

微处理机控制的穆斯堡尔谱仪

金朝鼎 熊秀钟

(中国科学院物理研究所)

前言

微处理机是七十年代发展起来的一项新技术。由于它具有许多优点,在数据采集和处理,过程自动控制以及仪器、仪表智能化方面得到愈来愈多的应用。微处理机用于测试仪器和各种实验装置,将会改变传统的实验技术和方法,它既能提高测量的精度,还能节省大量的人力和时间,进行一些过去无法进行的实验。

本文介绍我们研制的微处理机控制的穆斯堡尔谱仪及其设计思想和简单的工作原理,并给出对标准样品测试结果的比较。

一、穆斯堡尔谱的测量原理

能量为 14.4keV (对含铁磁性物质的样品)的 γ 射线辐射源对样品(吸收体)作相对运动。运动使 γ 射线的能量产生多普勒能量位移 ΔE , 用下式

$$\Delta E = \pm \frac{v}{c} E_{\gamma}$$

表示。式中 E_{γ} 为 γ 射线的量子跃迁能量, v 为相对运动速度, c 为光速。 γ 射线辐射源接近样品时, 能量位移为正, 反之则为负。上式表明,

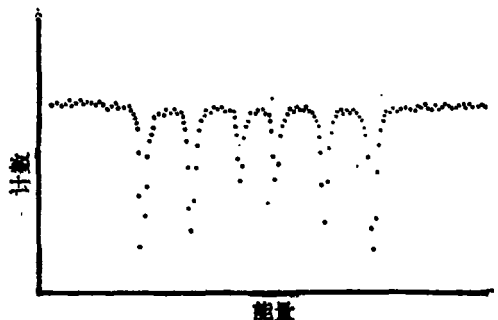


图1 α -Fe 的穆斯堡尔谱

多普勒能量位移与相对运动速度成正比。如果使相对运动速度连续变化, γ 射线的能量也将连续地变化。当通过样品的共振吸收峰时, 就获得样品的共振吸收谱, 也就是穆斯堡尔谱。如果使辐射源按三角波形作匀加速往复运动, 将能得到一条线性标度的谱线。图1是用作为标准样品的 α -Fe 的穆斯堡尔谱。

二、穆斯堡尔谱仪系统组成

传统的测量穆斯堡尔谱的方法是利用多道分析仪作记录和控制设备。微处理机出现以后, 使穆斯堡尔谱仪系统的结构发生了很大的变化。利用微处理机控制的穆斯堡尔谱仪无论在数据的获取和处理能力方面, 还是在工作的稳定可靠性、操作维护的简便等方面都大大超过多道分析仪。我们研制的穆斯堡尔谱仪就是以微处理机为核心设计制作的。系统结构如图2所示。

由图2可以看出, 谱仪系统由电磁振动子、振动子驱动线路、 γ 射线探测器、单道分析仪、微处理机系统和输出设备等几部分组成。

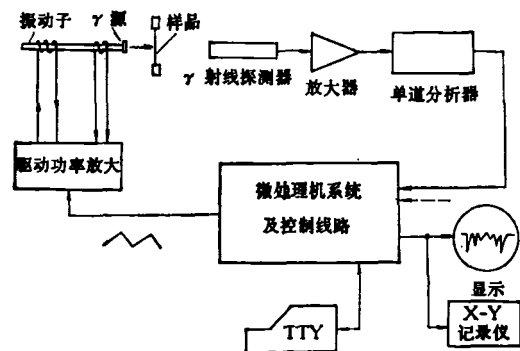


图2 微处理机控制的穆斯堡尔谱仪框图

振动子是一根金属杆,其上绕有两组线圈,并支撑在两片弹簧上.杆的一端放置 γ 射线辐射源.线圈置于磁铁间隙之中.一组线圈中流过驱动电流,带动金属杆按驱动电流波形运动.另一组线圈由于振动子的运动而产生感应信号.将得到的感应信号和驱动振动子的信号进行比较,得到误差反馈信号,经过放大以后用于校正振动子的运动,以提高测量的精度.

正比计数器(或闪烁计数器)记录通过样品后的 γ 射线信号,经过放大器放大以后,通过单道分析仪,得到能量为14.4keV的脉冲(由于单道分析仪有一定的道宽,所以通过单道分析仪的脉冲有一定能量范围),所得脉冲送往微处理机系统按能量分道记录和处理.得到的谱线数据可以打印输出或描图输出.振动子的振动也受微处理机系统的控制.

三、微处理机系统介绍

微处理机系统包括下面几部分: Z-80 单

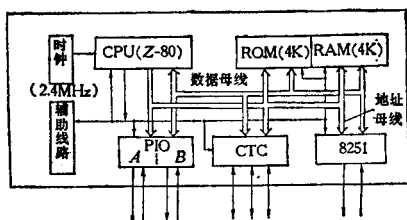


图3 Z-80 单板机框图

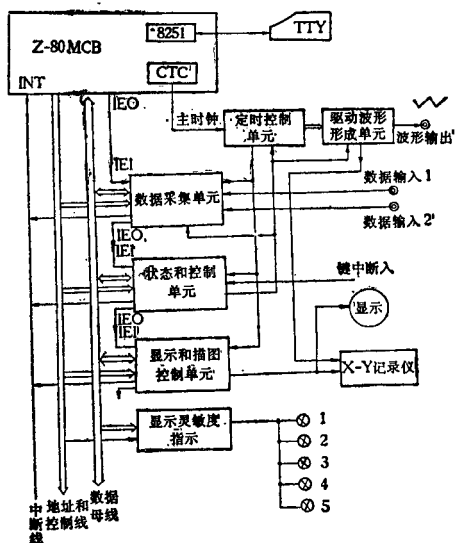


图4 谱仪微处理机系统框图

板微型机;数据采集、系统工作状态和控制单元,定时控制和驱动波形形成单元,以及数据打印输出和描图输出控制单元.框图如图3和图4所示.除上述线路部分外,控制和处理程序也是谱仪重要的组成部分.

1. Z-80 单板机

Z-80 单板机的全部元件包括: Z-80 微处理机(Z-80 CPU),存储器,定时控制器,串、并行输入/输出接口以及其它附属线路全部安装在一块 $19.5 \times 19\text{cm}^2$ 的印刷线路板上. Z-80 CPU的时钟频率为2.4MHz,有158条指令,字长8位.存储器有ROM(只读存储器)和RAM(随机存取存储器)两种,容量皆为4K字.接口片子有:

- (1) PIO: 可编程并行输入/输出接口.
- (2) CTC: 可编程计数器/定时器.
- (3) 8251: 串行输入/输出及通讯接口.

单板机具有计算机的全部基本功能.

2. 控制线路

(1) 线路总体安排

全部控制线路都是在单板机的控制管理下工作的.单板机与外部线路之间的信息交换通过数据母线进行,外部线路工作的选择和控制通过地址母线和其它控制信号进行.

系统各单元之间,根据工作的紧迫程度,依次将各单元排列在中断优先链上,分成不同的优先级,通过IEO(中断允许输出)和IEI(中断允许输入)信号串联在一起.中断优先顺序依次为:

数据采集—状态和控制单元—X-Y记录仪
当优先级较高的线路对主机提出中断服务请求时,它后面的线路被禁止中断请求.只有当中断服务完成后,优先级较低的线路才有可能提出中断请求.采用中断服务方式可以提高主机的工作效率,中断按优先级排队可以保证整个系统工作不会混乱.

Z-80 单板机采用矢量中断方式,它使中断服务响应快,灵活方便.

(2) 定时控制单元(TCU)

为了使谱仪能稳定可靠地工作,必须保证

谱仪各部分之间具有严格稳定的时间关系。为此,把谱仪设计为内同步方式,即整个系统都由一个定时线路控制,该定时线路可以决定驱动波形的频率、进道脉冲的定时、正程和逆程中断以及键中断请求发生的时刻,还可以对谱线显示进行同步等等。实验证明,这样的定时方式可以大大改善系统工作的长期稳定性。

由单板机上的晶体振荡器产生的定时脉冲,通过 CTC 计数器进行分频,提供定时控制单元所需的主时钟脉冲。数据采集时,主时钟频率为 20kHz,此时,振动子的振动频率约为 10Hz。

TCU 的主要部分是一个 10 位可逆计数器。它的正程计数溢出脉冲 (\overline{FW}) 和逆程计数溢出脉冲 (\overline{BW}) 被作为整个系统的同频脉冲。为了保证测量的正确性和工作的长期稳定性,数据采集的开始,或者谱仪工作任务的任何改变都只能发生在 \overline{BW} (或者 \overline{FW}) 出现的时刻。

进道脉冲也是由主时钟脉冲产生的。对于 1024 道工作,进道脉冲周期为 $96\mu s$,对于 512 道工作,周期为 $192\mu s$ 。

(3) 驱动波形形成单元

传统的产生驱动波形的方法是利用方波积分得到三角波。这种方法难度大,稳定性差。我们利用数字方法产生所需要的驱动波形,即数字式波形发生器。它的原理是这样的:将所需要的波形的数学表达式进行数字化分解,并且顺序地将得到的数字量写入到 EPROM (紫外线可抹除可编程只读存储器)中去。工作时 10 位可逆计数器的输出作为 EPROM 的地址线对 ROM 进行读出,读出的数据经数模转换器变为模拟信号,这就是所需要的驱动波形。这样得到的驱动波形不仅稳定性高,而且和进道脉冲保持着严格的同步关系,有助于提高谱线测量的精度。数模转换器的精度为 12 位,最高位为符号位。输出波形的幅度值为 $\pm 1.25V$,经过功率放大器放大以后推动振动子运动。

(4) 数据采集、系统状态和控制单元

谱仪设计为有两路数据输入通路,可以同时测量两个样品。 γ 射线计数脉冲通过单道分

析仪以后加到输入端进行计数。当进道脉冲到来时数据通过并行接口 PIO,由主机将数据存到与“道”地址相应的内存单元,并与原有的计数累加在一起。每一道要求三个内存单元。对于 1024 道工作,需要 3K 内存容量作为数据存储区。

系统状态信号包括: \overline{BW} 和 \overline{FW} 信号以及键中断信号。

系统控制信号包括:驱动波形的选择、通路选择以及工作道数的选择等。

控制信号在谱仪初始化阶段由实验者通过 TTY (电传打印机)进行设定,并由主机输出,控制各部分工作。

系统状态信号反映了谱仪工作的进程,或者实验者对谱仪工作的干预。当这些信号出现时,线路向主机提出中断请求,要求主机进行适当的处理服务。

(5) 数据打印输出及描图输出控制单元

为了随时了解实验进行情况,本系统采用谱线实时显示方式。显示灵敏度可随意改变。每一个显示数据为 8 位,由主机输出到数模转换器变成模拟信号后送到示波器的 Y 轴,在屏幕上即可观测到谱线。

所获得的谱线数据可以通过打印机按十进制数格式打印输出,同时还可以穿成纸带供进一步解谱处理时使用。此外,本装置中,电传打印机还作为人机对话的工具。

谱线还可以用 X-Y 记录仪描图输出。数据经数模转换器后加到 X-Y 记录仪的 Y 输入端, X 输入端接驱动波形输出。此时主时钟频率降低到约 9Hz,并且从线路上保证输出的数据和对应的“道”地址一致。

3. 软件简述

谱仪管理程序占用 3K 只读存储器空间,数据区占用 3K 随机存储器。整个管理程序分成初始化、人机对话、键盘命令中断管理和数据处理几大部分。程序经启动后,首先进入初始化程序,此程序段对本仪器中所用的全部可编程芯片完成初始设置。接着开始人机对话,仪器在电传打字机上向用户提出问话,要求用户

按规定由键盘输入所选择的驱动振动子的驱动波形、采集的道数、指定的采集通路和数据是否重叠等信息,根据这些数据来设置程序中的变量。以后仪器处于键盘命令中断管理程序下,此后在任何情况下,用户都可以按中断按键而输入键盘命令键。此程序段根据命令键转入相应处理程序,使用方便灵活。

在谱仪的各处理程序中,其核心部分是数据的实时采集和显示程序。此程序段是利用进道脉冲的中断处理程序,中央处理机响应进道脉冲提请的中断后,把采集的数据读入,并将每次读入的数据按道数顺序累计存入相应存储单元。每道数据占3个连续存储单元,所以实际上其累计计数量达24个二进制位。在示波器上的显示灵敏度分五级,每级之间灵敏度相差16倍,即差4个二进制位。数据存好后,根据事先选择的灵敏度,取出全数据中的八位,经数模变换输出至示波器。如果选择自动灵敏度换档显示,则由程序来判断显示的数据是否受到限幅而自动换档。处理完上述过程,准备好下次中断时数据存放地址和显示地址,返回主程序,等待下次进道脉冲提请中断。其他处理程序诸如数据打印、数据纸带穿孔、数据镜像折叠和X-Y记录仪画谱线等均可在采集过程中随时按中断按键,然后输入相应的键盘命令而转入其对应的处理程序。

四、实验结果和主要技术指标

厚度为 $25\mu\text{m}$ 的 $\alpha\text{-Fe}$ 材料样品的实验结果见表1。

主要技术指标如下:

- (1) 采集道数有1024道和512道两种,可供选择,并可指定单通路或双通路。
- (2) 有三角波和正弦波两种振动子驱动波形。他们都由数字线路产生,三角波线性良好。
- (3) 每道的累计计数量允许达到 2^{20} 。
- (4) 谱线实时显示,显示灵敏度分五级任选,亦可选择自动灵敏度换档显示。
- (5) 谱线可用X-Y记录仪描图。

物理

表 1

	ELSCINT 公司 AME-50 型谱仪	自制微处理谱 仪和 ELSCINT 振子	自制微处理机 谱仪和南京电 子管厂振子
源	$^{57}\text{Co}(\text{Rh})$	$^{57}\text{Co}(\text{Pt})$	$^{57}\text{Co}(\text{Pt})$
峰位(道)	40.83	31.53	19.37
	96.69	88.39	82.66
	152.65	144.74	145.67
	194.16	186.75	192.57
	250.37	243.33	255.62
	306.72	299.88	319.12
线宽	0.26mm/s	0.267mm/s	0.274mm/s
速度线性	优于0.2%	优于0.2%	优于0.2%

(6) 数据按10进制打印输出,既可打印全部数据,亦可打印任意区域中的数据。镜像数据可以折叠。

(7) 数据可按二进制格式穿孔纸带输出。

(8) 有14种键盘命令,通过人机对话方式进行实验条件设定,监视实验过程和处理数据。

五、装置的特点及使用情况

Z-80单板机具有计算机的全部基本功能,它作为穆斯堡尔谱仪的核心部分,控制采集数据和对数据进行各种处理(目前的设计处理功能还不多),管理各种输入、输出设备,控制线路各部分的工作。由于采用了大规模集成电路,因而具有体积小、可靠性高、易于扩充并且功率消耗小等特点。

以Z-80单板机为基础设计制作的穆斯堡尔谱仪代替了多道分析仪在多道分析方面的全部功能。它与多道分析仪相比,线路较为简单,工作稳定性高,没有多道分析仪常见的漏道现象,既易于操作也易于维护,还具有数据处理功能和多种数据输出功能。

经过使用,证明本装置性能稳定可靠,能长期连续工作,目前已用于测量非晶态材料Fe, Ni, Si, B的谱线,还准备用于磁性材料的超精细结构分析。

本课题由高宗仁同志负责,微处理机应用组、弱磁测量组和穆斯堡尔谱学组共同完成。