

等速穆斯鲍尔谱仪

杨燮龙 顾元吉 赵建民

(华东师范大学)

随着穆斯鲍尔谱学研究和应用工作的发展,要求谱仪具有高质量、多功能的特性。我们研制成的绝对定标等速驱动谱仪是在等加速谱仪的基础上^[1~2],扩大了“等速驱动”和“激光测速”两个功能。在提高谱仪的性能,尤其是线性指标方面也取得了一些经验。

等速谱仪与等加速谱仪相比,有其突出的优点:它可以把驱动速度调节在所需要的范围内作较高精度的测量,例如在共振峰位处监测计数率随温度的变化,以很高的精度测量相变点。在穆斯鲍尔双共振、极化效应和无反冲因子测量等方面,它也是必不可少的手段。

用电磁驱动方式提供多普勒速度扫描,其运动方式将随着输入讯号的波形而变化,如用一个直流电压作为等速运动的基准讯号,速度大小可通过改变直流电平而得到。等速谱仪性能的优劣,关键是如何解决回扫问题,即当运动部分进行等速扫描后,要求能迅速、准确地返回到原来的位置和速度,并对下一次重复扫描的速度不引起任何畸变。我们采用了抛物形的回扫波形,并在弹簧片的形状和硬度方面进行了细心的调节,很好地解决了上述问题,避免了用方波作为参考电压的缺点^[3]。本装置还采用以驱动电流大小作为弹簧片位移的甄别值,当达到一确定的位移后,回扫自动开始。

一、仪 器

1. 驱动装置

等速谱仪电磁驱动装置基本上与等加速谱仪相同,但应特别注意如何消除由于回扫速度突变而引起的机械振荡。根据驱动系统反馈理论^[4],引起振荡的因素主要与系统的机械结构、驱动电路增益的频相特性有关,还与所选择的参考讯号的波形有关。

一个驱动装置的频率特性可用 Nyquist 图表示,自激振荡是由于高频部分相移超过 180° 而引起的,几千赫以上的振荡主要由于驱动杆与线圈的结合程度所致;几百赫的振荡可能由弹簧片造成。本装置经多种试验后,采用 0.15mm 厚的铍青铜片,形状如图 1 所示。这样的结构既能受得起弯曲,也可有较大幅度的连续变化;同时又有较高的基频,使在大速度情况下,差误讯号仍保持有足够的



图 1 弹簧片形状



图 2

(a) 参考讯号波形 (b) 驱动讯号波形
(c) 差误讯号波形

平坦范围(见图 2c)。此外,弹簧片在制作和装配过程中的附加应力对谱仪的性能影响很大,为此我们采用腐蚀的方法进行加工,并在适当温度下进行退火处理。可用等速谱仪在小速度范围内观察正负方向驱动波形是否一致来判别应力是否消除。图 3(b)所示的虚线,反映了弹簧片本身存在附加的应力或安装不当。

2. 回扫波形发生器

为了避免参考讯号的高频分量引起驱动器的振荡,根据福里叶幅度分析,选择抛物线波形的讯号是有利的,可使回扫开始和结束时运动系统突变所引起的振荡较小。抛物线波形发生器的方块图见图 3^[6]。它基本上是由运算放大器构成的积分电路,并与 D 触发器、门电路、二极管开关管相配合,组成一套逻辑控制系统。当驱动电流达到某定值时触发甄别器 D_1 ,此时在 E 处就有正向电流对积分器 I 充电,在积分器 I 输出端得到向上的正抛物线波形,积分器 I 输出幅度大小可由甄别器 D_2 控制(相当于回扫位移控制),一旦它被触发,立即在 E 处产生同样大小的反向电流,使积分器 I 输出一个完整的镜象对称的抛物线波形(见图 2a)。积分电路元件经过严格选择,保证正反向电流相等,调节反相器上电阻 R 和积分器 I 的偏置电流,可进一步改善波形的对称性。用负直流电压作为参考电平,经跟随器与抛物线波叠加,适当调整输入比,使直流电平改变时(速度改变),抛物线波 S 部分的面积保持不变(见图 4),即位移恒定。消除了由于速度改变时带来的系统误差。

在回扫期间,发生器同时输出禁止脉冲阻止定标器计数和计时,其脉冲宽度在一定范围内可调节。

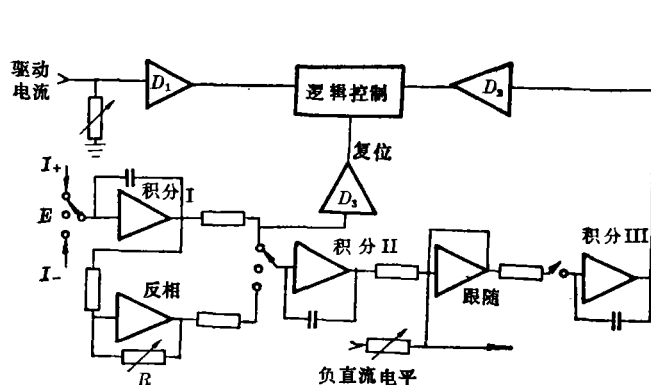


图3 抛物线波发生器简图

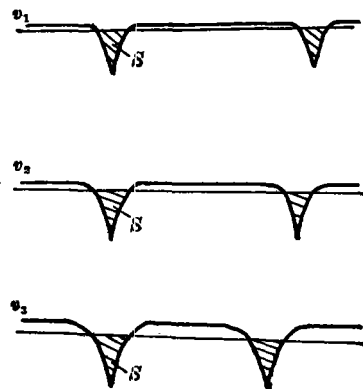


图4 在不同的速度 V_1 、 V_2 、 V_3 时,由阴影部分表示的面积 S 都相等——位移相同

3. 驱动功率放大器

在等速谱仪中,功放电路要求有较高的直流增益,因此输入级必须具有较小的漂移。为此,我们采用场效应管组成差分放大器作输入级,经细心调节工作点,保证了放大器长期工作的稳定性。

4. 激光测速装置

为了得到等速方式扫描的高精度速度定标,谱仪装有一套激光测速系统,主要利用迈克耳逊干涉仪测定由位移变化引起的干涉条纹的变化,装置如图 5 所示。 M' 装在驱动杆上作为干涉仪中的一块反射镜,速度扫描时,二块反射镜 M 和 M' 之间的光程差发生变化,通过对亮暗条纹数记录,换算得速度为

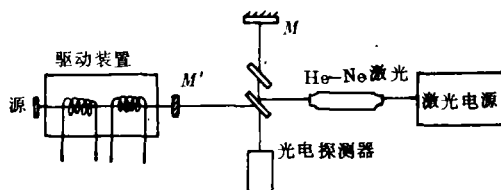


图5 激光测速装置简图

$$v = (\lambda/4) \cdot n \cdot t^{-1} \quad (\text{mm/s})$$

λ 为 He-Ne 激光波长(6328Å), n 是时间 t 内测得条纹亮-暗-亮交替变换的次数。由于 n 与 t 都是用定标器测定, v 可达到很高的精度。

二、结 果

该谱仪用测速系统配合测得 α -Fe 六线谱如图 6 所示, 1、6 峰峰谷比为 20%, 3、4 峰线宽小于 0.27mm/s; α -Fe 第六峰附近的 5.22mm/s 连续开机 24 小时的稳定性优于 0.1%。该谱仪与等加速装置相配合, 进行了选择激发和双驱动极化效应的研究工作。图 7 画出了单线源 $^{57}\text{Co}(\text{Pd})$ 用等速谱仪恒定在 $V = -3.25\text{mm/s}$ 时, 二块 α -Fe 箔分别加上磁场作为极化器和分析器时所得到的部分实验结果。

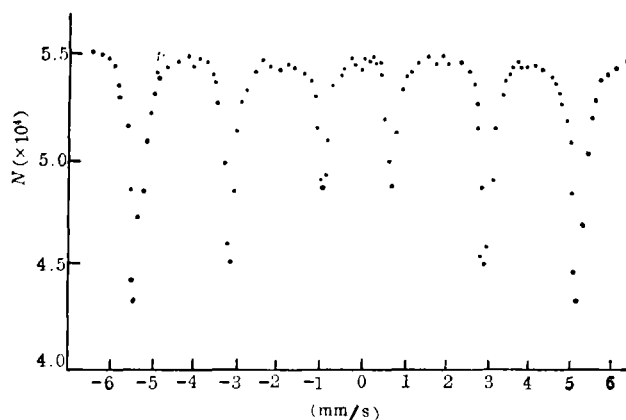


图 6 $^{57}\text{Co}(\text{Rh})$ 源测得 α -Fe 的穆斯鲍尔谱

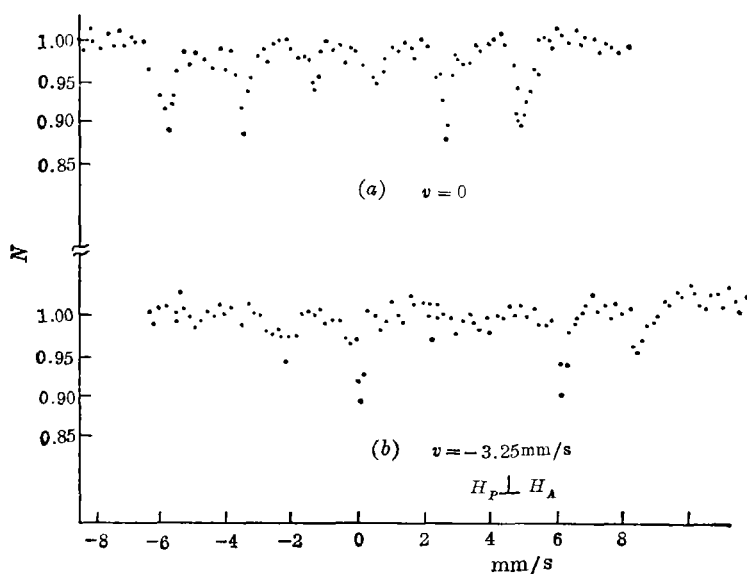


图 7

a) 不加极化器时的 α -Fe 六线谱 b) 极化器磁场 H_P 与分析器磁场 H_A 相垂直时, 留下的 $\Delta m = 0$ 的谱线

三、结束语

等速谱仪结构简单, 不须配备价格昂贵的多道分析器, 该谱仪的研制成功为高等学校近代物理实验室开设穆斯鲍尔效应实验创造了条件, 对于穆斯鲍尔谱学研究和应用的单位, 只要在所用的等加速谱仪上改装弹簧片和功放电路, 并增加一个合适的波形发生器, 便可实现等加速、等速驱动两种功能。

参 考 文 献

- [1] 薛镛栋等, 核技术, 1, 14(1978).
- [2] 南京大学核物理教研室穆斯鲍尔谱学科组, 南京大学学报(自然科学版), 1, 48(1978).
- [3] V. G. Bhide, Mössbauer effect and its application, Tata McGraw-Hill Publishing Co. Ltd., New Delhi 1973, p.75.
- [4] E. Kankleit, Mössbauer Effect Methodology, Vol 1, 1965, p. 47.
- [5] R. L. Chase, Rev. Sci. Instr., 40, 84 (1969).

(1981年2月16日收到)

A constant velocity Mössbauer spectrometer

Yang Xielong Gu Yuanji Zhao Jianmin

(East China Normal University)

Abstract

Introduced in this article is a constant velocity Mössbauer spectrometer, which has a laser-velocity-measuring-system for calibrating absolute velocity. It adopts a special reference signal waveform to reduce the disturbances of the fast flyback, and the designs of the spring and the drive-power-amplifier circuit were improved. The stability of the spectrometer is better than 0.1% (24 h) with line width $< 0.27\text{mm/s}$ ($\alpha\text{-Fe}$, the third and fourth lines).