

溶液温度实时调控系统及方法

技术领域

5 本申请涉及半导体加工技术领域，特别涉及一种溶液温度实时调控系统及方法。

背景技术

在湿法工艺中，例如晶圆清洗工艺，或者工艺开发中经常需要改变清洗溶液的温度，以满足不同的工艺需求或研发测试需求。现有技术中对工艺过程中清洗
10 溶液温度控制方式及所存在的缺陷如下：

1. 清洗溶液混液槽混液方式：

a) 工艺过程：在清洗溶液混液槽中混液并加热或冷却至目标温度，然后供液至工艺腔体；

b) 工艺缺陷：

15 1) 成本及占地面积：一套供液系统在某一时间只能提供一种温度的清洗溶液，当客户需要同一机台同时具备多种温度的清洗溶液时，则必须提供多套清洗溶液供给系统，机台成本增加，且增加供液系统增加了机台的占地面积；

2) 温度切换不灵活：改变清洗溶液温度，需要手动换液，或者改变温度设定条件，加热器或冷却装置加热或冷却药液，经过长时间的加热或冷却后，清
20 洗溶液方能达到使用的温度条件，切换时间长，降低机台产能；且切换经常需要人为操作，不适合自动化；

3) 控温的准确性差：清洗溶液到工艺腔体的温度受季节、管路长度及管路位置的影响，温度的准确性较差。

2. 在线混液方式：

25 a) 工艺过程：现有的在线混液方式，如高温SC1，只控制热水的温度，对占比较小的氨水，双氧水则直接使用室温下的药液。需要改变清洗溶液温度时，则需要改变热水的温度。

b) 工艺缺陷：

- 1) 成本及占地面积：一套供液系统某一时间只能提供一种温度的清洗溶液，当客户需要同一机台同时具备多种清洗溶液温度时，则必须提供多套清洗溶液供给系统，机台成本增加，且增加供液系统增加了机台的占地面积；
- 2) 温度切换不灵活：改变温度，需要改变温度设定条件，控制热水加热器的输出功率，高温热水达到使用温度时方能进行工艺，切换时间长，降低机台产能；
- 3) 控温的准确性差：化学药液到工艺腔体的温度受季节、管路长度及管路位置的影响，温度的准确性较差。

随着半导体制造工艺逐渐精细化，工艺节点也随之不断缩小，湿法清洗对清洗溶液温度控制的要求越来越高，需要开发出不受季节变化影响、不受不同腔体管路长度及位置不同影响的更精确的控温方式。因此需要一种溶液温度实时调控系统及方法，增加工艺的灵活性、节省控温的时间，以满足更多的使用场景。

发明内容

- 为了更好地应对半导体制造工艺中更加精细化的化学药液的温度控制，增加工艺的精准度、提高工艺的灵活性，本发明提出了一种溶液温度实时调控系统及方法。

- 第一方面，本申请提出一种溶液温度实时调控系统，包括：
- 供液模块，被配置为向混液模块供给不同温度的溶液；
- 混液模块，被配置为接收所述供液模块供给的不同温度的溶液并混合均匀；
- 温度检测模块，被配置为检测混液模块混合均匀后的溶液的温度；
- 控制模块，被配置为根据温度检测模块测得的混合均匀后的溶液的温度调整供液模块向混液模块输送不同温度的溶液的流量，使混液模块中混合均匀的溶液的温度达到目标温度。

- 根据本申请实施例的一种具体实现方式，所述供液模块包括：储液单元和输送单元；所述储液单元通过所述输送单元与所述混液模块连通；

- 所述储液单元包括：
- 室温去离子水储液单元，被配置为储存向混液模块供给的室温去离子水；
- 高温去离子水储液单元，被配置为储存向混液模块供给的高温去离子水；
- 化学药液储液单元，被配置为储存向混液模块供给的化学药液。

根据本申请实施例的一种具体实现方式,所述储液单元至少包括一个化学药液储液单元,当化学药液储液单元的数量大于1时,每一个所述化学药液储液单元所储存的化学药液均不相同。

根据本申请实施例的一种具体实现方式,所述控制模块内预置有不同工艺对应不同温度的关系数据、以及不同温度时对应溶液的各组成部分的体积比数据库;

所述控制模块还被配置为:

确定混合均匀后的溶液的目标温度;

根据目标温度对应的溶液各组成部分的体积比数据控制供液模块向混液模块输送不同温度的溶液的流量;

实时获取温度检测模块的温度检测结果;

当温度检测结果持续一预设时长区别于目标温度,控制化学药液储液单元向混液模块的供液温度和流量固定不变,根据温度检测结果实时计算室温去离子水所需流量变化量和高温去离子水所需流量变化量,并将对应流量的室温去离子水和高温去离子水输送至混液模块,以使混液模块中的混合均匀的溶液的温度达到目标温度。

根据本申请实施例的一种具体实现方式,所述控制模块根据温度检测结果实时计算室温去离子水所需流量变化量和高温去离子水所需流量变化量,包括:

采用下述式一和式二组成的方程组计算室温去离子水的所需流量变化量 ΔL_{D1} 和高温去离子水的所需流量变化量 ΔL_{D2} :

$$\Delta L_{D1} + \Delta L_{D2} = 0 \quad \text{式一}$$

$$\Delta Q_{D1} + \Delta Q_{D2} + \sum_{i=1}^n \Delta Q_i = 0 \quad \text{式二}$$

其中,式一是根据供液总流量不变和化学药液储液单元向混液模块的供液温度和流量不变的条件下,室温去离子水储液单元向混液模块供应室温去离子水的流量变化量和高温去离子水储液单元向混液模块供应高温去离子水的流量变化量之和为0所获得;式二是根据热量守恒定律获得;

其中,所述储液单元包括的化学药液储液单元为n个, ΔQ_i 是第i个化学药液储液单元中化学药液的热量变化量,n和i都是大于等于1的正整数, ΔQ_{D1} 、 ΔQ_{D2} 分别是室温去离子水和高温去离子水的热量变化量,热量变化量的单位都是焦耳,根据热量计算公式 $Q = cm\Delta t$ 及质量密度体积公式 $m = \rho v = \rho * L * t$ 所获得,其中,

c 为比热容,单位为焦耳/千克 $^{\circ}\text{C}$;

m 为质量,单位为千克;

Δt 为升高或降低的温度,单位为摄氏度;

ρ 为密度,单位为千克/立方分米;

5 L 为流量,单位为升/分钟;

t 为单位时间,单位为分钟。

根据本申请实施例的一种具体实现方式,所述控制模块被配置为:

确定混合均匀后的溶液的目标温度;

实时获取温度检测模块的温度检测结果;

10 当温度检测结果持续一预设时长区别于目标温度,固定较大流量储液单元向混液模块的供液温度和流量不变;根据温度检测结果实时调整其它储液单元向混液模块供液的流量变化量,以使混液模块中的混合均匀的溶液的温度达到目标温度,其中,较大流量储液单元为供液模块中向混液模块供液流量最大的储液单元。

根据本申请实施例的一种具体实现方式,当所述化学药液储液单元包括两路供液管路时,所述控制模块还被配置为控制较大流量储液单元向混液模块的供液温度和流量固定不变;所述控制模块根据温度检测结果实时调整其它储液单元向混液模块供液的流量变化量,包括:

采用下述式三、式四、式五、式六和式七组成的方程组计算化学药液一流量变化量 ΔL_1 、化学药液二流量变化量 ΔL_2 以及室温去离子水流量变化量 ΔL_{D1} :

$$20 \quad r_1 = \frac{L_1}{L_{D1} + L_{D2}} \quad \text{式三}$$

$$r_2 = \frac{L_2}{L_{D1} + L_{D2}} \quad \text{式四}$$

$$\Delta Q_1 + \Delta Q_{D1} + \Delta Q_{D2} = 0 \quad \text{式五}$$

$$(L_1 + \Delta L_1) / (L_{D1} + L_{D2} + \Delta L_{D1}) = r_1 \quad \text{式六}$$

$$(L_2 + \Delta L_2) / (L_{D1} + L_{D2} + \Delta L_{D2}) = r_2 \quad \text{式七}$$

25 其中,式三和式四为化学药液储液单元包括的两种化学药液的体积比;式五是根据热量守恒定律获得;式六和式七是根据流量变化后的化学药液体积比不变的条件下,储液单元包括的两种化学药液的体积比;

其中, r_1 、 r_2 分别为设定的溶液中两种化学药液体积比, L_1 和 L_2 分别为两种化

学药液的流量,单位为升/分钟; ΔL_1 为需要变化流量化学药液的流量变化量,单位为升/分钟; L_{D1} 和 L_{D2} 为室温去离子水和高温去离子水的流量,单位为升/分钟; ΔL_{D1} 和 ΔL_{D2} 分别为室温去离子水和高温去离子水的流量变化量,单位为升/分钟; ΔQ_1 为需要变化流量的化学药液的化学药液热量变化量,单位为焦耳; ΔQ_{D1} 为室温去离子水的热量变化量,单位为焦耳; ΔQ_{D2} 为高温去离子水的热量变化量,单位为焦耳。

第二方面,本申请提出了一种溶液温度实时调控系统,包括:

供液模块,被配置为向混液模块供给不同温度的溶液;

混液模块,被配置为接收所述供液模块供给的不同温度的溶液并混合均匀;

10 温度检测模块,包括第一温度检测单元,被配置为检测溶液混合均匀之前各组成部分的温度,生成第一温度检测结果;

控制模块,被配置为确定混合均匀后的溶液的目标温度;根据第一温度检测结果,调整供液模块向混液模块输送不同温度的溶液的流量,使混液模块中的混合均匀的溶液的温度达到目标温度。

15 根据本申请实施例的一种具体实现方式,所述供液模块包括:

室温去离子水储液单元,被配置为储存向混液模块供给的室温去离子水;

高温去离子水储液单元,被配置为储存向混液模块供给的高温去离子水;

化学药液储液单元,被配置为储存向混液模块供给的化学药液。

20 根据本申请实施例的一种具体实现方式,所述供液模块至少包括一个化学药液储液单元,当化学药液储液单元的数量大于1时,每一个所述化学药液储液单元所储存的化学药液均不相同。

根据本申请实施例的一种具体实现方式,所述控制模块根据第一温度检测结果,调整供液模块向混液模块输送不同温度的溶液的流量包括:

25 固定供液总流量不变,固定化学药液储液单元向混液模块的供液温度和流量不变,根据第一温度检测结果实时计算室温去离子水所需的流量和高温去离子水所需的流量,并将对应流量的室温去离子水和高温去离子水输送至混液模块,以使混液模块中的混合均匀的溶液的温度达到目标温度。

根据本申请实施例的一种具体实现方式,所述控制模块根据第一温度检测结果

实时计算室温去离子水所需的流量和高温去离子水所需的流量，包括：

采用下述式八和式二组成的方程组计算室温去离子水所需的流量 L_{D1} 和高温去离子水所需的流量 L_{D2} ：

$$L_D = L_{D1} + L_{D2} \quad \text{式八}$$

5
$$\Delta Q_{D1} + \Delta Q_{D2} + \sum_{i=1}^n \Delta Q_i = 0 \quad \text{式二}$$

其中，式八是根据供液总流量不变，化学药液储液单元向混液模块的供液温度和流量不变的条件下，向混液模块供应的室温去离子水的供液量和高温去离子水的供液量的总量为 L_D 所获得；式二是根据热量守恒定律获得；

其中， L_{D1} 室温去离子水所需的流量； L_{D2} 高温去离子水所需的流量；所述供液
10 模块包括的化学药液储液单元为 n 个， ΔQ_i 是第 i 个化学药液储液单元中化学药液的热量变化量， n 和 i 都是大于等于 1 的正整数， ΔQ_{D1} 、 ΔQ_{D2} 分别是室温去离子水和高温去离子水的热量变化量，热量变化量的单位都是焦耳，根据热量计算公式 $Q = cm\Delta t$ 及质量密度体积公式 $m = \rho v = \rho * L * t$ 所获得，其中，

c 为比热容，单位为焦耳/千克 $^{\circ}\text{C}$ ；

15 m 为质量，单位为千克；

Δt 为升高或降低的温度，单位为摄氏度；

ρ 为密度，单位为千克/立方分米；

L 为流量，单位为升/分钟；

t 为单位时间，单位为分钟。

20 根据本申请实施例的一种具体实现方式，温度检测模块还包括第二温度检测单元，被配置为检测混液模块混合均匀后的溶液的温度，生成第二温度检测结果；

所述控制模块还被配置为：

实时获取第二温度检测单元的第二温度检测结果；

25 当第二温度检测结果持续一预设时长内区别于目标温度，控制化学药液储液单元向混液模块的供液温度和流量固定不变，根据第二温度检测结果实时计算室温去离子水所需流量变化量和高温去离子水所需流量变化量，并将对应流量的室温去离子水和高温去离子水输送至混液模块，以使混液模块中的混合均匀的溶液的温度达到目标温度。

第三方面, 本申请提出了一种溶液温度实时调控方法, 包括如下步骤:

利用供液模块向混液模块供给不同温度的溶液;

不同温度的溶液于混液模块中被混合均匀, 利用温度检测模块实时检测混合均匀的溶液的温度并反馈至控制模块;

- 5 控制模块根据温度检测模块测得的混合均匀后的溶液的温度调整供液模块向混液模块输送不同温度的溶液的流量, 使混液模块中的混合均匀的溶液的温度达到目标温度。

根据本申请实施例的一种具体实现方式, 所述溶液至少包括: 化学药液、室温去离子水、高温去离子水中的至少两种。

- 10 根据本申请实施例的一种具体实现方式, 当所述溶液包括化学药液, 所述化学药液的组成部分大于或等于一种。

根据本申请实施例的一种具体实现方式, 还包括:

预设不同工艺对应不同温度的关系数据、以及不同温度时对应溶液的各组成部分的体积比数据于控制模块内;

- 15 控制模块根据工艺确定混合均匀后的溶液的目标温度, 根据目标温度对应的溶液各组成部分的体积比数据控制不同温度的溶液混合均匀;

温度检测模块实时获取混合均匀后的溶液的实际温度, 当检测到实际温度持续一预设时长区别于目标温度时, 固定化学药液储液单元向混液模块的供液温度和流量不变, 根据实际温度检测结果实时计算室温去离子水所需流量变化量和高温去离子水所需流量变化量, 并将对应流量的室温去离子水和高温去离子水输送至混液模块, 以使混液模块中的混合均匀的溶液的温度达到目标温度。

- 20 根据本申请实施例的一种具体实现方式, 根据实际温度检测结果实时计算室温去离子水所需流量变化量和高温去离子水所需流量变化量的步骤包括:

采用下述式一和式二组成的方程组计算室温去离子水的所需流量变化量 ΔL_{D1}

- 25 和高温去离子水的所需流量变化量 ΔL_{D2} :

$$\Delta L_{D1} + \Delta L_{D2} = 0 \quad \text{式一}$$

$$\Delta Q_{D1} + \Delta Q_{D2} + \sum_{i=1}^n \Delta Q_i = 0 \quad \text{式二}$$

其中, 式一是根据供液总流量不变和化学药液储液单元向混液模块的供液温度

和流量不变的条件下,室温去离子水储液单元向混液模块供应的室温去离子水的流量变化量和高温去离子水储液单元向混液模块供应的高温去离子水的流量变化量之和为0所获得;式二是根据热量守恒定律获得;

其中,所述供液模块包括的化学药液储液单元为 n 个, ΔQ_i 是第 i 个化学药液储液单元中化学药液的热量变化量, n 和 i 都是大于等于1的正整数, ΔQ_{D1} 、 ΔQ_{D2} 分别是室温去离子水和高温去离子水的热量变化量,热量变化量的单位都是焦耳,根据热量计算公式 $Q = cm\Delta t$ 及质量密度体积公式 $m = \rho v = \rho * L * t$ 所获得,其中,

c 为比热容,单位为焦耳/千克 $^{\circ}\text{C}$;

m 为质量,单位为千克;

10 Δt 为升高或降低的温度,单位为摄氏度;

ρ 为密度,单位为千克/立方分米;

L 为流量,单位为升/分钟;

t 为单位时间,单位为分钟。

根据本申请实施例的一种具体实现方式,所述方法还包括:

15 控制模块根据工艺确定溶液的目标温度,实时获取温度检测模块的温度检测结果;当温度检测结果持续一预设时长区别于目标温度,固定较大流量储液单元向混液模块的供液温度和流量不变;根据温度检测结果实时调整其它储液单元向混液模块供液的流量变化量,以使混液模块中的混合均匀的溶液的温度达到目标温度,其中,较大流量储液单元为供液模块中向混液模块供液流量最大的储液单元。

20 根据本申请实施例的一种具体实现方式,当所述化学药液储液单元的数量为2时,所述控制模块还被配置为控制较大流量储液单元向混液模块的供液温度和流量固定不变;所述控制模块根据温度检测结果实时调整其它储液单元向混液模块供液的流量变化量的步骤包括:

25 采用下述式三、式四、式五、式六和式七组成的方程组计算化学药液一流量变化量 ΔL_1 、化学药液二流量变化量 ΔL_2 以及室温去离子水流量变化量 ΔL_{D1} :

$$r_1 = \frac{L_1}{L_{D1} + L_{D2}} \quad \text{式三}$$

$$r_2 = \frac{L_2}{L_{D1} + L_{D2}} \quad \text{式四}$$

$$\Delta Q_1 + \Delta Q_{D1} + \Delta Q_{D2} = 0 \quad \text{式五}$$

$$(L_1 + \Delta L_1)/(L_{D1} + L_{D2} + \Delta L_{D1}) = r_1 \quad \text{式六}$$

$$(L_2 + \Delta L_2)/(L_{D1} + L_{D2} + \Delta L_{D2}) = r_2 \quad \text{式七}$$

其中,式三和式四为所述化学药液储液单元包括的两路供液管路所供给的两种化学药液的体积比;式五是根据热量守恒定律获得;式六和式七是根据流量变化后
5 的化学药液体积比不变的条件下,所述化学药液储液单元包括的两路供液管路所供给的两种化学药液的体积比;

其中, r_1 、 r_2 分别为设定的溶液中两种化学药液体积比, L_1 和 L_2 分别为两种化学药液的流量,单位为升/分钟; ΔL_1 为需要变化流量化学药液的流量变化量,单位为升/分钟; L_{D1} 和 L_{D2} 为室温去离子水和高温去离子水的流量,单位为升/分钟;
10 ΔL_{D1} 和 ΔL_{D2} 分别为室温去离子水和高温去离子水的流量变化量,单位为升/分钟; ΔQ_1 为需要变化流量的化学药液的化学药液热量变化量,单位:焦耳; ΔQ_{D1} 为室温去离子水的热量变化量,单位:焦耳; ΔQ_{D2} 为高温去离子水的热量变化量,单位:焦耳。

第四方面,本申请提出了一种溶液温度实时调控方法,包括如下步骤:

15 控制模块获取混合溶液的目标温度;

利用供液模块向混液模块供给不同温度的溶液;

不同温度的溶液于混液模块中被混合均匀,利用第一温度检测单元实时检测混液模块中的溶液各组成部分的供液温度,生成第一温度检测结果,并将所述第一温度检测结果反馈至控制模块;

20 控制模块根据所述第一温度检测结果,调整供液模块向混液模块输送不同温度的溶液的流量,使混液模块中的混合均匀的溶液的温度达到目标温度。

根据本申请实施例的一种具体实现方式,所述溶液至少包括:化学药液、室温去离子水、高温去离子水中的两种。

根据本申请实施例的一种具体实现方式,当所述溶液包括化学药液,所述化学
25 药液的组成部分大于或等于一种。

根据本申请实施例的一种具体实现方式,根据第一温度检测结果,调整供液模块向混液模块输送不同温度的溶液的流量包括:

固定供液总流量不变,固定化学药液储液单元向混液模块的供液温度和流量不

变,根据第一温度检测结果实时计算室温去离子水所需的流量和高温去离子水所需的流量,并将对应流量的室温去离子水和高温去离子水输送至混液模块,以使混液模块中的混合均匀的溶液的温度达到目标温度。

根据本申请实施例的一种具体实现方式,根据第一温度检测结果实时计算室温去离子水所需的流量和高温去离子水所需的流量,包括:

采用下述式八和式二组成的方程组计算室温去离子水所需的流量 L_{D1} 和高温去离子水所需的流量 L_{D2} :

$$L_D = L_{D1} + L_{D2} \quad \text{式八}$$

$$\Delta Q_{D1} + \Delta Q_{D2} + \sum_{i=1}^n \Delta Q_i = 0 \quad \text{式二}$$

10 其中,式八是根据供液总流量不变,化学药液储液单元向混液模块的供液温度和流量不变的条件下,室温去离子水储液单元向混液模块的供液量和高温去离子水储液单元向混液模块的供液量的总量为 L_D 所获得;式二是根据热量守恒定律获得;

其中, L_{D1} 室温去离子水所需的流量; L_{D2} 高温去离子水所需的流量;所述供液模块包括的化学药液储液单元为 n 个, ΔQ_i 是第 i 个化学药液储液单元中化学药液的热量变化量, n 和 i 都是大于等于1的正整数, ΔQ_{D1} 、 ΔQ_{D2} 分别是室温去离子水和高温去离子水的热量变化量,热量变化量的单位都是焦耳,根据热量计算公式 $Q = cm\Delta t$ 及质量密度体积公式 $m = \rho v = \rho * L * t$ 所获得,其中,

c 为比热容,单位为焦耳/千克 $^{\circ}\text{C}$;

m 为质量,单位为千克;

20 Δt 为升高或降低的温度,单位为摄氏度;

ρ 为密度,单位为千克/立方分米;

L 为流量,单位为升/分钟;

t 为单位时间,单位为分钟。

根据本申请实施例的一种具体实现方式,所述方法还包括:

25 利用第二温度检测单元检测混液模块混合均匀后的溶液的温度,生成第二温度检测结果;

控制模块实时获取所述第二温度检测单元的温度检测结果;

当第二温度检测结果持续一预设时长内区别于目标温度,控制化学药液储液单

元向混液模块的供液温度和流量固定不变,根据第二温度检测结果实时计算室温去离子水所需流量变化量和高温去离子水所需流量变化量,并将对应流量的室温去离子水和高温去离子水输送至混液模块,以使混液模块中的混合均匀的溶液的温度达到目标温度。

- 5 本发明的溶液温度实时调控系统及方法通过在线混液的方式实时调控供液各组成部分的流量进而达到实时调整混合溶液的温度的目的,同时,当机台需要多种温度的混合溶液配置时,可以只用一套溶液供给系统,降低机台成本,减少机台的占地面积;其次,通过在线控制混合溶液各组成部分的流量来灵活控制混合溶液的温度,温度切换不需要等待,可以对每个工艺腔体单独进行温度调控,提高机台的
- 10 利用率;此外,控温更准确,避免环境温度或管路长度等因素导致不同工艺腔体的混合溶液温度差异,有效提高工艺效果,增加了工艺的灵活性、节省控温的时间,能够满足更多的使用场景。本发明的其它特征和优点将在随后的说明书中阐述,并且,部分地从说明书中变得显而易见,或者通过实施本发明而了解。本发明的目的和其它优点可通过在说明书、权利要求书以及附图中所指出的结构来实现和获得。

15

附图概述

本发明的特征、性能由以下的实施例及其附图进一步描述。

图1示出了本发明实施例的溶液温度实时调控系统的结构示意图;

- 图2示出了本发明实施例的溶液温度实时调控系统的供液模块为多组分溶
- 20 液时的结构示意图;

图3示出了本发明实施例的化学药液为两种时的溶液温度实时调控系统的结构示意图;

图4示出了本发明另一实施例的溶液温度实时调控系统的结构示意图;

- 图5示出了本发明另一实施例的溶液温度实时调控系统的供液模块为多组
- 25 分溶液时的结构示意图;

图6示出了本发明实施例的溶液温度实时调控方法的流程示意图;以及

图7示出了本发明另一实施例的溶液温度实时调控方法的流程示意图。

本申请的较佳实施方式

为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚，下面将结合本发明实施例中的附图，对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地说明，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它实施例，都属于本发明保护的范围。

在晶圆清洗工艺，或者工艺开发中经常需要改变清洗溶液的温度，以满足不同的工艺需求或研发测试需求。针对现有技术中的清洗溶液混液槽混液方式以及在线混液方式的成本较高、温度切换不灵活、温控的准确性差的问题，发明人针对性得研究提出一种溶液温度实时调控系统及方法，以达到在半导体制造工艺中更加精细化地控制溶液的温度、提高工艺的精准度以及工艺的灵活性的目的。

接下来，对本发明提供的一种溶液温度实时调控系统和方法进行详细阐述。

请参照图 1，图 1 示出了本发明实施例的溶液温度实时调控系统的结构示意图。如图 1 所示，溶液温度实时调控系统包括供液模块 100、混液模块 200、温度检测模块 300、控制模块 400。其中，供液模块 100 被配置为向混液模块 200 供给不同温度的清洗溶液；供液模块 100 包括储液单元 101 和输送单元 102，且储液单元 101 通过输送单元 102 与混液模块 200 连通；混液模块 200 被配置为接收供液模块 100 供给的不同温度的清洗溶液并混合均匀，然后通过输液单元 500 输送至清洗装置的清洗腔内执行清洗工艺；温度检测模块 300，被配置为检测混液模块 200 内混合均匀后清洗溶液的温度，一般选择设置于混液模块 200 上；控制模块 400，被配置为根据温度检测模块 300 测得的混合均匀后清洗溶液的温度调整供液模块 100 向混液模块 200 输送不同温度的清洗溶液的流量，使混液模块 200 中混合均匀的清洗溶液的温度达到目标温度。本发明通过实时监控清洗溶液的温度，并进行实时调整不同温度的清洗溶液的流量，达到半导体制造工艺中更加精细化控制混合均匀后清洗溶液温度的目的，提高工艺的精准度，提高工艺的灵活性。

更进一步地，混液模块 200 在实际工艺过程中可以选择混液阀作为不同温度的清洗溶液的混合空间，也可以选择设置混液箱作为不同温度的清洗溶液的混合空间，具体可以根据实际需要进行选择，在本发明实施例中不对混液模块 200 的空间结构作出限制，能够将清洗溶液混合均匀的结构即属于本发明的保护范围。值得注意的

是，当混液模块 200 选择为混液阀时，考虑到混液阀的体积较小，不便设置温度检测模块 300，因此可以选择将温度检测模块 300 设置于输液单元 500 上以检测不同温度的清洗溶液混合后的温度。

更进一步地，控制模块 400 包括控制单元 401 和流量调节单元 402，流量调节单元 402 设置于输送单元 102 上，用于控制流经输送单元 102 的液体流量，控制单元 401 接收到温度检测模块 300 所发送的清洗溶液温度，控制流量调节单元 402 调节供液模块 100 向混液模块 200 供应各温度清洗溶液的流量。

请继续参考图 1，晶圆清洗装置在设计时，一般选择储液箱或储液罐作为供液模块 100 的储液单元 101；输送单元 102 一般选择输液管路；温度检测模块 300 一般选择温度检测计；控制模块 400 的控制单元 401 一般为清洗装置的控制系统；控制模块 400 的流量调节单元 402 一般选择流量调节阀。在工艺过程中，不同温度的清洗溶液通过储液单元 101 经由输送单元 102 输送至混液模块 200，不同温度的清洗溶液在混液模块 200 中混合均匀之后通过输液单元 500 输送至清洗腔内的晶圆以对晶圆实施清洗工艺，温度检测模块 300 对混液模块 200 内的清洗溶液进行温度测量，并将测得的数据发送至控制模块 400 的控制单元 401，控制单元 401 根据所接收到的数据控制流量调节单元 402 调节供液模块 100 向混液模块 200 供应不同温度的清洗溶液的流量，使混液模块 200 中的混合均匀的清洗溶液的温度调整达到目标温度。

其中，供液模块 100 根据混液模块 200 中的清洗溶液所包含的组成部分确定储液单元 101 及输送单元 102 的数量，每一个储液单元 101 通过一个输送单元 102 与混液模块 200 连通以向混液模块 200 输送一种组成部分的清洗溶液。应当理解的是，本实施例中，不同温度、同种化学成分的清洗溶液视为不同组成部分；相同温度、不同化学成分的清洗溶液也视为不同组成部分。例如，当清洗溶液包含室温去离子水和高温去离子水时，即使二者化学成分相同，依然视为不同组成部分的清洗溶液，默认为需要两个储液单元 101 进行分别储存；当清洗溶液包含双氧水和室温去离子水时，即使二者温度相同时，同样视为不同组成部分，默认为需要两个储液单元 101 进行分别储存。示例性的，请参照图 2，图 2 示出了本发明实施例的溶液温度实时调控系统供液模块供应不同温度的清洗溶液时的结构示意图。当清洗溶液

所包含的组成部分为三种（室温去离子水、高温去离子水、化学药液）时，如图 2 所示，本发明实施例中的供液模块 100 包括：室温去离子水储液单元 101a，被配置为储存向混液模块 200 供给的室温去离子水；高温去离子水储液单元 101b，被配置为储存向混液模块 200 供给的高温去离子水；化学药液储液单元 101c，被配置为储存向混液模块 200 供给的化学药液。

请继续参考图 2，为了便于精确控制混液模块 200 内清洗溶液的温度，可以针对不同工艺对应不同温度的关系数据、以及不同温度时对应清洗溶液的各组成部分的体积比数据进行收集，并将该数据进行处理，生成数据库存储于控制模块 400 的控制单元 401 内，当需要对清洗腔内的晶圆进行清洗工艺时，控制模块 400 可以基于即将要实施的工艺先确定混合均匀后清洗溶液的目标温度；根据目标温度对应的清洗溶液各组成部分的体积比数据控制供液模块 100 向混液模块 200 输送清洗溶液各组成部分的流量；同时控制单元 401 实时获取温度检测模块 300 对于混合均匀后的清洗溶液的温度检测结果。当温度检测结果持续一预设时长区别于目标温度时，控制化学药液储液单元 101c 向混液模块 200 的供液温度和流量固定不变，根据温度检测结果实时计算室温去离子水和高温去离子水所需流量变化量，并将对应流量的室温去离子水和高温去离子水输送至混液模块 200，以使混液模块 200 中的混合均匀的清洗溶液的温度达到目标温度。因为考虑到化学药液的性质可能会受到温度的影响而发生改变，同时为了便于精确控制清洗溶液的温度，因此在本实施例中选择控制化学药液储液单元 101c 向混液模块 200 的供液温度和流量不变，调整室温去离子水储液单元 101a 以及高温去离子水储液单元 101b 向混液模块 200 供液的流量。在本实施例中，化学药液储液单元 101c 供给化学药液，室温去离子水储液单元 101a 供给室温去离子水，高温去离子水储液单元 101b 供给高温去离子水，示例性的高温去离子水的温度可以为 35 摄氏度、50 摄氏度、60 摄氏度、65 摄氏度、或 70 摄氏度，也可以设置为其它高于室温的温度，具体设置时，可以根据工艺需求进行设置。

根据工艺需求，化学药液的种类可以为一种，也可以为多种。应理解，本处的化学药液的种类理解方式同上述的组成部分相同，在此不做赘述。当化学药液的种类大于一种时，不同的化学药液需要设置不同的化学药液储液单元，且每一

个化学药液储液单元均分别配置一个输送单元。因此，储液单元至少包括一个化学药液储液单元，当化学药液储液单元的数量大于1时，每一个化学药液储液单元所储存的化学药液的种类均不相同，不同的化学药液储液单元所储存的化学药液分别经由与之相连接的输送单元输送至混液模块。示例性的，当清洗溶液为

5 SC1时，其组成部分为室温去离子水、高温去离子水、氨水和双氧水。SC1清洗溶液中化学药液就包含两种，分别为氨水和双氧水。当清洗溶液为SC2时，其组成部分为室温去离子水、高温去离子水、盐酸、双氧水。SC2清洗溶液中化学药液也包含两种，分别为盐酸和双氧水。请参照图3，图3示出了本发明实施例中

10 化学药液为两种时的溶液温度实时调控系统。如图3所示，图中化学药液储液单元包括化学药液储液单元101c、化学药液储液单元101d，其分别用于供应氨水、双氧水或者盐酸，双氧水。

控制模块400根据温度检测模块300的温度检测结果实时计算室温去离子水的所需流量变化量 ΔL_{D1} 和高温去离子水的所需流量变化量 ΔL_{D2} 包括：

采用下述式一和式二组成的方程组计算室温去离子水的所需流量变化量 ΔL_{D1}

15 和高温去离子水的所需流量变化量 ΔL_{D2} ：

$$\Delta L_{D1} + \Delta L_{D2} = 0 \quad \text{式一}$$

其中， ΔL_{D1} 是室温去离子水的所需流量变化量； ΔL_{D2} 是高温去离子水的所需流量变化量。

$$\Delta Q_{D1} + \Delta Q_{D2} + \sum_{i=1}^n \Delta Q_i = 0 \quad \text{式二}$$

20 其中，式一是根据供液总流量不变和化学药液储液单元向混液模块的供液温度和流量不变的条件下，室温去离子水储液单元向混液模块供应的室温去离子水的流量变化量和高温去离子水储液单元向混液模块供应的高温去离子水的流量变化量之和为0所获得；式二是根据热量守恒定律获得；

其中，储液单元101包括的化学药液储液单元为n个， ΔQ_i 是第i个化学药液

25 储液单元中化学药液的热量变化量，n和i都是大于等于1的正整数， ΔQ_{D1} 、 ΔQ_{D2} 分别是室温去离子水和高温去离子水的热量变化量，热量变化量的单位都是焦耳，根据热量计算公式 $Q = cm\Delta t$ 及质量密度体积公式 $m = \rho v = \rho * L * t$ 所获得，其中，c为比热容，单位：焦耳/千克 $^{\circ}\text{C}$ ；

m 为质量, 单位: 千克;

Δt 为升高(或降低)的温度, 单位: 摄氏度;

ρ 为密度, 单位: 千克/立方分米;

L 为流量, 单位为升/分钟;

5 t 为单位时间, 单位: 分钟。

在本实施例中 n 等于 2, 已知供液模块所供给的清洗溶液各组成部分的信息如下(不同组成部分的流量是根据所需的化学药液体积比和总流量计算而来):

化学药液一: 供液温度 T_1 , 密度 ρ_1 , 比热容 C_1 , 流量 L_1 ;

化学药液二: 供液温度 T_2 , 密度 ρ_2 , 比热容 C_2 , 流量 L_2 ;

10 室温去离子水: 温度 T_{D1} , 密度 ρ_{D1} , 比热容 C_D , 流量为 L_{D1} , 设所需流量变化量为 ΔL_{D1} ;

高温去离子水: 温度 T_{D2} , 密度 ρ_{D2} , 比热容 C_D , 流量为 L_{D2} , 设所需流量变化量为 ΔL_{D2} ;

混合后的目标温度为 T ;

15 则, 单位时间 t 内不同组成部分的质量及其变化量为:

化学药液一的质量: $m_1 = L_1 * t * \rho_1$;

化学药液二的质量: $m_2 = L_2 * t * \rho_2$;

室温去离子水的质量: $m_{D1} = L_{D1} * t * \rho_{D1}$;

高温去离子水的质量: $m_{D2} = L_{D2} * t * \rho_{D2}$;

20 室温去离子水的质量变化量: $\Delta m_{D1} = \Delta L_{D1} * t * \rho_{D1}$

高温去离子水的质量变化量: $\Delta m_{D2} = \Delta L_{D2} * t * \rho_{D2}$

混液药液从实际测得的温度 T_s 变化至目标温度 T 的过程中, 热量的变化为:

1, 化学药液一: $\Delta Q_1 = c_1 * m_1 * (T - T_s)$;

2. 化学药液二: $\Delta Q_2 = c_2 * m_2 * (T - T_s)$;

25 3. 室温去离子水: $\Delta Q_{D1} = c_D * m_{D1} * (T - T_s) + c_D * m_{D1} * (T - T_{D1})$;

4. 高温去离子水: $\Delta Q_{D2} = c_D * m_{D2} * (T - T_s) + c_D * m_{D2} * (T - T_{D2})$;

忽略微小的稀释热, 由热量守恒, 则根据上述式一和式二得出:

$\Delta L_{D1} = c_1 * L_1 * \rho_1 * (T - T_s) + c_2 * L_2 * \rho_2 * (T - T_s) + c_D * L_{D1} * \rho_{D1} *$

$$(T - T_S) + c_D * L_{D2} * \rho_{D2} * (T - T_S) / (c_D * \rho_{D2} * (T - T_{D2}) - c_D * \rho_{D1} * (T - T_{D1}))$$

$$\Delta L_{D2} = -(c_1 * L_1 * \rho_1 * (T - T_S) + c_2 * L_2 * \rho_2 * (T - T_S) + c_D * L_{D1} * \rho_{D1} * (T - T_S) + c_D * L_{D2} * \rho_{D2} * (T - T_S)) / (c_D * \rho_{D2} * (T - T_{D2}) - c_D * \rho_{D1} * (T - T_{D1}))$$

应注意，在本实施例中的计算为近似处理，具体包括：忽略水的不同温度下比

5 热容变化的影响；忽略稀释热和微量的化学反应热的影响。

不同于上述计算方式，当供液总流量可变时，为了保证清洗溶液的清洗效果，则要求清洗溶液的各组成部分体积比不变。此时，控制模块 400 被配置为：确定清洗溶液的目标温度。在本发明实施例中，控制模块 400 可以基于预存储的数据库中的数据选取即将要实施的工艺确定清洗溶液的目标温度，也可以选择工

10 作人员手动输入目标温度数据的方式，本实施例中暂不做限定；同时实时获取温度检测模块 300 对于混合均匀后的清洗溶液的温度检测结果；当温度检测结果持续一预设时长区别于目标温度，固定较大流量储液单元向混液模块的供液温度和流量不变；根据温度检测结果实时调整其它储液单元向混液模块供液的流量变化量，以使混液模块中的混合均匀的清洗溶液的温度达到目标温度，其中，较大流

15 量储液单元为供液模块中向混液模块供液流量最大的储液单元。示例性的，请参照图 2，本发明实施例中，高温去离子水储液单元 101b 向混液模块供应高温去离子水的流量大于室温去离子水储液单元 101a 和化学药液储液单元 101c 向混液模块供液的流量，则固定高温去离子水储液单元 101b 向混液模块的供液温度和流量不变，调整室温去离子水储液单元 101a 和化学药液储液单元 101c 向混液模块供

20 液的流量以达到调整混合后的清洗溶液的温度达到目标温度。值得注意的是，本方法适应于温度要求精确度较高，且测得的混合溶液的温度与目标温度相差不大的情况。

当化学药液储液单元的数量大于 1 时，每一个化学药液储液单元所储存的化学药液组成部分均不相同。示例性的，请参照图 3，当储液单元包括 2 个化学药液储

25 液单元，化学药液储液单元 101c 储存向混液模块供给的化学药液一；化学药液储液单元 101d 储存向混液模块供给的化学药液二。控制模块 400 固定较大流量储液单元即高温去离子水储液单元 101b 向混液模块的供液温度和流量固定不变；控制模块 400 根据温度检测结果实时调整其它储液单元向混液模块供液的流量变化量。

例如, 在本示例中, 室温去离子水储液单元 101a 和化学药液储液单元 101c 以及化学药液储液单元 101d 的流量变化量的调整包括:

采用下述式三、式四、式五、式六和式七组成的方程组计算化学药液一流量变化量 ΔL_1 、化学药液二流量变化量 ΔL_2 以及室温去离子水流量变化量 ΔL_{D1} :

$$5 \quad r_1 = \frac{L_1}{L_{D1} + L_{D2}} \quad \text{式三}$$

$$r_2 = \frac{L_2}{L_{D1} + L_{D2}} \quad \text{式四}$$

$$\Delta Q_1 + \Delta Q_{D1} + \Delta Q_{D2} = 0 \quad \text{式五}$$

$$(L_1 + \Delta L_1) / (L_{D1} + L_{D2} + \Delta L_{D1}) = r_1 \quad \text{式六}$$

$$(L_2 + \Delta L_2) / (L_{D1} + L_{D2} + \Delta L_{D2}) = r_2 \quad \text{式七}$$

10 其中, 式三和式四为化学药液储液单元包括的两种化学药液的体积比; 式五是根据热量守恒定律获得; 式六和式七是根据流量变化后的化学药液体积比不变的条件下, 储液单元包括的两种化学药液的体积比;

其中, r_1 、 r_2 分别为设定的清洗溶液中两种化学药液体积比, L_1 和 L_2 分别为两种化学药液的流量, 单位为升/分钟; ΔL_1 为需要变化流量化学药液的流量变化量, 单位为升/分钟; L_{D1} 和 L_{D2} 为室温去离子水和高温去离子水的流量, 单位为升/分钟; ΔL_{D1} 和 ΔL_{D2} 分别为室温去离子水和高温去离子水的流量变化量, 单位为升/分钟; ΔQ_1 为需要变化流量的化学药液的化学药液热量变化量, 单位: 焦耳; ΔQ_{D1} 为室温去离子水的热量变化量, 单位: 焦耳; ΔQ_{D2} 为高温去离子水的热量变化量, 单位: 焦耳。

20 供液模块所供给的清洗溶液各组成部分的信息同上所述, 结合式三、式四、式五、式六和式七组成的方程组计算得到:

$$25 \quad \begin{aligned} & \text{室温去离子水流量变化量 } \Delta L_{D1} = \left[c_1 * L_1 * \rho_1 * (T - T_1) + c_2 * L_2 * \rho_2 * (T - T_2) - c_1 * L_1 * \rho_1 * (T - T_s) - c_2 * L_2 * \rho_2 * (T - T_s) - c_D * L_{D1} * \rho_{D1} * (T - T_s) - \right. \\ & c_D * L_{D2} * \rho_{D2} * (T - T_s) - (L_{D1} + L_{D2}) * c_1 * L_1 * \rho_1 * (T - T_1) / (L_{D1} + L_{D2}) \\ & \left. - (L_{D1} + L_{D2}) * c_2 * L_2 * \rho_2 * (T - T_2) / (L_{D1} + L_{D2}) \right] / \left[c_1 * L_1 * \rho_1 * (T - T_1) / (L_{D1} + L_{D2}) + c_2 * L_2 * \rho_2 * (T - T_2) / (L_{D1} + L_{D2}) + c_D * \rho_{D1} * (T - T_{D1}) \right] \end{aligned}$$

化学药液一流量变化量 $\Delta L_1 = (L_{D1} + L_{D2} + \Delta L_{D1}) * L_1 / (L_{D1} + L_{D2}) - L_1$; 代入上式求得的 ΔL_{D1} 即得 ΔL_1 ;

化学药液二流量变化量 $\Delta L_2 = (L_{D1} + L_{D2} + \Delta L_{D1}) * L_2 / (L_{D1} + L_{D2}) - L_2) * L_1$ ；代入上式求得的 ΔL_{D1} 即得 ΔL_2 。

在另一个实施例中，请参照图 4，图 4 示出了本发明另一实施例的溶液温度实时调控系统的结构示意图。如图 4 所示，供液模块 100 的输送单元 102 上设置第一温度检测单元 301，以检测清洗溶液各组成部分的供液温度，生成第一温度检测结果。控制模块 400 被配置为确定混合均匀后清洗溶液的目标温度；根据第一温度检测结果，调整供液模块 100 向混液模块 200 输送不同温度的清洗溶液的流量，使混液模块 200 中的混合均匀的清洗溶液的温度达到目标温度。

具体的是，控制模块 400 首先确定混合均匀后清洗溶液的目标温度。在本发明实施例中，控制模块 400 可以基于预存储在数据库中的数据选取即将要实施的工艺确定清洗溶液的目标温度，也可以选择工作人员手动输入目标温度数据的方式，本实施例中暂不做限定；控制模块 400 同时实时获取第一温度检测单元 301 所检测的混合之前清洗溶液各组成部分的温度。然后基于第一温度检测单元 301 的第一温度检测结果进行计算，固定供液总流量不变，固定化学药液储液单元向混液模块的供液温度和流量不变，根据第一温度检测结果实时计算室温去离子水所需的流量和高温去离子水所需的流量，并将对应流量的室温去离子水和高温去离子水输送至混液模块 200，以使混液模块 200 中的混合均匀的清洗溶液的温度达到目标温度。

示例性的，请参照图 5，当储液单元 101 包括：室温去离子水储液单元 101a、高温去离子水储液单元 101b、化学药液储液单元 101c 时，控制模块 400 根据第一温度检测结果实时计算所需的室温去离子水和高温去离子水的流量包括：

基于供液总流量不变，化学药液储液单元向混液模块的供液温度和流量不变的情况下，则室温去离子水的供液量和高温去离子水的供液量的总量为 L_D ；则采用下述式八和上述式二组成的方程组计算室温去离子水所需的流量 L_{D1} 和高温去离子水所需的流量 L_{D2} ：

$$L_D = L_{D1} + L_{D2} \quad \text{式八}$$

供液模块 200 所供给的清洗溶液各组成部分的信息同上所述，则，

$$\text{室温去离子水所需的流量 } L_{D1} = (c_D * L_D * \rho_{D2} * (T_{D2} - T) - c_1 * L_1 * \rho_1 * (T - T_1) - c_2 * L_2 * \rho_2 * (T - T_2)) / (c_D * \rho_{D2} * (T_{D2} - T) + c_D * \rho_{D1} * (T - T_{D1}))$$

高温去离子水所需的流量 $L_{D2} = (c_1 * L_1 * \rho_1 * (T - T_1) + c_2 * L_2 * \rho_2 * (T - T_2) + c_D * L_D * \rho_{D1} * (T - T_{D1})) / (c_D * \rho_{D2} * (T_{D2} - T) + c_D * \rho_{D1} * (T - T_{D1}))$

本申请的调控系统还包括：设置于混液模块 200 上的第二温度检测单元 302 被配置为检测混液模块 200 混合均匀后清洗溶液的温度，生成第二温度检测结果；当
5 第二温度检测结果持续一预设时长内区别于目标温度，固定化学药液储液单元 101c 向混液模块的供液温度和流量不变，根据第二温度检测结果实时计算室温去离子水所需流量变化量和高温去离子水所需流量变化量，并将对应流量的室温去离子水和高温去离子水输送至混液模块 200，以使混液模块 200 中的混合均匀的清洗溶液的温度达到目标温度。具体计算过程方式为：结合式一和式二计算得出计算室温去离
10 子水的所需流量变化量 ΔL_{D1} 和高温去离子水的所需流量变化量 ΔL_{D2} 。在混液模块 200 上设置第二温度检测单元 302 的基础上，在输送单元 102 上同时设置第一温度检测单元 301，同时检测输入的溶液的温度以及混合均匀的溶液的温度，二者温度进行结合监控能够进一步保障溶液流量调控的准确性。

本发明还提供一种与上述溶液温度实时调控系统相匹配的调控方法。请参照图
15 6，图 6 示出了根据本发明实施例的溶液温度实时调控方法的流程示意图。如图 6 所示，方法包括如下步骤：

步骤 S200、利用供液模块向混液模块供给不同温度的清洗溶液；

步骤 S300、不同温度的清洗溶液于混液模块中被混合均匀，利用温度检测模块实时检测混合均匀清洗溶液的温度并反馈至控制模块；

20 步骤 S400、控制模块根据温度检测模块测得的混合均匀后清洗溶液的温度调整供液模块向混液模块输送不同温度的清洗溶液的流量，使混液模块中的混合均匀的清洗溶液的温度达到目标温度。

更进一步地，清洗溶液至少包括：化学药液、室温去离子水、高温去离子水中的两种。

25 更进一步地，当清洗溶液包括化学药液，化学药液的组成部分大于或等于一种。

更进一步地，在利用供液模块向混液模块供给不同温度的清洗溶液之前，该方法还包括：

步骤 S100：预设不同工艺对应不同温度的关系数据、以及不同温度时对应清洗

溶液的各组成部分的体积比数据于控制模块内。

具体工艺过程中，控制模块先根据工艺确定清洗溶液的目标温度，然后根据目标温度对应的清洗溶液各组成部分的体积比数据控制不同温度的清洗溶液输送至混液模块中进行混合均匀；

5 温度检测模块实时获取混合均匀后的清洗溶液的实际温度，当检测到实际温度持续一预设时长区别于目标温度时，固定化学药液储液单元向混液模块的供液温度和流量不变，根据温度检测结果实时计算室温去离子水所需流量变化量和高温去离子水所需流量变化量，并将对应流量的室温去离子水和高温去离子水输送至混液模块，以使混液模块中的混合均匀的清洗溶液的温度达到目标温度。

10 更进一步地，根据温度检测结果实时计算室温去离子水所需流量变化量和高温去离子水所需流量变化量的步骤包括：

采用式一和式二组成的方程组计算室温去离子水的所需流量变化量 ΔL_{D1} 和高温去离子水的所需流量变化量 ΔL_{D2} 。

在另一个实施例中，该方法还包括：

15 控制模块根据工艺确定清洗溶液的目标温度，实时获取温度检测模块的温度检测结果；当温度检测结果持续一预设时长区别于目标温度，固定较大流量储液单元向混液模块的供液温度和流量不变；根据温度检测结果实时调整其它储液单元向混液模块供液的流量变化量，以使混液模块中的混合均匀的清洗溶液的温度达到目标温度，其中，较大流量储液单元为供液模块中向混液模块供液流量最大的储液单元。

20 更进一步地，当化学药液储液单元的数量为2时，控制模块还被配置为控制较大流量储液单元向混液模块的供液温度和流量固定不变；控制模块根据温度检测结果实时调整其它储液单元向混液模块供液的流量变化量的步骤包括：

采用式三、式四、式五、式六和式七组成的方程组计算化学药液一流量变化量 ΔL_1 、化学药液二流量变化量 ΔL_2 以及室温去离子水流量变化量 ΔL_{D1} 。

25 本发明还提供另一种与上述溶液温度实时调控系统相匹配的调控方法。请参照图7，图7示出了根据本发明另一实施例的溶液温度实时调控方法的流程示意图。如图7所示，方法包括如下步骤：

步骤S1100：控制模块获取清洗溶液的目标温度。控制模块可以基于预存储的

数据库中的数据选取即将要实施的工艺确定清洗溶液的目标温度,也可以选择工作人员手动输入目标温度数据的方式,本实施例中暂不做限定。

步骤 S1200: 利用供液模块向混液模块供给不同温度的清洗溶液;

5 步骤 S1300: 不同温度的清洗溶液于混液模块中被混合均匀, 利用设置于连接供液模块和混液模块的输送单元上的第一温度检测单元实时检测清洗溶液各组成部分的供液温度, 生成第一温度检测结果, 并将第一温度检测结果反馈至控制模块;

步骤 S1400: 控制模块根据第一温度检测结果, 调整供液模块向混液模块输送不同温度的清洗溶液的流量, 使混液模块中的混合均匀的清洗溶液的温度达到目标温度。

10 更进一步地, 清洗溶液至少包括: 化学药液、室温去离子水、高温去离子水中的两种。

更进一步地, 当清洗溶液包括化学药液, 化学药液的组成部分大于或等于一种。

更进一步地, 根据第一温度检测结果, 调整供液模块向混液模块输送不同温度的清洗溶液的流量包括:

15 固定供液总流量不变, 固定化学药液储液单元向混液模块的供液温度和流量不变, 根据第一温度检测结果实时计算室温去离子水所需的流量和高温去离子水所需的流量, 并将对应流量的室温去离子水和高温去离子水输送至混液模块, 以使混液模块中的混合均匀的清洗溶液的温度达到目标温度。

20 更进一步地, 根据第一温度检测结果实时计算室温去离子水所需的流量和高温去离子水所需的流量, 包括:

采用式八和式二组成的方程组计算室温去离子水所需的流量 L_{D1} 和高温去离子水所需的流量 L_{D2} 。

更进一步地, 利用设置于混液模块上的第二温度检测单元检测混液模块混合均匀后清洗溶液的温度, 生成第二温度检测结果;

25 控制模块实时获取第二温度检测单元的第二温度检测结果;

当第二温度检测结果持续一预设时长内区别于目标温度, 控制化学药液储液单元向混液模块的供液温度和流量固定不变, 根据第二温度检测结果实时计算室温去离子水所需流量变化量和高温去离子水所需流量变化量, 并将对应流量的室温去离

子水和高温去离子水输送至混液模块,以使混液模块中的混合均匀的清洗溶液的温度达到目标温度。具体计算过程方式为:利用式一结合式二计算得出计算室温去离子水的所需流量变化量 ΔL_{D1} 和高温去离子水的所需流量变化量 ΔL_{D2} 。

5 本发明为在线混液的控温方式,适用于可以在线混液的化学药液。化学药液的温度控制范围在高温去离子水和室温去离子水两者的温度之间。同时,应当理解的是,本发明所提供的溶液温度实时调控方法不仅仅适用于半导体清洗工艺,还可以适用于半导体加工技术领域的其他湿法工艺中,实际上只要是需要不同温度的溶液混合至目标温度,且目标温度位于溶液各组成部分的温度范围之间的情况,均适应本发明的调控系统及调控方法。示例性的,成品酸也可以适用此方式达到自动控温

10 的效果。例如,某成品酸需要控制药液温度在室温和温度 T_A 之间,则此成品酸可以分成两部分供液,一部分药液控制温度在室温温度,一部分药液控制温度为 T_A 温度,可以通过控制两部分药液的流量来灵活控制混合后的溶液温度在室温和 T_A 之间。

应当理解的是,本发明中对于清洗溶液各组成部分的流量进行调控的计算过程

15 处理时,计算采用了近似处理:忽略了水的不同温度下比热容变化的影响以及忽略了稀释热和微量的化学反应热的影响。若在需求较高的情况下,可以考虑这些影响。

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

20 明各实施例技术方案的精神和范围。

权 利 要 求 书

- 1、一种溶液温度实时调控系统，其特征在于：包括：
供液模块，被配置为向混液模块供给不同温度的溶液；
5 混液模块，被配置为接收所述供液模块供给的不同温度的溶液并混合均匀；
温度检测模块，被配置为检测混液模块混合均匀后的溶液的温度；
控制模块，被配置为根据温度检测模块测得的混合均匀后的溶液的温度调整供
液模块向混液模块输送不同温度的溶液的流量，使混液模块中混合均匀的溶液的温度
10 达到目标温度。
- 2、根据权利要求1所述的调控系统，其特征在于：所述供液模块包括：储液
单元和输送单元；所述储液单元通过所述输送单元与所述混液模块连通；
所述储液单元包括：
室温去离子水储液单元，被配置为储存向混液模块供给的室温去离子水；
15 高温去离子水储液单元，被配置为储存向混液模块供给的高温去离子水；
化学药液储液单元，被配置为储存向混液模块供给的化学药液。
- 3、根据权利要求2所述的调控系统，其特征在于：
所述储液单元至少包括一个化学药液储液单元，当化学药液储液单元的数量大
20 于1时，每一个所述化学药液储液单元所储存的化学药液的种类均不相同。
- 4、根据权利要求3所述的调控系统，其特征在于：
所述控制模块内预置有不同工艺对应不同温度的关系数据、以及不同温度时对应
溶液的各组成部分的体积比数据库；
25 所述控制模块还被配置为：
确定混合均匀后的溶液的目标温度；
根据目标温度对应的溶液各组成部分的体积比数据控制供液模块向混液模块
输送不同温度的溶液的流量；

实时获取温度检测模块的温度检测结果；

当温度检测结果持续一预设时长区别于目标温度，控制化学药液储液单元向混液模块的供液温度和流量固定不变，根据温度检测结果实时计算室温去离子水所需流量变化量和高温去离子水所需流量变化量，并将对应流量的室温去离子水和高温去离子水输送至混液模块，以使混液模块中的混合均匀的溶液的温度达到目标温度。

5、根据权利要求4所述的调控系统，其特征在于：所述控制模块根据温度检测结果实时计算室温去离子水所需流量变化量和高温去离子水所需流量变化量，包括：

10 采用下述式一和式二组成的方程组计算室温去离子水的所需流量变化量 ΔL_{D1} 和高温去离子水的所需流量变化量 ΔL_{D2} ：

$$\Delta L_{D1} + \Delta L_{D2} = 0 \quad \text{式一}$$

$$\Delta Q_{D1} + \Delta Q_{D2} + \sum_{i=1}^n \Delta Q_i = 0 \quad \text{式二}$$

其中，式一是根据供液总流量不变和化学药液储液单元向混液模块的供液温度和流量不变的条件下，室温去离子水储液单元向混液模块供应室温去离子水的流量变化量和高温去离子水储液单元向混液模块供应高温去离子水的流量变化量之和为0所获得；式二是根据热量守恒定律获得；

其中，所述储液单元包括的化学药液储液单元为n个， ΔQ_i 是第i个化学药液储液单元中化学药液的热量变化量，n和i都是大于等于1的正整数， ΔQ_{D1} 、 ΔQ_{D2} 分别是室温去离子水和高温去离子水的热量变化量，热量变化量的单位都是焦耳，根据热量计算公式 $Q = cm\Delta t$ 及质量密度体积公式 $m = \rho v = \rho * L * t$ 所获得，其中，

c为比热容，单位为焦耳/千克℃；

m为质量，单位为千克；

Δt 为升高或降低的温度，单位为摄氏度；

25 ρ 为密度，单位为千克/立方分米；

L为流量，单位为升/分钟；

t为单位时间，单位为分钟。

6、根据权利要求3所述的调控系统，其特征在于：所述控制模块被配置为：

确定混合均匀后溶液的目标温度；

实时获取温度检测模块的温度检测结果；

当温度检测结果持续一预设时长区别于目标温度，固定较大流量储液单元向混液模块的供液温度和流量不变；根据温度检测结果实时调整其它储液单元向混液模块供液的流量变化量，以使混液模块中的混合均匀的溶液的温度达到目标温度，其中，较大流量储液单元为供液模块中向混液模块供液流量最大的储液单元。

7、根据权利要求6所述的调控系统，其特征在于：当所述化学药液储液单元包括两路供液管路时，所述控制模块还被配置为控制较大流量储液单元向混液模块的供液温度和流量固定不变；所述控制模块根据温度检测结果实时调整其它储液单元向混液模块供液的流量变化量，包括：

采用下述式三、式四、式五、式六和式七组成的方程组计算化学药液一流量变化量 ΔL_1 、化学药液二流量变化量 ΔL_2 以及室温去离子水向混液模块供液的流量变化量 ΔL_{D1} ：

$$r_1 = \frac{L_1}{L_{D1} + L_{D2}} \quad \text{式三}$$

$$r_2 = \frac{L_2}{L_{D1} + L_{D2}} \quad \text{式四}$$

$$\Delta Q_1 + \Delta Q_{D1} + \Delta Q_{D2} = 0 \quad \text{式五}$$

$$(L_1 + \Delta L_1) / (L_{D1} + L_{D2} + \Delta L_{D1}) = r_1 \quad \text{式六}$$

$$(L_2 + \Delta L_2) / (L_{D1} + L_{D2} + \Delta L_{D2}) = r_2 \quad \text{式七}$$

其中，式三和式四为化学药液储液单元包括的两种化学药液的体积比；式五是根据热量守恒定律获得；式六和式七是根据流量变化后的化学药液体积比不变的条件下，储液单元包括的两种化学药液的体积比；

其中， r_1 、 r_2 分别为设定的溶液中两种化学药液体积比， L_1 和 L_2 分别为两种化学药液的流量，单位为升/分钟； ΔL_1 为需要变化流量化学药液的流量变化量，单位为升/分钟； L_{D1} 和 L_{D2} 为室温去离子水和高温去离子水的流量，单位为升/分钟； ΔL_{D1} 和 ΔL_{D2} 分别为室温去离子水和高温去离子水的流量变化量，单位为升/分钟； ΔQ_1 为需要变化流量的化学药液的化学药液热量变化量，单位为焦耳； ΔQ_{D1} 为室温

去离子水的热量变化量,单位为焦耳; ΔQ_{D2} 为高温去离子水的热量变化量,单位为焦耳。

8、一种溶液温度实时调控系统,其特征在于:包括:

- 5 供液模块,被配置为向混液模块供给不同温度的溶液;
混液模块,被配置为接收所述供液模块供给的不同温度的溶液并混合均匀;
温度检测模块,包括第一温度检测单元,被配置为检测溶液混合均匀之前各组成部分的温度,生成第一温度检测结果;
控制模块,被配置为确定混合均匀后的溶液的目标温度;根据第一温度检测结果,
10 果,调整供液模块向混液模块输送不同温度的溶液的流量,使混液模块中的混合均匀的溶液的温度达到目标温度。

9、根据权利要求8所述的调控系统,其特征在于:所述供液模块包括:

- 室温去离子水储液单元,被配置为储存向混液模块供给的室温去离子水;
15 高温去离子水储液单元,被配置为储存向混液模块供给的高温去离子水;
化学药液储液单元,被配置为储存向混液模块供给的化学药液。

10、根据权利要求9所述的调控系统,其特征在于:

- 所述供液模块至少包括一个化学药液储液单元,当化学药液储液单元的数量大
20 于1时,每一个所述化学药液储液单元所储存的化学药液均不相同。

11、根据权利要求10所述的调控系统,其特征在于,所述控制模块根据第一温度检测结果,调整供液模块向混液模块输送不同温度的溶液的流量包括:

- 固定供液总流量不变,固定化学药液储液单元向混液模块的供液温度和流量不
25 变,根据第一温度检测结果实时计算室温去离子水所需的流量和高温去离子水所需的流量,并将对应流量的室温去离子水和高温去离子水输送至混液模块,以使混液模块中的混合均匀的溶液的温度达到目标温度。

12、根据权利要求 11 所述的调控系统，其特征在于，所述控制模块根据第一温度检测结果实时计算室温去离子水所需的流量和高温去离子水所需的流量，包括：

采用下述式八和式二组成的方程组计算室温去离子水所需的流量 L_{D1} 和高温去离子水所需的流量 L_{D2} ：

5
$$L_D = L_{D1} + L_{D2} \quad \text{式八}$$

$$\Delta Q_{D1} + \Delta Q_{D2} + \sum_{i=1}^n \Delta Q_i = 0 \quad \text{式二}$$

其中，式八是根据供液总流量不变，化学药液储液单元向混液模块的供液温度和流量不变的条件下，向混液模块供应的室温去离子水的供液量和高温去离子水的供液量的总量为 L_D 所获得；式二是根据热量守恒定律获得；

10 其中， L_{D1} 室温去离子水所需的流量； L_{D2} 高温去离子水所需的流量；所述供液模块包括的化学药液储液单元为 n 个， ΔQ_i 是第 i 个化学药液储液单元中化学药液的热量变化量， n 和 i 都是大于等于 1 的正整数， ΔQ_{D1} 、 ΔQ_{D2} 分别是室温去离子水和高温去离子水的热量变化量，热量变化量的单位都是焦耳，根据热量计算公式 $Q = cm\Delta t$ 及质量密度体积公式 $m = \rho v = \rho * L * t$ 所获得，其中，

15 c 为比热容，单位为焦耳/千克 $^{\circ}\text{C}$ ；

m 为质量，单位为千克；

Δt 为升高或降低的温度，单位为摄氏度；

ρ 为密度，单位为千克/立方分米；

L 为流量，单位为升/分钟；

20 t 为单位时间，单位为分钟。

13、根据权利要求 10 所述的调控系统，其特征在于：所述温度检测模块还包括第二温度检测单元，被配置为检测混液模块混合均匀后溶液的温度，生成第二温度检测结果；

25 所述控制模块还被配置为：

实时获取第二温度检测单元的第二温度检测结果；

当第二温度检测结果持续一预设时长内区别于目标温度，控制化学药液储液单元向混液模块的供液温度和流量固定不变，根据第二温度检测结果实时计算室温去

离子水所需流量变化量和高温去离子水所需流量变化量,并将对应流量的室温去离子水和高温去离子水输送至混液模块,以使混液模块中的混合均匀的溶液的温度达到目标温度。

5 14、一种溶液温度实时调控方法,其特征在于:包括如下步骤:

利用供液模块向混液模块供给不同温度的溶液;

不同温度的溶液于混液模块中被混合均匀,利用温度检测模块实时检测混合均匀的溶液的温度并反馈至控制模块;

控制模块根据温度检测模块测得的混合均匀后的溶液的温度调整供液模块向
10 混液模块输送不同温度的溶液的流量,使混液模块中的混合均匀的溶液的温度达到目标温度。

15 15、根据权利要求14所述的调控方法,其特征在于:

所述溶液至少包括:化学药液、室温去离子水、高温去离子水中的至少两种。

15

16、根据权利要求15所述的调控方法,其特征在于:

当所述溶液包括化学药液,所述化学药液的组成部分大于或等于一种。

17、根据权利要求16所述的调控方法,其特征在于:还包括:

20 预设不同工艺对应不同温度的关系数据、以及不同温度时对应溶液的各组成部分的体积比数据于控制模块内;

控制模块根据工艺确定混合均匀后的溶液的目标温度,根据目标温度对应的溶液各组成部分的体积比数据控制不同温度的溶液混合均匀;

温度检测模块实时获取混合均匀后的溶液的实际温度,当检测到实际温度持续
25 一预设时长区别于目标温度时,固定化学药液储液单元向混液模块的供液温度和流量不变,根据实际温度检测结果实时计算室温去离子水所需流量变化量和高温去离子水所需流量变化量,并将对应流量的室温去离子水和高温去离子水输送至混液模块,以使混液模块中的混合均匀的溶液的温度达到目标温度。

18、根据权利要求17所述的调控方法，其特征在于：

根据实际温度检测结果实时计算室温去离子水所需流量变化量和高温去离子水所需流量变化量的步骤包括：

- 5 采用下述式一和式二组成的方程组计算室温去离子水的所需流量变化量 ΔL_{D1} 和高温去离子水的所需流量变化量 ΔL_{D2} ：

$$\Delta L_{D1} + \Delta L_{D2} = 0 \quad \text{式一}$$

$$\Delta Q_{D1} + \Delta Q_{D2} + \sum_{i=1}^n \Delta Q_i = 0 \quad \text{式二}$$

- 其中，式一是根据供液总流量不变和化学药液储液单元向混液模块的供液温度
10 和流量不变的条件下，室温去离子水储液单元向混液模块供应的室温去离子水的流量变化量和高温去离子水储液单元向混液模块供应的高温去离子水的流量变化量之和为0所获得；式二是根据热量守恒定律获得；

- 其中，所述供液模块包括的化学药液储液单元为n个， ΔQ_i 是第i个化学药液
储液单元中化学药液的热量变化量，n和i都是大于等于1的正整数， ΔQ_{D1} 、 ΔQ_{D2}
15 分别是室温去离子水和高温去离子水的热量变化量，热量变化量的单位都是焦耳，
根据热量计算公式 $Q = cm\Delta t$ 及质量密度体积公式 $m = \rho v = \rho * L * t$ 所获得，其中，

c 为比热容，单位为焦耳/千克 $^{\circ}\text{C}$ ；

m 为质量，单位为千克；

Δt 为升高或降低的温度，单位为摄氏度；

- 20 ρ 为密度，单位为千克/立方分米；

L 为流量，单位为升/分钟；

t 为单位时间，单位为分钟。

19、根据权利要求16所述的调控方法，其特征在于：所述方法还包括：

- 25 控制模块根据工艺确定溶液的目标温度，实时获取温度检测模块的温度检测结果；当温度检测结果持续一预设时长区别于目标温度，固定较大流量储液单元向混液模块的供液温度和流量不变；根据温度检测结果实时调整其它储液单元向混液模块供液的流量变化量，以使混液模块中的混合均匀的溶液的温度达到目标温度，其

中，较大流量储液单元为供液模块中向混液模块供液流量最大的储液单元。

20、根据权利要求 19 所述的调控方法，其特征在于：

当所述化学药液储液单元的数量为 2 时，所述控制模块还被配置为控制较大流量储液单元向混液模块的供液温度和流量固定不变；所述控制模块根据温度检测结果实时调整其它储液单元向混液模块供液的流量变化量的步骤包括：

采用下述式三、式四、式五、式六和式七组成的方程组计算化学药液一流量变化量 ΔL_1 、化学药液二流量变化量 ΔL_2 以及室温去离子水流量变化量 ΔL_{D1} ：

10
$$r_1 = \frac{L_1}{L_{D1} + L_{D2}} \quad \text{式三}$$

$$r_2 = \frac{L_2}{L_{D1} + L_{D2}} \quad \text{式四}$$

$$\Delta Q_1 + \Delta Q_{D1} + \Delta Q_{D2} = 0 \quad \text{式五}$$

$$(L_1 + \Delta L_1) / (L_{D1} + L_{D2} + \Delta L_{D1}) = r_1 \quad \text{式六}$$

$$(L_2 + \Delta L_2) / (L_{D1} + L_{D2} + \Delta L_{D2}) = r_2 \quad \text{式七}$$

其中，式三和式四为所述化学药液储液单元包括的两路供液管路所供给的两种化学药液的体积比；式五是根据热量守恒定律获得；式六和式七是根据流量变化后的化学药液体积比不变的条件下，所述化学药液储液单元包括的两路供液管路所供给的两种化学药液的体积比；

其中， r_1 、 r_2 分别为设定的溶液中两种化学药液体积比， L_1 和 L_2 分别为两种化学药液的流量，单位为升/分钟； ΔL_1 为需要变化流量化学药液的流量变化量，单位为升/分钟； L_{D1} 和 L_{D2} 为室温去离子水和高温去离子水的流量，单位为升/分钟； ΔL_{D1} 和 ΔL_{D2} 分别为室温去离子水和高温去离子水的流量变化量，单位为升/分钟； ΔQ_1 为需要变化流量的化学药液的化学药液热量变化量，单位：焦耳； ΔQ_{D1} 为室温去离子水的热量变化量，单位：焦耳； ΔQ_{D2} 为高温去离子水的热量变化量，单位：焦耳。

25

21、一种溶液温度实时调控方法，其特征在于：包括如下步骤：

控制模块获取混合溶液的目标温度；

利用供液模块向混液模块供给不同温度的溶液；

不同温度的溶液于混液模块中被混合均匀,利用温度检测模块的第一温度检测单元实时检测混液模块中的溶液各组成部分的供液温度,生成第一温度检测结果,并将所述第一温度检测结果反馈至控制模块;

控制模块根据所述第一温度检测结果,调整供液模块向混液模块输送不同温度的溶液的流量,使混液模块中的混合均匀的溶液的温度达到目标温度。

22、根据权利要求 21 所述的调控方法,其特征在于:

所述溶液至少包括:化学药液、室温去离子水、高温去离子水中的两种。

23、根据权利要求 22 所述的调控方法,其特征在于:

当所述溶液包括化学药液,所述化学药液的组成部分大于或等于一种。

24、根据权利要求 21 所述的调控方法,其特征在于:

根据第一温度检测结果,调整供液模块向混液模块输送不同温度的溶液的流量包括:

固定供液总流量不变,固定化学药液储液单元向混液模块的供液温度和流量不变,根据第一温度检测结果实时计算室温去离子水所需的流量和高温去离子水所需的流量,并将对应流量的室温去离子水和高温去离子水输送至混液模块,以使混液模块中的混合均匀的溶液的温度达到目标温度。

25、根据权利要求 24 所述的调控方法,其特征在于:

根据第一温度检测结果实时计算室温去离子水所需的流量和高温去离子水所需的流量,包括:

采用下述式八和式二组成的方程组计算室温去离子水所需的流量 L_{D1} 和高温去离子水所需的流量 L_{D2} :

$$L_D = L_{D1} + L_{D2} \tag{式八}$$

$$\Delta Q_{D1} + \Delta Q_{D2} + \sum_{i=1}^n \Delta Q_i = 0 \tag{式二}$$

其中,式八是根据供液总流量不变,化学药液储液单元向混液模块的供液温度

- 和流量不变的条件下,室温去离子水储液单元向混液模块的供液量和高温去离子水储液单元向混液模块的供液量的总量为 L_D 所获得; 式二是根据热量守恒定律获得;
- 其中, L_{D1} 室温去离子水所需的流量; L_{D2} 高温去离子水所需的流量; 所述供液
- 5 模块包括的化学药液储液单元为 n 个, ΔQ_i 是第 i 个化学药液储液单元中化学药液的热量变化量, n 和 i 都是大于等于 1 的正整数, ΔQ_{D1} 、 ΔQ_{D2} 分别是室温去离子水和高温去离子水的热量变化量, 热量变化量的单位都是焦耳, 根据热量计算公式 $Q = cm\Delta t$ 及质量密度体积公式 $m = \rho v = \rho * L * t$ 所获得, 其中,
- c 为比热容, 单位为焦耳/千克 $^{\circ}\text{C}$;
- 10 m 为质量, 单位为千克;
- Δt 为升高或降低的温度, 单位为摄氏度;
- ρ 为密度, 单位为千克/立方分米;
- L 为流量, 单位为升/分钟;
- t 为单位时间, 单位为分钟。
- 15
- 26、根据权利要求 23 所述的调控方法, 其特征在于: 还包括:
- 利用温度检测模块的第二温度检测单元检测混液模块混合均匀后的溶液的温度, 生成第二温度检测结果;
- 控制模块实时获取所述第二温度检测单元的温度检测结果;
- 20 当第二温度检测结果持续一预设时长内区别于目标温度, 控制化学药液储液单元向混液模块的供液温度和流量固定不变, 根据第二温度检测结果实时计算室温去离子水所需流量变化量和高温去离子水所需流量变化量, 并将对应流量的室温去离子水和高温去离子水输送至混液模块, 以使混液模块中的混合均匀的溶液的温度达到目标温度。
- 25