

电镀液回流控制系统及控制方法

技术领域

5 本申请涉及半导体制造设备领域，特别是涉及一种电镀液回流控制系统及控制方法。

背景技术

10 在电镀工艺中，电镀液的稳定性对电镀的效果至关重要，直接影响着镀层的质量与均一性。电镀液中气泡的控制是影响电镀液及电镀工艺稳定性的关键因素。如果电镀液中混入气泡，一方面因气泡内含有氧气，可能会使电镀液中的添加剂氧化分解，导致镀液不稳定，影响电镀速率；另一方面，气泡随着镀液循环系统进入电镀工艺腔内，晶圆水平电镀时，接触气泡的位置将会出现阻碍金属沉积的空穴，即晶圆上有气泡的位置很难进行有效电镀。

15 在电镀工艺中，电镀液从电镀工艺腔回流至储液槽的过程中非常容易带入空气，产生气泡。因此，有必要设计一种电镀液回流控制系统及控制方法，以有效减少甚至消除电镀液从电镀工艺腔回流至储液槽的过程中产生的气泡，提高电镀液的稳定性，进而提高电镀工艺的效率及工艺稳定性。

20 发明内容

 鉴于以上所述现有技术的缺点，本发明的目的在于提供一种电镀液回流控制系统及控制方法，用于解决现有技术的电镀工艺过程中，电镀液从电镀工艺腔回流至储液槽的过程中极易发生气泡的引入，导致电镀工艺的效率及工艺稳定性较低等的问题。

25 为实现上述目的及其它相关目的，本发明的一方面提供了一种电镀液回流控制系统，包括工艺腔、储液槽、控制装置、溢流管路、回流管路以及设置在所述回流管路上的气泡检测装置和回流控制阀；其中，所述工艺腔包括反应槽和溢流槽，所述溢流槽设置于所述反应槽的外围，用于接收从所述反应槽溢流出的电镀液；所述溢流槽的侧壁的预定高度处设有溢流口，所述溢流管路用于

连通所述溢流口和所述储液槽；所述溢流槽设有回流口，所述回流管路用于连通所述回流口和所述储液槽，以将所述溢流槽中的电镀液回流至所述储液槽；所述气泡检测装置设置于所述回流口与所述回流控制阀之间，用于检测所述回流管路中流经所述气泡检测装置的电镀液中是否有气泡；所述控制装置与所述回流控制阀和所述气泡检测装置通信连接，用于根据所述气泡检测装置的检测结果和所述溢流管路中电镀液的流量，调节所述回流控制阀的开度，从而调节所述回流管路的流量。

本发明的另一方面还提供了一种电镀液回流控制方法，包括如下步骤：S1，工艺腔开始执行工艺，电镀液从反应槽溢流至溢流槽，然后经回流管路流入储液槽，使得电镀液在系统中循环；S2，气泡检测装置检测流经气泡检测装置的电镀液中是否有气泡，将检测结果发送至控制装置；S3，若检测结果为有气泡，则控制装置调小回流控制阀的开度，返回步骤 S2；若检测结果为无气泡，则在经过第一预设时长后，执行步骤 S4；S4，调节回流控制阀的开度，并计算溢流管路中电镀液的流量，直至溢流管路中电镀液的流量不大于预设溢流流量范围的上限或者直至溢流管路中的流量在预设溢流流量范围内。

如上所述，本发明提供一种电镀液回流控制系统及控制方法，在溢流槽的侧壁的预定高度处设置溢流口，溢流管路用于连通溢流口和储液槽；溢流槽设有回流口，气泡检测装置设置于回流口与回流控制阀之间，用于检测回流管路中流经气泡检测装置的电镀液中是否有气泡；控制装置用于根据气泡检测装置的检测结果和溢流管路中电镀液的流量，调节回流控制阀开度，从而调节回流管路的流量，能够减少甚至消除电镀液从电镀工艺腔回流至储液槽的过程中产生的气泡，提高电镀液的稳定性，进而提高电镀工艺的效率及稳定性。

附图概述

本申请的特征、性能由以下的实施例及其附图进一步描述。

图 1 显示为一电镀液回流控制系统的示意图；

图 2、图 3 显示为本发明实施例一中的电镀液回流控制系统的示意图；以及

图 4 显示为本发明的电镀液回流控制方法的流程示意图。

本申请的较佳实施方式

以下通过特定的具体实例说明本发明的实施方式，本领域技术人员可由本说明书所揭露的内容轻易地了解本发明的其它优点与功效。本发明还可以通过另外不同的具体实施方式加以实施或应用，本公开中的各项细节也可以基于不同观点与应用，在没有背离本发明的精神下进行各种修饰或改变。

需要说明的是，本公开的附图仅以示意方式说明本发明的基本构想，虽附图中仅显示与本发明中有关的组件而非按照实际实施时的组件数目、形状及尺寸绘制，其实际实施时各组件的形态、数量及比例可为一种随意的改变，且其组件布局形态也可能更为复杂。

下面的描述涉及附图时，除非另有表示，不同附图中的相同数字表示相同或相似的要素。以下示例性实施例中所描述的实施方式并不代表与本发明相一致的所有实施方式。相反，它们仅是与如所附权利要求书中所详述的、本发明的一些方面相一致的装置的例子。

在本公开使用的术语是仅仅出于描述特定实施例的目的，而非旨在限制本公开。在本公开和所附权利要求书中所使用的单数形式的“一种”、“所述”和“该”也旨在包括多数形式，除非上下文清楚地表示其他含义。还应当理解，本文中使用的术语“和/或”是指并包含一个或多个相关联的列出项目的任何或所有可能组合。

在本公开的描述中，除非另有规定和限定，需要说明的是，术语“安装”、“相连”、“连接”应做广义理解，例如，可以是机械连接或电连接，也可以是两个元件内部的连通，可以是直接相连，也可以通过中间媒介间接相连，对于本领域的普通技术人员而言，可以根据具体情况理解上述术语的具体含义。

应当理解，尽管在本公开可能采用术语第一、第二、第三等来描述各种信息，但这些信息不应限于这些术语。这些术语仅用来将同一类型的信息彼此区分开。

在本公开的描述中，需要理解的是，可能使用到的术语“上”“下”“前”“后”“左”“右”“竖直”“水平”“顶”“底”“内”“外”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系，仅是为了便于描述本发明和

简化描述，而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作，因此不能理解为对本发明的限制。

如图 1 所示，为一种电镀液回流控制系统的示意图，系统包括工艺腔 10、回流管路 20、储液槽 30。工艺腔 10 位于上方，储液槽 30 位于下方，回流管路 20 的上端连接工艺腔 10，回流管路 20 的下端连接储液槽 30。应当理解的是，在晶圆制程中，通常采用多腔电镀设备用以提高生产能力，图 1 仅示出了电镀设备中的一个电镀工艺腔 10。工艺腔 10 包括反应槽 110 以及位于反应槽 110 外围的溢流槽 120，电镀液 130 由储液槽 30 供给到反应槽 110，再由反应槽 110 溢流到溢流槽 120，溢流槽 120 的底部设有回流口以便电镀液 130 通过回流管路 20 回流至储液槽 30。

为了对回流管路 20 中的电镀液 130 起到一定的缓冲作用，通常在回流管路 20 上设置集液漏斗 200。集液漏斗 200 包括位于自身顶部的集液管 2001 和位于自身侧壁或底部的排液口，集液管 2001 与溢流槽 120 的回流口相连通，排液口与回流管路 20 的管路主体 201 相连通，管路主体 201 的上端连接集液漏斗 200 的排液口，管路主体 201 的下端连接储液槽 30。溢流槽 120 内的电镀液 130 先流入集液漏斗 200 中，再由集液漏斗 200 通过管路主体 201 流至储液槽 30。由于溢流槽 120 为敞口槽，因此，如图 1 所示，当溢流槽 120 中的电镀液 130 过少时，会混入空气 40，形成大量的气泡。气泡会顺着回流管路 20 进入储液槽 30 中，并随电镀液循环进入工艺腔 10 内，影响电镀液 130 的稳定性，进而影响工艺效率和工艺稳定性。

实施例一

至少为解决上述问题，本发明的一方面提供了一种电镀液回流控制系统。参阅图 2，其示出本发明实施例一中的电镀液回流控制系统的示意图。电镀液回流控制系统包括工艺腔 1、储液槽 3、控制装置 231、溢流管路 4、回流管路 2 以及设置在回流管路 2 上的气泡检测装置 24 和回流控制阀 23。

示例性地，本实施例中，控制装置 231 可以为计算机、PLC 等控制装置，回流控制阀 23 可以为球阀，气泡检测装置 24 可以为介电常数气泡传感器、光学气泡传感器、超声波气泡传感器等装置。

工艺腔 1 包括反应槽 11 和溢流槽 12，溢流槽 12 设置于反应槽 11 的外围，

用于接收从反应槽 11 中溢流出的电镀液 13。溢流槽 12 设有回流口 122，回流管路 2 用于连通回流口 122 和储液槽 3，以将溢流槽 12 中的电镀液 13 回流至储液槽 3。如图 2 所示，本实施例中，回流口 122 设置于溢流槽 12 的底部。

5 气泡检测装置 24 设置于回流口 122 与回流控制阀 23 之间，用于检测回流管路 2 中流经气泡检测装置 24 的电镀液 13 中是否有气泡；控制装置 231 与回流控制阀 23 和气泡检测装置 24 通信连接，用于根据气泡检测装置 24 的检测结果和溢流管路 4 中电镀液 13 的流量，调节回流控制阀 23 的开度，从而调节回流管路 2 的流量。

具体地，本实施例中，控制装置 231 用于：存储预设溢流流量范围，在气泡检测装置 24 检测为有气泡时，调小回流控制阀 23 的开度；在气泡检测装置 24 检测为无气泡时，在经过第一预设时长后，调节回流控制阀 23 的开度，计算溢流管路 4 中电镀液 13 的流量，将溢流管路 4 中电镀液 13 的流量与预设溢流流量对比，直至溢流管路 4 中电镀液 13 的流量不大于预设溢流流量范围的上限或者直至溢流管路 4 中电镀液 13 的流量在预设溢流流量范围内。

15 如图 2 所示，气泡检测装置 24 设置于回流口 122 的下方，并且靠近回流口 122。气泡检测装置 24 检测为有气泡，说明电镀液 13 在溢流槽 12 中混入了气体，例如是空气，空气从回流口 122 进入回流管路 2 中。气泡检测装置 24 将该检测结果发送至控制装置 231，控制装置 231 调小回流控制阀 23 的开度，从而调小回流管路 2 的流量，反应槽 11 溢流出的电镀液 13 可以在溢流槽 12 中积聚以对溢流槽 12 起到液封作用，阻止空气混入溢流槽 12 的电镀液 13 并从回流口 122 进入回流管路 2 中。

25 由于在调小回流控制阀 23 的开度后，电镀液 13 可能会在溢流槽 12 中持续积聚，并最终从溢流槽 12 的顶部溢流出工艺腔 1，造成污染和浪费，引发安全风险，使得工艺无法继续正常进行。因此，在保证电镀液 13 可以在溢流槽 12 中积聚以对溢流槽 12 起到液封作用的同时，也要避免电镀液 13 在溢流槽 12 中积聚过多，影响工艺正常进行。

为了避免溢流槽 12 中的电镀液 13 过多而从溢流槽 12 的顶部溢流出工艺腔 1，影响工艺的正常进行，如图 2 所示，溢流槽 12 的侧壁的预定高度处设有溢流口 124，溢流管路 4 用于连通溢流口 124 和储液槽 3。溢流槽 12 中的电镀

液 13 过多时，可以经溢流口 124 流入储液槽 3 中，以防止溢流槽 12 中的电镀液 13 溢出工艺腔 1。

发明人经深入研究和多次实验，发现在溢流管路 4 中的电镀液 13 流量维持在一定的范围内时，例如是 0-2 L/min 时，既可以实现溢流槽 12 中有足够的电镀液 13 以对溢流槽 12 起到液封作用，又可以降低甚至消除溢流槽 12 中的电镀液 13 过多而从溢流槽 12 的顶部溢出工艺腔 1 的风险。

具体地，可以预先设置预设溢流流量，例如是 0-2 L/min，然后控制装置 231 调节回流控制阀 23 的开度，计算对应的溢流管路 4 中的电镀液 13 流量，直至在气泡检测装置 24 检测为无气泡且溢流管路 4 中的电镀液 13 流量不大于预设溢流流量范围的上限或者在预设溢流流量范围内。下面给出本实施例中的电镀液回流控制系统工作的示例性步骤。

首先，工艺腔 1 开始执行工艺，电镀液 13 从反应槽 11 溢流至溢流槽 12，然后经回流管路 2 流入储液槽 3，使得电镀液 13 在系统中循环；

然后，气泡检测装置 24 检测流经气泡检测装置 24 的电镀液 13 中是否有气泡，将检测结果发送至控制装置 231；若检测结果为有气泡，则控制装置 231 调小回流控制阀 23 的开度，直至检测结果为无气泡；若检测结果为无气泡，则在经过第一预设时长后，控制装置 231 调节回流控制阀 23 的开度，并计算溢流管路 4 中电镀液 13 的流量，直至溢流管路 4 中电镀液 13 的流量在预设溢流流量范围内。应当理解的是，设置第一预设时长，是为了让电镀液 13 继续在溢流槽 12 中积聚一段时间，避免在后续调节中，电镀液 13 过快减少而使得空气混入回流管路 2 中。本领域技术人员可以根据实际情况设置第一预设时长，第一预设时长也可以为 0。

下面给出计算溢流管路 4 中电镀液 13 的流量的示例性步骤：

首先，控制装置 231 调大回流控制阀 23 的开度，并记录开始调大时的回流控制阀 23 的开度 K_1 和时刻 T_0 ；直至气泡检测装置 24 检测为有气泡时，记录此时的回流控制阀 23 的开度 K_2 和时刻 T_1 ；获取预先存储的开度 K_1 下回流管路 2 的流量 F_1 、开度 K_2 下回流管路 2 的流量 F_2 以及溢流槽 12 中自溢流口 124 至气泡检测装置 24 检测为有气泡的临界位置的容积 V ，根据方程式 $F_3 = (F_2 - F_1) - V / (T_1 - T_0)$ ，即可计算得出开度 K_2 下溢流管路 4 中电镀液 13 的流量 F_3 。

应当理解的是，回流控制阀 23 的开度与通过回流控制阀 23 的液体流量之间存在已知的数学关系，在方程式 $F_3=(F_2-F_1)-V/(T_1-T_0)$ 中， F_1 为 K_1 的开度下测算出的回流管路 2 的流量， F_2 为 K_2 的开度下测算出的回流管路 2 的流量，即 $F_2=f(K_2)$ ， $F_1=f(K_1)$ 。 T_1 和 T_0 是已知量， V 是自溢流管路 4 开始发生溢流到气泡检测装置 24 检测为有气泡，这个时间段内，溢流槽 12 中减少的电镀液 13 的体积，即为溢流槽 12 中自溢流口 124 至气泡检测装置 24 检测为有气泡的临界位置的容积 V ，在溢流口 124 的位置和溢流槽 12 的尺寸已知的情况下， V 也是可以测量得出的已知量。因此，通过上述方程式，可以计算出此时溢流管路 4 中的电镀液 13 的流量 F_3 。

10 若 F_3 不大于预设溢流流量范围的上限，则控制装置 231 保持当前的回流控制阀 23 的开度；若 F_3 大于预设溢流流量范围的上限，则控制装置 231 调大回流控制阀 23 的开度，按照上述计算溢流管路 4 中的流量的示例性步骤计算溢流管路 4 中的流量，直至溢流管路 4 中电镀液 13 的流量不大于预设溢流流量范围的上限。

15 通过以上步骤，在气泡检测装置 24 检测为有气泡时，控制装置 231 调小回流控制阀 23 的开度，以使得溢流槽 12 中有足够的电镀液 13 以对溢流槽 12 起到液封作用，阻止空气经溢流槽 12 混入回流管路 2 而形成气泡；在气泡检测装置 24 检测为无气泡时，在经过第一预设时长后，控制装置 231 调节回流控制阀 23 的开度，并计算溢流管路 4 中电镀液 13 的流量，直至溢流管路 4 中
20 电镀液 13 的流量不大于预设溢流流量范围的上限，进而降低甚至消除溢流槽 12 中的电镀液 13 过多而从溢流槽 12 的顶部溢流出工艺腔 1 的风险。

可选地，在其他可能的实施例，计算得出开度 K_2 下溢流管路 4 中电镀液 13 的流量 F_3 后，若 F_3 在预设溢流流量范围内，则控制装置 231 保持当前的回流控制阀 23 的开度；若 F_3 大于预设溢流流量范围的上限，则控制装置 231
25 调大回流控制阀 23 的开度，按照上述计算溢流管路 4 中电镀液 13 的流量的示例性步骤计算溢流管路 4 中的流量，直至溢流管路 4 中电镀液 13 的流量在预设溢流流量范围内；若 F_3 小于预设溢流流量范围的下限，说明此时溢流槽 12 中的电镀液 13 积聚的足够液封溢流槽 12，但是体积少于电镀液 13 到达溢流口 124 时的体积，可能很快就会到达气泡检测装置 24 检测为有气泡的临界位置，

因此，可以先调小回流控制阀 23 的开度并维持第二预设时长，然后调大回流控制阀 23 的开度，按照上述计算溢流管路 4 中电镀液 13 的流量的示例性步骤计算溢流管路 4 中的流量，直至溢流管路 4 中电镀液 13 的流量在预设溢流流量范围内。应当理解的是，其中，本示例中预设溢流流量范围的下限为 0，因此，

5 计算得出的 F3 也可能为负值。

可选地，可以定期或者不定期地，例如在完成一批次晶圆的电镀后，更新系统，按照上述步骤，重新确定回流控制阀 23 的开度，直至在气泡检测装置 24 检测为无气泡且溢流管路 4 中的电镀液 13 流量不大于预设溢流流量范围的上限或者在预设溢流流量范围内，以提升电镀液回流控制系统的可靠性。

10 可选地，在工艺腔 1 执行工艺前，可以通过模拟工艺的方式，参照工艺腔 1 执行工艺的步骤得出一个比较合适的回流控制阀 23 的初始开度 K，使得溢流管路 4 中的电镀液 13 流量维持在一定的范围内，例如是 0-2 L/min，既可以实现溢流槽 12 中有足够的电镀液 13 以对溢流槽 12 起到液封作用，又可以降低甚至消除溢流槽 12 中的电镀液 13 过多而从溢流槽 12 的顶部溢流出工艺腔 1
15 的风险。这样，在执行工艺时，可以直接将回流控制阀 23 的调节至初始开度 K，然后让系统在初始开度 K 的基础上进行自动调节，能够有效提升系统自动调节的效率。

下面给出示例性的步骤：

20 调节回流控制阀 23 的开度至一较大的初始值，例如调节至 100%，让电镀液 13 开始在系统中循环，气泡检测装置 24 检测流经其自身的电镀液 13 中是否有气泡。此时，溢流槽 12 的电镀液 13 尚未积聚，大量空气随电镀液 13 进入回流管路 2，气泡检测装置 24 检测为有气泡。

25 逐渐调小回流控制阀 23 的开度，使得电镀液 13 可以在溢流槽 12 中不断积聚，直至电镀液 13 经溢流口 124 在溢流管路 4 中溢流时，记录此时的时刻 T00，回流控制阀 23 的开度 K01。应当理解的是，溢流口 124 的位置可以根据溢流槽 12 的实际结构进行合理设计，其目的是确保系统能够安全运行，当电镀液 13 超过溢流口 124 时，存在电镀液 13 从溢流槽 12 的顶部溢流出工艺腔 1 的安全风险。

逐渐调大回流控制阀 23 的开度，使得溢流槽 12 中的电镀液 13 逐渐减少，

直至气泡检测装置 24 再次检测为有气泡，记录此时的时刻为 T01，回流控制阀 23 的开度 K02。

应当理解的是，K01 和 K02 可以是本领域技术人员容易知悉的经验值，例如 K01 是 55%，K02 是 60%，回流控制阀 23 的开度与通过回流控制阀 23 的液体流量之间存在已知的数学关系，在 K01 的开度下，可以测算出回流管路 2 的流量 F01，在 K02 的开度下，可以测算出回流管路 2 的流量 F02，即 $F01=f(K01)$ ， $F02=f(K02)$ 。

下面可以通过下列方程式(1)计算得出此时溢流管路 4 中的电镀液 13 的流量 F03：

10 (1) $F03=(F02-F01)-V/(T01-T00)$ 。

其中，F01 为 K01 的开度下测算出的回流管路 2 的流量，F02 为 K02 的开度下测算出的回流管路 2 的流量， $F01=f(K01)$ ， $F02=f(K02)$ ，K01 和 K02 的开度值是已知的经验值，因此，F01 和 F02 也是可以测算出的已知量；T01 和 T00 是已知量，V 是自溢流管路 4 开始发生溢流时的 T00 时刻到气泡检测装置 24 检测为有气泡时的 T01 时刻，这个时间段内，溢流槽 12 中减少的电镀液 13 的体积，即为溢流槽 12 中自溢流口 124 至气泡检测装置 24 检测为有气泡的临界位置的容积 V，在溢流口 124 的位置和溢流槽 12 的尺寸已知的情况下，V 也是可以测量得出的已知量。因此，通过上述方程式，可以计算出此时溢流管路 4 中的电镀液 13 的流量 F03。

20 若 F03 在预设溢流流量范围内，例如是 $0 \leq F03 \leq 2 \text{ L/min}$ ，则说明此时的开度 K02 是合适的；

若 F03 大于预设溢流流量范围，例如是 $F03 > 2 \text{ L/min}$ ，则说明此时需要调大回流控制阀 23 的开度，即调大 K02 的值；

25 若 F03 小于预设溢流流量范围，例如是 $F03 < 0 \text{ L/min}$ ，则说明此时需要调小回流控制阀 23 的开度，即调小 K02 的值。

重复上述步骤，即可获得合适的开度 K02，使得 $0 \leq F03 \leq 2 \text{ L/min}$ ，将此时的开度 K02 存储为初始开度 K，这样，在执行工艺时，可以直接将回流控制阀 23 调节至初始开度 K，然后让系统在初始开度 K 的基础上进行自动调节，能够有效提升系统自动调节的效率。

可选地，至少出于对回流管路 2 中的电镀液 13 起到一定的缓冲的目的，回流管路 2 包括集液漏斗 21 和管路主体 22，如图 2 所示，示例性地，集液漏斗 21 包括位于自身顶部的集液管 211 和位于自身底部的排液口，集液管 211 与回流口 122 相连通，排液口与管路主体 22 相连通。在其他可能的实施例中，排液口也可以设置在侧壁。

如图 3 所示，在具有多个工艺腔 1 的电镀设备中，每个集液漏斗 21 还可以具有 2 个集液管 211，此时集液漏斗 21 连通两个工艺腔 1，成为两个工艺腔 1 的回流控制系统中的公共回流区域。

可选地，由于工艺环境通常处于酸碱性氛围中，工艺环境比较恶劣，因此，为了增加系统控制的可靠性，在本实施例中，如图 2 所示，气泡检测装置 24 包括第一气泡检测装置 241 和第二气泡检测装置 242，第二气泡检测装置 242 设置于第一气泡检测装置 241 与回流控制阀 23 之间；回流控制阀 23 用于在第一气泡检测装置 241 和/或第二气泡检测装置 242 检测为有气泡时，调小回流管路 2 的开度。即，只要第一气泡检测装置 241 和第二气泡检测装置 242 中的至少一个检测为有气泡，回流控制阀 23 即调小回流管路 2 的开度。

实施例二

参阅图 4，本发明的另一方面提供了一种电镀液回流控制方法，应用于实施例一中的电镀液回流控制系统，包括：

S1,工艺腔 1 开始执行工艺，电镀液 13 从反应槽 11 溢流至溢流槽 12，然后经回流管路 2 流入储液槽 3，使得电镀液 13 在系统中循环；

S2,气泡检测装置 24 检测流经气泡检测装置 24 的电镀液 13 中是否有气泡，将检测结果发送至控制装置 231；

S3,若检测结果为有气泡，则控制装置 231 调小回流控制阀 23 的开度，返回步骤 S2；若检测结果为无气泡，则在经过第一预设时长后，执行步骤 S4；

S4, 调节回流控制阀 23 的开度，并计算溢流管路 4 中电镀液 13 的流量，直至溢流管路 4 中电镀液 13 的流量不大于预设溢流流量范围的上限或者直至溢流管路 4 中电镀液 13 的流量在预设溢流流量范围内。

在本实施例中，步骤 S4 进一步包括：

S41, 控制装置 231 调大回流控制阀 23 的开度，并记录开始调大时的回流

控制阀 23 的开度 K1 和时刻 T0;

S42, 直至气泡检测装置 24 检测为有气泡时, 记录此时的回流控制阀 23 的开度 K2 和时刻 T1;

5 S43, 获取预先存储的开度 K1 下回流管路 2 的流量 F1、开度 K2 下回流管路 2 的流量 F2 以及溢流槽 12 中自溢流口 124 至气泡检测装置 24 检测为有气泡的临界位置的容积 V, 根据方程式 $F3=(F2-F1)-V/(T1-T0)$, 计算此时溢流管路 4 中电镀液 13 的流量;

S44, 若 F3 不大于预设溢流流量范围的上限, 则控制装置 231 保持当前的回流控制阀 23 的开度;

10 若 F3 大于预设溢流流量范围的上限, 则返回步骤 S41。

可选地, 在工艺腔 1 执行工艺前, 可以通过模拟工艺的方式, 参照工艺腔 1 执行工艺的步骤得出一个比较合适的回流控制阀 23 的初始开度 K, 示例性地, 在步骤 S1 之前还包括:

15 S01, 调节回流控制阀 23 的开度至 100%, 让电镀液 13 开始在系统中循环, 气泡检测装置 24 检测流经其自身的电镀液 13 中是否有气泡;

S02, 逐渐调小回流控制阀 23 的开度, 使得电镀液 13 可以在溢流槽 12 中不断积聚, 直至电镀液 13 经溢流口 124 在溢流管路 4 中溢流时, 记录此时的时刻 T00, 回流控制阀 23 的开度 K01; 在此过程中, 气泡检测装置 24 的检测结果可以是从小有气泡到无气泡。

20 S03, 逐渐调大回流控制阀 23 的开度, 使得溢流槽 12 中电镀液 13 逐渐减少, 直至气泡检测装置 24 再次检测为有气泡, 记录此时的时刻为 T01, 回流控制阀 23 的开度 K01;

S04, 通过方程式(1)计算得出此时溢流管路 4 中电镀液 13 的流量 F03:

$$(1)F03=(F02-F01)-V/(T01-T00);$$

25 其中, F01 为 K01 的开度下测算出的回流管路 2 的流量, F02 为 K02 的开度下测算出的回流管路 2 的流量, $F01=f(K01)$, $F02=f(K02)$, K01 和 K02 的开度值是已知的经验值, 因此, F01 和 F02 也是可以测算出的已知量; T01 和 T00 是已知量, V 是自溢流管路 4 开始发生溢流时的 T00 时刻到气泡检测装置 24 检测为有气泡时的 T01 时刻, 即为溢流槽 12 中自溢流口 124 至气泡检测装置 24 检测为有气泡的临界位置的容积 V, 在溢流口 124 的位置和溢流槽 12 的

30

尺寸已知的情况下，V 也是可以测量得出的已知量。

S05, 若 F03 不大于预设溢流流量范围的上限，则将此时的开度 K02 存储为初始开度 K；若 F03 大于预设溢流流量范围的上限，则重复上述步骤 S01-S04。

5 这样，在执行工艺时，可以直接将回流控制阀 23 的调节至初始开度 K，然后让系统在初始开度 K 的基础上进行自动调节，能够有效提升系统自动调节的效率。

可选地，在其他可能的实施例中，得出一个比较合适的回流控制阀 23 的初始开度 K 的步骤也可以与上述步骤不同，下面给出另一个示例性步骤。

10 具体地，在步骤 S1 之前还包括：

S010, 调节回流控制阀 23 的开度至 100%，让电镀液 13 开始在系统中循环，气泡检测装置 24 检测流经其自身的电镀液 13 中是否有气泡；

S020, 逐渐调小回流控制阀 23 的开度，使得电镀液 13 可以在溢流槽 12 中不断积聚，直至电镀液 13 经溢流口 124 在溢流管路 4 中溢流时，记录此时的
15 时刻 T00，回流控制阀 23 的开度 K01；在此过程中，气泡检测装置 24 的检测结果可以是先从有气泡到无气泡。

S030, 逐渐调大回流控制阀 23 的开度，使得溢流槽 12 中电镀液 13 逐渐减少，直至气泡检测装置 24 再次检测为有气泡，记录此时的时刻为 T01，回流控制阀 23 的开度 K01；

20 S040, 通过方程式(1)计算得出此时溢流管路 4 中电镀液 13 的流量 F03：
(1) $F03=(F02-F01)-V/(T01-T00)$ ；

S050, 若 F03 在预设溢流流量范围内，则将此时的开度 K02 存储为初始开度 K；若 F03 不在预设溢流流量范围内，则重复上述步骤 S010-S040。

其中，若 F03 大于预设溢流流量范围，例如是 $F03 > 2 \text{ L/min}$ ，则说明此时
25 需要调大回流控制阀 23 的开度，若 F03 小于预设溢流流量范围，例如是 $F03 < 0 \text{ L/min}$ ，则说明此时需要调小回流控制阀 23 的开度。

实施例三

实施例三提供了一种电镀液回流控制方法，应用于实施例一中的电镀液回流控制系统，与实施例二相比，主要区别在于：

30 在步骤 S4 中，进一步包括：

S410, 控制装置 231 调大回流控制阀 23 的开度, 并记录开始调大时的回流控制阀 23 的开度 K1 和时刻 T0;

S420, 直至气泡检测装置 24 检测为有气泡时, 记录此时的回流控制阀 23 的开度 K2 和时刻 T1;

- 5 S430, 获取预先存储的开度 K1 下回流管路 2 的流量 F1、开度 K2 下回流管路 2 的流量 F2 以及溢流槽 12 中自溢流口 124 至气泡检测装置 24 检测为有气泡的临界位置的容积 V, 根据方程式 $F3=(F2-F1)-V/(T1-T0)$, 计算此时溢流管路 4 中电镀液 13 的流量;

- 10 S440, 若 F3 在预设溢流流量范围内, 则控制装置 231 保持当前的回流控制阀 23 的开度; 若 F3 大于预设溢流流量范围的上限, 则返回步骤 S410; 若 F3 小于预设溢流流量范围的下限, 则调小回流控制阀 23 的开度并维持第二预设时长, 然后返回步骤 S410。

- 15 若 F3 小于预设溢流流量范围的下限, 说明此时溢流槽 12 中的电镀液 13 积聚的足够液封溢流槽 12, 但是体积少于电镀液 13 到达溢流口 124 时的体积, 可能很快就会减少气泡检测装置 24 检测为有气泡的临界位置, 因此, 可以先调小回流控制阀 23 的开度并维持第二预设时长, 然后调大回流控制阀 23 的开度, 按照上述计算溢流管路 4 中电镀液 13 的流量的示例性步骤计算溢流管路 4 中电镀液 13 的流量, 直至溢流管路 4 中电镀液 13 的流量在预设溢流流量范围内。

- 20 上述实施例仅例示性说明本发明的原理及其功效, 而非用于限制本发明。任何熟悉此技术的人士皆可在不违背本发明的精神及范畴下, 对上述实施例进行修饰或改变。因此, 举凡所属技术领域中具有通常知识者在未脱离本发明所揭示的精神与技术思想下所完成的一切等效修饰或改变, 仍应由本发明的权利要求所涵盖。

权 利 要 求 书

1. 一种电镀液回流控制系统，其特征在于，包括：
- 工艺腔、储液槽、控制装置、溢流管路、回流管路以及设置在所述回流管
- 5 路上的气泡检测装置和回流控制阀；其中，
- 所述工艺腔包括反应槽和溢流槽，所述溢流槽设置于所述反应槽的外围，
- 用于接收从所述反应槽溢流出的电镀液；
- 所述溢流槽的侧壁的预定高度处设有溢流口，所述溢流管路用于连通所述
- 溢流口和所述储液槽；
- 10 所述溢流槽设有回流口，所述回流管路用于连通所述回流口和所述储液槽，
- 以将所述溢流槽中的电镀液回流至所述储液槽；
- 所述气泡检测装置设置于所述回流口与所述回流控制阀之间，用于检测所
- 述回流管路中流经所述气泡检测装置的电镀液中是否有气泡；
- 所述控制装置与所述回流控制阀和所述气泡检测装置通信连接，用于根据
- 15 所述气泡检测装置的检测结果和所述溢流管路中电镀液的流量，调节所述回流
- 控制阀的开度，从而调节所述回流管路的流量。
2. 根据权利要求 1 所述的电镀液回流控制系统，其特征在于，
- 所述控制装置还用于：存储预设溢流流量范围，在所述气泡检测装置检测
- 为有气泡时，调小所述回流控制阀的开度；在所述气泡检测装置检测为无气泡
- 20 时，在经过第一预设时长后，调节所述回流控制阀的开度，计算溢流管路中电
- 镀液的流量，将溢流管路中电镀液的流量与预设溢流流量对比，直至溢流管路
- 中电镀液的流量不大于预设溢流流量范围的上限或者直至溢流管路中的流量
- 在预设溢流流量范围内。
3. 根据权利要求 2 所述的电镀液回流控制系统，其特征在于，
- 25 所述控制装置还用于：在所述气泡检测装置检测为无气泡时，在经过第一
- 预设时长后，调大所述回流控制阀的开度，计算溢流管路中电镀液的流量，将
- 溢流管路中电镀液的流量与预设溢流流量对比，若溢流管路中电镀液的流量不
- 大于预设溢流流量范围的上限，则保持当前的所述回流控制阀的开度；若溢流
- 管路中电镀液的流量大于预设溢流流量范围的上限，则调大所述回流控制阀的

开度，直至所述溢流管路中电镀液的流量不大于预设溢流流量范围的上限。

4. 根据权利要求 2 所述的电镀液回流控制系统，其特征在于，

所述控制装置还用于：在所述气泡检测装置检测为无气泡时，在经过第一预设时长后，调大所述回流控制阀的开度，计算溢流管路中电镀液的流量，将溢流管路中电镀液的流量与预设溢流流量对比，若溢流管路中电镀液的流量在预设溢流流量范围内，则保持当前的所述回流控制阀的开度；若溢流管路中电镀液的流量大于预设溢流流量范围的上限，则调大所述回流控制阀的开度，直至溢流管路中电镀液的流量在预设溢流流量范围内；若溢流管路中电镀液的流量小于预设溢流流量范围的下限，则调小所述回流控制阀的开度并维持第二预设时长，然后调大所述回流控制阀的开度，直至溢流管路中电镀液的流量在预设溢流流量范围内。

5. 根据权利要求 1 所述的电镀液回流控制系统，其特征在于，

所述回流管路包括集液漏斗和管路主体，所述集液漏斗包括集液管和排液口，所述集液管与所述回流口相连通，所述排液口与所述管路主体相连通。

6. 根据权利要求 1 所述的电镀液回流控制系统，其特征在于，

所述气泡检测装置包括第一气泡检测装置和第二气泡检测装置，

所述第二气泡检测装置设置于所述第一气泡检测装置与所述回流控制阀之间。

7. 一种电镀液回流控制方法，应用于如权利要求 1 所述的电镀液回流控制系统，其特征在于，包括：

S1,工艺腔开始执行工艺，电镀液从反应槽溢流至溢流槽，然后经回流管路流入储液槽，使得电镀液在系统中循环；

S2,气泡检测装置检测流经气泡检测装置的电镀液中是否有气泡，将检测结果发送至控制装置；

S3,若检测结果为有气泡，则控制装置调小回流控制阀的开度，返回 S2；若检测结果为无气泡，则在经过第一预设时长后，执行 S4；

S4, 调节回流控制阀的开度，并计算溢流管路中电镀液的流量，直至溢流管路中电镀液的流量不大于预设溢流流量范围的上限或者直至溢流管路中电镀液的流量在预设溢流流量范围内。

8. 根据权利要求 7 所述的电镀液回流控制方法, 其特征在于,

S4 进一步包括:

S41, 控制装置调大回流控制阀的开度, 并记录开始调大时的回流控制阀 23 的开度 K1 和时刻 T0;

5 S42, 直至气泡检测装置检测为有气泡时, 记录此时的回流控制阀的开度 K2 和时刻 T1;

S43, 获取预先存储的开度 K1 下回流管路的流量 F1、开度 K2 下回流管路的流量 F2 以及溢流槽中自溢流口至气泡检测装置检测为有气泡的临界位置的容积 V, 根据方程式 $F3=(F2-F1)-V/(T1-T0)$, 计算此时溢流管路中电镀液的流量;

10 S44, 若 F3 不大于预设溢流流量范围的上限, 则控制装置保持当前的回流控制阀的开度; 若 F3 大于预设溢流流量范围的上限, 则返回 S41。

9. 根据权利要求 7 所述的电镀液回流控制方法, 其特征在于,

S4 进一步包括:

15 S410, 控制装置调大回流控制阀的开度, 并记录开始调大时的回流控制阀的开度 K1 和时刻 T0;

S420, 直至气泡检测装置检测为有气泡时, 记录此时的回流控制阀的开度 K2 和时刻 T1;

20 S430, 获取预先存储的开度 K1 下回流管路的流量 F1、开度 K2 下回流管路的流量 F2 以及溢流槽中自溢流口至气泡检测装置检测为有气泡的临界位置的容积 V, 根据方程式 $F3=(F2-F1)-V/(T1-T0)$, 计算此时溢流管路中电镀液的流量;

25 S440, 若 F3 在预设溢流流量范围内, 则控制装置保持当前的回流控制阀的开度; 若 F3 大于预设溢流流量范围的上限, 则返回 S410; 若 F3 小于预设溢流流量范围的下限, 则调小回流控制阀的开度并维持第二预设时长, 然后返回 S410。

10. 根据权利要求 8 或 9 所述的电镀液回流控制方法, 其特征在于,

在 S1 之前还包括:

S01, 电镀液从反应槽溢流至溢流槽, 然后经回流管路流入储液槽, 使得电镀液在系统中循环, 调节回流控制阀的开度至 100%, 气泡检测装置检测流经其

自身的电镀液中有无气泡；

S02, 逐渐调小回流控制阀的开度, 使得电镀液可以在溢流槽中不断积聚, 直至电镀液经溢流口在溢流管路中溢流时, 记录此时的时刻 T00, 回流控制阀的开度 K01;

- 5 S03, 逐渐调大回流控制阀的开度, 使得溢流槽中电镀液逐渐减少, 直至气泡检测装置再次检测为有气泡, 记录此时的时刻为 T01, 回流控制阀的开度 K02;

S04, 通过方程式(1)计算得出此时溢流管路中电镀液的流量 F03:

$$(1)F03=(F02-F01)-V/(T01-T00);$$

- 10 其中, F01 为 K01 的开度下测算出的回流管路的流量, F02 为 K02 的开度下测算出的回流管路的流量; V 是溢流槽中自溢流口至气泡检测装置检测为有气泡的临界位置的容积;

S05, 若 F03 不大于预设溢流流量范围的上限, 则将此时的开度 K02 存储为初始开度 K; 若 F03 大于预设溢流流量范围的上限, 则重复 S01-S04。

- 15 11. 根据权利要求 8 或 9 所述的电镀液回流控制方法, 其特征在于, 在 S1 之前还包括:

S010, 电镀液从反应槽溢流至溢流槽, 然后经回流管路流入储液槽, 使得电镀液在系统中循环, 调节回流控制阀的开度至 100%, 气泡检测装置检测流经其自身的电镀液中有无气泡;

- 20 S020, 逐渐调小回流控制阀的开度, 使得电镀液可以在溢流槽中不断积聚, 直至电镀液经溢流口在溢流管路中溢流时, 记录此时的时刻 T00, 回流控制阀的开度 K01;

S030, 逐渐调大回流控制阀的开度, 使得溢流槽中电镀液逐渐减少, 直至气泡检测装置再次检测为有气泡, 记录此时的时刻为 T01, 回流控制阀的开度

- 25 K02;

S040, 通过方程式(1)计算得出此时溢流管路中电镀液的流量 F03:

$$(1)F03=(F02-F01)-V/(T01-T00);$$

- 30 其中, F01 为 K01 的开度下测算出的回流管路的流量, F02 为 K02 的开度下测算出的回流管路的流量; V 是溢流槽中自溢流口至气泡检测装置检测为有气泡的临界位置的容积;

S050, 若 F03 在预设溢流流量范围内, 则将此时的开度 K02 存储为初始开度 K; 若 F03 不在预设溢流流量范围内, 则重复 S010-S040。