



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105568369 A

(43) 申请公布日 2016. 05. 11

(21) 申请号 201610054686. 1

(22) 申请日 2016. 01. 26

(71) 申请人 中山大学

地址 510275 广东省广州市新港西路 135 号

(72) 发明人 王彪 朱允中 林少鹏

(74) 专利代理机构 广州新诺专利商标事务所有
限公司 44100

代理人 吴静芝

(51) Int. Cl.

C30B 15/20(2006. 01)

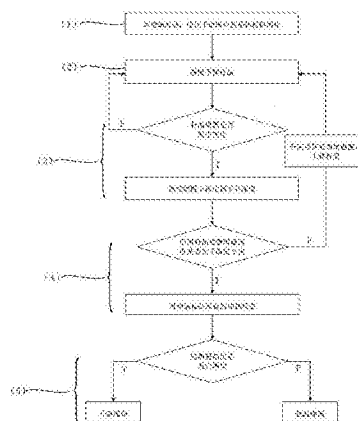
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54) 发明名称

一种用于提拉法晶体生长的下晶方法和自动
下晶设备

(57) 摘要

本发明公开了一种用于提拉法晶体生长的下晶方法,包括步骤:对坩埚加热,使位于坩埚内的晶体材料熔化;缓慢下移籽晶;当籽晶质量发生变化时,继续缓慢下移达到下晶深度;监测籽晶质量增减速度,当籽晶质量增减速度范围处于阈值V内,对坩埚保持原有加热状态,当籽晶质量增加或减小速度范围超过阈值V,升高或降低坩埚的温度,然后籽晶上移,重新下晶。本发明的下晶方法,避免在下晶过程中由保温系统的温度梯度对籽晶造成热冲击,当发生籽晶生长过速和籽晶熔化现象时可通过调整下晶温度,重新下晶操作。本发明还提供了一种自动下晶设备,所述设备的控制装置控制晶体生长过程的自动进行,实现全自动化下晶,使下晶操作脱离人工。



1. 一种用于提拉法晶体生长的下晶方法,其特征在于:包括以下步骤:
 - (1)对坩埚加热,使位于坩埚内的晶体材料熔化;
 - (2)缓慢下移籽晶;
 - (3)当籽晶质量发生变化时,继续缓慢下移达到下晶深度;
 - (4)监测籽晶质量增减速度,当籽晶质量增减速度范围处于阈值V内,对坩埚保持原有加热状态;当籽晶质量增加或减小速度范围超过阈值V,升高或降低坩埚的温度,然后上移籽晶,执行步骤(2),重新下晶。
2. 根据权利要求1所述的下晶方法,其特征在于:还包括步骤(5),根据籽晶质量变化的速率,选择升温缩颈或恒温缩颈。
3. 根据权利要求2所述的下晶方法,其特征在于:当籽晶质量增加速率为 $0.5 \sim -2\text{g/h}$,选择恒温缩颈;当籽晶质量增加速率超过 0.5g/h ,选择升温缩颈。
4. 根据权利要求1-3中任一权利要求所述的下晶方法,其特征在于:下移籽晶的速度为 $100 \sim 150\text{mm/h}$ 。
5. 根据权利要求4所述的下晶方法,其特征在于:所述下晶深度为 $0.5 \sim 1\text{mm}$ 。
6. 一种用于提拉法晶体生长的自动下晶设备,其特征在于:包括炉体、坩埚、籽晶杆、加热装置、上重量传感器和/或下重量传感器、控制装置;所述坩埚设置于炉体的炉腔内;所述加热装置设置于所述炉腔内并对所述坩埚加热;所述上重量传感器设置于籽晶杆上和/或所述下重量传感器设置于坩埚底部;所述控制装置分别与所述籽晶杆、加热装置、上重量传感器和/或下重量传感器电连接;所述控制装置监测籽晶质量增减速度,并根据籽晶的增减速度控制加热装置对坩埚的加热以及籽晶杆的上移、下移或旋转。
7. 根据权利要求6所述的自动下晶设备,其特征在于:所述控制装置包括温控模块、监控模块和提拉旋转控制模块;所述提拉旋转控制模块分别与温控模块和监控模块电连接;所述温控模块与加热装置电连接,所述监控模块分别与上重量传感器和/或下重量传感器电连接,所述提拉旋转控制模块与籽晶杆电连接;所述温控模块实时测量坩埚温度并根据坩埚测量的温度控制加热装置;所述监控模块监控籽晶杆上籽晶重量和/或坩埚内晶体重量;所述提拉旋转控制模块根据温控模块获得的坩埚温度、以及监控模块获得的籽晶杆上籽晶重量和/或坩埚内晶体重量,调节籽晶杆提拉或旋转的速度。
8. 根据权利要求6所述的自动下晶设备,其特征在于:还包括一与籽晶杆联动设置的光栅尺。
9. 根据权利要求6所述的自动下晶设备,其特征在于:所述控制装置监测籽晶质量增减速度,当籽晶质量增减速度范围处于阈值V内,对坩埚保持原有加热状态;当籽晶质量增加或减小速度范围超过阈值V,升高或降低坩埚的温度,然后上移籽晶,重新下晶。
10. 根据权利要求6-9中任一权利要求所述的自动下晶设备,其特征在于:所述籽晶杆带动籽晶的下移速度为 $100 \sim 150\text{mm/h}$ 。

一种用于提拉法晶体生长的下晶方法和自动下晶设备

技术领域

[0001] 本发明涉及提拉法晶体生长领域,尤其涉及一种用于提拉法晶体生长的下晶方法和自动下晶设备。

背景技术

[0002] 下晶操作是晶体生长过程中决定品质的关键步骤。现有技术中,用于提拉法生长晶体的设备主要为人工手摇下晶方式和自动下晶功能设备。手动下晶的主要缺陷是,容易造成籽晶尖端位错积累,甚至籽晶开裂。而自动下晶设备,利用电机均匀缓慢下移籽晶完成下晶操作。但是,虽然解决了运行过程中籽晶温度变化过快的问题,但仍无法判断下晶是否成功。下晶是否成功,以及籽晶在熔体中微弱的变化情况的判断,在行业内全部采用观察“籽晶光圈”的方法。这一方法的主要缺点就是,高度依靠人工经验,不同下晶工程师的观察可能得到完全不同的判断结果。而且,在熔点较低的晶体中,光圈不明显甚至难以发现,这就完全失去了判断籽晶变化的依据。

[0003] 并且,当判定下晶成功后,就开始进入“缩颈阶段”,这一阶段的持续时间较短(0.5-2小时)也常被定义为下晶过程的一部分。而现有的操作,依据人眼所观察到的籽晶“光圈”变化情况提拉籽晶,或者采用固定的缩颈方法,忽略籽晶变化情况,规定一套不变的缩颈流程。这就完全失去了缩颈操作的意义,往往导致“放肩”时间过长,或者完全没有达到消除生长界面位错目的。

[0004] 因而,现有技术中的下晶操作,完全依靠人工经验,采用观察“籽晶光圈”的方法,无法从根本上解决如何判断下晶成功或失败问题。

发明内容

[0005] 本发明的目的在于克服现有技术中的缺点和不足,提供一种用于提拉法晶体生长的下晶方法。

[0006] 本发明是通过以下技术方案实现的:一种用于提拉法晶体生长的下晶方法,包括以下步骤:

[0007] (1)对坩埚加热,使位于坩埚内的晶体材料熔化;

[0008] (2)缓慢下移籽晶;

[0009] (3)当籽晶质量发生变化时,继续缓慢下移达到下晶深度;

[0010] (4)监测籽晶质量增减速度,当籽晶质量增减速度范围处于阈值V内,对坩埚保持原有加热状态;当籽晶质量增加或减小速度范围超过阈值V,升高或降低坩埚的温度,然后上移籽晶,执行步骤(2),重新下晶。

[0011] 相对于现有技术,本发明的下晶方法,避免在下晶过程中由保温系统的温度梯度对籽晶造成热冲击,当发生籽晶生长过速和籽晶熔化现象时可通过调整下晶温度,重新下晶操作;可根据籽晶质量增加或减小的速度判定下晶成功或失败。

[0012] 进一步,所述下晶方法还包括步骤(5),根据籽晶质量变化的速率,选择升温缩颈

或恒温缩颈。

[0013] 进一步,当籽晶质量增加速率为 $0.5\sim-2\text{g/h}$,选择恒温缩颈;当籽晶质量增加速率超过 0.5g/h ,选择升温缩颈。

[0014] 进一步,下移籽晶的速度为 $100\sim150\text{mm/h}$ 。

[0015] 进一步,所述下晶深度为 $0.5\sim1\text{mm}$ 。

[0016] 本发明还提供了一种用于提拉法晶体生长的自动下晶设备,包括炉体、坩埚、籽晶杆、加热装置、上重量传感器和/或下重量传感器、控制装置;所述坩埚设置于炉体的炉腔内;所述加热装置设置于所述炉腔内并对所述坩埚加热;所述上重量传感器设置于籽晶杆上和/或所述下重量传感器设置于坩埚底部;所述控制装置分别与所述籽晶杆、加热装置、上重量传感器和/或下重量传感器电连接;所述控制装置监测籽晶质量增减速度,并根据籽晶的增减速度控制加热装置对坩埚的加热以及籽晶杆的上移、下移或旋转。

[0017] 相对于现有技术,本发明的用于提拉法晶体生长的自动下晶的设备,通过控制装置控制晶体生长过程的自动进行,并能够根据实际下晶过程判断调整下晶温度,实现全自动化下晶过程,使下晶操作脱离人工,避免人工的干扰。

[0018] 进一步,所述控制装置包括温控模块、监控模块和提拉旋转控制模块;所述提拉旋转控制模块分别与温控模块和监控模块电连接;所述温控模块与加热装置电连接,所述监控模块分别与上重量传感器和/或下重量传感器电连接,所述提拉旋转控制模块与籽晶杆电连接;所述温控模块实时测量坩埚温度并根据坩埚测量的温度控制加热装置;所述监控模块监控籽晶杆上籽晶重量和/或坩埚内晶体重量;所述提拉旋转控制模块根据温控模块获得的坩埚温度、以及监控模块获得的籽晶杆上籽晶重量和/或坩埚内晶体重量,调节籽晶杆提拉或旋转的速度。

[0019] 进一步,还包括一与籽晶杆联动设置的光栅尺。

[0020] 进一步,所述控制装置监测籽晶质量增减速度,当籽晶质量增减速度范围处于阈值 V 内,对坩埚保持原有加热状态;当籽晶质量增加或减小速度范围超过阈值 V ,升高或降低坩埚的温度,然后上移籽晶,重新下晶。

[0021] 进一步,所述籽晶杆带动籽晶的下移速度为 $100\sim150\text{mm/h}$ 。

[0022] 为了更好地理解和实施,下面结合附图详细说明本发明。

附图说明

[0023] 图1是本发明用于提拉法晶体生长的下晶方法的步骤图。

[0024] 图2是本发明下晶过程中下籽晶的质量变化随时间变化的曲线。

[0025] 图3是本发明自动下晶设备的控制装置各模块的连接示意图。

具体实施方式

[0026] 本发明的用于提拉法晶体生长的下晶方法,通过监测盛装晶体材料的坩埚的温度以及籽晶质量变化的状态来选择适当的下晶时机,请参阅图1,具体包括以下步骤:

[0027] (1)对坩埚加热,使位于坩埚内的晶体材料熔化;

[0028] (2)缓慢下移籽晶;

[0029] 具体的,下移籽晶的速度根据需要选择。当下移籽晶过慢时会影响工作效率;而当

下移籽晶过快则会对籽晶产生热冲击,对籽晶造成损伤。在本实施例中,所述下移籽晶的速度为100~150mm/h。但籽晶的下移速度不局限于此。

[0030] (3)当籽晶质量发生变化时,继续缓慢下移达到下晶深度;具体的,当籽晶接触熔化的晶体材料时,籽晶吸附熔化的晶体材料,籽晶质量增加。在本实施例中,所述下晶深度为0.5~1mm。但下晶深度不局限于此。

[0031] (4)监测籽晶质量增减速度,当籽晶质量增减速度范围处于阈值V内,对坩埚保持原有加热状态;当籽晶质量增加或减小速度范围超过阈值V,升高或降低坩埚的温度,然后上移籽晶,执行步骤(2),重新下晶。请参阅图2,其是本发明下晶过程中下籽晶的质量变化随时间变化的曲线。当籽晶质量减小量或增加量小于步骤(3)中的质量变化时,说明下晶成功。当籽晶质量快速增加或减小量大于步骤(3)中的质量变化,说明下晶失败,重新下晶。

[0032] 具体的,步骤(4)中,当籽晶质量增加速率范围超过阈值V,说明下晶温度偏低,熔化的晶体材料快速在籽晶周围结晶。此时升高坩埚的温度,融化籽晶周围的结晶,然后重新进行下晶操作。当籽晶质量减小速率范围超过阈值V,说明下晶温度偏高,籽晶快速熔化。此时降低坩埚的温度,然后重新进行下晶操作。

[0033] (5)根据籽晶质量变化的速率,选择升温缩颈或恒温缩颈。具体的,当籽晶质量增减速度范围处于阈值V内时,说明下晶成功,此时根据籽晶质量变化的速率,选择升温缩颈或恒温缩颈,即加快上移籽晶的速率,并同时旋转籽晶,从而尽量消除籽晶内原有位错的延伸。当籽晶重量稳定后,籽晶的质量变化有三种:平缓、缓慢减小或缓慢增加。缩颈操作可以减少下晶过程中在籽晶表面由热冲击造成的位错。相比于普遍使用的固定缩颈套路,本发明可以根据下晶过程中的质量变化情况,选择合适的缩颈方式。缩颈操作可以归类为缓慢的籽晶熔化过程,通过在提拉籽晶的同时升温或恒温使籽晶和熔体的接触面减小。具体的,当籽晶质量增加速率为0.5~-2g/h,选择恒温缩颈。当籽晶质量增加速率超过0.5g/h,选择升温缩颈。具体升温速率与质量变化速率存在函数关系。

[0034] 基于以上的用于提拉法晶体生长的下晶方法,本发明提供了一种用于提拉法晶体生长的自动下晶设备,包括炉体、坩埚、籽晶杆10、加热装置20、上重量传感器30和/或下重量传感器40、控制装置50。所述炉体内部中空形成炉腔。所述坩埚设置于炉体的炉腔内。所述加热装置20设置于所述炉腔内并对所述坩埚加热。所述上重量传感器30设置于籽晶杆10上和/或所述下重量传感器40设置于坩埚底部。所述控制装置50分别与所述籽晶杆10、加热装置20、上重量传感器30和/或下重量传感器40电连接。所述上重量传感器30监测籽晶的质量,为上称重系统。所述下重量传感器40监测坩埚内晶体的质量,为下称重系统控制装置。所述控制装置50监测籽晶质量增减速度,并根据籽晶的增减速度控制加热装置20对坩埚的加热以及籽晶杆10的上移、下移或旋转。所述籽晶杆10上联动设置有光栅尺。

[0035] 所述控制装置50包括温控模块51、监控模块52和提拉旋转控制模块53。请参阅图3,其是本发明的自动下晶设备的控制装置50各个模块的连接示意图。所述提拉旋转控制模块53分别与温控模块51和监控模块52电连接。所述温控模块51与加热装置20电连接。所述监控模块52分别与上重量传感器30和/或下重量传感器40电连接。所述提拉旋转控制模块53与籽晶杆10电连接。所述温控模块51实时测量坩埚温度并根据坩埚测量的温度控制加热装置20。所述监控模块52监控籽晶杆10上籽晶重量和/或坩埚内晶体重量。所述提拉旋转控制模块53根据温控模块51获得的坩埚温度、以及监控模块52获得的籽晶杆10上籽晶重量

和/或坩埚内晶体重量,调节籽晶杆10提拉或旋转的速度。

[0036] 下面结合本实施例对本发明的自动下晶设备作进一步描述:

[0037] 根据不同晶体材料的性质,选择适当的籽晶下移速度,避免下晶过程过长或者对籽晶造成损伤。

[0038] 通过上称重系统监测质量是否发生变化,当质量发生变化时,说明籽晶进入液面。此时控制籽晶持续下移0.5-1mm的下晶深度,然后停止下移。

[0039] 监测质量变化,当籽晶质量增加或减小速度范围超过阈值V时,判断下晶温度偏低或偏高,温控模块51控制加热装置20提高或降低下晶温度,然后提拉旋转控制模块53控制籽晶上移,重新开始下晶操作。当籽晶质量增加或减小速度范围处于阈值V之内,温控模块51控制加热装置20微调下晶温度,使籽晶质量维持平稳不变或者小幅度的变化。当籽晶质量稳定后,恒定温度。最后,根据籽晶增加或减小的速率,判断并选择升温缩颈或恒温缩颈。

[0040] 由于籽晶质量和坩埚内熔体的质量是此消彼长的关系,因而通过下称重系统进行操作的步骤与前述通过上称重系统可达到同样的控制效果。

[0041] 相对于现有技术,本发明的下晶方法,避免在下晶过程中由保温系统的温度梯度对籽晶造成热冲击,并且添加了下晶纠错机制,当发生籽晶生长过速和籽晶熔化现象时可通过调整下晶温度,重新下晶操作。本发明的自动下晶设备,实现全自动化下晶过程,使下晶操作脱离人工操作。

[0042] 本发明并不局限于上述实施方式,如果对本发明的各种改动或变形不脱离本发明的精神和范围,倘若这些改动和变形属于本发明的权利要求和等同技术范围之内,则本发明也意图包含这些改动和变形。

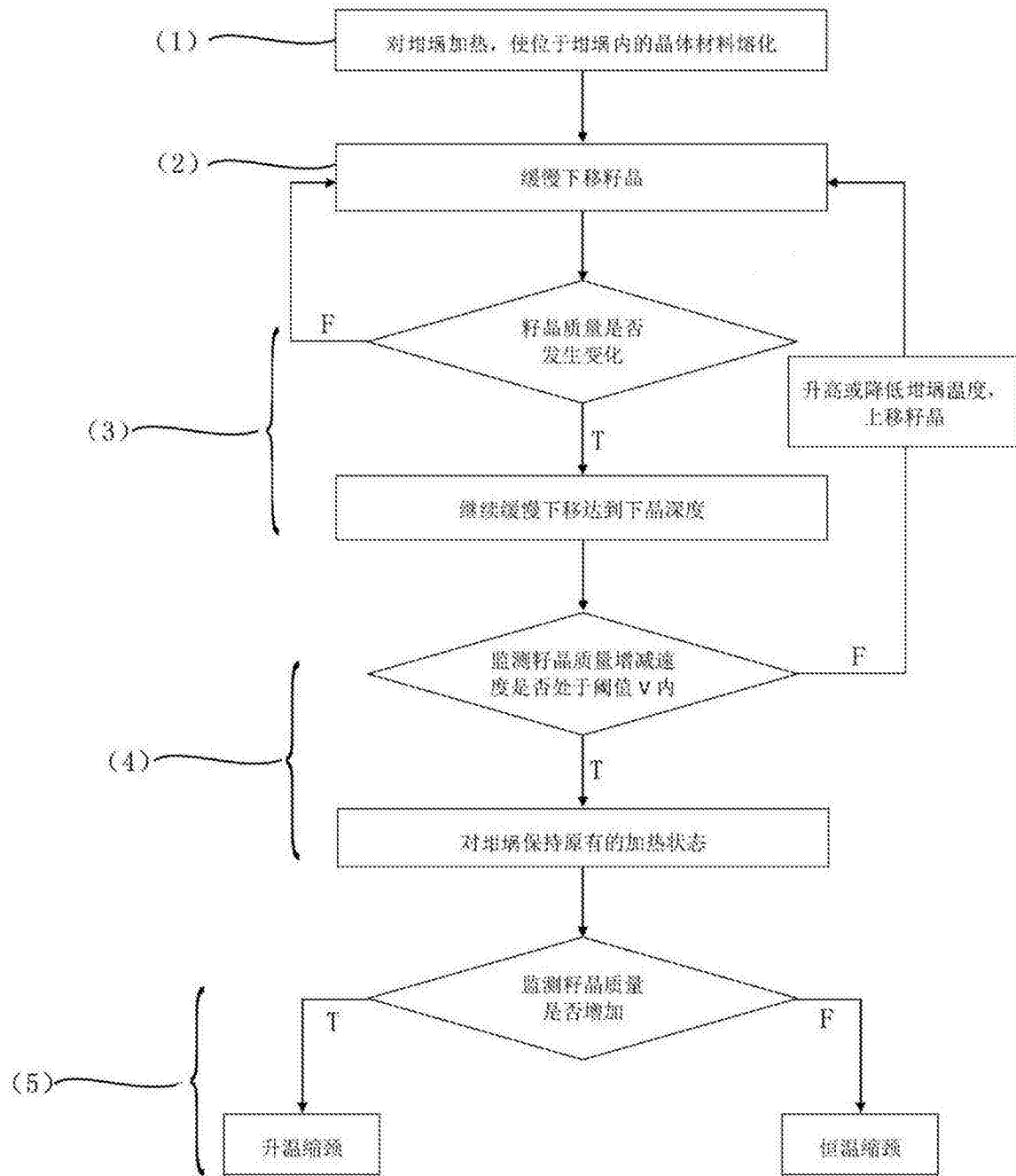


图1

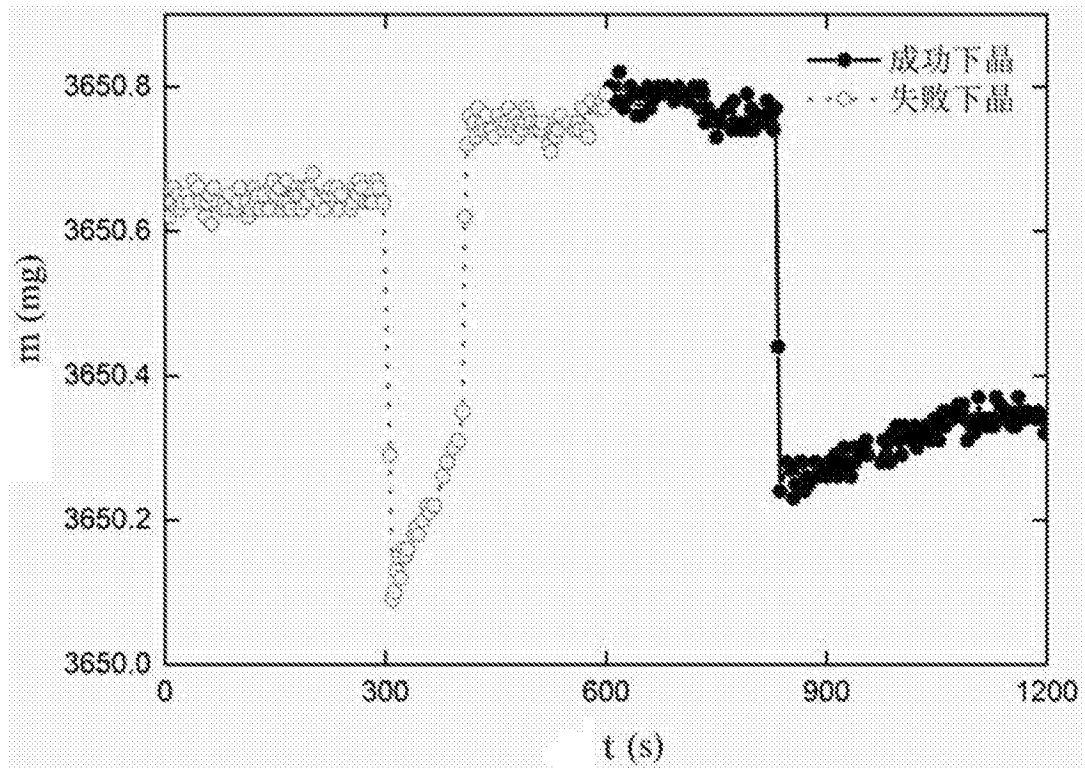


图2

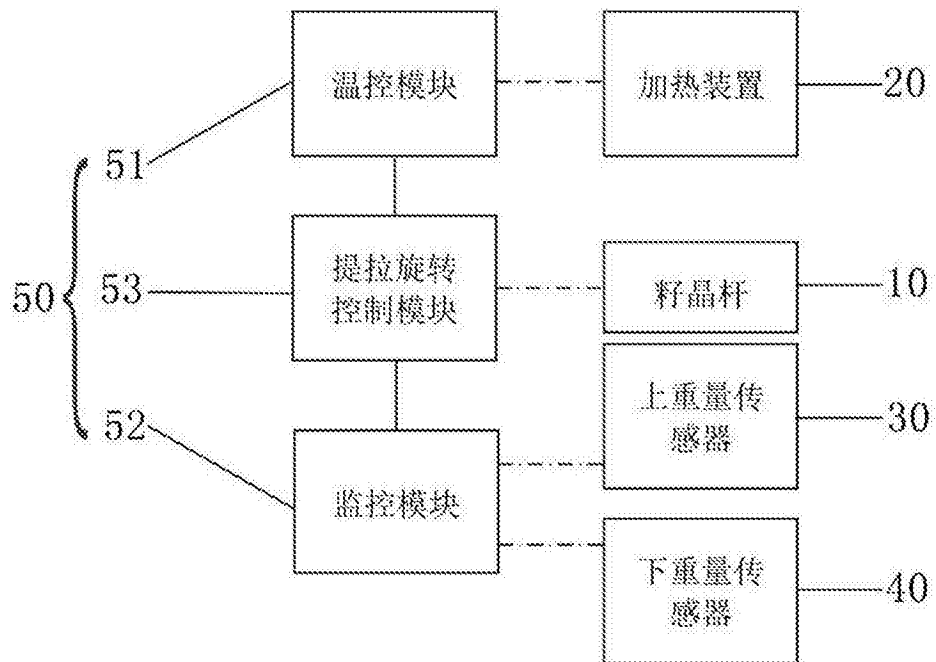


图3