

用数据处理标定核数据采集系统

滕敏康 陈 岭

(南京大学)

利用计算机程序拟合数据采集系统获取的数据,改变拟合参数,找出最佳拟合值,从而标定该数据采集系统,所得标定值的系统误差最小。

关键词: 系统参数 正电子湮没 非线性规划 最优解 拟合 标定

一、引 言

要使一个测量系统能正常、可靠地使用,必须对它进行调试和标定。反映系统性能的参数一般的标定方法是直接测量被标定量。由于标定所用的仪器存在一定误差或其他一些因素,这种标定方法一般会给被标定系统引入系统误差;而且,标定出的系统参数又缺乏具体明确的标准来衡量其优劣,可见这种标定是有明显不足之处的。本文介绍了用数据处理标定系统参数的新方法。

二、方 法

我们使用的是正电子湮没寿命谱的测量系统。它需要标定的参数有FWHM、 T_0 、源修正、本底以及道宽等。对于该系统的道宽及FWHM参数,我们的标定方法是:首先用该系统测量铁和铝的标准样品,它们都经高温退火,并经过仔细处理,纯度均达99.9%。它们的正电子本征湮没寿命结果见文献[1-3],第二步是对它们的正电子湮没寿命谱进行数据处理,谱是在IBM-PC/XT微机上使用POSITRONFIT-EXTENDED程序^[4]处理的。该程序用 x^2/ν 来衡量数据拟合的优劣,理想的拟合结果应该 $x^2/\nu=1$,但一般情形 $x^2/\nu>1$ 。

本工作的基本思想是,令

$$x^2/\nu = F(f, w, \tau_f, I_f, \tau_i, I_i, T_0 \dots) \quad i=1, 2, \dots \quad (1)$$

式中, f (FWHM)为系统的分辨率(ps); w 为多道分析器的道宽(ps/ch); τ_f 、 I_f 为谱中标准样品的本征寿命及相对强度; τ_i 、 I_i 为其他成分的寿命以及对应的相对强度; T_0 为时间零点。我们认为满足物理约束下解出谱的 x^2/ν 应该越小越好,对应的一组参数 f 、 w 等是描述系统的最佳值,即为标定出的系统参数。于是问题归结为:

$$\min \quad x^2/\nu = F(f, w, \tau_f, I_f, \tau_i, I_i, T_0 \dots) \quad (2)$$

$$\text{对于Al样品} \quad \tau_f \approx 163\text{ps} \quad (3)$$

$$\tau_i \geq 0, I_i \geq 0, I_f > 0 \quad i=1, 2, \dots \quad (4)$$

(2)、(3)、(4)方程组意为:在(3)、(4)的物理约束下, x^2/ν 为最小。该方程组实际上是一个典型的非线性规划问题^[5]。是以求出满足方程的 f^* 、 w^* 等最优点,以及对应的 $F(f^*, w^* \dots)$ 为目标函数的最优值一起构成的一个最优解。物理约束下的数学最优点,一定对应着系统的最佳标定值。

一般说只要解谱参数初值的选择偏离不太大,迭代是收敛的,方程组就满足非线性规划

问题最优解的充分必要条件, 如 $F(f, w, \dots)$ 在最优点 $(f^*, w^*, \dots)$ 处可微等。严格的数学论证见文献[5]。

三、结 果

把标准样品铝的正电子寿命谱输入微机进行处理。我们知道 f, w 的大致范围, 使 f 在280—500ps, w 在40—60ps/ch范围变化, 并始终保持 $\tau_f \approx 163$ ps等物理约束。多次尝试的结果数据见表1。

由表1数据我们可以画出 $x^2/v \sim w, w \sim f$ 曲线, 见图1、2。

从数据和图中可见, x^2/v 是存在最小值的, 在极值附近再仔细拟合, 得到最优点为: $w^* = 48.8$ ps/ch, $f^* = 433$ ps。另外, 我们也曾用光子飞行时间法测量 w , 结果为 $W = 44.5$ ps/ch。同 w^* 相比, 有明显的差别。

表1 不同参数的拟合结果

Table 1 Fitted results of positron annihilation lifetime spectra simulated with different parameters

w (ps/ch)	f (ps)	x^2/v	τ_f (ps)
43.0	344	1.557	163
46.0	388	1.095	163
48.5	425	0.978	161
50.0	443	0.989	162
62.0	588	1.293	162

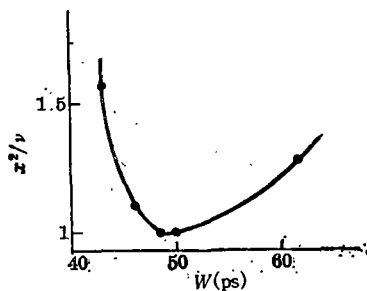


图1 $x^2/v \sim w$ 关系曲线

Fig. 1 w as a function of x^2/v

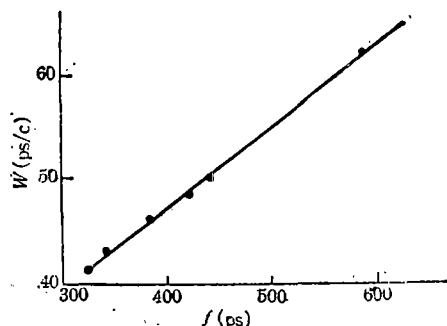


图2 $w \sim f$ 关系曲线

Fig. 2 f as a function of w

值得一提的是, 经过仪器调整后 w^*, f^* 都有所改变: $w^* = 48.8$ ps/ch, $f^* = 330$ ps。这说明它们能反映整个系统的状态。对于铁标准样品, $\tau_f = 117$ ps, 我们也有类似结果。

四、讨 论

本方法的优点可以归纳为:

1. 整个处理只是对一个谱的数据, 而其偶然误差在实验上是一定的(对任何处理结果它都一样)。所以表征拟合优劣的 x^2/v 的变化完全是由于系统参数选择不理想, 即带有系统误差造成的。 x^2/v 最小是使系统误差减到最小时的结果, 因此, 得出的最优点 w^*, f^* 等为系统误差最小时系统参数的标定值, 它考虑了整个系统的综合结果, 是最理想的。

2. 由于谱的测量计数达 10^6 个, 大数的统计误差很小, 故标定值的偶然误差也很小。不象直接测量, 因测量次数有限, 势必有较大的偶然误差。

3. 因标定过程同实际测量过程是一样的, 故其标定值作为参数解其他样品的谱时, 结果更可靠。

表 2 参数的水平因素表

Table 2 Level factor of parameters

水平 Level	因 素 Factor		
	w (ps/ch)	f (ps)	τ_f (ps)
1	42.0	340	163
2	45.0	380	117
3	48.0	420	
4	50.0	460	

用正交表法^[6,7]来减少试验次数。考查的参数水平和因素见表 2。

表中的 w 和 f 是有相互作用的。由表 2 可查找相应的混合水平有相互作用的正交表来设计实验。衡量值是 x^2/ν , 从而很快找到最优点的所在范围。

参 考 文 献

- [1] T. M. Hall et al., *Phys. Rev.*, B10 (1974), 8: 3602.
- [2] R. M. Cotterill et al., *J. Phys.*, F2(1972), 5: 459.
- [3] P. Hautajarvi et al., *Phys. Rev. Lett.*, 24 (1970), 9: 459.
- [4] P. Kirkegaard, *Computer. Phys. Commun.*, 7 (1974), 40.
- [5] D. M. Himmelblau ed., 张义桑等译, 实用非线性规划, 科学出版社, 1983年.
- [6] 北京大学数学力学系著, 正交设计, 人民教育出版社, 1976年.
- [7] 杨子行著, 正交表的构造, 山东人民出版社, 1978年.

Calibration of a nuclear data acquisition system by means of data processing

Teng Minkang Chen Ling

(Nanjing University)

Abstract

Using computer programs, the data obtained by a data acquisition system are fitted. The fit parameters are changed and the best fit values can be found to calibrate the system, thus resulting in the calibrated values with a minimum systematic error.

Keywords: system parameters positron annihilation nonlinear programming
best solution fit calibration

(1987年5月25日收到)