

# NE213 闪烁体的 n-g 分辨

叶邦角<sup>1,2</sup> Nanjyo H<sup>2</sup> Kobayashi T<sup>2</sup> Tsuno S<sup>3</sup> Hasuko K<sup>2</sup>

1 (中国科学技术大学近代物理系 合肥 230026)

2 (ICEPP, University of Tokyo, Hongo, Tokyo113, Japan)

3 (Department of Physics, Tsukuba University, Tsukuba, Japan)

**摘要** NE213 闪烁体广泛使用于探测快中子, 但却伴随很高的  $\gamma$  本底。本文使用快信号门与总信号门的两门积分方法, 用快信号与总信号进行二维作图来分辨粒子。用  $^{252}\text{Cf}$  中子源和 d+D 核反应产生的单能中子研究了  $f5''\times 2''$ 、 $f5''\times 5''$  和  $f8''\times 2''$  三种尺寸的 NE213 闪烁体的 n- $\gamma$  分辨性能, 通过选择合适的门宽, 获得了极好的 n- $\gamma$  分辨效果。对  $f5''\times 2''$  的 NE213, 最佳快信号门宽为 30ns。

**关键词** NE213 闪烁体, n- $\gamma$  鉴别, d+D 核反应

**中图分类号** O571.53

NE213 有机闪烁体广泛使用于探测快中子, NE213 有机闪烁体可做成各种尺寸, 可探测从 1 MeV 到几个 GeV 的高能中子, 但却伴随很高的  $\gamma$  本底, 因而准确和稳定地甄别 n 和  $\gamma$  极为重要。NE213 有机闪烁体的光输出包括不同的成分, 衰减常数从 3 ns 到几百个 ns 依赖于粒子的种类<sup>[1]</sup>, 光子在闪烁体中由于康普顿散射, 其反冲电子的光输出主要是快成分, 而且其能量响应是线性的。中子在闪烁体中由于弹性散射, 其反冲质子的光输出通常比电子的光输出要慢得多。利用这种特性, 人们可以进行粒子鉴别。目前主要有两种鉴别方法, 一种是 PSD 鉴别技术, 利用信号的上升沿 (或下降沿) 的不同而产生的不同的过零点制成的一种电子学插件, 要获得理想的 n- $\gamma$  鉴别还需要测量反冲粒子能谱, 由二维作图来获得, 如 Lee 等的实验<sup>[2]</sup>; 另一种方法就是所谓的两门积分法, 即由 NE213 有机闪烁体的光电倍增管输出的信号来产生两个门, 快信号门和慢信号门 (或总信号门), 由此测量光电倍增管输出信号的快成分和慢成分 (或总信号), 由二维作图来分辨粒子。图 1 (a) 是光输出的两种成分示意图, 图 1 (b) 是三种门信号, 通常只需用其中的任意两个门就可进行粒子鉴别。Zucker<sup>[3]</sup>和 Morris<sup>[4]</sup>等人采用快信号和慢信号两门组合来进行 n- $\gamma$  鉴别, Adams 等<sup>[5]</sup>用快信号和总信号两门组合来进行 n- $\gamma$  鉴别, 而 Rell 等<sup>[6]</sup>却只用一个门来同时测量慢信号和总信号, 如图 1 (c), 实际上这相当于使用慢门和总门两个门, 其优点是只

须用一个 ADC 插件。本文采用快信号和总信号的两门积分方法, 研究了几种不同尺寸的 NE213 有机闪烁体的 n- $\gamma$  鉴别特性, 获得了理想的结果。

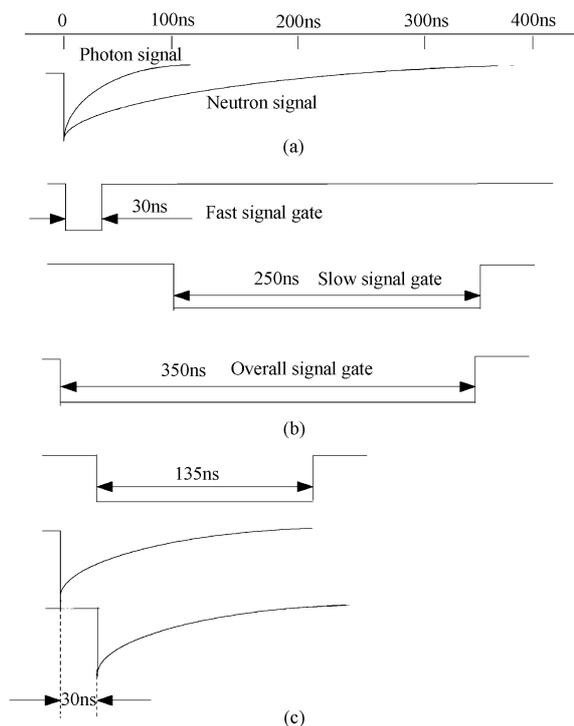


图 1 NE213 有机闪烁体两门积分法的门信号

Fig.1 Gate signals of two-gate integrated method for NE213 scintillator

第一作者: 叶邦角, 男, 1962 年 8 月出生, 1993 年于中国科学技术大学获博士学位, 粒子物理与核物理专业, 教授

收稿日期: 2000-09-22

### 1 两门积分甄别系统

中子与光子来自于 <sup>252</sup>Cf 裂变源，<sup>252</sup>Cf 裂变源置于 NE213 有机闪烁体前约 23 cm 处。NE213 有机闪烁体的尺寸是 f5"×2"。光电倍增管采用 Hamamatsu 公司的 S2163 型，有两个输出端，分别为阳极和打拿极，工作时高压为 2.2 kV。用 Tektronix 的 1 GHz 的示波器可以清楚地观察到从光电倍增管输出的光子和中子信号，它们信号的下降沿有明显的区别，光子信号的下降沿很快，大约几十 ns；而中子信号的尾巴很长，直至约 400 ns，如图 1 所示。图 2 是我们实验中实际使用的电子学框图。从光电倍增管阳极输出的信号由 Divider 插

件分为两路，分别输出到 CAMAC 机箱中的两个 ADC，采用 Divider 插件是为了减少信号的反射。光电倍增管打拿极输出的信号倒相后输出到甄别器，甄别阈是 60 mV，之后再输出到两个门产生器，分别产生快门信号和总门信号见图 1。两个门信号分别作为两个 ADC 的开门信号。CAMAC 机箱产生的 Register 信号分别作为两个 ADC 和定标器的清除信号。此外，为了使 ADC 不至于误记，我们采用 LATCH 电路来产生门控信号，作为两个门产生器的 VETO 信号，该门控信号的起始与终止（即门控信号的长度）分别由门信号与 Register 信号确定。整个数据采集系统由 CAMAC 机箱控制器和计算机控制。

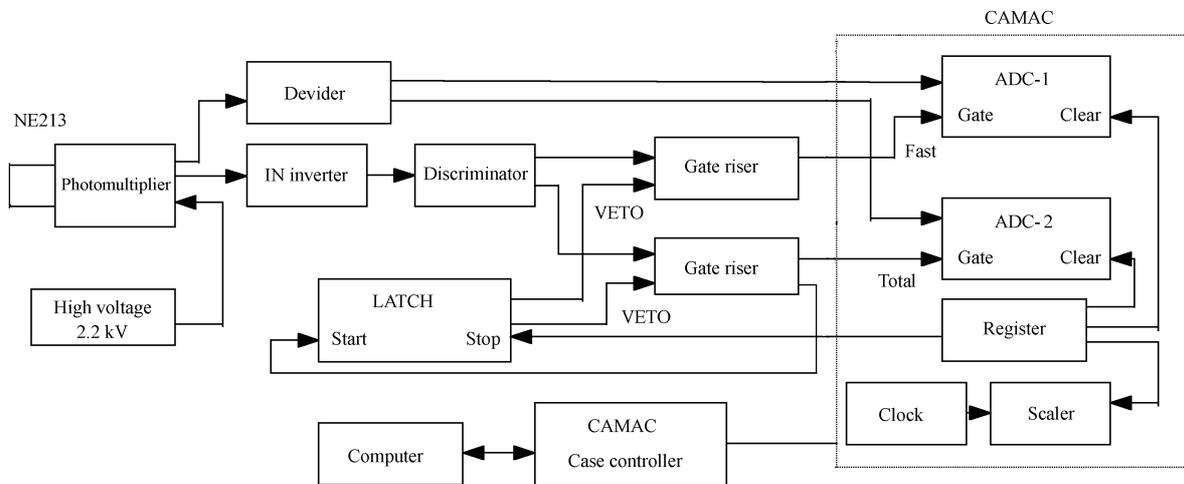


图 2 NE213 有机闪烁体两门积分法 n-γ分辨电子学框图

Fig.2 Schematic of electronics of two-gate integrated method of n-γ discrimination for NE213 scintillator

### 2 实验结果与讨论

<sup>252</sup>Cf 裂变源产生的中子是一个连续谱，能谱是高斯分布，平均能量约为 2.13 MeV。我们首先使用 f5"×2"的 NE213 有机闪烁体，实验时我们分别改变快门信号和总门信号的门宽。图 3 是所得到的快信号（门宽为 30 ns）和总信号（门宽为 350 ns）的二维图，中子和光子信号计数带基本是两条直线，两计数带之间的距离随道址的增加而增大，由图可知，n-γ分辨非常理想。

为了获得最佳的 n-γ分辨，我们逐渐改变总门的门宽，从 300—400 ns，发现其结果变化不大。改变快门信号的门宽，从 20—80 ns，分辨情况有所改变。图 4 是图 3 在改变观察角度后的计数高度谱，中子谱和光子谱可用高斯分布来拟合。若用 L 来表示两峰峰位的距离，s<sub>1</sub>和s<sub>2</sub>分别表示高斯拟合函数，则比值 L/(s<sub>1</sub>+s<sub>2</sub>)称分辨函数，其值越大，

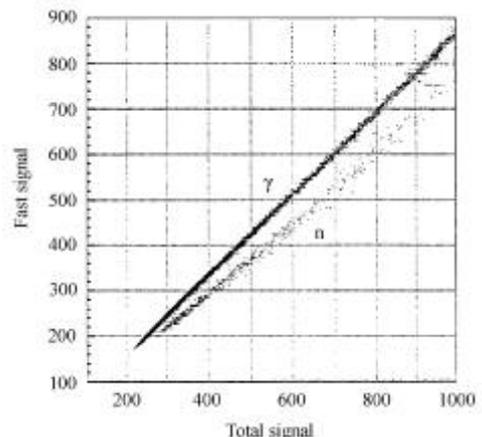


图 3 <sup>252</sup>Cf 裂变中子源在 NE213 闪烁体产生的快信号成分和总信号的二维图

Fig.3 Two-dimensional plot of fast and total signals in NE213 scintillator produced by a <sup>252</sup>Cf fission neutron source

两峰分辨越好。表 1 表明了不同的快门宽度时的分辨函数, 当门宽为 30 ns 时, 结果最为理想。

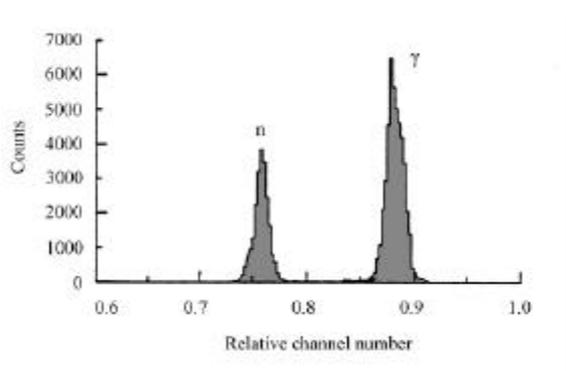


图 4 取向旋转后的 n-γ脉冲高度谱, 横轴是事件在图 3 中的取向

Fig.4 n-γ pulse height distributions by rotating loci, the horizontal axis is orientation of events in Fig.3

表 1 不同快门门宽时的分辨函数

Table 1 Discrimination function of different gate ranges

快信号门宽度 Gate range of fast signal	80 ns	60 ns	50 ns	40 ns	30 ns	20 ns
n-γ分辨函数 n-γ discrimination function	3.6	4.1	4.2	4.4	4.6	4.1

同样测量另外两种尺寸的 NE213 有机闪烁体, 它们的尺寸是  $f8'' \times 2''$  和  $f5'' \times 5''$ 。对  $f8'' \times 2''$  的 NE213 有机闪烁体, 尽管其工作电压 (1.7 kV) 和光电倍增管 (R2083) 都不同, 通过适当的调试, 同样获得了与上面  $f5'' \times 2''$  的 NE213 有机闪烁体基本相同的结果。尺寸为  $f5'' \times 5''$  的 NE213 有机闪烁体是一个放置时间较长的旧探头, 测量结果略差于上述两种, 且二维分辨谱不是直线, 在高道处向下弯曲, 这是由于探头内部的有机闪烁液体不能完全填满内部的整个空间所致。

我们还测量了  $f5'' \times 2''$  的 NE213 有机闪烁体在 d+D 产生的单能中子情况下的 n-γ分辨。该实验是日本立教大学的 Cockroft 实验室完成。D 靶是在 Ti 板上电离上一层 D 而成, 靶放置在一个  $f200$  圆柱型真空室的中心。加速到 120 kV 的 d 离子束轰击 D 靶产生  $d+D=n+^3\text{He}$  反应, 由于 (n, γ) 等过程而产生 γ。NE213 探测器放置在真空室外, 离靶约 45 cm。实验测量了大约 2 h, 结果见图 5 所示。在这二维图中 n 和 γ事件计数带之间有一个明显的谷。尽管该反应产生的中子能量为 2.5 MeV,

是单能中子, 但 NE213 闪烁体记录的是反冲质子信号。反冲质子信号是一个截止能量为  $E_n$  的连续谱, 图 6 就是用图 5 删除 γ计数后得到的反冲质子谱。

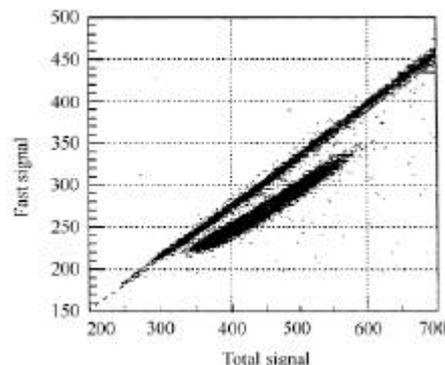


图 5 d+D 反应产生的单能中子在 NE213 闪烁体产生的快信号成分和总信号的二维图

Fig.5 Two-dimensional plot of fast and total signals in NE213 scintillator produced by the mono-energy neutrons from d+D reaction

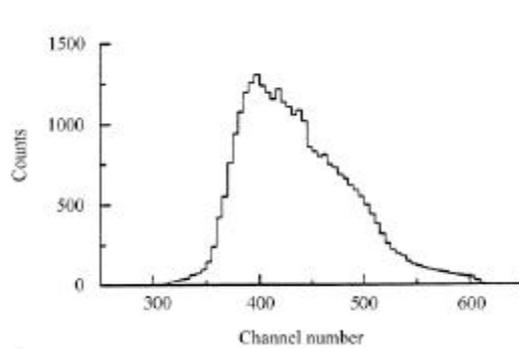


图 6 d+D 反应产生的单能中子在 NE213 闪烁体产生的反冲质子谱

Fig.6 Recoil proton spectrum in NE213 scintillator produced by the mono-energy neutron from d+D reaction

由于目前的 n-γ分辨系统能很好地分开 n 和 γ 信号, 已经使用于测量 NE213 闪烁体的中子探测效率和 TGC 探测器的中子灵敏度实验中。

致谢 感谢东京大学核物理研究室的 Saika 教授和立教大学理学部 Shimura 教授的有益讨论, 特别要感谢立教大学的 Ando 先生在使用加速器时给予的大力帮助; 此外还要感谢立教大学理学部为本实验所提供放射源和探测器。

参考文献

- 1 Kuchnir F T, Lynch F J, IEEE Trans Nucl Sci, 1968, **NS-15**: 107—113
- 2 Lee J H, Lee C S. Nucl Instr Meth, 1998, **A402**: 147—154
- 3 Zucker M S, Tsoupas N. Nucl Instr Meth, 1990, **A299**: 281—285
- 4 Morris C L, Bolger J E, Hoffmann G W, *et al.* Nucl Instr Meth, 1976, **137**: 397—403
- 5 Adams J M, White G. Nucl Instr Meth, 1978, **156**: 459—476
- 6 Rell Z W. Nucl Instr Meth, 1981, **188**: 105—109

### n-g discrimination of NE213 scintillator

YE Bangjiao<sup>1,2</sup> Nanjyo H<sup>2</sup> Kobayashi T<sup>2</sup> Tsuno S<sup>3</sup> Hasuko K<sup>2</sup>

1 (*Department of Modern Physics, University of Science and Technology of China, Hefei 230026*)

2 (*ICEPP, University of Tokyo, Hongo, Tokyo113, Japan*)

3 (*Department of Physics, Tsukuba University, Tsukuba, Japan*)

**Abstract** The NE213 scintillator has been widely used as a detector of fast neutrons, under environments with a high background of gamma rays. A technique using a two-gate integration method to do neutron-gamma pulse shape discrimination is reported. Fast and total signals are selected to make a two-dimensional plot. A <sup>252</sup>Cf fission neutron source and the mono-energy neutrons produced by d+D reaction are used to investigate  $f5''\times2''$ ,  $f5''\times5''$  and  $f8''\times2''$  NE213 organic scintillators. By selecting a suitable gate range, we get the n- $\gamma$  discrimination extremely well. For the  $5''\times2''$  NE213 scintillator, the optimal gate range of fast signal is 30ns.

**Key words** NE213 scintillator, n- $\gamma$  discrimination, d+D reaction

**CLC** O571.53

田 万方数据  
WANFANG DATA