

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
C30B 15/00 (2006.01)
C30B 15/20 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200910192126.2

[43] 公开日 2010 年 3 月 3 日

[11] 公开号 CN 101660198A

[22] 申请日 2009.9.8

[21] 申请号 200910192126.2

[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

代理人 禹小明

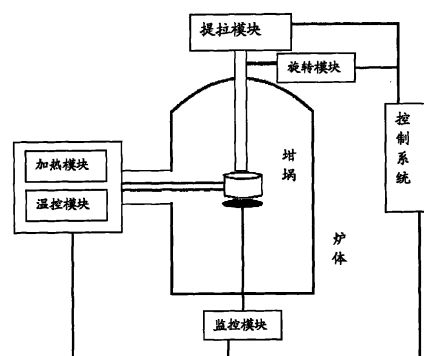
权利要求书 2 页 说明书 6 页 附图 1 页

[54] 发明名称

一种高精度自动化光电晶体提拉炉

[57] 摘要

本发明公开了一种高精度自动化光电晶体提拉炉，包括炉体、设于炉体内且装有熔融晶体的坩埚及用于提拉晶体的提拉杆，还包括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、能调节晶体提拉生长速度的提拉模块、能调节晶体提拉时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通过总线和通信协议与各个模块相连接的控制系统。本发明操作方便，测量精度高。



1、一种高精度自动化光电晶体提拉炉，包括炉体、设于炉体内且装有熔融晶体的坩埚及用于提拉晶体的提拉杆，其特征在于：还包括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通过总线和通信协议与各个模块相连接的控制系統。

2、根据权利要求1所述的高精度自动化光电晶体提拉炉，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统通过总线交互数据。

3、根据权利要求2所述的高精度自动化光电晶体提拉炉，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。

4、根据权利要求2所述的高精度自动化光电晶体提拉炉，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。

5、根据权利要求1所述的高精度自动化光电晶体提拉炉，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。

6、根据权利要求5所述的高精度自动化光电晶体提拉炉，其特征在于：该测温模块为热电偶。

7、根据权利要求1所述的高精度自动化光电晶体提拉炉，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。

8、根据权利要求1所述的高精度自动化光电晶体提拉炉，其特征在于：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。

9、根据权利要求8所述的高精度自动化光电晶体提拉炉，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。

10、根据权利要求1至9任一项所述的高精度自动化光电晶体提拉炉，其特征在于：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、对制备参数进行记录的数据记录单元、将各参数进行显示的显示单元、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。

一种高精度自动化光电晶体提拉炉

技术领域

本发明涉及一种光电晶体提拉炉，尤其涉及一种高精度自动化光电晶体提拉炉。

背景技术

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，而人工晶体的制备设备和制备技术，成为了制约人工晶体产量和质量的主要瓶颈。最先进的人工晶体制备技术掌握在美国、德国、法国等发达国家手中，他们的晶体提拉设备自动化程度高，易于实现批量生产，生产的晶体质量也很高，但是其价格昂贵。目前世界上比较先进的晶体提拉主要面向单晶硅生长，适用于光电晶体生长的自动化提拉设备还比较少见。国内有少数企业也可以提供光电晶体提拉设备，但技术水平低下，均没有实现真正的全程自动化控制，功能单一，对操作人员的专业水平要求很高，其产品质量也普遍较低，大规模生产的能力非常薄弱。

发明内容

针对现有技术的缺点，本发明的目的是提供一种高精度自动化光电晶体提拉炉。

为实现上述目的，本发明的技术方案为：一种高精度自动化光电晶体提拉炉，包括炉体、设于炉体内且装有熔融晶体的坩埚及用于提拉晶体的提拉杆，还包括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通过总线和通信协议与各个模块相连接的控制系統。

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。

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。

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。

该温控模块为精确度小于或等于 0.1 摄氏度的温控仪器。该测温模块采用各种类型热电偶。

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，该坩埚设于抵压在电子秤上的绝热支架上。

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。

该控制系统还包括与各个模块相互传输参数的输入输出单元、对制备参数进行记录的数据记录单元、将各参数进行显示的显示单元、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。

本发明与现有技术相比具有如下优点和有益效果：

本发明的控制系统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。

本发明还提供了显示单元作为用户界面，大大降低对操作人员的专业技术要求；并将晶体提拉生长的经验数据进行记录，使得生长过程对人员经验的要求大大降低。

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

图 1 为本发明的结构示意图；

图 2 为本发明的控制原理图。

具体实施方式

以下结合附图对本发明进行详细的描述。

如图 1 及图 2 所示，本发明公开了一种高精度自动化光电晶体提拉炉，包括炉体、设于炉体内且装有熔融晶体的坩埚及用于提拉晶体的提拉杆，其中，还包括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通过总线和通信协议与各个模块相连接的控制系統。本发明通过制定统一的通信协议，通过总线为每一个模块提供电源和通信接口。其中，该控制系统为 PC 机，该晶体为光电晶体。

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。每个控制子模块均为单片机，负责本模块的控制与维护。通过制定通信协议，保证单片机之间，控制子模块与控制系统之间的通信互不干扰。每一模块的控制子模块作为该模块的主要控制器，维护该模块的常规任务，并且随时等待控制系统的访问，与控制系统交互数据。

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、对制备参数进行记录的数据记录单元、将各参数进行显示的显示单元及对各参数进行处理的处理单元。所述制备参数包括坩埚的温度参数、提拉模块的提拉速度参数、旋转模块的旋转速度参数、晶体重量参数、加热功率参数及电子秤读数。该控制系统统一管理所有模块，并且采用智能 PID 算法，根据晶体生长过程监控的结果，来调节提拉速度、加热功率等参数，从而实现晶体的自动化等径生长和自动化任意形状生长。

不同的晶体有不同的用途，就要求晶体有不同的几何尺寸。本发明在该控制系统上，提供了一个晶体尺寸设计界面，可以设定晶体的尺寸。设定完成之后，提拉炉就可以针对这些几何参数，自动生长出晶体。

晶体生长的工艺，对晶体的性能有重要影响，例如加热速率的快慢，降温速率的快慢，温度和晶体提拉速度如何配合等等，都会影响晶体的几何形状和物理特性。本发明提供了完备的数据记录机制，能够把生长过程中的重要物理参数，如温度，功率，重量，提拉速度等保存入数据记录单元，并且以图形方式形象化的显示出来。这一功能是以前任何同类设备所不具备的。在这一数据的帮助之下，操作者可以查询以往任何一次制备晶体的记录，通过仔细分析晶体生长过程中的物理参数，来研究晶体性质。这一功能的意义至少有两点：对于晶体新品种的研发工作，分析历史数据可以帮助研究人员尽快了解晶体性质和生长过程的关系；对于批量生产而言，历史数据就是对“工艺”和“经验”的数字化记录。这一功能可以迅速把“经验”变成数字显示出来，以实现大规模批量生产。

晶体生长是一个复杂的动力学过程，迄今为止材料科学理论尚且不能完全解释晶体生长中的各种现象。这就要求操作者为晶体生长环境设计一些“保护参数”，以保证实验或生产可以安全进行。例如，设定温度的上限，以保护坩埚不被融化，不至于发生危险；设定温度的下限，保证晶体生长过程不会出现过冷而使得原料凝结，损坏坩埚，等等。一旦这些保护参数被突破，本发明就认为“有错误发生”，会在显示单元上出现提示，要求操作者解决。同时会把这些错误记录起来，方便操作者积累工艺方面的经验。另外，由于晶体制备所需要的时间较长，一般为几十小时到几十天不等，随晶体种类和几何尺寸不同而改变，这就要求不同硬件模块有很强的稳定性和可靠性。在这期间，如果硬件模块出现问题，例如通信中断，或收到错误代码等，也认为“发生了错误”。系统将把整个仪器设置进入安全的状态，并且提示操作者，请操作者来排除错误。因此该控制系统还包括参数判断单元，用于判断晶体生长过程的实际参数是否超过参数判断单元所设定的保护参数范围，是则通过显示单元显示，并交由处

理单元处理，并发出命令控制相应模块。

该旋转模块还包括旋转电机及其驱动电路，旋转电机可以在一定的驱动电压下转动，转动速度因晶体负载多少而不同。同时，旋转电机提供了反馈电压，反馈电压的高低直接反映了旋转电机当前的实际转速。所述旋转模块的控制子模块检测旋转电机的反馈电压，以获取其实际转速。如果检测到实际转速与预设值不同，则马上将旋转电机转速调整至预设值内。

该提拉模块包括提拉电机及其驱动电路，对于晶体生长而言，提拉速度的控制，比旋转转速的控制严格得多。这是因为提拉速度会直接影响晶体的长度和外形。为了解决这一问题，我们在提拉模块的控制子模块中使用了高精密度的光栅尺，并设计了光栅尺的驱动程序。在光栅尺的帮助下我们可以监控提拉电机微米量级的位移，并且实时计算出提拉速度，并把微米级的位移和速度显示在控制系统的显示单元上。控制系统把实际提拉速度和操作者设定的速度做比较，如果发现偏差，则对提拉速度作出相应的调整。光栅尺同时起到实时测量晶体长度的作用。通过读取光栅尺信号，软件系统可以实时读取晶体的生长长度。当晶体达到了预先设定的生长长度，系统会判断出生长结束，进入下一环节。

该温控模块为高精度温控模块，温控偏差小于加热模块，按照指定功率进行加热。该测温模块采用 S 型热电偶。通过温控模块内部的 PID 算法，可以获得稳定的温度和升温速率。本发明中为驱动温控模块设计了控制子模块，通过控制子模块实现了控制系统和温控模块之间的通信。我们采用的温控模块，可以在室温到 2300 摄氏度之间进行温度控制。温度控制的精确度可以达到 0.1 摄氏度，也就是说，本晶体炉中，炉体的实际温度和操作者设定的温度相比，偏差不会超过 0.1 摄氏度。选用的 S 型热电偶，是因为该热电偶的测温范围覆盖了室温到 1700 度，测温精度可以达到 0.1 度甚至更高。

该加热模块包括对坩埚进行加热的中频线圈及连接至中频线圈的中频电源。该中频线圈采用非接触式的加热方式。正是中频线圈和坩埚不接触，坩埚和内部晶体的重量就可以准确被电子称测量，为下称重法提供了可行的机械结

构。

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。该坩埚设于抵压在电子秤上的绝热支架上。

本发明采用大量程、高精度的电子秤作为称重传感器。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。

本发明由于采用了非接触式的中频线圈的电磁耦合加热，所以监控模块中的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。本发明中采用了独特的机械结构设计和滤波算法设计，配合以高精度的控温模块和适当的环境参数，排除了电磁场对电子秤读书的影响，使得测量精度可以达到 20mg 以内，从而保证对晶体生长过程的精准监控。

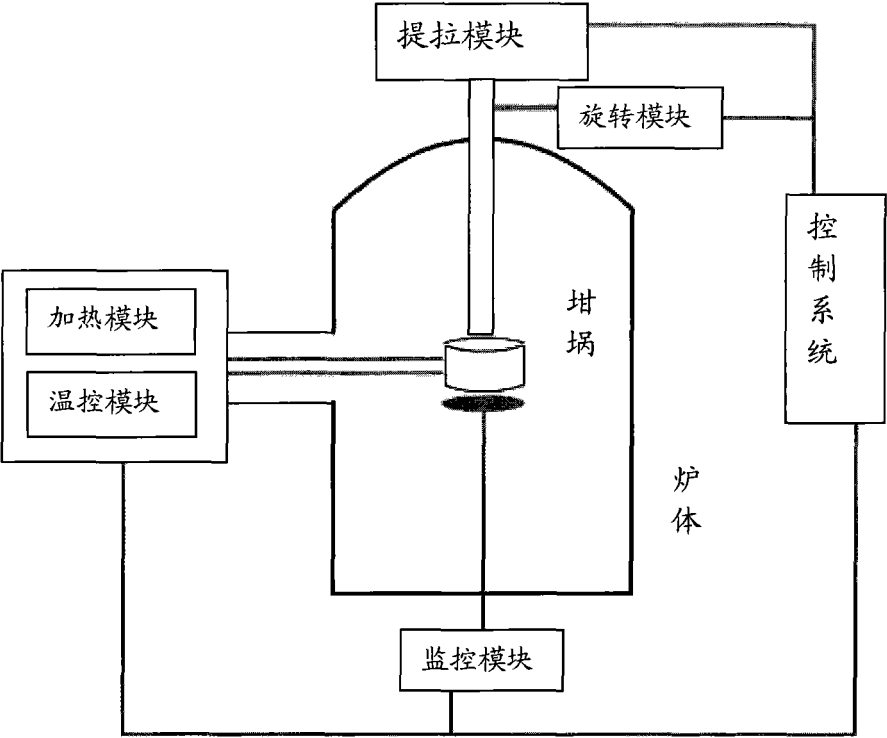


图 1

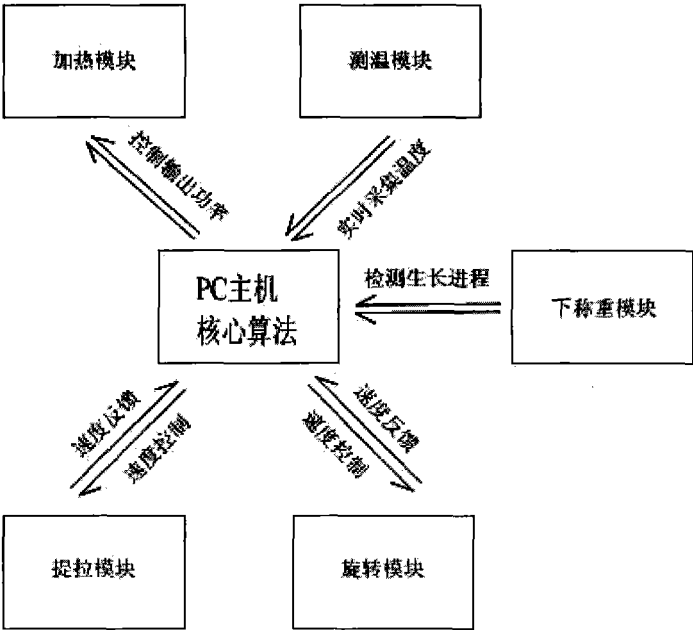


图 2