

## 利用虚拟仪器概念和 NI 技术实现纳米性材料动态测量

### 交流 B-H 曲线测试仪

公司：珠海格润高科技有限公司 作者：连长庆

**应用领域：** 非晶，纳米晶及其它软磁材料性能测量

**挑 战：** 使用 NI 的虚拟仪器技术和相关产品研制出可以进行动态磁特性测试的设备，使得原来昂贵的设备投资得以大幅度降低，且能获得十多项测试结果，使国内软磁材料的测量现状得以迅速改变。

**应用方案：** 采用波形记忆法进行快速测量。

采用 NI 公司的 LabVIEW 设计软件进行虚拟仪器的面板和程序设计。

采用 NI 公司的 NI5102 示波器卡进行数据采集。

**使用产品：** NI5102 示波卡，(带宽 20M，8 位精度) 及功能齐全的 LabVIEW 软件

**介 绍：** 软磁产品的

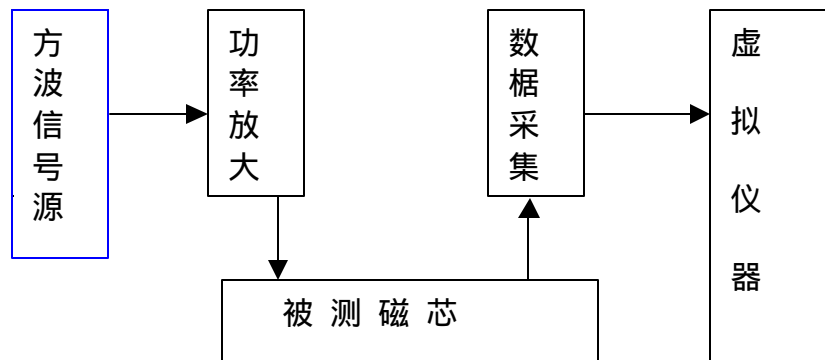
特性测试项目很多，一般单台仪器很难完成众多的测试，否则仪器造价非常昂贵，一般生产厂家，普通生产车间和质量检验部门很难用得起高达 6-7 万美金的设备，只能使用简单的电感测试仪来检测产品，不能全面的评估产品，无法提供全面的设计参数，制约着新一代磁性材料——非晶、纳米晶磁性材料的产发展。

随着计算机技术及由此而产生的虚拟仪器

大大降低了仪器造价，增加仪器的功能，“交流 B-H 曲线测试仪”就是沿着这种思路实现的。

(一) 原理、特点、性能、

交流 B-H 测试仪是基于虚拟技术观念而开发出来的软磁材料交流动态特性测试设备。它的基本原理是电磁定义，在磁芯上绕制初级次级线圈，对初级线圈施加电流使之产生磁场 H，同时测量次级线圈电压，将其换算成磁感应强度 B，再求



原理框图

技术，一种功能强大的 LabVIEW 图形化编程软件问世及应用，使得一台仪器只须信号传感、转换及数据采集装置外，其他部分都可以在计算的屏幕上造出来，满足你的各种需要。这无疑

出它们之间的各种关系，这些关系反映出该被测磁芯的各种性能。

原理方框图如下：

从原理框图可知它结构很简单，方波信号源及

功率放大是用来激励磁芯，数据采集是采集被激励的信号，虚拟仪器就是将采集到的信号进行分析计算最后输出各种结果。

特点：

采用国际标准 IEC62044-3 所推荐的波形记忆法，因为仅须一个周期的信号这样就可对磁芯进行快速测量，以免发热影响测试结果。

采用方波作信号源更符合实际应用。

单线圈测量对样品制作更简单。

在施加信号的过程中能实时获得所施的磁场强度 H 和磁感应强度 B。

仪器设有标定功能，可根据标准样品对最大磁感应强度 Bm 和矫顽力 Hc 及功耗进行标定。

不仅输出‘波形测量法’的结果也给出‘矢量测量法’的结果。

给出磁滞迴线垂直程度垂直角参数，以便直观判别磁放大器的关断性能。

虚拟仪器的屏幕对象友好，人机对话充分。

仪器的基本性能指标

信号源：220v 交流输入，200w，方波，频率从 10Khz 到 150Khz 连续可调，信号峰-峰电压从 5v 到 110v 连续可调。

数据采集卡：采用美国 NI 公司原装进口，NI 5120 卡，220v 交流供电，带宽 20M 精度 8 位。

仪器可提供多达 20 项的测试或计算结果，分三类：

第一类‘波形测量法’结果：

B, H 原始波形图。  
磁滞回线图  
最大磁感应强度 Bm  
乘磁 Br  
直方比 Br/B  
最大磁场强度 Hm  
矫顽力 Hc  
磁通量  $\int m$

适用功率  $m \times Wa$

面积乘积  $Wa \times Ae$

材料每立方米在方波及正弦波工作时损耗 PCV(KW/m<sup>3</sup>)

材料每公斤在

方波及正弦波工作时损耗 PCm(KW/Kg)

被测磁芯在方波及正弦波在损耗 PC(mw)

第二类‘矢量测量法’结果：

B 和 H 的相位角  $\mu'$

弹性磁导率  $\mu''$

最大磁导率  $\mu a$

电感磁导率  $\mu L$

绝对磁导率  $|\mu|$

第三类：磁滞回线的垂直角及 Hc 附近的导磁率  $\mu$

垂直角导磁率  $\mu$

(二) 仪器安装

硬件安装：见上图：

软件安装

先安装

LabVIEW 软件

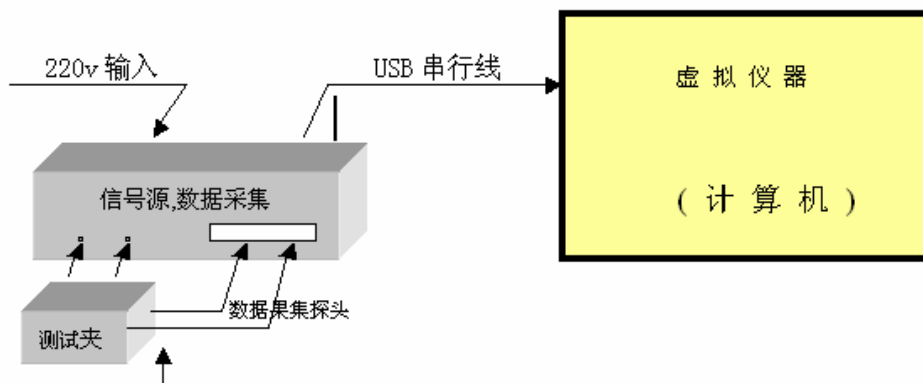
安装数据采集软件

安装应用软件

1,2

一旦仪器出现故障可在错误公告栏中公告出错信息。

Bm (mT)	Br (mT)	Br/Bm	Hm (A/m)	Hc (A/m)	$\angle \alpha$	$\mu'$	$\mu''$	$ \mu $	$\mu L$	Q
664.65	552.68	0.86	81.84	14.88	65.36	529	6511	6533	80711	0.08



认识与调试  
首先阅读一些  
LabVIEW 的基础知识  
打开交流 B-H 曲  
线测试仪的测试软件  
“B-H 中文版-2”, 你会看  
见如图 1、图 2 所示的屏  
幕图象：

波形调节与  
控制  
波形显示  
参数输入  
测试结果；  
中间结果  
仪器标定  
错误信息公

入波形的显示屏：见图 3

原始输入波形显示  
屏上方有三个显示框分  
别标记成‘频率’，‘週  
期’，和‘采样间隔’。在  
测试过程中能实时显示  
出来以便实时控制。图中  
方波是输入的原始波形，  
实际已衰减 10 倍，微分  
波是磁场强度波形，未经  
衰减，横坐标是时间轴，  
单位是  $\mu s$ ，纵轴是电压  
轴单位是 V，是以方波大  
小来刻度的，  
示波屏的水  
平调节  
目的是要  
使屏幕出现两个週期的波  
形。

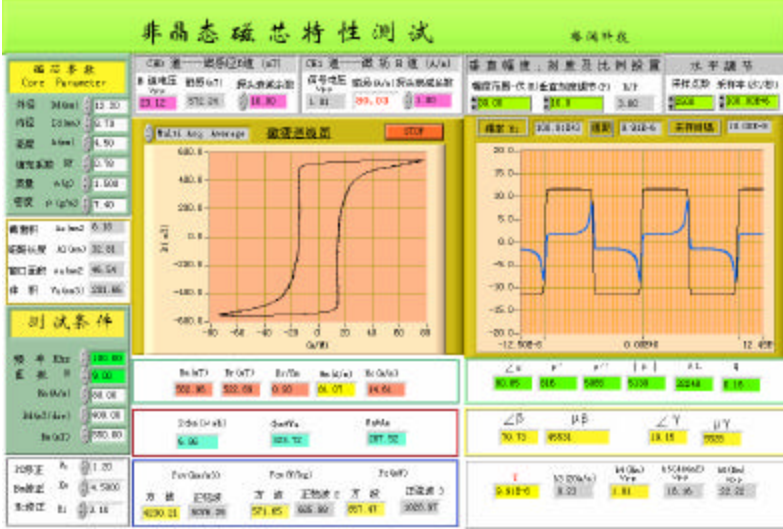


图 1

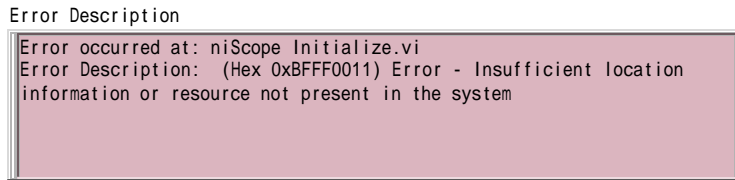
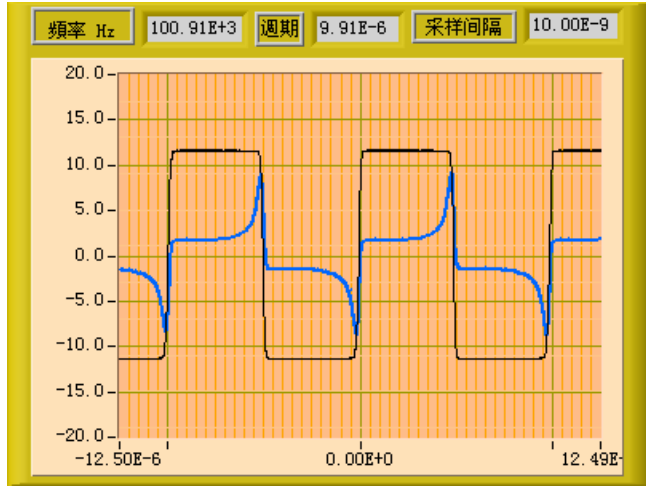


图 2

这图象中包含很多  
内容(计算语言中称为对  
象)  
大致分

调试  
了解原始输



**水平调节**

采样点数 采样率(次/秒)

2500 100.00E+6

水平调节只有  
‘采样点数’和‘采样率’  
需要输入，

用  
‘手指形’操作工具将框  
内的数字加以改变，使屏  
幕波形保证出现，两个週  
期，对于 100Khz 测试，  
此数取 2500。对  
采样率(次/秒)  
取

100.00E+6 次/秒，(每  
10ns 一次)。设采样点数  
为 M，采样率为 P (单位  
 $10^6$  次/秒)，测试频率为  
F (单位  $10^3$  hz/秒)，则  
 $M = (P/F) \times 2500$ 。以数值

M 设置的采样点数能使屏幕波形出现两个周期。

示波屏的垂直调节，对屏幕进行刻度，使波形在屏幕上的位置适当。

对图 1 的 Y 轴用‘手指形’操作工具对其进行刻度设置，上述‘幅度范围’数值指的是 ±30v，框中的数值也是使用‘手指形’操作工具对其进行数值设置，大小视输入波形的幅度而定。

图中幅度衰减(P) 10.0 的设置值 P 要与

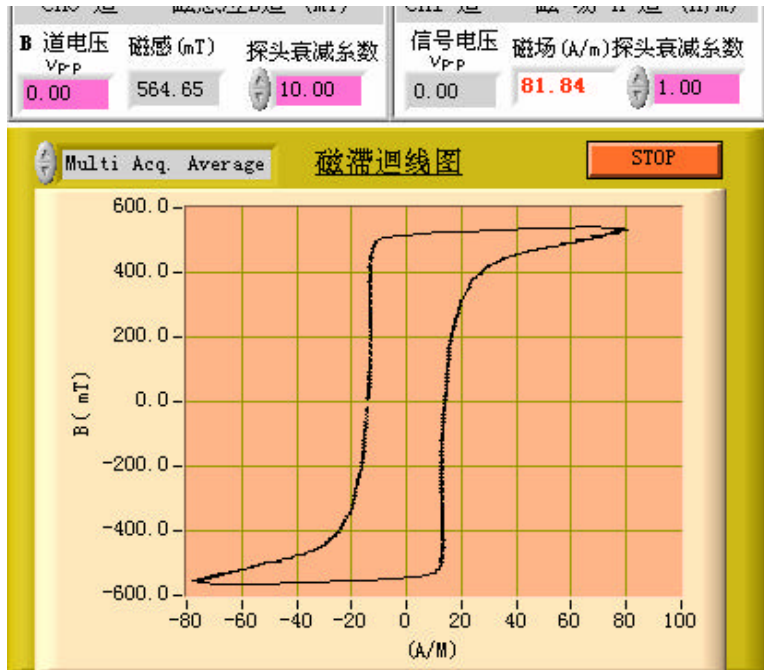


图 4

幕的上方用数字方式显示出来。

(四) 测试与标定

了解磁滞回线显示屏幕，见图 4。

上面两个框分别显

数字值有如下关系：

$$\text{刻度值} = (P/K) \times \text{数字值}$$

$$\text{磁感 B 道的 刻度值} = (10/10) \times 20.55 = 20.55\text{v(峰 - 峰)}$$

$$\text{磁场 H 道的 刻度}$$

磁芯参数 Core Parameter		
外径	Dd(mm)	12.20
内径	Id(mm)	8.70
高度	h(mm)	4.50
填充系数	KF	0.78
质量	m(g)	1.500
密度	ρ(g/m <sup>3</sup> )	7.40

图 5

截面积	Ae(mm <sup>2</sup> )	6.18
磁路长度	Al(mm)	32.81
窗口面积	wa(mm <sup>2</sup> )	46.54
体积	Ve(mm <sup>3</sup> )	201.66

图 6

测试条件		
频率	KhZ	100.00
匝数	N	9.00
	Hm(A/m)	80.00
	Bd(mT/div)	400.00
	Bm(mT)	550.00

图 7

探头衰减系数 10.00 配合使用，设探头衰减系数为 K，设置时最好使 P = K。以大幅度输入的那道为标准。

令幅度范围的值为 R，最好使 R/P = 2。

测量到的电压等数值会在磁滞回线显示屏

示出磁感 B 和磁场 H 的数值，以及该数值对应的信号电压幅度(峰 - 峰值)和它们所用探头的衰减系数，图中显示磁感 B 道(ch0 道)的衰减系数为 10，表明信号衰减了 10 倍，而磁场 H 道(ch1 道)的衰减系数为 1，表明信号未衰减。图 3 波形在屏幕上的刻度值与图 4 上方

$$\text{值} = (10/1) \times 1.81 = 18.1\text{v(峰 - 峰)}$$

测试

输入测试参数，见图 5、6、7。

用‘手指形’操作工具将‘磁芯参数’规定栏中的参数一一输入，其中填充系数 KF 是与磁性材料绕制的松紧程度或压

制中所渗粘合剂的多少有关，对于中国的非晶带材 KF 常取 0.7，国外产品常取 0.78—0.8。运行程序后会得到磁芯的其他几何参数如图 6 所示。

果，见图 1。

进行测试

为了准确测量，本仪器采用自动‘多次平均’法 (Multi Acq Avere)获取

下列公式计算 Kw，将新的 Kw 值置入 Bm 修正框中：

$$Kw = (250^2 \times V_{P-P}) / (10 \times B_m \times N \times Ae)$$

B<sub>m</sub>, N, Ae 均是标准样品给定的参数：

PC修正	Pc	1.20
Bm修正	Kw	4.5000
Hc修正	Ri	3.10

另外一个参数是 H<sub>c</sub> 的修正参数，对标准样品的测量中记下 H 道的电压 V<sub>P-P</sub> 用下列公式对 H<sub>c</sub> 的系数 Ri 进行修正。

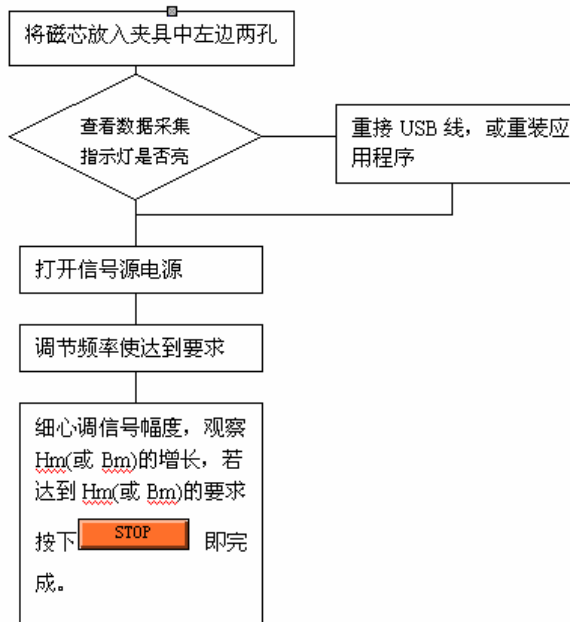
$$Ri = (V_{P-P} \times N \times 1000) / (2 \times H_c \times Al)$$

Al 是有效磁路长度。

第三个要标定的参数是功率损耗 P<sub>c</sub> 的修正系数，本仪器测量的是方波工作时磁芯的损耗，它比正弦波工作的损耗要小，要知道正弦波的损耗可以进行标定，通过对已知标准样品的测量记下其功率损耗值 PC (不论是 PC<sub>v</sub>, PC<sub>m</sub> 或 PC 均可) 用下列公式算出‘变换系数 Pc’。

‘变换系数 Pc’ = 样品原来给定的功率损耗 PC<sub>m</sub> / 现测的 PC<sub>m</sub>

将‘变换系数 Pc’置入 Pc 修正系数框中就完成了方波到正弦波的转换系数测定。



用‘手指形’操作工具将‘测试条件’规定栏中的参数一一输入，其中匝数 N 必需输入。你选择最大磁场强度 H<sub>m</sub> 或最大磁感应强度 B<sub>m</sub> 作为你的测试条件都可以，在施加信号电压的过程中图 4

磁感 (mT) 584.65 和 磁场 (A/m) 81.84 会即时显示，一旦满足测试条件就立即按下 **STOP** 按钮，程序立即显示各种结

数据，操作程序如上图：

标定

为了能和国家的标准或国外进口仪器进行比较，可以用一个标准样品来校准本仪器，要校准的是记号为 Kw, Ri 和 Pc 的参数，设已知标准样品的 B<sub>m</sub>, H<sub>c</sub> 及功率损耗 Pc 的值，同样该样品的其它几何参数也已知，且测试条件为 F = 100k, H<sub>m</sub> = 80 A/m。标定步骤如下：将样品绕线后也进行相同条件 F = 100k, H<sub>m</sub> = 80 A/m 的测量 (采样点数 2500, 采样率 100 × 10<sup>6</sup>)，记下 B 道电压值 V<sub>P-P</sub>，用

（三）了解与调试对象

首先阅读一些 LabVIEW 的基础知识。

打开交流 B-H 曲线测试仪的测试软件“B-H 中文版-2”，你会看见如下图所示的屏幕图象：

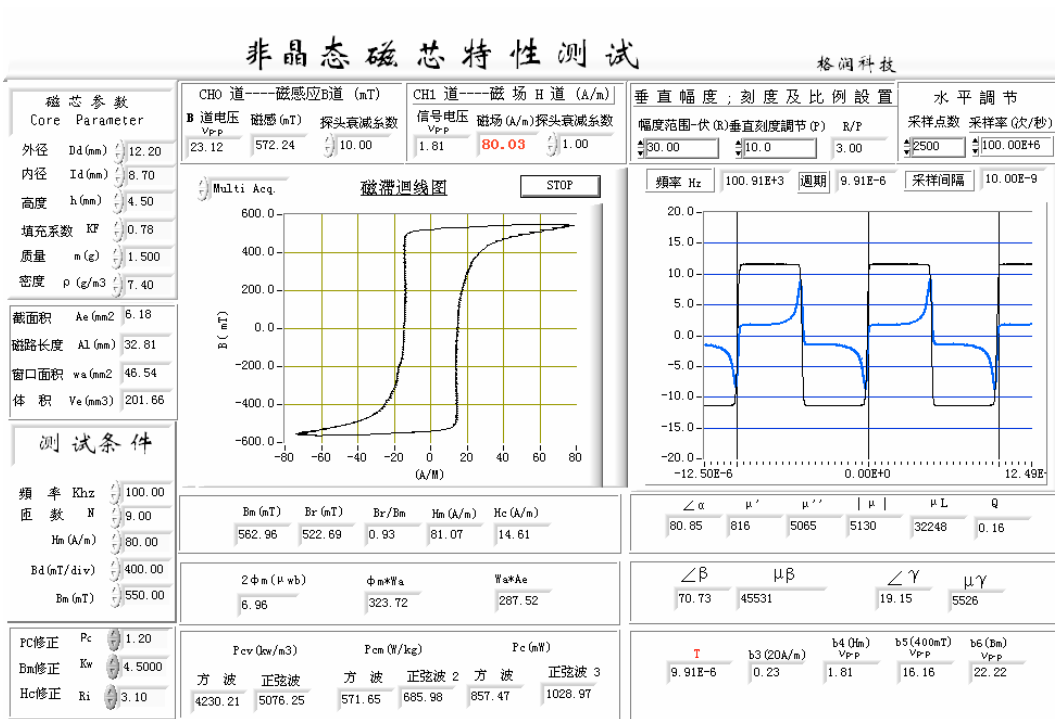


图 8

Error Description

Error occurred at: niScope Initialize.vi  
 Error Description: (Hex 0xBFFF0011) Error - Insufficient location information or resource not present in the system

图 9