

参 考 文 献

- [1] 阮景辉等, 高能物理与核物理, 2, 441(1978)。
- [2] A. D. B. Woods, et al., "Inelastic Scattering of Neutrons in Solids and Liquids," IAEA, Vienna, 1960, p. 487.
- [3] D. J. Hughes et al., *Phys. Rev.*, **119**, 872(1960)。
- [4] Т. Ф. Лимарь, *Ж.Н.Х.*, **45**, 2307(1969)。
- [5] 国家海洋局第三海洋研究所, 水合氧化钛的组成和性质, 内部资料, 1973。
- [6] M. Primet et al., *J. Phys. Chem.*, **75**, 1216(1971)。
P. Jacllson, *Trans. Farad. Soc.*, **67**, 2469(1971)。
- [7] 尾方昇, 井上信子, 日本海水学会志, **24**, 149(1971)。

三类有机闪烁屏 β/γ 比值测定

汲 长 松

一、引 言

在应用闪烁体探测弱 β 辐射的情况下, 为达到一定的精度, 要求闪烁体的本底计数尽可能小一些。有时也要求在存在较强 γ 干扰辐射场的条件下, 对 β 辐射进行测量。为了使此类测量在 γ 辐射本底统计涨落水平上足够准确, 要求闪烁体对 β 辐射的探测效率尽可能高一些, 而对 γ 辐射低一些。因而闪烁体 β/γ 比 (闪烁体 β 辐射探测效率与 γ 辐射探测效率之比) 成为表征闪烁体、特别是用于上述目的的闪烁体的重要核物理性能之一。

较高 β/γ 比值便于在 β 、 γ 辐射混合场中进行 β 辐射测量, 通过简单的脉冲幅度甄别, 即可去掉 γ 辐射干扰信号。这样, 在有些场合可以免去繁杂的符合-反符合测量, 而在另一些场合, 例如由于铀、镭矿中放射性衰变系列谱的复杂性, β - γ 甄别难以用符合-反符合方法实现, 这时使用高 β/γ 比的闪烁体测 β 的优越性就更为突出。

闪烁体较高的 β/γ 比值时必须对应于足够高的 β 辐射探测效率。一般说来, β 效率越低, β/γ 比越容易达到较高的数值。文献[1]中作为确定 β/γ 比标准的 β 效率定为 20%, 此时云母窗盖革-缪勒计数管的 β/γ 比最大值为 30 (^{90}Sr - ^{90}Y , ^{60}Co 源)^[2], 对同样的 β 、 γ 源, 热释光探测器为 40^[3], 薄层有机闪烁屏 β/γ 比约为 150^[4]。

本工作选用 β 效率为 40%, 以利于实际应用。本工作是对已定型的 ST-401, ST-402 和 ST-551 三类有机闪烁体^[5]的 β/γ 比进行绝对测定。

二、原 理

某一给定的核辐射探测器 (如闪烁体、计数管等) 的 β/γ 比是指在测量仪器参数 (光电倍增管高压, 放大器放大倍数, 分析器甄别阈值等) 不变的条件下, 该探测器对某种 β 辐射的探测效率“ β ”与其对 γ 辐射的探测效率“ γ ”之比, 即 $\eta = \frac{\beta}{\gamma}$ 。对于同一个探测器, β/γ 比随选用的 β 、 γ 射线的能量不同而不同。另外, 对于不同的 β 效率值, β/γ 比也不同。因此, 讨论某探测器的 β/γ 比时, 首先是对选定的 β 、 γ 源, 其次是对选定的某一 β 效率值

而言, 否则 β/γ 比是没有任何意义的。

本实验中 β 源为 $^{90}\text{Sr}-^{90}\text{Y}$, γ 源为 ^{60}Co , β 效率值取 40%。

ST-401、ST-402 和 ST-551 三类有机闪烁体探测 β 粒子的机理是一样的。 β 粒子射入闪烁体引起电离使闪烁体受激发光。此闪烁光由光电倍增管接受后放大形成电信号, 由多道谱仪分析记录。对于间接致电离辐射 γ 射线的探测, 基于其与闪烁体物质相互作用(光电效应、康普顿散射及电子对效应) 产生电子, 通过记录次级电子达到探测 γ 射线的目的。

提高 β/γ 比的有效办法是在不降低 β 探测效率的条件下, 尽可能降低 γ 效率。尽管由于 γ 射线与物质作用的截面有限, 闪烁体探测 γ 的效率已远小于 β 探测效率, 实际上仍需采取许多措施以期进一步降低。其一是选用原子序数低的探测器工作物质, 用以减小 γ 射线与探测器物质作用的截面; 其二是减小探测器的厚度, 直接减小 γ 量子被探测的机会, ST-401、ST-402 与 ST-551 闪烁屏恰当地利用了这两个因素来降低 γ 效率, 得到较高的 β/γ 比值。本实验采用分别测出闪烁体 β 、 γ 绝对探测效率的方法求 β/γ 比值。

三、实验装置

闪烁体样品取直径为 100 毫米的片状屏。ST-401 是以聚苯乙烯为基质, 加第一发光物质对联三苯、第二发光物质 POPOP 的普通塑料闪烁体。厚度为 1 毫米。ST-402 以聚苯乙烯加高浓度对联三苯作发光物质。加入的对联三苯的浓度比普通塑料闪烁体高 20 倍, 热压于 1 毫米厚的有机玻璃板上。发光物质厚度为 0.6 毫米。ST-551 完全以对联三苯作为发光物质, 喷涂后热压于 1 毫米厚的有机玻璃板上。发光物质厚度 ~ 7.6 毫克/厘米²。

* 放射源

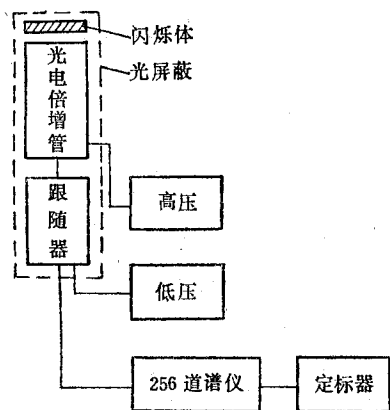


图 1 测定 β/γ 比实验装置方框图
图中放射源指 γ 源, 用 β 源时直接置于闪烁体表面。

β 测量选用 $\phi 50$ 的 $^{90}\text{Sr}-^{90}\text{Y}$ 面源, 表面粒子数为 $1.75 \times 10^3 / 2\pi$ 分, 放射源紧贴闪烁体表面, 构成 2π 测量几何条件。 γ 测量选用强度为 0.7 毫克镭当量的 ^{60}Co 源, 源的形状为针状, 长约 15 毫米。为减小 γ 场非均匀性带来的误差, 闪烁体与源相距 100 厘米, ^{60}Co 针与闪烁体表面平行。为减小周围物质 γ 反散射的影响, 探头置于距地面高度为 1 米的地方, 并尽可能远离墙壁, 探头支架采用轻物质, 数量尽量少。

探头的光电倍增管为 GDB-100, 选用正高压分压线路, 光电倍增管后置射极跟随器以适应长距离传送信号的需要。脉冲幅度分析采用 256 道谱仪。实验装置方框图见图 1。

四、测量结果

首先对每块待测样品根据上述方法, 保持仪器参数不变, 分别测出 $^{90}\text{Sr}-^{90}\text{Y}$ β 源、 ^{60}Co γ 源脉冲幅度分布曲线, 同时测出无源时本底脉冲幅度分布曲线, 由此得出 β 、 γ 的净计数脉冲幅度分布曲线。依据给定的测量几何条件, 计算出对应不同阈值的积分计数分布。这样,

便可由 β 、 γ 源强分别计算出闪烁体的 β 、 γ 探测效率与阈值的关系曲线。图 2 中曲线 a, b 表示 ST-401 样品的测量曲线, 当 β 探测效率为 40% 时, 对应此阈值的 γ 效率为 0.22%, 所以 ST-401 的 $\beta/\gamma=185$ 。对应 β 效率 40% 时的积分计数阈值取作闪烁体脉冲的参考幅度。图 2 中曲线 c 表示对应不同阈值时 β/γ 比值的变化情况。可以明显地看出, β/γ 比值随幅度增大 (同时 β 效率降低) 而增高。图 3, 4 分别表示 ST-402, ST-551 的测量结果。三类闪烁体相应的 β/γ 比值及幅度列于表 1。

表 1 三类闪烁屏 β/γ 比及发光幅度测量结果

闪 烁 体	ST-401	ST-402	ST-551
规 格	闪烁体厚 1 毫米	发光体厚 0.6 毫米	发光体厚 7.6 毫克/厘米 ²
β 效率	40%	40%	40%
β/γ 比	185	400	800
参考发光幅度, 相对单位	43.5	36.0	17.0

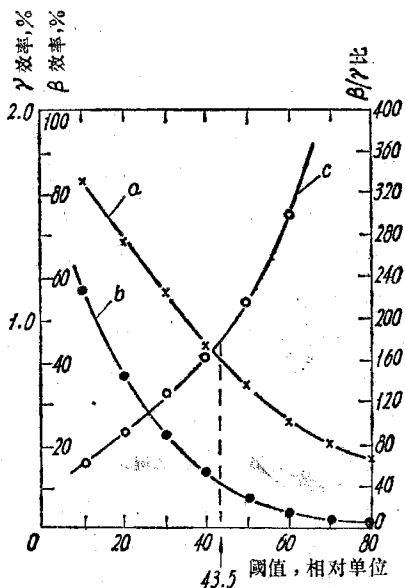


图 2 ST-401 闪烁屏 β 效率、 γ 效率和 β/γ 比与阈值的关系
a— β 效率曲线; b— γ 效率曲线; c— β/γ 比值曲线。

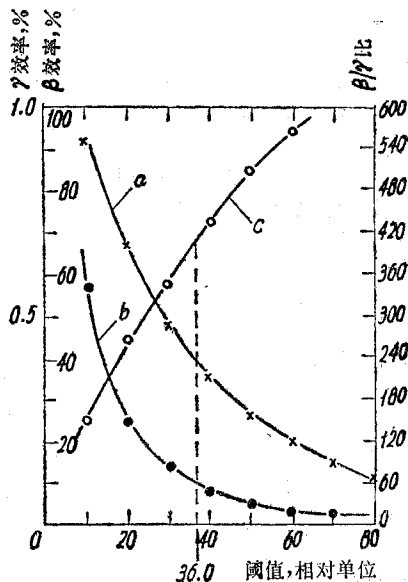


图 3 ST-402 闪烁屏 β 效率、 γ 效率和 β/γ 比与阈值的关系
a— β 效率曲线; b— γ 效率曲线; c— β/γ 比值曲线。

五、讨 论

由表 1 可见, 当 β 效率为 40% 时, ST-401 闪烁体的 β/γ 比最低, 约 185; ST-402 次之, 为 400; ST-551 最高, 约 800。而相应的发光幅度恰相反, ST-401 最大, ST-402 次之, ST-551 最小。这三类闪烁体是用于不同场合的高 β/γ 比有机闪烁屏。

实验中对于仪器长时间连续工作漂移、光电倍增管光阴极灵敏度非均匀性、重复测量的一致性等因素进行了实测比较。周围物体的 γ 反散射难以计算, 因而也进行了室内与露

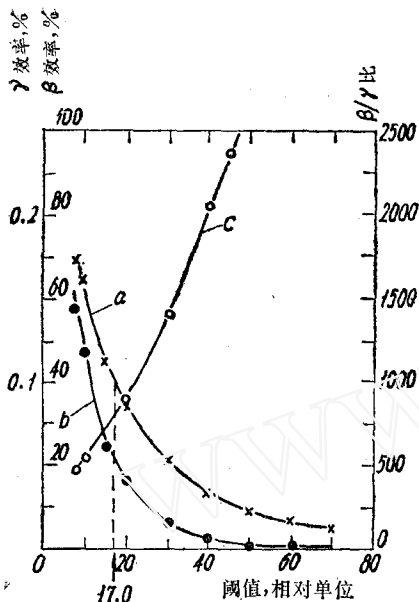


图 4 ST-551 闪烁屏 β 效率、 γ 效率和 β/γ 比与阈值的
a— β 效率曲线；b— γ 效率曲线；c— β/γ 比值曲线。

天的实测比较。探头外壳对 γ 射线的吸收进行了估算。考虑了测量几何条件（包括源形状因素）的影响。实验设置尽可能使上述因素对最后结果影响最小。实验结果的主要误差来自放射源强度的刻度误差以及测量计数的统计涨落（前述诸因素的修正远远小于这两个因素的影响）。

由于

$$\eta = \frac{\beta}{\gamma} = \frac{N_{\beta}^{\text{测}}/N_{\beta_0}}{N_{\gamma}^{\text{测}}/N_{\gamma_0}}$$

式中 β 为 β 辐射探测效率； γ 为 γ 辐射探测效率； $N_{\beta}^{\text{测}}$ 、 $N_{\gamma}^{\text{测}}$ 分别 β 、 γ 辐射的实测积分计数； N_{β_0} 、 N_{γ_0} 分别为射入闪烁体样品的 β 、 γ 粒子数。因此，

$$\frac{\Delta\eta}{\eta} = \sqrt{\delta_{\beta_0}^2 + \delta_{\gamma_0}^2 + \delta_{\beta}^2 + \delta_{\gamma}^2}$$

式中 δ_{β_0} 为 β 源刻度误差，约 $\sim 6\%$ ； δ_{γ_0} 为 γ 源刻度误差， $\leq 5\%$ ； δ_{β} 为 β 计数的统计误差， $\approx 3\%$ ； δ_{γ} 为 γ 计数的统计误差， $\approx 1\%$ 。得：

$$\frac{\Delta\eta}{\eta} < 9\%$$

应当指出，本文中的实验误差不包括由于闪烁体制备工艺不稳定性而产生的误差。

本实验是在北京大学程潭清等同志及李学智同志协助下完成的，本文经唐兆荣同志审阅，在此一併致谢。

参 考 文 献

- [1] S. F. Kozlov et al., *IEEE Trans. Nucl. Sci.*, **NS-24**, 1, 240(1977).
- [2] S. F. Kozlov et al., *Life Sciences and Space Research*, **IX**, 157(1971), 转引自文献[1].
- [3] V. A. Kazanskja et al., *IAEA-SM-148/85*(1971), p.907-911.
- [4] И.Б. Карим-Маркус и др., *ПТЭ*, **5**, 207(1969).
- [5] 国营 261 厂, ST 型闪烁体说明书, 1977.

ST-451 型有机液体闪烁体快中子绝对效率的测定

潘仲韜 楊基方 汲长松 李藩庭

一、前 言

由于有机液体闪烁体对于 γ 射线和中子有很好的脉冲形状甄别性能和快的时间响应，而且对快中子具有较高的探测效率，在快中子飞行时间谱仪中常用作中子探测元件。我们以 $T(d, n)^4\text{He}$ 反应作为中子源，利用伴随粒子型快中子飞行时间谱仪^[1]测量了 ST-451 型