

在穆斯堡尔谱仪上实现激光测速

陈杰伦¹, 郑启明²

(1. 广东省成人科技大学, 广东 广州 510091; 2. 华南师范大学 物理系, 广东 广州 510631)

摘要: 用激光测速的方法对穆斯堡尔谱仪进行速度检验和定标, 具有较高的精度, 本文介绍了激光测速装置的原理和制作以及实验检测的结果和分析.

关键词: 穆斯堡尔谱仪; 激光测速; 定标; 速度谱; 装置

中图分类号: O571. 1; TL822 文献标识码: A 文章编号: 1007- 7162(1999) 03- 0085- 04

穆斯堡尔(R. L. Mossbauer) 效应, 即 γ 射线无反冲共振吸收或共振散射现象, 于 1957 年由德国青年物理学家穆斯堡尔首先发现. 由于穆斯堡尔效应对 γ 射线能量的微细变化十分敏感, 所观察到的谱线宽度非常接近能级的自然宽度, 而原子核能级的超精细结构对周围的物理、化学环境十分灵敏, 因而穆斯堡尔效应在物理、化学、生物、地质、冶金等许多领域, 甚至在考古和艺术方面都得到了广泛的应用, 成为一门十分引人注目的边缘学科——穆斯堡尔谱学. 几十年来, 穆斯堡尔谱学的发展极其迅速. 目前, 可观察到的穆斯堡尔效应的 γ 跃迁有 103 个, 它们分别属于 44 种元素的 85 种同位素^[1]. 近年来, 高校近代物理实验课均开设了穆斯堡尔效应的实验.

1 谱仪的速度定标

实验室里测量穆斯堡尔谱最常用的谱仪是恒加速度扫描谱仪, 它实际上是 1 台多道分析器, 它可以直接测量得出穆斯堡尔全谱. 应用这种谱仪测量谱线, 要求放射源的驱动速度线性变化良好, 定标准确, 才能正确的计算出有关参量, 因而穆斯堡尔谱仪的速度定标十分重要^[2]. 谱仪的速度定标常用方法有相对速度定标和绝对速度定标. 前者一般用标准放射源和标准样品的组合, 如 ^{57}Co 和 $\alpha\text{-Fe}$ 标准组合(^{57}Co 和 ^{57}Fe), 产生的标准谱线作为定标标准, 但这种方法需要变换样品和放射源, 由此会引较大的系统误差, 而且局限了定标精度. 后者则利用光学原理和电子学方法作绝对速度定标, 它能够有效地克服相对速度定标的许多不足, 具有精度较高、操作简易和投入较少等优点. 本文的工作是利用激光干涉的原理制成激光测速装置, 在 FH1918 微机穆斯堡尔谱仪上进行激光测速和速度定标, 取得了预期的效果.

2 激光测速装置及原理

激光测速装置主要由两部分组成: 光学部分和电子学部分.

光学部分见图 1, 这一部分是 1 台自装的迈克尔逊干涉仪. 反射镜 C、激光器 A、分束板 B、光电探头 E 和光阑 F 等安装在一个小型的金属平台上, 并固定于穆斯堡尔谱仪的导轨上与谱仪连成一体. 反射镜 D 固定在驱动振子轴的闲端, 谱仪工作时随放射源一起往复振动. 当干涉仪调整良好时,

收稿日期: 1999- 03- 18

作者简介: 陈杰伦(1953-), 男, 讲师; 主要研究方向: 普通物理学、理论物理学的数学实验研究.

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.

将会在探头 E 处出现非定域干涉图样, 对应是一圈圈不断吞(吐)的同心圆环, 明暗交替变化, 经探头转换为电脉冲信号, 整形后送谱仪计数. 根据迈克逊干涉仪的原理, 探测头每输出 1 个脉冲, 对应反射镜 D 作 $\lambda/2$ 的位移, 根据对单位时间内脉冲的计数, 就能计算出振子的速度. FH1918 谱仪作穆斯堡尔谱测量时是以多定标方式工作的^[3], 因此, 可根据下式计算出各道的速度:

$$v = \frac{N_i}{2nt_0} \lambda$$

(1)

式中 N_i 是第 i 道所对应脉冲计数, λ 是激光波长, n 是测量期间振子振动的次数, t_0 是道工作时间.

器件的选择: 激光器选用 0.5mW 的 He-Ne 激光器, 工作波长为 632.8nm; 反射镜 C 和分束板 B 为 4mm 厚、反射镜 D 为 1mm 厚的光学玻璃片, 经真空镀铝而成; 光电探头的外壳为黑体金属铝盒.

激光测速装置的电子学部分为 1 个接口电路, 其简图见图 2, 主要部分及其功能如下:

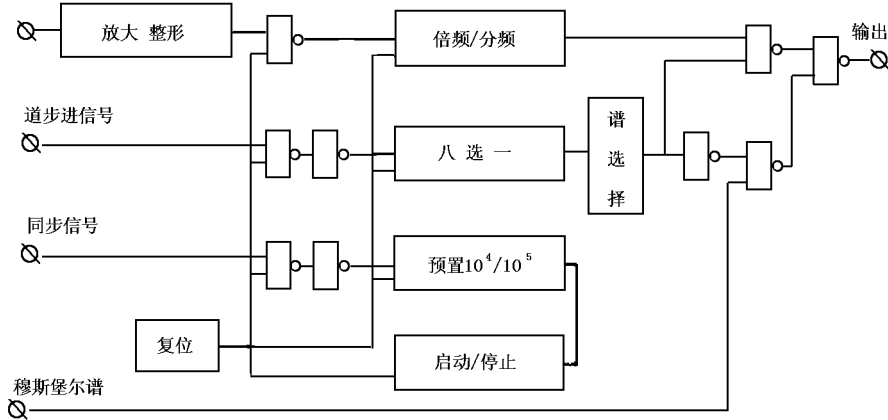


图 2 接口电路简图

- 1) 光电转换和脉冲整形部分. 干涉条纹的明暗变化被光电二极管检测, 转换为电信号, 经宽带放大器的放大, 再整形为可供计数的方波脉冲信号. 电路中选用了宽带运算放大器 $\mu A 733$ 作脉冲放大, 比较器 $\mu A 311$ 作脉冲整形. 试验证明, 其带宽、增益均能满足电路的需要.
- 2) 倍频、分频电路. 考虑到对不同速度范围测量的需要, 该电路完成对成形后方波信号的分频或倍频. 设计档次有 4 档: $\times 0.01$ 、 $\times 0.1$ 、 $\times 1$ 、 $\times 2$.
- 3) 谱选择电路. 通过开关, 可以选择测量速度谱, 穆斯堡尔谱(直通)或混合谱. 所谓混合谱就是全谱中每 8 道内有 1 道为速度谱, 其余 7 道为穆斯堡尔谱. 因而在同一谱图上可以直接进行速度定标. 三位二进制计数器当处于“111”状态时, 对应的道所存放的是速度谱计数.

4) 启停控制电路. 根据测量的需要, 启动方式设置的“手动”; 停止方式可设置为“手动”或“自动”. 控制电路由一个“R-S”触发器组成, 其两种状态分别控制电路的启动和停止. 自动测量时, 五位十进制计数器对同步信号计数, 可预置扫描次数为 10^4 或 10^5 时自动停止测量. 此外还设有复位电路, 为接口电路初始化提供复位控制信号.

接口电路的设计和制作上, 我们充分利用原 FH1918 微机穆斯堡尔谱仪的优点, 在不改动谱仪硬件的前提下扩充测速功能. 测速电路做成 NIM 标准插件, 插在谱仪的空闲位置中, 与谱仪成为一体, 共用谱仪的电源. 这样, 对安装、调试、操作都带来很大方便.

3 避震措施

在对激光测速装置进行调试的时候, 我们发现光学系统(包括振子)对外界的震动干扰十分敏感, 若不采取有效的措施, 势必影响测量的精度. 我们采用承垫汽车内胎的方法, 具体做法是在质量较大的平台(水泥板)下垫上 2 个充气汽车内胎, 形成一个简易的避震台, 测速装置的光学系统和谱仪的轨道均放置在平台上. 试验证明, 此法经济可行, 避震效果显著, 能有效地避免实验过程中外界的干扰.

4 参数设置及测试结果

激光测速装置安装完毕, 我们进行了速度谱的测量, 装置的设置状态如下: 谱方式为速度谱方式; 倍频选择 $\times 2$; 停止方式为“自动”, 预置测量周期数为 10^4 ; 穆斯堡尔谱仪的工作方式为多定标方式, 道数 i 为 512 道, 道增量为 200 μ S, 其它的设置状态与测量 ^{57}Co 和 $-\text{Fe}$ 标准组合穆斯堡尔谱的设置无异.

测试结果: 测试数据由微机打印输出(略), 所列出的数据是各道的脉冲计数 N_i , 根据式(1), 把脉冲计算换算为速度 v , 速度-道图线($v-i$ 图线)见图 3.

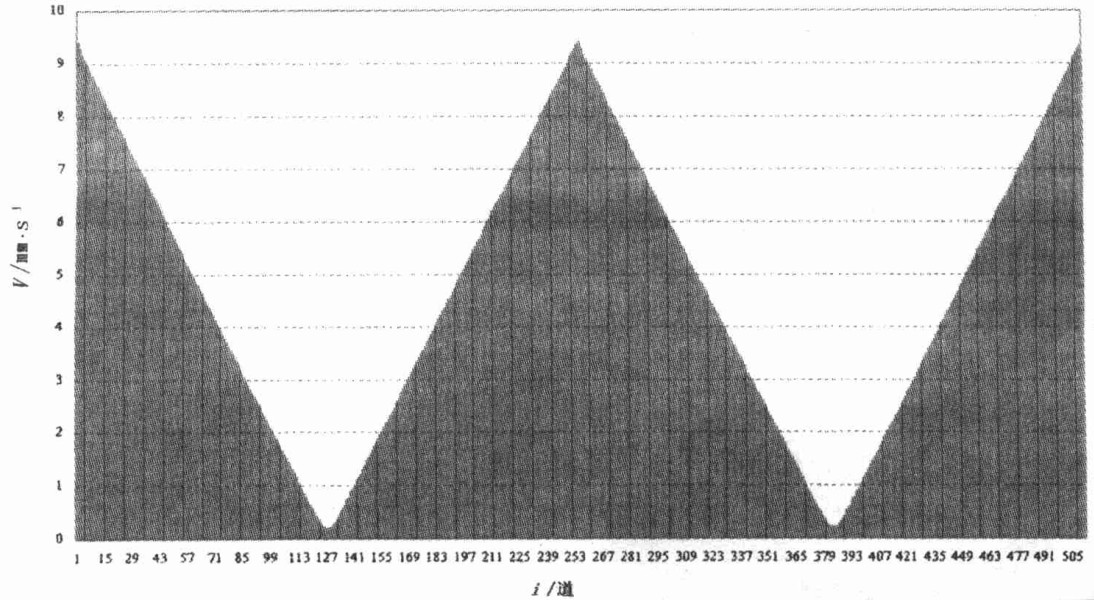


图3 穆斯堡尔谱仪速度谱

经最小二乘线性拟合^[4],各曲线段的表达式如下:

$$v = \begin{cases} 9.4451 - 0.0734i & (1 \leq i \leq 128); \\ -9.3504 + 0.0730i & (129 \leq i \leq 256); \\ 28.2362 - 0.0734i & (257 \leq i \leq 384); \\ -28.0377 + 0.0730i & (385 \leq i \leq 512). \end{cases}$$

速度 v 的单位为: mm/s;

相关系数:

$$r = \begin{cases} -0.99996 & (1 \leq i \leq 128); \\ 0.99997 & (129 \leq i \leq 256); \\ -0.99996 & (257 \leq i \leq 384); \\ 0.99997 & (385 \leq i \leq 512). \end{cases}$$

5 结语

穆斯堡尔谱仪配套激光测速装置,定期为谱仪进行速度检测校验,正确估计谱仪的系统误差;或在测量穆斯堡尔谱时同时测量速度谱(混合谱),实现实时定标,提高谱分析的准确性,均具有较高的实用价值。

感谢华南师大的萧志鹏和杨新统同志对本工作的指导和帮助。

参考文献:

- [1] 曹尔第.近代物理实验[M].上海:华东师范大学出版社,1992.189~215.
- [2] 贡泽尔(U. Gonser).穆斯堡尔谱学[M].徐英庭译.北京:科学出版社,1979.1~50.
- [3] 徐钧山.张宝全.核电子学实验[M].北京:原子能出版社,1982.265~301.
- [4] 林木欣.近代物理实验[M].广州:广东教育出版社,1994.39~49.

To Test Speed by Laser on Mössbauer Spectrometer

CHEN Jie-lun¹, ZHENG qí-ming²

(1. Guangdong Adult University of Science and Technology, Guangzhou 510091, China;

2. South China Normal University, Physcial Dept. Guangzhou 510631, China)

Abstract: To test and scale the speed on Mössbauer spectrometer by means of laser speedtesting, which is more accurate. This article introduces the principles and making of laser speedtesting unit and the results and analycis of the experimental test.

Key words: Mössbauer spectrometer; laser speedtesting; speed scale; speed spectrum; speedtesting unit
(责任编辑:郑壮利)