



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104007181 A

(43) 申请公布日 2014. 08. 27

(21) 申请号 201410190832. 4

(22) 申请日 2014. 05. 07

(71) 申请人 西安理工大学

地址 710048 陕西省西安市金花南路 5 号

(72) 发明人 邱宗明 乌伟 朱凌建 李林

黄秋红

(74) 专利代理机构 西安弘理专利事务所 61214

代理人 李娜

(51) Int. Cl.

G01N 29/14 (2006. 01)

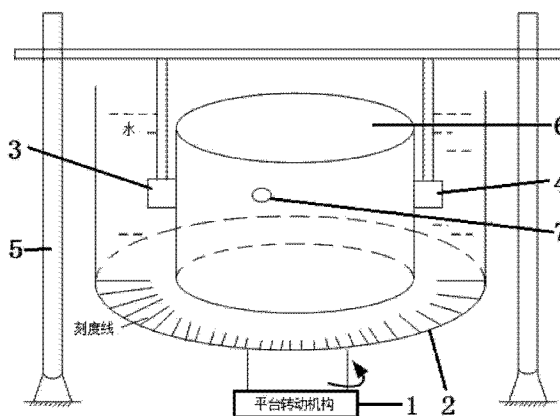
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54) 发明名称

单晶硅棒缺陷超声检测系统及方法

(57) 摘要

本发明公开了一种单晶硅棒缺陷超声检测系统,包括平台转动机构,在平台转动机构上方安装有圆形工作台,圆形工作台的底板沿圆周设置有角度刻度线,圆形工作台的上部为桶体结构,内腔安置待检测的圆柱形单晶硅棒,在单晶硅棒直径对称的圆壁之外分别设置有收发同体超声探头和超声接收探头。本发明还公开了一种单晶硅棒缺陷超声检测方法。本发明的系统及方法,极大提高了单晶硅棒内部缺陷的精准位置和形状,并可对其完成三维重构,得以制定出高精度的单晶硅缺陷检测标准,从而提高切片工序的高效率和高质量。



1. 一种单晶硅棒缺陷超声检测系统,其特点在于,包括平台转动机构(1),在平台转动机构(1)上方安装有圆形工作台(2),圆形工作台(2)的底板沿圆周设置有角度刻度线,圆形工作台(2)的上部为桶体结构,

圆形工作台(2)的上部桶体内腔安置待检测的圆柱形单晶硅棒(6),在单晶硅棒(6)直径对称的圆壁之外分别设置有收发同体超声探头(3)和超声接收探头(4)。

2. 根据权利要求1所述的单晶硅棒缺陷超声检测系统,其特点在于,所述的收发同体超声探头(3)和超声接收探头(4)与数据采集处理显示部分连接;另外,平台转动机构(1)、收发同体超声探头(3)和超声接收探头(4)均与控制器连接。

3. 根据权利要求1所述的单晶硅棒缺陷超声检测系统,其特点在于,所述的收发同体超声探头(3)和超声接收探头(4)均选用纵波探头。

4. 一种单晶硅棒缺陷超声检测方法,其特点在于,依赖于权利要求1或2所述的单晶硅棒缺陷超声检测系统,按照以下步骤实施:

步骤1,将收发同体超声探头(3)、超声接收探头(4)和单晶硅棒(6)均浸泡在圆形工作台(2)的桶体内的水中,收发同体超声探头(3)和超声接收探头(4)在同一水平面上,且处于沿单晶硅棒直径对称位置;

步骤2,通过MCU控制平台转动机构(1)带动圆形工作台(2)按照一定角度步进转动,收发同体超声探头(3)发出超声波,在单晶硅棒界面上发生的反射波被一端的收发同体超声探头(3)接收,透射波被另一端超声接收探头(4)接收;

步骤3,对超声数据进行处理,实现存储、结果显示

对采集的超声回波数据进行数字信号处理,同时构建极坐标体系,直观显示缺陷的位置、形状和面积,即成。

## 单晶硅棒缺陷超声检测系统及方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于测量仪器技术领域,用于对单晶硅缺陷的无损检测,涉及一种单晶硅棒缺陷超声检测系统,本发明还涉及一种单晶硅棒缺陷超声检测方法。

### 背景技术

[0002] 单晶硅缺陷,是对于晶体的周期性对称的破坏,使得实际的晶体偏离了理想晶体的晶体结构。种类有点、直径、线、面和体缺陷,表现为包裹体、气泡、空洞等,这是由于制备过程中,温度、振动等一些偶然因素的影响造成的。缺陷对切片工序产生着重要的影响,常见为破坏生产设备,降低生产效率,产品质量参差不齐。其检测方法任然停留在传统检测工艺上。

[0003] 近几年来,超声波在混凝土、陶瓷等一些非金属材料无损检测方面有了较大的发展。虽然对非金属的研究历史已有几十年,但是针对单晶硅材料进行无损检测的研究,国内外尚无相关报道。因此根据超声检测技术的优点及适应范围,立足国内现有设备状况及材料检测规范要求,进一步完善单晶硅缺陷检测的方法与评价手段,提高检测结果的可靠性,提高单晶硅切片工序的生产效率,保证产品质量,开发超声仪的应用市场,解决工程应用是非常有必要的。

[0004] 超声波无损检测常用方法有反射法和透射法两种。反射法发射接收探头一体,脉冲能量在接收时变化量较大,但波形变化较小,能检测到小的缺陷。但当缺陷距离表面位置在声波近场内,检测出现盲区。透射法检测时缺陷会遮挡部分声能,缺陷波幅度低,不存在盲区,但透射法两侧探头的水平直线度问题会产生不必要的误差,影响检测结果。由于缺陷的检测室通过观察接受波形的衰减幅度来评定的,故无法确定缺陷在晶体中的位置(缺陷的埋藏深度)。

[0005] 另一方面,由于单晶硅棒的形状是圆柱形,能够紧密接触的部位面积很少,导致耦合进硅棒中的超声波少。而超声波束的外围部分会因为单晶硅棒的边界圆弧向外反射,而且可能在探头和单晶硅棒的外围空隙部分反复反射,对波形的识别造成困难,增加缺陷检测难度。。

### 发明内容

[0006] 本发明提供了一种单晶硅棒缺陷超声检测系统,解决了现有单晶硅缺陷检测方法无法高精度检测出缺陷的问题。

[0007] 本发明提供了一种单晶硅棒缺陷超声检测方法。

[0008] 本发明采用的技术方案是,一种单晶硅棒缺陷超声检测系统,包括平台转动机构,在平台转动机构上方安装有圆形工作台,圆形工作台的底板沿圆周设置有角度刻度线,圆形工作台的上部为桶体结构,内腔安置待检测的圆柱形单晶硅棒,在单晶硅棒直径对称的圆壁之外分别设置有收发同体超声探头和超声接收探头。

[0009] 本发明采用的技术方案是,一种单晶硅棒缺陷超声检测方法,依赖于上述的单晶

硅棒缺陷超声检测系统,按照以下步骤实施:

[0010] 步骤 1,将收发同体超声探头、超声接收探头和单晶硅棒均浸泡在圆形工作台的桶体内的水中,收发同体超声探头和超声接收探头在同一水平面上,且处于沿单晶硅棒直径对称位置;

[0011] 步骤 2,通过 MCU 控制平台转动机构带动圆形工作台按照一定角度步进转动,收发同体超声探头发发出超声波,在单晶硅棒界面上发生的反射波被一端的收发同体超声探头接收,透射波被另一端超声接收探头接收;

[0012] 步骤 3,对超声数据进行处理,实现存储、结果显示

[0013] 对采集的超声回波数据进行数字信号处理,同时构建极坐标体系,直观显示缺陷的位置、形状和面积,即成。

[0014] 本发明的有益效果是:设置了一种圆周遍历平台,利用超声波透射法和反射法相结合的方法,在圆周遍历检测平台上完成超声透、反回波数据的采集、处理,利用 MATLAB 软件平台设计完成了超声回波数据处理程序包括对超声信号的小波多尺度分解,阈值去噪,信号重构程序以及超声回波 B 型成像、极坐标成像的程序编写,采用 Marching Cubes 算法完成超声图像三维重构,检测出单晶硅棒内部缺陷的位置和形状,相对误差 3.79%,获得了满意的效果。极大提高单晶硅棒内部缺陷的精准位置和形状,并可对其完成三维重构,得以制定出高精度的单晶硅缺陷检测标准,从而提高切片工序的高效率和高质量。

#### 附图说明

[0015] 图 1 是本发明方法依赖的圆周遍历平台的结构示意图;

[0016] 图 2 是本发明方法的控制原理框图;

[0017] 图 3 是本发明实施例单晶硅棒中的缺陷检验结果示意图。

[0018] 图中,1. 平台转动机构,2. 圆形工作台,3. 收发同体超声探头,4. 超声接收探头,5. 固定支架,6. 单晶硅棒,7. 缺陷。

#### 具体实施方式

[0019] 下面结合附图和具体实施方式对本发明进行详细说明。

[0020] 参照图 1,本发明装置包括两部分,包括用于安装待检测的圆柱形单晶硅棒 6 的圆周遍历平台部分,以及数据采集处理显示部分。

[0021] 圆周遍历平台的结构是,包括平台转动机构 1,在平台转动机构 1 上方安装有圆形工作台 2,圆形工作台 2 的底板沿圆周设置有角度刻度线,圆形工作台 2 的上部为桶体结构,内腔安置待检测的圆柱形单晶硅棒 6,在单晶硅棒 6 直径对称的圆壁之外分别设置有收发同体超声探头 3 和超声接收探头 4,收发同体超声探头 3 和超声接收探头 4 向上固定吊挂在固定支架 5 上,收发同体超声探头 3、超声接收探头 4 和单晶硅棒 6 均浸泡在圆形工作台 2 的桶体内的水中;收发同体超声探头 3 和超声接收探头 4 与数据采集处理显示部分连接;另外,平台转动机构 1、收发同体超声探头 3 和超声接收探头 4 均与控制器连接,实现同步工作。

[0022] 参照图 2,本发明装置各个组成部分的工作原理是:

[0023] 1) 超声发射部分:包括发射电路及超声发射部分,通过发射电路控制高压激发超

声发射部分（超声波换能器）实现超声发射，产生较大幅值的超声波信号。MCU（微控制器）发出控制信号，周期性的控制超声发射部分的开关元件导通，加高压电到发射探头上，激励超声换能器发射出超声波。此部分见图 2 中虚线框①的显示。

[0024] 2) 超声接收和数据采集部分：包括同样的两条通道，即采用透反结合的超声检测方式后实际产生了两个超声接收通道，其一是收发同体的超声反射式探头（收发同体超声探头 3）的回波信号接收，其二是透射式的探头（超声接收探头 4）的超声信号接收，采集信号时由于信号衰减和干扰噪声，所以增加了信号调理电路（实现放大和滤波功能）。此部分见图 2 中虚线框②显示内容。

[0025] 3) 对超声数据进行存储、处理、结果显示部分：通过计算机系统对超声透反波处理，计算机系统实现数据存储、数据处理分析和结果显示功能，即选用示波器外部存储数据的功能，将数据存入上位机中。对采集的超声回波数据进行数字信号处理，同时构建极坐标体系，对缺陷三维重构直观有效的显示缺陷的位置、形状和面积。此部分见图 2 中虚线框③内容。

[0026] 4) 工作台转动控制部分：仅用透射或反射超声波检测无法完整检测缺陷信息，因此设计具有一定承载的遍历平台是非常有必要的。通过该平台的旋转获得整个截面的信息，从而避免检测盲区的出现。此部分见图 2 中虚线框④内容。

[0027] 本发明的单晶硅棒缺陷超声检测方法，依赖于上述的单晶硅棒缺陷超声检测系统，按照以下步骤实施：

[0028] 步骤 1，将收发同体超声探头 3、超声接收探头 4 和单晶硅棒 6 均浸泡在圆形工作台 2 的桶体内的水中，收发同体超声探头 3 和超声接收探头 4 在同一水平面上，且处于沿单晶硅棒直径对称位置；

[0029] 步骤 2，通过 MCU 控制平台转动机构 1 带动圆形工作台 2 按照一定角度步进转动，收发同体超声探头 3 发出超声波，在单晶硅棒界面上发生的反射波被同一端的收发同体超声探头 3 接收，透射波被另一端超声接收探头 4 接收；

[0030] 步骤 3，对超声数据进行处理，实现存储、结果显示

[0031] 对采集的超声回波数据进行数字信号处理，同时构建极坐标体系，直观有效的显示缺陷的位置、形状和面积，即成。

[0032] 参照图 2，本发明方法的控制原理及功能，包含以下几个方面：

[0033] 1) 发射机接收探头的架设及圆周遍历平台的搭建：各个探头采用龙门支架固定，保证其位置相对固定，单晶硅棒 1 放置时保证在圆形工作台的中心。且固定时单晶硅棒直径两端外侧分别为收发同体超声探头 3、超声接收探头 4，收发同体超声探头 3 与超声接收探头 4 在同一水平面上，且处于沿单晶硅棒直径对称位置。即收发同体超声探头 3、超声接收探头 4 和单晶硅棒 1 的中心线处于同一直线上。采用水作为耦合剂，将整个待测单晶硅棒 1 及发射接收探头都浸入水中。由 MCU（与前面的 MCU 是同一个控制器）发出控制信号，控制电机驱动平台转动机构 1，使工作台按照一个固定角度转动实现圆周遍历检测。就方便了以超声探头所在的硅棒平面的圆心为中心点，建立极坐标体系。

[0034] 2) 超声发射和缺陷波接收方法：由于整个被测单晶硅棒 6 及收发探头均浸入水中，在液体中横波无法传播，所以各个探头均选用纵波探头，并且密封，声波垂直入射于两介质界面，在界面上发生的反射波被一端的收发同体超声探头 3 接收，透射波被另一端超

声接收探头 4 接收,从而完成透反结合的超声检测,同时采用透反结合的超声检测方法避免盲区,又提高了检测的灵活度。

[0035] 3) 缺陷波数据采集、处理和显示方法:因为使用透反结合的检测方法,所以产生两路波形,两路超声检测波形通过各自的数据采集卡进行数据采集,利用示波器外部存储数据的功能,将数据存入上位机中。通过放大电路对检测到波形信号放大,滤波后有效提取出缺陷波形信息。通过软件处理后,建立了单晶硅缺陷极坐标,有效地获取缺陷信息,重构出缺陷在单晶硅棒中的位置和形状,见图 3。

[0036] 本发明检测方法不同于单独的超声反射和透射的鉴定,不仅需要对单晶硅超声检测方法合格与否给出评价,作为非金属检测方法的一个组成部分,能为企业提供丰富的信息和技术指导,为生产高水准的探伤仪提供支持。

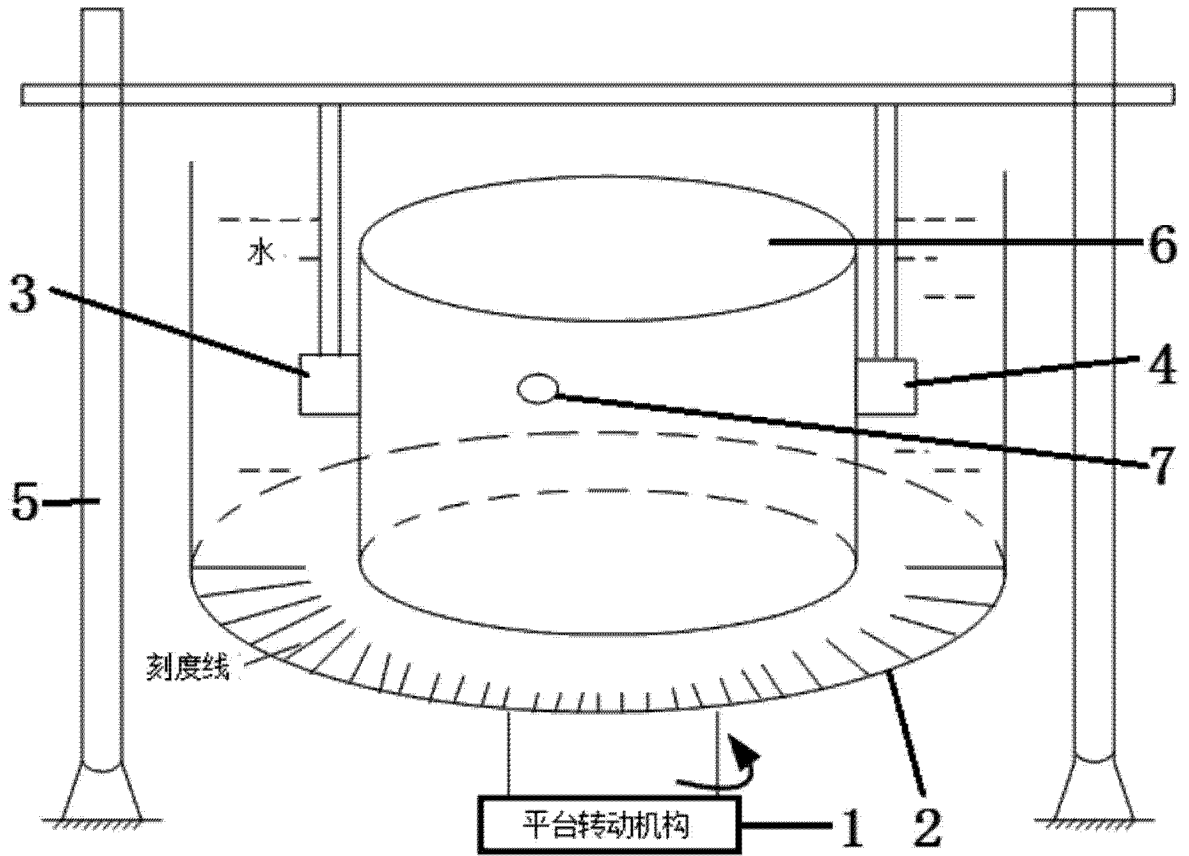


图 1

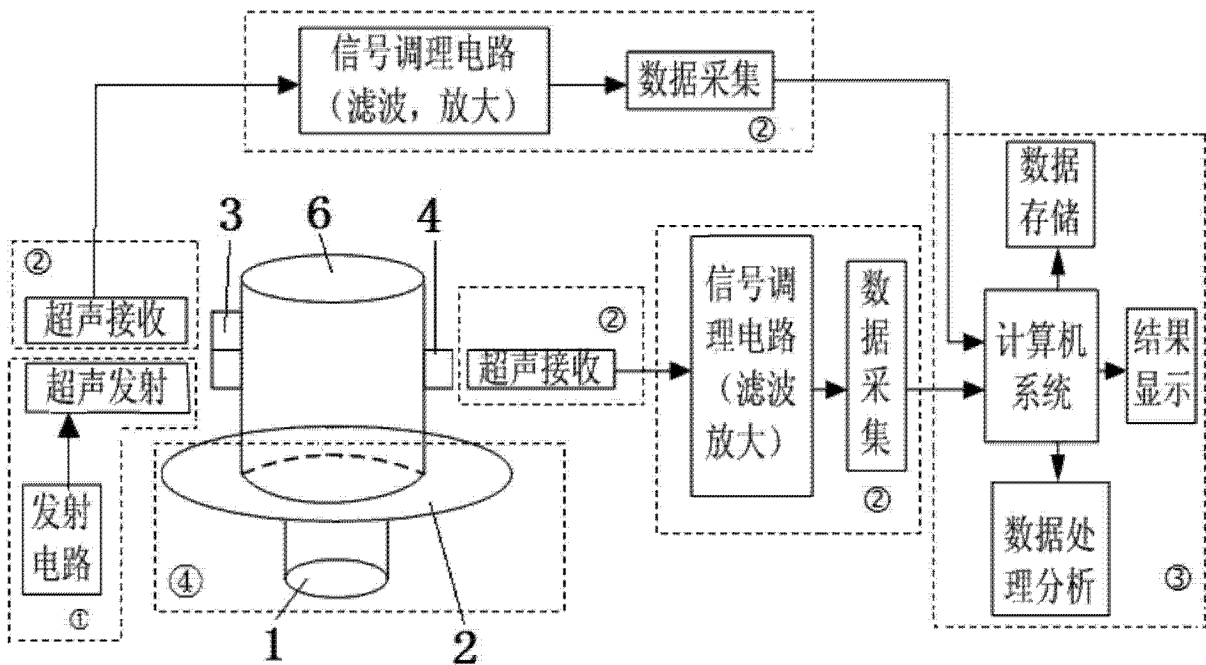


图 2

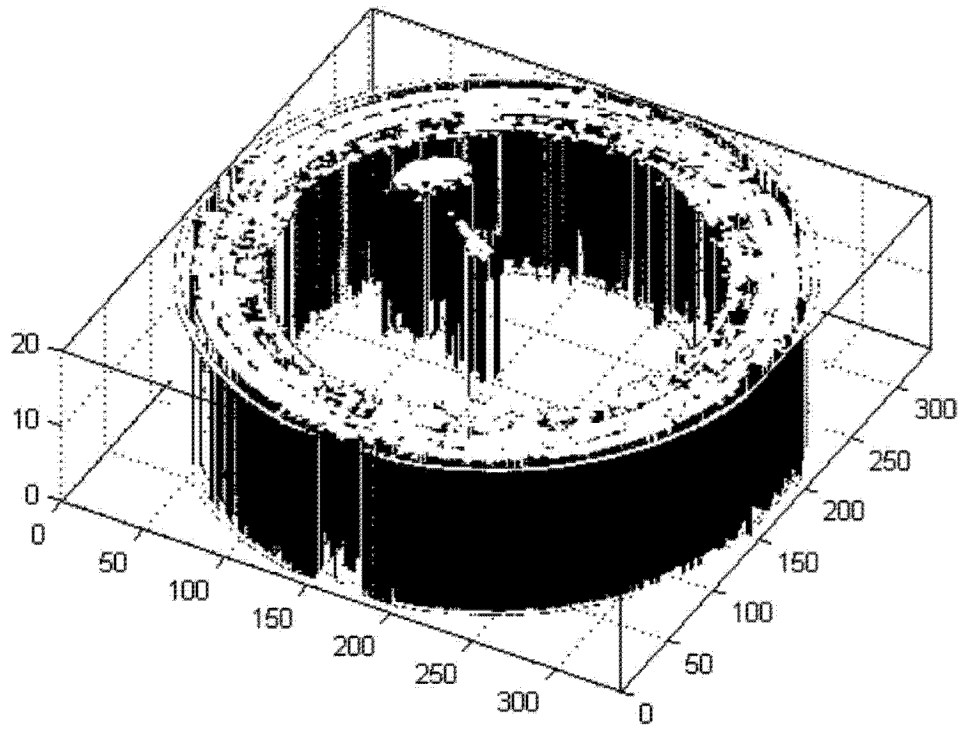


图 3