



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 117928400 B

(45) 授权公告日 2024.06.04

(21) 申请号 202410340552.0

CN 109540007 A, 2019.03.29

(22) 申请日 2024.03.25

CN 111406198 A, 2020.07.10

(65) 同一申请的已公布的文献号

CN 114216858 A, 2022.03.22

申请公布号 CN 117928400 A

CN 1774611 A, 2006.05.17

(43) 申请公布日 2024.04.26

JP 2009198361 A, 2009.09.03

(73) 专利权人 北京特思迪半导体设备有限公司

TW 200406578 A, 2004.05.01

地址 101300 北京市顺义区杜杨北街3号院
6号楼(顺创)

TW 550370 B, 2003.09.01

US 2012218561 A1, 2012.08.30

US 2022196388 A1, 2022.06.23

(72) 发明人 孙昕宇 孟炜涛 周惠言 孙占帅
蒋继乐

US 5493401 A, 1996.02.20

WO 2011045967 A1, 2011.04.21

审查员 黄振斐

(51) Int. Cl.

G01B 11/06 (2006.01)

H01L 21/66 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 108700738 A, 2018.10.23

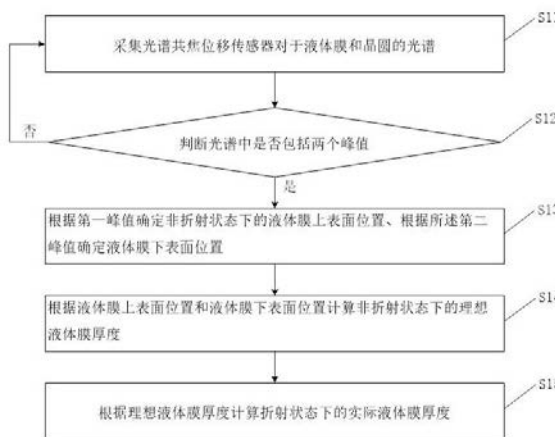
权利要求书2页 说明书12页 附图4页

(54) 发明名称

液体膜厚度测量、减薄厚度确定和控制方法及设备

(57) 摘要

本发明提供一种液体膜厚度测量、减薄厚度确定和控制方法及设备,所述方法包括采集光谱共焦位移传感器对于液体膜和晶圆的光谱;根据所述光谱中的峰值数量和峰值位置在时间维度上的变化判断所述光谱中是否包括对应于液体膜上表面位置的第一峰值和对应于液体膜下表面位置的第二峰值;当所述光谱中包括对应于液体膜上表面位置的第一峰值和对应于液体膜下表面位置的第二峰值时,根据所述第一峰值确定非折射状态下的液体膜上表面位置、根据所述第二峰值确定液体膜下表面位置;根据所述液体膜上表面位置和所述液体膜下表面位置计算非折射状态下的理想液体膜厚度;根据所述理想液体膜厚度计算折射状态下的实际液体膜厚度。



1. 一种液体膜厚度测量方法,其特征在于,包括:

在晶圆加工过程中,晶圆处于液体环境状态下,采集光谱共焦位移传感器对于液体膜和晶圆的的光谱,此状态下存在三个表面,从上至下依次为液体膜上表面、液体膜下表面、晶圆下表面,光谱共焦位移传感器对该液体膜和晶圆结构发射光,并采集其反射的光,从而得到所述光谱;

根据所述光谱中的峰值数量和峰值位置在时间维度上的变化判断所述光谱中是否包括对应于液体膜上表面位置的第一峰值和对应于液体膜下表面位置的第二峰值;

当所述光谱中包括对应于液体膜上表面位置的第一峰值和对应于液体膜下表面位置的第二峰值时,根据所述第一峰值确定非折射状态下的液体膜上表面位置、根据所述第二峰值确定液体膜下表面位置;

根据所述液体膜上表面位置和所述液体膜下表面位置计算非折射状态下的理想液体膜厚度;

根据所述理想液体膜厚度计算折射状态下的实际液体膜厚度。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,根据所述光谱中的峰值数量和峰值位置在时间维度上的变化判断所述光谱中是否包括对应于液体膜上表面位置的第一峰值和对应于液体膜下表面位置的第二峰值,包括:

针对一个采集时刻下的所述光谱检测其中是否包含三个峰值;

若所述光谱包含三个峰值,则根据各峰值的位置确定所述第一峰值和所述第二峰值。

3. 根据权利要求2所述的方法,其特征在于,若所述光谱不包含三个峰值,检测所述光谱是否包含两个峰值;

若所述光谱包含两个峰值,则结合其它采集时刻下的所述光谱确定所述两个峰值的相对位置变化量;

判断所述相对位置变化量是否超出变化阈值;

若两个峰值的相对位置变化量超出所述变化阈值,则根据所述两个峰值的位置确定所述第一峰值和所述第二峰值。

4. 根据权利要求2所述的方法,其特征在于,若所述光谱包含三个峰值,还包括:

根据所述三个峰值确定计算折射状态下的晶圆的厚度。

5. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,根据所述理想液体膜厚度计算折射状态下的实际液体膜厚度,包括:

根据所述光谱确定非折射状态下的液体膜下表面聚焦光的第一出射角;

根据所述液体膜下表面聚焦光的第一出射角计算折射状态下的液体膜下表面聚焦光的第二出射角;

根据所述理想液体膜厚度、液体膜下表面聚焦光的第一出射角、液体膜下表面聚焦光的第二出射角计算折射状态下的实际液体膜厚度。

6. 根据权利要求5所述的方法,其特征在于,根据所述理想液体膜厚度、液体膜下表面聚焦光的第一出射角、液体膜下表面聚焦光的第二出射角计算折射状态下的实际液体膜厚度,包括:

根据所述理想液体膜厚度和所述液体膜下表面聚焦光的第一出射角计算液体膜上表面聚焦光与液体膜下表面聚焦光在液体膜上表面的距离;

根据所述距离和所述液体膜下表面聚焦光的第二出射角计算折射状态下的实际液体膜厚度。

7. 根据权利要求1-6中任一项所述的方法,其特征在於,所述光谱包括用于表达峰值位置的波长或像素,以及用于表达峰值大小的光强度。

8. 一种减薄厚度确定方法,其特征在於,包括:

利用权利要求1-7中任一所述的方法确定所述液体膜上表面位置和所述实际液体膜厚度,基于液体膜上表面位置和实际液体膜厚度得到晶圆表面位置;

根据晶圆表面位置随时间的变化确定减薄厚度。

9. 根据权利要求8所述的方法,其特征在於,所述方法按照预定时间间隔计算所述晶圆表面位置,当能够计算出所述实际液体膜厚度时,对应的晶圆表面位置为有效位置,当不能计算出所述实际液体膜厚度时,对应的晶圆表面位置为无效位置;

基于液体膜上表面位置和实际液体膜厚度得到晶圆表面位置,包括:

在每个位置输出周期中,确定有效位置的数量;

根据所述有效位置及其数量计算晶圆表面平均位置作为相应位置输出周期的结果。

10. 根据权利要求9所述的方法,其特征在於,根据晶圆表面位置随时间的变化得到减薄厚度,包括:

根据相邻的两个位置输出周期的结果确定相应的减薄厚度。

11. 一种减薄厚度控制方法,其特征在於,包括:

利用权利要求8的方法确定减薄厚度;

判断所述减薄厚度是否达到加工阈值;

若所述减薄厚度未达到加工阈值,则继续对晶圆进行加工;

若所述减薄厚度达到加工阈值,则停止对晶圆加工。

12. 根据权利要求11所述的方法,其特征在於,停止对晶圆加工后还包括:

确定停止加工后的晶圆表面位置;

根据停止加工后的晶圆表面位置和待加工晶圆的初始表面位置计算实际减薄厚度;

根据设定减薄厚度和所述实际减薄厚度计算减薄厚度差值;

根据所述减薄厚度差值和下一加工阶段的设定减薄厚度确定加工阈值。

13. 根据权利要求11所述的方法,其特征在於,根据设定减薄厚度确定采集光谱的采集频率。

14. 一种液体膜厚度测量设备,其特征在於,包括:处理器以及与所述处理器连接的存储器;其中,所述存储器存储有可被所述处理器执行的指令,所述指令被所述处理器执行,以使所述处理器执行如权利要求1-7中任意一项所述的方法。

15. 一种减薄厚度确定设备,其特征在於,包括:处理器以及与所述处理器连接的存储器;其中,所述存储器存储有可被所述处理器执行的指令,所述指令被所述处理器执行,以使所述处理器执行如权利要求8-10中任一项所述的方法。

16. 一种减薄厚度控制设备,其特征在於,包括:处理器以及与所述处理器连接的存储器;其中,所述存储器存储有可被所述处理器执行的指令,所述指令被所述处理器执行,以使所述处理器执行如权利要求11-13中任意一项所述的方法。

液体膜厚度测量、减薄厚度确定和控制方法及设备

技术领域

[0001] 本发明涉及晶圆加工领域,具体涉及一种液体膜厚度测量、减薄厚度确定和控制方法及设备。

背景技术

[0002] 晶圆背磨(或称晶圆减薄)是半导体制造工艺的关键步骤之一,目的在于减薄晶圆厚度,去除残余材料,以提高热传导性能,改善散热;降低封装成本,提高加工精度,有利于满足微缩化需求,这对于生产紧凑型电子设备中制造多层和高密度封装的超薄晶圆至关重要。

[0003] 在晶圆减薄的过程中,实时的厚度测量能提供反馈机制,便于加工过程中参数的变更,以更好地实现减薄厚度等目标,如果没有精确地在线测量就没法实现减薄工艺的过程控制,影响最终的加工精度。目前主流的技术是接触式减薄测量方案如马波斯IPG方案,该接触式测量方案在加工过程中会对晶圆衬底时刻产生一圈探测圈划痕,影响整体的表面质量。而非接触方案常使用基于光学原理的厚度位移监测方案,如使用光谱共焦位移光谱共焦位移传感器、NCG红外干涉光谱共焦位移传感器、激光干涉仪等设备进行检测。与其他测量方法相比,使用光谱共焦检测法时,由于设备不需要与被测件接触,使得对被测件表面的损伤降到最低,而且探头整体尺寸较小,便于模块化集成,成本较低,还对倾斜角度不敏感,适用于加工过程中的倾斜、抖动、表面粗糙度不均匀等复杂状况。同时此方法既可以实现加工过程中的减薄厚度测量,也可以保证加工完成后的最终厚度检测,综合应用性较强。

[0004] 由于实际减薄工况中,在线测量的环境比较恶劣,减薄过程中需要用液体(比如水)冲洗砂轮和晶圆表面,进行散热和去除表面碎屑残,光谱共焦位移光谱共焦位移传感器在此状况下存在测量偏差,影响测量的准确性。

[0005] 对于晶圆减薄动态测量,需要至少亚微米级别的分辨率和测量精度,光谱共焦位移传感器的精度一般为量程的千分之0.1,较大的量程会造成分辨率、测量精度等达不到使用需求,故选择的量程一般为1mm-1.5mm。在此量程范围内,如果在实际减薄加工过程中,晶圆表面液体膜厚度较大的状态下,液体膜上表面对应谱峰超出测量量程,会导致静态测量多层膜厚等现有的测量方法不可用。

发明内容

[0006] 本发明第一方面提供了一种液体膜厚度测量方法,包括:

[0007] 在晶圆加工过程中,晶圆处于液体环境状态下,采集光谱共焦位移传感器对于液体膜和晶圆的光谱;

[0008] 根据所述光谱中的峰值数量和峰值位置在时间维度上的变化判断所述光谱中是否包括对应于液体膜上表面位置的第一峰值和对应于液体膜下表面位置的第二峰值;

[0009] 当所述光谱中包括对应于液体膜上表面位置的第一峰值和对应于液体膜下表面位置的第二峰值时,根据所述第一峰值确定非折射状态下的液体膜上表面位置、根据所述

第二峰值确定液体膜下表面位置；

[0010] 根据所述液体膜上表面位置和所述液体膜下表面位置计算非折射状态下的理想液体膜厚度；

[0011] 根据所述理想液体膜厚度计算折射状态下的实际液体膜厚度。

[0012] 可选地,根据所述光谱中的峰值数量和峰值位置在时间维度上的变化判断所述光谱中是否包括对应于液体膜上表面位置的第一峰值和对应于液体膜下表面位置的第二峰值,包括:

[0013] 针对一个采集时刻下的所述光谱检测其中是否包含三个峰值;

[0014] 若所述光谱包含三个峰值,则根据各峰值的位置确定所述第一峰值和所述第二峰值。

[0015] 可选地,若所述光谱不包含三个峰值,检测所述光谱是否包含两个峰值;

[0016] 若所述光谱包含两个峰值,则结合其它采集时刻下的所述光谱确定所述两个峰值的相对位置变化量;

[0017] 判断所述相对位置变化量是否超出变化阈值;

[0018] 若两个峰值的相对位置变化量超出所述变化阈值,则根据所述两个峰值的位置确定所述第一峰值和所述第二峰值。

[0019] 可选地,若所述光谱包含三个峰值,还包括:

[0020] 根据所述三个峰值确定计算折射状态下的晶圆的厚度。

[0021] 可选地,根据所述理想液体膜厚度计算折射状态下的实际液体膜厚度,包括:

[0022] 根据所述光谱确定非折射状态下的液体膜下表面聚焦光的第一出射角;

[0023] 根据所述液体膜下表面聚焦光的第一出射角计算折射状态下的液体膜下表面聚焦光的第二出射角;

[0024] 根据所述理想液体膜厚度、液体膜下表面聚焦光的第一出射角、液体膜下表面聚焦光的第二出射角计算折射状态下的实际液体膜厚度。

[0025] 可选地,根据所述理想液体膜厚度、液体膜下表面聚焦光的第一出射角、液体膜下表面聚焦光的第二出射角计算折射状态下的实际液体膜厚度,包括:

[0026] 根据所述理想液体膜厚度和所述液体膜下表面聚焦光的第一出射角计算液体膜上表面聚焦光与液体膜下表面聚焦光在液体膜上表面的距离;

[0027] 根据所述距离和所述液体膜下表面聚焦光的第二出射角计算折射状态下的实际液体膜厚度。

[0028] 可选地,所述光谱包括用于表达峰值位置的波长或像素,以及用于表达峰值大小的光强度。

[0029] 本发明第二方面提供了一种减薄厚度确定方法,包括:

[0030] 利用上述液体膜厚度测量方法确定所述液体膜上表面位置和所述实际液体膜厚度,基于液体膜上表面位置和实际液体膜厚度得到晶圆表面位置;

[0031] 根据晶圆表面位置随时间的变化确定减薄厚度。

[0032] 可选地,所述方法按照预定时间间隔计算所述晶圆表面位置,当能够计算出所述实际液体膜厚度时,对应的晶圆表面位置为有效位置,当不能计算出所述实际液体膜厚度时,对应的晶圆表面位置为无效位置;

- [0033] 基于液体膜上表面位置 and 实际液体膜厚度得到晶圆表面位置,包括:
- [0034] 在每个位置输出周期中,确定有效位置的数量;
- [0035] 根据所述有效位置及其数量计算晶圆表面平均位置作为相应位置输出周期的结果。
- [0036] 可选地,根据晶圆表面位置随时间的变化得到减薄厚度,包括:
- [0037] 根据相邻的两个位置输出周期的结果确定相应的减薄厚度。
- [0038] 本发明第三方面提供了一种减薄厚度控制方法,包括:
- [0039] 利用减薄厚度确定方法确定减薄厚度;
- [0040] 判断所述减薄厚度是否达到加工阈值;
- [0041] 若所述减薄厚度未达到加工阈值,则继续对晶圆进行加工;
- [0042] 若所述减薄厚度达到加工阈值,则停止对晶圆加工。
- [0043] 可选地,停止对晶圆加工后还包括:
- [0044] 确定停止加工后的晶圆表面位置;
- [0045] 根据停止加工后的晶圆表面位置和待加工晶圆的初始表面位置计算实际减薄厚度;
- [0046] 根据设定减薄厚度和所述实际减薄厚度计算减薄厚度差值;
- [0047] 根据所述减薄厚度差值和下一加工阶段的设定减薄厚度确定加工阈值。
- [0048] 可选地,根据设定减薄厚度确定采集光谱的采集频率。
- [0049] 本发明第四方面提供了一种液体膜厚度测量设备,该设备包括:处理器以及与所述处理器连接的存储器;其中,所述存储器存储有可被所述处理器执行的指令,所述指令被所述处理器执行,以使所述处理器执行上述的液体膜厚度测量方法。
- [0050] 本发明第五方面提供了一种减薄厚度确定设备,该设备包括:处理器以及与所述处理器连接的存储器;其中,所述存储器存储有可被所述处理器执行的指令,所述指令被所述处理器执行,以使所述处理器执行上述的减薄厚度确定方法。
- [0051] 本发明第六方面提供了一种减薄厚度控制设备,该设备包括:处理器以及与所述处理器连接的存储器;其中,所述存储器存储有可被所述处理器执行的指令,所述指令被所述处理器执行,以使所述处理器执行上述的减薄厚度控制方法。
- [0052] 本发明提供的液体膜厚度测量方法及设备对多层膜结构的光谱进行识别,根据光谱中的峰值确定对应于液体膜上表面和液体膜下表面的信息,从而得到液体膜的厚度,并进一步根据折射原理进行计算计算得出实际的液体膜厚度,实现了精确测量液体膜厚度,提高了测量结果的准确性。
- [0053] 根据本发明提供的减薄厚度确定方法及设备,基于液体膜上表面位置和液体膜厚度确定晶圆表面位置,进而通过晶圆表面位置随时间的变化计算减薄厚度,可以实现在液体环境下的晶圆减薄厚度测量,避免了液体膜对测量结果的影响,提高晶圆减薄厚度测量的准确性。

附图说明

- [0054] 为了更清楚地说明本发明具体实施方式或现有技术中的技术方案,下面将对具体实施方式或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的

附图是本发明的一些实施方式,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

- [0055] 图1为本发明实施例中的多层膜结构示意图;
- [0056] 图2为本发明实施例中的液体膜厚度测量方法的流程图;
- [0057] 图3为本发明实施例中的光谱示意图;
- [0058] 图4为本发明实施例中确定液体膜表面位置方法的流程图;
- [0059] 图5为本发明实施例中计算晶圆厚度的场景示意图;
- [0060] 图6为本发明实施例中的减薄厚度确定方法的流程图;
- [0061] 图7为本发明实施例中的减薄厚度控制方法的流程图。

具体实施方式

[0062] 下面将结合附图对本发明的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例是本发明一部分实施例,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,都属于本发明保护的范围。

[0063] 此外,下面所描述的本发明不同实施方式中所涉及的技术特征只要彼此之间未构成冲突就可以相互结合。

[0064] 图1示出了利用光谱共焦位移传感器对表面有液体膜的晶圆采集光谱的场景,其中最下层为晶圆,在晶圆之上的一层为液体膜,该液体可以是适用于晶圆减薄工艺的任意减薄液,可以为透明或半透明的液体(比如水)。

[0065] 如图2所示,本发明实施例提供一种液体膜厚度测量方法,该方法由计算机或服务器等电子设备执行,包括如下操作:

[0066] S11,在晶圆加工过程中,晶圆处于液体环境状态下,采集光谱共焦位移传感器对于液体膜和晶圆的光谱。结合图1所示,此状态下存在三个表面,从上至下依次为液体膜上表面、液体膜下表面(等同于晶圆上表面)、晶圆下表面。光谱共焦位移传感器对该多层膜结构发射光,并采集其反射的光,从而得到光谱。

[0067] 该光谱具体可以是多层膜结构反射光的强度与波长的光谱,也可以是多层膜结构反射光的强度与像素位置的光谱。

[0068] S12,判断光谱中是否包括两个峰值,具体是根据光谱中的峰值数量和峰值位置在时间维度上的变化判断光谱中是否包括对应于液体膜上表面位置的第一峰值和对应于液体膜下表面位置的第二峰值。本申请中,上表面位置是光谱共焦位移传感器到液体膜上表面的垂直距离,下表面位置是光谱共焦位移传感器到液体膜下表面的垂直距离。

[0069] 图3示出了一个采集时刻下的光谱的可视化结果,该光谱图的纵坐标为多层膜结构反射光的强度,横坐标为波长,该光谱中有两个强度峰值,根据强度峰值对应的波长即可计算出相应的表面位置。

[0070] 面对图1所示的场景,一个采集时刻下的光谱可能包括1~3个光强度峰值,如果包括3个峰值则表示液体膜上表面、液体膜下表面、晶圆下表面的位置均在光谱共焦位移传感器的量程内,由此可以直接计算出相应的三个表面位置;如果包括两个峰值则可能对应两种情况,一种情况是液体膜上表面的位置超出了量程,两个峰值对应的是液体膜下表面和晶圆下表面,另一种情况是液体膜上表面的位置未超出量程,两个峰值对应的是液体膜上

表面和液体膜下表面,而未检测到晶圆下表面;如果仅存在一个峰值,则表示无法稳定输出测量结果,需要校准光谱共焦位移传感器以确保在合适的量程内测量。

[0071] 进一步地,针对仅存在两个峰值的光谱,需要根据峰值位置的变化来区分上述两种情况。具体地,光谱共焦位移传感器是在晶圆加工过程中连续地采集光谱,由于在晶圆被打磨、减薄的过程中持续用液体冲洗,液体膜的厚度会实时明显变化,在光谱中体现为两峰的位置呈现动态偏移,且在相近的时刻下两峰的相对位置明显不同;相比而言晶圆的厚度变化速度较慢较小且变化量较小,在在光谱中体现为相近的时刻下两峰的相对位置无明显变化,且会在两峰的左侧不稳定地出现另一峰。因此根据不同的时刻采集的光谱中的峰值的位置(横坐标-波长或者像素)变化情况,即可区分两个峰值所对应的表面。

[0072] 当光谱中包括对应于液体膜上表面位置的第一峰值和对应于液体膜下表面位置的第二峰值时,执行步骤S13,否则表示光谱中可能存在另外两个峰值,或者仅存在一个峰值或者无峰值,此光谱无法计算出结果,可以提示用户需要校准光谱共焦位移传感器以确保在合适的量程内,或返回步骤S11针对下一时刻采集的光谱重新进行判断。

[0073] S13,根据第一峰值确定非折射状态下的液体膜上表面位置、根据所述第二峰值确定液体膜下表面位置。具体地,利用预先标定的函数根据强度峰值对应的波长即可计算出相应的表面位置。

[0074] S14,根据液体膜上表面位置和液体膜下表面位置计算非折射状态下的理想液体膜厚度。将得到的如液体膜上下表面到光发射点的垂直距离进行相减,即可得到非折射状态下的理想液体膜厚度。

[0075] S15,根据理想液体膜厚度计算折射状态下的实际液体膜厚度。

[0076] 如图4所示,在一个实施例中步骤S12具体包括:

[0077] S121,针对一个采集时刻下的光谱,检测光谱中是否包含三个峰值,若包含三个峰值则执行步骤S122,否则执行步骤S123。

[0078] S122,根据各峰值的位置确定第一峰值和第二峰值。以波长与光强度的光谱为例,其中的三个峰值按波长从小到大分别对应液体膜上表面聚焦位置、液体膜下表面聚焦位置(等同于晶圆上表面聚焦位置)和晶圆下表面聚焦位置,因此根据峰值的波长的大小关系可以从三个峰值中区分出波长最小的第一峰和波长较大的第二峰,排除波长最大的第三峰。

[0079] S123,检测光谱中是否包含两个峰值,可能对应的是液体膜下表面和晶圆下表面,或者液体膜上表面和液体膜下表面。若包含两个峰值则执行步骤S124,否则表示当前时刻的光谱中仅存在一个峰值或者无峰值,当前时刻无输出结果,可以提示用户需要校准光谱共焦位移传感器以确保在合适的量程内。

[0080] S124,结合其它采集时刻下的光谱确定两个峰值的相对位置变化量。两个峰的相对位置是指在表征检测结果的维度上的相对位置,对于图3所示的光谱图是指两个峰的横坐标的差。可以针对当前采集时刻下的光谱计算其中两个峰之间的波长差,将其与之前的某个或多个采集时刻的两个峰之间的波长差进行比较。或者可以理解为,在晶圆加工过程中实时追踪光谱中的两个峰的相对位置并计算其变化量。

[0081] S125,判断相对位置变化量是否超出变化阈值,若相对位置变化量超出变化阈值,则执行步骤S126,否则表示光谱中持续不存在液体膜上表面对应的峰值,无输出结果,可以提示用户需要调整流速或转速,使得液体膜稳定在光谱共焦位移传感器的量程内。

[0082] S126,根据两个峰值的位置确定第一峰值和第二峰值。具体地,如果两个峰的相对位置变化量较大,则表示该两峰对应的表面位置的差距出现较大变化,因此将其判定为对应于液体膜上表面和液体膜下表面,根据该两峰对应的波长即可区分两个峰。

[0083] 本发明实施例对实时采集的光谱进行分析,针对光谱中可能存在多种峰值情况逐步判断,确保输出结果的可靠性。

[0084] 在可选的实施例中,在步骤S121若检测到光谱包含三个峰值,还可以执行:

[0085] S127,根据三个峰值确定计算折射状态下的晶圆的厚度。当光谱中同时存在对应于液体膜上表面的峰值、液体下表面(晶圆上表面)的峰值、晶圆下表面的峰值时,可以直接计算出晶圆厚度。

[0086] 具体地,如图5所示,其中AC表示液体膜厚度、CF表示晶圆厚度, λ_1 为液体膜上表面聚焦波长,即光谱中的第一峰值的波长, λ_2 为液体膜下表面/晶圆上表面聚焦波长,即光谱中的第二峰值的波长, λ_3 晶圆下表面聚焦波长,即光谱中的第三峰值的波长;

$$[0087] \quad AC = H = \frac{h_0 \tan \theta_1(\lambda_2)}{\tan \theta_2(\lambda_2)},$$

$$[0088] \quad AD = h_0 + h_1 = f(\lambda_3) - f(\lambda_1),$$

$$[0089] \quad AA'' = AD * \tan \theta_1(\lambda_3) = AE * \tan \theta_2(\lambda_3),$$

$$[0090] \quad AE = [f(\lambda_3) - f(\lambda_1)] \frac{\tan \theta_1(\lambda_3)}{\tan \theta_2(\lambda_3)},$$

$$[0091] \quad CE = AE - AC = [f(\lambda_3) - f(\lambda_1)] \frac{\tan \theta_1(\lambda_3)}{\tan \theta_2(\lambda_3)} - \frac{h_0 \tan \theta_1(\lambda_2)}{\tan \theta_2(\lambda_2)},$$

[0092] 则

$$[0093] \quad CF = \frac{\tan \theta_2(\lambda_3)}{\tan \theta_3(\lambda_3)} \left[(f(\lambda_3) - f(\lambda_1)) \frac{\tan \theta_1(\lambda_3)}{\tan \theta_2(\lambda_3)} - \frac{h_0 \tan \theta_1(\lambda_2)}{\tan \theta_2(\lambda_2)} \right]$$

$$= [f(\lambda_3) - f(\lambda_1)] \frac{\tan \theta_1(\lambda_3)}{\tan \theta_3(\lambda_3)} - [f(\lambda_2) - f(\lambda_1)] \frac{\tan \theta_1(\lambda_2) \tan \theta_2(\lambda_3)}{\tan \theta_2(\lambda_2) \tan \theta_3(\lambda_3)},$$

[0094] 又

$$[0095] \quad n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 = n_3 \sin \theta_3,$$

$$[0096] \quad \theta_2 = \arcsin\left(\frac{n_1}{n_2} \sin \theta_1\right),$$

$$[0097] \quad \theta_3 = \arcsin\left(\frac{n_1}{n_3} \sin \theta_1\right),$$

[0098] 由此可以得到如下计算晶圆厚度的方式:

$$CF = [f(\lambda_3) - f(\lambda_1)] \frac{\tan\theta_1(\lambda_3)}{\tan[\arcsin(\frac{n_1(\lambda_3)}{n_3(\lambda_3)} \sin\theta_1(\lambda_3))]} - [f(\lambda_2) - f(\lambda_1)] \frac{\tan\theta_1(\lambda_2)}{\tan[\arcsin(\frac{n_1(\lambda_2)}{n_2(\lambda_2)} \sin\theta_1(\lambda_2))]} \frac{\tan[\arcsin(\frac{n_1(\lambda_3)}{n_2(\lambda_3)} \sin\theta_1(\lambda_3))]}{\tan[\arcsin(\frac{n_1(\lambda_3)}{n_3(\lambda_3)} \sin\theta_1(\lambda_3))]},$$

[0100] 当入射角度较小时,可以近似为

$$CF = [f(\lambda_3) - f(\lambda_1)] \frac{\theta_1(\lambda_3)}{\frac{n_1}{n_3} \theta_1(\lambda_3)} - [f(\lambda_2) - f(\lambda_1)] \frac{\theta_1(\lambda_2)}{\frac{n_1}{n_2} \theta_1(\lambda_2)} \frac{\frac{n_1}{n_2} \theta_1(\lambda_3)}{\frac{n_1}{n_3} \theta_1(\lambda_3)},$$

$$= [f(\lambda_3) - f(\lambda_1)] \frac{n_3(\lambda_3)}{n_1(\lambda_3)} - [f(\lambda_2) - f(\lambda_1)] \frac{n_2(\lambda_2) n_3(\lambda_3)}{n_1(\lambda_2) n_2(\lambda_3)}$$

[0102] 上述计算式中的 $f(\lambda_1)$ 、 $f(\lambda_2)$ 和 $f(\lambda_3)$ 是位置与波长的标定函数, $\theta_1(\lambda_1)$ 、 $\theta_1(\lambda_2)$ 和 $\theta_1(\lambda_3)$ 是入射角与波长的标定函数, $n_1(\lambda_2)$ 和 $n_1(\lambda_3)$ 等是指折射率与波长的标定函数,这些标定函数均可在实验室根据测量数据标定得到,或者是根据经验公式获知的已知函数。

[0103] 关于位置与波长的标定函数,以 $f(\lambda_1)$ 、 $f(\lambda_2)$ 为例,聚焦于液体膜上表面A处的光的波长为 λ_1 ,由于光在液体中会发生折射,因此聚焦于液体膜下表面C处的光实际为经过折射的光,其波长为 λ_2 ,将上表面的聚焦波长 λ_1 和下表面的聚焦波长 λ_2 输入到预先建立的450nm-850nm波长范围内单色光与轴向聚焦位置的标定函数关系 $f(\lambda)$ 中,得到非折射状态下的液体膜上表面位置和液体膜下表面位置,该标定函数关系 $f(\lambda)$ 是以光谱共焦位移传感器探头在工作范围内的各单色波长与其对应轴向聚焦位置之间的一一对应关系进行标定和数据拟合得到的,标定函数关系 $f(\lambda)$ 为:

$$[0104] \quad f(\lambda) = p_1 * \lambda^6 + p_2 * \lambda^5 + p_3 * \lambda^4 + p_4 * \lambda^3 + p_5 * \lambda^2 + p_6 * \lambda^1 + p_7,$$

[0105] 其中, λ 表示光的波长, p_1 、 p_2 、 p_3 、 p_4 、 p_5 、 p_6 、 p_7 均为聚焦位置对于波长的拟合系数, $p_1 = -0.0001158$ 、 $p_2 = 0.002155$ 、 $p_3 = -0.009651$ 、 $p_4 = 0.03299$ 、 $p_5 = -0.1193$ 、 $p_6 = 0.4839$ 、 $p_7 = 27.56$ 。

[0106] 在一个实施例中,步骤S15具体包括:

[0107] S151,根据光谱确定非折射状态下的液体膜下表面聚焦光的第一出射角。具体地,根据光谱图中表示液体膜上下表面的光谱数据确定光的角度,以波长为例,利用预先测试得到的孔径角与波长的关系函数 $\theta(\lambda)$,确定非折射状态下的液体膜下表面聚焦光的第一出射角,关系函数 $\theta(\lambda)$ 为:

$$[0108] \quad \theta(\lambda) = p_1' * \lambda^6 + p_2' * \lambda^5 + p_3' * \lambda^4 + p_4' * \lambda^3 + p_5' * \lambda^2 + p_6' * \lambda^1 + p_7',$$

[0109] 其中, p_1' 、 p_2' 、 p_3' 、 p_4' 、 p_5' 、 p_6' 、 p_7' 均为孔径角对于波长的拟合系数, $p_1' = 0.001792$ 、 $p_2' = -0.006519$ 、 $p_3' = 0.01444$ 、 $p_4' = -0.05179$ 、 $p_5' = 0.1871$ 、 $p_6' = -0.6133$ 、 $p_7' = 24.59$ 。

[0110] 如图1,非折射状态下的液体膜下表面聚焦光波长的出射角为 θ_1 ,根据聚焦波长 λ_2

确定对应的出射角 $\theta_1(\lambda_2)$ 。

[0111] S152,根据液体膜下表面聚焦光的第一出射角计算折射状态下的液体膜下表面聚焦光的第二出射角。如图1,折射状态下的液体膜下表面聚焦光波长的出射角为 $\theta_2(\lambda_2)$,

[0112] 根据折射定律,可按照如下方式进行计算:

$$[0113] \quad n \sin \theta_1(\lambda_2) = n' \sin \theta_2(\lambda_2),$$

[0114] 其中, n 为空气折射率, n' 为液体的折射率。

[0115] 根据出射角 $\theta_1(\lambda_2)$ 进而得到出射角 $\theta_2(\lambda_2)$:

$$[0116] \quad \theta_2(\lambda_2) = \arcsin\left(\frac{n \sin \theta_1(\lambda_2)}{n'}\right),$$

[0117] S153,根据理想液体膜厚度、液体膜下表面聚焦光的第一出射角、液体膜下表面聚焦光的第二出射角计算折射状态下的实际液体膜厚度。具体可以根据理想液体膜厚度 h_0 、第一出射角 $\theta_1(\lambda_2)$ 、第二出射角 $\theta_2(\lambda_2)$ 计算得出液体膜的实际厚度。

[0118] 进一步地,步骤S153具体包括:

[0119] S1531,根据理想液体膜厚度和液体膜下表面聚焦光的第一出射角计算液体膜上表面聚焦光与液体膜下表面聚焦光在液体膜上表面的距离。如图1,可以按照如下方式根据第一出射角 $\theta_1(\lambda_2)$ 计算得到距离 a :

$$[0120] \quad a = \tan \theta_1(\lambda_2) * h_0,$$

[0121] S1532,根据距离和液体膜下表面聚焦光的第二出射角计算折射状态下的实际液体膜厚度。按照如下方式根据距离 a 和第二出射角 $\theta_2(\lambda_2)$ 计算得到实际液体膜厚度 H :

$$[0122] \quad H = \frac{a}{\tan \theta_2(\lambda_2)} = \frac{\tan \theta_1(\lambda_2) * h_0}{\tan[\arcsin(\frac{n \sin \theta_1(\lambda_2)}{n'})]},$$

[0123] 具体地,如某一时刻,采集到液体膜上下表面的聚焦波长为500nm和550nm,根据上述标定函数关系 $f(\lambda)$ 和关系函数 $\theta(\lambda)$ 计算,得到上表面聚焦位置27.7757mm、下表面聚焦位置27.7948mm、第一出射角 $\theta_1(\lambda_2)$ 为24.3017度,那么,理想液体膜厚度为

$$[0124] \quad h_0 = f(\lambda_1) - f(\lambda_2) = 27.7948 - 27.7757 = 0.0191\text{mm},$$

[0125] 根据折射率 $n = 1$, $n' = 1.33$,得到液体膜实际厚度 H :

$$[0126] \quad H = \frac{a}{\tan \theta_2(\lambda_2)} = \frac{\tan \theta_1(\lambda_2) * h_0}{\tan[\arcsin(\frac{n \sin \theta_1(\lambda_2)}{n'})]} = 0.0239\text{mm},$$

[0127] 如图6所示,本发明实施例提供一种减薄厚度确定方法,该方法由计算机或服务器等电子设备执行,包括如下步骤:

[0128] S21,利用上述步骤S11-S15,确定当前时刻的液体膜上表面位置 and 实际液体膜厚度,基于液体膜上表面位置 and 实际液体膜厚度得到晶圆表面位置。

[0129] 利用如下公式计算晶圆表面位置:

$$[0130] \quad Z_{\text{晶圆表面}} = f(\lambda_{\text{上表面}}) + H_{\text{液体膜}},$$

[0131] 比如

[0132] $Z_1 = f(\lambda_1) + H = 27.7757 + 0.0239 = 27.7996\text{mm},$

[0133] S22,根据当前时刻的晶圆表面位置和前一时刻的晶圆表面位置,得到当前时刻的减薄厚度。前一时刻的晶圆表面位置可以为之前某个时刻的位置,如上一时刻测量的晶圆表面位置,也可以为晶圆未加工且无水环境下测得的晶圆的表面位置。

[0134] 本实施例的减薄厚度确定方法是在较小减薄厚度需求下,采取连续采集光谱的方式,每个时刻都可以获得晶圆的表面位置。同时还可以根据需求获取晶圆的减薄厚度,如在连续采集方式的情况下,要获取某个时间段之内晶圆的减薄厚度,可以获取两个时刻测得的晶圆表面位置进行相减,得到该时间段内的减薄厚度,因此可以获取上一时刻或在此之前某个时刻的晶圆表面位置,并与当前时刻晶圆表面位置计算得到该时间段内的减薄厚度。具体计算过程可以如下:

[0135] 因为连续采集模式是基于晶圆下底面稳定,即第三峰稳定状态下,可连续收集到前两峰(第一峰和第二峰)的变化,根据第一峰值和第二峰值计算第n次采集对应的第n个减薄后晶圆上表面位置为

[0136] $Z_n = f(\lambda_{2n-1}) - H_n$

[0137] 减薄厚度即某一时刻晶圆上表面位置相较于上一时刻位置的变化

[0138]
$$\begin{aligned} \Delta d_n &= Z_n - Z_{n-1} \\ &= f(\lambda_{2n-1}) - f(\lambda_{2n-3}) + \frac{\tan \theta_1(\lambda_{2n}) * [f(\lambda_{2n}) - f(\lambda_{2n-1})]}{\tan[\arcsin(\frac{* \tan \theta_1(\lambda_{2n})}{1.33})]}, \\ &\quad - \frac{\tan \theta_1(\lambda_{2n-2}) * [f(\lambda_{2n-2}) - f(\lambda_{2n-3})]}{\tan[\arcsin(\frac{* \tan \theta_1(\lambda_{2n-2})}{1.33})]} \end{aligned}$$

[0139] 其中n>1,且n为整数。

[0140] 当n=2时,

[0141] $Z_{n-1} = Z_1 =$ 晶圆减薄检测的第一个晶圆上表面位置,

[0142] 如连续记录峰值波长为500nm、523nm、556nm和562nm,并进行处理,得到上一时刻聚焦在液体膜上下表面位置为27.7757mm和27.7845mm,这一时刻聚焦在液体膜上下表面位置为27.7970mm和27.7993mm,同时得到上一时刻的第一出射角和第二出射角为24.3244°何24.3139°,得到这一时刻的第一出射角和第二出射角为24.2990°和24.2964°。

[0143] 则根据上述公式和数据可得

[0144]
$$\begin{aligned} \Delta d_n &= 27.7970\text{mm} - 27.7757\text{mm} + \frac{\tan(24.2964^\circ)(27.7993\text{mm} - 27.7970\text{mm})}{\tan[\arcsin(\frac{\tan(24.2964^\circ)}{1.33})]} \\ &\quad - \frac{\tan(24.3139^\circ)(27.7845\text{mm} - 27.7757\text{mm})}{\tan[\arcsin(\frac{\tan(24.3139^\circ)}{1.33})]} = 0.0131\text{mm} \end{aligned}$$

[0145] 在检测到四个峰值波长变化后,计算得到的这段时间内减薄厚度变化为13.1um。

[0146] 此外,若需测量晶圆整体减薄情况,可以获取到晶圆未加工且无水环境下测得的晶圆的表面位置,并与当前时刻晶圆表面位置计算得到当前时刻晶圆整体的减薄厚度。例

如,初始状态下无液体膜的待加工晶圆表面位置为27.7515mm,那么当前时刻的减薄厚度 Δd 为:

[0147] $\Delta d = 27.7996\text{mm} - 27.7515\text{mm} = 0.0481\text{mm}$,

[0148] 上述减薄厚度确定方法还可以利用当前时刻和后一时刻确定晶圆减薄厚度,例如:

[0149] 利用上述步骤S11-S15的方法确定当前时刻的液体膜上表面位置 and 实际液体膜厚度,基于液体膜上表面位置 and 实际液体膜厚度得到当前时刻的晶圆表面位置。晶圆表面位置的计算方式与步骤S21相同,在此不再赘述。

[0150] 利用上述步骤S11-S15的方法确定后一时刻的液体膜上表面位置 and 实际液体膜厚度,基于液体膜上表面位置 and 实际液体膜厚度得到后一时刻的晶圆表面位置。后一时刻晶圆表面位置的计算方式与当前时刻晶圆表面位置相同,在此不再赘述。

[0151] 根据当前时刻的晶圆表面位置 and 后一时刻的晶圆表面位置,得到减薄厚度。

[0152] 本实施例的减薄厚度确定方法是在较大减薄厚度需求下,采取非连续采集光谱的方式,由于采集光谱的时间间隔较大,因此若获取当前时间的减薄厚度变化时,需获取当前时刻 and 后一时刻(下一时刻或下某个时刻)的晶圆表面位置,进而计算得到该时间段内的减薄厚度。另外,该方法也可以计算晶圆整体减薄厚度,具体可参照步骤S21-S22中关于晶圆整体减薄厚度的计算方式。

[0153] 本实施例通过既可以观测某个时间段内的晶圆减薄变化情况,也可以计算晶圆整体的减薄厚度测量,可以掌握晶圆的加工过程和减薄变化情况,减小液体的影响,提高晶圆减薄厚度测量的准确性。

[0154] 在一个实施例中,按照预定时间间隔计算晶圆表面位置,比如每100ms可以计算出一次位置信息。而根据步骤S12可知,在计算液体膜厚度时可能出现不能计算出结果的情况,在本实施例中当能够计算出实际液体膜厚度时,对应的晶圆表面位置为有效位置,当不能计算出所述实际液体膜厚度时,对应的晶圆表面位置为无效位置,比如:随时间进程计算的晶圆上表面位置为0.4579mm、0.4577mm、0.458mm、0、0.458mm、0.4581mm、0、0.4582mm、0、0.4581mm,其中0表示该计算节点无法得到液体膜厚度,因此无法输出晶圆表面位置,其它数值为有效数据。

[0155] 本实施例按一定位置输出周期输出圆表面位置,根据有效位置及其数量计算晶圆表面平均位置作为相应位置输出周期的结果。比如输出间隔设为1s,上述10个位置是1s内计算出的位置信息,上述10个数据中有7个有效信息,则该位置输出周期的结果为

[0156] $(0.4579+0.4577+0.4580+0.4580+0.4581+0.4582+0.4581)/7=0.4580\text{mm}$

[0157] 同理,更新下一秒位移数据,假设得到结果0.4601 mm,则根据相邻的两个位置输出周期的结果确定相应的减薄厚度,针对上述举例可知1s晶圆减薄厚度变化0.0021mm。

[0158] 如图7所示,本发明实施例提供一种减薄厚度控制方法,该方法由计算机或服务器等电子设备执行,具体包括:

[0159] S31,利用上述步骤S21-S22确定当前时刻的减薄厚度。

[0160] S32,判断减薄厚度是否达到加工阈值。

[0161] 若减薄厚度未达到加工阈值,则执行步骤S33,继续对晶圆进行加工。

[0162] 若减薄厚度达到加工阈值,则执行步骤S34,停止对晶圆加工。本申请中的继续加

工和停止加工是两个相对的状态,在一个实施例中,继续加工具体是指主轴继续进给,研磨盘对晶圆产生下压力,且研磨盘持续旋转,从而对晶圆进行打磨,使晶圆厚度减薄;停止加工是指主轴停止进给,但研磨盘持续原地旋转,在此状态下仍与晶圆接触。在其他实施例中,停止加工可以是抬起主轴,使研磨盘与晶圆不接触。

[0163] 本实施例通过设定的阈值,在减薄厚度达到阈值时,控制主轴停止进给,原地加工,在状态稳定后停机,可以及时停止对晶圆的磨削加工,防止过度磨削。

[0164] 进一步地,步骤S34在停止对晶圆加工后还包括:

[0165] 确定停止加工后的晶圆表面位置。

[0166] 根据停止加工后的晶圆表面位置和待加工晶圆的初始表面位置计算实际减薄厚度。

[0167] 根据设定减薄厚度和实际减薄厚度计算减薄厚度差值。

[0168] 根据减薄厚度差值和下一加工阶段的设定减薄厚度确定加工阈值。

[0169] 具体地,由于停止加工时晶圆减薄厚度并未达到设定的减薄厚度,因此需要重新确定实际的减薄厚度,根据上述步骤S11-S14的方法确定停止加工后晶圆表面位置,然后根据待加工晶圆初始表面位置计算实际减薄厚度。例如,设定减薄厚度为50 μm ,加工阈值为49 μm ,在某一时刻测得晶圆的减薄厚度为49.4 μm ,则控制主轴停止进给,原地加工,在状态稳定后停机,此时再次对晶圆进行测量,得到实际减薄厚度为49.6 μm ,实际减薄厚度与设定减薄厚度并不一致,因此为实现精确减薄,根据误差确定下一加工阶段的加工阈值,如,下一加工阶段的设定减薄厚度为20 μm ,加工阈值为19 μm ,由于上一阶段的误差为0.4 μm ,那么下一加工阶段的加工阈值就加上该误差,即19.4 μm 。此外,停止加工后实际的晶圆表面位置可以作为下一加工阶段晶圆的初始表面位置。

[0170] 进一步地,在晶圆加工过程中,晶圆处于液体环境状态下,根据设定减薄厚度确定采集光谱的采集频率。

[0171] 具体地,在有减薄厚度需求时,可根据减薄厚度的大小设置计算机采集光谱共焦位移传感器的测量结果的频率,如聚焦波长,若设定减薄厚度判断是否是较大减薄厚度还是较小减薄厚度,在较大减薄厚度时,可以采取非连续的采集方式,采集频率相对较小,进而每次确定液体膜下表面位置的间隔时间较长,因此可以实现非连续的计算晶圆的减薄厚度,可以满足较大减薄厚度的控制,减少数据处理,提高效率;在较小减薄厚度时,可以采取连续的采集方式,采集频率相对较大,进而每次确定液体膜下表面位置的间隔时间较短,因此可以实时确定减薄厚度并控制最小厚度变化,防止磨削过度,避免进一步减薄晶圆薄膜导致质量不合格或无法修复。

[0172] 本领域内的技术人员应明白,本发明的实施例可提供为方法、系统、或计算机程序产品。因此,本发明可采用完全硬件实施例、完全软件实施例、或结合软件和硬件方面的实施例的形式。而且,本发明可采用在一个或多个其中包含有计算机可用程序代码的计算机可用存储介质(包括但不限于磁盘存储器、CD-ROM、光学存储器等)上实施的计算机程序产品的形式。

[0173] 本发明是参照根据本发明实施例的方法、设备(系统)、和计算机程序产品的流程图和/或方框图来描述的。应理解可由计算机程序指令实现流程图和/或方框图中的每一流程和/或方框、以及流程图和/或方框图中的流程和/或方框的结合。可提供这些计算机程序

指令到通用计算机、专用计算机、嵌入式处理机或其他可编程数据处理设备的处理器以产生一个机器,使得通过计算机或其他可编程数据处理设备的处理器执行的指令产生用于实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能的装置。

[0174] 这些计算机程序指令也可存储在能引导计算机或其他可编程数据处理设备以特定方式工作的计算机可读存储器中,使得存储在该计算机可读存储器中的指令产生包括指令装置的制造品,该指令装置实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能。

[0175] 这些计算机程序指令也可装载到计算机或其他可编程数据处理设备上,使得在计算机或其他可编程设备上执行一系列操作步骤以产生计算机实现的处理,从而在计算机或其他可编程设备上执行的指令提供用于实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能的步骤。

[0176] 显然,上述实施例仅仅是为清楚地说明所作的举例,而并非对实施方式的限定。对于所属领域的普通技术人员来说,在上述说明的基础上还可以做出其它不同形式的变化或变动。这里无需也无法对所有的实施方式予以穷举。而由此所引伸出的显而易见的变化或变动仍处于本发明创造的保护范围之内。

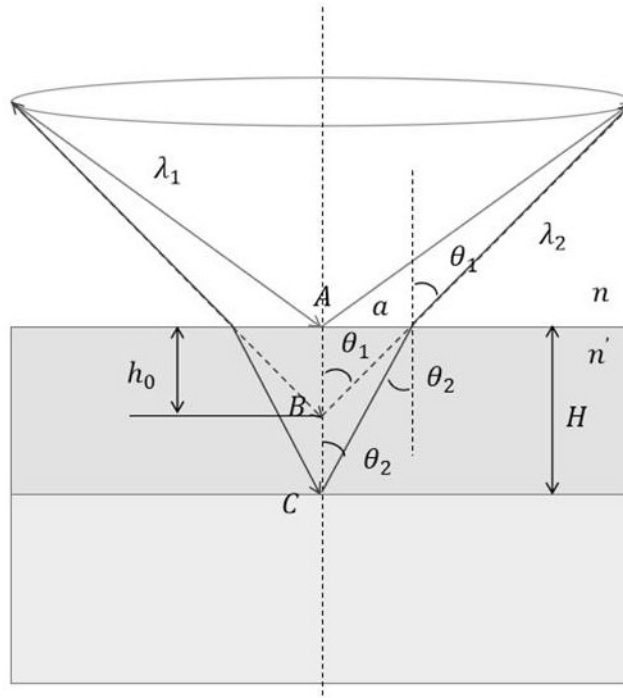


图 1

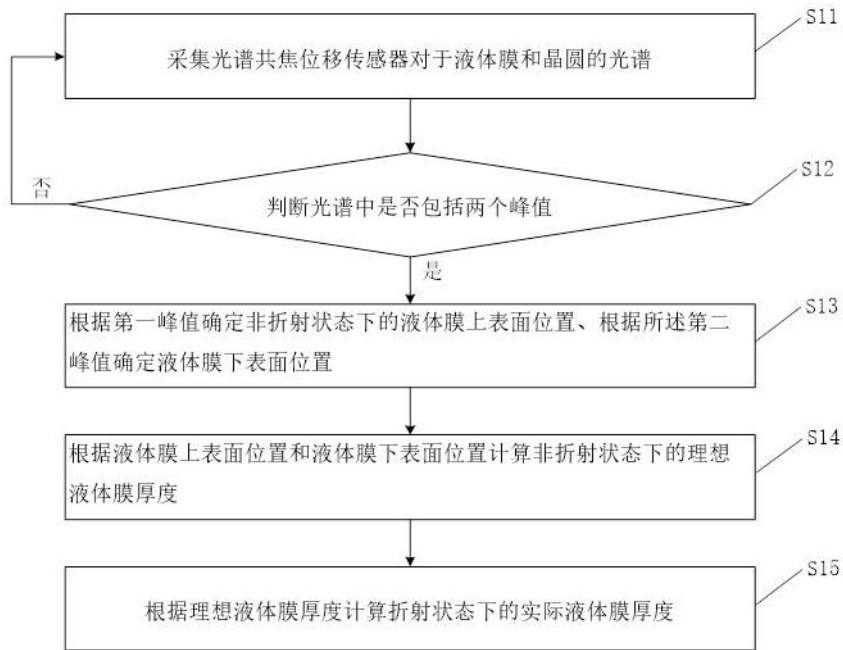


图 2

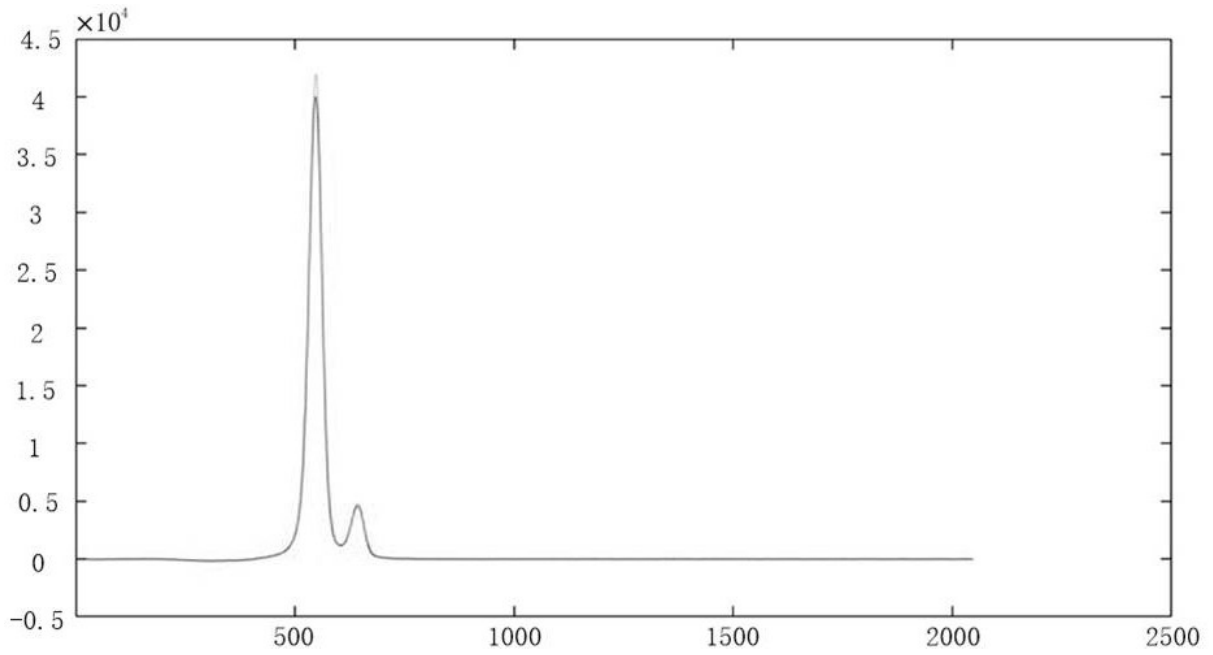


图 3

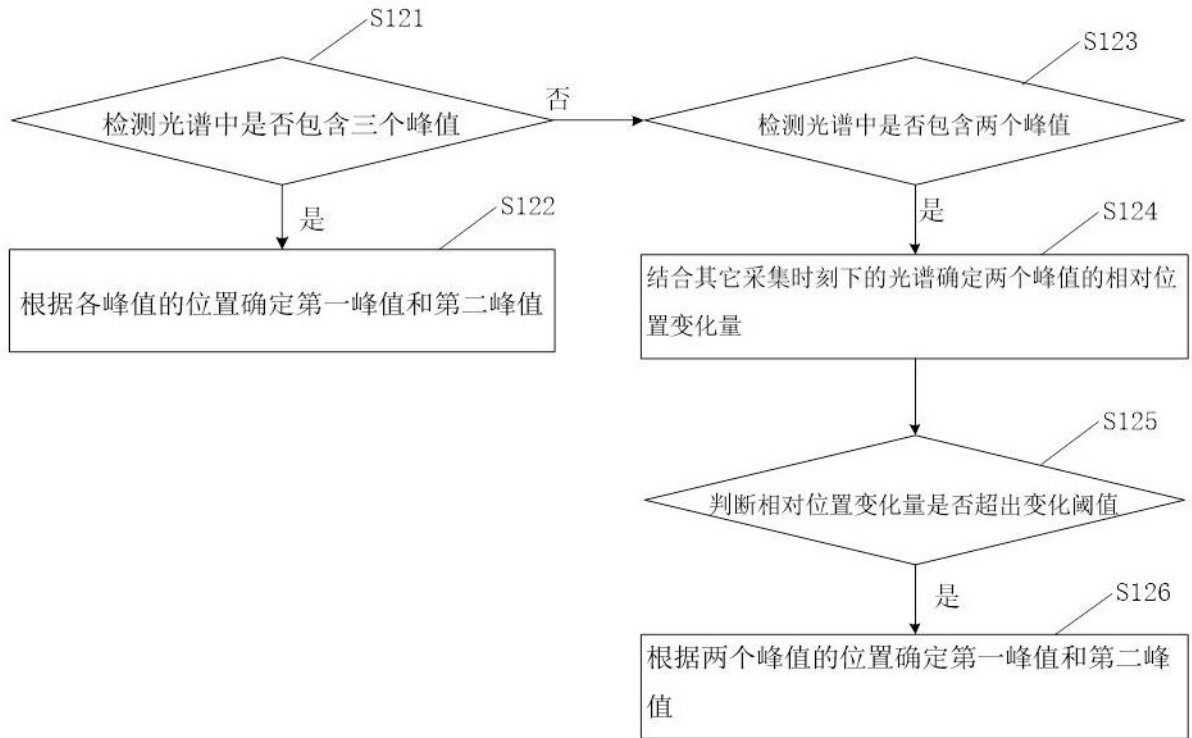


图 4

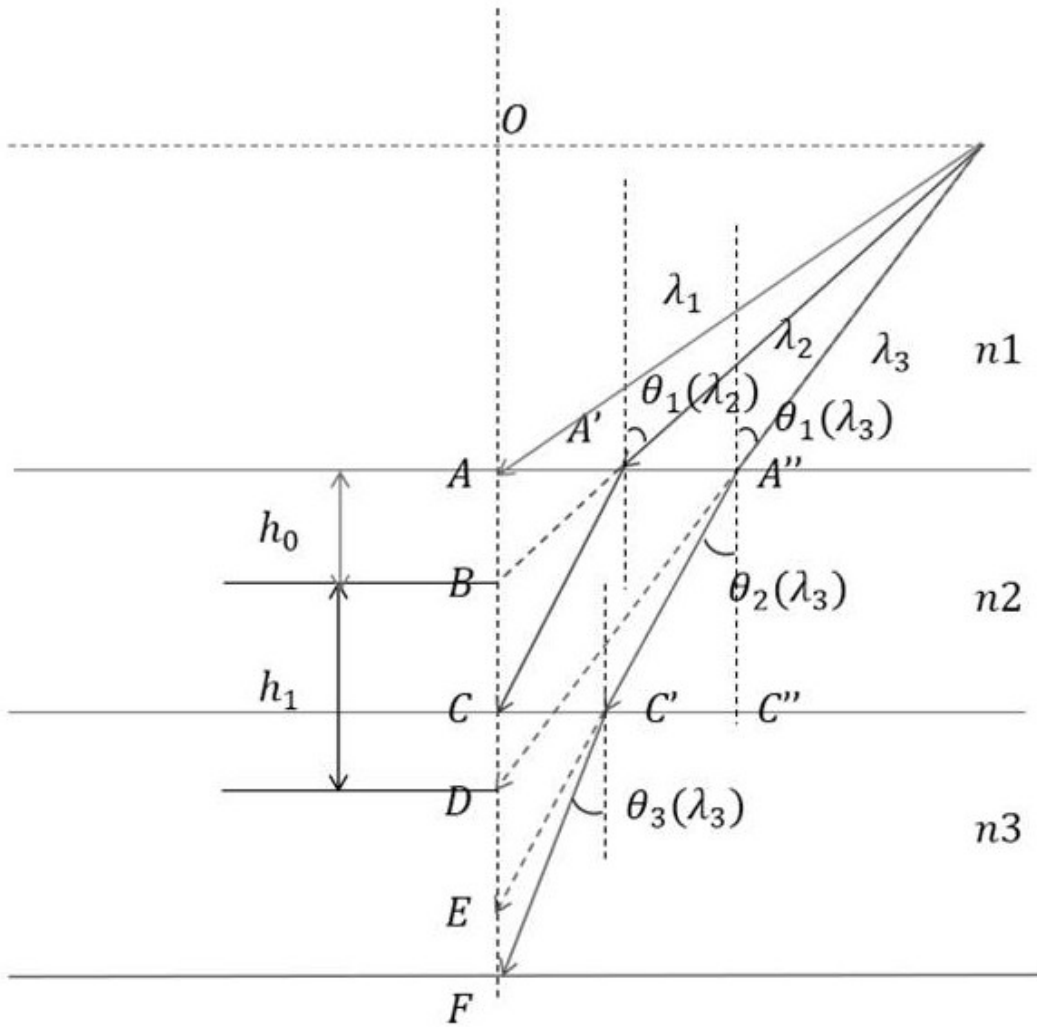


图 5

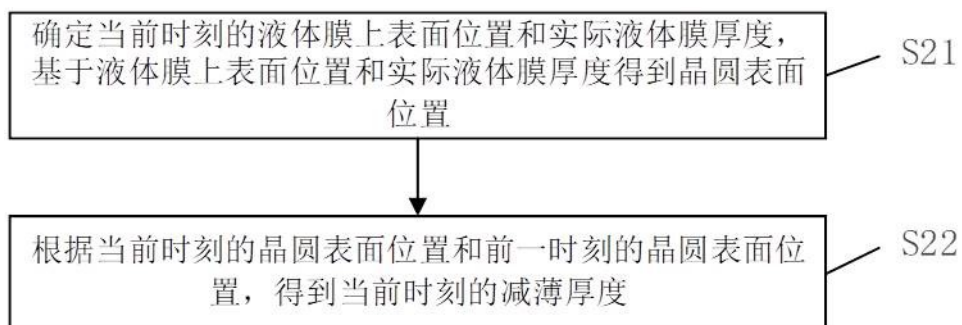


图 6

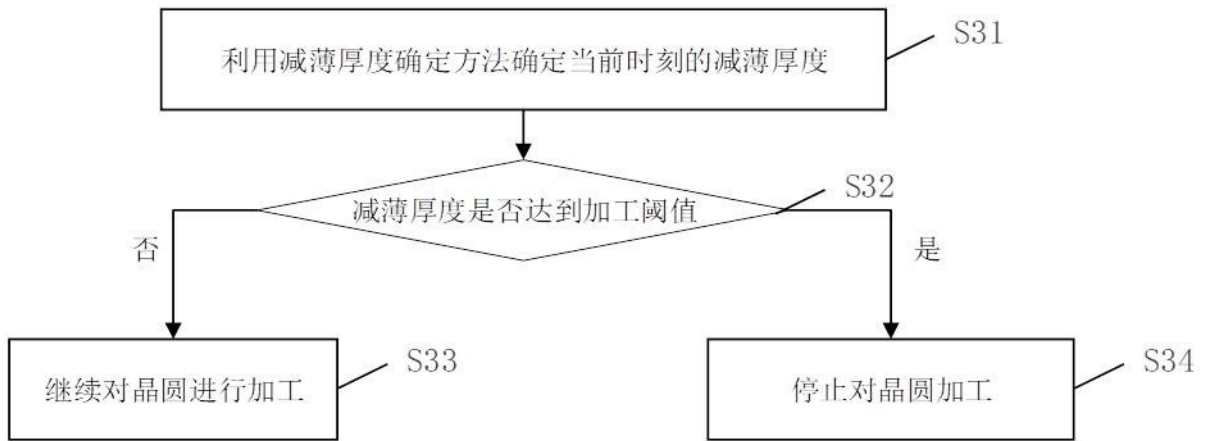


图 7