



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113684534 B

(45) 授权公告日 2022. 08. 02

(21) 申请号 202110986350.X

C30B 29/28 (2006.01)

(22) 申请日 2021.08.26

C30B 29/32 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

C30B 29/34 (2006.01)

申请公布号 CN 113684534 A

审查员 王晓燕

(43) 申请公布日 2021.11.23

(73) 专利权人 眉山博雅新材料股份有限公司

地址 620010 四川省眉山市东坡区金象化

工产业园区君乐路3号

(72) 发明人 王宇 官伟明 梁振兴

(74) 专利代理机构 成都七星天知识产权代理有

限公司 51253

专利代理师 李兴洲

(51) Int. Cl.

C30B 15/20 (2006.01)

C30B 29/22 (2006.01)

权利要求书1页 说明书16页 附图6页

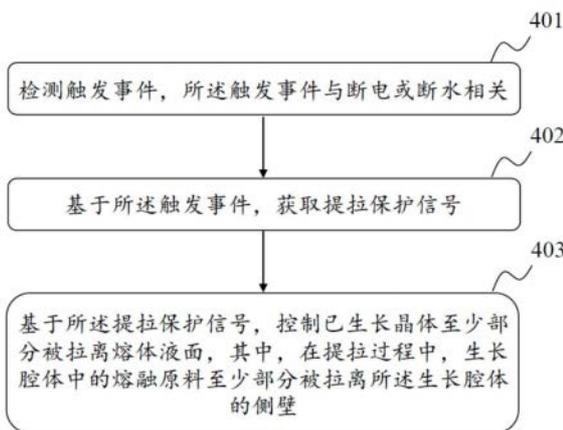
(54) 发明名称

一种提拉保护方法和系统

(57) 摘要

本说明书实施例提供一种提拉保护方法和系统,应用于晶体制备过程,该方法包括检测触发事件,触发事件与断电或断水相关;基于触发事件,获取提拉保护信号;基于提拉保护信号,控制已生长晶体至少部分被拉离熔体液面,其中,在提拉过程中,生长腔体中的熔融原料至少部分被拉离生长腔体的侧壁。根据本说明书实施例,可以在出现断水、断电等紧急情况时,通过已生长晶体或引导结构对熔融原料进行提拉,保护已生长晶体的同时避免生长腔体变形,且在提拉过程中保护称重组件不被损坏。

400



1. 一种提拉保护方法,应用于晶体制备过程,其特征在于,所述方法包括:  
检测触发事件,所述触发事件与断电或断水相关;  
基于所述触发事件,获取提拉保护信号;  
基于所述提拉保护信号,控制已生长晶体被快速拉离生长腔体内的熔体液面,其中,在提拉过程中,  
对所述已生长晶体进行后加热处理;  
将引导结构置于所述熔体液面下方;  
提拉所述引导结构以带动所述生长腔体中的熔融原料至少部分被拉离所述生长腔体的侧壁,控制冷却组件喷射流体对提拉出的熔融原料进行冷却降温处理。
2. 一种提拉保护装置,应用于晶体制备过程,其特征在于,所述装置包括:  
检测模块,用于检测触发事件,所述触发事件与断电或断水相关;  
获取模块,用于基于所述触发事件,获取提拉保护信号;  
提拉模块,用于基于所述提拉保护信号,控制已生长晶体被快速拉离生长腔体内的熔体液面,其中,在提拉过程中,  
对所述已生长晶体进行后加热处理;  
将引导结构置于所述熔体液面下方;  
提拉所述引导结构以带动所述生长腔体中的熔融原料至少部分被拉离所述生长腔体的侧壁,控制冷却组件喷射流体对提拉出的熔融原料进行冷却降温处理。
3. 一种提拉保护控制装置,应用于晶体制备过程,其特征在于,所述控制装置包括:  
至少一个存储器,用于存储计算机指令;  
至少一个处理器,所述至少一个处理器与所述至少一个存储器通讯,当所述至少一个处理器执行所述计算机指令时,所述至少一个处理器使所述控制装置执行如权利要求1所述的方法。
4. 一种计算机可读存储介质,其特征在于,所述存储介质存储计算机指令,当所述计算机指令被处理器执行时,所述计算机指令指示所述处理器执行如权利要求1所述的方法。

## 一种提拉保护方法和系统

### 技术领域

[0001] 本说明书涉及晶体制备技术领域,特别涉及一种提拉保护方法和系统。

### 背景技术

[0002] 在晶体生长过程中,可能会出现突然断电或断水等紧急情况。若不采取应急保护措施,会导致晶体熔化或开裂、生长腔体变形及称重组件的损坏等。因此,有必要提供一种提拉保护方法,在出现断电或断水等紧急情况时,保证已生长晶体的完整性,保护生长腔体及称重组件。

### 发明内容

[0003] 本说明书实施例之一提供一种提拉保护方法,应用于晶体制备过程。所述方法包括:检测触发事件,所述触发事件与断电或断水相关;基于所述触发事件,获取提拉保护信号;基于所述提拉保护信号,控制已生长晶体至少部分被拉离熔体液面,其中,在提拉过程中,生长腔体中的熔融原料至少部分被拉离所述生长腔体的侧壁。

[0004] 本说明书实施例之一提供一种提拉保护装置,应用于晶体制备过程。所述装置包括:检测模块,用于检测触发事件,所述触发事件与断电或断水相关;获取模块,用于基于所述触发事件,获取提拉保护信号;提拉模块,用于基于所述提拉保护信号,控制已生长晶体至少部分被拉离熔体液面,其中,在提拉过程中,生长腔体中的熔融原料至少部分被拉离所述生长腔体的侧壁。

[0005] 本说明书实施例之一提供一种提拉保护系统,应用于晶体制备过程。所述系统包括:至少一个存储器,用于存储计算机指令;至少一个处理器,所述至少一个处理器与所述至少一个存储器通讯,当所述至少一个处理器执行所述计算机指令时,所述至少一个处理器使所述系统执行如本说明书任一实施例所述的方法。

[0006] 本说明书实施例之一提供一种计算机可读存储介质,所述存储介质存储计算机指令,当所述计算机指令被处理器执行时,所述计算机指令指示所述处理器执行如本说明书任一实施例所述的方法。

### 附图说明

[0007] 本说明书将以示例性实施例的方式进一步说明,这些示例性实施例将通过附图进行详细描述。这些实施例并非限制性的,在这些实施例中,相同的编号表示相同的结构,其中:

[0008] 图1是根据本说明书一些实施例所示的示例性提拉保护系统的示意图;

[0009] 图2是根据本说明书一些实施例所示的示例性计算设备的示意图;

[0010] 图3是根据本说明书一些实施例所示的示例性提拉保护装置的模块图;

[0011] 图4是根据本说明书一些实施例所示的提拉保护方法的示例性流程图;

[0012] 图5是根据本说明书一些实施例所示的提拉熔融原料的示意图;

- [0013] 图6是根据本说明书一些实施例所示的提拉控制方法的示例性流程图；
- [0014] 图7是根据本说明书又一些实施例所示的提拉控制方法的示例性流程图；
- [0015] 图8是根据本说明书又一些实施例所示的提拉控制方法的示例性流程图；
- [0016] 图9A是根据本说明书一些实施例所示的坩埚变形的示意图；
- [0017] 图9B是根据本说明书又一些实施例所示的坩埚变形的示意图。

### 具体实施方式

[0018] 为了更清楚地说明本说明书实施例的技术方案，下面将对实施例描述中所需要使用的附图作简单的介绍。显而易见地，下面描述中的附图仅仅是本说明书的一些示例或实施例，对于本领域的普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动的前提下，还可以根据这些附图将本说明书应用于其它类似情景。除非从语言环境中显而易见或另做说明，图中相同标号代表相同结构或操作。

[0019] 应当理解，本文使用的“系统”、“装置”、“单元”和/或“模块”是用于区分不同级别的不同组件、元件、部件、部分或装配的一种方法。然而，如果其他词语可实现相同的目的，则可通过其他表达来替换所述词语。

[0020] 如本说明书和权利要求书所示，除非上下文明确提示例外情形，“一”、“一个”、“一种”和/或“该”等词并非特指单数，也可包括复数。一般说来，术语“包括”与“包含”仅提示包括已明确标识的步骤和元素，而这些步骤和元素不构成一个排它性的罗列，方法或者设备也可能包含其它的步骤或元素。

[0021] 本说明书中使用了流程图用来说明根据本说明书的实施例的系统所执行的操作。应当理解的是，前面或后面操作不一定按照顺序来精确地执行。相反，可以按照倒序或同时处理各个步骤。同时，也可以将其他操作添加到这些过程中，或从这些过程移除某一步或数步操作。

[0022] 在本说明书中，“熔体”和“熔融原料”可以互换使用。

[0023] 在晶体生长过程中，可能会出现突然断水或断电等紧急情况。在突然断水的情况下，若不采取应急保护措施，由于没有循环水进行降温，炉内温度较高，可能会导致已生长晶体重新熔化、生长炉内的部件（例如，炉壁）被损坏等。在突然断电的情况下，若不采取应急保护措施，由于炉内温度突然降低，可能会导致已生长晶体出现开裂、籽晶断裂。此外，在高温下熔化原料的过程中，由于生长腔体（例如，坩埚）硬度下降，其会在原料重力的作用下产生底部变形。而在突然断电时，生长腔体中的熔融原料液面附近的温度相比于液面下的温度更低，液面附近的熔融原料快速凝固，随后液面下附近的熔融原料也快速凝固，由于热胀冷缩的原因，熔融原料凝固后体积缩小，但生长腔体无法恢复原状而产生永久性变形，例如，如图9A所示，坩埚底部朝上，坩埚底部变形严重。另外，在突然断电后，称重组件由于惯性作用还会继续向上提拉，此时生长腔体内的熔融原料已快速凝固，相应会导致称重组件的提拉重量快速增加，超过重量阈值后可能会被损坏。

[0024] 因此，本说明书实施例提供了一种提拉保护方法。在突然断电的紧急情况下，通过备用电源控制已生长晶体至少部分被拉离熔体液面，且生长腔体中的熔融原料至少部分被拉离生长腔体侧壁。例如，快速将已生长晶体拉离熔体液面并引入引导结构，由引导结构带动熔融原料的提拉。又例如，直接提拉已生长晶体以带动熔融原料的提拉。相应地，已生长

的晶体得到保护,生长腔体侧壁因没有熔融原料的挤压而得以恢复原来的形状,例如,如图9B所示,坩埚底部朝上,坩埚底部仅小部分变形。此外,由于提拉过程较为平缓,称重组件的提拉重量不会突然增加导致超过重量阈值(例如,保护重量,即称重组件的最大量程),因此避免了其被损坏。在突然断水的紧急情况下,通过对晶体生长控制系统进行断电处理,可以保护炉内部件不会因高温而被损坏。同时,通过备用电源控制上述提拉过程,从而保护已生长晶体,避免生长腔体变形,保护称重组件等。

[0025] 图1是根据本说明书一些实施例所示的示例性提拉保护系统的示意图。

[0026] 在一些实施例中,提拉保护系统100可以应用于多种晶体(例如,硅酸镧(LSO)、硅酸钪(LYSO)、掺铈钷铝石榴石晶体(Ce:GAGG)、掺铈钷铝石榴石晶体(Ce:YAG)、锆酸钆(BGO)等闪烁晶体、尖晶石晶体等)的制备过程。在一些实施例中,提拉保护过程可以是晶体生长过程中针对触发事件(例如,与断电、断水或收尾相关的事件)的应急保护措施。在一些实施例中,提拉保护系统100可以是晶体生长控制系统的子系统。在一些实施例中,提拉保护系统100可以是独立于晶体生长控制系统的其他系统。在一些实施例中,提拉保护系统100可以与晶体生长控制系统共享部分组件。在一些实施例中,提拉保护系统100可以与晶体生长控制系统通信或交互。

[0027] 在一些实施例中,如图1所示,提拉保护系统100可以包括处理设备101、控制设备102、检测组件103、称重组件104、测温组件105、提拉组件106、引导结构107、冷却组件108、后加热组件109、存储设备110和交互组件111。

[0028] 处理设备101可以用于处理提拉保护过程中涉及的多种数据和/或信息。在一些实施例中,处理设备101可以从检测组件103获取检测信号以确定是否启动提拉保护过程。在一些实施例中,处理设备101可以从称重组件104和/或测温组件105获取实时提拉重量和/或熔融原料液面的实时温度,以确定提拉保护过程的提拉参数。在一些实施例中,处理设备101可以基于实时提拉重量、预设提拉参数、保护重量、待提拉总重量、待提拉总重量和/或熔融原料液面的实时温度等,确定提拉保护过程的提拉参数。在一些实施例中,处理设备101还可以将控制指令发送至控制设备102,由控制设备102基于控制指令控制提拉保护过程。

[0029] 在一些实施例中,处理设备101可以包括工业控制计算机。在一些实施例中,处理设备101可以作为上位控制监控设备或上位处理设备。

[0030] 控制设备102可以用于控制提拉保护过程涉及的多种操作(例如,提拉速度调整、提拉高度调整、后加热温度、冷凝气体喷射口与提拉的熔融原料的距离、喷射角度、喷射压力等)。在一些实施例中,控制设备102可以从处理设备101接收控制指令,并基于控制指令控制提拉保护过程。

[0031] 在一些实施例中,控制设备102可以包括可编程序逻辑控制器(Programmable Logic Controller,PLC)。在一些实施例中,控制设备102可以作为下位实时控制设备。

[0032] 在一些实施例中,处理设备101和/或控制设备102可以包括中央处理单元(CPU)、专用集成电路(ASIC)、专用指令集处理器(ASIP)、图像处理单元(GPU)、物理运算处理单元(PPU)、数字信号处理器(DSP)、现场可编程门阵列(FPGA)、可编程逻辑装置(PLD)、控制器、微控制器单元、精简指令集计算机(RISC)、微处理器等或以上任意组合。在一些实施例中,处理设备101和控制设备102可以集成为一个设备。在一些实施例中,控制设备102可以是处

理设备101的一部分。在一些实施例中,处理设备101和控制设备102的功能可以彼此共享或共同完成。

[0033] 检测组件103可以用于检测任意时刻的触发事件(例如,断电信号、断水信号或收尾信号),并将检测信号发送至处理设备101,以判断是否进行提拉保护操作。在一些实施例中,检测组件103可以检测电源接触器的开关是否断开,以检测是否断电。在一些实施例中,检测组件103可以检测循环水的压力是否大于预设压力阈值,以检测是否断水。

[0034] 称重组件104可以用于检测实时提拉重量,并将称重信号发送至处理设备101。

[0035] 测温组件105可以用于检测熔融原料液面的实时温度,并将测温信号发送至处理设备101。在一些实施例中,测温组件105可以通过红外测温传感器、微波传感器、热电偶传感器等测量实时温度。

[0036] 提拉组件106可以用于执行提拉过程以使已生长晶体至少部分被拉离熔体液面。在一些实施例中,提拉组件106可以包括提拉电机、提拉杆、运动装置等。

[0037] 引导结构107可以在提拉保护过程中代理已生长晶体作为提载体,带动熔融原料至少部分被拉离生长腔体的侧壁。

[0038] 冷却组件108可以用于对提拉出的熔融原料进行快速冷却。在一些实施例中,冷却组件108可以包括喷射装置。在一些实施例中,喷射装置可以用于喷射冷凝气体,以快速冷却提拉出的熔融原料。

[0039] 后加热组件109可以用于在已生长晶体被快速拉离熔体液面过程中,对已生长晶体进行后加热处理,以防止温度突变导致的晶体开裂。在一些实施例中,后加热组件109可以包括控制器109-1和加热器109-2。控制器109-1可以控制后加热处理的参数(例如,温度、温度梯度)。在一些实施例中,加热器109-2可以包括感应加热器、电阻加热器等。在一些实施例中,加热器109-2可以设置于熔体上方。在一些实施例中,加热器109-2可以设置于提拉组件106的外周。

[0040] 以具体的提拉保护过程为例,检测组件103可以检测任意时刻的触发事件并反馈给处理设备101。处理设备101可以接收该检测信号,以判断是否进行提拉保护操作。若确定进行提拉保护操作,处理设备101可以发送控制指令至控制设备102。接收到控制指令后,控制设备102可以控制提拉组件106提拉已生长晶体至少部分被拉离熔体液面,在此过程中,生长腔体中的熔融原料至少部分被拉离生长腔体侧壁。在一些实施例中,控制设备102可以控制提拉组件106将已生长晶体快速拉离熔体液面。进一步地,控制设备102可以将引导结构107置于熔体液面下方,并控制提拉组件106提拉引导结构107以带动熔融原料至少部分被拉离生长腔体侧壁。在一些实施例中,控制设备102可以提拉已生长晶体以使已生长晶体带动熔融原料至少部分被拉离生长腔体侧壁。

[0041] 存储设备110可以存储提拉保护过程中涉及的多种数据和/或信息。在一些实施例中,存储设备110可以存储提拉保护过程中的参数(例如,提拉速度、提拉高度、熔融原料液面温度、提拉重量)、控制指令等。在一些实施例中,存储设备110可以与提拉保护系统100中的一个或以上组件(例如,处理设备101、控制设备102、检测组件103、称重组件104、测温组件105、提拉组件106、引导结构107、冷却组件108、后加热组件109、交互组件111等)直接连接或通信。提拉保护系统100中的一个或以上组件可以通过网络或直接访问存储设备110中存储的数据和/或指令。在一些实施例中,存储设备110可以是处理设备101和/或控制设备

102的一部分。晶体提拉控制过程中的相关数据(如,温度控制参数、冷却控制参数、提拉控制参数等)可以实时记录在存储设备110中。

[0042] 在一些实施例中,存储设备110可以存储处理设备101用于执行或使用以完成本说明书中描述的示例性方法的数据和/或指令。在一些实施例中,存储设备110可以包括大容量存储器、可移动存储器、易失性读写存储器、只读存储器(ROM)等或其任意组合。示例性的大容量存储器可以包括磁盘、光盘、固态磁盘等。示例性可移动存储器可以包括闪存驱动器、软盘、光盘、存储卡、压缩盘、磁带等。示例性的挥发性只读存储器可以包括随机存取内存(RAM)。示例性的RAM可包括动态RAM(DRAM)、双倍速率同步动态RAM(DDR SDRAM)、静态RAM(SRAM)、闸流体RAM(T-RAM)和零电容RAM(Z-RAM)等。示例性的ROM可以包括掩模ROM(MROM)、可编程ROM(PROM)、可擦除可编程ROM(EPROM)、电子可擦除可编程ROM(EEPROM)、光盘ROM(CD-ROM)和数字通用磁盘ROM等。在一些实施例中,存储设备110可以在云平台上实现。仅作为示例,云平台可以包括私有云、公共云、混合云、社区云、分布云、内部云、多云等或其任意组合。

[0043] 交互组件111可以用于与用户或提拉保护系统100中其他组件进行交互。在一些实施例中,交互组件110可以包括显示设备111-1和交互设备111-2。显示设备111-1可以包括数码管显示器、二维显示器、三维显示器等。交互设备111-2可以包括输入设备。输入设备可以包括鼠标、键盘、语音输入设备等。

[0044] 在一些实施例中,处理设备101可以通过显示设备111-1和交互设备111-2与操作人员(例如,晶体制备工程师)进行人机交互,操作人员可以通过显示设备111-1查询实际晶体参数、温度控制参数、提拉控制参数等。

[0045] 图2是根据本说明书一些实施例所示的示例性计算设备的示意图。

[0046] 在一些实施例中,处理设备101、控制设备102和/或存储设备110可以在计算设备200上实现,并被配置为实现本说明书中所披露的功能。

[0047] 计算设备200可以包括用来实现本说明书所描述的系统的任意部件。例如,PLC可以在计算设备200上通过其硬件、软件程序、固件或其组合实现。为了方便起见图中仅绘制了一台计算机,但是本说明书所描述的与加料控制相关的计算功能可以以分布的方式、由一组相似的平台所实施,以分散系统的处理负荷。

[0048] 计算设备200可以包括与网络连接的通信端口205,用于实现数据通信。计算设备200可以包括一个处理器202(例如,CPU),可以以一个或多个处理器的形式执行程序指令。示例性的计算机平台可以包括一个内部总线201、不同形式的程序存储器和数据存储器,例如,硬盘207、只读存储器(ROM)203或随机存取存储器(RAM)204,用于存储由计算机处理和/或传输的各种各样的数据文件。计算设备还可以包括存储在只读存储器203、随机存取存储器204和/或其他类型的非暂时性存储介质中的由处理器202执行的程序指令。本说明书的方法和/或流程可以以程序指令的方式实现。计算设备200也包括输入/输出部件206,用于支持计算机与其他部件之间的输入/输出。计算设备200也可以通过网络通讯接收本披露中的程序和数据。

[0049] 为理解方便,图2中仅示例性绘制了一个处理器。然而,需要注意的是,本说明书中的计算设备200可以包括多个处理器,本说明书中描述的由一个处理器实现的操作和/或方法也可以共同地或独立地由多个处理器实现。例如,如果本说明书中描述的计算设备200的

处理器执行操作A和操作B,应当理解的是,操作A和操作B也可以由计算设备200中的两个或两个以上不同处理器共同或分别执行(例如,第一处理器执行操作A和第二处理器执行操作B,或第一处理器和第二处理器共同执行操作A和B)。

[0050] 图3是根据本说明书一些实施例所示的提拉保护装置的模块图。

[0051] 在一些实施例中,提拉保护装置300可以包括检测模块301、获取模块302和提拉模块303。

[0052] 检测模块301可以用于检测触发事件。触发事件与断电或断水相关。关于检测触发事件的更多内容可以参见流程图4及其描述,在此不作赘述。

[0053] 获取模块302用于基于触发事件,获取提拉保护信号。关于获取提拉保护信号的更多内容可以参见流程图4及其描述,在此不作赘述。

[0054] 提拉模块303用于基于提拉保护信号,控制已生长晶体至少部分被拉离熔体液面,其中,在提拉过程中,生长腔体中的熔融原料至少部分被拉离生长腔体的侧壁。关于控制已生长晶体至少部分被拉离熔体液面的更多内容可以参见流程图4及其描述,在此不作赘述。

[0055] 应当理解,图3所示的系统及其模块可以利用各种方式来实现。例如,在一些实施例中,提拉保护装置300可以通过处理设备101和/或控制设备102实现或集成于处理设备101和/或控制设备102中。

[0056] 需要注意的是,以上对于提拉保护装置300及其模块的描述,仅为描述方便,并不能把本说明书限制在所举实施例范围之内。可以理解,对于本领域的技术人员来说,在了解该系统的原理后,可能在不背离这一原理的情况下,对各个模块进行任意组合,或者构成子系统与其他模块连接。在一些实施例中,图3中披露的检测模块301、获取模块302和提拉模块303可以是一个系统中的不同模块,也可以是一个模块实现上述的两个或两个以上模块的功能。例如,各个模块可以共用一个存储模块,各个模块也可以分别具有各自的存储模块。诸如此类的变形,均在本说明书的保护范围之内。

[0057] 图4是根据本说明书一些实施例所示的提拉保护方法的示例性流程图。在一些实施例中,流程400可以由处理设备(例如,处理设备101)和/或控制设备(例如,控制设备102)执行。例如,过程400可以以程序或指令的形式存储在存储设备(例如,存储设备、处理设备和/或控制设备的存储单元)中,当处理器202或图3所示的模块执行程序或指令时,可以实现过程400。在一些实施例中,过程400可以利用以下未描述的一个或以上附加操作,和/或不通过以下所讨论的一个或以上操作完成。另外,如图4所示的操作的顺序并非限制性的。

[0058] 步骤401,检测触发事件。在一些实施例中,该步骤401可以由检测模块301执行。

[0059] 在一些实施例中,触发事件与断电或断水相关。在一些实施例中,触发事件可以包括断电信号或断水信号。

[0060] 在一些实施例中,检测组件(例如,检测组件103)可以通过检测电源接触器的开关信号来检测断电信号。在一些实施例中,如果检测到电源接触器的开关信号为打开,则确定检测到断电信号。例如,可以通过检测电源接触器的辅助常开触头的开关信号来检测断电信号,当检测到辅助常开触头为打开,则确定检测到断电信号。

[0061] 在一些实施例中,还可以通过其他方式检测断电信号。例如,检测电流或电压是否低于预设值。若低于预设值,则确定检测到断电信号。

[0062] 在一些实施例中,检测组件可以通过压力检测组件检测循环水压力来检测断水信

号。在一些实施例中,如果检测到循环水压力低于预设压力阈值,则确定检测到断水信号。在一些实施例中,预设压力阈值可以在0.001-1MPa的范围内。在一些实施例中,预设压力阈值可以在0.01-0.9MPa的范围内。在一些实施例中,预设压力阈值可以在0.05-0.85MPa的范围内。

[0063] 在一些实施例中,预设压力阈值可以在0.1-0.8MPa的范围内。在一些实施例中,预设压力阈值可以在0.15-0.75MPa的范围内。在一些实施例中,预设压力阈值可以在0.2-0.7MPa的范围内。在一些实施例中,预设压力阈值可以在0.25-0.65MPa的范围内。在一些实施例中,预设压力阈值可以在0.3-0.6MPa的范围内。在一些实施例中,预设压力阈值可以在为0.35-0.55MPa的范围内。在一些实施例中,预设压力阈值可以在0.4-0.5MPa的范围内。例如,预设压力阈值可以预设为0.001MPa,当检测到循环水压力低于0.001MPa,则确定检测到断水信号。在一些实施例中,预设压力阈值可以根据具体情况设定。

[0064] 在一些实施例中,还可以通过其他方式检测断水信号。例如,可以通过检测循环水的流速是否低于预设流速阈值。若低于预设流速阈值,则确定检测到断水信号。在一些实施例中,预设流速阈值可以在0.1-60L/min的范围内。在一些实施例中,预设流速阈值可以在0.5-55L/min的范围内。在一些实施例中,预设流速阈值可以在1-50L/min的范围内。在一些实施例中,预设流速阈值可以在3-45L/min的范围内。在一些实施例中,预设流速阈值可以在5-40L/min的范围内。在一些实施例中,预设流速阈值可以在8-35L/min的范围内。在一些实施例中,预设流速阈值可以在10-30L/min的范围内。在一些实施例中,预设流速阈值可以在13-27L/min的范围内。在一些实施例中,预设流速阈值可以在15-25L/min的范围内。在一些实施例中,预设流速阈值可以在18-23L/min的范围内。在一些实施例中,预设流速阈值可以在20-22L/min的范围内。

[0065] 在一些实施例中,触发事件还可以与晶体生长过程中的收尾操作相关。相应地,触发事件可以包括收尾信号。在一些实施例中,晶体生长过程可以是预先设置的自动生长过程,相应地,可以通过检测进入收尾阶段的提示以确定收尾信号。在一些实施例中,可以通过检测晶体生长参数以确定收尾信号。例如,晶体生长重量、晶体生长高度等满足预设要求时,则可以进入收尾阶段,相应可以确定收尾信号。

[0066] 步骤402,基于触发事件,获取提拉保护信号。在一些实施例中,该步骤402可以由获取模块302执行。

[0067] 在一些实施例中,提拉保护信号可以是触发提拉保护操作的信号。在一些实施例中,当检测组件检测出触发事件(例如,断水事件、断电事件或收尾信号)时,检测组件可以将检测信号发送至处理设备(例如,处理设备101),以判断是否进行提拉保护操作。若处理设备101确定进行提拉保护操作,则将提拉保护信号传输至控制设备(例如,控制设备102)。

[0068] 步骤403,基于提拉保护信号,控制已生长晶体至少部分被拉离熔体液面,其中,在提拉过程中,生长腔体中的熔融原料至少部分被拉离生长腔体的侧壁。在一些实施例中,该步骤403可以由提拉模块303执行。

[0069] 在一些实施例中,可以通过提拉已生长晶体将生长腔体中的熔融原料的至少部分拉离生长腔体的侧壁。在一些实施例中,控制设备可以基于提拉保护信号,通过提拉组件提拉已生长晶体以使已生长晶体带动熔融原料至少部分被拉离生长腔体的侧壁。在一些实施例中,提拉已生长晶体的提拉速度可以是系统默认值,也可以根据不同情况进行调整。在一

些实施例中,熔融原料可以全部被拉离生长腔体的侧壁。在一些实施例中,熔融原料可以部分被拉离生长腔体的侧壁。

[0070] 通过已生长晶体将生长腔体中熔融原料的部分拉起,可以在尽可能保护晶体的同时保护生长腔体不变形以及防止称重组件被损坏。

[0071] 在一些实施例中,为了防止已生长晶体被提拉过程中由于温度骤变而导致开裂,可以在提拉过程中对已生长晶体进行后加热处理。在一些实施例中,控制设备可以控制后加热组件(例如,后加热组件109)对快速拉离熔体液面的已生长晶体进行后加热处理。在一些实施例中,后加热处理温度可以是系统默认值,也可以根据不同情况进行调整。

[0072] 在一些实施例中,可以通过引导结构将生长腔体中的熔融原料至少部分拉离生长腔体的侧壁。具体地,控制设备可以控制已生长晶体被快速拉离熔体液面,并将引导结构置于熔体液面下方并提拉引导结构以带动熔融原料至少部分被拉离生长腔体的侧壁。

[0073] 在一些实施例中,控制设备可以根据提拉保护信号,控制提拉组件(例如,提拉组件106)运动以使已生长晶体被快速拉离熔体液面。在一些实施例中,“快速拉离”可以指提拉速度大于预设速度阈值。在一些实施例中,预设速度阈值可以根据实际需求设定。在一些实施例中,预设速度阈值可以在200~10000mm/h的范围内。在一些实施例中,预设速度阈值可以在500~9500mm/h的范围内。在一些实施例中,预设速度阈值可以在1000~9000mm/h的范围内。在一些实施例中,预设速度阈值可以在1500~8500mm/h的范围内。在一些实施例中,预设速度阈值可以在2000~8000mm/h的范围内。在一些实施例中,预设速度阈值可以在2500~7500mm/h的范围内。在一些实施例中,预设速度阈值可以在3000~7000mm/h的范围内。在一些实施例中,预设速度阈值可以在3500~6500mm/h的范围内。在一些实施例中,预设速度阈值可以在4000~6000mm/h的范围内。在一些实施例中,预设速度阈值可以在4500~5500mm/h的范围内。在一些实施例中,预设速度阈值可以在5000~5300mm/h的范围内。

[0074] 在一些实施例中,引导结构可以是能够提供凝固导向的装置。在一些实施例中,引导结构上可以设置引导头。在一些实施例中,引导头可以为籽晶或金属丝(例如,铂丝)。在一些实施例中,引导头可以与引导结构可拆卸连接。在一些实施例中,引导头可以与引导结构固定连接。

[0075] 在一些实施例中,控制设备可以通过控制提拉组件运动以将引导机构置于熔体液面下方。在一些实施例中,提拉保护系统100可以包括至少两个提拉组件,其中一个用于将已生长晶体快速拉离熔体液面,另一个则在已生长晶体被快速拉离熔体液面的同时将引导机构置于熔体液面下方。在一些实施例中,控制设备可以通过控制提拉组件运动以提拉引导机构,从而带动熔融原料至少部分被拉离生长腔体的侧壁。在一些实施例中,熔融原料可以全部被拉离生长腔体的侧壁。在一些实施例中,熔融原料可以部分被拉离生长腔体的侧壁。

[0076] 通过将已生长晶体快速拉离熔体液面并通过引导结构代替已生长晶体将生长腔体中的至少部分熔融原料拉离生长腔体的侧壁,可以在保护生长腔体不变形以及避免称重组件被损坏的同时,避免已生长晶体的完整性受到提拉过程中原料凝固开裂的影响。在提拉完成后也不需要将凝固的原料从已生长晶体上切割下来,使得整个提拉保护过程更加方便灵活。

[0077] 在一些实施例中,为了防止已生长晶体被快速拉离熔体液面后,由于温度骤变而

导致开裂,可以在已生长晶体被快速拉离熔体液面过程中增设后加热处理。在一些实施例中,控制设备可以控制后加热组件(例如,后加热组件109)对快速拉离熔体液面的已生长晶体进行后加热处理。在一些实施例中,后加热处理温度可以是系统默认值,也可以根据不同情况进行调整。在一些实施例中,后加热处理温度可以在300-1400℃的范围内。在一些实施例中,后加热处理温度可以在400-1300℃的范围内。在一些实施例中,后加热处理温度可以在500-1200℃的范围内。在一些实施例中,后加热处理温度可以在600-1100℃的范围内。在一些实施例中,后加热处理温度可以在700-1000℃的范围内。在一些实施例中,后加热处理温度可以在750-950℃的范围内。在一些实施例中,后加热处理温度可以在800-900℃的范围内。在一些实施例中,后加热处理温度可以在850-980℃的范围内。

[0078] 在一些实施例中,为了提高对熔融原料的提拉效率且保证熔融原料不被拉脱,可以在熔融原料被拉离熔体表面后增设冷却降温处理,以使得被提拉出的熔融原料可以快速凝固。在一些实施例中,冷却处理可以通过冷却组件(例如,冷却组件108)实现。在一些实施例中,控制设备可以控制冷却组件对提拉出的熔融原料进行冷却降温处理,使其快速凝固。在一些实施例中,控制设备可以控制冷却组件喷射流体(例如,冷却气体、冷却液体)对提拉出的熔融原料进行冷却降温处理。在一些实施例中,可以针对不同种类的熔融原料,设置对应的冷却降温参数,使得冷却降温过程具有自适应性,保证在不同场景下均可以高效地冷却熔融原料。在一些实施例中,冷却降温参数可以包括降温速率、降温温度区间、降温过程的压力等。在一些实施例中,冷却降温参数可以包括流体性质、喷射角度、喷射压力、喷射口与原料熔体的距离等。

[0079] 通过设置冷却组件,可以加速提拉出的熔融原料凝固,避免由于提拉速度较快,导致提拉出的熔融原料未及时凝固而导致拉脱,从而在保证熔融原料不被拉脱的情况下,尽可能提高提拉速度以提高熔融原料的提拉效率,防止生长腔体变形。

[0080] 在一些实施例中,控制设备还可以基于提拉保护信号,按照一定的提拉参数(例如,提拉速度、提拉高度、提拉时间),控制已生长晶体至少部分被拉离熔体液面。关于按照一定的提拉参数,控制已生长晶体至少部分被拉离熔体液面的更多内容可以参见图6-8的描述,在此不作赘述。

[0081] 应当注意的是,上述有关流程的描述仅仅是为了示例和说明,而不限定本说明书的适用范围。对于本领域技术人员来说,在本说明书的指导下可以对流程进行各种修正和改变。例如,过程400可以包括存储步骤,在存储步骤中,处理设备和/或控制设备可以将过程400涉及的信息和/或数据(例如,温度参数、提拉参数)存储在存储设备(例如,存储设备110)中。又例如,可以在生长腔体侧壁的外侧设置保温组件,从而减缓熔融原料的凝固,以尽可能提拉出较多的熔融原料,从而更好的防止生长腔体的变形。然而,这些修正和改变仍在本说明书的范围之内。

[0082] 图5是根据本说明书一些实施例所示的提拉熔融原料的示意图。其中,Z为已生长晶体或引导结构,R为熔融原料。如前文所述,提拉组件106提拉已生长晶体或引导结构使生长腔体501中的熔融原料R的至少部分被提拉,由于生长腔体501中与已生长晶体或引导结构接触的中间区域的温度较低,生长腔体中熔融原料的中间部分先凝固。进一步地,由于熔融原料的粘度较大,中间部分凝固后带动四周的熔融原料向中间部分靠拢并从中间凝固原料处开始凝固,从而使得至少部分熔融原料被拉离生长腔体的侧壁。相应地,生长腔体侧壁

因没有熔融原料的挤压而得以恢复原来的形状,从而起到保护生长腔体的目的。

[0083] 图6是根据本说明书一些实施例所示的提拉控制方法的示例性流程图。在一些实施例中,流程600可以由处理设备(例如,处理设备101)和/或控制设备(例如,控制设备102)执行。例如,过程600可以以程序或指令的形式存储在存储设备(例如,存储设备、处理设备和/或控制设备的存储单元)中,当处理器202或图3所示的模块执行程序或指令时,可以实现过程600。在一些实施例中,过程600可以利用以下未描述的一个或以上附加操作,和/或不通过以下所讨论的一个或以上操作完成。另外,如图6所示的操作的顺序并非限制性的。

[0084] 步骤601,获取预设提拉参数。在一些实施例中,该步骤601可以由获取模块302或提拉模块303执行。

[0085] 在一些实施例中,预设提拉参数可以是提拉过程中预先设定的参数。在一些实施例中,预设提拉参数包括第一预设提拉速度和第一预设高度。

[0086] 在一些实施例中,可以通过交互设备输入预设提拉参数。在一些实施例中,预设提拉参数可以是系统默认值,也可以根据不同情况进行调整。在一些实施例中,预设提拉参数可以根据多次实验得到。

[0087] 步骤602,获取实时提拉重量。在一些实施例中,该步骤602可以由获取模块302或提拉模块303执行。

[0088] 在一些实施例中,实时提拉重量可以是实时测得的提拉总重量。在一些实施例中,实时提拉重量可以由称重组件(例如,称重组件104)实时测得。在一些实施例中,称重组件可以将实时提拉重量发送至处理设备和/或控制设备。在提拉保护过程中,随着熔融原料被提拉,实时提拉重量逐渐增大。在一些实施例中,实时提拉重量等于被提拉出的熔融原料的重量与触发事件之前已生长晶体的重量或引导结构的重量之和。

[0089] 步骤603,基于实时提拉重量、预设提拉参数以及保护重量或待提拉总重量的中的至少一种,控制已生长晶体至少部分被拉离熔体液面。在一些实施例中,该步骤602可以由提拉模块303执行。

[0090] 在一些实施例中,保护重量可以是称重组件能承受的最大重量(例如,称重组件的最大量程)。在一些实施例中,保护重量可以是系统预先设置的使称重组件不被损坏的重量最大值。

[0091] 在一些实施例中,待提拉总重量是防止生长腔体变形(或保证变形量小于一定值)所需要提拉的熔融原料的最小重量。在一些实施例中,待提拉总重量可以为熔融原料的重量的10%-50%。其中,熔融原料的重量为投入原料的总重量与已生长晶体的重量的差值。在一些实施例中,待提拉总重量可以为熔融原料的重量的15%-45%。在一些实施例中,待提拉总重量可以为熔融原料的重量的20%-40%。在一些实施例中,待提拉总重量可以为熔融原料的重量的25%-35%。在一些实施例中,待提拉总重量可以为熔融原料的重量的28%-32%。

[0092] 在一些实施例中,待提拉总重量可以由处理设备基于晶体类型、生长腔体类型、生长腔体尺寸等确定。待提拉总重量通常小于、略小于或接近保护重量,以优先保证称重组件不被损坏。

[0093] 在一些实施例中,处理设备和/或控制设备可以通过控制提拉组件运动以使已生长晶体或引导结构以第一预设提拉速度提拉第一预设高度,完成第一次提拉操作。第一次

提拉操作可以理解为初步提拉操作。

[0094] 在一些实施例中,第一预设提拉速度可以在200mm/h~10000mm/h范围内。在一些实施例中,第一预设提拉速度可以在250mm/h~9000mm/h范围内。在一些实施例中,第一预设提拉速度可以在300mm/h~8500mm/h范围内。在一些实施例中,第一预设提拉速度可以在350mm/h~8000mm/h范围内。在一些实施例中,第一预设提拉速度可以在400mm/h~7500mm/h范围内。在一些实施例中,第一预设提拉速度可以在600mm/h~7000mm/h范围内。在一些实施例中,第一预设提拉速度可以在800mm/h~6500mm/h范围内。在一些实施例中,第一预设提拉速度可以在1000mm/h~6000mm/h范围内。在一些实施例中,第一预设提拉速度可以在1500mm/h~5500mm/h范围内。在一些实施例中,第一预设提拉速度可以在2000mm/h~5000mm/h范围内。在一些实施例中,第一预设提拉速度可以在2500mm/h~4500mm/h范围内。在一些实施例中,第一预设提拉速度可以在3000mm/h~4000mm/h范围内。在一些实施例中,第一预设提拉速度可以在3300mm/h~3800mm/h范围内。在一些实施例中,第一预设提拉速度可以在3500mm/h~3800mm/h范围内。

[0095] 第一预设高度可以根据已生长晶体的长度确定。在一些实施例中,第一预设高度可以在1mm~100mm范围内。在一些实施例中,第一预设高度可以在2mm~90mm范围内。在一些实施例中,第一预设高度可以在3mm~80mm范围内。在一些实施例中,第一预设高度可以在4mm~70mm范围内。在一些实施例中,第一预设高度可以在5mm~60mm范围内。在一些实施例中,第一预设高度可以在6mm~50mm范围内。在一些实施例中,第一预设高度可以在7mm~40mm范围内。在一些实施例中,第一预设高度可以在8mm~35mm范围内。在一些实施例中,第一预设高度可以在9mm~30mm范围内。在一些实施例中,第一预设高度可以在10mm~25mm范围内。在一些实施例中,第一预设高度可以在15mm~20mm范围内。

[0096] 在一些实施例中,完成第一次提拉操作后,处理设备和/或控制设备可以基于实时提拉重量以及待提拉总重量,控制后续提拉操作。在一些实施例中,处理设备和/或控制设备可以基于实时提拉重量确定被提拉出的熔融原料的重量,然后基于被提拉出的熔融原料的重量与待提拉总重量,控制后续提拉操作,直到被提拉出的熔融原料的重量达到待提拉总重量。具体地,处理设备和/或控制设备可以基于实时提拉重量,实时确定重量增加量(因拉出的熔融原料凝固导致的重量增加);然后判断重量增加量是否达到预设阈值:若重量增加量未达到预设重量阈值,则不执行第二次提拉操作;若重量增加量达到预设重量阈值,则执行第二次提拉操作。在一些实施例中,执行第二次提拉操作时,处理设备和/或控制设备可以控制引导结构或已生长晶体在第二预设提拉速度下被提拉第二预设高度。进一步地,处理设备和/或控制设备可以以类似方式执行第三次、……、第N次提拉操作,直到被提拉出的熔融原料的重量达到待提拉总重量。在一些实施例中,不同次提拉操作中的提拉速度和提拉高度可以相同或不同。

[0097] 在一些实施例中,为了保证称重组件不被损坏,处理设备和/或控制设备还可以基于保护重量,控制提拉过程。在一些实施例中,在提拉过程中,处理设备和/或控制设备实时判断实时提拉重量是否达到保护重量:若是,则停止提拉。在一些实施例中,执行第二次提拉操作或其他后续提拉操作时,处理设备和/或控制设备也可以控制引导结构在不拉脱熔融原料的前提下,在实时提拉重量未达到保护重量时,以任意提拉速度对熔融原料进行提拉。

[0098] 在一些实施例中,为了保证后续更容易将提拉出的凝固原料从已生长晶体或引导结构上切割下来,以及为了在使用已生长晶体进行提拉熔融原料时,避免被快速拉出的熔融原料凝固后出现开裂现象时开裂延伸到已生长晶体的部分,因此需要在已生长晶体或引导结构不拉脱的前提下,使提拉起来的熔融原料缩颈处直径更小,从而需要设置预设重量阈值在合适的范围内。在一些实施例中,预设重量阈值可以在10g~500g范围内。在一些实施例中,预设重量阈值可以在20g~450g范围内。在一些实施例中,预设重量阈值可以在30g~400g范围内。在一些实施例中,预设重量阈值可以在40g~350g范围内。在一些实施例中,预设重量阈值可以在50g~300g范围内。在一些实施例中,预设重量阈值可以在100g~280g范围内。在一些实施例中,预设重量阈值可以在120g~260g范围内。在一些实施例中,预设重量阈值可以在140g~240g范围内。在一些实施例中,预设重量阈值可以在150g~220g范围内。在一些实施例中,预设重量阈值可以在160g~210g范围内。在一些实施例中,预设重量阈值可以在180g~200g范围内。

[0099] 在一些实施例中,第二预设提拉速度可以在0.1mm/h~100mm/h范围内。在一些实施例中,第二预设提拉速度可以在0.5mm/h~95mm/h范围内。在一些实施例中,第二预设提拉速度可以在1mm/h~90mm/h范围内。在一些实施例中,第二预设提拉速度可以在1.5mm/h~85mm/h范围内。在一些实施例中,第二预设提拉速度可以在2mm/h~80mm/h范围内。在一些实施例中,第二预设提拉速度可以在2.5mm/h~75mm/h范围内。在一些实施例中,第二预设提拉速度可以在3mm/h~70mm/h范围内。在一些实施例中,第二预设提拉速度可以在5mm/h~65mm/h范围内。在一些实施例中,第二预设提拉速度可以在10mm/h~60mm/h范围内。在一些实施例中,第二预设提拉速度可以在15mm/h~55mm/h范围内。在一些实施例中,第二预设提拉速度可以在20mm/h~50mm/h范围内。在一些实施例中,第二预设提拉速度可以在25mm/h~45mm/h范围内。在一些实施例中,第二预设提拉速度可以在30mm/h~40mm/h范围内。在一些实施例中,第二预设提拉速度可以在35mm/h~40mm/h范围内。

[0100] 在一些实施例中,第二预设高度可以在0.5mm~100mm范围内。在一些实施例中,第二预设高度可以在1mm~95mm范围内。在一些实施例中,第二预设高度可以在3mm~90mm范围内。在一些实施例中,第二预设高度可以在5mm~85mm范围内。在一些实施例中,第二预设高度可以在10mm~80mm范围内。在一些实施例中,第二预设高度可以在15mm~75mm范围内。在一些实施例中,第二预设高度可以在20mm~70mm范围内。在一些实施例中,第二预设高度可以在25mm~65mm范围内。在一些实施例中,第二预设高度可以在30mm~60mm范围内。在一些实施例中,第二预设高度可以在35mm~55mm范围内。在一些实施例中,第二预设高度可以在40mm~50mm范围内。在一些实施例中,第二预设高度可以在42mm~48mm范围内。在一些实施例中,第二预设高度可以在45mm~46mm范围内。

[0101] 下面以一个具体的实例对控制已生长晶体至少部分被拉离熔体液面进行详细阐述:控制提拉组件带动已生长的晶体以200mm/h~10000mm/h的第一预设提拉速度,提拉1mm~100mm的第一预设高度。达到第一预设高度后即为完成第一次提拉操作,当称重组件检测到重量增加量为预设重量阈值10g~500g后,控制提拉组件带动已生长的晶体以0.1mm/h~100mm/h的第二预设提拉速度继续提拉0.5mm~100mm的第二预设高度,以此类推。在提拉过程中,称重组件检测到实时提拉重量达到预设的保护重量即停止提拉。

[0102] 通过上述提拉方式以及提拉过程中的相关参数(例如,第一预设提拉速度、第一预

设高度、预设重量阈值、第二预设提拉速度、第二预设高度等),可以在保证已生长晶体或引导结构不拉脱的前提下,使提拉起来的熔融原料缩颈处直径更小,以保证后续更容易将提拉出的原料从已生长晶体或引导结构上切割下来。此外,对于使用已生长晶体进行提拉熔融原料时,被快速拉出的熔融原料凝固后可能出现开裂现象,如果控制熔融原料缩颈处直径较小,可以保证熔融原料凝固后的开裂不会延伸到已生长晶体的部分,从而在保证熔融原料不拉脱以保护生长腔体的同时保证已生长晶体不开裂。

[0103] 图7是根据本说明书又一些实施例所示的提拉控制方法的示例性流程图。在一些实施例中,流程700可以由处理设备(例如,处理设备101)和/或控制设备(例如,控制设备102)执行。例如,过程700可以以程序或指令的形式存储在存储设备(例如,存储设备、处理设备和/或控制设备的存储单元)中,当处理器202或图3所示的模块执行程序或指令时,可以实现过程700。在一些实施例中,过程700可以利用以下未描述的一个或以上附加操作,和/或不通过以下所讨论的一个或以上操作完成。另外,如图7所示的操作的顺序并非限制性的。

[0104] 步骤701,动态获取实时提拉重量。在一些实施例中,该步骤701可以由获取模块302或提拉模块303执行。关于获取实时提拉重量的更多描述可见步骤602及其描述,此处不再赘述。

[0105] 步骤702,基于实时提拉重量以及保护重量或待提拉总重量中的至少一种,自动确定实时提拉参数。在一些实施例中,该步骤702可以由提拉模块303执行。

[0106] 在一些实施例中,实时提拉参数可以包括实时提拉速度、实时提拉高度、提拉起始时刻、提拉停止时刻、提拉总时间等。

[0107] 步骤703,基于实时提拉参数,控制已生长晶体至少部分被拉离熔体液面。在一些实施例中,该步骤703可以由提拉模块303执行。

[0108] 在已生长晶体或引导结构提拉熔融原料的过程中,由于已生长晶体或引导结构底部位于熔融液面下,因此受到向上的浮力作用。当向上提拉已生长晶体或引导结构时,已生长晶体或引导结构上的凝固原料的重量增大。当向上的浮力增加速度大于已生长晶体或引导结构上凝固原料的重量增加速度时,实时提拉重量开始减小。当提拉至一定高度后,已生长晶体或引导结构提拉出熔融原料液面后,重量大于浮力,实时提拉重量开始增加。相应地,处理设备和/或控制设备可以基于实时提拉重量的变化,控制提拉过程。

[0109] 在一些实施例中,处理设备和/或控制设备可以基于实时提拉重量,确定执行第一次提拉操作的提拉参数。可以理解,第一次提拉操作是一个提拉参数实时动态变化的过程。具体地,处理设备和/或控制设备可以控制已生长晶体或引导结构以第三预设提拉速度(或动态变化的提拉速度)进行提拉;在提拉过程中,处理设备和/或控制设备可以基于实时提拉重量,实时确定实时提拉重量是否减少;若未减少,则控制已生长晶体或引导结构继续按照第三预设提拉速度(或动态变化的提拉速度)进行提拉;若减少,则控制已生长晶体或引导结构以第三预设提拉速度(或动态变化的提拉速度)再提拉第三预设高度后停止提拉。

[0110] 在一些实施例中,第三预设提拉速度可以在200mm/h~10000mm/h范围内。在一些实施例中,第一预设提拉速度可以在250mm/h~9000mm/h范围内。在一些实施例中,第一预设提拉速度可以在300mm/h~8500mm/h范围内。在一些实施例中,第一预设提拉速度可以在350mm/h~8000mm/h范围内。在一些实施例中,第三预设提拉速度可以在400mm/h~7500mm/h

h范围内。在一些实施例中,第三预设提拉速度可以在600mm/h~7000mm/h范围内。在一些实施例中,第三预设提拉速度可以在800mm/h~6500mm/h范围内。在一些实施例中,第三预设提拉速度可以在1000mm/h~6000mm/h范围内。在一些实施例中,第三预设提拉速度可以在1500mm/h~5500mm/h范围内。在一些实施例中,第三预设提拉速度可以在2000mm/h~5000mm/h范围内。在一些实施例中,第三预设提拉速度可以在2500mm/h~4500mm/h范围内。在一些实施例中,第三预设提拉速度可以在3000mm/h~4000mm/h范围内。在一些实施例中,第三预设提拉速度可以在3300mm/h~3800mm/h范围内。在一些实施例中,第三预设提拉速度可以在3500mm/h~3800mm/h范围内。

[0111] 在一些实施例中,第三预设高度可以在0.5mm~100mm范围内。在一些实施例中,第三预设高度可以在1mm~90mm范围内。在一些实施例中,第三预设高度可以在3mm~80mm范围内。在一些实施例中,第三预设高度可以在5mm~70mm范围内。在一些实施例中,第三预设高度可以在8mm~60mm范围内。在一些实施例中,第三预设高度可以在10mm~50mm范围内。在一些实施例中,第三预设高度可以在20mm~40mm范围内。在一些实施例中,第三预设高度可以在25mm~35mm范围内。在一些实施例中,第三预设高度可以在25mm~30mm范围内。

[0112] 在一些实施例中,完成第一次提拉操作后,处理设备和/或控制设备可以基于实时提拉重量以及待提拉总重量,控制后续提拉操作。关于后续提拉操作的更多内容可以参见步骤603及其描述,在此不再赘述。

[0113] 下面以一个具体的实例对控制已生长晶体至少部分被拉离熔体液面进行详细阐述:控制提拉组件带动已生长的晶体以200mm/h~10000mm/h的第三预设提拉速度进行提拉,当称重组件检测到实时提拉重量开始下降时,控制设备控制提拉组件带动已生长的晶体继续以200mm/h~10000mm/h的第三预设提拉速度,提拉0.5mm~100mm的第三预设高度即停止提拉。进一步地,当称重组件检测到重量增加量为预设重量阈值10g~500g后,控制提拉组件带动已生长的晶体以0.1mm/h~100mm/h的第二预设提拉速度继续提拉第二预设高度0.5mm~100mm,以此类推。在此过程中,称重组件检测到实时提拉重量达到预设的保护重量即停止提拉。

[0114] 通过上述提拉方式以及提拉过程中的相关参数(例如,第三预设提拉速度、第三预设高度、预设重量阈值、第二预设提拉速度、第二预设高度等),在提拉过程中,根据实时提拉重量以及保护重量或待提拉总重量的中的至少一种自动地动态地确定实时提拉参数,可以根据实际提拉过程中的情况实时对提拉速度进行调整,使得控制过程更为精准,可以在保证已生长晶体或引导结构不拉脱的前提下,使提拉起来的熔融原料缩颈处直径更小,以保证提拉完成后更容易将提拉出的凝固原料从已生长晶体或引导结构上切割下来。此外,由于使用已生长晶体进行提拉熔融原料时,被快速拉出的熔融原料凝固后可能出现开裂现象,通过实时对提拉速度进行调整,使得熔融原料缩颈处直径更小,可以保证熔融原料凝固后即使开裂也不会延伸到已生长晶体的部分,从而在保证熔融原料不拉脱以保护生长腔体的同时保证已生长晶体不开裂。

[0115] 图8是根据本说明书又一些实施例所示的提拉控制方法的示例性流程图。在一些实施例中,流程800可以由处理设备(例如,处理设备101)和/或控制设备(例如,控制设备102)执行。例如,过程800可以以程序或指令的形式存储在存储设备(例如,存储设备、处理设备和/或控制设备的存储单元)中,当处理器202或图3所示的模块执行程序或指令时,可

以实现过程800。在一些实施例中,过程800可以利用以下未描述的一个或以上附加操作,和/或不通过以下所讨论的一个或以上操作完成。另外,如图8所示的操作的顺序并非限制性的。

[0116] 步骤801,获取熔融原料液面的实时温度。在一些实施例中,该步骤801可以由获取模块302或提拉模块303执行。

[0117] 在一些实施例中,实时温度可以是实时检测的熔融原料液面的温度。在一些实施例中,测温组件(例如,测温组件105)可以实时检测熔融原料液面的温度。在一些实施例中,测温组件可以将实时温度信息发送至处理设备和/或控制设备。

[0118] 步骤802,获取实时提拉重量。在一些实施例中,该步骤802可以由获取模块302或提拉模块303执行。

[0119] 关于获取实时提拉重量的更多内容可以参见步骤602及其描述,此处不再赘述。

[0120] 步骤803,基于实时温度和实时提拉重量,确定提拉参数。在一些实施例中,该步骤803可以由提拉模块303执行。

[0121] 在一些实施例中,提拉参数可以包括提拉速度、提拉高度、提拉时间等中的一种或多种。在一些实施例中,可以基于机器学习模型处理实时温度和实时提拉重量,确定提拉参数。在一些实施例中,处理设备可以基于历史数据样本训练初始机器学习模型,得到训练好的机器学习模型。在一些实施例中,历史数据样本可以包括历史实时温度、历史实时提拉重量、历史提拉速度、历史提拉高度等。在一些实施例中,可以将历史实时温度和历史实时提拉重量作为初始机器学习模型的输入,将历史提拉速度和/或历史提拉高度作为初始机器学习模型的标签,训练机器学习模型。

[0122] 在一些实施例中,还可以基于更新的实验数据动态更新机器学习模型的参数,提升机器学习模型的综合学习能力。

[0123] 步骤804,基于提拉参数,控制已生长晶体至少部分被拉离熔体液面。在一些实施例中,该步骤804可以由提拉模块303执行。

[0124] 关于控制已生长晶体至少部分被拉离熔体液面的更大内容可以参见图4及其描述,在此不作赘述。

[0125] 在一些实施例中,处理设备和/或控制设备可以综合考虑实时提拉重量、实时温度、待提拉总重量、保护重量等,控制提拉过程,以使提拉过程的控制更精确。

[0126] 本说明书实施例可能带来的有益效果包括但不限于:(1)在出现断水、断电等紧急情况时,通过已生长晶体将生长腔体中的至少部分熔融原料拉离生长腔体的侧壁,可以尽可能保护已生长晶体的同时避免生长腔体变形;(2)通过引导结构代替已生长晶体将生长腔体中的至少部分熔融原料拉离生长腔体的侧壁,可以保护已生长晶体的更灵活地控制提拉过程,避免生长腔体变形;(3)通过冷却组件对提拉出的熔融原料进行冷却,可以提高提拉速度,在保证熔融原料在不拉脱的情况下尽可能提拉出较多的熔融原料,进一步防止生长腔体的变形,提高提拉效率;(4)通过增设后加热组件,可以对被快速拉离熔体液面的已生长晶体进行后加热处理,避免因温度骤冷而导致已生长晶体开裂,提高晶体生长效率;(5)通过多种方式确定或调节提拉参数,并根据提拉参数控制已生长晶体或引导结构的提拉过程,可以根据实际情况动态调整提拉参数,保护称重组件不受损坏的同时具有更强的适应性。

[0127] 上文已对基本概念做了描述,显然,对于本领域技术人员来说,上述详细披露仅仅作为示例,而并不构成对本说明书的限定。虽然此处并没有明确说明,本领域技术人员可能会对本说明书进行各种修改、改进和修正。该类修改、改进和修正在本说明书中被建议,所以该类修改、改进、修正仍属于本说明书示范实施例的精神和范围。

[0128] 同时,本说明书使用了特定词语来描述本说明书的实施例。如“一个实施例”、“一实施例”、和/或“一些实施例”意指与本说明书至少一个实施例相关的某一特征、结构或特点。因此,应强调并注意的是,本说明书中在不同位置两次或多次提及的“一实施例”或“一个实施例”或“一个替代性实施例”并不一定是指同一实施例。此外,本说明书的一个或多个实施例中的某些特征、结构或特点可以进行适当的组合。

[0129] 此外,除非权利要求中明确说明,本说明书所述处理元素和序列的顺序、数字字母的使用、或其他名称的使用,并非用于限定本说明书流程和方法的顺序。尽管上述披露中通过各种示例讨论了一些目前认为有用的发明实施例,但应当理解的是,该类细节仅起到说明的目的,附加的权利要求并不仅限于披露的实施例,相反,权利要求旨在覆盖所有符合本说明书实施例实质和范围的修正和等价组合。例如,虽然以上所描述的系统组件可以通过硬件设备实现,但是也可以只通过软件的解决方案得以实现,如在现有的服务器或移动设备上安装所描述的系统。

[0130] 同理,应当注意的是,为了简化本说明书披露的表述,从而帮助对一个或多个发明实施例的理解,前文对本说明书实施例的描述中,有时会将多种特征归并至一个实施例、附图或对其的描述中。但是,这种披露方法并不意味着本说明书对象所需要的特征比权利要求中提及的特征多。实际上,实施例的特征要少于上述披露的单个实施例的全部特征。

[0131] 一些实施例中使用了描述成分、属性数量的数字,应当理解的是,此类用于实施例描述的数字,在一些示例中使用了修饰词“大约”、“近似”或“大体上”来修饰。除非另外说明,“大约”、“近似”或“大体上”表明所述数字允许有 $\pm 20\%$ 的变化。相应地,在一些实施例中,说明书和权利要求中使用的数值参数均为近似值,该近似值根据个别实施例所需特点可以发生改变。在一些实施例中,数值参数应考虑规定的有效数位并采用一般位数保留的方法。尽管本说明书一些实施例中用于确认其范围广度的数值域和参数为近似值,在具体实施例中,此类数值的设定在可行范围内尽可能精确。

[0132] 针对本说明书引用的每个专利、专利申请、专利申请公开物和其他材料,如文章、书籍、说明书、出版物、文档等,特此将其全部内容并入本说明书作为参考。与本说明书内容不一致或产生冲突的申请历史文件除外,对本说明书权利要求最广范围有限制的文件(当前或之后附加于本说明书中的)也除外。需要说明的是,如果本说明书附属材料中的描述、定义、和/或术语的使用与本说明书所述内容有不一致或冲突的地方,以本说明书的描述、定义和/或术语的使用为准。

[0133] 最后,应当理解的是,本说明书中所述实施例仅用以说明本说明书实施例的原则。其他的变形也可能属于本说明书的范围。因此,作为示例而非限制,本说明书实施例的替代配置可视为与本说明书的教导一致。相应地,本说明书的实施例不仅限于本说明书明确介绍和描述的实施例。

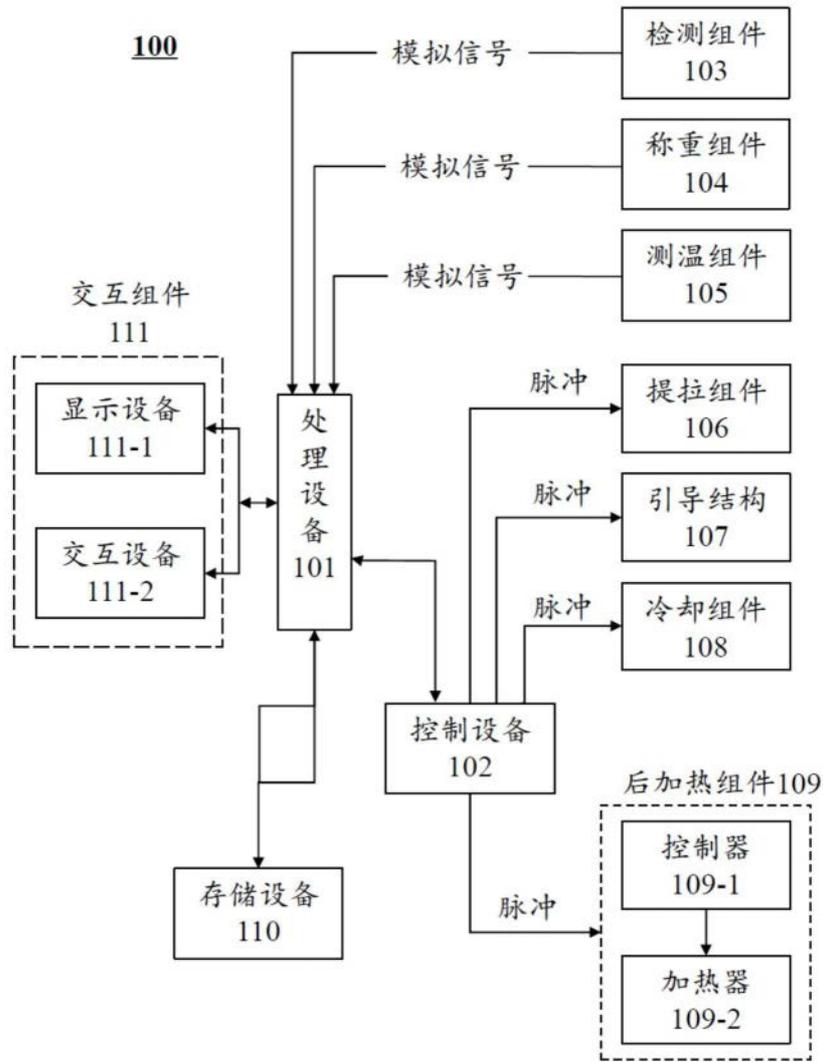


图1

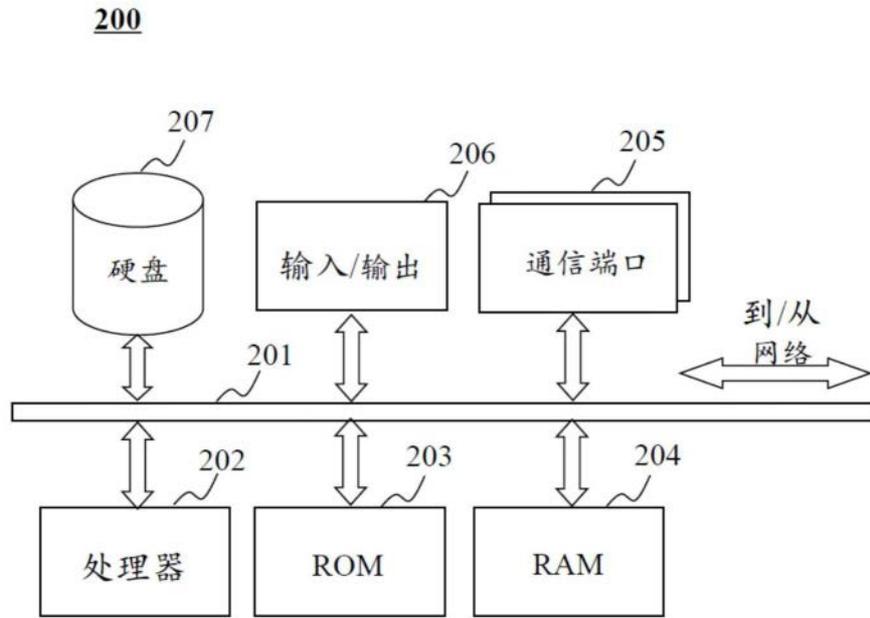


图2

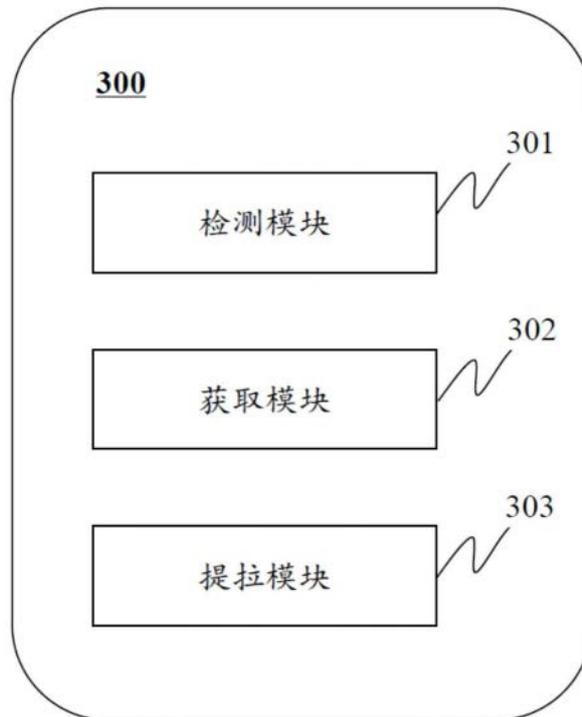


图3

**400**

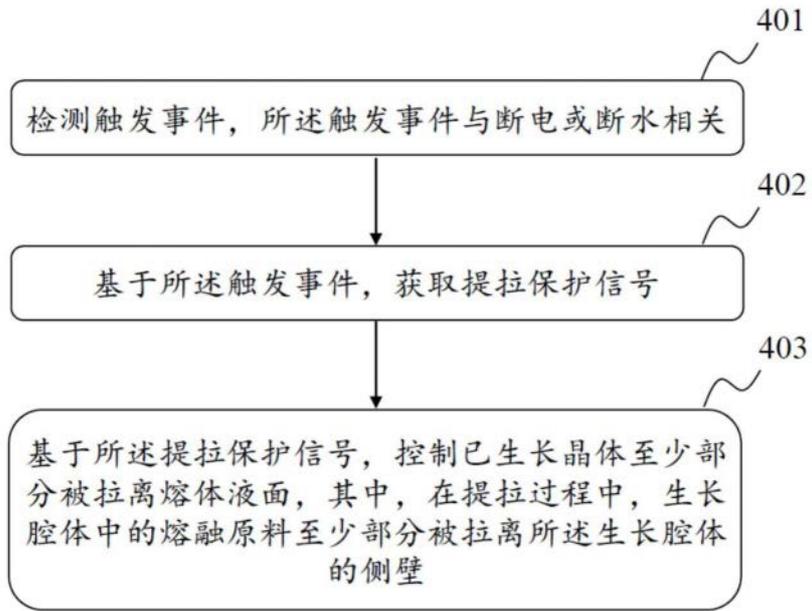


图4

**500**

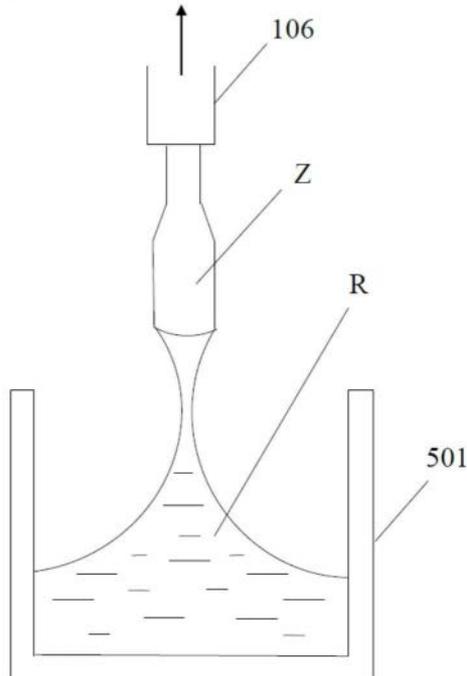


图5

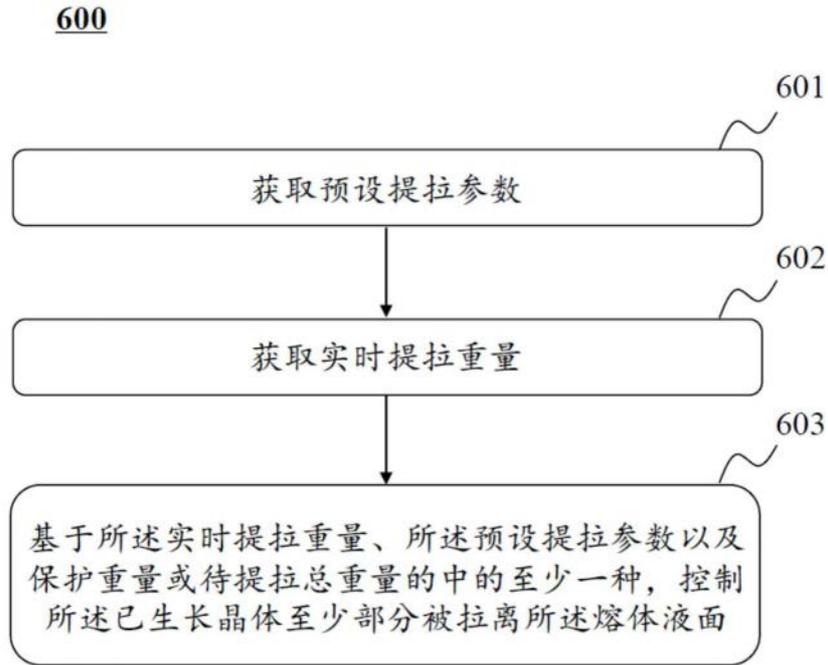


图6

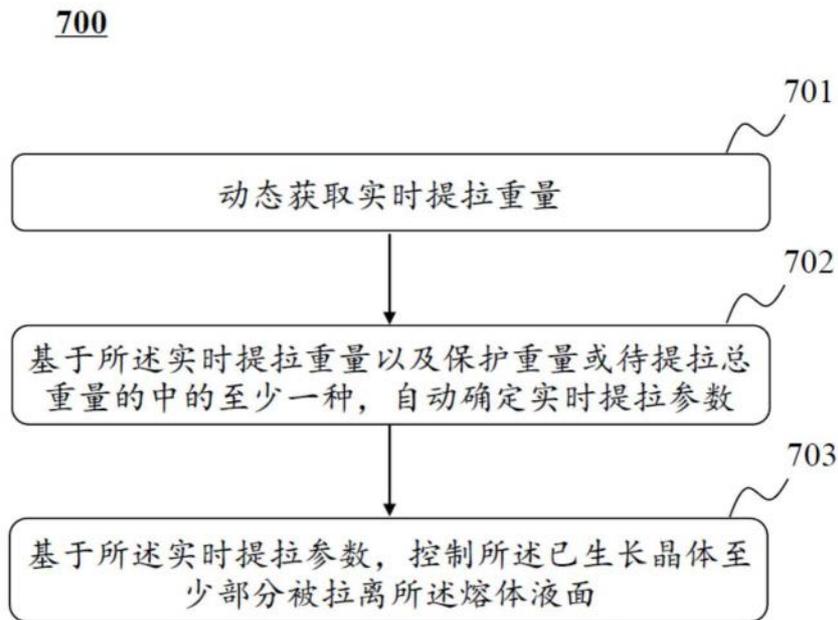


图7

**800**

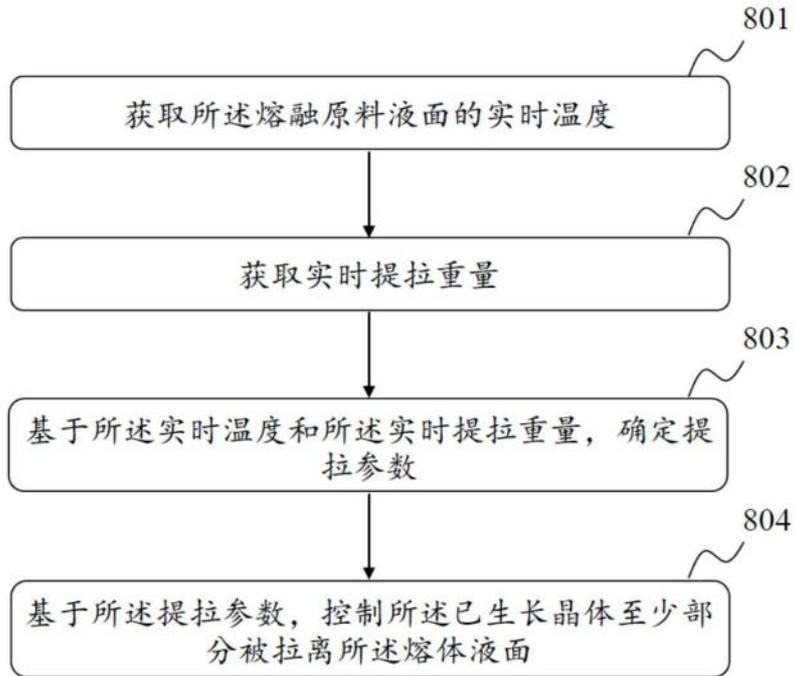


图8



图9A



图9B