



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 101701356 A

(43) 申请公布日 2010.05.05

(21) 申请号 200910193989.1

(22) 申请日 2009.11.17

(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 周子凡 林少鹏 沈文彬
李一伦

(74) 专利代理机构 广州粤高专利商标代理有限公司 44102

代理人 禹小明

(51) Int. Cl.

C30B 15/28 (2006.01)

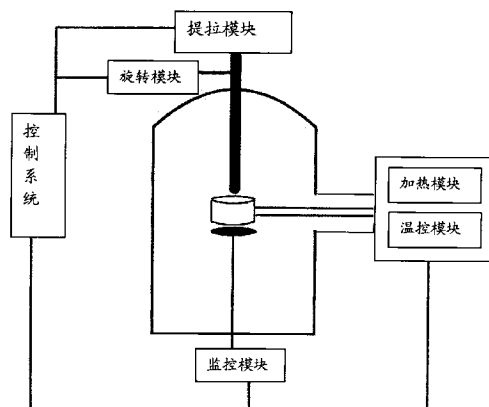
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 1 页

(54) 发明名称

一种用于光电晶体等径生长的下称重方法

(57) 摘要

本发明公开一种用于光电晶体等径生长的下称重方法,包括以下步骤:坩埚、提拉杆、对坩埚加热的加热模块、实时测量坩埚温度的测温模块、控制加热模块的温控模块、调节提拉杆提拉速度的提拉模块、调节提拉杆旋转速度的旋转模块、对坩埚内剩余晶体重量作监控的监控模块及其修正模块;加热模块对坩埚进行加热,等待原料熔化,并开始提拉晶体的放肩过程;进入等径生长阶段,监控模块监测到坩埚内晶体重量不断下降,并且根据重量的变化速率来判断晶体的生长速率;监控模块根据重量变化率情况来控制加热模块的加热功率、提拉模块的提拉速度及旋转模块的旋转速度,以维持重量的变化速率均匀,直至完成晶体生长。本发明测量精度高、晶体质量可靠。



1. 一种用于光电晶体等径生长的下称重方法,其特征在于包括以下步骤:

a. 提供一装有晶体的坩埚、用于提拉晶体的提拉杆、对坩埚进行加热的加热模块、实时测量坩埚温度的测温模块、根据坩埚测量的温度控制加热模块的温控模块、调节提拉杆提拉速度的提拉模块、调节提拉杆旋转速度的旋转模块、对坩埚内剩余晶体重量作监控的监控模块及对剩余晶体重量信号进行修正的修正模块;

b. 加热模块对坩埚进行加热,等待原料熔化,并开始提拉晶体的缩径、放肩、等径生长过程;

c. 进入等径生长阶段,监控模块监测到坩埚内晶体重量变化,并且依此来判断晶体的生长速率;

d. 监控模块根据重量变化率,采用智能PID算法来控制加热模块的加热功率、提拉模块的提拉速度及旋转模块的旋转速度,以维持重量的变化速率符合预设目标,直至完成晶体生长。

2. 根据权利要求1所述的用于光电晶体等径生长的下称重方法,其特征在于:该方法中,包括有通过总线和通信协议与各个模块相连接的控制系統,实现控制系統对各个模块的实时控制。

3. 根据权利要求2所述的用于光电晶体等径生长的下称重方法,其特征在于:各个模块均设有一用于控制与维护本模块的控制子模块,且控制子模块与控制系統通过总线交换数据。

4. 根据权利要求3所述的用于光电晶体等径生长的下称重方法,其特征在于:该旋转模块还包括旋转电机及其驱动电路,旋转电机将其实际转速形成反馈电压反馈至控制子模块,当控制子模块检测到实际转速与预设值不同时,则将旋转电机转速调整至预设值内。

5. 根据权利要求3所述的用于光电晶体等径生长的下称重方法,其特征在于:该提拉模块还包括提拉电机及其驱动电路,提拉模块的控制子模块中设有用于监控提拉电机位移的光栅尺,当控制子模块检测到实际提拉速度与预设值不同时,则将提拉电机速度调整至预设值内。

6. 根据权利要求1所述的用于光电晶体等径生长的下称重方法,其特征在于:该温控模块为精确度小于或等于0.1摄氏度的温控仪器,该测温模块为热电偶。

7. 根据权利要求1所述的用于光电晶体等径生长的下称重方法,其特征在于:该加热模块包括对坩埚进行非接触式加热的中频线圈及连接至中频线圈的中频电源,该监控模块包括设于坩埚下方用于称量炉体内晶体重量的电子秤及与电子秤连接的单片机驱动电路,该坩埚设于抵压在设于电子秤上的绝热支架上

8. 根据权利要求7所述的用于光电晶体等径生长的下称重方法,其特征在于:该监控模块包括将中频线圈加热功率波动产生的电子秤读数误差进行过滤的滤波单元。

9. 根据权利要求1所述的用于光电晶体等径生长的下称重方法,其特征在于:还包括报警模块及多个用于检测坩埚温度的温度传感器,当温度传感器检测到坩埚的温度超出极限温度时,该报警模块实现报警。

10. 根据权利要求1至9任一项所述的用于光电晶体等径生长的下称重方法,其特征在于:该控制系統包括与各个模块相互传输参数的输入输出单元、用于判断晶体生长过程的实际参数是否超过预设保护参数范围的参数判断单元及对各参数进行处理的处理单元。

一种用于光电晶体等径生长的下称重方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于光电晶体等径生长的下称重方法。

背景技术

[0002] 人工晶体在科学技术和工业生产领域中起到越来越重要的作用,而晶体的自动化等径生长是晶体制备过程中最重要的环节,也是决定晶体制备成品率的关键。常见的晶体等径控制方法包括光圈控径法,光反射法,上称重法。下面对这几种方法加以说明。

[0003] 光圈控径法:晶体提拉过程中,在晶体周围的液面上,存在一个随晶体直径变动而变动的光圈。用光学系统对光圈取样,利用图像处理方法获取光圈大小,进而可以确定晶体的直径信息。再配合以相应的控制算法,可以达到控制直径的目的。这种方法要基于数字图像处理技术,通过对图像的分析来获取晶体直径。其缺点是灵敏度较差,只有当晶体直径发生明显变化时,系统才会作出响应。这种方法适用于生长单晶硅等大体积晶体,却不适合推广到光电晶体的自动生长控制中。

[0004] 光反射法:在晶体生长时,由于熔体表面张力使得晶体外延和熔体交界处,形成弯月面,弯月面随晶体直径变化,其曲率半径也会变化。利用这一点,用一束激光照射到弯月面上,激光会被反射。如果弯月面的曲率发生了变化,则反射光的落点就会发生变化。根据反射光的落点不同,可以获取晶体直径信息,从而达到控制直径的目的。这种方法的缺点是,光学系统过于复杂,而且只能在很小的范围内控制直径。一旦晶体生长中晶体直径变化过大,可能会使激光光斑落在弯月面之外,从而无法获得直径信息。

[0005] 上称重法:这是目前国内用的较多的控制方法,其基本原理也比较简单。随着晶体的生长,晶体的重量会不断加大。如果能够在籽晶杆上加称重传感器,实时监控晶体的重量,则可以把重量对时间求导,获得晶体直径。这种方法的好处是,获取晶体直径的方法相对简单可靠,易于实现。缺点是,由于晶体生长过程中籽晶杆不断地旋转,不断地被提拉,所以上称重所显示的重量变化,必然会受到籽晶杆机械运动的干扰,导致测量直径出现偏差。

发明内容

[0006] 针对现有技术的缺点,本发明的目的是提供一种测量精度高的用于光电晶体等径生长的下称重方法。

[0007] 为实现上述目的,本发明的技术方案为:一种用于光电晶体等径生长的下称重方法,其包括以下步骤:a. 提供一装有晶体的坩埚、用于提拉晶体的提拉杆、对坩埚进行加热的加热模块、实时测量坩埚温度的测温模块、根据坩埚测量的温度控制加热模块的温控模块、调节提拉杆提拉速度的提拉模块、调节提拉杆旋转速度的旋转模块、对坩埚内剩余晶体重量作监控的监控模块及对剩余晶体重量信号进行修正的修正模块;b. 加热模块对坩埚进行加热,等待原料熔化,并开始提拉晶体的放肩过程;c. 进入等径生长阶段,监控模块监测到坩埚内晶体重量不断下降,并且根据重量的变化速率来判断晶体的生长速率;d. 监控模块根据重量变化率情况来控制加热模块的加热功率、提拉模块的提拉速度及旋转模块的

旋转速度,以维持重量的变化速率与预设的值一致,直至完成晶体生长。

[0008] 该方法中,通过总线和通信协议与各个模块相连接的控制系統,实现对各个模块的实时控制。

[0009] 各个模块均设有一用于控制与维护本模块的控制子模块,且控制子模块与控制系統通过总线交互数据。

[0010] 该旋转模块还包括旋转电机及其驱动电路,旋转电机将其实际转速形成反馈电压反馈至控制子模块,当控制子模块检测到实际转速与预设值不同时,则将旋转电机转速调整至预设值内。

[0011] 该提拉模块还包括提拉电机及其驱动电路,提拉模块的控制子模块中设有用于监控提拉电机位移的光栅尺,当控制子模块检测到实际提拉速度与预设值不同时,则将提拉电机速度调整至预设值内。

[0012] 该温控模块为精确度小于或等于 0.1 摄氏度的温控仪器,该测温模块为热电偶。

[0013] 该加热模块包括对坩埚进行非接触式加热的中频线圈及连接至中频线圈的中频电源。

[0014] 该监控模块包括设于坩埚下方用于称量炉体内晶体重量的电子秤及与电子秤连接的单片机驱动电路,该坩埚设于抵压在设于电子秤上的绝热支架上。

[0015] 该监控模块包括将中频线圈加热功率波动产生的电子秤读数误差进行过滤的滤波单元。

[0016] 还包括报警模块及多个用于检测坩埚温度的温度传感器,当温度传感器检测到坩埚的温度超出极限温度时,该报警模块实现报警。

[0017] 该控制系統包括与各个模块相互传输参数的输入输出单元、用于判断晶体生长过程的实际参数是否超过预设保护参数范围的参数判断单元及对各参数进行处理的处理单元。

[0018] 本发明与现有技术相比具有如下优点和有益效果:

[0019] 本发明使用下称重法,实现了晶体的自动化等径生长。本发明成功克服了上称重法中,籽晶杆机械运动对称重结果产生的干扰,使得称量结果更加准确,晶体质量也有很大提高。晶体等径生长的全过程实现了自动控制,排除了人为因素的影响,保证了晶体质量,也容易实现批量生产。

[0020] 本发明的控制系統通过统一的总线和通信协议统一管理各个模块,实现光电晶体的全自动化生长;本发明通过高精度的温控模块监控坩埚的加热温度,实现温度的稳定控制,避免由于加热功率的波动对电子秤造成影响,提高了电子秤的测量精度。

[0021] 本发明安全、可靠、方便,允许一位操作人员同时管理多台设备,从而容易实现大规模生产。

附图说明

[0022] 图 1 为本发明的结构示意图;

[0023] 图 2 为本发明的控制原理图。

具体实施方式

[0024] 以下结合附图对本发明进行详细的描述。

[0025] 如图 1 及图 2 所示,本发明公开一种用于光电晶体等径生长的下称重方法,其包括以下步骤:a. 提供一装有晶体的坩埚、用于提拉晶体的提拉杆、对坩埚进行加热的加热模块、实时测量坩埚温度的测温模块、根据坩埚测量的温度控制加热模块的温控模块、调节提拉杆提拉速度的提拉模块、调节提拉杆旋转速度的旋转模块、对坩埚内剩余晶体重量作监控的监控模块及对剩余晶体重量信号进行修正的修正模块;b. 加热模块对坩埚进行加热,等待原料熔化,并开始提拉晶体的缩径、放肩、等径生长过程;c. 进入等径生长阶段,监控模块监测到坩埚内晶体重量不断下降,并且根据重量的变化速率来判断晶体的生长速率;d. 监控模块根据重量变化率情况来控制加热模块的加热功率、提拉模块的提拉速度及旋转模块的旋转速度,以维持重量的变化速率均匀,直至完成晶体生长。

[0026] 系统扰动产生称重信号的干扰。称重信号也可能会受到各种扰动的干扰而产生波动。修正模块可以有效修正这种扰动产生的波动。例如由于坩埚、保温罩等安装不慎而产生称重信号的波动。这种波动很常见,由于安装不慎,坩埚出现重量偏心等状况,会对称重信号产生影响。修正模块一旦发现这种情况,也会给出提示,停止晶体制备,要求操作者排除错误。

[0027] 该方法中,利用一通过总线和通信协议与各个模块相连接的控制系统,实现对各个模块的实时控制。

[0028] 各个模块均设有一用于控制与维护本模块的控制子模块,且控制子模块与控制系统通过总线交互数据。

[0029] 该旋转模块还包括旋转电机及其驱动电路,旋转电机将其实际转速形成反馈电压反馈至控制子模块,当控制子模块检测到实际转速与预设值不同时,则将旋转电机转速调整至预设值内。

[0030] 该提拉模块还包括提拉电机及其驱动电路,提拉模块的控制子模块中设有用于监控提拉电机位移的光栅尺,当控制子模块检测到实际提拉速度与预设值不同时,则将提拉电机速度调整至预设值内。

[0031] 该温控模块为精确度小于或等于 0.1 摄氏度的温控仪器,该测温模块为热电偶。

[0032] 该加热模块包括对坩埚进行非接触式加热的中频线圈及连接至中频线圈的中频电源。采用大功率中频线圈,对金属导体坩埚进行加热。正是这种非接触的加热方式,为下称重法提供了可行的机械结构。

[0033] 该监控模块包括设于坩埚下方用于称量炉体内晶体重量的电子秤及与电子秤连接的单片机驱动电路,该坩埚设于抵压在设于电子秤上的绝热支架上。

[0034] 采用大量程、高精度的电子秤作为称重传感器,称重的机械结构参看附图 1。坩埚放在绝热支架上面,绝热支架则压在电子秤上,于是可以从电子秤上面读出绝热支架和坩埚的总重量。随着晶体不断生长,坩埚内材料不断被消耗,电子秤的读数会不断下降。

[0035] 从控制系统不断采集电子秤的读数,根据读数的变化速率,可以计算出晶体的生长速度。结合智能 PID 算法,调节炉体温度,加热功率,提拉速度等参数,可以实现晶体的等径生长。

[0036] 该监控模块包括将中频线圈加热功率波动产生的电子秤读数误差进行过滤的滤波单元。由于下称重法要求采用非接触式的中频线圈电磁耦合加热,而电磁耦合加热会对金属坩埚产生电磁力的作用,所以加热功率的剧烈变化会导致称重结果发生相应的剧烈波

动。滤波单元会监控功率变化和称重信号变化,一旦发现此等情况发生,则给出提示,停止晶体制备。

[0037] 还包括报警模块及多个用于检测坩埚温度的温度传感器,当温度传感器检测到坩埚的温度超出极限温度时,该报警模块实现报警,以避免由于坩埚的加热温度过高从而导致损坏或发生其他危险。

[0038] 由于下称重法使用电磁耦合方式加热,温度可以达到很高,最高可以达到 2000 摄氏度以上,加热功率也较大,一般在几千瓦到几十千瓦之间,所以系统的安全性必须予以考虑。一旦仪器发生故障,则可能导致炉体局部过热而熔化,产生火灾等危险。报警模块专门针对下称重法的需要而设计,使用多个温度传感器对炉体表面进行多点同步测温。一旦发现炉体表面或其他设备(例如中频电源等)温度过高(超过 100 摄氏度),则马上发出报警信号,请求工作人员处理,并强行关闭设备,保证系统安全。这在实验室科研和工业生产中,都有非常重要的作用,是安全生产的基础。

[0039] 该控制系统包括与各个模块相互传输参数的输入输出单元、用于判断晶体生长过程的实际参数是否超过预设保护参数范围的参数判断单元及对各参数进行处理的处理单元。

[0040] 本发明采用高精度的温控模块,实现温度的稳定控制。值得一提的是,由于采用了非接触式的电磁耦合加热,所以下称重法中电子秤的读数会受到中频电磁场相互作用力的影响。如果中频加热功率变化剧烈,会导致电子秤读数发生相应的变化,从而无法正确反映晶体生长状况。因此,要选用高精度的温控模块,配合相应的算法和合适的环境参数,保证在晶体等径生长的过程中,中频加热功率相对稳定,仅在一个很小的范围内波动。同时,对于控制系统采集到的电子秤读数,要采取一定的滤波算法,把加热功率波动产生的影响过滤掉。

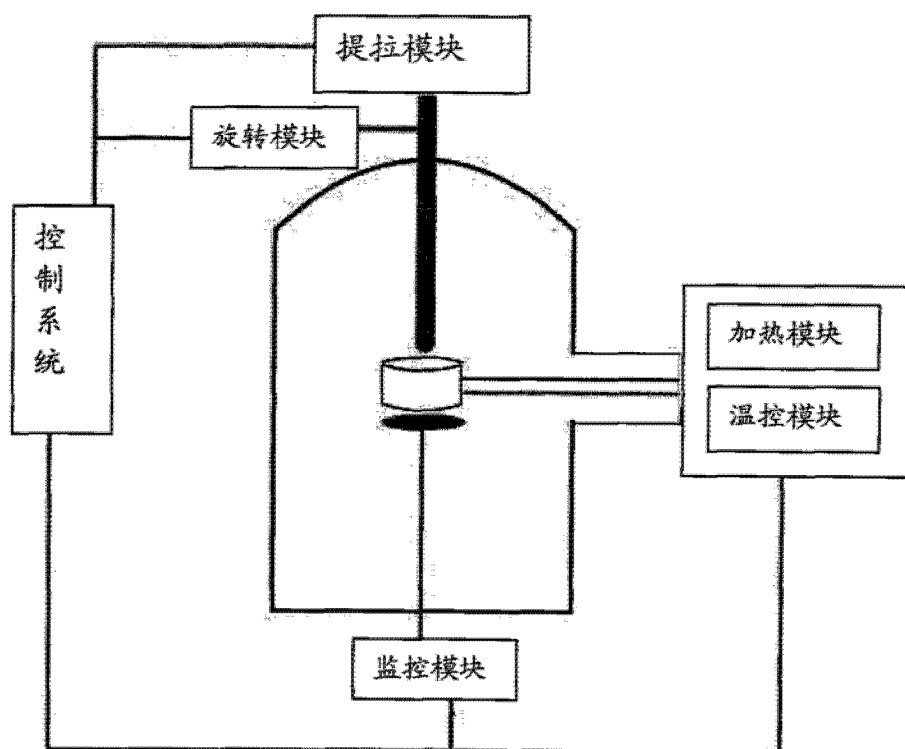


图 1

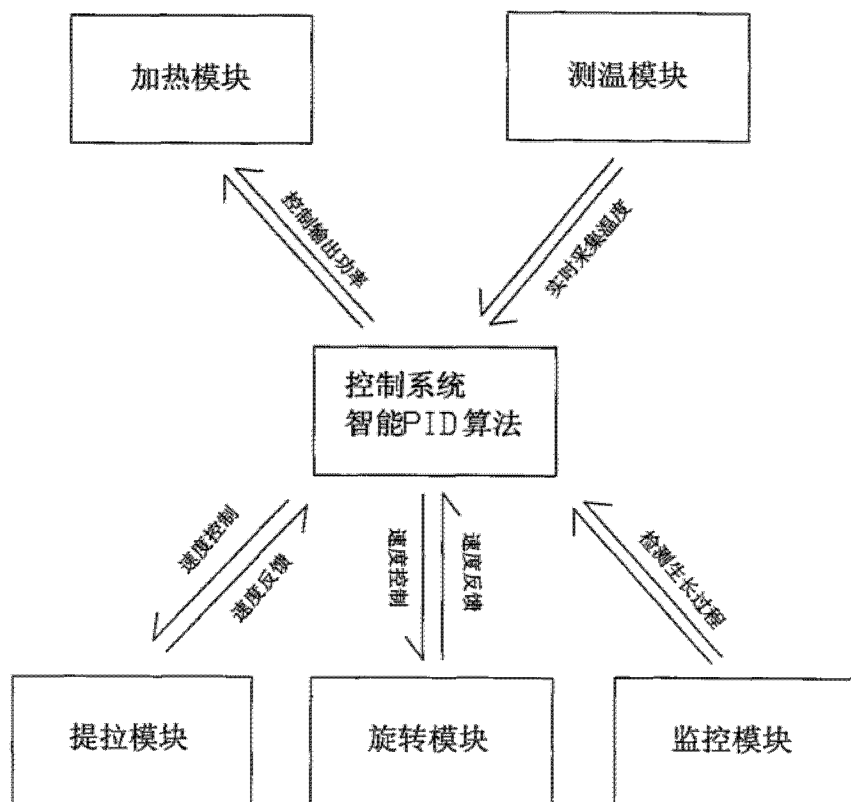


图 2