



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 107210188 B

(45) 授权公告日 2021.04.09

(21) 申请号 201580068260.5

(22) 申请日 2015.12.15

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 107210188 A

(43) 申请公布日 2017.09.26

(30) 优先权数据

62/094,270 2014.12.19 US

14/839,656 2015.08.28 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2017.06.14

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/US2015/065897 2015.12.15

(87) PCT国际申请的公布数据
W02016/100394 EN 2016.06.23

(73) 专利权人 应用材料公司
地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 爱德华·W·布迪亚图
马耶德·A·福阿德
拉尔夫·霍夫曼 托马斯·诺瓦克
托德·伊根
梅迪·瓦泽-艾拉瓦尼

(74) 专利代理机构 北京律诚同业知识产权代理有限公司 11006

代理人 徐金国 赵静

(51) Int.Cl.

H01L 21/02 (2006.01)

H01L 21/033 (2006.01)

H01L 21/285 (2006.01)

H01L 21/66 (2006.01)

H01L 21/67 (2006.01)

(56) 对比文件

US 2011276166 A1, 2011.11.10

US 2011276166 A1, 2011.11.10

US 2006181706 A1, 2006.08.17

EP 1079415 A1, 2001.02.28

JP 2014170931 A, 2014.09.18

JP 2011238958 A, 2011.11.24

US 2012084056 A1, 2012.04.05

KR 20140050270 A, 2014.04.29

US 2002/0150398 A1, 2002.10.17

JP 2008156724 A, 2008.07.10

JP 2013185252 A, 2013.09.19

CN 201770771 U, 2011.03.23

JP 2014041712 A, 2014.03.06

CN 101418466 A, 2009.04.29

US 2013313744 A1, 2013.11.28

US 2005172894 A1, 2005.08.11

US 2014/0014917 A1, 2014.01.16

审查员 杨芳

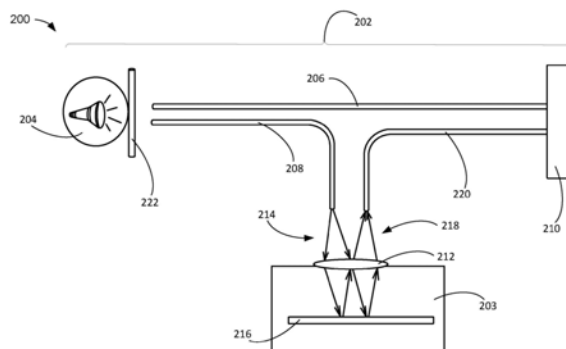
权利要求书2页 说明书10页 附图5页

(54) 发明名称

用于沉积的监控系统与操作该系统的方法

(57) 摘要

一种监控与沉积控制系统以及该系统的操作方法包含：沉积腔室，用于在基板上沉积材料层；传感器阵列，用于在沉积期间监控在材料层厚度改变的材料层沉积；及处理单元，用于根据在沉积期间层厚度的改变来调整沉积参数。



1. 一种用于监控与沉积控制系统的操作方法,包括:
在基板上沉积材料层;
在沉积期间,监控关于所述材料层的层厚度的改变的所述材料层的沉积;及
根据在沉积期间所述材料层的所述层厚度的所述改变,来调整沉积参数,
其中监控所述材料层的沉积包含:
产生瞄准所述材料层和参考光纤的光输出;
收集来自所述参考光纤的所述光输出和作为离开所述材料层的反射光的所述光输出;
测定所述反射光的光谱和来自所述参考光纤的所述光输出的光谱;及
将所述反射光的所述光谱正规化为来自所述参考光纤的所述光输出的光谱和所述反射光的所述光谱的波长平均值。
2. 根据权利要求1所述的方法,进一步包括:
侦测所述材料层中的错误;
根据所述材料层中的所述错误,来产生警告;及
根据所述警告,来摒弃所述基板与所述材料层。
3. 根据权利要求1所述的方法,其中测定所述反射光的所述光谱,以测定所述材料层的性质。
4. 根据权利要求1所述的方法,进一步包括:在沉积所述材料层之前,对于具有已知光谱反应的参考样本进行校准。
5. 根据权利要求1所述的方法,进一步包括:
提供卡盘,用于定位所述基板;
其中监控所述材料层的沉积包含:
测定所述基板和所述材料层相对于水平位置倾斜;及
使用所述卡盘中的机构调整所述基板和所述材料层的倾斜。
6. 一种监控与沉积控制系统,包括:
沉积腔室,用于在基板上沉积材料层;
传感器阵列,用于在沉积期间监控关于所述材料层的层厚度的改变的所述材料层的沉积;及
处理单元,用于根据在沉积期间所述层厚度的所述改变,来调整沉积参数,
其中所述传感器阵列包含:
参考光纤;
光源,用于产生瞄准所述材料层和所述参考光纤的光输出;
光谱仪,用于:
收集来自所述参考光纤的所述光输出和作为离开所述材料层的反射光的所述光输出,
测定所述反射光的光谱和来自所述参考光纤的所述光输出的光谱;并且
其中所述处理单元用于将所述反射光的所述光谱正规化为来自所述参考光纤的所述光输出的光谱和所述反射光的所述光谱的波长平均值。
7. 根据权利要求6所述的系统,其中:
所述传感器阵列用于侦测所述材料层中的错误;
所述处理单元用于根据所述材料层中的所述错误来产生警告;

所述沉积腔室用于根据所述警告来摒弃所述基板与所述材料层。

8. 根据权利要求6所述的系统, 其中测定所述反射光的所述光谱的所述光谱仪用于测定所述材料层的性质。

9. 根据权利要求6所述的系统, 进一步包含:

在所述沉积腔室内的卡盘, 用于定位所述基板; 及

在所述卡盘上的具有已知光谱反应的参考样本, 用以在沉积所述材料层之前校准所述传感器阵列。

10. 根据权利要求6所述的系统, 进一步包括:

位于所述沉积腔室内的卡盘, 用于定位所述基板;

倾斜补偿系统, 具有倾斜传感器, 用于测定所述基板和所述材料层相对于水平位置倾斜; 及

其中所述倾斜补偿系统用于利用所述卡盘内的机构调整所述基板和所述材料层的倾斜。

用于沉积的监控系统与操作该系统的方法

技术领域

[0001] 本发明一般涉及一种监控与控制系统,且更特别的涉及一种用于沉积系统中的监控与工艺控制系统,其包含用于制造极紫外线光刻掩膜空白板的系统。

背景技术

[0002] 极紫外线光刻(EUVL,也被称为软性X射线投影光刻,并也被缩写为EUV)为一种取代深紫外光光刻的竞争技术,用于制造14纳米(及更小)最小特征尺寸的半导体器件。

[0003] 然而,一般在5至40纳米波长范围中的极紫外线,几乎被所有材料强烈吸收。因为此理由,极紫外线系统是利用光的反射方式而不是光的透射方式来工作。通过使用一连串的镜面(或透镜元件)以及涂覆有非反射性吸收剂掩膜图案的反射元件(或掩膜空白板),经图案化的光化光(actinic light)被反射至涂覆抗蚀剂的半导体晶片上。

[0004] 极紫外线光刻系统的这些透镜元件与掩膜空白板涂覆有像是钼和硅的材料的反射多层涂层,。使用涂覆有多层涂层的基板,已经可以获得每个透镜元件或掩膜空白板具有大约65%的反射数值,这些涂层强烈反射在极窄的紫外光带通中的单一波长的光;例如对于13纳米紫外光而言的12至14纳米带通。

[0005] 在半导体处理技术中具有各种的缺陷类型,这些缺陷类型在掩膜中造成问题。举例而言,不透明的缺陷通常是由在多层涂层或掩膜图案顶部上的颗粒所造成的,而这些颗粒在光应该被反射时却吸收光。透明的缺陷通常是由在多层涂层顶部上的掩膜图案中的针孔(pinhole)所造成的,而当光应该被吸收时,光却通过针孔被反射。进一步的,多层涂层的厚度与均匀性需要制造精确,从而不扭曲最终掩膜产生的影像。

[0006] 在过去,用于深紫外光光刻的掩膜空白板通常由玻璃制成,但也已经提出以硅或超低热膨胀性材料作为用于极紫外线光刻的取代材料。不管空白板为玻璃、超低热膨胀性材料或是硅,掩膜空白板的表面以研磨料进行机械抛光的方式制造得尽可能平滑。在掩膜空白板创建时的另一种阻碍包含:在这样工艺中留下的划痕,这些划痕有时候被称作“划痕-亮点(scratch-dig)”标记,而这些划痕的深度与宽度则取决于用于抛光掩膜空白板的研磨料中的颗粒大小。对于可见及深紫外线光刻,这些划痕太小而不会造成半导体晶片上图案中的相缺陷。然而,对于极紫外线光刻而言,划痕-亮点标记是一种明显的问题,因为这些划痕-亮点标记将呈现为相缺陷。

[0007] 由于EUV光刻所需要的短照明波长,所使用的图案掩膜必须为反射性掩膜,来取代在目前光刻中所使用的透射性掩膜。反射性掩膜由钼与硅的交替薄层的精确堆叠制造,这种制造方式形成布拉格反射体或反射镜。因为多层堆叠的性质与小特征尺寸,在这些层或其上沉积所述多层堆叠的基板表面的均匀性方面的任何缺陷都将被放大并影响最终产品。在几个纳米大小的缺陷能表示为在完成的掩膜上可被印刷出的缺陷,并需要在多层堆叠沉积之前从掩膜空白板的表面去除。进一步的,这些沉积层的厚度与均匀性必须符合非常苛刻的规格,以不会摧毁最终完成的掩膜。

[0008] 有鉴于电子元件越来越小特征尺寸的需求,寻找这些问题的答案变的越来越关

键。有鉴于越发增加的商业竞争压力,以及成长的消费者期待,寻找这些问题的答案变的关键。此外,降低成本、改善效率与性能以及满足竞争压力的需求,对于寻找这些问题的答案的需求,添加了更大的急迫性。

[0009] 这些问题的解决方案已经被长期需求,但先前的发展并没有教导或建议任何解决方案,而因此这些问题的解决方案已长期困扰熟悉本领域的技术人员。

发明内容

[0010] 本发明提供一种监控与沉积控制系统的操作方法,包含:在基板上沉积材料层;在沉积期间监控关于材料层的层厚度的改变的材料层沉积;及根据在沉积期间材料层的层厚度的改变,来调整沉积参数。

[0011] 本发明提供一种监控与沉积控制系统,包含:沉积腔室,用于在基板上沉积材料层;传感器阵列,用于在沉积期间监控关于材料层的层厚度的改变的材料层沉积;及处理单元,用于根据在沉积期间层厚度的改变,来调整沉积参数。

[0012] 本发明的某些实施方式具有除了以上所提及的或取代以上所提及的步骤或元件的其他步骤或元件。对于熟悉本领域的技术人员而言,当参考附图来阅读以下具体实施方式时,这些步骤或元件将变的明确。

附图说明

[0013] 图1为整体式极紫外线掩膜制造系统。

[0014] 图2为本发明实施方式中的监控与沉积控制系统的系统图。

[0015] 图3为图2的监控与沉积系统内所包含的某些子系统的示例框图。

[0016] 图4为根据本发明第二实施方式的监控与沉积系统的示例图。

[0017] 图5为根据本发明第三实施方式的监控与沉积系统的示例图。

[0018] 图6为根据本发明进一步实施方式的监控与沉积系统的操作方法范例。

具体实施方式

[0019] 用足以让熟悉本领域的技术人员能制作和使用本发明的方式来描述以下的实施方式。要了解到的,根据本公开内容的其他实施方式是明显的,而且可以在不背离本发明范围的情况下改变系统、工艺或机械。

[0020] 在以下叙述中,给出许多特定细节以提供对本发明的完整了解。然而,明显的是,可以在没有这些特定细节的情况下实施本发明。为了避免干扰本发明,并未详细公开某些公知的组件与电路、系统配置及与工艺步骤。

[0021] 绘示系统的实施方式的附图为半图解式的 (semi-diagrammatic), 且未按比例绘制, 且特别的, 这些尺寸的某些部分为了清楚呈现而在这些附图中放大显示。同样的, 虽然为了叙述方便而附图中的视图通常显示出为相似的定向, 但附图中的描写在大多数情况下为任意的。一般而言, 本发明可以任何定向进行操作。

[0022] 在多数实施方式中公开及叙述共同的某些特征处, 为了清楚和容易的描绘、叙述及理解, 相同或类似的特征将以相似的参考元件符号叙述。

[0023] 为了说明目的, 本文使用的术语“水平”定义为平行于掩膜空白板或基板的表面的

平面,而不管其实际方向。术语“垂直的”指示垂直于刚刚定义的水平的方向。例如“以上”、“以下”、“底部”、“顶部”、“侧部”(像是“侧壁”)、“更高”、“更低”、“上(upper)”、“上方”及“下方”如这些附图中所示,是相对于水平平面定义的。术语“上(on)”则指示在元件之间存在直接接触。

[0024] 本文使用的术语“工艺”包含在形成所叙述结构时所需的材料或光刻胶沉积、图案化、曝光、发展、蚀刻、清洁及/或所述材料或光刻胶的去除。

[0025] 本发明的实施方式包含一种用于硅与钼的超薄层的精确沉积控制与度量(metrology)的系统与方法,用以产生用于EUV光刻的反射性掩膜空白板。

[0026] 本发明实施方式的目标在于引入一种解决方案,所述解决方案用于解决在控制用于EUV的掩膜空白板的钼/硅堆叠沉积中产生的问题。本发明的实施方式包含一种原位(in-situ)宽带反射度量的方法,其中持续监控照明来源的取样改变的反射光谱,其与理论模型结合下,更新有关于这些层的厚度与沉积率的信息。此举使得厚度与沉积率信息也可以被反馈回到处理工具,以改进沉积工艺的控制并使掩膜空白板的性能最佳化。

[0027] 光谱反射测量法系统的工作原理为调变特定波长的光的强度,这是由于光与样本的相互作用。系统中的确定性因数通常是当光在电介质中传播时相位的偏移。然而,在钼/硅堆叠的情况中,所述两种材料都至少在光谱的深紫外光-近红外光区域部分高度衰减。其实际意味着堆叠的反射性甚至被沉积薄膜的最微小水平改变,这是监控系统高灵敏性的关键因数。

[0028] 现在参考图1,绘示了整体式极紫外线掩膜制造系统100。整体式EUV掩膜制造系统100包含基板装载和载体处置系统102,在系统102中装载基板104或多个基板。气闸106提供对晶片处置真空腔室108的存取(access)。在所示实施方式中,晶片处置真空腔室108含有两个真空腔室,第一真空腔室110与第二真空腔室112。第一晶片处置系统114在第一真空腔室110中,而第二晶片处置系统116在第二真空腔室112中。

[0029] 晶片处置真空腔室108具有围绕它外围的多个端口,用以附接各种其他系统。第一真空腔室110具有除气系统118、第一物理气相沉积系统120、第二物理气相沉积系统122、检查腔室111与预清洁系统124。在对基板104进行沉积之后,基板104可被传送至检查腔室111以进行缺陷与错误侦测。

[0030] 第二真空腔室112具有与它相连的第一多阴极(multi-cathode)源126、可流动化学气相沉积(FCVD)系统128、修复(cure)系统130与第二多阴极源132。

[0031] 第一晶片处置系统114能够在气闸106与各种系统之中,绕着第一真空腔室110并通过连续真空的多个狭缝阀移动晶片(例如晶片134)。第二晶片处置系统116能够绕着第二真空腔室112移动晶片(例如晶片136),并同时保持晶片处于连续真空条件中。已经发现到,整体式EUV掩膜制造系统100提供制造EUV掩膜的理想环境。

[0032] 现在参考图2,绘示了本发明实施方式中监控与沉积控制系统200的系统图。举例而言,监控与沉积控制系统200可与第一物理气相沉积系统120、第二物理气相沉积系统122或可流动化学气相沉积系统128结合使用。举例而言,监控与沉积控制系统200可用于多层的原位测量及沉积控制,所述多层包含在EUVL或EUV空白板上的钼与硅。为了清楚起见,用词空白板及掩膜空白板被视为是等同的。监控与沉积控制系统200也可用于侦测层厚度缺陷、不合规范的均匀性以及表面上的缺陷,例如在基板或每个沉积层表面上的缺陷。

[0033] 举例而言,监控与沉积控制系统200可通过将多光谱反射系统202整合至沉积腔室203整体设计中而实施,举例而言,例如整合至图1的第一物理气相沉积系统120之中、整合至图1的第二物理气相沉积系统122之中或是整合至图1的可流动化学气相沉积系统128之中。已经发现,整合反射系统,像是整合多光谱反射仪系统202,可实现在EUVL或EUV掩膜的形成期间进行钼/硅多层堆叠的原位监控与控制。在此实施方式中,多光谱反射系统202是光纤耦合的(fiber-coupled),但要了解到,不使用光纤的其他实施方式也是可能的。为了清楚描述,多光谱反射系统202绘示在沉积腔室203的最外侧,但要了解到,举例而言,多光谱反射系统202也可完全位于沉积腔室203内。

[0034] 在此实例中,监控与沉积控制系统200可以包含光源204,例如脉冲宽带光源,包含经氙气(Xe)光源,旨在将光辐射至两个或更多个UV级多模光纤中。在此实例中,光源204瞄准至参考光纤206与基板照明光纤208之中。参考光纤206直接进入光谱仪210(例如基于电荷耦合元件(CCD)多通道光谱仪)的输入狭缝中。基板照明光纤208可被引导朝向沉积腔室203,举例而言,其中沉积腔室203处的光输出214被准直仪212(例如透镜或反射系统),朝向基板216(例如EUVL掩膜空白板)的表面进行准直。基板照明光纤208的一个示例为了描述目的而被绘示,但要了解到,根据应用需要,可以使用多于一个的基板照明光纤208。

[0035] 来自基板216表面的反射光218被收集光纤220收集,收集光纤220被并排着保持,并关于准直仪212光轴对称。反射光218接着被引导朝向光谱仪210的输入狭缝,并被放置在参考光纤206一旁,但相对于参考光纤206偏移。在此实例中,光输出214与反射光216由本文附图中的箭头表示,箭头方向指示当光反射离开基板216时的光束行进方向。如同可从示例附图中所见,准直仪212可用于折射光输出214与反射光218,并改变光的行进路径。

[0036] 已经发现,其他光纤可以被引导朝向基板216上的其他位置,因此允许同步监控基板216上的多个位置。监控与沉积控制系统200也可以包含其他系统,包含:其他的光纤与CCD配置、主动与被动传感器、电荷耦合器件相机、可见光传感器、暗区和亮区显微镜、X射线反射系统、UV-EUV光反射系统、激光散射系统或上述系统的组合。光源204、基板照明光纤208、参考光纤206、收集光纤220与光谱仪210可被视为多光谱反射系统202,或也可被称为传感器阵列。

[0037] 为了描述目的,所有的读数(reading)都已经根据基板216加以叙述,但要了解到,举例而言,在基板216顶表面上可以具有钼与硅的多个材料层所构成的多层堆叠。用于监控表面的程序都为相同的,无论表面为基板216的表面或是这些材料层的任一层的表面。在这些材料层被沉积在基板216上的期间,可连续进行监控程序。

[0038] 在随之而来的多层堆叠的沉积之前,首先可将监控与沉积控制系统200相对于参考样本(例如硅块)进行校准。举例而言,可以规律间隔(例如,每100微秒(msec))进行光源204脉冲,而对于每个脉冲而言,反射光218的光谱被光谱仪210读取,并相对于参考样本的光谱进行分析。举例而言,使用一种基于曲线拟合算法的模型,以达到数据的最佳拟合,所述数据是关于沉积腔室203中正被沉积的这些层的厚度的数据。

[0039] 存在各种用于确保光谱数据品质手段。举例而言,确保数据的有效与品质的手段包含:a)确保基板照明光纤208与参考光纤206从光源204接收相同的光谱,这可通过使用扰模器(mode scrambler)(例如扩散器222)来实现,所述扰模器的形式为直接位于光源前方的粗糙化石英片;b)将来自收集光纤220的光谱正规化为参考光纤206的光谱,以消除任何

的光线水平/光谱扰动;及c)将光输出216的光谱相对于反射光218中的波长平均光进行正规化,以减少在这些光的重新发射阶段时的任何不稳定的影响。

[0040] 举例而言,监控程序可以包含:使用光谱仪210(在不施加来自光源204的外部脉冲或断续光的情况下)取得腔室中背景照明水平的实际读数,并加以补偿,使得可从所测量的光子中分离出背景光子(例如来自等离子体)。在来自光源204的闪光之后,可由光谱仪210记录信号。接着可取得不闪光的信号。可利用连接至光谱仪210的处理单元从闪光信号中减去非闪光信号,以去除背景信息。举例而言,此方法可用于处理来自沉积腔室203中源的等离子体的发光(glow)。已经发现到,此方法可用于监控腔室的背景条件,而所述背景条件对于其他工艺控制量测而言是有用的。

[0041] 此外,为了提高信号信噪比以改良监控与沉积控制系统200的灵敏性,可以利用参考光纤206。如何提高信号信噪比的一个示例包含:将由光谱仪210接收的光谱正规化为其本身的波长平均值。此举可以有助于最小化光输出214传输或反射光218收集期间由消色差偏移所造成的不稳定性。

[0042] 如何提高信号信噪比的第二示例包含:将反射光218的光谱正规化为从参考光纤206所接收的光。此举应该消除了来自光源204本身的任何光线水平/光谱扰动。举例而言,参考光纤206的功能是用于追踪及补偿光源204(例如脉冲氙气闪光灯光源)的闪光对闪光(shot to shot)间的任何扰动,并用以从数据去除扰动。

[0043] 已经发现到,如果上述两个示例都用于提高信号信噪比,监控与沉积控制系统200在原位可以在小于一秒的扫描中达到优于0.1埃($\text{\AA}$),3西格玛(sigma)(三倍标准差之内)的厚度灵敏性。仅有光源204的一些脉冲需要达到此高度的灵敏性,且已经发现到,在撰写此文件的同时,并不存在其他系统可以在小于一秒的诊断或扫描下达到这种程度的灵敏性。

[0044] 进一步的,监控与沉积控制系统200的实施方式包含:在任意已知时间或同时,一次测量表面上多于一处的位置。进一步的,监控与沉积控制系统200可以首先测量单一位置,接着移动到不同位置。替代的,可以放置多个光纤以同时测量基板216上的多个位置。举例而言,基板216的中心位置可以与基板216边缘附近的多个周边位置平行测量。

[0045] 已经发现到,因为在薄膜沉积期间可将基板216或掩膜固定在旋转中的卡盘上,因此在一个或多个固定径向距离处的一个或多个测量点可以测量厚度,和位于围绕基板216或掩膜的一个或多个方位弧上的其他的膜或掩膜性质点。进一步的,已经发现,在遍布基板216的多个点处测量厚度提供对基板216均匀性的测量。均匀性是材料的厚度测量,作为以跨基板216距离的函数。

[0046] 已经发现,监控与沉积控制系统200可以使用由光谱仪210读取的反射光218的反射光谱以侦测基板216上钼/硅多层堆叠厚度中的极小变化。举例而言,反射光218的反射光谱可被充分小心地读取以测定低至0.1埃或低于0.1埃的错误。举例而言,监控与沉积控制系统200可利用从UV到近红外光(大约为200纳米至800纳米)范围的波长。

[0047] 举例而言,可以计算第一光谱(被减数)与第二光谱(减数)之间的比例,以侦测反射光218的反射光谱中的变化。已经发现到,此反射光谱比例可以明确地侦测低至0.1埃或低于0.1埃的错误。也已经发现到,这能使得侦测问题被减低到确保以下内容之一,a)有足够的光以克服来自光源204的闪光噪声;b)光源204的不稳定性(来自光源204的光输出214

中的变化被消除);及c)被解释的振动以及其他系统相关变化。

[0048] 现在参考图3,绘示了包含在图2中的监控与沉积系统200内某些子系统的示例框图。监控与沉积系统200在图2的沉积腔室203内的反射仪信号处理以及电源之间,能够包含硬件连接或直接硬件控制系统324。取代通过软件控制系统以及其中所牵涉的延时,直接硬件控制系统324可以直接对沉积腔室203的电源进行控制。

[0049] 举例而言,在沉积工艺中,几微秒的延时是相当显著的。直接硬件控制系统324可以包含多种控制,所述控制包含:侦测沉积层终止或侦测沉积层的即将终止(imminent end)的能力,并直接通过硬件连接关闭电源。

[0050] 进一步的,为了改善沉积精确性,专用电源可以直接从电脑取得输入(例如数字触发信号),电脑为直接硬件控制系统324形式的电脑。举例而言,电脑可以执行直接切入,例如利用在图2的光谱仪210处接收图2的的反射光218之后,执行光谱计算的数字信号处理(DSP)芯片,DSP芯片接着也触发沉积腔室203的电源。此方法可以缩短取得光谱信号并作用于取得的光谱信号而在晶片或基板上产生结果之间的等待延时。

[0051] 具有操作系统的传统计算系统产生数百微秒的差异。举例而言,本公开内容的实施方式的直接硬件控制系统324可以包含即时或准即时操作系统,以将延时降低至数十微秒。进一步的,具有直接硬件控制系统324的实施方式可以将延时降低至微秒以下的程度。举例而言,已经发现,直接硬件控制系统324能够是一种直接功率中断系统,从而可以将沉积层终止与功率中断之间的延时降低成为纳秒程度,与沉积工艺的精确性所需的反应相比,这是更快的反应。

[0052] 进一步的,监控与沉积系统200可以包含调谐系统326,用以在图2的基板216上的沉积开始时,调谐沉积速率。取代尝试控制每一层厚度的方式,已经发现,调谐系统326可以在沉积开始时沉积一层,作为测试层或虚设层,用于校准或调谐沉积工艺。

[0053] 举例而言,可以由调谐系统326执行一个或多个测试层的每一层的厚度测量,以测定沉积速率是否过快或过慢。虚设或测试层可以允许调整沉积速率。额外的虚设层的进一步沉积可以确认厚度的正确沉积率是否已经被校准或调谐到用于特定沉积机器或沉积腔室203的适宜水平,举例而言,例如图1的第一物理气相沉积系统120、图1的第二物理气相沉积系统122或图1的可流动化学气相沉积系统128。

[0054] 可以为了各自的钼层及硅层而产生测试层。举例而言,可以沉积第一钼层并监控第一钼层的厚度。接着可以沉积第一硅层并监控第一硅层的厚度。在沉积剩余层之前,可以沉积另一对测试层,并确认另一对测试层是精确的。如果这些测试层是偏离的(不正确的厚度),则可以调谐沉积机器或腔室以提高精确性。

[0055] 调谐系统326也可以利用测试层或嵌入卡盘中的参考样本,基板216位于所述卡盘上。举例而言,此参考样本可为具有已知光谱反应的硅或热氧化物,而来自此参考样本的读数可用于校准光谱仪210,从而能对源自光传输与收集路径的任何光谱失真进行周期性校正。举例而言,可将参考样本嵌入,从而与卡盘的表面共面,或是卡盘可完全由用作参考样本的材料形成或涂覆有用作参考样本的材料。同样的,举例而言,可以使用具有与完整EUV掩膜相同高度与形状因数的单独的参考样本,以补偿嵌入参考样本与实际EUV掩膜多层堆叠之间的高度差。

[0056] 已经发现,卡盘上或嵌入卡盘中的参考样本可允许在膜沉积之前进行快速及简易

的光谱仪210校准。因为参考样本具有已知的光谱反应,因此光路径中的任何失真都可在需要时被校正。所预期的光谱反应可以简单地从所接收的光谱减去,以获得失真图像,接着需要从基于沉积表面的读数中减去此失真图像。

[0057] 调谐系统326可用于从厚度的实际关键变化中,将基板216的表面上的沉积层的折射率(N)与吸收率(K)的改变分离出来。举例而言,可以由在卡盘中或卡盘下方的覆盖光电探测器执行单独的光传输测量。如果光电探测器位于卡盘下方,卡盘内的孔径可以允许光通过样本到达光电探测器。(多个)孔径的适宜设计可以允许卡盘、基板216及(这些)沉积层旋转时的连续测量。

[0058] 同样的,举例而言,光电探测器可以嵌入卡盘本身中。在任何情况中,光电探测器数据可无线传送或者光电探测器数据可经由连接至卡盘本身的某种旋转耦接件传送。作为另一示例,可以在不同波长下进行额外的测量,以有助于从厚度的改变来区分折射率与吸收率的改变。虽然EUV掩膜空白板的光学性质(例如折射率与吸收率)是在EUV波长下最为关键,但在其它波长下精确测量光学性质以侦测可能影响EUV光学性质的材料性质的改变仍是有利的,例如,作为用于EUV波长测量所需的大体积、效率低及非常昂贵的光源的廉价代理。在其他波长下的测量也可以用作膜成分改变的征兆,膜成分改变可能影响膜性质(例如层粘着性),并用以区分膜厚度的改变与折射率的改变,即,用以分离膜厚度的改变与光学路径的改变,这光学路径的改变是由沉积膜的折射率的改变造成的。

[0059] 已经发现到,除了光源204以外,组合来自一个或多个额外宽带或相干光源的测量反射率是有益的,举例而言,用以改良光学性质测量的精确性。举例而言,一个或多个高强度、相干光源可用于改良特定关键波长下的测量精确性。举例而言,可以使用光谱仪210从晶片来侦测来自其他光源的光谱反射率,或是可以使用不同的侦测器。

[0060] 已经发现,在不同波长下进行额外的测量,可以从这些层厚度的关键变化中分离出这些沉积层性质的无害改变。举例而言,根据应用的不同,这些沉积层中的一个沉积层的折射率的改变可能是不重要的,因此这种改变可被侦测并被安全地忽略,而厚度的改变可以引起警告,并迫使沉积工艺停止。此处理因此允许节省材料,同时也避免在品质控制上任何牺牲的需要。

[0061] 在监控与沉积系统200中有长期追踪系统328。长期追踪系统328可以实施另一技术,所述另一技术用于测量及追踪每个沉积层的结束点,并且也从多个基板测量厚度与精确性的读数,用于从多个基板的平均值提供信息。这意味着当多个EUVL掩膜被制造时,可以跨多个EUVL掩膜来追踪基板216上给定层的层厚度。举例而言,跨10个阶段而来自基板216的沉积阶段的样本的监控读数可以决定出在每个基板中第36号层的沉积是过薄的。

[0062] 已经发现,长期追踪系统328可以识别沉积工艺中的系统错误,而接着沉积工艺可被调谐以调整用于问题层的沉积速率,以补偿任何的系统偏移或问题。使用长期追踪系统328的优点在于:更多的数据用于确定如何随时间调谐沉积工艺以补偿偏移的。因此,从追踪多个沉积阶段所获得的数据允许监控与沉积系统200的沉积率的初始调谐,其可以补偿由时间经过而在包含监控与沉积系统200的机器上所导致的错误,并可以补偿工艺中的其他变异。进一步的,可以使用追踪数据以补偿经过许多沉积阶段的在基板216上的连续沉积阶段,在每一层发生的系统偏移。

[0063] 也已经发现,利用监控与沉积系统200的长期追踪系统328进行的沉积工艺的原位

监控提供个别沉积腔室(举例而言,例如沉积腔室203)的性能特征的历史。当沉积腔室203是干净的时候可以测量性能,也可以在腔室已经在随时间推移的多个阶段中被使用之后进行测量。原位监控也可以解释为腔室条件的改变,例如清洁品质与更换部件的品质。若没有相同的起始条件,沉积工艺很容易出现从基板到基板的某些程度偏移,而其可由长期追踪系统328加以监控。

[0064] 进一步的,已经发现,监控与沉积系统200可以包含倾斜补偿系统330,倾斜补偿系统330能够补偿旋转卡盘上基板216的倾斜。倾斜补偿系统330包含倾斜传感器332。倾斜传感器332可以在基板216上单一点处进行测量,并例如提供在圆形轨道上的信息。

[0065] 如果基板216并非水平(举例而言,相对水平位置并非水平或倾斜),从倾斜传感器332读取的数据将显示由于基板216的倾斜而导致的变异,所述变异可能导致任何沉积层厚度的错误。监控基板216的倾斜允许倾斜补偿系统330补偿随着沉积层厚度所发生的任何错误。倾斜补偿系统330可以包含用于调整旋转卡盘倾斜的机制以及最小化基板216摇晃的机制。作为进一步示例,倾斜补偿系统330也可以通过在监控与沉积系统200中其他位置引入补偿摇晃而进行任何摇晃的补偿。作为另一示例,倾斜传感器332可被倾斜补偿系统330使用,以测定旋转卡盘的倾斜角度在何时达到补偿不足的情况,并需要在旋转卡盘上进行服务。倾斜补偿系统330接着可以发送停止信号至沉积工艺,以执行服务。

[0066] 监控与沉积系统200也可以包含处理单元333。处理单元333可以与监控与沉积系统200中的任何或所有其他子系统结合进行操作。处理单元333可以接收不合规范的厚度改变或错误,并可以按照需要调整沉积参数以改正所侦测到的错误或厚度改变。举例而言,处理单元333也可以侦测致命错误,并可以发送信号给目前的基板需要从沉积腔室203移除缺陷材料层。

[0067] 现在参考图4,绘示了根据本发明第二实施方式的监控与沉积系统400的示例图。此示例图可以包含来自涂布或沉积工艺的材料层430。监控与沉积系统400可在原位进行操作。

[0068] 材料层430可以包含沉积在基板416上并位于卡盘432上方的膜或材料。举例而言,材料层430可以包含平坦化层、钼(Mo)、硅(Si)或其他用于创建EUVL掩膜的材料。第一(底部)层可以直接沉积在基板416的基板顶表面上。

[0069] 材料层430可以具有层顶表面与层厚度434。层顶表面为沉积在基板416上材料层430的最上方示例的顶表面。举例而言,层顶表面可为沉积在基板416上的第一层的顶表面。

[0070] 作为另一示例,如果基板416上多层堆叠的第十九层为最上方层,要了解的是,层顶表面也可以包含第十九材料层的顶表面。层厚度434为材料层430在垂直测量时的厚度。举例而言,在基板416上以硅制成的材料层430层的厚度434可为3至4纳米厚。

[0071] 举例而言,监控与沉积系统400可以包含相对于层顶表面与基板顶表面成45度角而定向的传感器阵列436或传感器组件。在此示例中,传感器阵列436可以包含位于沉积腔室左侧上的光源404,举例而言,沉积腔室例如为图1的第一物理气相沉积系统120、图1的第二物理气相沉积系统122或是图1的可流动化学气相沉积系统128,以及位于沉积腔室右侧上的光谱仪420或侦测器。示例图以点线绘示了以45度角度反射离开层顶表面,并在光谱仪420处被接收的辐射或光。在层顶表面上的“X”表示由传感器阵列436所分析的关注点(point of interest)。也可以移动述卡盘432、传感器阵列436或上述两者,以完全地分析

材料层430。

[0072] 已经发现,传感器阵列436可以操作为分光光度计或反射仪,并可以监控并控制多层堆叠中多层的光学性质的偏移。传感器阵列436可以通过某种技术(例如测定布拉格峰值的位置以作为光学性质整体测量)来监控许多材料层430的多层堆叠内的衍射干涉效应。已经发现到,必须小心应用反射仪测量以标记特定的工艺控制问题,因为并非所有完成的测量都是利用传感器阵列436在EUV波长下完成的。已经发现,EUV掩膜空白板的光学品质在所关注的EUV波长下被最佳测量。

[0073] 现在参考图5,绘示了根据本发明第三实施方式的监控与沉积系统500的示例图。示例图可以绘示沉积在基板516上的多层堆叠530。示例图可以包含基板516、多层堆叠530(举例而言,含有图4的许多材料层430)、多层堆叠530的层顶表面、硅层538、以及钼层540。要了解到,在多层堆叠530内可以有許多层的硅与钼,但为了描述的目的,仅标示其中两层。在多层堆叠530中的每一层都可为材料层430的一个示例。

[0074] 此示例图可以包含容置在单一组件(传感器阵列536)内的光源504与光谱仪510,而不是如图4中的方式分别安装。准直器512能够位于基板516和传感器阵列536之间。可以在传感器阵列536内定向光源504与光谱仪510,从而以偏离层顶表面45度角或任何尽可能获得最多信息的所需角度来反射并接收辐射。在此示例中,光源504瞄准穿过准直器512。

[0075] 现在参考图6,绘示了根据本发明的进一步实施方式的监控与沉积系统200、400或500的操作方法600的示例。操作方法600可以包含在区块图642中的提供基板的步骤。基板可位于图4的卡盘432上,例如旋转静电卡盘。

[0076] 在区块644中,举例而言,基板可由图4的传感器阵列436或组件进行扫描。扫描可以包含任何主动式、被动式或反射式系统,用以侦测厚度问题、缺陷或颗粒,例如在基板顶表面上的槽、沟、划痕、束、形变、磨屑、漂砾与坑洞。举例而言,传感器阵列436或组件可以包含图4的光源404,例如氙气灯源。如果侦测到任何缺陷,可以在区块646中清洁或置换基板。如果需要清洁或置换时,工艺可以回到开始处,以利用无缺陷的基板重新开始。

[0077] 在对无缺陷的基板进行扫描之后,材料层,例如图4的材料层430可以在区块648的沉积工艺中形成或涂覆在基板上方。材料层的沉积可以包含化学气相沉积(CVD)、脉冲激光溅镀(PLD)、原子层沉积(ALD)、可流动化学气相沉积(FCVD)法,以将材料层沉积在基板上方。在各种实施方式中,举例而言,材料层可以含有硅或钼。同样的,举例而言,硅与钼层可以在由许多材料层所构成的多层堆叠中交替。

[0078] 在沉积程序期间,可以在区块650监控多层堆叠。举例而言,在区块650期间的监控可以包含利用图2的光源204、图2的准直器212与图2的光谱仪210进行连续扫描或是在这些沉积层的每一层或全部完成之后进行扫描。举例而言,监控也可以利用传感器阵列436完成。多层堆叠的监控可以在完整的沉积工艺期间连续进行。多层堆叠的连续扫描或是一层接一层地扫描可以为每一材料层产生光谱签章(spectral signature)。已经发现,可以记录每一材料层的光谱签章以进行分析。

[0079] 作为示例,在完整沉积之前,可以通过来自一个或多个虚设测试膜的反馈来调谐薄膜沉积率,虚设测试膜在多层堆叠的完整堆叠层沉积之前被沉积。在沉积这些测试膜或测试层之后,举例而言,可以扫描这些层以测定沉积是否如期待般地进行。作为另一示例,基板可以在旋转静电卡盘上旋转,以提供在扫描期间对于基板的厚度结果的空间平均。来

自扫描的结果可以允许调整沉积工艺,以使膜沉积的均匀性最佳化。

[0080] 已经发现,在沉积期间对多层堆叠的连续扫描可以允许实时最佳化这些层的每一层的厚度。由于沉积中与沉积期间的自然变化,定期工艺最佳化非常有助于确保层厚度维持在可接受的参数内。举例而言,厚度最佳化可以在一层内执行(根据沉积期间厚度反馈的每一层沉积的结束点)、从层到层地执行(使用来自一层的结果来最佳化下一层沉积的工艺),或是从堆叠到堆叠地执行(使用来自一个堆叠的结果来最佳化下一堆叠沉积的工艺)。

[0081] 作为示例,可以在完成每一层之后扫描及监控多层堆叠。举例而言,可在完成硅层、钼层或成对的钼/硅层之后,扫描多层堆叠的顶表面。在其他材料层沉积之后,可以根据在基板上沉积的层数目扫描层顶表面。

[0082] 在沉积时对材料层的监控期间,可在区块652中侦测错误。错误被定义为材料层中的缺陷,例如层厚度不合规范(举例而言,太薄或太厚)。举例而言,错误可以是厚度均匀、表面粗糙度、介面粗糙度、成分,或是在个别层沉积工艺期间发现的任何颗粒是不合规范的结果。

[0083] 在区块654中,可以根据材料层的错误产生警告。警告可以包含具有在扫描时产生错误的材料层的光谱签章信息的报告。

[0084] 可以在区块656中摒弃缺陷基板(在多层堆叠内的任一层中包含缺陷)或掩膜空白板样本。已经发现,由监控系统所提供的一层接一层的监控,通过降低在缺陷样本上所浪费的时间与材料量,来提高无缺陷EUVL掩膜的产量。举例而言,在基板或掩膜空白板样本上的缺陷沉积材料层可以在个别层的沉积错误的时候就被摒弃,而不是在完成完整掩膜后。此举利用更少的材料浪费与更少的时间浪费而提供成本的节省。

[0085] 在区块658中,如果监控程序在沉积期间并未侦测到任何缺陷或错误,则沉积工艺可以结束。在区块660中,进行了完整沉积工艺之后的样本可被传送至另一腔室之中,以进行进一步的沉积或加工步骤。在区块662中,EUVL掩膜样本也可以被传送至图1的检查腔室111之中,以进行后完成扫描。

[0086] 所得到的方法、工艺、设备、器件、产品及/或系统是直接、高性价比、简单、高度通用的、精确、灵敏、有效,并可以通过调整已知的元件用于已完备、有效及商业制造、应用及利用来实现。

[0087] 本发明的另一重要构思为其能够有价值地支援并服务降低成本、简化系统及提高性能的历史趋势。

[0088] 本发明这些与其他有价值的构思因此将技术现况进一步提高到至少下一个阶段。

[0089] 虽然本发明已经结合特定实施方式加以叙述,要了解到,基于前面的叙述,对于熟悉本领域的一般技术人员而言,许多替代、修改与变化都是显而易见的。据此,本发明旨在包含落于所附权利要求中的所有这些替代、修改与变化。到此为止所阐明及在这些所附附图中绘示的所有事项都以示例的方式而被诠释,而不具有限制的意义。

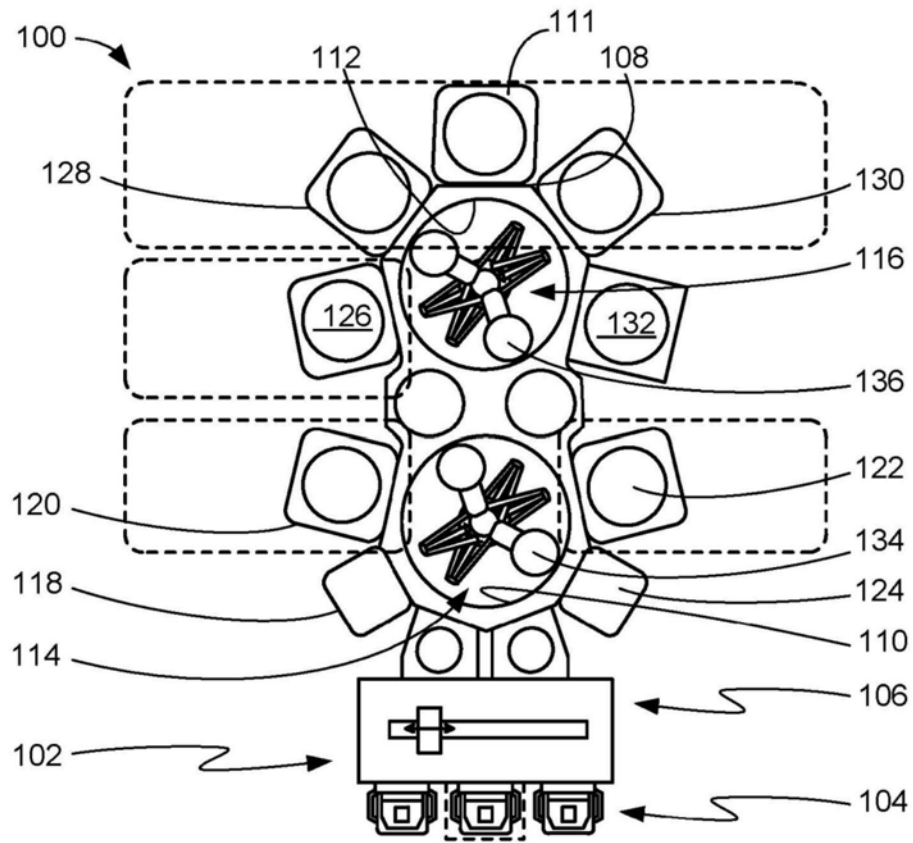


图1

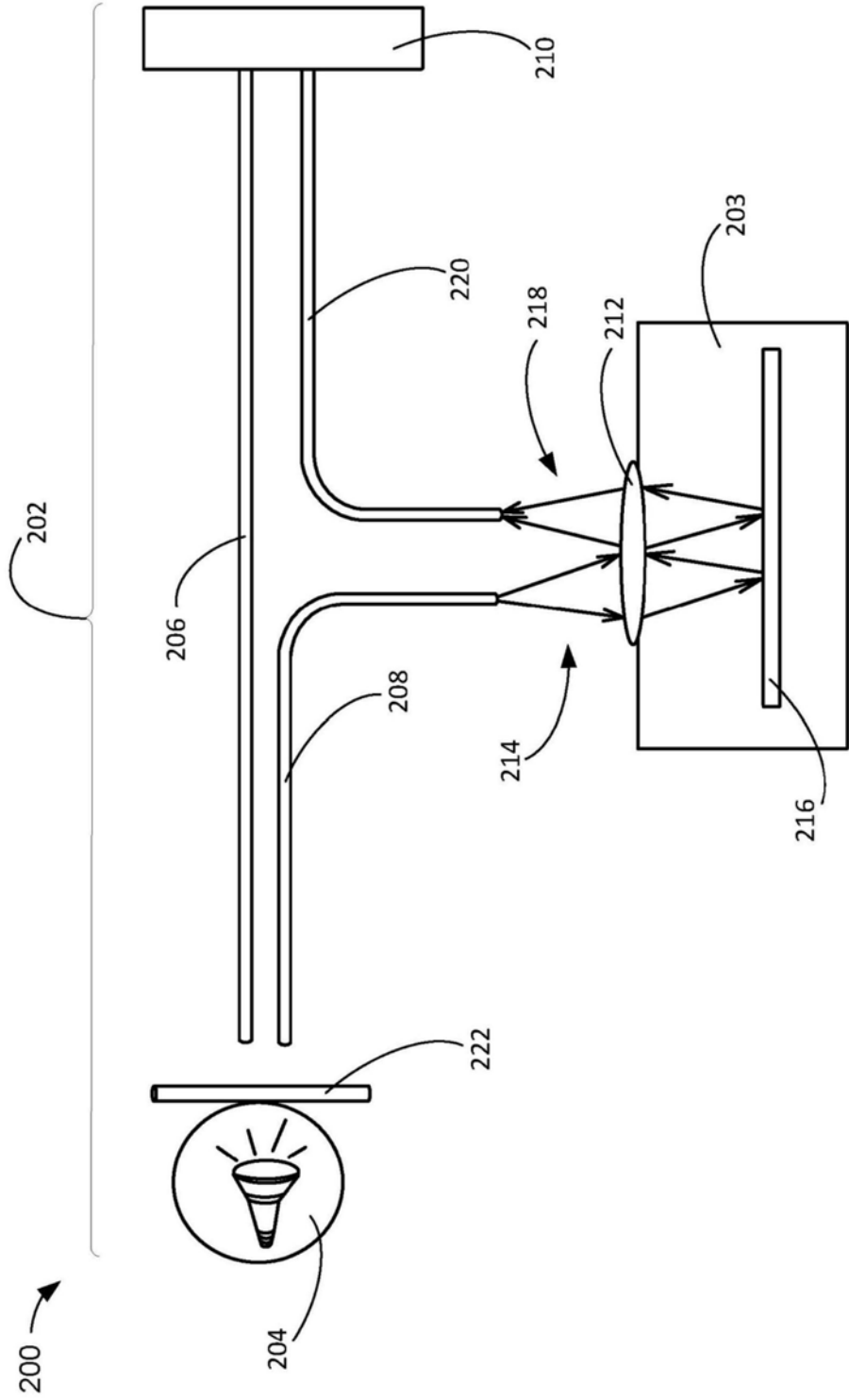


图2

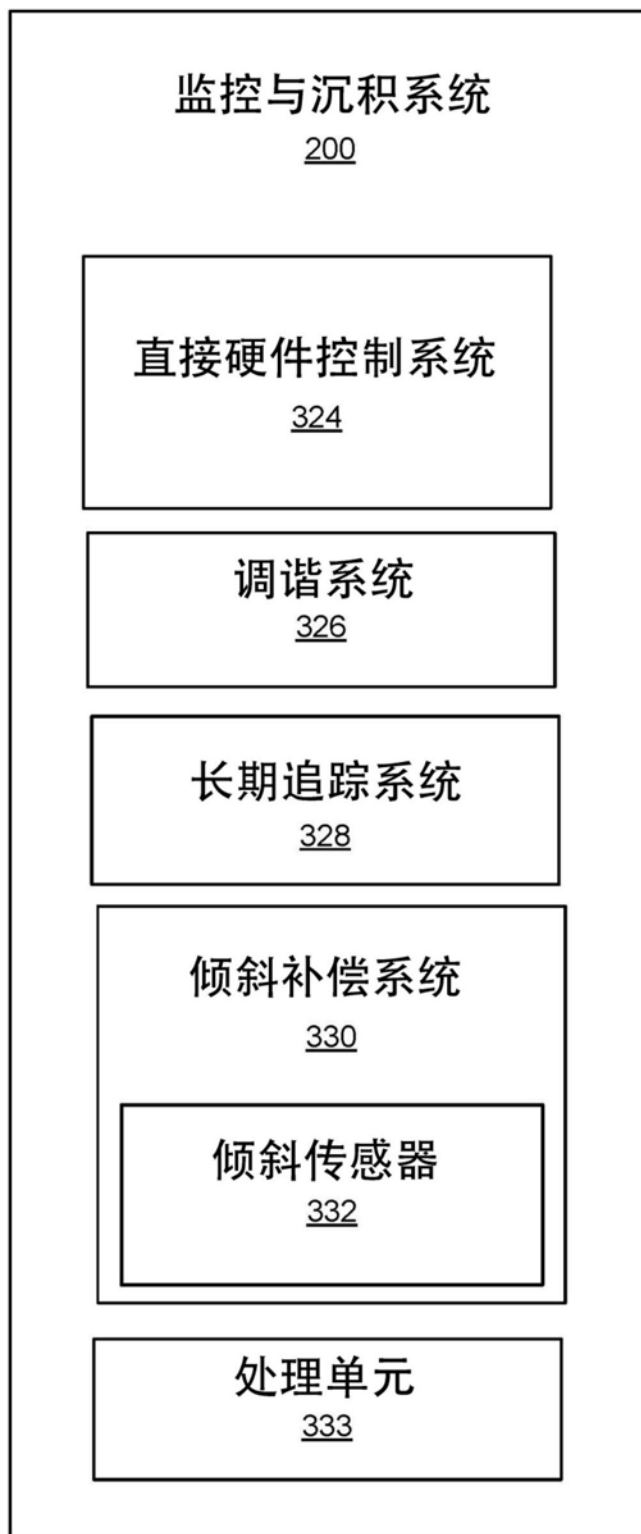


图3

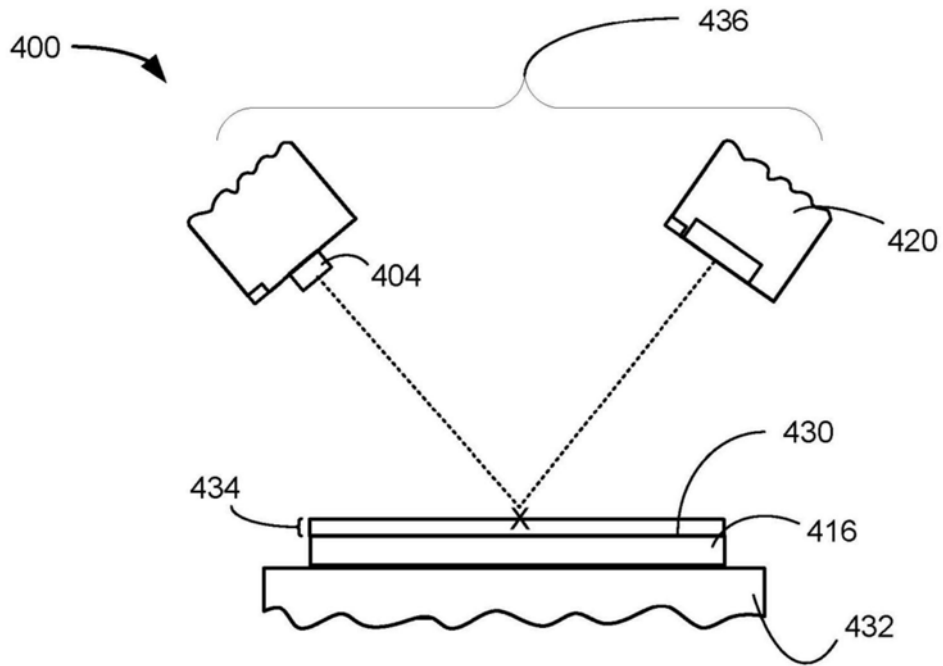


图4

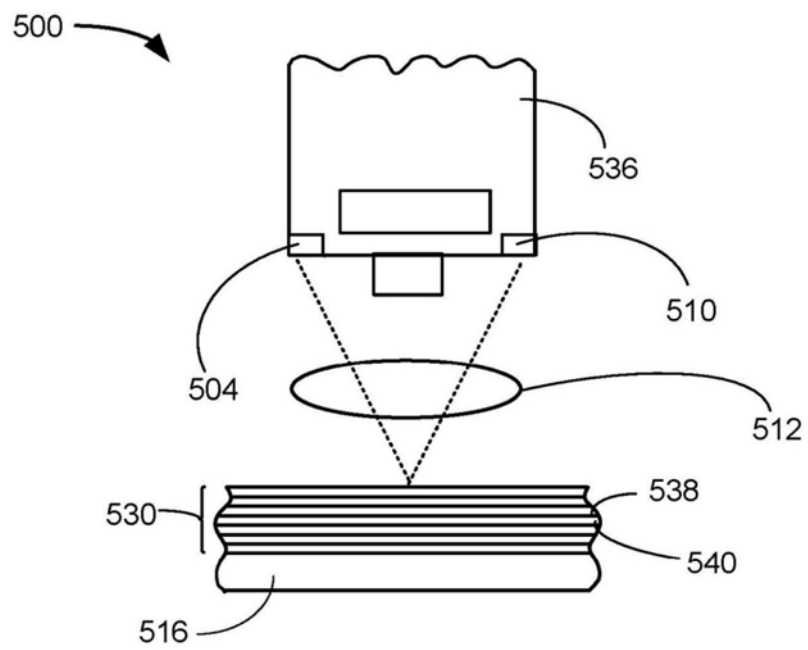


图5

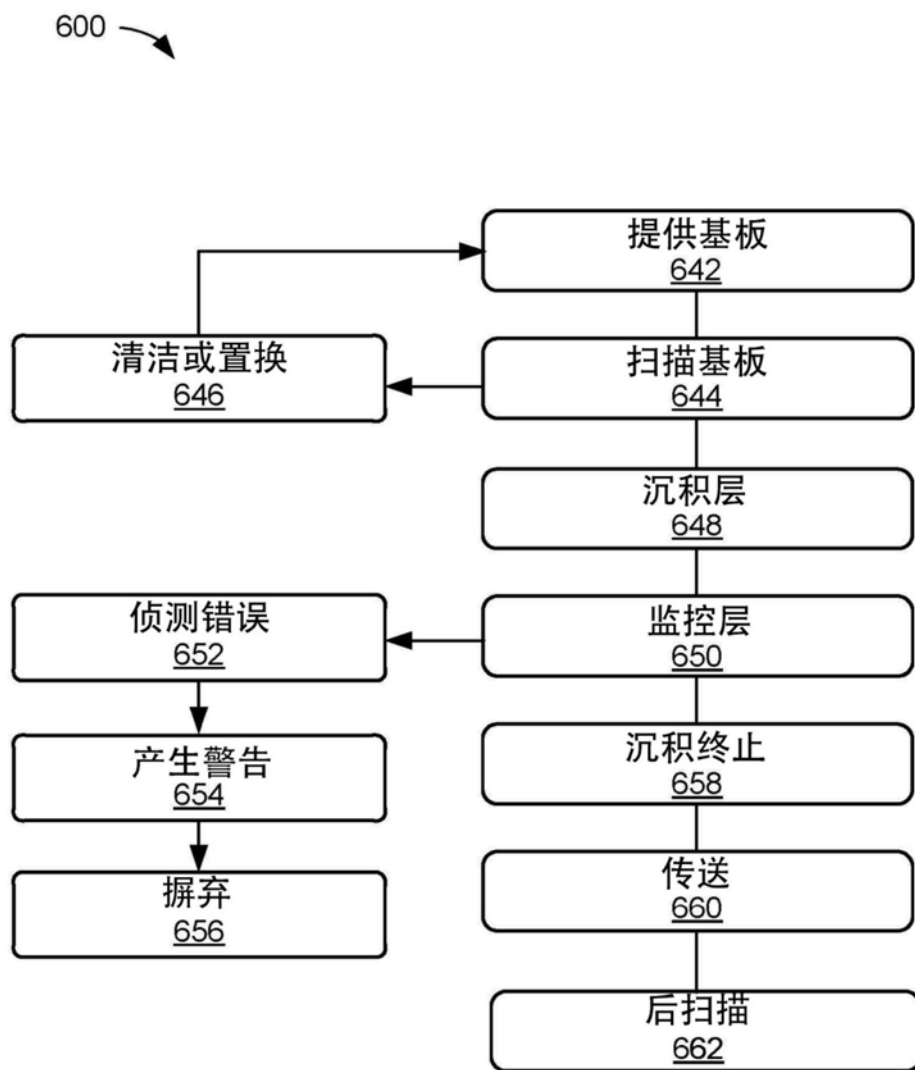


图6