

便携式X射线荧光仪稳谱技术

毛本将*

周蓉生 贾文懿

(西南核物理与化学研究所 成都 610003) (成都理工学院 成都 610059)

摘要 介绍的应用于便携式X射线荧光仪的稳谱技术是利用X射线与物质作用产生的散射峰作为参考源实现稳谱,其方法简便,不附加参考辐射源,稳谱效果好。采用该技术的CD-4微机化X射线荧光仪稳定性好,整机性能明显改善。

关键词 稳谱技术, X射线荧光分析仪

国内广泛使用的便携式X射线荧光仪^[1]是以放射性核素作为激发源、碘化钠闪烁计数器作为探测器的。长期以来,该类仪器无稳谱装置,稳定性差,其突出表现为受环境温度的影响大^[2]。解决该类仪器稳定性问题的有效途径是采用稳谱技术。目前一般的稳谱方案有:(1)利用已知能量的附加参考源;(2)采用温度控制装置;(3)采用温度补偿电路;(4)计算机软件稳谱。为适合野外使用,便携式仪器应该体积小、重量轻、功耗低,故拟采用方案(1)实现便携式X射线荧光仪的稳谱。

我们利用低能 γ 射线与物质作用产生的散射峰为参考源实现稳谱的技术,解决了便携式X射线荧光仪长期无稳谱装置、稳定性差的问题,因而仪器的整机性能明显改善^[3]。该技术对其它类型的X射线荧光仪也有一定的实用价值。

1 理论基础

低能 γ 射线与物质作用主要有光电效应和散射两种方式。光电效应产生被激发物质的特征X射线,散射则导致X射线荧光谱上散射峰的存在。散射分为相干散射和非相干散射,相干散射后 γ 射线的能量等于原入射射线的能量。在非相干散射中,康普顿散射是最主要的。康普顿散射后 γ 射线的能量 E_θ 为

$$E_\theta = E_0 / \{1 - [E_0 / (m_e C^2)](1 - \cos \theta)\} \quad (1)$$

式中, θ 为散射角; $m_e C^2$ 为电子的静止能量; E_0 为入射 γ 射线的能量^[4]。在一定的源-靶几何条件下, θ 为定值, E_0 也为定值。因此,X射线荧光谱上应存在由入射 γ 射线与物质发生光电效应产生的被激发元素的特征X射线峰和相干散射产生的与入射 γ 射线能量相等的相干散射峰以及非相干散射产生的能量为 E_θ 的康普顿散射峰。

根据公式(1)知,当 $\theta = 180^\circ$ 时, E_θ 最小。对于常用的²⁴¹Am和²³⁹Pu源,其平均

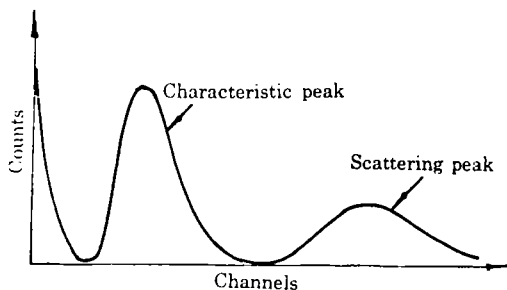


图1 X射线荧光谱示意图

Fig.1 X-ray fluorescence spectrum

* 现在中国工程物理研究院环境保护工程研究中心

收稿日期:1994-04-15, 修回日期:1994-06-15

能量(亦即相干散射能量)分别为59.5keV和16.5keV, 其非相干散射(康普顿散射)光子的能量(E_0)最小值分别为48.3keV和15.9keV。由于碘化钠闪烁计数器对上述能量 γ 射线的能量分辨率皆大于20%^[4], 因而无法将上述能量的相干散射峰和康普顿散射峰区分开, 导致在实测的X射线荧光谱上只存在一个能量为定值的散射峰和特征X射线荧光峰(如图1所示)。因此, 可将被激发元素X射线荧光谱上能量不变的散射峰作为参考源, 通过对它的控制, 实现便携式X射线荧光仪稳谱。

2 电 路 原 理

图2为稳谱电路原理图。脉冲幅度分析器由高速电压比较器LM319、集成单稳态触发器4528及74HC00高速CMOS与非门构成, 保证了分析器具有好的脉冲响应能力、较宽的动态范围以及可靠的反符合特性。可逆计数器由三块40193可预置加/减计数器组成, DAC为DAC 0832数模变换器。

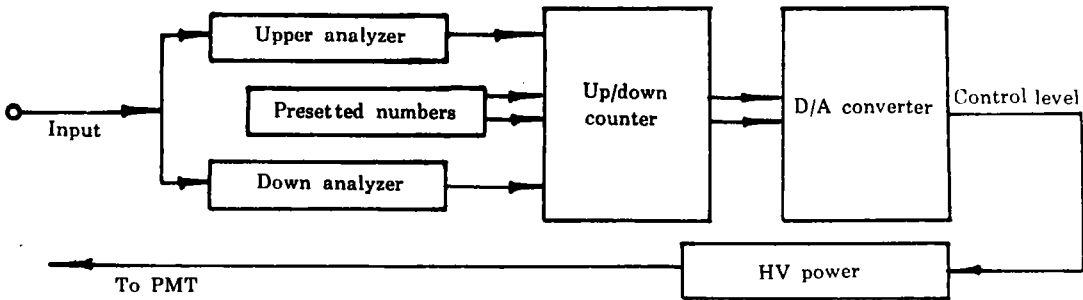


图2 稳谱电路原理图
Fig.2 Block diagram of the spectrum-stabilized circuit

稳谱电路上、下道脉冲幅度分析器的甄别阈分别选在散射峰的上升和下降两侧(见图3)。正常情况下, 上下道脉冲幅度分析器计数(图中阴影部分)相同, 它们的计数分别送至

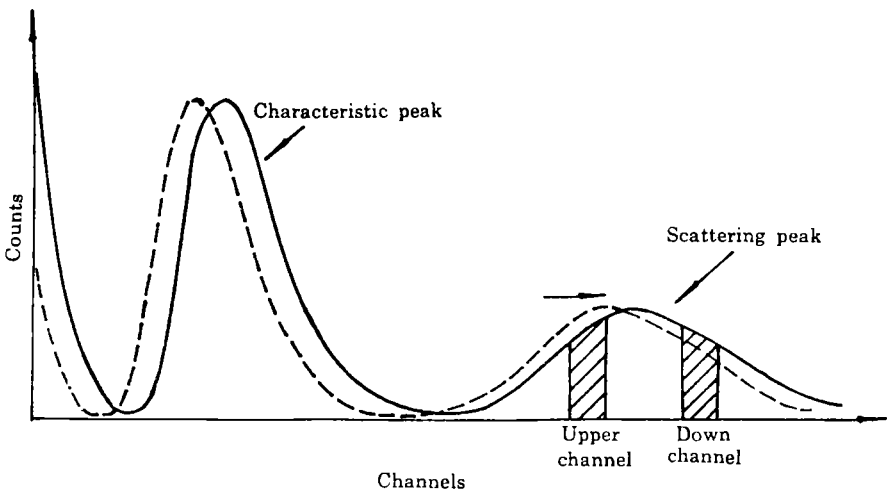


图3 稳谱原理示意图
Fig.3 Schematic diagram of the spectrum-stabilized principle

可逆计数器的减端和加端。当由于温度等因素使X荧光谱发生漂移(图中虚线)时, 上、下道

计数不相等，可逆计数器输出发生变化，DAC输出的模拟信号电压随之改变，引起光电倍增管(PMT)的输出也随之改变，从而将X射线荧光谱调整到原来的位置，达到稳谱目的。

3 性能测试

该稳谱技术已应用于CD-4微机化X射线荧光分析仪(简称CD-4)。我们利用CD-4测量含铜元素的粉末样品对稳谱电路进行了性能测试。通过改变加于CD-4的光电倍增管上的高压，改变稳谱电路输入脉冲信号幅度。稳谱及未稳谱时铜元素特征峰位置变化情况列于表1。表1结果表明，稳谱电路稳谱能力(用峰位的相对变化表示)好于±40%。将CD-4的探头置于恒温箱中模拟使用时环境温度的变化，所得试验结果如表2所示。表2数据表明：稳谱电路工作时，环境温度从18℃变化至45℃，铜元素的特征峰位置未发生漂移。用CD-4测量铜元素含量不同的样品，以模拟稳谱电路对CD-4抗计数率过载性能的改善情况，在稳谱及未稳谱情况下铜元素特征峰位置的变化情况列于表3。结果表明：稳谱电路工作时，CD-4的抗计数率过载性能明显改善，其抗计数率过载能力好于10⁵脉冲/s。

表1 稳谱性能试验结果
Table 1 A test of the spectrum—stabilized capability

脉冲幅度 Pulse amplitude/V	Cu峰位(道址) Cu peak position (channels)		峰位相对变化 Relative change/%
	稳谱 With spectrum—stabilization	未稳谱 Without spectrum—stabilization	
3.1	88	138	56
1.2	87	52	-40

表2 温度对峰位影响的试验结果
Table 2 Effect of temperature change on peak position

温度 Temperature/℃	Cu峰位(道址) Cu peak position (channels)	
	稳谱 With spectrum—stabilization	未稳谱 Without spectrum—stabilization
18	85	85
23	85	100
30	85	120
35	85	110
40	85	105
45	85	100

表3 稳谱及未稳谱时不同计数率下铜元素特征峰位置变化情况
Table 3 Dependence of the peak position of Cu characteristic X—ray spectrum on counting rate

计数率 Counts/s ⁻¹	Cu峰位(道址) Cu peak position (channels)	
	稳谱 With spectrum—stabilization	未稳谱 Without spectrum—stabilization
12540	90	89
40537	91	90
62501	91	90
81348	90	88
102397	90	85

4 结 论

实验表明，采用X射线与物质作用产生的散射峰作为稳谱装置的参考源实现稳谱，技术可靠，方法简便，实现较为容易，且具有不附加参考辐射源等特点，稳谱效果好。采用该技

术的CD-4微机化X射线荧光分析仪,其稳定性好,整机性能明显改善。经初步应用,效果良好。

参 考 文 献

- 1 杜国雄.核地球物理仪器的新进展.见:章晔,李淑仪主编.勘查地球物理勘查地球化学文集,第4集,核地球物理勘查专辑.北京:地质出版社,1986:303
- 2 成都地质学院三系.放射性勘探仪器.北京:原子能出版社,1979:26
- 3 毛本将.放射性能谱测量的理论、仪器及应用研究.成都地质学院硕士学位论文,1991:72
- 4 张家骅,徐君权,朱节清.放射性同位素X射线荧光分析.北京:原子能出版社,1981:6

A spectrum—stabilization technique for a portable X—ray fluorescence analyzer

Mao Benjiang

(Southwest Institute of Nuclear Physics and Chemistry, Chengdu 610003)

Zhou Rongsheng Jia Wenyi

(Chengdu College of Technology, Chengdu 610059)

Abstract

A spectrum—stabilization technique suitable for the portable X—ray fluorescence analyzer is presented. The technique is realized by monitoring the scattering spectrum and has been used in CD—4 portable microcomputerized X—ray fluorescence analyzers. The stability is good and the function of the analyzer is improved obviously.

Key words Spectrum—stabilization technique, X—ray fluorescence analyzer