



(21) 申请号 201780026814.4

(22) 申请日 2017.03.24

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 109075066 A

(43) 申请公布日 2018.12.21

(30) 优先权数据
62/316,021 2016.03.31 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2018.10.30

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/US2017/024138 2017.03.24

(87) PCT国际申请的公布数据
W02017/172536 EN 2017.10.05

(73) 专利权人 东京毅力科创株式会社
地址 日本东京都

(72) 发明人 布赖恩·J·科帕
迪帕克·韦德哈查拉姆
弗朗索瓦·C·达萨帕

(74) 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227
专利代理师 杨铁成 杜诚

(51) Int.Cl.

H01L 21/3065 (2006.01)

H01L 21/66 (2006.01)

H01L 21/02 (2006.01)

H01L 21/67 (2006.01)

H05H 1/46 (2006.01)

(56) 对比文件

US 2014106477 A1, 2014.04.17

US 2004235303 A1, 2004.11.25

US 2007238199 A1, 2007.10.11

US 2005224458 A1, 2005.10.13

US 2007128876 A1, 2007.06.07

US 2005241669 A1, 2005.11.03

JP 2005199128 A, 2005.07.28

JP 2014049684 A, 2014.03.17

WO 2007027350 A2, 2007.03.08

US 2005235917 A1, 2005.10.27

JP 2002270589 A, 2002.09.20

JP 2004241628 A, 2004.08.26

US 2010159704 A1, 2010.06.24

US 2012310403 A1, 2012.12.06

审查员 孙美艳

权利要求书3页 说明书9页 附图7页

(54) 发明名称

使用无晶片干式清洗发射光谱来控制干式蚀刻过程的方法

(57) 摘要

本文描述了用于通过使干式清洗气体流入等离子体处理系统的等离子体处理室中并且点燃等离子体处理室中的等离子体以启动无晶片干式清洗过程来从光学发射光谱系统获取光学发射谱的架构、平台和方法。



1. 一种用于监测和控制等离子体处理系统中在一批次生产基板的处理期间执行的无晶片干式清洗过程的方法,所述方法包括:

在所述等离子体处理系统的等离子体处理室中处理所述批次的第一生产基板;

在从所述等离子体处理室移除所述第一生产基板之后,使干式清洗气体流入所述等离子体处理系统的等离子体处理室中;

点燃所述等离子体处理室中的等离子体以启动所述无晶片干式清洗过程的第一实例;

在所述无晶片干式清洗过程的第一实例期间,从附接至所述等离子体处理室的光学发射光谱系统获取光学发射谱;

在所述等离子体处理系统的等离子体处理室中处理所述批次的第二生产基板;

在从所述等离子体处理室移除所述第二生产基板之后,使所述干式清洗气体流入所述等离子体处理系统的等离子体处理室中;

点燃所述等离子体处理室中的等离子体以启动所述无晶片干式清洗过程的第二实例;

在所述无晶片干式清洗过程的第二实例期间,从附接至所述等离子体处理室的光学发射光谱系统获取光学发射谱;以及

基于所获取的所述无晶片干式清洗过程的第一实例的光学发射谱,调整所述无晶片干式清洗过程的第二实例的至少一个参数,以提供所述等离子体处理室在所述一批次生产基板的处理期间的无晶片干式清洗的一致性。

2. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述等离子体处理系统是等离子体蚀刻系统。

3. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述等离子体处理系统是等离子体沉积系统。

4. 根据权利要求1所述的方法,其中,在所述等离子体处理室中不存在生产基板的情况下在无晶片干式清洗过程期间执行光学发射谱的所述获取。

5. 根据权利要求4所述的方法,其中,在虚设基板放置在所述等离子体处理室中的情况下执行光学发射谱的所述获取。

6. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述无晶片干式清洗过程的所述至少一个参数选自以下组成的组:

向所述等离子体处理室供应的射频RF或微波功率;

RF或微波功率脉冲频率;

RF或微波脉冲占空比;

向所述等离子体处理室中的基板保持器供应的RF功率;

靠近所述基板保持器的多个磁体之一的磁场;

所述基板保持器的直流DC偏置;

向被布置成靠近所述基板保持器的至少一个电极供应的DC偏置电压;

干式清洗气体流量;

干式清洗气体压力;以及

所述无晶片干式清洗过程的持续时间。

7. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述调整还包括:基于所获取的光学发射谱调整所述无晶片干式清洗过程的所述至少一个参数以最大化所述等离子体处理室的湿式清洗之间的时间。

8. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述调整还包括:基于所获取的光学发射谱调整

所述无晶片干式清洗过程的所述至少一个参数以最小化所述无晶片干式清洗过程的持续时间。

9. 根据权利要求1所述的方法, 其中, 所述调整还包括: 基于所获取的光学发射谱调整所述无晶片干式清洗过程的所述至少一个参数以最大化所述等离子体处理室的部件的寿命。

10. 根据权利要求1所述的方法, 其中, 所述调整还包括: 基于所获取的光学发射谱调整所述无晶片干式清洗过程的所述至少一个参数以最小化所述等离子体处理室中的粒子生成。

11. 根据权利要求1所述的方法, 其中, 所述调整还包括: 基于所获取的光学发射谱调整所述无晶片干式清洗过程的所述至少一个参数以最大化所述一批次生产基板的关键尺寸(CD)一致性。

12. 根据权利要求1所述的方法, 其中, 使用在虚设基板放置在所述等离子体处理室中的情况下获取的光学发射谱来执行对所述无晶片干式清洗过程的所述至少一个参数的所述调整。

13. 根据权利要求1所述的方法, 其中, 异位执行对所述无晶片干式清洗过程的所述至少一个参数的所述调整。

14. 根据权利要求1所述的方法, 其中, 原位执行对所述无晶片干式清洗过程的所述至少一个参数的所述调整。

15. 根据权利要求1所述的方法, 其中, 所述干式清洗气体包括氧气、含氧气体、 HCl 、 F_2 、 C_{12} 、氢气、氮气、氩气、 SF_6 、 C_2F_6 、 NF_3 、 CF_4 或者其两者或更多者的混合物。

16. 根据权利要求1所述的方法, 还包括:

当所获取的光学发射谱大体上匹配预定目标光学发射谱时, 终止所述无晶片干式清洗过程,

其中, 所述目标光学发射谱是针对预定可接受清洁状态的等离子体处理室的特征。

17. 根据权利要求1所述的方法, 还包括:

当剩余成分的含量接近基于光学发射光谱OES端点分析确定的水平时, 终止所述无晶片干式清洗过程。

18. 一种其上存储有指令的非暂态机器可访问存储介质, 所述指令使得数据处理系统执行根据权利要求1所述的方法。

19. 根据权利要求18所述的存储介质, 其中, 所述方法还包括: 当所获取的光学发射谱大体上匹配预定目标光学发射谱时, 终止无晶片干式清洗过程,

其中, 所述目标光学发射谱是清洁状态下的等离子体处理室的特征。

20. 一种等离子体处理系统, 包括:

一个或多个控制器;

等离子体处理室;

由所述一个或多个控制器控制的处理气体供应系统, 来自所述处理气体供应系统的处理气体流入所述等离子体处理室中, 其中, 所述一个或多个控制器启动对所述等离子体处理室中等离子体的点燃, 以启动无晶片干式清洗过程; 以及

衔接至所述等离子体处理室的光学光谱系统, 所述光学光谱系统在所述无晶片干式清

洗过程期间获取光学发射谱，

其中，所述控制器使所述等离子体处理系统执行根据权利要求1所述的方法。

使用无晶片干式清洗发射光谱来控制干式蚀刻过程的方法

[0001] 相关申请

[0002] 本申请基于2016年3月31日提交的题为“METHOD FOR CONTROLLING DRY ETCH PROCESS CHARACTERISTICS USING WAFERLESS DRY CLEAN OPTICAL EMISSION SPECTROSCOPY”的美国临时专利申请第61/316,021号并且要求其优先权。

背景技术

[0003] 用于过孔和沟槽特征的干式蚀刻过程的一个问题是在整批晶片的处理期间蚀刻轮廓的变化。这可以是由于用于钝化和蚀刻选择性的基于碳(C)和氟(F) (合称为CF)的蚀刻气体成分的累积,其中,基于CF的蚀刻气体成分被用于在半导体处理中针对图案化晶片形成特定的蚀刻轮廓。如果在晶片之间的干式清洗循环期间这些成分没有被有效地从室中去除至相同程度,则聚合物沉积可以在室中积累,从而导致膜层的累积,这可以导致粒子形成和剥落,并且可以产生晶片上的缺陷和器件故障。另外,器件晶片之间室的无效或者不一致的无晶片干式清洗(WLDC)可以导致室中变化的剩余CF成分,变化的剩余CF成分随后在影响从一个晶片批次到下一批次的蚀刻轮廓特征的一致性的器件晶片的连续干式蚀刻过程期间被引入。晶片构成批次。

发明内容

[0004] 本发明涉及无晶片干式清洗(WLDC)过程的优化以便减少一批次图案化器件晶片的干式蚀刻晶片过程变化。使用光学发射光谱(OES)来监测来自等离子体的光发射——例如在一批次的各个处理晶片之间执行的干式清洗过程——以最小化等离子体处理室中的沉积累积。各种成分——例如在干式清洗循环期间排出的氯(C)和氟(F)——的OES指示清洗过程的有效性。成分的OES可以用来计量和优化WLDC过程以便提高蚀刻晶片过程控制。

附图说明

[0005] 参考附图描述详细的描述。在附图中,附图标记最左边的数字标识所述附图标记首次出现的附图。贯穿附图,相同的数字表示类似的特征和组件。

[0006] 图1是示出根据本文中的实施方式的电容耦合等离子体(CCP)处理系统的示例示意配置的截面视图。

[0007] 图2是实现作为监测等离子体室中气体成分的整体监测系统的一部分的光学发射光谱(OES)以确定OES谱的示例等离子体处理系统的示例示意框图。

[0008] 图3是示出在非优化WLDC清洗过程期间剩余成分氟(F)副产物的光学发射光谱(OES)谱中的峰和在干式清洗过程的时间周期期间剩余成分的量的恒定增长的示例图。

[0009] 图4是示出特定的干式清洗过程条件的示例流程表。

[0010] 图5是示出用于基于本文中描述的光学发射光谱(OES)来监测和控制等离子体处理系统中无晶片干式清洗过程的示例过程流程的过程图。

[0011] 图6是示出在与清洗室状态相关联的优化无晶片干式清洗期间剩余氟(F)副产物

成分的端点的光学发射光谱 (OES) 检测的示例图。

[0012] 图7是示出用于光学发射光谱 (OES) 过程控制的示例过程流程的过程图。

具体实施方式

[0013] 本文中描述的是用于分析无晶片干式清洗 (WLDC) 过程中的剩余成分——特别是使用光学发射光谱 (OES) 进行的分析——的架构、平台和方法。可以利用过程控制监测/指标例如OES以通过针对一批晶片评估谱中的基于碳 (C) 和氟 (F) 的波长来分析WLDC过程的有效性。

[0014] 此外,可以基于正通过在一特定器件晶片过程之后的干式清洗过程去除的不期望的剩余成分的OES谱来优化WLDC过程。通常,无效WLDC过程将永远不会显示出意图通过WLDC去除的成分的检查波长的OES强度的趋于平衡。然而,一旦对于WLDC过程达到端点,则该成分的OES谱将显示出趋于平衡;该端点时间可以被用来确定WLDC过程的理想完成时间,以便优化生产量。换言之,通过优化WLDC过程(例如,最小化执行WLDC过程的时间),可以实现最优的使用和生产。

[0015] 可以常规地执行等离子体处理室的湿式清洗。通过优化WLDC过程,这样的湿式清洗之间的时间或者周期也可以被优化。对本文中描述的WLDC过程的参数的优化可以最大化湿式清洗之间的时间。另外,利用优化的WLDC过程,可以延长等离子体处理室或系统中的部件的使用寿命。

[0016] 另外,通过使用更优化的WLDC过程来针对晶片批次全体地减少器件晶片之间C和F强度水平的变化,可以提高晶片批次的蚀刻轮廓特征的一致性。由于不一致的WLDC过程而引起的过量的或者不一致的C和F成分可以造成图案化器件晶片的随后的等离子体蚀刻性能的变化,这可以导致跨晶片批次的图案化器件晶片的不足的关键尺寸变化。

[0017] OES可以用来优化用于去除由器件晶片蚀刻过程产生的不期望的剩余成分的WLDC的一致性和有效性。因此,晶片批次内的OES谱中基于C和F的种类的OES与关键指标——例如,器件晶片批次的蚀刻轮廓的一致性——直接相关。此外,已经发现由于OES相对于WLDC过程参数的调整显示出相同的响应和趋势,因此暴露于相同蚀刻过程的裸硅晶片作为器件晶片可以被用来优化WLDC。过程参数的示例包括但不限于:向等离子体处理系统的等离子体处理室供应的射频(RF)或者微波功率;向等离子体处理室供应的RF或者微波功率脉冲频率;对等离子体处理室的RF或者微波脉冲占空比;向等离子体处理室中基板保持器供应的RF功率;靠近基板保持器的多个磁体之一的磁场;基板保持器的DC偏置;向靠近基板保持器布置的至少一个电极供应的DC偏置电压;干式清洗气体的流量;晶片卡盘温度;干式清洗气体压力;以及无晶片干式清洗过程的持续时间。

[0018] 可以基于产生的OES谱在裸硅或器件晶片之间发现用于例如使用更高氧等离子体功率去除C和F的WLDC过程的改进;从而允许在不耗费高成本器件晶片的情况下优化WLDC过程。在某些实现方式中,如本文中所描述的,可以使用虚设基板(substrate)或者晶片(wafer)。因此,可以达到WLDC过程的最优时间,其中,为这样的WLDC过程确定最小时间。另外,最优WLDC过程可以提高晶片批次的蚀刻轮廓的晶片间一致性。

[0019] 已经发现,可以使用OES来优化用于去除由器件晶片蚀刻过程产生的不期望的剩余成分的WLDC的一致性和有效性。因此,晶片批次内的C和F成分谱的OES与关键指标——例

如,器件晶片批次的晶片间蚀刻轮廓一致性——直接相关。此外,已经发现,与器件晶片暴露于相同的蚀刻过程的裸硅晶片可以用来优化WLDC,这是因为OES相对于WLDC过程参数的调整显示出相同的响应和趋势,其中,WLDC过程参数包括但不限于气体压力、气流量、等离子体暴露时间、等离子体功率、偏置电压和温度。

[0020] 例如,可以基于产生的OES谱在裸硅和器件晶片两者中发现用于通过使用更高氧等离子体功率完成的对C和F及CF聚合物沉积的去除的WLDC过程的改进;从而允许在不耗费高成本器件生产晶片的情况下优化WLDC过程。因此,更高氧等离子体功率的使用加快了时间(以及随后的晶片产量)并且减少了基于OES分析的用以确定最优WLDC过程或器件晶片以提高晶片批次内晶片间蚀刻轮廓一致性的对WLDC的优化成本。还可以发现,OES谱分析的使用对于各种蚀刻过程条件均显示出清洁有效性,这是因为对于一批晶片不期望的剩余种类(species)的变化可以被用来针对晶片批次内多个晶片来预测随后形成的蚀刻轮廓的一致性的变化。

[0021] 另外,更有效的WLDC过程降低了对额外的裸硅虚设晶片的需要,其中,裸硅虚设晶片要被在器件晶片之间运行(run)以实现更好的蚀刻过程控制,来去除在室中或在调节时积累的残余物以稳定室环境;从而减少整个过程的时间和成本。此外,使室保持长期更清洁的最优WLDC过程减小了湿式清洁预防性维护循环的频率,这最终提高了室利用率和生产率。

[0022] 在某些情况下,蚀刻过程可能将各种气体种类例如C和F引入室中,这最终导致等离子体处理室中的可以在等离子体处理室中和在晶片表面上形成粒子的聚合物沉积。可以在随后的清洗期间收集OES谱以评估在处理器件晶片之后在室中运行的WLDC过程期间从室去除的气体种类。

[0023] 在具有不太有效的WLDC过程(该过程具有不太有效的剩余成分(CF)去除)的晶片批次与具有更有效的WLDC过程(该过程具有更有效的剩余成分(CF)去除)的晶片批次的对比中,不太有效的WLDC过程可能对于在WLDC过程时间内检查的F波长未显示出OES强度的趋于平衡。相反,更有效的WLDC过程可以针对在批次的各个器件晶片蚀刻过程之间发生的所有WLDC过程均指示出该完全相同的F成分的OES端点,其中,OES端点可以被归类为室的清洁状态(clean condition)。此外,可以在每个晶片批次之前和之后使粒子监测晶片循环通过等离子体处理室,以分析粒子水平。在减小室中粒子水平的增长趋势方面可以看到更有效的WLDC过程的长期益处,这是因为对于不足的WLDC,聚合物沉积可以随时间而积聚,从而导致从室表面剥落。

[0024] 对于更有效的WLDC过程,在使用更高氧或O₂压力、更高的O₂功率和更高的偏置电压的情况下,可以显著提高批次内蚀刻一致性。利用更有效的WLDC可以实现跨一批晶片的蚀刻轮廓的底部过孔关键尺寸或CD的平均值的标准偏差和范围的减小。另外,使用该更有效的WLDC的晶片批次还可以针对各种CD例如底部过孔宽度CD具有更低的晶片内蚀刻一致性。除了对于利用增强WLDC过程的晶片批次而言测量到更少的附加缺陷之外,对于更有效的WLDC,粒子水平可以降低。可以消除对在利用特定配方(recipe)的整个晶片批次处理期间添加额外的裸硅虚设室调节晶片的需要,从而节省整个晶片批次的处理时间。

[0025] 在晶片批次的器件晶片之间运行的WLDC过程期间的OES分析可以显示出在更高O₂压力、更高O₂功率处并且具有DC偏置电压的更有效的WLDC过程。从等离子体处理室中更有

效并且更一致的F去除可以为晶片批次中相继的晶片创造等离子体处理室中的更干净并且更一致的环境,其中,F为在器件晶片蚀刻过程之后剩余的主要成分,其由更高功率的氧自由基和离子生成。整个晶片内和批次内的蚀刻一致性可以提高。可以实现在WLDC OES的批次内F变化的减小与批次中每晶片平均底部CD的标准偏差的减小之间的一对一的相关性。例如,在将OES WLDC过程与等离子体处理系统/室的过程自动化特征相联系以优化制造工厂中的蚀刻一致性时,可以将OES WLDC过程用作原位诊断以提高蚀刻过程控制。

[0026] 此外,可以使用其他光诊断方法例如激光诱导荧光(LIF)、激光干涉测量法、质谱分析法、剩余气体分析、FTIR等来替代用于监测WLDC过程的OES,而具有相同或者相似的结果。

[0027] 图1示出根据本文中实施方式的电容耦合等离子体(CCP)处理装置或者等离子体处理系统100的示例的示意性截面图。应当理解,可以实现其他处理系统,例如,可以实现径向线缝隙天线(RLSA)和电感耦合等离子体(ICP)处理系统。在特别的实现方式中,将等离子体处理系统100用于WLDC过程,这可以实现对剩余成分例如C和F的OES谱分析。另外,可以执行等离子体分析。此外,可以执行端点分析。WLDC过程的持续时间可以是可以在WLDC过程期间使用剩余成分的OES数据进行优化的参数。

[0028] 等离子体处理系统100可以用于多种操作,包括:灰化、蚀刻、沉积、清洗、等离子体聚合、等离子体增强化学气相沉积(PECVD)、等离子体增强原子层沉积(PEALD)等等。等离子体处理可以在等离子体处理室102内被执行,该等离子体处理室102可以是由诸如铝或者不锈钢的金属制成的真空室。等离子体处理室102接地至地面104。等离子体处理室102限定处理容器,该处理容器提供用于等离子体生成的处理空间PS 106。等离子体处理室102的内壁可以覆盖有铝、氧化钪或者其他保护剂。等离子体处理室102的形状可以是圆柱形或者具有其他几何构型。

[0029] 在等离子体处理室102内的较低中心区域处,基板保持器或者衬托器108(其可以是圆盘形)可以作为安装台,在安装台上可以安装例如要被处理的基板W 110(例如,半导体晶片)。基板W 110可以穿过装载/卸载端口112和闸门阀114被移到等离子体处理室102中。衬托器108形成下电极116(下电极组件)的一部分,下电极116作为用作用于在其上安装基板W 110的安装台的第二电极的示例。具体地,衬托器108被支承在衬托器支承件118上,该衬托器支承件118经由绝缘板120设置在等离子体处理室102的底部的大致中心处。衬托器支承件118可以是圆柱形的。衬托器108可以由例如铝合金形成。衬托器108其上设置有静电卡盘122(作为下电极组件116的一部分)以用于保持基板W 110。静电卡盘122设置有电极124。电极124电连接至DC电源126(直流电源)。静电卡盘122经由在来自DC电源126的DC电压被施加至电极124时生成的静电力将基板W 110吸引至静电卡盘122。基板保持器或者衬托器108的DC偏置以及向电极116和电极124中至少之一供应的DC偏置电压可以是可以在WLDC期间使用剩余成分的OES数据进行优化的参数。

[0030] 衬托器108可以经由匹配单元132与高频电源130电连接。该高频电源130(第二电源)可以输出在例如2MHz至20MHz范围内的高频电压。施加高频偏置功率使得在等离子体处理室102中生成的等离子体中的离子被吸引至基板W 110。聚焦环134设置在衬托器108的上表面上以围绕静电卡盘122。此外,可以向等离子体处理室102提供RF和微波功率(未示出)。向等离子体处理室供应的RF或者微波功率、RF或者微波功率脉冲频率、RF或者微波脉冲占

空比、以及向等离子体处理室102中的基板保持器或者衬托器108供应的RF功率可以是可以在WLDC过程期间使用剩余成分的OES数据进行优化的参数。

[0031] 将可以是圆柱形的并且由例如石英形成的内壁构件136附接至衬托器保持器118和静电卡盘122的外周侧。衬托器支持件118包括冷却剂流动路径138。冷却剂流动路径138与安装在等离子体处理室102外部的制冷单元(未示出)连通。冷却剂流动路径138被供应以循环通过对应线路的冷却剂(冷却液或者冷却水)。因此,安装在衬托器108之上/上方的基板W 110的温度可以被精确控制。穿过衬托器108和衬托器支持件118的气体供应线路140被配置成向静电卡盘122的上表面供应传热气体。诸如氦气(He)的传热气体(也称为背部气体)可以经由气体供应线路140被供应在基板W 110与静电卡盘122之间以帮助加热基板W 110。

[0032] 排放路径142可以沿着内壁构件136的外周和等离子体处理室102的内侧壁表面形成。在排放路径142的底部部分设置排放口144(或者多个排放口)。气体排放单元146经由气体排放线路148连接至每个排放口。气体排放单元146可以包括被配置成将等离子体处理室102内的等离子体处理空间减压至期望的真空条件的真空泵,例如涡轮分子泵。气体排放单元146排空等离子体处理室102的内部以从而使等离子体处理室102的内部压力减压到期望的真空度。

[0033] 上电极150(即,上电极组件)是第一电极的示例并且被竖直定位在下电极116上方以平行面向下电极116。在下电极116与上电极150之间限定了等离子体生成空间或者处理空间PS 106。上电极150包括呈盘状的内上电极152,并且外上电极154可以是环形的并且围着内上电极152的外周。内上电极152还用作处理气体进口,用于将特定量的处理气体注入到安装在下电极116上的基板W 110上方的处理空间PS 106中。

[0034] 更具体地,内上电极152包括具有气体注入开口158的电极板156(其通常是圆形的)。内上电极152还包括可拆卸地支承电极板156的上侧的电极支持件160。电极支持件160可以形成为具有与电极板156大体相同的直径的盘的形状(在电极板156被实施为圆形形状的情况下)。在替选实施方式中,电极板156可以是正方形、矩形、多边形等。电极板156可以由导体或者半导体材料例如Si、SiC、掺杂硅、铝等形成。电极板156可以与上电极150形成整体,或者为了在表面侵蚀之后方便替换给定的板,电极板156由电极支承件160可拆卸地支承。上电极150还可以包括冷却板或者冷却机构(未示出)以控制电极板156的温度。

[0035] 电极支承件160可以由例如铝形成并且可以包括缓冲室162。缓冲室162用来使处理气体扩散并且可以限定盘状的空间。来自处理气体供应系统164的处理气体向上电极150供应气体。处理气体供应系统164可以被配置成供应用于对基板W 110执行特定处理例如膜形成、蚀刻等的处理气体。处理气体供应系统164与形成处理气体供应路径的气体供应线路166连接。气体供应线路166连接至内上电极152的缓冲室162。然后,处理气体可以从缓冲室162向缓冲室162的下表面处的气体注入开口158移动。可以通过例如使用质量流量控制器来调整引入缓冲室162中的处理气体的流量。另外,引入的处理气体被从电极板156(莲蓬头电极)的气体注入开口158均匀地排向处理空间PS 106。然后,内上电极152部分地运行以提供莲蓬头电极组件。干式清洗气体流量和干式清洗气体压力可以是可以在WLDC过程期间使用剩余成分的OES数据进行优化的参数。干式清洗气体可以包括氧气、含氧气体、HC1、F₂、C1₂、氢气、氮气、氩气、SF₆、C₂F₆、NF₃、CF₄或者这样的气体中的两者或者更多者的混合物。

[0036] 具有环形形状的电介质168可以介于内上电极152与外上电极154之间。绝缘体170以气密方式介于外上电极154与等离子体处理室102的内周壁之间,其中,绝缘体170可以是具有环形形状并且由例如铝形成的屏蔽构件。

[0037] 外上电极154经由电力馈线174、上馈电棒176和匹配单元178与高频电源172(第一高频电源)电连接。高频电源172可以输出具有13MHz(兆赫兹)或者更高(例如60MHz)频率的高频电压,或者高频电源172可以输出具有30-300MHz频率的特高频(VHF)电压。与偏置电源相比,该电源172可以被称为主电源。电力馈线174可以被形成为例如具有敞开下表面的大体上的圆柱形状。电力馈线174可以在其下端部分处连接至外上电极154。电力馈线174在其上表面的中心部分处与上馈电棒176的下端部分电连接。上馈电棒176在其上端部处连接至匹配单元178的输出侧。匹配单元178连接至高频电源172并且可以使高频电源172的内阻抗与负载阻抗相匹配。然而,注意,外上电极154是可选的并且实施方式可以使用单一上电极来运行。

[0038] 电力馈线174可以是具有其直径大体上与等离子体处理室102的直径相同的侧壁的圆柱形的。接地导体180在其下端部处连接至等离子体处理室102的侧壁的上部。上馈电棒176穿过接地导体180的上表面的中心部分。绝缘构件182插入在接地导体180与上馈电棒176之间的接触部分处。

[0039] 电极支持件160在其上表面上与下馈电棒184电连接。下馈电棒184经由连接器连接至上馈电棒176。上馈电棒176与下馈电棒184形成用于将高频电力从高频电源172供应至上电极150的馈电棒。可变电容器186设置在下馈电棒184中。当从高频电源160施加电力时,通过调整可变电容186的电容,可以调整在外上电极154正下方形成的电场强度与在内上电极172正下方形成的电场强度的相对比。上电极150的内上电极152与低通滤波器(LPF)188电连接。LPF 188阻挡来自高频电源172的高频,同时将来自高频电源130的低频传至地面。系统的下部,形成下电极120的一部分的衬托器108,与高通滤波器(HPF)190电连接。HPF 190将来自高频电源172的高频传至地面。

[0040] 从高频电源172向上电极150施加在约3MHz至150MHz范围内的高频电力。这导致在上电极150与衬托器108或下电极116之间产生高频电场。然后,传送至处理空间PS 106的处理气体可以被分离并且转化成等离子体。可以从高频电源130向形成下电极116的衬托器108施加在约0.2MHz至20MHz范围内的低频电力。换言之,可以使用双频率系统。因此,等离子体中的离子被朝向衬托器108吸引,并且因此通过离子辅助提高了蚀刻的各向异性。注意,为了方便,图1示出了向上电极150供应电力的高频电源172。在替选实施方式中,高频电源172可以被供应至下电极116。因此,主电力(激励电力)和偏置电力(离子加速电力)两者都可以被供应至下电极。

[0041] 等离子体处理系统100的部件可以连接至控制单元192和由控制单元192控制,控制单元192又可以连接至对应的存储单元194和用户接口196。可以经由用户接口196执行各种等离子体处理操作,并且可以在存储单元194中存储各种等离子体处理配方和操作。因此,可以使用各种微制造技术在等离子体处理室内处理给定基板。在操作中,等离子体处理装置使用上电极和下电极在处理空间PS 106中生成等离子体。然后,该生成的等离子体可以被用于以各种类型的处理——例如,等离子体蚀刻;化学气相沉积;玻璃材料的处理;以及诸如薄膜太阳能电池、光伏电池和用于平板显示器的有机/无机板等等的大型板的处

理——处理目标基板(例如,基板W 110或者要被处理的任何材料)。在本文描述的某些实现方式中,可以是非生产晶片的虚设(dummy)基板可以被用作晶片W 110。

[0042] 控制单元192可以包括一个或更多个处理器、微型计算机、计算单元等等。存储单元194可以包括存储装置,并且是用于存储通过控制单元192执行以执行本文中描述的各种功能的指令的非暂态计算机可读存储介质的示例。例如,存储单元194通常可以包括易失性存储器和非易失性存储器两种(例如RAM、ROM等等)。存储装置在本文中可以被称作存储装置或者计算机可读存储介质。存储装置能够存储计算机可读、处理器可执行的程序指令作为可以通过控制单元190执行的计算机程序代码,其中控制单元190为被配置用于执行本文的实现方式中描述的操作和功能的特定机器。

[0043] 存储装置还可以存储一个或更多个应用(未示出)。应用可以包括预配置的/安装的和可下载的应用。此外,存储装置可以存储用于本文中所描述的处理的OES谱数据。

[0044] 等离子体处理系统100还可以包括光谱仪198和窗199。光谱仪196被用于收集用于过程端点分析和OES谱的光。光谱仪198可以连接至控制单元192,或者其他控制器/系统。

[0045] 图2是实现光学发射光谱(OES)以确定OES谱和实现等离子体监测的示例等离子体处理系统的示例示意框图。如上所述,等离子体处理室102提供安装在下电极116上的基板W 110上方的处理空间PS 106。在确定和收集剩余成分(例如,CF)的OES谱和/或端点计算的WLDC过程中,可以不存在生产基板W 110。在其他实现方式中,虚设基板或者非生产基板在基板W 110的位置。

[0046] 在该示例中,光谱仪198收集如由光量(light volume)200所表示的光。在WLDC过程中监测OES谱期间,光量200提供可以包括CF成分的OES谱的OES谱数据。

[0047] 光谱仪198可以是监测系统202的一部分。监测系统可以是等离子体处理系统100的一部分。监测系统202可以特别地用于等离子体处理室102中的等离子体监测。可以是监测系统202的一部分的其他示例系统和部件包括但不限于:光学发射光谱系统204、激光诱导荧光系统206、激光干涉仪208、质谱仪210和傅里叶变换红外(FTIR)系统212。特别地,光谱仪196可以是光学发射光谱系统204的一部分。光学发射光谱系统204可以在WLDC过程期间获取OES。

[0048] 如所讨论的,可以利用诸如OES谱的指标以通过评估不期望的种类或者剩余成分——例如,一批或批次晶片的OES谱中C和F成分的波长——来分析WLDC过程的有效性。另外,可以基于正通过在一个特定器件晶片过程(原位过程)之后的干式清洗过程来去除的不期望的剩余成分的OES谱来优化WLDC过程。通常,无效的WLDC过程不会显示出意图通过WLDC过程或者甚至诸如氧气的馈入干式清洗气体去除的成份的被检查的波长的OES强度的趋于平衡。然而,一旦对于WLDC过程达到端点,则该成分的OES谱可以显示出强度的趋于平衡;该端点时间可以被用来确定WLDC的理想完成时间,以便优化生产量。通过使用更有效的WLDC过程针对一个批次全体地减小器件晶片之间C强度和F强度的变化,可以提高该批次的蚀刻轮廓特征的一致性,例如底部过孔宽度(底部关键尺寸或者CD)。室中过量或者不一致的CF或碳密度或者从不一致的WLDC过程剩余的聚合物沉积累积可以造成针对图案化器件晶片的随后的等离子体蚀刻性能的变化,该等离子体蚀刻性能的变化可能导致跨批次的关键尺寸变化在制造规范的控制限度之外。室中剩余的这些不期望的成分可以导致在随后的器件晶片蚀刻过程期间正被蚀刻的特征的堵塞,其中,特征的阻塞是沟槽或者过孔特征中聚合

物剩余的累积,其阻止特征轮廓的一致蚀刻。相似地,室中氟副产品的积累可以导致从一个晶片到下一个晶片蚀刻速率增加,这是由于氟副产品趋向于去除侧壁聚合物钝化,这最终引起朝向更宽蚀刻轮廓的增长趋势,因此。该机制也被认为是发现为什么更有效的WLDC过程提高晶片间和晶片内蚀刻轮廓一致性的基础。

[0049] 图3示出了示出剩余成分特别是氟(F)的OES谱中的峰的示例图300。针对特定WLDC的氟的OES谱峰由图300中的302表示。在使用恰好在图304中示出的诸如氟的特定WLDC副产品OES峰的强度对比时间趋势并且实现端点分析的情况下,可以确定:是否以及何时剩余成分氟在离子体处理室中趋于平衡。在涉及基于聚合物收缩的干式蚀刻的情况下处理晶片批次的晶片的同时,如通过OES所测量的室内氟剩余副产品背景累积可以造成蚀刻轮廓宽度CD的增长趋势,这是因为对于一批次的连续处理的器件晶片的同一给定蚀刻处理侧壁聚合物被去除至更高的程度。在题为“METHOD OF ENDPOINT DETECTION OF PLASMAETCHING PROCESS USING MULTIVARIATE ANALYSIS”的美国专利9,330,990中可以发现可以实现的端点分析,该美国专利通过引用整体并入本文。

[0050] 意识到,等离子体处理室不是绝对没有剩余成分,并且可接受的量的成分可以存在于等离子体处理室中。

[0051] 图4示出了提供用于诸如WLDC的特定干式清洗过程的优化的值的示例图表400。在该示例中,可以针对剩余成分F来收集OES谱和端点分析。若干标注的首字母缩略词包括:自由基气体分配控制(RDC),其指的是中心到边缘气体区域流量比/百分比;等离子体系统的盐水或制冷器温度;直流(DC)电极电压;低频(LF)功率;高频(HF)功率;以及靠近基板或者晶片保持器的先进温控卡盘(ATCC)温度。

[0052] 在由402所表示的标题“配方”下标识了特定过程。在该示例中,如由404所表示的,标识了WLDC过程。步骤406还标识了作为氧(O₂)清洗408的过程。标识了20秒的预设配方时间410作为最大WLDC过程时间。可以针对该优化过程标识如图表400中示出的其他参数。这样的参数可以包括“气体压力”、“功率”、“DC偏置”等。

[0053] 图5示出了用于监测和控制等离子体处理系统中的无晶片干式清洗过程的示例过程500。描述该方法的顺序不旨在被解释为限制,并且可以以任何顺序组合任何数量的所述方法框以实现该方法或替代方法。此外,在不脱离本文中所描述主题的精神和范围的情况下可以从该方法删除单个框。另外,在不脱离本发明的范围的情况下,可以以任何合适的硬件、软件、固件或者其组合来实现该方法。

[0054] 在框502处,执行以下操作:使干式清洗气体流入等离子体处理室中。参照上面的图1,该框可以通过所描述的等离子体处理系统100的部件来执行。

[0055] 在框504处,执行以下操作:点燃等离子体处理室中的等离子体以启动无晶片干式清洗(WLDC)过程。参照上面的图1,该框可以通过所描述的等离子体处理系统100的部件来执行。

[0056] 在框506处,执行以下操作:获取光学发射谱(OES)数据。参照上面的图1,该框可以通过所描述的等离子体处理系统100的部件来执行。此外,参照上面的图2,该框可以通过光学发射光谱系统204来执行。在其他实现方式中,所述获取可以是监测等离子体处理室中的等离子体的监测动作。

[0057] 在框508处,基于获取的OES数据来优化WLDC过程的至少一个参数。参数可以是上

面描述的那些。此外,参数可以被原位优化或者异位优化。

[0058] 图6示出了针对优化的WLDC条件剩余成分的光学发射光谱(OES)检测的示例图600。由OES峰602表示剩余成分F。如本文中所描述的,对剩余成分F执行OES分析,凭借该副产品的强度随时间的趋于平衡来指示OES端点。随着WLDC在晶片批次处理的过程中越来越多地清洗室中的剩余蚀刻副产品例如氟,发现在剩余成分F强度稳定时的一系列OES端点时间值604具有稳定地更短的时间。这些值可以被用作关于何时WLDC过程(即,配方)结束的持续时间。与图3中标注的非优化WLDC OES谱相比,在优化WLDC条件过程时间结束时该F峰的OES强度的总变化减少了百分之50,这随后导致跨批次的晶片间过孔CD宽度变化减少超过百分之50。

[0059] 图7示出了用于光学发射光谱(OES)过程控制的示例过程700。特别地,过程700可以用于干式蚀刻过程控制。过程700可以被认为是在原位过程,其中,如参照图1所描述的,可以向等离子体处理系统发送反馈。可以基于确定的反馈数据执行调整。

[0060] 描述方法的顺序不旨在被解释为限制,并且可以以任何顺序组合任何数量的所述方法框以实现该方法或者备选方法。此外,在不脱离本文中描述的主题的精神和范围的情况下,可以从该方法中删除单个框。另外,在不脱离本发明的范围的情况下,该方法可以以任何合适的硬件、软件、固件或者其组合来实现。

[0061] 在框702处,执行晶片批次的生产过程。参照上面的图1,该框可以通过所描述的等离子体处理系统100的部件来执行。

[0062] 在框704处,执行本文中所描述的WLDC和OES跟踪数据收集。参照上面的图1和图2,该框可以通过所描述的等离子体处理系统100的部件和监测系统200来执行。

[0063] 在框706处,继续晶片批次的生产过程。参照上面的图1,该框可以通过所描述的等离子体处理系统100的部件来执行。

[0064] 在框708处,执行如本文中所描述的WLDC和OES跟踪数据收集。参照上面的图1和图2,该框可以通过所描述的等离子体处理系统100的部件和监测系统200来执行。

[0065] 在框710处,执行原位OES数据分析。参照上面的图1,该框可以通过所描述的等离子体处理系统100的部件来执行。

[0066] 在框712处,将数据/信号发送至等离子体处理系统(即,控制器)以判定是否基于选择的副产品(即,剩余成分)的OES强度或者清洁馈送气体波长来调整WLDC过程参数。

[0067] 在框714处,继续晶片批次的生产过程。参照上面的图1,该框可以通过所描述的等离子体处理系统100的部件来执行。

[0068] 在框716处,可以执行对WLDC过程参数的调整。备选地,可以使用相同参数。参照上面的图1,该框可以通过所描述的等离子体处理系统100的部件来执行。

[0069] 在框718处,继续晶片批次的生产过程。参照上面的图1,该框可以通过所描述的等离子体处理系统100的部件来执行。

[0070] 在框720处,重复序列直到晶片批次生产完成。参照上面的图1,该框可以通过所描述的等离子体处理系统100的部件来执行。

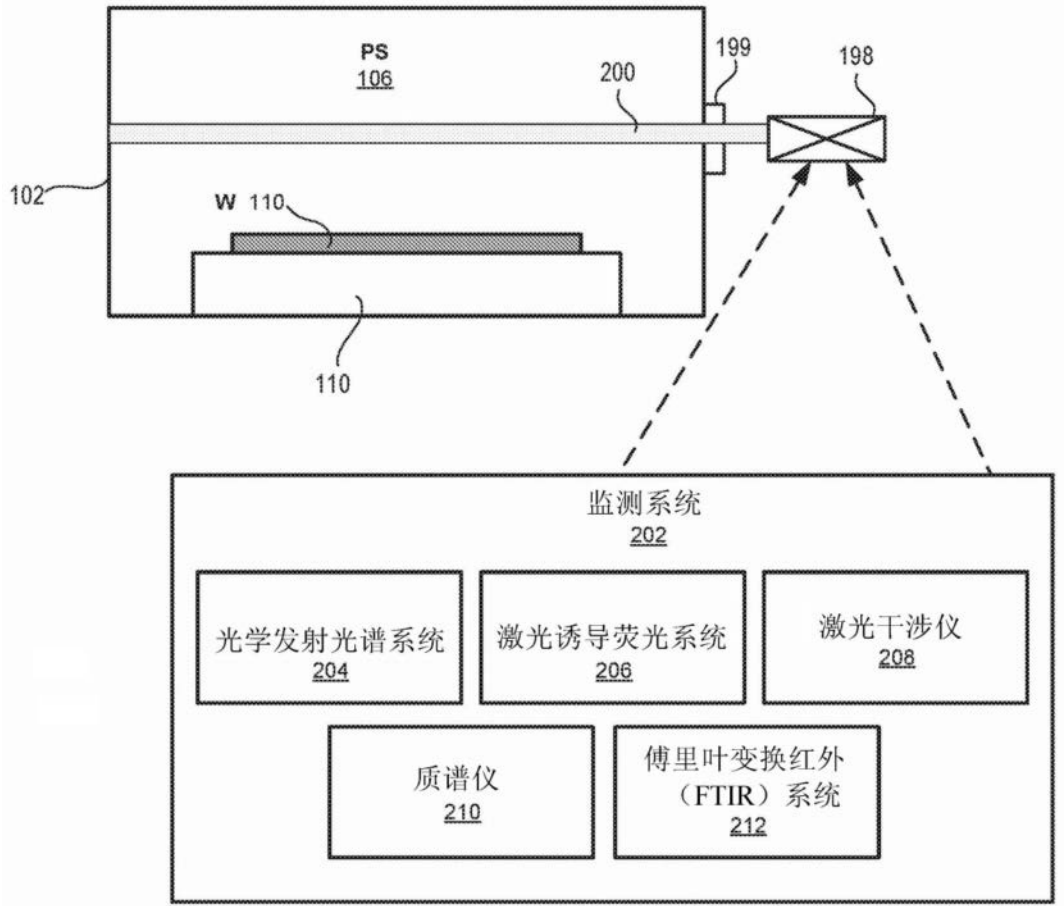


图2

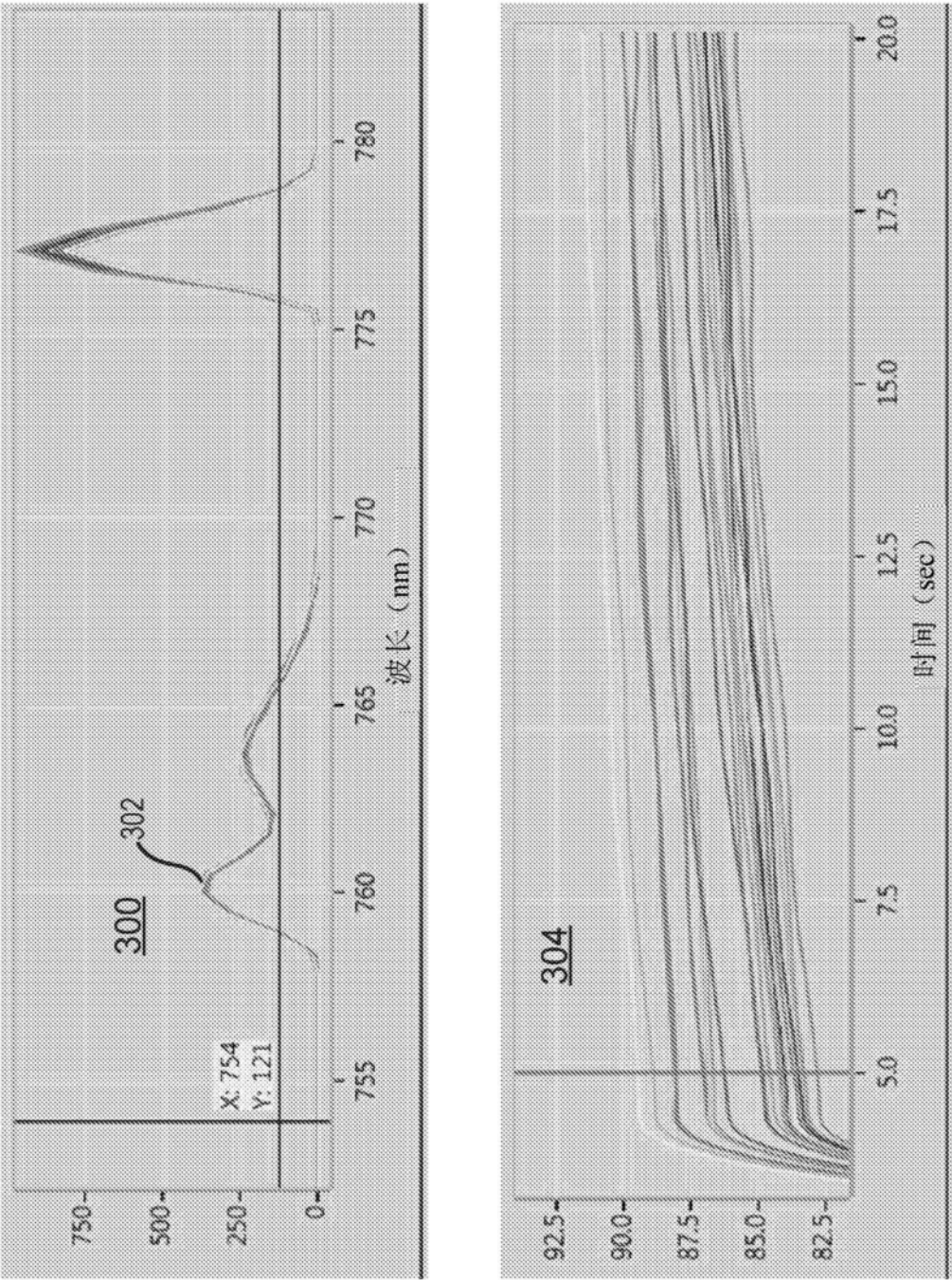


图3

400



配方	步骤	蚀刻 时间	压力	功率[W]		DC			RDC	A-RDC		B.He [T]	温度		ATCC [摄氏度]
				HF	LF		N2	O2		C4F8	O2		盐水 (摄氏度)	C, E	
WLDC-Via- 4 404	O2 清洗 408	20 410	400	200	0	0		1500	50	0	0	0	-10	0	25, 25
	N2 清洗	10	200	700	0	0	480		50	0	0	0	-10	0	25, 25

图4

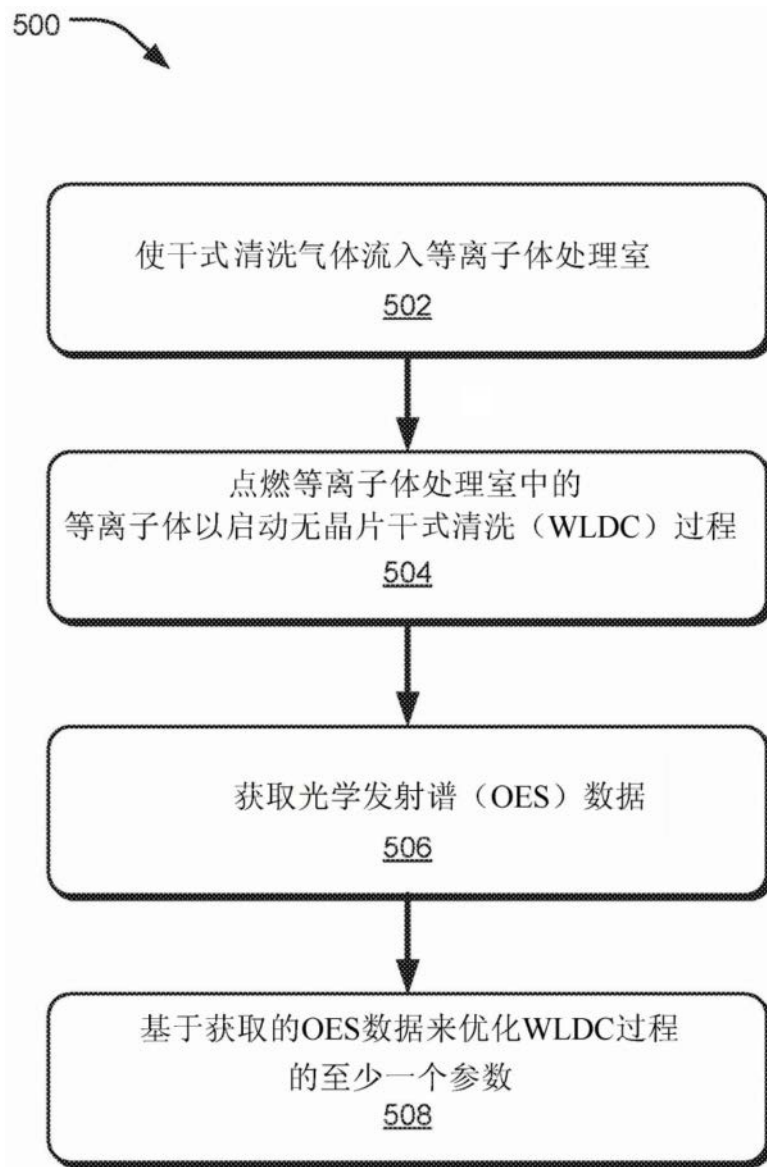


图5

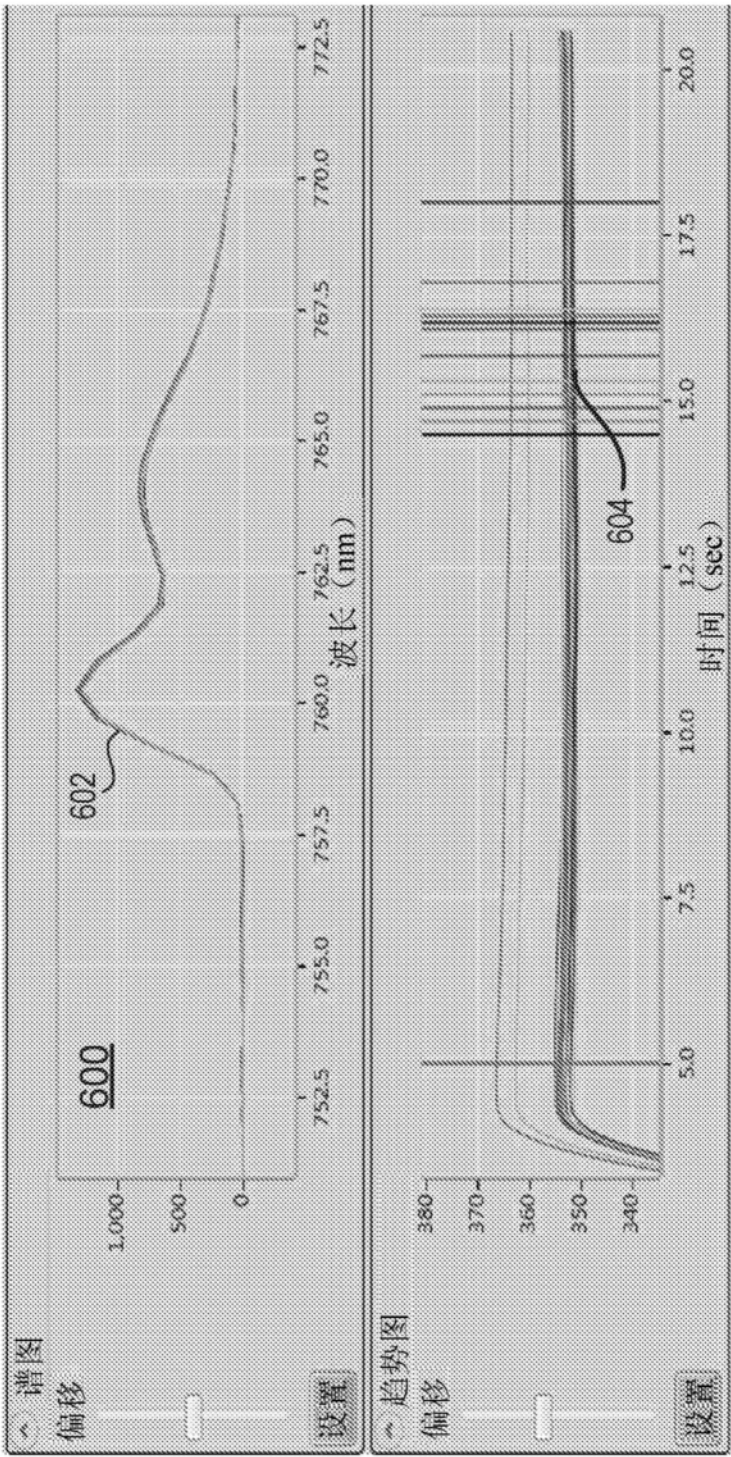


图6

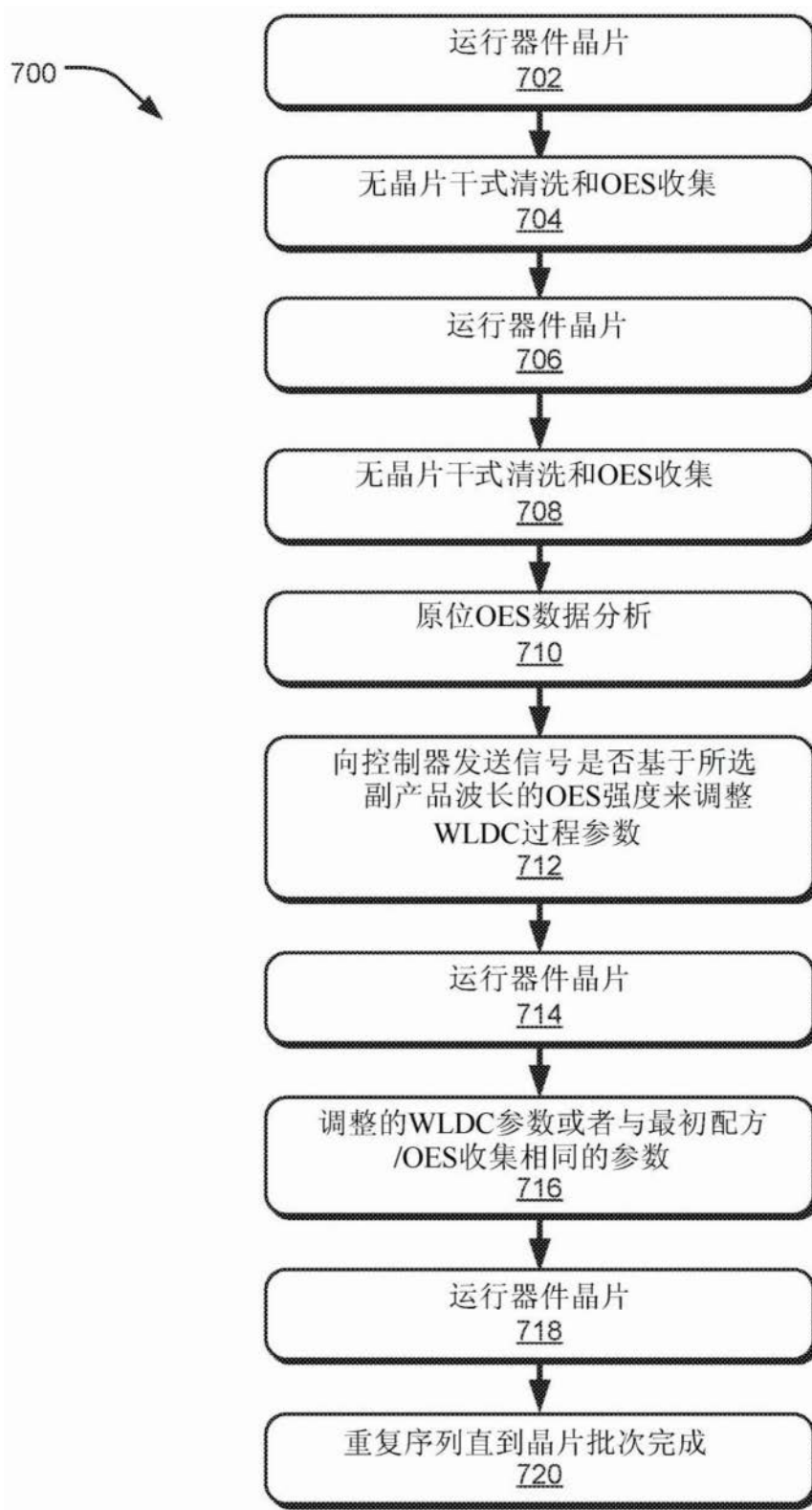


图7