

[51] Int. Cl.
G01N 3/32 (2006.01)

1、一种材料弹性性能测试仪，其特征在于，包括一激励器，一传感器，用于搁置试件的支架以及一主机，其中，激励器的激励触点与传感器的信号采集点分置于试件的两对角位置，激励器和传感器与具有控制和计算功能的主机电连接，主机控制端连接激励器，传感器信号输出端与主机信号输入端连接。

2、根据权利要求1所述材料弹性性能测试仪，其特征在于，主机具有壳体以及内置的检测电路，其中壳体上设置有传感器接口、激励器接口及激发指示灯、电源输入接口、电源开关及电源指示灯以及USB通讯接口，这些元件分别通过线路与设于主机壳体内部的检测电路相对应的接口连接。

3、根据权利要求2所述材料弹性性能测试仪，其特征在于，主机内部检测电路包括有一前置放大器、一A/D转换器、一FPGA信号处理芯片、一同步动态RAM、一80c51主控芯片、一USB总线转接芯片、电源管理芯片和激励触发芯片；所述传感器的输出端通过传感器接口与前置放大器的输入端相接，前置放大器的输出端连接所述增益调节器的输入端，增益调节器的输出端连接所述A/D转换器的输入端，A/D转换器输出端连接所述FPGA信号处理芯片的输入端，FPGA信号处理芯片的输出端连接所述同步动态RAM的输入端，同步动态RAM的输出端与所述8051主控芯片的接口插接，所述USB总线转接芯片、电源管理芯片和激励触发芯片，分别与所述主控芯片相接。

4、根据权利要求3所述材料弹性性能测试仪，其特征在于，壳体设置的激发指示灯、电源指示灯分别与8051主控芯片对应接口连接；USB通讯接口与所述USB总线转换芯片对应接口连接，电源输入接口与所述电源管理芯片的对应接口连接。

5、根据权利要求3所述材料弹性性能测试仪，其特征在于，8051主控芯片另一输出端口连接激发用继电器，激发用继电器连接激发器接口，激励器通过线路连接到激发器接口上。

6、根据权利要求3所述材料弹性性能测试仪，其特征在于，80C51主控芯片内置一计算分析模块，计算分析模块输出端与USB总线转接芯片连接。

7、根据权利要求1至6任一所述材料弹性性能测试仪，其特征在于，传感器选用CD14423高精度传声器，前置放大器选用M14602芯片，A/D转换器选用BB ADS831E芯片，FPGA信号处理芯片选用EP1C3T144C8芯片，80C51主控芯片选用AT89s52，同步动态RAM选用IS61LV25616AL芯片，USB通讯芯片选用WCH CH341A芯片，电源管理芯片选用AS1084-3V3芯片。

一种材料弹性性能测试仪

技术领域

本实用新型涉及测量材料弹性的设备，具体的说是一种利用脉冲激振设计的智能化的材料弹性性能测试仪。

背景技术

各种固体材料和高温结构陶瓷的弹性性能对于结构和部件的设计以及高温变形预测和失效预测至关重要。这一类材料的基本弹性性能在常温下的测试可以采用动态性能测试的原理，通过样品的基本固有频率以及振幅衰减等途径获得材料的弹性性能和内耗参数。

通过脉冲激振和频率响应测试固体材料样品的基本固有频率，利用频率和材料的弹性模量，泊松比等参数之间的关系，算出弹性模量，这种原理在国际上已经广泛应用；国内有用共振原理或采用示波器等方法，测到样品的固有频率，然后用手算得到弹性模量，但实验重复性较差，且现有方法获得扭振频率较困难，所以往往只能得到弹性模量，得不到剪切模量和泊松比。在已有测试中，激励一般是采用手动敲击的方法，容易引起误差，在很多情况下只能测到弯曲频率，测不到扭转振动频率，因此无法得到剪切模量和泊松比，使得弹性性能测试不完整。不利于推广使用。

实用新型内容

针对现有技术中存在的缺陷，本实用新型的目的在于提供能自动计算得到材料的三项弹性性能的一种材料弹性性能测试仪，适用于测量各种结构材料在常温及高温环境下的弹性性能。

为达到以上目的，本实用新型采取的技术方案是：

一种材料弹性性能测试仪，包括一激励器，一传感器，用于搁置试件的支架以及一主机，其中，激励器的激励触点与传感器的信号采集点分置于试件的两对角位置，激励器和传感器与具有控制和计算功能的主机电连接，主机控制端连接激励器，传感器信号输出端与主机信号输入端连接。

其中，主机具有壳体以及内置的检测电路，其中壳体上设置有传感器接口、激励器接口及激发指示灯、电源输入接口、电源开关及电源指示灯以及 USB 通

讯接口，这些元件分别通过线路与设于主机壳体内部的检测电路相对应的接口连接。

主机内部检测电路包括有一前置放大器、一 A/D 转换器、一 FPGA 信号处理芯片、一同步动态 RAM、一 80c51 主控芯片、一 USB 总线转接芯片、电源管理芯片和激励触发芯片；所述传感器的输出端通过传感器接口与前置放大器的输入端相接，前置放大器的输出端连接所述增益调节器的输入端，增益调节器的输出端连接所述 A/D 转换器的输入端，A/D 转换器输出端连接所述 FPGA 信号处理芯片的输入端，FPGA 信号处理芯片的输出端连接所述同步动态 RAM 的输入端，同步动态 RAM 的输出端与所述 8051 主控芯片的接口插接，所述 USB 总线转接芯片、电源管理芯片和激励触发芯片，分别与所述主控芯片相接。

壳体设置的激发指示灯、电源指示灯分别与 8051 主控芯片对应接口连接；USB 通讯接口与所述 USB 总线转换芯片对应接口连接，电源输入接口与所述电源管理芯片的对应接口连接。

8051 主控芯片另一输出端口连接激发用继电器，激发用继电器连接激发器接口，激励器通过线路连接到激发器接口上。

80C51 主控芯片内置一计算分析模块，计算分析模块输出端与 USB 总线转接芯片连接。

所述材料弹性性能测试仪中，传感器选用 CD 14423 高精度传声器，前置放大器选用 M14602 芯片，A/D 转换器选用 BB ADS831E 芯片，FPGA 信号处理芯片选用 EP1C3T144C8 芯片，80C51 主控芯片选用 AT89s52，同步动态 RAM 选用 IS61LV25616AL 芯片，USB 通讯芯片选用 WCH CH341A 芯片，电源管理芯片选用 AS1084-3V3 芯片。

本实用新型具有以下优点：实现了材料动态性能测试仪器、信号分析仪器和计算机仿真的结合与有机匹配，具有简单、实用、智能及高可靠性的特点，能自动计算得到材料的三项弹性性能，适用于测量各种结构材料在常温及高温环境下的弹性性能。

附图说明

图 1 为本实用新型材料弹性性能测试仪整体结构关系示意图；

图 2 为本实用新型中主机外表各接口设计示意图；

图 3 为本实用新型主机内部检测电路构成及工作原理图；

图 4 为本实用新型使用中被测材料和激励信号触发点、感应信号采集点的位置关系图。

具体实施方式

本实用新型一种材料弹性性能测试仪，整体装配如图 1 所示，其包括一激励器 1，一传感器 2，用于搁置被测材料（试件）4 的支架 3，以及一主机 5（附有计算分析单元 6）。这里：激励器 1 的激励触点与被测材料 4 接触，用于对被测材料 4 发出激励信号；传感器 2 用于采集被测材料 4 在激励后的信号，信号采集点位于被测材料 4 的上方；激励器 1 和传感器 2 均与主机信号相连；

主机 5 为本实用新型的控制机，其具有壳体 11 以及内置的检测电路。外壳配制参见图 2 所示，在壳体 11 上设置有传感器接口 12、激励器接口 13 及激发指示灯 14、电源输入接口 15、电源开关 16 及电源指示灯 17 以及 USB 通讯接口 18，这些元件分别通过线路与设于主机壳体 11 内部的检测电路相对应的接口连接。

主机 5 内部构成参见图 3 所示，检测电路包括有一前置放大器、一 A/D 转换器、一 FPGA 信号处理芯片、一同步动态 RAM、一 80c51 主控芯片、一 USB 总线转接芯片、电源管理芯片和激励触发芯片；所述传感器 2 的输出端通过传感器接口 12 与前置放大器的输入端相接，前置放大器的输出端连接所述增益调节器的输入端，增益调节器的输出端连接所述 A/D 转换器的输入端，A/D 转换器输出端连接所述 FPGA 信号处理芯片的输入端，FPGA 信号处理芯片的输出端连接所述同步动态 RAM 的输入端，同步动态 RAM 的输出端与所述 8051 主控芯片的接口插接，所述 USB 总线转接芯片、电源管理芯片和激励触发芯片，分别与所述主控芯片相接。

上述的壳体设置的激发指示灯 14、电源指示灯 17 分别与 8051 主控芯片对应接口连接；USB 通讯接口 18 与所述 USB 总线转换芯片对应接口连接，电源输入接口 15 与所述电源管理芯片的对应接口连接；8051 主控芯片控制激发用继电器并通过激发器接口 13 连接控制激励器 1 产生激励信号。

在本实施例中，传感器选用 CD 14423 高精度传声器，前置放大器选用 M14602 芯片，A/D 转换器选用 BB ADS831E 芯片，FPGA 信号处理芯片选用 EP1C3T144C8 芯片，80C51 主控芯片选用 AT89s52，同步动态 RAM 选用 IS61LV25616AL 芯片，USB 通讯芯片选用 WCH CH341A 芯片，电源管理芯片选用 AS1084-3V3 芯片，上述配件均为市场销售产品，也可以选用市售的同等功能的其它型号产品代替。

除以上控制功能外，本实用新型中，80C51 主控芯片还通过其内置的计算分析模块（即图 1 中计算分析单元）进行数据的计算和分析，并最终将计算结果通过 USB 通讯接口显示在外接的显示器上。

在得到基本频率的情况下，80C51 主控芯片的计算分析模块可以采用下面算法计算得到弹性性能。

一、 计算矩形截面梁试样弯曲振动的动态弹性模量

公式为：

$$E = 0.9465 \frac{mf_f^2}{b} \left(\frac{L}{t}\right)^3 [1 + 6.585 \left(\frac{t}{L}\right)^2] \quad \text{式一}$$

其中：

E 为动态弹性模量，单位 Pa；

m 为试样的质量，单位 Kg；

f_f 为试样的基础弯曲响应频率，单位 Hz；

b 为试样的宽度，单位 m；

L 为试样的长度，单位 m；

t 为试样的厚度，单位 m。

式一中的所有参数变量均与被测材料本身有关，其中： f_f 由本仪器通过传感器获取弯曲振动周期数值后计算得到，弯曲频率公式：

$$f_f = 1/T_f = \omega / 2\pi, \quad T_f \text{ 为弯曲振动周期。}$$

其它参数数值在使用本实用新型进行弹性性能测试前用其它常规方法（如尺寸测量）获得，并在检测前输入主控芯片的计算分析模块。

二、 计算矩形棱柱的动态剪切模量

公式为：

$$G = \frac{4Lmf_t^2}{bt} \left(\frac{B}{1+A}\right) \quad \text{式二}$$

其中：

G 为动态剪切模量，单位 Pa；

f_t 为试样的基础扭曲共振频率，单位 Hz；

B 为试样的形状参数， $B = [(b/t) + (t/b)] / [4(t/b) - 2.52(t/b)^2 + 0.21(t/b)^6]$

A 为经验修正参数，可以由公知的算法得出：

$$A = [0.5062 - 0.8776(b/t) + 0.3504(b/t)^2 - 0.0078(b/t)^3] / [12.03(b/t) + 9.892(b/t)^2]_{8.4}$$

其它代号含义与式一相同。

式二中的所有参数变量均与被测材料本身有关，其中（这里基础扭曲共振

频率 f_t 由本仪器通过传感器获取扭转振动周期数值后计算得到，扭转频率公式 $f_t = 1/T_t = \omega/2\pi$ ， T_t 为扭转振动周期。

其它参数数值在使用本实用新型进行弹性性能测试前用其它常规方法（如尺寸测量）获得，并在检测前输入主控芯片的计算分析模块。

三、 计算动态泊松比

公式为：

$$\nu = \frac{E}{2G} - 1 \quad \text{式三}$$

其中 ν 为泊松比。E 为式一计算得到的动态弹性模量，G 为式二计算得到的动态剪切模量。

本实用新型依据以上设计，其具体实施中，主机 5 控制激励器 2 对被测试样 4 进行激励后，传感器 2 将接收到的信号经前置放大器、A/D 转换器、FPGA 信号处理芯片和同步动态 RAM 送入 80C51 主控芯片，经 80C51 主控芯片内置的计算模块处理后，得到被测试样相应的频率值，通过 USB 通讯芯片将结果传送到与之相连的 PC 机上进行显示。该测试过程智能化，无需手工操作与计算，其测试结果直观，较传统技术所测得的数据更加准确，为进一步改善试样性能提供了较准确的参考依据。同时，该检测仪操作简单、易于维修且便于携带，使用安全方便，特别适用于企业、建筑工程质量检测站、产品质量检测站、科研院校等材料生产检测以及开发研究领域。

以下结合图 4 对试样进行弹性性能测试的具体过程做更为详细的说明。

（1）试样尺寸和质量的测量：

称量试样的质量要求：干燥试样直至质量天平显示稳定，精确到 1mg 且误差小于 0.1%。在试样的三个点分别测量其厚度和宽度，精确到 0.02mm 且误差小于 0.1%，取平均值。测量试样的长度，精确到 0.05mm 且误差小于 0.1%。

（2）试样的定位：

符合要求放置试样。参见图 4 所示，将样品 4 平放在支撑框架 3 上，两根支撑架 3 的相对距离为约 0.552L（L 为被测试样长度），且试样两端伸出的长度相等。为了同时测得弯曲和扭转频率，激励点和信号接收点可分别对应应在试样的两个对角上，即确定好脉冲激励器 1 的接触点和传感器 2 的信号采集点互为对角的位置，激励器 1 与试样 4 接触应能保证试样自由的振动，传感器 2 置于试样上方 10~20 毫米，以便获得预期的振动信号。

（3）基本频率的测量：

启动仪器的操作系统，通过 PC 机向主机输入样品的尺寸和质量，设置好仪器的基本参数，通过激励器对被测试样进行激励后，传感器接收到的信号经前置放大器、A/D 转换器、FPGA 信号处理芯片和同步动态 RAM 送入 80C51 主控芯片，经 80C51 主控芯片内置的计算模块处理后，先获得被测试样相应的频率值，该频率值可通过 USB 通讯芯片将结果传送到与之相连的 PC 机上进行显示。

（4）弹性性能的计算与输出：

基本频率值获得后，计算模块再通过弹性性能公式（式一～式三）计算并得到被测试样的弹性模量等性能，通过 USB 通讯芯片将结果传送到与之相连的 PC 机上进行显示。

综合而言，本实用新型为一种采用动态方法测试固体材料振动频率及弹性性能的测试仪器。仪器结构精巧，测量准确，操作简单，只要用激励器轻敲（激励）试样，通过采集信息和计算分析即可以准确得出试样的振动频率与弹性常数。该仪器实现了材料动态性能测试、可用于各种工程材料特别是高温结构材料和耐火材料的常规弹性性能的测试，并可以结合高温炉等辅助设备测试材料的高温弹性性能。可广泛应用于材料性能检测领域。

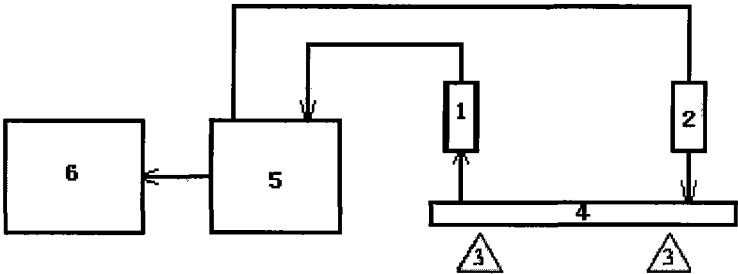


图 1

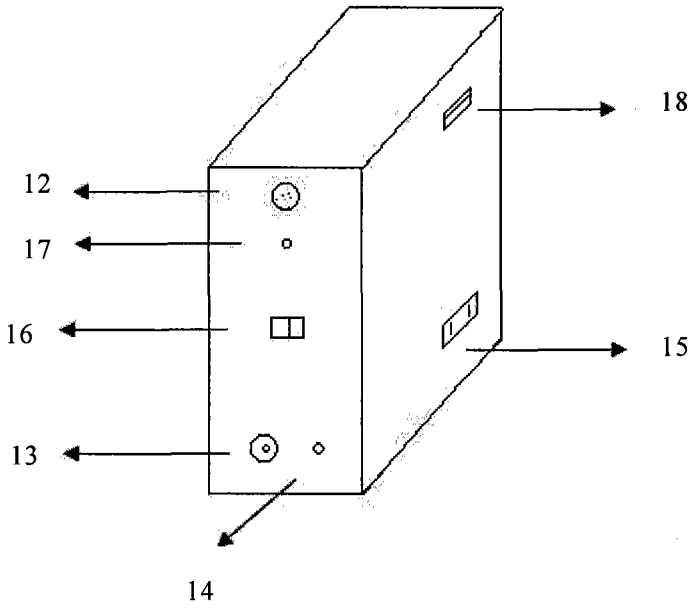


图 2

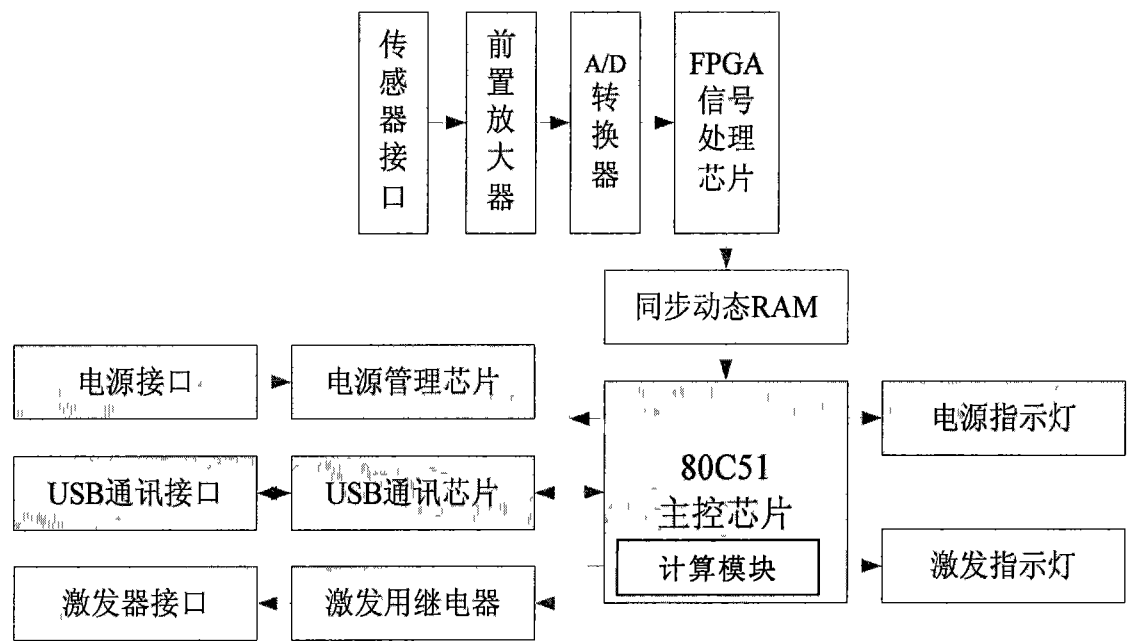


图 3

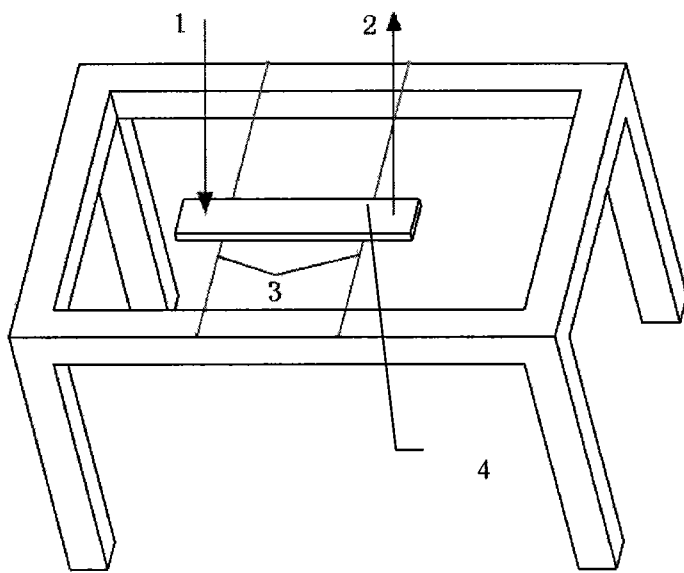


图 4