



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102403191 B

(45) 授权公告日 2014. 05. 21

(21) 申请号 201010280151. 9

(22) 申请日 2010. 09. 14

(73) 专利权人 中微半导体设备(上海)有限公司
地址 201201 上海市浦东金桥出口加工区
(南区)泰华路 188 号

(72) 发明人 任刚 黄智林

(74) 专利代理机构 上海智信专利代理有限公司
31002

代理人 王洁

(51) Int. Cl.

H01L 21/00(2006. 01)

G01M 3/00(2006. 01)

G01J 3/28(2006. 01)

(56) 对比文件

JP 特开平 7-22401 A, 1995. 01. 24, 全文.

JP 特开平 7-45589 A, 1995. 02. 14, 全文.

US 5789754 A, 1998. 08. 04, 全文.

CN 101592543 A, 2009. 12. 02, 全文.

TW M318720 U, 2007. 09. 11, 全文.

US 7590498 B1, 2009. 09. 15, 全文.

审查员 祁恒

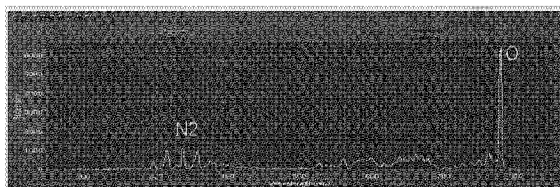
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54) 发明名称

一种反应腔漏气检测方法及真空反应器控制方法

(57) 摘要

一种反应腔漏气检测方法及真空反应器控制方法,为了实现对真空反应器的反应腔进行实时准确的漏气状况检测,同时保证检测步骤不影响产能。本发明提出了新的检测方法:在反应腔内完成对待加工基片的加工后移除待加工基片,进入清洗流程。在清洗流程中通入氧气点燃等离子,通过光学观测器件来分析氧等离子产生的光谱中是否有代表氮气的频谱。如果有代表氮气的频谱强度大于设定值则判断反应腔存在泄露,停止真空反应器运行;没有检测到代表氮气的频谱大于设定参考值时进入下一步的加工步骤。通过本方法可以利用现有的加工流程和设备实现实时的漏气检测保证了产能。



1. 一种反应腔漏气检测方法,包括:

基片加工步骤,在反应腔里对工件进行加工;

等离子清洗步骤,通入氧气并点燃等离子,检测氧等离子体中的光谱,所述等离子清洗步骤包括第一等离子清洗段和接下来的第二等离子清洗段,其中,所述第一等离子清洗段完成对所述反应腔内腔的清洗,第二等离子清洗段开始检测等离子体光谱成分;检测到代表氮气的光谱大于参考值时判断反应腔漏气。

2. 如权利要求 1 所述的反应腔漏气检测方法,其特征在于,所述基片加工步骤包括刻蚀或化学气相沉积。

3. 如权利要求 1 所述的反应腔漏气检测方法,其特征在于在第二等离子清洗段检测到并判断发生反应腔漏气时继续该第二等离子清洗段,直到等离子清洗步骤结束;判断反应腔没有漏气时立即终止等离子清洗步骤,进入下一个基片加工步骤。

4. 如权利要求 1 所述的反应腔漏气检测方法,其特征在于,所述在第二清洗段检测等离子光谱成分是用反应终点检测系统来实现的。

5. 如权利要求 1 所述的反应腔漏气检测方法,其特征在于,所述第一等离子清洗阶段时间长度大于 20 秒,第二清洗段的时间小于 5 秒。

6. 如权利要求 1 所述的反应腔漏气检测方法,其特征在于,所述代表氮气的光谱波长为 316,337,355nm 之一。

7. 一种真空反应器的工件加工方法,包括:

加工步骤,通入反应气体到真空反应器的反应腔内对工件进行加工;

等离子清洗步骤,通入氧气并点燃等离子,清洗真空反应器内腔;

多个加工步骤和等离子清洗步骤交替循环,

其中该等离子清洗步骤包括第一清洗段和第二清洗段,第一清洗段在第一预定时间内完成对真空反应器内腔的清洗,第二清洗段在第二预定时间内检测氧等离子中的光谱,检测到代表氮气的光谱大于设定参考值时判断真空反应器的反应腔漏气,停止真空反应器运行;没有检测到代表氮气的光谱大于设定参考值时进入下一步的加工步骤。

8. 如权利要求 7 所述的真空反应器的工件加工方法,其特征在于,所述第一预定时间长于 20 秒,第二预定时间小于 5 秒。

9. 如权利要求 7 所述的真空反应器的工件加工方法,其特征在于,所述第二清洗段内判断反应腔漏气后直到第二预定时间结束再停止真空反应器运行。

一种反应腔漏气检测方法及真空反应器控制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及半导体器件的制造领域,尤其涉及一种等离子处理设备的气体泄漏检测方法。

背景技术

[0002] 现代半导体加工设备经常用到等离子体对基片进行加工,通常要将设备内的反应腔抽成真空或者在极低气压下通入反应气体,再对半导体或其它材料构成的基片进行加工。半导体加工设备包括化学气相沉积 (CVD),刻蚀,等离子辅助化学气相沉积 (PECVD) 等。在这些处理过程中需要保证反应过程精确的控制,因为任何不可控因素的引入都会导致处理得到的基片产生缺陷,甚至重大的缺陷。半导体加工设备的反应腔漏气就是需要严格防止的情况之一,因为空气中的 N_2 , O_2 , 水汽及其它气体泄漏到反应腔内都会对反应腔的反应过程和氛围造成重大影响。最终造成加工基片的缺陷。所以需要在基片处理流程上对空气泄漏故障进行检测和处理。

[0003] 一般的真空反应腔检漏方法需要先将反应腔抽至低气压,然后用压强计 (manometer) 测量压强随时间变化而计算出漏率。这种方法需要占用很长的时间,从而影响产能,另外这种方法不能在生产过程中实时的监控有无泄漏发生。

[0004] 现有技术如 US5789754 揭露了利用在反应腔中点燃等离子体,然后利用光学感应器来检测等离子体中的光谱,发现光谱中有代表空气的成分如氧气的对应光谱而且该频率发光强度大于设定值时就判断得出该反应腔已经漏气。

[0005] 现有技术 US2005/00037500 揭露了在反应腔内通入氟碳化合物或碳氢化合物来产生等离子体,然后再检测碳与空气中的氮形成的 CN 化合物的对应光谱来判断反应腔是否有漏气。其它现有技术也有用氩气 (Argon) 来点燃等离子再检测代表空气成分的对应光谱来检测漏气的。

[0006] 这些现有技术都用到点燃等离子来检测有没有代表空气成分的光谱来判断有没有漏气。但是这些现有技术在点燃等离子的方法上存在弊病,在对基板进行处理过程中本身需要点燃等离子,但是此时进行检测在应用场合上受到很大限制:反应气体和待处理基片不能含有任何与空气中的特征气体相同的原子比如氧、氮、碳。否则本身反应气体或待处理基片如 SiO_2 、 SiN 中的原子也会发出对应波长的光就无法判断反应腔是否漏气了。甚至反应腔本身部件也会含有氧成分 (如 Al_2O_3 或 Y_2O_3) 所以在反应过程中检测会有很大的局限。如果把漏气检测做为额外步骤添加到加工处理步骤之后虽然可以避免上述问题,但是额外的时间会对整个处理系统的产能造成影响。而且漏气检测需要实时进行,所以如果要用额外的检测步骤的话就需要在基片加工处理完成后频繁进行,这样一来为了检测漏气就会极大的降低了半导体加工设备实际加工的时间,降低了产能。

[0007] 所以工业界需要改进现有漏气检测方法,在提高漏气检测应用范围的同时不会对整个系统的产能造成影响。

发明内容

[0008] 本发明的目的在于提供一种反应腔气体泄漏检测方法,其不仅能够提供较好的形貌控制,而且可以实现高精度、快速高效、无反应腔污染的刻蚀。

[0009] 本发明是通过以下技术方法实现的:

[0010] 一种反应腔漏气检测方法,包括:基片加工步骤,在反应腔里对工件进行加工;等离子清洗步骤,通入氧并点燃等离子,检测氧等离子体中的光谱,检测到代表氮气的的光谱大于参考值时判断反应腔漏气。

[0011] 其中基片加工步骤包括刻蚀或化学气相沉积。所述等离子清洗步骤包括第一等离子清洗段和接下来的第二等离子清洗段,第二等离子清洗段开始检测等离子体光谱成分。当第二等离子清洗段检测到并判断发生反应腔漏气时继续该第二等离子清洗段,直到等离子清洗步骤结束;判断反应腔没有漏气时立即终止等离子清洗步骤,进入下一个基片加工步骤。其中在第二清洗段检测等离子光谱成分是用反应终点检测系统来实现的。该等离子清洗步骤第一等离子清洗阶段时间长度大于 20 秒,第二清洗段的时间小于 5 秒。

[0012] 本发明反应腔漏气检测方法,其特征在于,所述代表氮气的的光谱波长为 316, 337, 355nm 之一。

[0013] 本发明也提供一种真空反应器控制方法,该控制方法包括:加工步骤,通入反应气体到反应腔内对工件进行加工;等离子清洗步骤,通入氧并点燃等离子,清洗真空反应器内腔;多个加工步骤和等离子清洗步骤交替循环,其中该等离子清洗步骤包括第一清洗段和第二清洗段,第一清洗段在第一预定时间内完成对真空反应器内腔的清洗,第二清洗段在第二预定时间内检测氧等离子中的光谱,检测到代表氮气的的光谱大于设定参考值时判断反应腔漏气,停止真空反应器运行;没有检测到代表氮气的的光谱大于设定参考值时进入下一步的加工步骤。其中所述第一预定时间可以长于 20 秒,第二预定时间小于 5 秒。

[0014] 所述第二清洗段内判断反应腔漏气后直到第二预定时间结束再停止真空反应器运行。

附图说明

[0015] 图 1 示出了运用本发明一个具体实施例的反应腔结构图

[0016] 图 2 为根据本发明的一个具体实施例的反应腔内光谱分布示意图;

[0017] 图 3 为根据本发明判断气体泄漏和反应腔运行的流程。

具体实施方式

[0018] 本发明提供一种真空反应腔的气体泄漏检测方法。真空反应腔可以是广泛应用的等离子刻蚀或化学沉积反应腔,也可以是其它需要真空状态的反应腔。图 1 是一个典型的等离子刻蚀反应腔。该反应腔包括外腔体壁 1,腔体顶部有气体分布装置如喷淋头 11,喷淋头接受来自气源 110 的反应气体并均匀分布到反应腔内,同时该气体分布装置 11 也作为等离子产生的上电极。反应腔下部包括一基座 22,基座上设置有处理基片固定装置 21,基片固定装置 21 可以是静电夹盘 (ESC) 也可以是其它如机械固定装置。基片 20 放置在基片固定装置 21 上。边缘环 23 放置在基片外围以改进基片边缘区域的处理效果。一个射频电源施加到基座 22 中的下电极使得上下电极间产生高频电场点燃等离子。本发明除了适用于

图 1 所示的可以用于电容耦合型 (CCP) 等离子反应腔也可以用于电感耦合型 (ICP) 反应腔。也可以用在其它进行真空状态处理并且包括等离子点燃装置的反应腔上。

[0019] 半导体基片处理过程中通常会在加工完基片后移除加工完的基片,并对反应腔进行清洁,以去除反应过程中残留在反应腔内壁或其它部件上的聚合物或其它残留物。这种生产过程中的 (wafer-less clean WLC) 步骤通常要向反应腔中通入纯氧,点燃等离子,然后利用等离子体的氧清除残留物。在清洁步骤完成后就可进行下一步的基片处理了。本发明在等离子清洁步骤中利用图 1 所示的光学探测仪器 30 提取反应腔中的等离子发出的光线,光信号传输给光谱仪并提取等离子光信号的频谱分布 (如图 2 所示),最后通过处理器如 PC 的计算比较来判断是否反应腔发生了空气泄漏。其中光学探测仪器 30 和光谱仪、PC 可以与反应腔的反应终点探测系统共用也可以是为漏气探测专门设计新的光学探测系统。如图 2 所示清洁过程中的氧产生典型物质特征谱为 $\lambda = 777\text{nm}$ 。空气中 $\sim 70\%$ 的成分为氮气 (N_2), N_2 的特征谱线为 $\lambda = 316, 337, 355\text{nm}$ 。如果反应腔有泄漏,空气中的 N_2 就会进入反应腔,光谱中就会出现如图 2 所示 N_2 的特征谱线。 N_2 特征谱线的强弱与反应腔的漏率成正比。通过对光谱中的 N_2 等离子谱线的实时检测,即可对反应腔的漏率进行实时检测。

[0020] 使用本发明应用到现有自动化生产线中可以采用特殊设计的流程。将传统清洁步骤的时间控制模式改为终点检测模式的新清洁步骤,并将延迟时间设置为原始清洁步骤所需时间。例如原有清洁步骤要求点燃等离子 25 秒后结束清洁步骤,在本发明中可以将延迟时间设为 25 秒,其中延迟时间选择可以根据真空反应腔的形状容积,和氧气通入量等参数的不同选择不同的时间长度,以保证能够清洁整个反应腔为宜,比如 20 秒的时间在氧气通入量较高时就足以完成清洁任务。以下提及清洁步骤的均是指本发明特殊流程的清洁步骤 (第一等离子清洗段)。清洁步骤经过足够时间长度的等离子清洁以保证反应腔内壁清洁后再进入气体泄漏检测步骤 (第二等离子清洗段),本发明等离子清洁处理所需时间可设定为一个略长于原有清洁步骤所需时间的处理时间,如设定为 30 秒。在处理时间 30 秒内先进行传统的等离子清洁步骤 25 秒再利用终点判断系统开始对气体泄漏情况进行判断。在气体泄漏判检测步骤中可以用 N_2 等离子谱线强度是否小于某一数值来进行,例如:当 N_2 特征谱线 $\lambda = 316\text{nm}$ 的强度低于 100 时清洁步骤终止,处理流程准备进入下一片基片的处理阶段。其中参考的发光强度随着腔体漏率要求的不同可以不同,比如当腔体漏率为 $3.6\text{mtorr}/\text{min}$ 时参考的 316nm 谱线强度为 120。当通过比对发现 N_2 特征谱线 $\lambda = 316\text{nm}$ 的强度大于 100 时则代表发生了气体泄漏。

[0021] 在利用现有反应终点探测系统来判断气体泄漏状态时,由于现有反应终点探测系统仅需在发现反应终点对应的光谱后直接结束当前加工步骤,无需作进一步动作,所以通常该系统软件没有多余的判断并跳转模块,应用到本发明场合时用原有软件就不能有效实现本发明的功能了。如果要修改现有反应终点探测系统的软件则需要投入大量的成本与时间进行调试。此时由于终点检测系统中软件环境的不同,当发现有气体泄漏情况时可以有不同的选择:可以继续执行气体泄漏检测步骤直到预设的气体泄漏检测步骤时间 (5S) 结束,设备停止运行,排查故障;当没有检测到气体泄漏时直接进入下一步的半导体基片处理步骤。参考图 3 所示的流程。这样的逻辑设置可以使得在不增加额外时间的情况下检测气体泄漏情况,即使有检测到发生气体泄漏情况也仅需等待数秒钟然后进入故障状态。所以采用本发明上述图 3 所示的流程可以实现完全用现有反应终点探测系统的软件,再利用一

个简单的计时器即可实现本发明的功能而不增加任何成本。当然,只要现有反应终点探测系统的软件环境允许,也可以在发现漏气时直接终止处理步骤停止设备运行,排查故障。

[0022] 本发明利用现有清洁步骤中的氧气等离子实现了对泄漏气体的光谱分析,由于在清洁过程中只有氧被通入反应腔,反应过程中的残留物也在先前进行的清洁过程中被分解抽走,所以基本没有杂质原子对检测结果造成影响。本发明可以用于任何真空反应腔的漏气检测,具有很广的适用性。同时清洁步骤本身就是处理流程的必要步骤所以本发明也没有降低设备的运行效率保证了产能稳定。

[0023] 本发明利用等离子光谱来检测反应腔泄露方法可以应用于任何真空反应腔,在第一步对基片处理完成后将基片移除,在后续的清洁步骤中通入清洁反应腔内壁的气体并点燃等离子体,然后检测是否有代表空气成分的光谱如 $\lambda = 316\text{nm}$ 的光谱,且该光谱的强度大于设定值来判断反应腔是否漏气。其逻辑判断和运行流程可以与图 3 所示的相同。本发明在每个处理步骤之间的清洁步骤都对反应腔进行检测可以实现对反应腔的实时检测。在检测完成后如果没有发现漏气现象则进入下一步等离子处理步骤,下一步处理步骤可以与检测前的处理步骤不同也可以相同。

[0024] 本发明虽然以较佳实施例公开如上,但其并不是用来限定本发明,任何本领域技术人员在不脱离本发明的精神和范围内,都可以做出可能的变动和修改,因此本发明的保护范围应当以本发明权利要求所界定的范围为准。

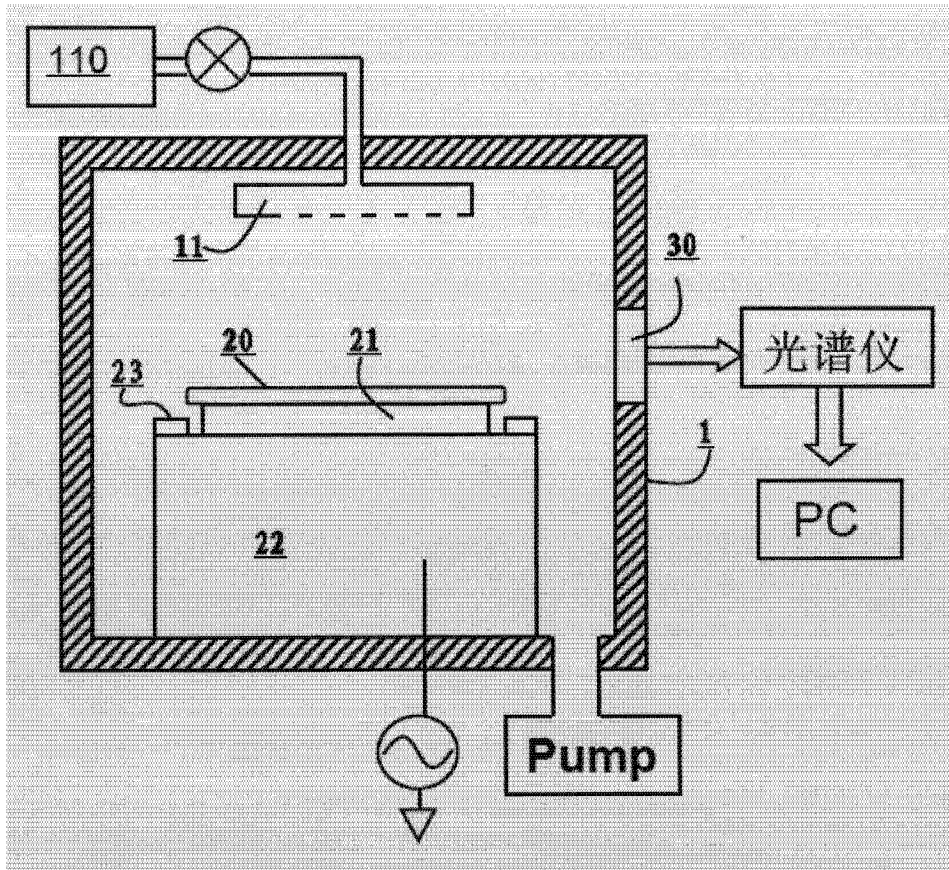


图 1

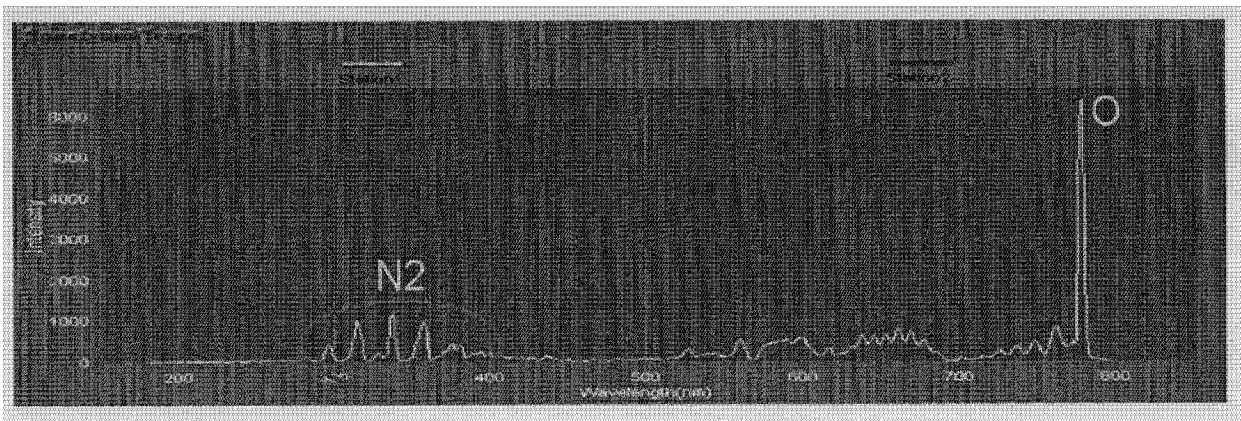


图 2

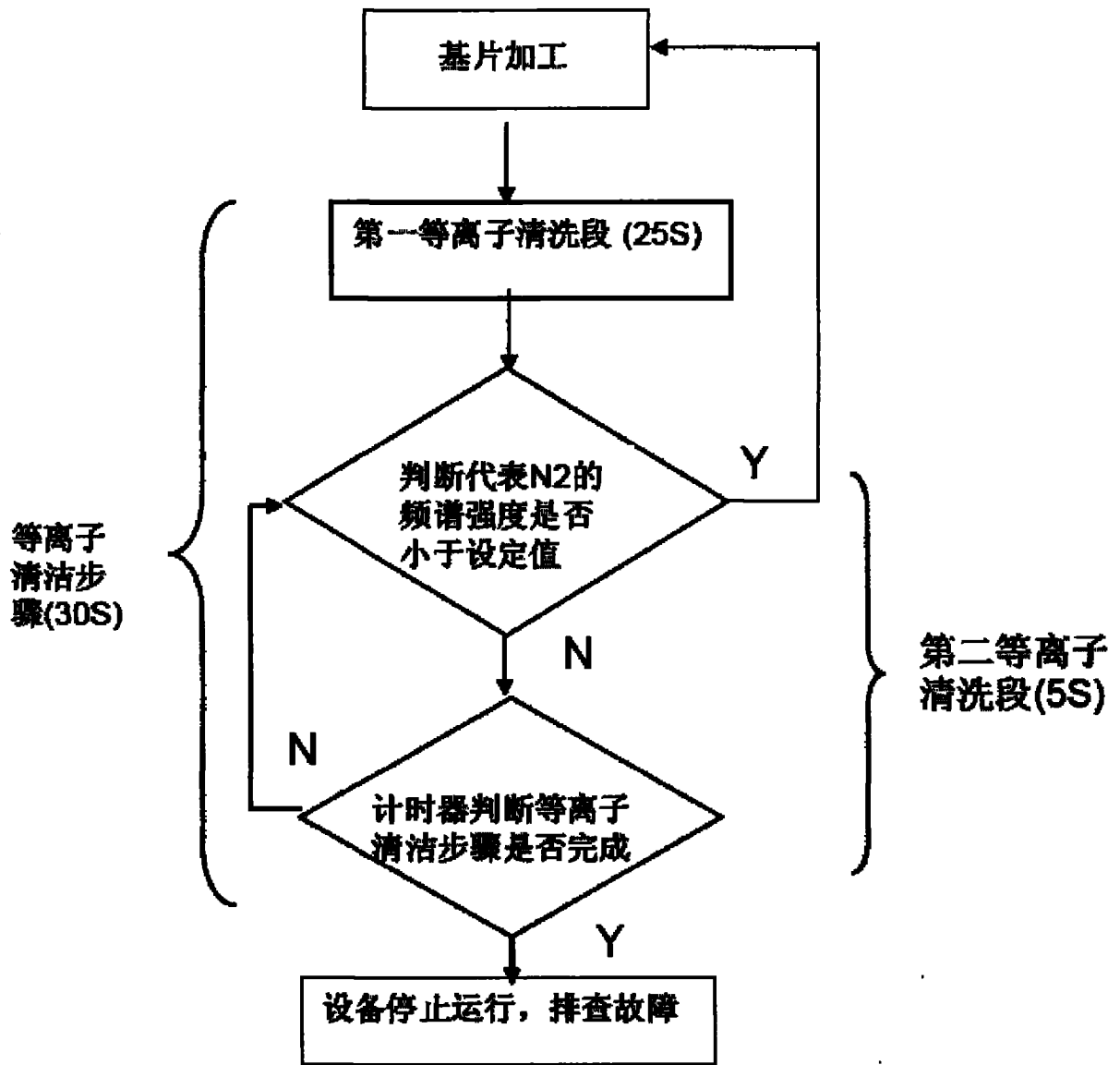


图 3