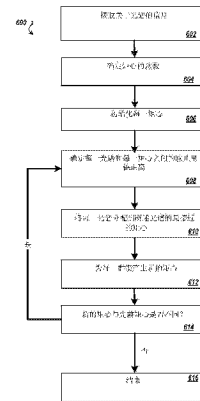


图5

1. 一种基于计算机的方法,包含:

通过一或多个计算机接收在基板上的数个不同位置处从所述基板反射的数个测量光谱,所述基板包含具有不同结构特征的至少两个区域;

通过所述一或多个计算机对所述数个测量光谱执行群集算法,以基于所述数个测量光谱的光谱特性将所述数个测量光谱分成若干群组;

选择所述若干群组中的一个群组以提供选定群组,所述选定群组具有来自所述数个测量光谱的光谱子集;和

在所述一或多个计算机中基于所述选定群组的所述光谱子集确定所述基板的至少一个表征值。

2. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,所述表征值是所述基板的最外层的厚度。

3. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,所述群集算法包含 k 均值群集算法。

4. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,执行所述群集算法包含为每一群组初始化矩心。

5. 如权利要求 4 所述的方法,其特征在于,为每一群组初始化矩心包含从所述数个测量光谱中选择光谱以提供选定光谱,和设置所述矩心以具有所述选定光谱的光谱特性。

6. 如权利要求 5 所述的方法,其特征在于,为每一群组初始化矩心包含从所述数个测量光谱中选择具有最大距离度量的光谱对,设置第一矩心以具有所述光谱对中的第一光谱的光谱特性和设置第二矩心以具有所述光谱对中的第二光谱的光谱特性。

7. 如权利要求 6 所述的方法,其特征在于,从所述数个测量光谱中选择具有最大距离度量的光谱对包含确定来自所述数个测量光谱的每对光谱之间的欧几里得距离,和选择具有最大欧几里德距离的光谱对。

8. 如权利要求 4 所述的方法,其特征在于,执行所述群集算法包含将所述接收的数个光谱的每一光谱分配到所述光谱的最接近的初始化矩心,和基于所述分配形成多个群组。

9. 如权利要求 8 所述的方法,其特征在于,执行所述群集算法包含通过对每一群组中的所述光谱求平均来为每一群组产生新的矩心。

10. 如权利要求 9 所述的方法,其特征在于,执行所述群集算法包含将所述接收的数个光谱的每一光谱再分配到所述光谱的最接近的新的矩心,和基于所述分配形成多个新的群组。

11. 如权利要求 10 所述的方法,其特征在于,执行所述群集算法包含迭代地更新所述新的矩心和形成新的群组,直到所述新的矩心收敛为止。

12. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,所述群组的数目被选择为大于在所述基板上预计的区域的数目。

13. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,所述数个测量光谱是在所述基板的抛光之前使用在线监控系统测量的。

14. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,所述数个测量光谱是在所述基板的抛光期间使用原位监控系统测量的。

15. 一种位于计算机可读媒体上的计算机程序产品,所述计算机程序产品包含促使处理器执行以下操作的指令:

接收在基板上的数个不同位置处从所述基板反射的数个测量光谱,所述基板包含具有

不同结构特征的至少两个区域；

对所述数个测量光谱执行群集算法，以基于所述数个测量光谱的光谱特性将所述数个测量光谱分成若干群组；

选择所述若干群组中的一个群组以提供选定群组，所述选定群组具有来自所述数个测量光谱的光谱子集；和

基于所述选定群组的所述光谱子集确定所述基板的至少一个表征值。

16. 如权利要求 15 所述的计算机程序产品，其特征在于，所述表征值为所述基板的最外层的厚度。

17. 如权利要求 15 所述的计算机程序产品，其特征在于，所述群组的数目被选择为大于在所述基板上预计的区域的数目。

18. 一种抛光系统，包含：

支撑件，用于保持抛光垫；

载具头，用于保持包含至少两个区域的基板与所述抛光垫接触，所述至少两个区域具有不同结构特征；

原位光学监控系统，用于测量在所述基板上的数个不同位置处从基板反射的数个测量光谱；和

计算机系统，包含：

处理器；

存储器；和

存储装置，所述存储装置存储使用所述存储器通过所述处理器执行的程序，所述程序包含被配置以促使所述处理器执行以下操作的指令：

从所述原位光学监控系统接收反射的所述数个测量光谱；

对所述数个测量光谱执行群集算法，以基于所述数个测量光谱的光谱特性将所述数个测量光谱分成若干群组；

选择所述若干群组中的一个群组以提供选定群组，所述选定群组具有来自所述数个测量光谱的光谱子集；和

基于所述选定群组的所述光谱子集确定所述基板的至少一个表征值；和

基于所述表征值决定抛光终点。

19. 如权利要求 18 所述的抛光系统，其特征在于，所述表征值为所述基板的最外层的厚度。

20. 如权利要求 18 所述的抛光系统，其特征在于，所述群组的数目被选择为大于在所述基板上预计的区域的数目。

分组来自抛光基板的光谱数据

技术领域

[0001] 本案涉及分组来自抛光基板的光谱数据,例如用于控制或了解基板的化学机械抛光。

背景技术

[0002] 集成电路典型地通过顺序沉积导电层、半导电层或绝缘层于硅晶片上而在基板上形成。各种制造工艺需要基板上的层的平面化。例如,对于例如抛光金属层以在图案化层的沟槽中形成通孔、插塞和接线的某些应用,平面化上覆层直到暴露图案化层的顶表面为止。在例如平面化介电层以便光刻的其他应用中,上覆层被抛光直到在下层上剩余所需厚度为止。

[0003] 化学机械抛光 (Chemical mechanical polishing ;CMP) 是平面化的一个可接受的方法。此平面化方法典型地需要基板被安装在载具头上。基板的暴露表面被典型地相抵旋转的抛光垫放置。载具头在基板上提供可控制的负载,以将基板推抵于抛光垫。诸如具有磨料颗粒的浆料的抛光液被典型地供应至抛光垫的表面。

[0004] 化学机械抛光的一个问题在于确定是否完成了抛光工艺,即,基板层是否已被平面化至所需平面度或厚度,或何时已去除所需量的材料。基板层的初始厚度、浆料成分、抛光垫条件、抛光垫和基板之间的相对速度、和基板上的负载的变化可引起材料去除速率的变化。这些变化引起到达抛光终点所需的时间的变化。因此,也许不可能仅根据抛光时间决定抛光终点。

[0005] 在一些系统中,基板在独立测量站中被光学地测量。然而,所述系统常常具有有限的产量。在一些系统中,基板例如通过抛光垫中的窗口在抛光期间被光学地原位监控。

[0006] 然而,现有光学监控技术可能不满足半导体器件制造商的日益增加的需求。

发明内容

[0007] 在一个方面中,基于计算机的方法包含通过一或多个计算机接收在基板上的数个不同位置处从基板反射的数个测量光谱。基板包含具有不同结构特征的至少两个区域。方法还包含:通过一或多个计算机对数个测量光谱执行群集算法,以基于数个测量光谱的光谱特性将数个测量光谱分成若干群组;选择所述若干群组中的一个群组以提供选定的群组,所述选定的群组具有来自数个测量光谱的光谱子集;和在一或多个计算机中,基于选定群组的光谱子集确定基板的至少一个表征值。

[0008] 在另一方面中,计算机程序产品位于计算机可读媒体上且包含促使处理器执行以下操作的指令:接收在基板上的数个不同位置处从基板反射的数个测量光谱。基板包含具有不同结构特征的至少两个区域。还促使处理器对数个测量光谱执行群集算法以基于数个测量光谱的光谱特性将数个测量光谱分成若干群组;选择所述若干群组中的一个群组以提供选定的群组,所述选定的群组具有来自数个测量光谱的光谱子集;和基于选定群组的光谱子集确定基板的至少一个表征值。

[0009] 在另一方面,计算机系统包含:处理器;存储器;和存储装置,所述存储装置存储用于使用存储器通过处理器执行的程序。程序包含被配置以促使处理器以进行以下操作的指令:接收在基板上的数个不同位置处从基板反射的数个测量光谱。基板包含具有不同结构特征的至少两个区域。还促使处理器对数个测量光谱执行群集算法以基于数个测量光谱的光谱特性将数个测量光谱分成若干群组;选择所述若干群组中的一个群组以提供选定的群组,所述选定的群组具有来自数个测量光谱的光谱子集;和在计算机中基于选定群组的光谱子集确定基板的至少一个表征值。

[0010] 方法、计算机程序产品,和/或计算机系统的某些实施可包括一或多个以下优点。表征值是基板的最外层的厚度。群集算法包含 k 均值 (k-means) 群集算法。执行群集算法包含为每一群组初始化矩心。为每一群组初始化矩心包含从数个测量光谱中选择一光谱以提供选定光谱,和设置矩心以具有选定光谱的光谱特性。为每一群组初始化矩心包含从数个测量光谱中选择具有最大距离度量的光谱对,设置第一矩心以具有所述光谱对中的第一光谱的光谱特性和设置第二矩心以具有所述光谱对中的第二光谱的光谱特性。从数个测量光谱中选择具有最大距离度量的光谱对包含确定来自数个测量光谱的每对光谱之间的欧几里得距离,和选择具有最大欧几里德距离的光谱对。执行群集算法包含将接收的数个光谱的每一光谱分配到所述光谱的最接近的初始化矩心,和基于所述分配形成多个群组。执行群集算法包含通过对每一群组中的光谱求平均值来为每一群组产生新的矩心。执行群集算法包含将接收的数个光谱的每一光谱再分配到所述光谱的最接近的新的矩心,和基于所述分配形成多个新的群组。执行群集算法包含迭代地更新新的矩心;和形成新的群组,直到新的矩心收敛为止。群组的数目是基于基板上预计的区域数目而选择。群组数目被选择为大于或等于在基板上预计的区域数目。数个测量光谱是在基板的抛光之前或之后使用在线监控系统测量的。数个测量光谱是在基板的抛光期间使用原位监控系统测量的。抛光终点是基于表征值而决定。

[0011] 某些实施可包括一或多个以下优点。群集的光谱数据可表示单个晶片上的不同结构特征。基于群集光谱决定的表征值可用于表征在不同结构特征处抛光的进程。可在不同位置处测量被抛光的层的厚度,所述不同位置具有不同结构特征。抛光终点可基于在晶片上的选定结构特征以更高精度确定。可提高用于检测所需抛光终点的终点系统的可靠性。

附图说明

- [0012] 图 1 图示抛光站的实例的示意剖视图。
- [0013] 图 2 图示具有多个区域的基板的示意俯视图。
- [0014] 图 3 图示在线监控站的实例的示意剖视图。
- [0015] 图 4 图示抛光垫的俯视图和图示在基板上进行原位测量的位置。
- [0016] 图 5A 图示示例性晶粒的示意俯视图。
- [0017] 图 5B 图示示例性晶粒的示意剖视图。
- [0018] 图 6 是群集化测量光谱的示例性过程的流程图。
- [0019] 图 7 是初始化光谱群集的矩心的示例性过程的流程图。

具体实施方式

[0020] 用于控制抛光操作的一个光学监控技术是测量从基板反射的光的光谱（在抛光期间原位地或在在线测量站处），并且将例如光学模型的函数拟合到测量光谱。另一技术是将测量光谱与来自光谱库的数个参考光谱比较，且标识最佳匹配的参考光谱。

[0021] 拟合光学模型或标识最佳匹配的参考光谱被用于产生表征值，例如，最外层的厚度。对于拟合，厚度可被看作光学模型的输入参数，且拟合过程产生厚度的值。为了发现匹配，可标识与参考光谱相关联的厚度值。

[0022] 化学机械抛光可用于平面化基板，直到第一层的预定厚度被去除、第一层的预定厚度被保留为止，或直到第二层暴露为止。

[0023] 通常，基板具有带有不同结构特征的区域，所述不同结构特征例如是不同的层堆叠和不同的特征密度。此外，不同区域可具有不同厚度。在执行光学监控时，从基板或最外层的不同区域反射的光的多个光谱被测量。本案的方法和系统将这些光谱群集化为多个群集或群组，所述多个群集或群组对应于具有不同结构特征的那些不同区域。光谱的每一群组或群集包含表征相应结构特征的信息。基于不同光谱群组或群集确定的表征值可例如用于通过描图控制抛光工艺或了解抛光工艺。

[0024] 图 1 图示抛光装置 100 的实例。抛光装置 100 包括可旋转盘形压板 120，抛光垫 110 位于所述可旋转盘形压板 120 上。压板可操作以围绕轴 125 旋转。例如，电动机 121 可转动驱动轴 124 以旋转压板 120。抛光垫 110 可为两层抛光垫，具有外部抛光层 112 和较软背衬层 114。

[0025] 抛光装置 100 可包括孔口 130，用于分配诸如浆料的抛光液 132 到抛光垫 110 上。抛光装置还可包括用于研磨抛光垫 110 的抛光垫调节器，以将抛光垫 110 保持在一致的研磨状态。

[0026] 抛光装置 100 包括一或多个载具头 140。每一载具头 140 可操作以相抵于抛光垫 110 保持诸如晶片的基板 10。每一载具头 140 可具有与每一各个基板相关联的抛光参数（例如压力）的单独控制。每一载具头包括扣环 142，用于将基板 10 在抛光垫 110 上保持就位。

[0027] 每一载具头 140 从例如圆盘传送带或轨道的支撑结构 150 悬挂下来，且每一载具头 140 通过驱动轴 152 连接到载具头旋转电动机 154，以便载具头可围绕轴 155 旋转。选择性地，每一载具头 140 可例如在圆盘传送带 150 上的滑块上横向地振荡；通过圆盘传送带自身的旋转振荡而振荡，或通过沿着轨道支撑载具头 140 的支架 108 的运动而运动。

[0028] 在操作中，压板围绕压板的中心轴 125 旋转，且每一载具头围绕载具头的中心轴 155 旋转且横跨抛光垫的顶表面横向地平移。

[0029] 虽然仅图示了一个载具头 140，但是可提供更多研磨头以保持额外基板，以便可有效地使用抛光垫 110 的表面区域。因此，适合于保持基板以便同时抛光工艺的载具头组件的数目可至少部分地基于抛光垫 110 的表面面积。

[0030] 在一些实施中，抛光装置包括原位光学监控系统 160，例如，光谱监控系统，所述光学监控系统可用于测量来自经历抛光的基板的反射光的光谱。穿过抛光垫的光学存取是通过包括孔（即，贯穿垫的孔）或实体窗口 118 提供。

[0031] 参看图 2，如果窗口 118 被安装在压板中，由于压板的旋转（由箭头 204 所示），当窗口 108 行进到载具头之下时，在取样频率下进行光谱测量的光学监控系统将促使光谱测

量在穿过基板 10 的弧形的位置 201 处进行。

[0032] 在图 3 中所示的一些实施中,抛光装置包括按序光学监控系统 160,所述光学监控系统 160 具有探针 180,所述探针 180 位于两个抛光站之间或位于抛光站和传送站之间。按序监控系统 160 的探针 180 可被支撑在平台 106 上,且所述探针 180 可位于载具头的路径上。

[0033] 探针 180 可包括一机构,所述机构用于调整所述探针相对于平台 106 的顶表面的垂直高度。在一些实施中,探针 180 被支撑在致动器系统 182 上,所述致动器系统 182 被配置以在一平面中横向地移动探针 180,所述平面平行于轨道 128 的平面。致动器系统 182 可以是 XY 轴致动器系统,所述致动器系统包括两个独立的线性致动器,用于沿着两个正交轴独立地移动探针 180。在一些实施中,不存在致动器系统 182,且探针 180 保持固定(相对于平台 106),同时载具头 126 移动以促使由探针 180 测量的光斑穿过基板上的路径。

[0034] 参看图 4,探针 180 可穿过基板上的路径 184,同时监控系统进行一系列光谱测量,以便在基板上的不同位置处测量数个光谱。通过适当选择光谱测量的路径和速率,测量可在晶片上以大体上均匀的密度进行。或者,可在基板的边缘附近进行更多测量。

[0035] 在图 4 中所示的特定实施中,载具头 126 可旋转同时支架 108 促使基板的中心从探针 180 向外移动,此举引起由探针 180 测量的光斑 184 穿过基板 10 上的螺旋形路径 184。然而,其他组合的运动可促使探针穿过其他路径,所述路径例如,通过基板 10 的中心的一系列同心圆或一系列弧形段。此外,如果监控站包括 XY 轴致动器系统,那么测量光斑 184 可穿过具有数个均匀间隔的平行线段的路径。如此允许光学测量系统 160 进行在基板上以矩形图案间隔的测量。

[0036] 回到图 1 和图 3,在原位实施例或按序实施例中,光学监控系统 160 可包括光源 162、光检测器 164,和电路系统 166,所述电路系统用于在远程控制器 190(例如,计算机)与光源 162 和光检测器 164 之间发送和接收信号。一或多个光纤可用于将来自光源 162 的光传输至抛光垫中的光学存取,且可用于将从基板 10 反射的光传输至检测器 164。例如,分叉光纤 170 可用于将来自光源 162 的光传输至基板 10 且传输回到检测器 164。分叉光纤可包括:干线 172,邻近于光学存取而定位;和两个支线 174 和 176,所述两个支线分别连接到光源 162 和检测器 164。探针 180 可包括分叉光纤的干线端。

[0037] 光源 162 可操作以发射白光。在一个实施中,发射的白光包括具有 200 纳米至 800 纳米的波长的光。在一些实施中,光源 162 产生非偏振光。在一些实施中,偏振滤光器 178(图示于图 3 中,尽管所述偏振滤光器可用于图 1 的原位系统中)可被定位在光源 162 和基板 10 之间。合适的光源是氙灯或汞氙灯。

[0038] 光检测器 164 可以是分光计。分光计是用于测量在电磁光谱的一部分上的光强度的光学仪器。合适的分光计是光栅分光计。分光计的典型输出是作为波长(或频率)的函数的光的强度。

[0039] 如上所述,光源 162 和光检测器 164 可被连接到例如控制器 190 的计算装置,所述计算装置可操作以控制光源 162 和光检测器 164 的操作且接收所述光源和光检测器的信号。计算装置可包括位于抛光装置附近的微处理器,所述微处理器例如可编程计算机。在操作中,控制器 190 例如接收携带信息的信号,所述信息描述对于光源的特定闪光或检测器的时间帧的由光检测器接收的光的光谱。

[0040] 待通过抛光装置抛光的基板 10 可典型地具有约 8 至 18 的直径且包括数十、数百或甚至数千个晶粒,所述晶粒可在基板 10 被抛光之后例如通过切割彼此分离。每一晶粒可跨越约 1 英寸或更少。在一些实施中,基板 10 上的晶粒可通过用于促进分离的划线彼此分离。

[0041] 每一晶粒可为一器件,所述器件诸如存储器芯片、中央处理单元,等等。通常,晶粒可具有多个区域,所述区域具有产生光的不同光谱反射的不同物理特性。不同区域可以是具有不同特征密度、不同特征布置,或不同层结构的区域。例如,可以存在具有规律图案的金属特征的区域,例如,在具有存储器单元的基板上的区域。作为另一实例,可以存在具有高密度的金属特征的区域,例如,具有处理器或逻辑的部分,所述金属特征不处于规则阵列中。可以存在为大体上连续金属特征的区域,例如,接触垫。可以存在无金属特征或低密度金属特征的区域,例如,介电场。可以存在根本不是晶粒的一部分且具有不同(通常简单的)层堆叠的区域,例如,划线。

[0042] 例如,图 5A 图示存储器芯片 500,所述存储器芯片 500 包括含有存储器单元 504 的中心区域 502。区域 502 可包含上百万存储器单元 504,所述存储器单元是相同的且以网格形式布置。每一存储器 504 单元可具有约微米量级或更小的大小。存储器芯片 500 还包括包含地址线的区域 506,和包含控制单元的区域 508。芯片可包括其他区域和结构。每一区域 504、506、508 具有不同物理特性。例如,区域 504 包含为通常规则阵列的存储器单元,而区域 504 和 506 可包括金属线及其他机械结构,所述金属线及其他机械结构没有以与区域 504 中的图案一样规则的图案布置。

[0043] 在图 5B 中所示的示意剖视图中,基板具有多个层,所述多个层包括底层半导体晶片 510、包括特征的图案化层 512,和将经受抛光的外层 514。也可在晶片 510 与图案化层 512 之间和 / 或在图案化层 512 与外层 514 之间存在附加层。对应于诸如区域 504、506 的不同区域的基板的不同部分可具有不同层组合、不同层中的不同材料,和 / 或不同特征密度。

[0044] 通常,在厚度监控中,在基板 10 上的来自光源 162 的闪光具有约 2mm、0.5mm,或更小的直径。光斑可以在晶粒的任何一个区域上。在图 5A 和图 5B 中所示的实例中,光斑可处于区域 502 中且在区域 504 中覆盖数百个存储器单元,在区域 506 中,或在不包含任何功能结构的区域 509 中。光斑覆盖两个或两个以上区域的部分也是有可能的。

[0045] 在一些实施中,在在线系统或在原位系统中从基板 10 测量的用于确定基板 10 的厚度的反射光可对应于已降落的光斑,例如在晶粒的任何区域处随机降落的光斑。如相对于图 2 和图 4 所解释,随着抛光表面 110 和基板 10 移动,例如,相对于彼此旋转时,例如在压板的每一旋转时或压板的每多个旋转时进行多个光谱测量。例如,当晶粒是存储器芯片时,一些闪光可降落在周边区域上,且一些闪光可针对降落在中心区域上。在另一实例中,闪光可降落在存储器芯片的静态随机存取存储器 (static random-access memory ;SRAM) 区域(未图示在图 5A 和图 5B 中)上。在一些实施中,晶片表面上的光斑的尺寸可基于待测量的结构区域的尺寸而选择。通常,光斑尺寸被选择为小于厚度被测量的区域的表面面积的尺寸。例如,为了测量存储器的周边区域的厚度,光斑大小被选择以使得当光斑降落到周边区域中时,光斑达不到中心区域。

[0046] 结果,从晶粒的不同位置反射的光可具有不同特性(即不同光谱),所述不同特性

对应于例如如上文标识的具有不同物理特性的不同区域。

[0047] 在一些实施中,从具有类似物理特性的区域测量的光谱被分组在一起。在每一群组之内,光谱具有对应于测量区域的共同物理特性的共同特征。共同特征可包括噪声数据。

[0048] 当使用参考光谱确定基板厚度,例如,终点厚度时,在一些实施中,参考光谱可通过来自晶粒的选定区域的光谱产生。因此,对应于选定区域的光谱群组可与参考光谱联用以便确定基板厚度。有时,可针对晶粒的多个区域产生多个参考光谱,且对应于这多个区域的多个群组的光谱可与参考光谱联用以便确定基板厚度。

[0049] 分组的光谱可用于有效和精确地确定基板或基板区域的厚度。当参考光谱与晶粒的一个特定区域相关联时,将参考光谱与从晶粒的其他区域测量的光谱联用可产生不精确的结果。当光谱被分组时,可使用对应于晶粒的特定区域的光谱群组产生精确结果。有时,抛光终点可基于晶粒的一个特定结构区域的厚度确定。在其他时间,有可能需要控制或测量特定结构区域,而非整个基板的厚度。表示基板上的晶粒的不同类型的结构区域的分组光谱可允许用户应用模型至特定群组的光谱,以确定所述光谱的对应类型的区域的厚度。针对晶片的一个特定类型的器件或结构特征确定的厚度也可允许用户以追踪所述类型的区域的抛光,或以应用凭经验收集的库(例如,RLF 经验库)于光谱群组。

[0050] 在存储器芯片 500 的实例中,测量光谱可被分组为两个或两个以上群组。例如,一个群组可对应于区域 504,且另一群组可对应于芯片 500 的其他区域。可形成更多群组以将不同区域 506、508 的光谱分离,或包含对应于多个区域的混合的光谱,所述后一光谱是当光斑降落到多个区域上时产生的。

[0051] 此外,通常,测量光谱包含噪声数据。在一些实施中,在分组光谱被用于确定结构特征的厚度之前,分组光谱可能已使噪声得到减少或消除。在标题为“REDUCING NOISE IN SPECTRAL DATA FROM POLISHING SUBSTRATES”的美国申请案第 _____ 号中论述降噪技术的实例,所述申请案与本案在同一天申请,所述申请案的整个内容通过引用并入本文中。在一些实施中,少于所有测量光谱的光谱可用于确定厚度。例如,包含关于不同结构特征或器件的组的信息的光谱可能没有用处。将光谱分组可将有用光谱与不可用的那些光谱分离开来。有用的光谱群组可被进一步分析,且基于这些群组进行的厚度确定可比基于未分组测量光谱进行的厚度确定具有更大准确度和精确度。

[0052] 在一些实施中,光学监控系统本地或远程的计算机(诸如图 1 的控制器 190、计算机或其他)可基于群集算法(例如,k 均值群集算法)将测量光谱分类和分组。分类和/或分组可在没有任何用户输入的情况下自动地进行。也可使用户能够(例如,提供有用户界面)与分类和/或分组相互作用。

[0053] 计算机将来自原位、在线,或按序监控系统的光谱分类和分组;不限于任何特定理论,不同群组的光谱对应于基板上具有不同结构特征的不同区域。至算法的输入可以是表示本地或远距离地相对于计算机,从监控系统传递的测量光谱的数据。特别地,输入数据表示在一系列波长上的测量光强度。数据可以是没有被处理的原始测量数据,或数据可以被过滤或平滑化。在一些实施中,在抛光晶片之后,针对晶片测量的光谱可被分类和分组。来自分类和分组过程,和相关联随后信号处理的任何知识可被前馈以控制下一个晶片抛光,或以对刚刚测量的晶片进行重做。

[0054] 在一些实施中,群集算法被迭代地应用于数据以将表示由监控系统随机测量的不

同器件类型的光谱分组。使用 k 均值群集算法将测量光谱分类和分组的详细过程在图 6 中所示的实例 600 中。

[0055] 最初地,用于执行算法的计算机接收 (602) 关于光谱的信息。每一光谱包含在特定波长下测量的光强度。可在总共 n 个波长下测量总共 n 个光强度,以使得光谱可由具有 $1 \times n$ 尺寸的向量表示。在一实例中, n 可以是 200 至 500,例如,301。由计算机接收的信息包括光谱向量的尺寸。用户可通过用户界面发送信息到计算机。在一些实施中,信息是存储在计算机中且呈现给用户的选项之间的选择。用户界面可以是交互式的。例如,如果用户没有输入足够的信息,那么用户界面可能提示用户继续输入。信息也可以是光谱数据,计算机基于所述光谱数据自动地提取信息,诸如光谱向量的尺寸。接收的信息可以本地存储在计算机处或存储在另一、不同计算机处。

[0056] 或者,光谱可通过位置(例如波长)、和光谱的一组峰值和/或谷值的强度来定义。在这种情况下,光谱可由具有 $2m$ 的尺寸的向量表示,其中 m 是峰值和/或谷值的数目。也可使用其他定义。确定的特征可以本地存储在机器处或存储在另一、不同机器处。计算机还确定 (604) 在 k 均值群集中使用的矩心的总数。在一些实施中,用户可确定矩心的总数并将所述总数输入到计算机。矩心的总数对应于待通过群集形成的群组的总数。在群集过程之后,每一矩心将表示群集的中心。当群集由测量光谱形成时,每一群集的矩心也为向量,所述向量具有与测量光谱相同的尺寸。

[0057] 矩心的总数可通过光谱群组的数目而估计,所述数目被例如基于晶片的结构特征的知识先验地,或基于从测试基板所见的光谱等凭经验地预计。计算机可从用户输入接收关于结构特征的信息或光谱群组的预计数目。替代地或另外地,计算机还可基于接收的光谱数据自动地确定数目。有时,矩心的总数被设置为高于预计的群集的数目。例如,为了制造存储器装置,矩心的数目可基于仅存在两种类型的区域的知识被设置为两个(周边和规则阵列)。然而,如上所述,可存在表示两个区域的组合的光谱,例如,与周边和规则阵列重叠的光斑。因此,如果矩心的总数被设置为三个,那么可能更容易地清楚识别纯阵列和纯周边光谱,且允许第三矩心表示作为纯阵列和纯周边光谱两者的混合的光谱。

[0058] 随后,每一矩心被初始化 (606),即,设置矩心的每一参数的初始值。初始化可由计算机以数个方式自动地进行。初始化的矩心可对应于测量光谱的一个光谱。或者,初始化的矩心可以是不对应于任何测量光谱的光谱。

[0059] 在一些实施中,各矩心的每一参数的值可被随机地初始化为预计范围中的值。例如,在一波长下的参数值的预计范围可基于被执行群集的第一旋转的所有光谱的均值来确定。在另一实例中,用户或计算机可选择一预计范围且在所述范围中选择随机数(对于每一波长)。

[0060] 或者,矩心可被初始化以使用相隔最远的测量光谱,例如,使用欧几里德距离技术。图 7 图示用于初始化矩心的所述过程 700 的实例。最初地,对于待分组或群集化的整个测量光谱集合,每一对测量光谱之间的欧几里德距离被例如作为差的平方和计算 (704)。两个矩心被初始化 (706) 以使用具有最大欧几里德距离的一对测量光谱的两个测量光谱的值。

[0061] 随后,用户或计算机确定 (708) 是否存在要初始化的额外矩心。如果不存在额外矩心,那么矩心初始化过程结束 (710)。如果存在额外矩心,那么下一个矩心被初始化

(712) 为一光谱,所述光谱具有至先前初始化的矩心的最大欧几里德距离。作为一实例,最大欧几里德距离可通过将每一测量光谱和先前初始化的矩心之间的距离求和,并且选择对应于最大求和距离的光谱来发现。然后,过程从步骤 708 重复,直到所有矩心被初始化为止。在每一迭代中,新的矩心被初始化至一光谱,所述光谱具有至所有先前初始化的矩心的最大欧几里德距离。结果,初始化的矩心彼此相隔很远且跨越横跨参数空间的光谱数据分布。

[0062] 再次参看图 6,在初始化所有矩心之后,计算 (608) 每一测量光谱和每一矩心之间的欧几里德距离。每一光谱被分配 (610) 到所述光谱的最接近的矩心,其中可基于 (从步骤 608) 所计算的欧几里德距离决定接近度。每一矩心和分配给所述矩心的所有光谱形成建议的群组或群集。所有光谱被分配,且形成先前设置数目的群组或群集。

[0063] 然后,为每一建议的群集产生 (612) 新的矩心。作为一实例,对于每一参数,对来自建议群集中的所有测量光谱的所述参数的值求平均。例如,对于每一波长,对在所述波长下的群集中的所有光谱的光强度求平均。在此实例中,新的矩心从而表示一光谱,所述光谱具有在对于建议群集中的测量光谱的每一波长下的平均光强度。

[0064] 然后,计算机确定 (614) 是否将过程 (608-612) 迭代。通常,过程被迭代,直到矩心被视为不再移动或收敛为止。通常,计算机可通过将新的矩心与前一矩心比较来确定是否矩心已稳定化。例如,计算机可确定每一新的矩心的参数的值是否与来自前一矩心的值精确地匹配。然而,对于每一新的矩心,当差值 (例如,在每一新的矩心与相应先前矩心之间的欧几里德距离) 小于预定值时,过程可停止。如果是,那么过程 600 从步骤 608 重复。如果否,那么矩心被视为不再移动或收敛,且过程 600 结束 (616)。在一些实施中,当达到预定最大数目的迭代 (例如,500 次迭代) 时,过程 600 结束 (616)。例如,在一些情况下,新的矩心和前一矩心之间的差值可能不收敛,即不下降到用户定义的阈值之下,且过程 600 在替代标准下结束。

[0065] 当使用原位监控系统时,可在抛光的不同旋转下 (例如,在每一抛光旋转下) 执行光谱测量。使用图 6 和图 7 的过程 600、过程 700 处理一个旋转的光谱。在一些实施中,在群集化压板的一个旋转期间获得光谱集合之后,所述群集被用于初始化压板的后续旋转的另一光谱集合。例如,群集的矩心可被用作另一光谱集合的初始矩心。当对多于两个压板旋转进行光谱测量时,后续旋转的光谱可通过在前一旋转中测量的群集光谱初始化,所述前一旋转例如是紧邻该后续旋转之前的旋转。使用所述技术,可贯穿抛光过程追踪对应于光谱的一个群集的给定结构类型。对于按序或联机监控,针对一个晶片形成的光谱群集可用于初始化针对后续晶片测量的光谱。

[0066] 再次参看图 1,控制器 190 可进一步处理群集光谱,例如,以减少或去除噪声。来自群集的一个群集的光谱可随后用于计算基板的表征值。表征值典型地是基板 10 的外层中的测量区域的厚度,但是表征值也可以是诸如已去除厚度的相关特征。此外,尽管上文未详细论述,但是表征值可以是除了厚度之外的物理性质,诸如金属线电阻。表征值也可以是通过抛光工艺的基板的进程的更加一般表示,例如,表示压板旋转的时间或数目的指数值,在所述压板旋转的时间或数目处,将预期在预定进程之后的抛光工艺中观察到该光谱。用于基于光谱决定表征值的技术的细节论述于美国专利第 7,764,377 号和美国专利第 13/777,672 号中,所述专利的整个内容通过引用并入本文。

[0067] 如在本说明书中所使用,术语基板可包括例如,产品基板(例如,所述基板包括多个存储器或处理器晶粒)、测试基板、裸基板,和门控基板。基板可处于集成电路制造的各个阶段,例如,基板可以是裸晶片,或基板可包括一或多个沉积和/或图案化的层。术语基板可包括圆盘和矩形板。

[0068] 上述抛光装置和方法可应用于各种抛光系统中。抛光垫,或载具头,或上述两者可移动以在抛光表面和基板之间提供相对运动。例如,压板可绕轨道运行而非旋转。抛光垫可以是固定到压板上的圆形(或一些其他形状的)垫。终点检测系统的一些方面可适用于线性抛光系统,例如,其中抛光垫是线性移动的连续或卷对卷的带。抛光层可以是标准(例如,有或者无填料的聚氨酯)抛光材料、软质材料,或固定研磨材料。使用了相对定位的术语;应理解,抛光表面和基板可被保持于垂直定向或一些其他定向。

[0069] 尽管上文的描述已关注于控制化学机械抛光系统,但是按序测量站可适用于其他类型的基板处理系统,例如,蚀刻或沉积系统。

[0070] 在本说明书中描述的本发明的主题和功能操作的实施例(诸如光谱群集)可实施在数字电子电路中,实施在有形实施的计算机软件或固件中,实施在计算机硬件中(包括在本说明书中公开的结构和所述结构的结构同等物),或实施在上述各项的一或多个的组合中。在本说明书中描述的本发明主题的实施例可实施为一或多个计算机程序,即,编码在有形非暂态存储媒体上的计算机程序指令的一或多个模块,以便由数据处理设备执行或控制数据处理设备的操作。替代地或另外地,程序指令可被编码到人工产生的传播信号上,所述信号例如计算机产生的电子、光学,或电磁信号,所述信号被产生以编码用于传输到适当接收器装置以便由数据处理设备执行的信息。计算机存储媒体可以是计算机可读存储装置、计算机可读存储基板、随机或串行存取存储器装置,或上述各项的一或多个的组合。

[0071] 术语“数据处理设备”代表数据处理硬件且包含用于处理数据的各种设备、装置和机器,包括例如可编程数字处理器、数字计算机,或多个数字处理器或计算机。设备也可以是或进一步包括特殊目的逻辑电路,例如,现场可编程门阵列(field programmable gate array;FPGA)或专用集成电路(application specific integrated circuit;ASIC)。除硬件之外,装置还可选择性地包括产生计算机程序的执行环境的代码,例如,构成处理器固件、协议堆栈、数据库管理系统、操作系统,或上述各项的一或多个的组的代码。

[0072] 可被提及或描述为程序、软件、软件应用、模块、软件模块、脚本或代码的计算机程序可以任何形式的程序设计语言编写,所述程序设计语言包括编译或解释性语言,或者说明或过程语言,且所述计算机程序可以任何形式部署,所述形式包括作为独立程序或作为模块、元件、子程序,或适合用于计算环境中的其他单元。计算机程序可以但不必对应于文件系统中的文件。程序可被存储在文件的一部分中,所述文件保存其他程序或数据,所述其他程序或数据例如是以标记语言文档存储的一或多个脚本;可被存储在专用于所述程序的单个文件中;或可被存储在多个协调文件中,所述协调文件例如是存储一或多个模块、子程序,或代码的部分的文件。计算机程序可被部署以在一个计算机或在多个计算机上执行,所述计算机位于一个位置或横跨多个位置分布且所述计算机通过数据通信网络互连。

[0073] 在本说明书中描述的过程和逻辑流程可通过一或多个可编程计算机执行,所述一或多个可编程计算机执行一或多个计算机程序以通过操作输入数据和产生输出来执行功能。过程和逻辑流程也可通过特殊目的逻辑电路执行,且装置也可实施为特殊目的逻辑电

路,所述特殊目的逻辑电路例如 FPGA(现场可编程门阵列)或 ASIC(专用集成电路)。对于被“配置以”执行特定操作或动作的一或多个计算机的系统,意味着所述系统已在所述系统上安装促使所述系统执行所述操作或动作的软件、固件、硬件,或上述各项的组合。对于被配置以执行特定操作或动作的一或多个计算机程序,意味着所述一或多个程序包括当藉由数据处理设备执行时促使所述设备进行所述操作或动作的指令。

[0074] 适用于执行计算机程序的计算机例如可基于一般或特殊目的微处理器或所述微处理器两者,或任何其他种类的中央处理单元。通常,中央处理单元将从只读存储器或随机存取存储器或所述存储器两者接收指令和数据。计算机的基本元件是用于进行或执行指令的中央处理单元,和用于存储指令和数据的一或多个存储器装置。通常,计算机还将包括,或被可操作地耦接以从用于存储数据的一或多个大容量存储装置接收数据或传递数据至一或多个大容量存储装置或接收与传递数据两者,所述大容量存储装置例如,磁盘、磁光盘,或光盘。然而,计算机不需要具有所述装置。此外,计算机可被嵌入在另一装置中,所述装置例如,移动电话、个人数字助理(personal digital assistant ;PDA)、移动音频或视频播放器、游戏控制器、全球定位系统(Global Positioning System ;GPS)接收器,或便携式存储装置,所述存储装置例如,通用串行总线(universal serial bus ;USB)闪存盘,仅举数例。

[0075] 适用于存储计算机程序指令和数据的计算机可读媒体包括所有形式的非易失性存储器、媒体和存储器装置,例如包括半导体存储器装置,例如,可擦可编程只读存储器(Erasable Programmable Read Only Memory ;EPROM)、电可擦可编程只读存储器(Electrically Erasable Programmable Read Only Memory ;EEPROM),和闪速存储器装置;磁盘,例如,内部硬盘或可移动磁盘;磁光盘;和光盘只读存储器(Compact Disc-Read Only Memory ;CD ROM)和数字化视频光盘只读存储器(Digital Video Disk Read Only Memory ;DVD-ROM)磁盘。处理器和存储器可由特殊目的逻辑电路补充,或并入特殊目的逻辑电路。

[0076] 对本说明书中所述的各种系统和过程,所述系统和过程的部分的控制可实施在包括指令的计算机程序产品中,所述指令存储在一或多个非暂态计算机可读存储媒体上,且所述指令在一或多个处理装置上可执行。在本说明书中描述的系统,或所述系统的部分可实施为设备、方法,或电子系统,所述设备、方法,或电子系统可包括一或多个处理装置和存储器,所述存储器用于存储执行本说明书中所述的操作的可执行指令。

[0077] 虽然本说明书包含许多特定实施细节,但是所述细节不应被理解为对任何发明范围或对可能主张的范围的限制,而是应被理解为可能特定于特定发明的特殊实施例的特征的描述。在个别实施例的上下文中的在本说明书描述的某些特征也可在单个实施例中以组合实施。相反地,在单个实施例的上下文中描述的各种特征也可分别地在多个实施例中或以任何适当的子组合实施。此外,尽管特征可在上文中被描述为以某些组合起作用且甚至最初地如此主张,但是有时可从组合中除去来自所主张组合的一或多个特征,且所主张的组合可针对于子组合或子组合的变化。

[0078] 类似地,虽然操作在附图中以特定次序图示,但是不应将此理解为要求所述操作以所图示的特定次序或以顺序次序执行,或要求执行所有图示的操作以获得所需结果。在某些情况下,多重任务和并行处理可能是有利的。此外,在上述实施例中的各种系统模块和元件的分离不应被理解为要求在所有实施例中的所述分离;且应理解,所述程序元件和系

统可通常在单个软件产品中集成在一起或封装到多个软件产品中。

[0079] 已描述本发明标的的特定实施例。其他实施例在以下权利要求书的范围之内。例如,在权利要求书中所述的动作可以不同次序执行且仍获得所需结果。作为一个实例,在附图中所示的过程不必要求所图示的特定次序,或顺序次序以获得所需结果。在一些情况下,多重任务和并行处理可能是有利的。

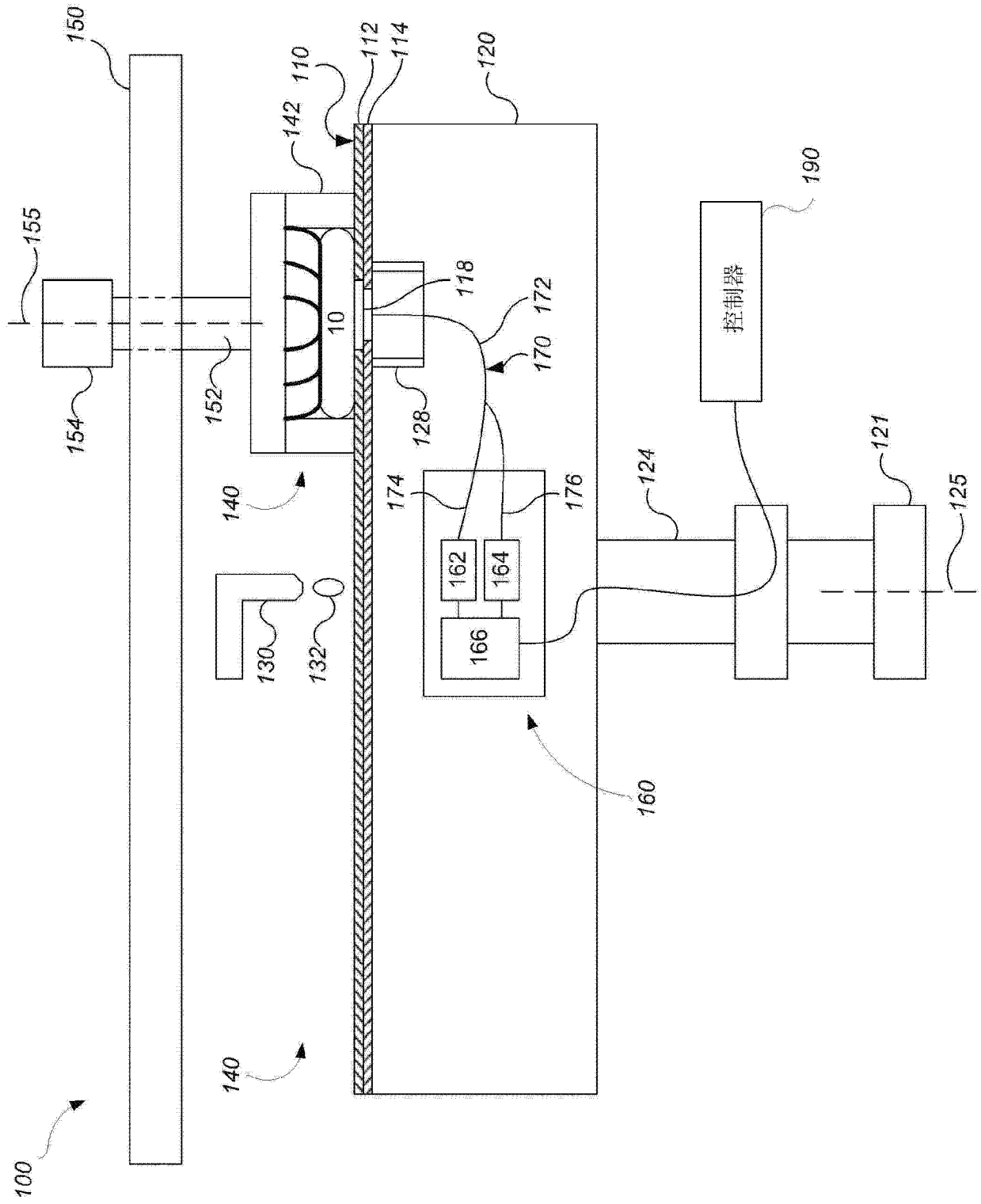


图 1

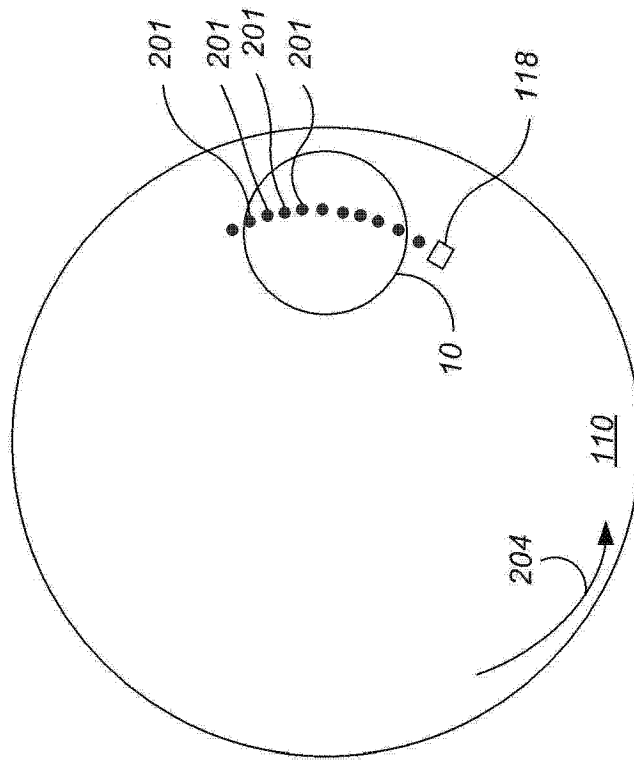


图 2

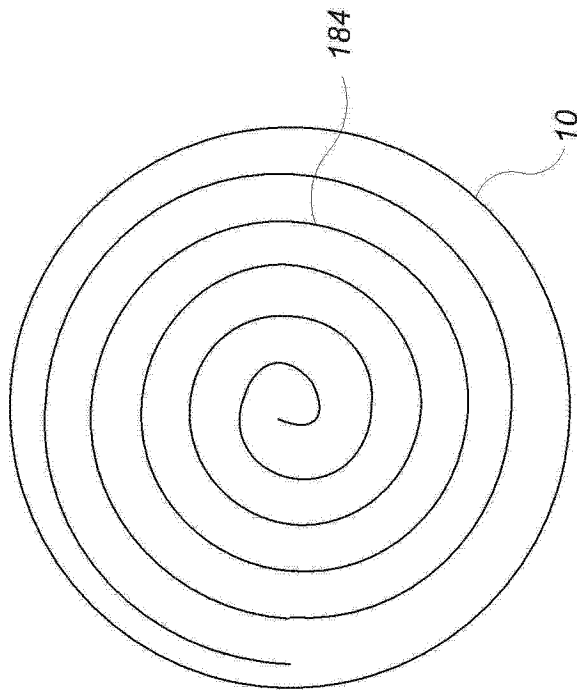


图 4

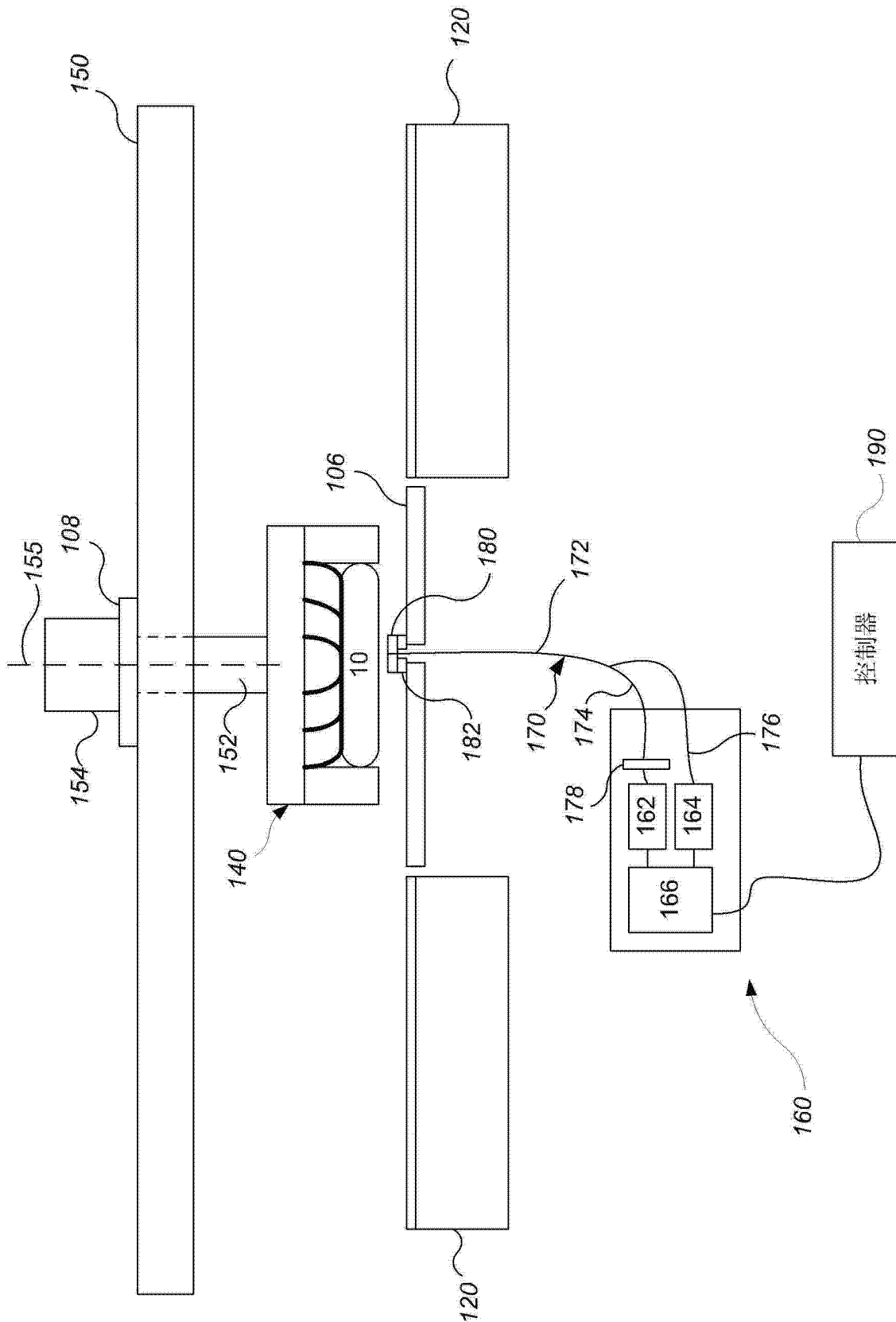


图 3

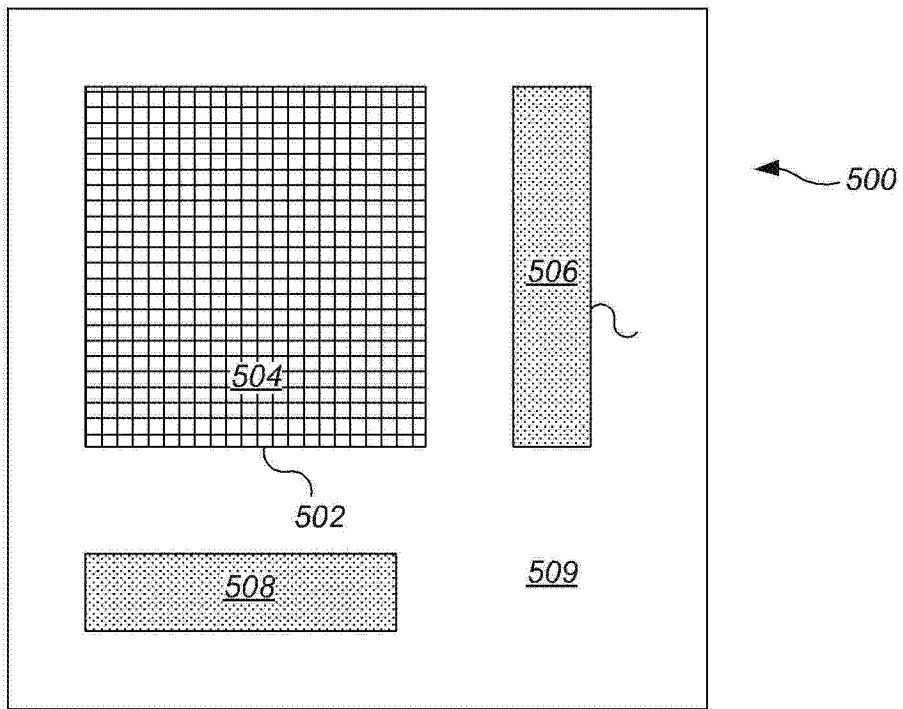


图 5A

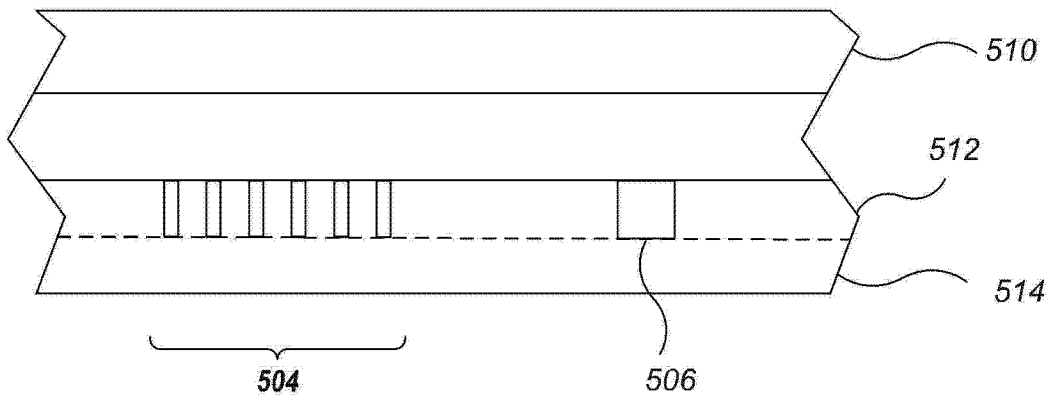


图 5B

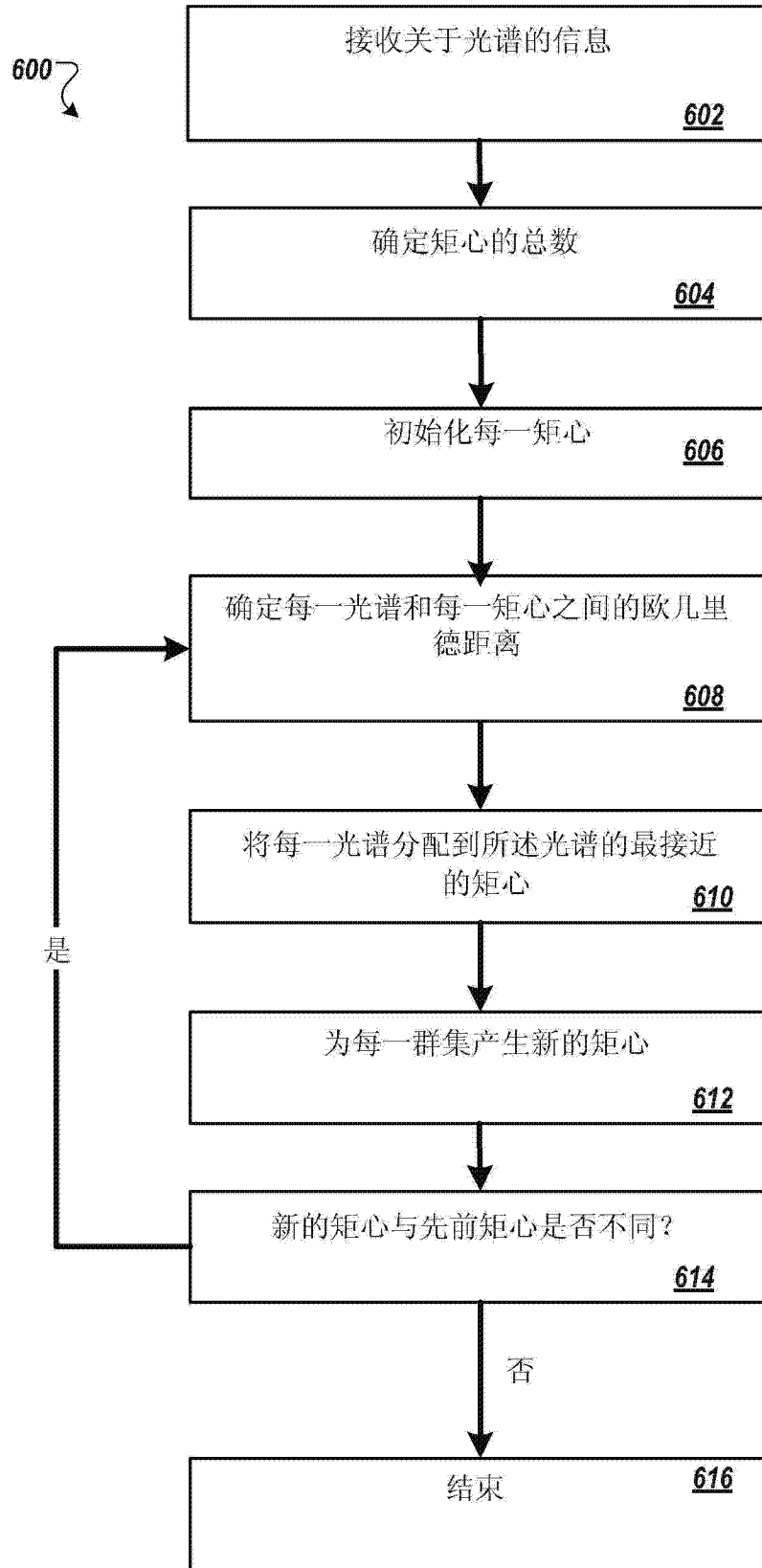


图 6

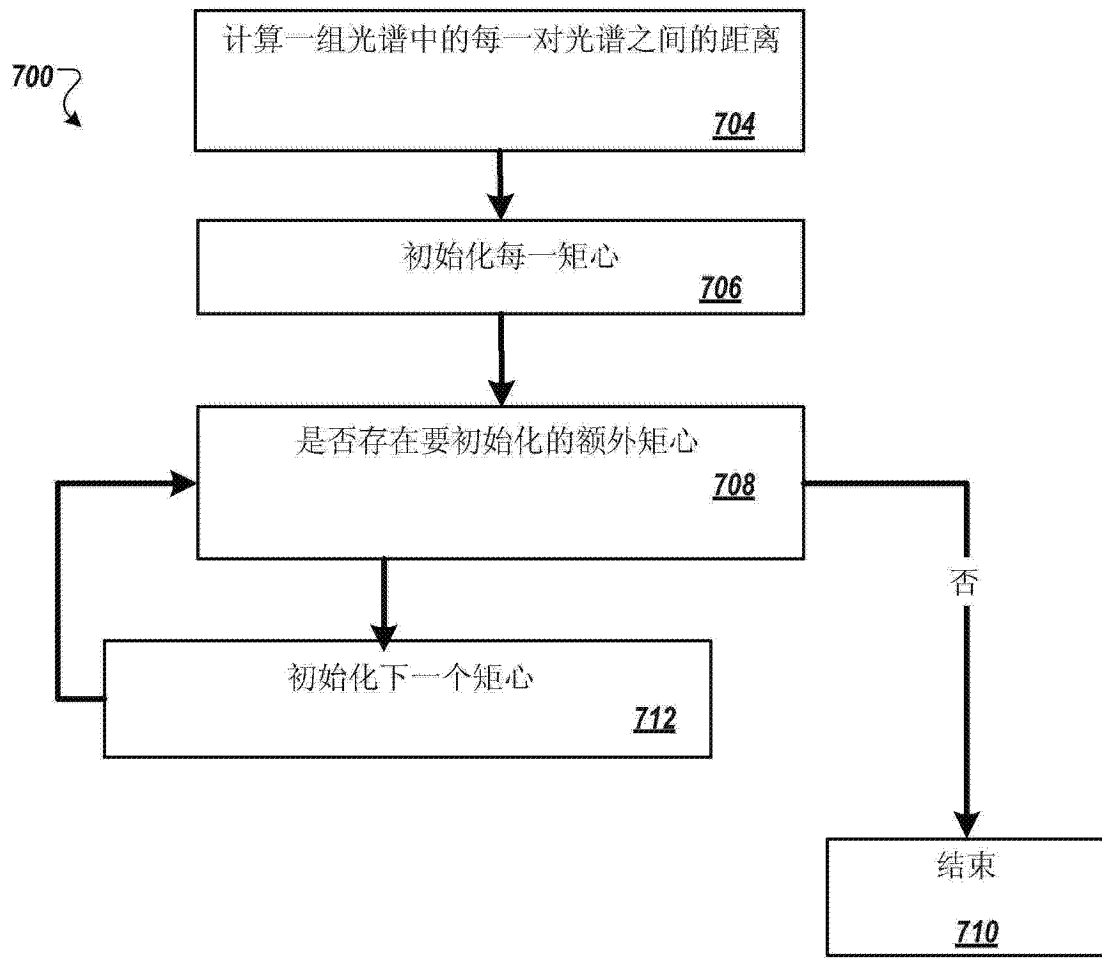


图 7