



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110549240 B

(45) 授权公告日 2020.12.29

(21) 申请号 201910881051.2

(22) 申请日 2019.09.18

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 110549240 A

(43) 申请公布日 2019.12.10

(73) 专利权人 清华大学
地址 100084 北京市海淀区清华园1号
专利权人 华海清科股份有限公司

(72) 发明人 路新春 田芳馨 王同庆

(51) Int. Cl.
B24B 37/20 (2012.01)
B24B 37/27 (2012.01)
B24B 37/34 (2012.01)
B24B 47/12 (2006.01)
B24B 57/02 (2006.01)

(56) 对比文件

- CN 103978421 A, 2014.08.13
- CN 102909649 A, 2013.02.06
- CN 107234495 A, 2017.10.10
- CN 104907921 A, 2015.09.16
- CN 106463378 A, 2017.02.22
- CN 106926110 A, 2017.07.07
- CN 101511539 A, 2009.08.19
- JP 2005294365 A, 2005.10.20
- JP 2009004442 A, 2009.01.08
- JP H11285968 A, 1999.10.19
- CN 101530983 A, 2009.09.16

审查员 刘定凯

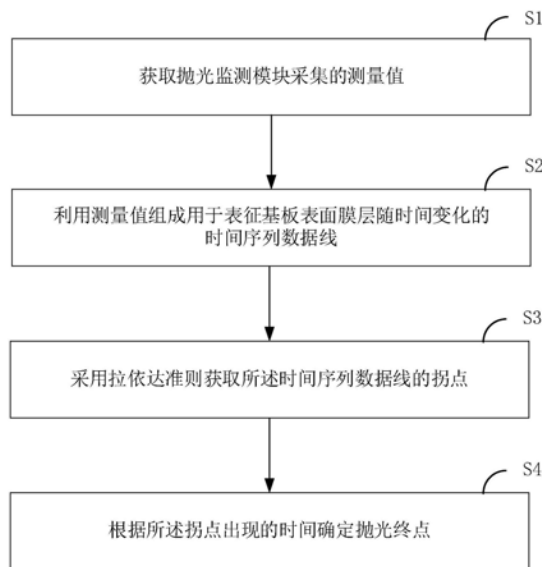
权利要求书2页 说明书7页 附图4页

(54) 发明名称

一种终点检测方法和化学机械抛光装置

(57) 摘要

本发明提供了一种终点检测方法和化学机械抛光装置,其中方法包括:获取抛光监测模块采集的测量值;利用所述测量值组成用于表征基板表面膜层随时间变化的时间序列数据线;采用拉依达准则获取所述时间序列数据线的拐点;根据所述拐点出现的时间确定抛光终点。本发明提高了终点检测的准确性。



1. 一种终点检测方法,其特征在于,在半导体基板抛光期间:

获取抛光监测模块采集的测量值;

利用所述测量值组成用于表征基板表面膜层随时间变化的时间序列数据线;

采用拉依达准则获取所述时间序列数据线的拐点,具体包括:从所述时间序列数据线中选取时间序列样本,根据所述时间序列样本采用拉依达准则计算误差区间,计算与所述时间序列样本相邻的数据点是否位于所述误差区间内,当所述数据点位于所述误差区间之外时,将所述数据点作为拐点;

根据所述拐点出现的时间确定抛光终点。

2. 如权利要求1所述的终点检测方法,其特征在于,所述计算误差区间包括:

计算时间序列样本的标准偏差和均值;

与均值的差值不超过预设倍数的标准偏差作为所述误差区间。

3. 如权利要求2所述的终点检测方法,其特征在于,按照3倍的标准偏差确定误差区间。

4. 如权利要求2所述的终点检测方法,其特征在于,

所述时间序列样本为 $[X_m, X_{m+1}, \dots, X_{n-1}, X_n]$;

所述均值为 $\bar{X} = \frac{1}{N} \sum_{i=m}^n X_i$,其中 $N = n - m + 1$;

所述标准偏差为 $\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=m}^n (X_i - \bar{X})^2}$;

所述误差区间为 $[\bar{X} - 3\sigma, \bar{X} + 3\sigma]$;

所述时间序列样本相邻的数据点为 X_j ,其中 $j = m - 1$ 或 $j = n + 1$ 。

5. 如权利要求1所述的终点检测方法,其特征在于,所述抛光监测模块包括光学检测装置。

6. 如权利要求1所述的终点检测方法,其特征在于,所述抛光监测模块包括摩擦力检测装置。

7. 一种化学机械抛光装置,其特征在于,包括:

抛光盘,其覆盖有用于对基板进行抛光的抛光垫;

承载头,用于保持基板并将基板按压在所述抛光垫上;

抛光监测模块,用于对基板表面膜层进行检测以得到测量值;

控制模块,用于获取抛光监测模块采集的测量值,利用所述测量值组成用于表征基板表面膜层随时间变化的时间序列数据线,采用拉依达准则获取所述时间序列数据线的拐点,根据所述拐点出现的时间确定抛光终点;

其中,所述采用拉依达准则获取拐点包括:从所述时间序列数据线中选取时间序列样本,根据所述时间序列样本采用拉依达准则计算误差区间,计算与所述时间序列样本相邻的数据点是否位于所述误差区间内,当所述数据点位于所述误差区间之外时,将所述数据点作为拐点。

8. 一种控制模块,其特征在于,包括存储器、处理器以及存储在所述存储器中并可在所述处理器上运行的计算机程序,所述处理器执行所述计算机程序时实现如权利要求1至6任一项所述终点检测方法的步骤。

9. 一种计算机可读存储介质,其特征在於,所述计算机可读存储介质存储有计算机程序,所述计算机程序被处理器执行时实现如权利要求1至6任一项所述终点检测方法的步骤。

一种终点检测方法和化学机械抛光装置

技术领域

[0001] 本发明属于化学机械抛光技术领域,尤其涉及一种终点检测方法和化学机械抛光装置。

背景技术

[0002] 化学机械抛光(Chemical Mechanical Planarization,CMP)是一种全局表面平坦化技术,在半导体制造过程中用以减小基板厚度变化和表面形貌的影响。由于CMP可精确并均匀地把基板平坦化为需要的厚度和平坦度,已经成为半导体制造过程中应用最广泛的一种表面平坦化技术。

[0003] CMP工艺的实现过程为:承载头保持住基板并以一定的速度旋转以及水平往复运动,同时施加一定的下压力把基板压在旋转的抛光垫上,由亚微米或纳米磨粒和化学溶液组成的抛光液在基板与抛光垫之间流动,抛光液在抛光垫的传输和旋转离心力的作用下均匀分布,以在基板和抛光垫之间形成一层液体薄膜,液体中的化学成分与基板产生化学反应,将不溶物质转化为易溶物质,然后通过磨粒的微机械摩擦将这些化学反应物从基板表面去除,溶入流动的液体中带走,即在化学成膜和机械去膜的交替过程中去除表面材料实现表面平坦化处理,从而达到全局平坦化的目的。

[0004] CMP工艺中,材料去除过多的过抛光或材料去除不足的欠抛光均会导致成品率低,因此需要严格控制材料的去除量,避免基板“过抛”或“欠抛”等情况的发生。在实际生产过程中,通常采用终点检测来衡量CMP过程是否已经将材料抛至所需厚度。

[0005] 然而在现有技术中,由于抛光过程复杂,涉及的执行机构很多,导致抛光终点判断不准确而造成误判,影响最终的抛光效果。

发明内容

[0006] 有鉴于此,本发明实施例提供了一种终点检测方法和化学机械抛光装置,旨在至少解决现有技术中存在的技术问题之一。

[0007] 本发明实施例的第一方面提供了一种终点检测方法,包括在半导体基板抛光期间:

[0008] 获取抛光监测模块采集的测量值;

[0009] 利用所述测量值组成用于表征基板表面膜层随时间变化的时间序列数据线;

[0010] 采用拉依达准则获取所述时间序列数据线的拐点;

[0011] 根据所述拐点出现的时间确定抛光终点。

[0012] 本发明实施例的第二方面提供了一种化学机械抛光装置,包括:

[0013] 抛光盘,其覆盖有用于对基板进行抛光的抛光垫;

[0014] 承载头,用于保持基板并将基板按压在所述抛光垫上;

[0015] 抛光监测模块,用于对基板表面膜层进行检测以得到测量值;

[0016] 控制模块,用于获取抛光监测模块采集的测量值,利用所述测量值组成用于表征

基板表面膜层随时间变化的时间序列数据线,采用拉依达准则获取所述时间序列数据线的拐点,根据所述拐点出现的时间确定抛光终点。

[0017] 本发明实施例的第三方面提供了一种控制模块,包括存储器、处理器以及存储在所述存储器中并可在所述处理器上运行的计算机程序,所述处理器执行所述计算机程序时实现如上所述终点检测方法的步骤。

[0018] 本发明实施例的第四方面提供了一种计算机可读存储介质,所述计算机可读存储介质存储有计算机程序,所述计算机程序被处理器执行时实现如上所述终点检测方法的步骤。

[0019] 本发明实施例与现有技术相比存在的有益效果是:本实施例根据抛光监测模块采集的测量值得到时间序列,然后采用拉依达准则判定曲线拐点从而确定抛光终点,提高了终点检测的准确性。

附图说明

[0020] 通过结合以下附图所作的详细描述,本发明的优点将变得更清楚和更容易理解,但这些附图只是示意性的,并不限制本发明的保护范围,其中:

[0021] 图1是本发明一实施例提供的化学机械抛光装置的结构示意图;

[0022] 图2是本发明一实施例提供的抛光过程的示意图;

[0023] 图3是本发明一实施例提供的化学机械抛光装置的剖面示意图;

[0024] 图4是本发明一实施例提供的终点检测方法的流程示意图;

[0025] 图5是本发明一实施例提供的数据线;

[0026] 图6是本发明一实施例提供的时间序列。

具体实施方式

[0027] 下面结合具体实施例及其附图,对本发明所述技术方案进行详细说明。在此记载的实施例为本发明的特定的具体实施方式,用于说明本发明的构思;这些说明均是解释性和示例性的,不应理解为对本发明实施方式及本发明保护范围的限制。除在此记载的实施例外,本领域技术人员还能够基于本申请权利要求书及其说明书所公开的内容采用显而易见的其它技术方案,这些技术方案包括采用对在此记载的实施例的做出任何显而易见的替换和修改的技术方案。

[0028] 为了说明本发明所述的技术方案,下面通过具体实施例来进行说明。

[0029] 如图1所示,化学机械抛光装置的主要构成部件有用于保持基板w并带动基板w旋转的承载头10、覆盖有抛光垫21的抛光盘20、用于修整抛光垫21的修整器30、以及用于提供抛光液的供液部40。

[0030] 在化学机械抛光过程中,承载头10将基板w按压在抛光盘20表面覆盖的抛光垫21上,并且承载头10做旋转运动以及沿抛光盘20的径向往复移动使得与抛光垫21接触的基板w表面被逐渐抛除,同时抛光盘20旋转,供液部40向抛光垫21表面喷洒抛光液。在抛光液的化学作用下,通过承载头10与抛光盘20的相对运动使基板w与抛光垫21摩擦以进行抛光。在抛光期间,修整器30用于对抛光垫21表面形貌进行修整和活化。使用修整器30可以移除残留在抛光垫21表面的杂质颗粒,例如抛光液中的研磨颗粒以及从基板w表面脱落的废料等,

还可以将由于研磨导致的抛光垫21表面形变进行平整化。

[0031] 在化学机械抛光过程中,基板被承载头20压在抛光垫11上,并随承载头20沿抛光盘10径向往复运动,同时,承载头20与抛光盘10同步旋转运动,使得与抛光垫11接触的基板表面被逐渐抛除。

[0032] 如图2所示,在抛光前,基板表面膜层为第一材料层m1,随着第一材料层m1被逐步抛除露出第二材料层m2,当基板被抛至一个预设的目标材料或目标位置时即认为到达抛光终点并停止抛光。

[0033] <实施例1>

[0034] 作为本发明的一种可实施方式,抛光监测模块为光学检测装置,以使用光学检测方式实现抛光终点检测,光学检测方式通过检测基板表面反射光的变化来跟踪工艺进程,从而判断抛光工艺的终点。

[0035] 如图3所示,光学检测装置50设置在抛光盘20的盘面下方,并跟随抛光盘20旋转以实现在抛光的同时进行在线测量。抛光垫21上设置有可透光的窗口。光学检测装置50发射的激光线通过窗口照射到抛光垫21上的基板w表面并接收基板w的反射光以根据反射光确定基板w表面的材料变化。

[0036] 光学检测装置50采用非接触式测量方法,可以在不破坏基板表面膜层的同时测量抛光过程中的膜层材料变化。光学检测装置50利用不同材料对光的反射率不同,通过检测反射光的强度来确定基板表面膜层的材料变化。

[0037] 以金属和非金属材料为例,由于不同材料对光学检测装置50发射的激光的反射率不同,抛光过程中当研磨经过两层材料的界面时,基板抛光表面的材料发生变化,从而使得光学检测装置50检测到的光学测量值也会产生明显变化。

[0038] 示例性地,如图2所示,在抛磨基板表面的第一材料层时,光学检测装置50测量到的光学测量值为一定值。当第一材料层被抛除露出第二材料层时,基板抛光表面从第一种材料向第二种材料变化,光学检测装置50测量到的光学测量值也会变化。

[0039] 因此,根据光学检测装置50的测量值可以监测抛光状态从而判断抛光终点。基于此,本实施例提出了一种终点检测方法,如图4所示,在半导体基板抛光期间执行以下步骤:

[0040] 步骤S1,获取抛光监测模块采集的测量值;

[0041] 本实施例中,步骤S1为获取光学检测装置50采集的光学测量值。

[0042] 步骤S2,利用所述测量值组成用于表征基板表面膜层随时间变化的时间序列数据线;

[0043] 如图5所示,为时间序列数据线的一示例。时间序列数据线可以由按照时间顺序采集的测量值组成,还可以由某一区域内的测量值均值组成时间序列。

[0044] 以图5为例,在t₀至t₁阶段开始去除基板表面膜层的第一材料层,在t₁至t₂阶段基板表面膜层的材料开始变化有第二材料层露出,在t₂之后的阶段第一材料层完全去除。

[0045] 步骤S3,采用拉依达准则获取所述时间序列数据线的拐点;

[0046] 可以理解的是,在基板表面膜层的材料不变时,测量值及其随机误差应服从正态分布,因此,利用拉依达准则考察一组时间序列,对其计算处理得到标准偏差,按照3倍标准偏差的概率确定测量误差区间,考察与该时间序列相邻的测量值的测量误差,大于该测量误差区间则认为是粗大误差,判定此时的膜层材料发生了变化。

[0047] 步骤S4,根据所述拐点出现的时间确定抛光终点。

[0048] 具体地,如图5所示,当检测到时间序列数据线到达第二个拐点时,判定为抛光终点。

[0049] 本实施例根据抛光监测模块采集的测量值得到时间序列,然后采用拉依达准则判定曲线拐点从而确定抛光终点,提高了终点检测的准确性。

[0050] 在一个实施例中,步骤S3包括:

[0051] 步骤S31,从所述时间序列数据线中选取时间序列样本;

[0052] 步骤S32,根据所述时间序列样本采用拉依达准则计算误差区间;

[0053] 步骤S33,根据所述误差区间确定拐点。

[0054] 在一个实施例中,步骤S32包括:

[0055] 1) 计算时间序列样本的标准偏差和均值;

[0056] 2) 与均值的差值不超过预设倍数的标准偏差作为所述误差区间。

[0057] 在一个实施例中,步骤S33包括:

[0058] 1) 计算与所述时间序列样本相邻的数据点是否位于所述误差区间内;

[0059] 2) 当所述数据点位于所述误差区间之外时,将所述数据点作为拐点。

[0060] 具体计算过程包括:

[0061] 选取时间序列样本为 $[X_m, X_{m+1}, \dots, X_{n-1}, X_n]$,其中样本的大小可以预先设置。

[0062] 计算序列的均值为 $\bar{X} = \frac{1}{N} \sum_{i=m}^n X_i$,其中, $N=n-m+1$;

[0063] 计算序列的标准偏差 $\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=m}^n (X_i - \bar{X})^2}$;

[0064] 误差区间为 $[\bar{X} - 3\sigma, \bar{X} + 3\sigma]$ 。

[0065] 判断与时间序列样本 $[X_m, X_{m+1}, \dots, X_{n-1}, X_n]$ 相邻的数据点 X_j 是否在误差区间 $\text{Area}=[\bar{X} - 3\sigma, \bar{X} + 3\sigma]$,其中, $j=m-1$ 或 $j=n+1$ 。

[0066] 由于在膜层的材料变化时测量值存在粗大误差,即 $|X_j - \bar{X}| > 3\sigma$,如图6中斜坡线所示,所以,当 X_j 在区间 $\text{Area}=[\bar{X} - 3\sigma, \bar{X} + 3\sigma]$ 外时,作为拐点,如图6中三角形框标出的数据点即为拐点。

[0067] 可以理解地,时间序列样本可以按照时间顺序,采用递推方式连续滑动地从时间序列数据线中选取样本。换句话说,在数据采集过程中,选取一组数据作为时间序列样本 $[X_m, X_{m+1}, \dots, X_{n-1}, X_n]$,并判断这组数据两端的值 X_j ($j=m-1$ 或 $j=n+1$)是否在区间 $[\bar{X} - 3\sigma, \bar{X} + 3\sigma]$ 内从而判断是否出现拐点,然后,随着时间顺序继续采集数据以选取下一组新的数据作为新的时间序列样本 $[X_{m+i}, X_{m+i+1}, \dots, X_{n+i-1}, X_{n+i}]$,其中 i 为自然数,并按照新的时间序列样本判断是否出现拐点。。

[0068] 本实施例中由标准偏差和均值确定误差区间。具体地,可以按照3倍的标准偏差确定误差区间。

[0069] 本实施例将位于所述误差区间之外的数据点作为拐点。当检测到测量值大于在先样本的标准偏差的预设倍数时,确定该测量值出现的时刻为所述拐点。

[0070] <实施例2>

[0071] 作为本发明的另一种可实施方式,抛光监测模块为摩擦力检测装置。

[0072] 如图2所示,在抛磨基板表面的第一材料层m1时,基于该层材料性质,基板抛光表面与抛光垫之间的摩擦系数为 μ_1 。当第一材料层m1被抛除露出第二材料层m2时,基板抛光表面从第一种材料向第二种材料变化,基板抛光表面与抛光垫之间的摩擦系数也会变化,记为 μ_2 。

[0073] 由于不同材料在同一抛光条件下的摩擦系数不同,抛光过程中当研磨经过两层材料的界面时,基板抛光表面的材料发生变化,从而抛光垫与基板抛光表面之间的摩擦力也会产生明显变化。

[0074] 因此通过摩擦力检测装置检测摩擦力的变化可以获取抛光终点。

[0075] 在化学机械抛光期间,当抛光进行到基板的不同介质表面时,基板抛光表面与抛光垫之间的摩擦系数会发生变化,当抛光盘和承载头的转速以及承载头对基板施加的抛光下压力不变时,基板抛光表面与抛光垫之间的摩擦力会发生明显变化,从而造成抛光盘的运行参数也会相应的发生变化。运行参数可以为用于驱动抛光盘旋转的第一电机的负载率、负载功率、扭矩和/或电机电流。

[0076] 当基板抛光到达终点时,基板表面的一层材料被抛除露出下一层材料时,抛光材料发生变化使基板抛光表面与抛光垫之间的摩擦系数会发生变化,相应地摩擦力变化导致抛光盘的运行参数也会发生变化,因此,通过摩擦力检测装置检测与CMP过程中摩擦力相关的抛光盘的负载率、负载功率、扭矩或驱动电机的电机电流的变化可以判断何时达到抛光终点。

[0077] 基于此,本实施例提出了利用摩擦力检测装置来检测抛光垫与基板之间摩擦力或者检测用于驱动抛光盘旋转的第一电机的负载率、负载功率、扭矩和/或电机电流,从而判断抛光终点。

[0078] 实现过程为在半导体基板抛光期间执行以下步骤:

[0079] 步骤S1,获取抛光监测模块采集的测量值;

[0080] 本实施例中,步骤S1为获取摩擦力检测装置采集的测量值。

[0081] 步骤S2,利用所述测量值组成用于表征基板表面膜层随时间变化的时间序列数据线;

[0082] 由于该测量值随摩擦力变化,故可以得到一条类似图5中的阶梯曲线。

[0083] 步骤S3,采用拉依达准则获取所述时间序列数据线的拐点;

[0084] 步骤S4,根据所述拐点出现的时间确定抛光终点。

[0085] 本领域技术人员可知,利用摩擦力检测装置来检测终点的具体原理与实施例1中所述的终点检测方法基本相同,只是测量值的具体数值不同,利用曲线变化拐点的过程相同,在此不再赘述。

[0086] 另外,作为一种可实施方式,检测到抛光终点时延迟预设时间后控制化学机械抛光装置停止抛光,也就是执行一段时间的过抛,可以实现更佳的抛光效果。具体是在捕捉到终点后,进行适当时间的过抛,停止过抛后完成抛光。

[0087] 应理解,上述实施例中各步骤的序号的大小并不意味着执行顺序的先后,各过程的执行顺序应以其功能和内在逻辑确定,而不应对本发明实施例的实施过程构成任何限

定。

[0088] 本发明实施例还提供了一种化学机械抛光装置,包括:

[0089] 抛光盘20,其覆盖有用于对基板进行抛光的抛光垫;

[0090] 承载头10,用于保持基板并将基板按压在所述抛光垫上;

[0091] 抛光监测模块,用于对基板表面膜层进行检测以得到测量值;

[0092] 控制模块,用于获取抛光监测模块采集的测量值,利用所述测量值组成用于表征基板表面膜层随时间变化的时间序列数据线,采用拉依达准则获取所述时间序列数据线的拐点,根据所述拐点出现的时间确定抛光终点。

[0093] 本发明实施例还提供了一种控制模块,包括:处理器、存储器以及存储在所述存储器中并可在所述处理器上运行的计算机程序。所述处理器执行所述计算机程序时实现如上述方法实施例中所述的各实施例中的步骤,例如图4所示的步骤S1至S4。

[0094] 所述控制模块是指具有数据处理能力的终端,包括但不限于计算机、工作站、服务器,甚至是一些性能优异的智能手机、掌上电脑、平板电脑、个人数字助理(PDA)、智能电视(Smart TV)等。

[0095] 所称处理器可以是中央处理单元(Central Processing Unit,CPU),还可以是其他通用处理器、数字信号处理器(Digital Signal Processor,DSP)、专用集成电路(Application Specific Integrated Circuit,ASIC)、现成可编程门阵列(Field-Programmable Gate Array,FPGA)或者其他可编程逻辑器件、分立门或者晶体管逻辑器件、分立硬件组件等。

[0096] 所述存储器可以是所述控制模块的内部存储单元,例如控制模块的硬盘或内存。所述存储器也可以是所述控制模块的外部存储设备,例如所述控制模块上配备的插接式硬盘,智能存储卡(Smart Media Card,SMC),安全数字(Secure Digital,SD)卡,闪存卡(Flash Card)等。进一步地,所述存储器还可以既包括所述控制模块的内部存储单元也包括外部存储设备。所述存储器用于存储所述计算机程序以及所述控制模块所需的其他程序和数据。所述存储器还可以用于暂时地存储已经输出或者将要输出的数据。

[0097] 本发明实施例还提供了一种计算机可读存储介质,计算机可读存储介质存储有计算机程序,计算机程序被处理器执行时实现如上述方法实施例中所述的各实施例中的步骤,例如图4所示的步骤S1至步骤S4。

[0098] 所述的计算机程序可存储于一计算机可读存储介质中,该计算机程序在被处理器执行时,可实现上述各个方法实施例的步骤。其中,所述计算机程序包括计算机程序代码,所述计算机程序代码可以为源代码形式、对象代码形式、可执行文件或某些中间形式等。所述计算机可读介质可以包括:能够携带所述计算机程序代码的任何实体或装置、记录介质、U盘、移动硬盘、磁碟、光盘、计算机存储器、只读存储器(ROM,Read-Only Memory)、随机存取存储器(RAM,Random Access Memory)、电载波信号、电信信号以及软件分发介质等。

[0099] 在上述实施例中,对各个实施例的描述都各有侧重,各实施例可以任意组合,组合后形成的新的实施例也在本申请的保护范围之内。某个实施例中未详述或记载的部分,可以参见其它实施例的相关描述。

[0100] 本领域普通技术人员可以意识到,结合本文中所公开的实施例描述的各示例的单元及算法步骤,能够以电子硬件、或者计算机软件和电子硬件的结合来实现。这些功能究竟

以硬件还是软件方式来执行,取决于技术方案的特定应用和设计约束条件。专业技术人员可以对每个特定的应用来使用不同方法来实现所描述的功能,但是这种实现不应认为超出本发明的范围。

[0101] 以上所述实施例仅用以说明本发明的技术方案,而非对其限制;尽管参照前述实施例对本发明进行了详细的说明,本领域的普通技术人员应当理解:其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改,或者对其中部分技术特征进行等同替换;而这些修改或者替换,并不使相应技术方案的本质脱离本发明各实施例技术方案的精神和范围,均应包含在本发明的保护范围之内。

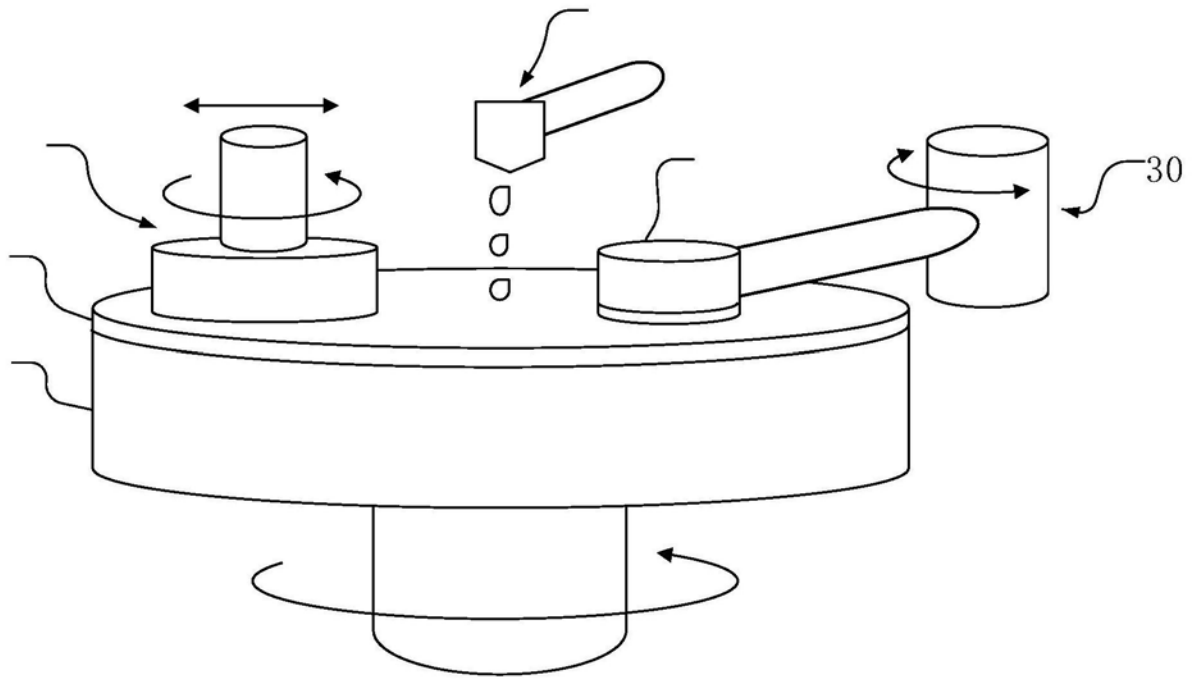


图1

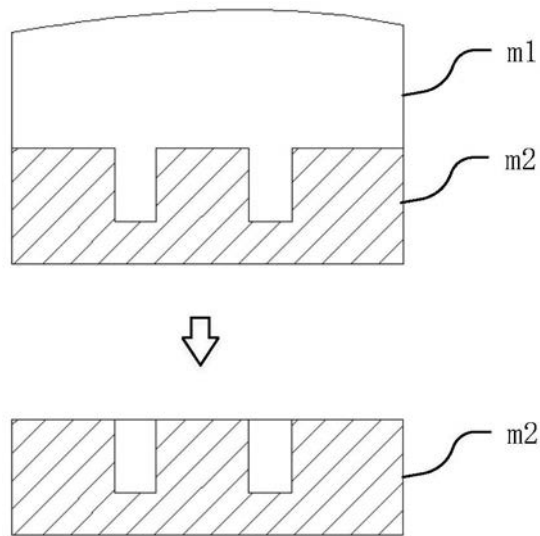


图2

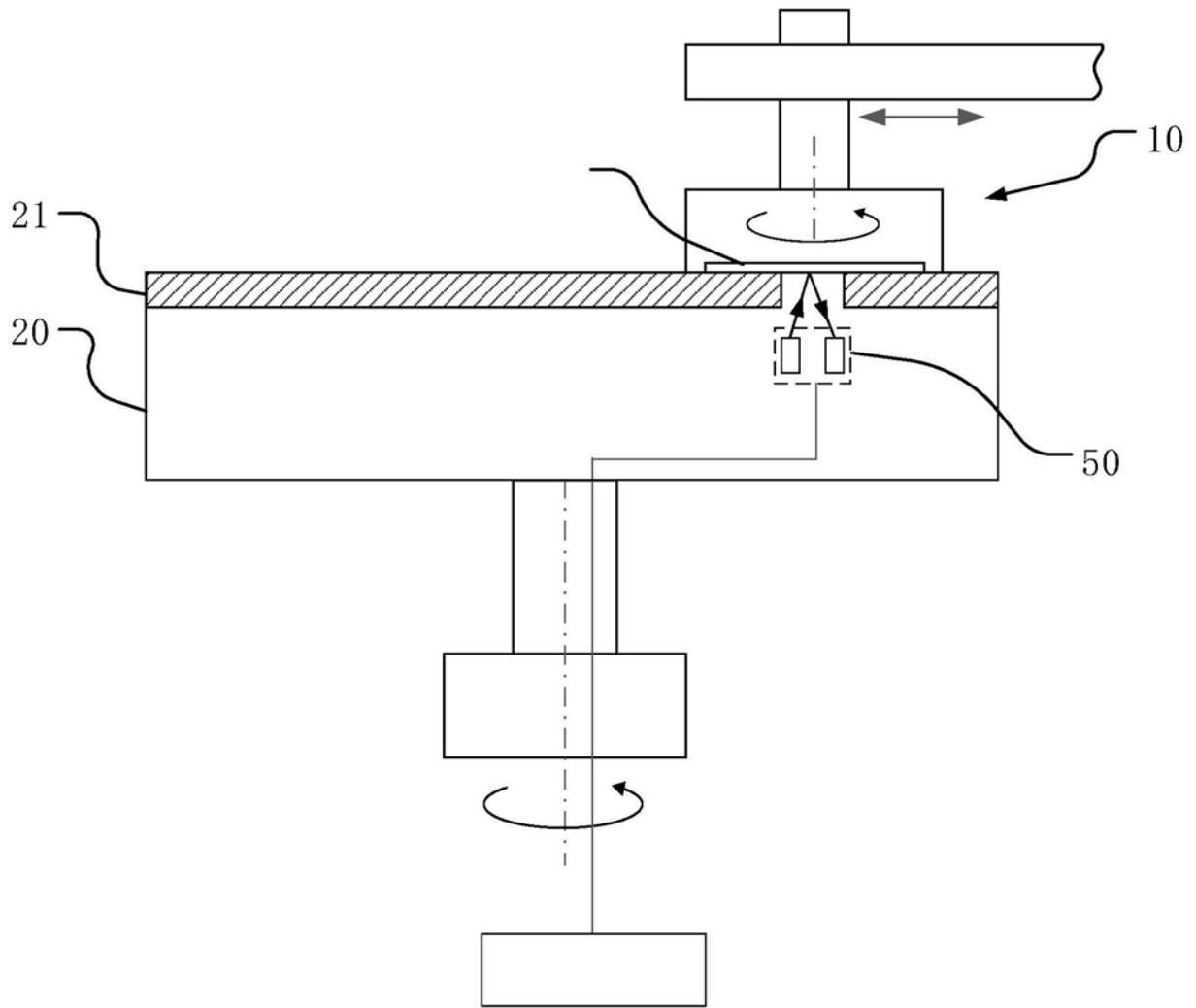


图3

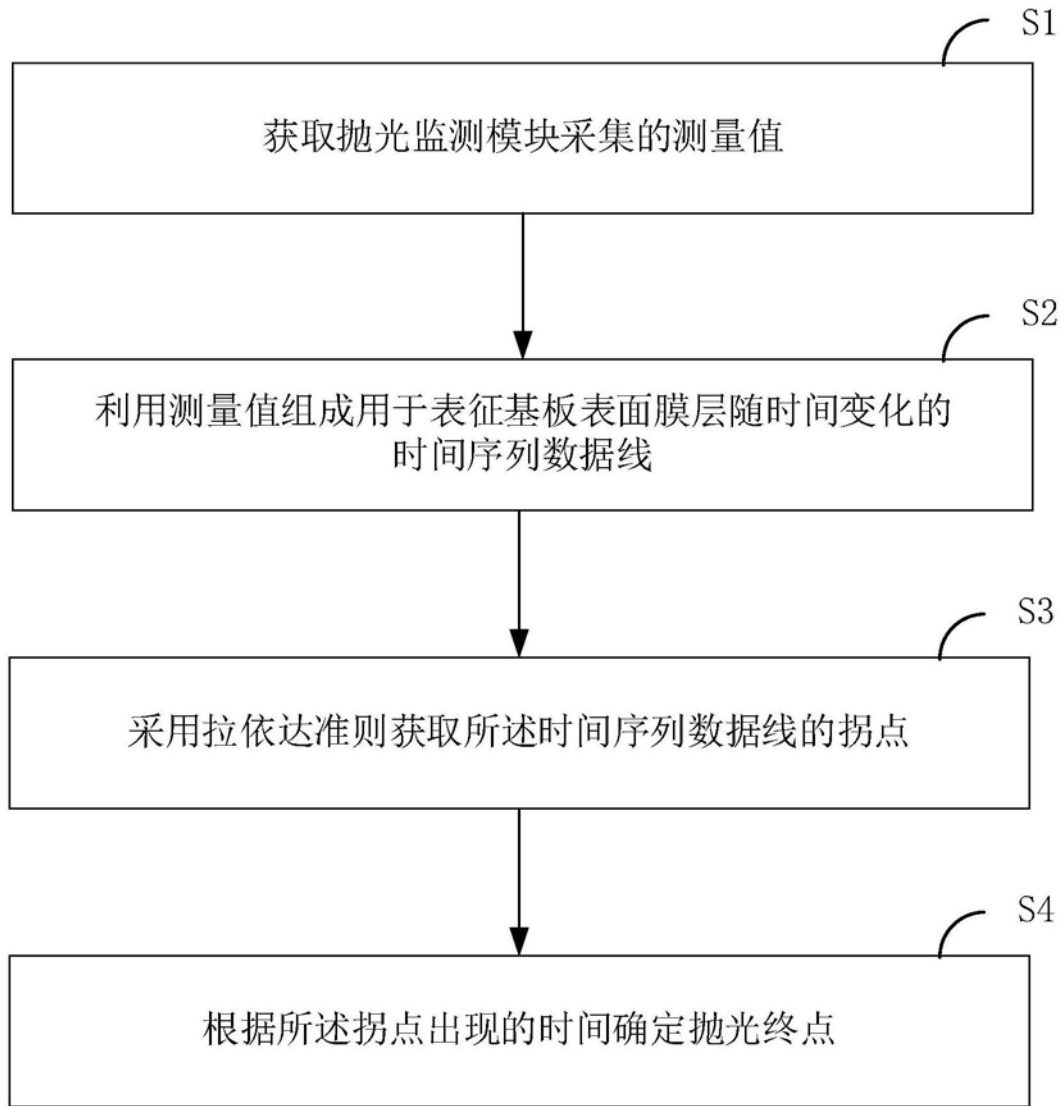


图4

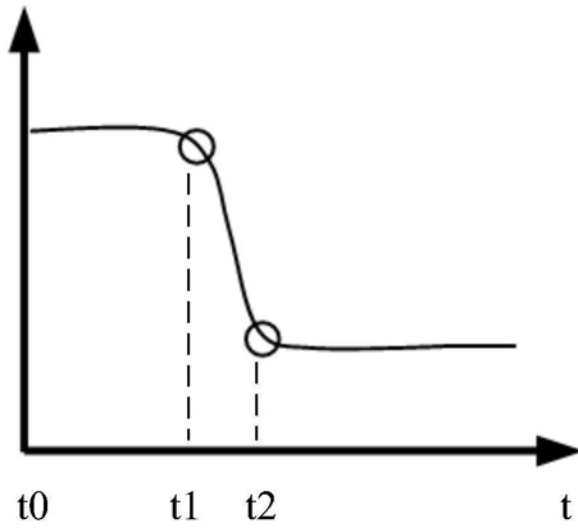


图5

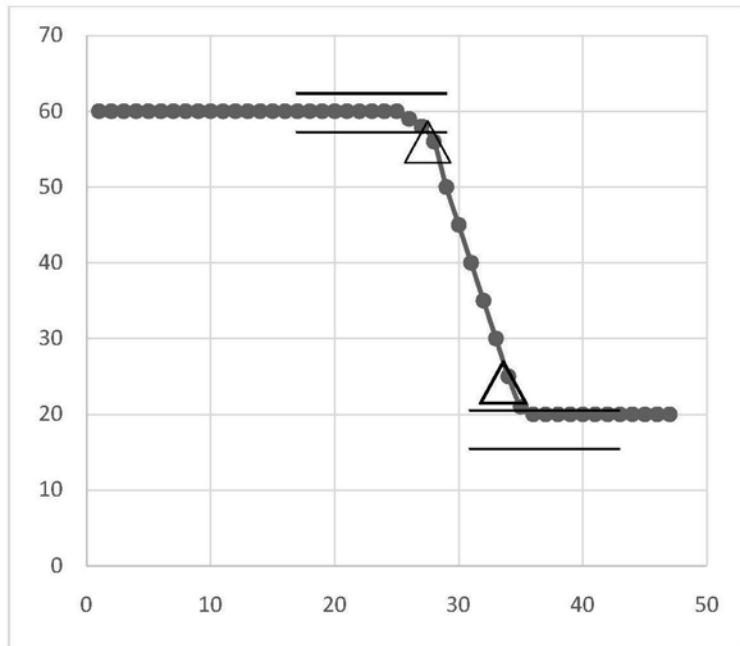


图6