

$^{107}\text{Ag}(n,2n)^{106m}\text{Ag}$ 反应截面测量

王化民 王永昌 袁俊谦 王学智 任忠良
(兰州大学)

摘 要

本文报告了 $E_n = 13.50-14.73$ MeV 中子能区用活化法以 $^{27}\text{Al}(n,2)^{24}\text{Na}$ 截面为中子注量标准测得的 $^{107}\text{Ag}(n,2n)^{106m}\text{Ag}$ 的反应截面. 在 $E_n = 13.50, 13.60, 13.90, 14.10, 14.35,$ 和 14.73 MeV 处的截面分别为 $469 \pm 22, 480 \pm 22, 503 \pm 24, 538 \pm 25, 555 \pm 25$ 和 572 ± 26 mb. 在文中还列举了一些国外已发表的截面数据以作比较. 中子能量用铈锆活度比法测定.

一、引 言

^{106m}Ag 和 ^{106m}Rh 的衰变纲图非常复杂而且极为相近, 给用活化法测量天然银的 $^{107}\text{Ag}(n,2n)^{106m}\text{Ag}$ 和 $^{109}\text{Ag}(n,\alpha)^{106m}\text{Rh}$ 两个快中子核反应截面带来了很大的困难. 目前在国内外所发表的 $^{107}\text{Ag}(n,2n)^{106m}\text{Ag}$ 反应截面的数据较少且分散较大^[1-6], 国内尚未见有报道. 因此我们用活化法在 $13.50-14.73$ MeV 中子能区测量了 $^{107}\text{Ag}(n,2n)^{106m}\text{Ag}$ 的反应截面, 并和其它一些文献的数据进行了比较.

二、实验过程

1. 样品照射

实验工作是在 T-400 中子发生器上进行的, 以 $\text{T}(d,n)^4\text{He}$ 作中子源, 入射氘束能量 $E_d = 360$ keV 束流强度 $I_d \approx 2$ mA, 氘-钛靶厚度 ~ 1.6 mg/cm², 中子产额为 $(1-2) \cdot 10^{11}$ 中子/秒, 中子注量测量是用 α 伴随粒子法. 氘束与氘-钛靶成 45° 角, 在与氘束入射方向成 $0^\circ-150^\circ$ 之间放置样品. 照射时间为 1.5 小时. 以 $^{27}\text{Al}(n,\alpha)^{24}\text{Na}$ 反应截面作为标准测量 $^{107}\text{Ag}(n,2n)^{106m}\text{Ag}$ 的反应截面. 银样品作成直径为 20 mm, 厚度约为 0.45 mm 的圆片, 夹在直径为 20 mm, 厚度约为 0.1 mm 的两铝片之间. 把六组样品安置在以中子源为中心的六个中子能量处, 这六处的中子能量用铈锆活度比的方法^[8,9] 确定, 它们所处的中子能量分别为 13.50、13.60、13.90、14.10、14.35、14.73 MeV, 到中子源的距离分别为 9.3、9.3、9.3、9.3、2.5 和 4.0 cm.

2. γ 放射性测量

^{106m}Ag 和 ^{24}Na 的 γ 放射性用 EG&G ORTEC GEM-13190 同轴高纯锗探测器测量, 其相对效率为 13%, 能量分辨为 1.90 keV (1.33 MeV)。首先在距探测器为 25 cm 处, 用 ^{152}Eu 各 γ 射线进行探测器的相对效率刻度, 再用几种标准射线源求出探测器的绝对效率刻度曲线。由于在实际测量时, 样品往往放在距探测器较近的位置, 所以用单能源测量了各种不同能量的 γ 射线在远和近两个位置的不同效应后, 把远距离处的效率刻度曲线转移到近距离的刻度曲线。由于目前国产标准 γ 源的精确度约在 $\pm 3\%$ 左右, 所以在本实验中 γ 测量效率的误差为 $\pm 3\%$ 。对 ^{24}Na , 测量了能量为 1.368 MeV 的特征 γ 射线, 对 ^{106m}Ag , 测量了能量为 1.528 MeV 的特征 γ 射线。测量时样品到探测器的距离为 5 cm。在计算放射性活度时对样品 γ 的自吸收和级联 γ 符合效应进行了校正。为了使 $^{109}\text{Ag}(n, \alpha)^{106m}\text{Rh}$ 的反应产物、半衰期为 2.2 小时的 ^{106m}Rh 完全衰变后进行 ^{106m}Ag 的 γ 放射性的测量, 冷却时间在 39 小时以上。

三、实验结果

截面的计算公式如下:

$$\sigma_{\text{Ag}} = \frac{[\epsilon f_s I_s \eta S m D]_{\text{Al}} \cdot [\lambda A C]_{\text{Ag}} \cdot \sigma_{\text{Al}}}{[\epsilon f_s I_s \eta S m D]_{\text{Ag}} \cdot [\lambda A C]_{\text{Al}}}$$

其中 ϵ —— 所测的特征 γ 射线全能峰效率; f_s —— 所测的特征 γ 射线在样品中的自吸收校正因子; I_s —— 特征 γ 射线的发射率; η —— 所测核素的丰度; $S = 1 - e^{-\lambda T}$ 表示生成核的生长因子, λ 是衰变常数, T 是中子照射时间; m —— 样品重量; $D = e^{-\lambda t_1} - e^{-\lambda t_2}$ 为测量收集因子, t_1 和 t_2 分别表示从照射停止到测量开始和到测量结束的时间间隔; A —— 样品元素的原子量; C —— 经过级联符合校正后的全能峰面积。

表 1 $^{107}\text{Ag}(n, 2n)^{106m}\text{Ag}$ 反应截面

中子能量 $E_n(\text{MeV})$	截 面 $\sigma_{\text{Ag}}(\text{mb})$						
	本 文	[1] $\pm 1.7\%$	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]
13.41	—	—	495 \pm 25	—	—	—	—
13.50	469 \pm 22	—	—	—	—	—	—
13.60	480 \pm 22	501	—	—	—	—	—
13.90	503 \pm 24	524	—	—	—	—	—
14.00	—	531	—	—	600 \pm 100	—	—
14.10	538 \pm 25	538	573 \pm 29	—	—	—	—
14.20	—	544	—	—	—	—	—
14.35	555 \pm 25	—	—	—	—	—	—
14.50	—	560	—	—	—	—	—
14.70	—	570	—	653 \pm 30	—	604 \pm 20	—
14.73	572 \pm 26	—	—	—	—	—	—
14.80	—	—	—	—	—	—	6500
14.92	—	—	610 \pm 30	—	—	—	—

表 1 和图 1 是本文和其他作者所测的 $^{107}\text{Ag}(n, 2n)^{106\text{m}}\text{Ag}$ 的反应截面数据。 $^{27}\text{Al}(n, \alpha)^{24}\text{Na}$ 反应截面数据是从文献[7]中取得。实验误差主要来自标准截面误差(0.4—0.8%), 统计误差(0.6—1.5%), γ 测量效率误差(3%), 称重误差(0.18%), 自吸收校正和级联符合校正误差(均为 0.2%)等。用铈铅比确定中子能量误差为 1.5%, 在截面误差计算中未计入。

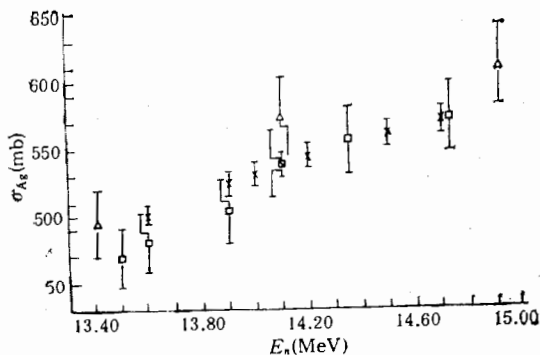


图 1 $^{107}\text{Ag}(n, 2n)^{106\text{m}}\text{Ag}$ 的激发曲线

□—本文 ×—[1] △—[2]

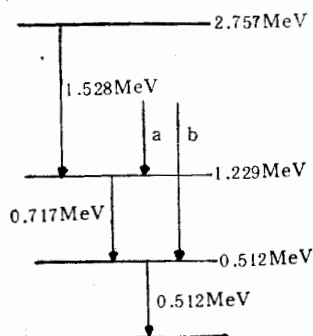


图 2 $^{106\text{m}}\text{Ag}$ 衰变纲图中与能量为 1.528 MeV γ 射线有关的级联 γ 跃迁

从图 1 可以看出, 本文测得的 $^{107}\text{Ag}(n, 2n)^{106\text{m}}\text{Ag}$ 反应截面数值和文献[1]中的数值在实验误差范围内是符合的。必须指出, 由于本实验 γ 效率测量误差较大, 因而导致所测截面的误差也较大。

前面已经指出 $^{106\text{m}}\text{Ag}$ 的衰变纲图极为复杂, 多 γ 级联符合效应对准确地探测生成核的放射性很有影响。在分析了 $^{106\text{m}}\text{Ag}$ 的衰变纲图以后, 我们观察到能量为 1.528 MeV γ 射线有关的其它级联 γ 射线的发射情况具有图 2 的特征, 比较简单, 易于进行级联符合效应的校正, 图中 a 和 b 分别表示跃迁至 1.229 MeV 和 0.512 MeV 能级的其它多重 γ 射线。能量为 1.528 MeV 的 γ 射线的发射率为 16.41%^[10]。

参加本工作的还有杨景康同志。

参 考 文 献

- [1] W. Mannhart and H. Vonach, *Z. Physik*, **A272**(1975), 279.
- [2] P. Bayhist et al., *Phys. Rev.*, **C12**(1975), 451.
- [3] B. Minetti and A. Pasquarelli, *Nucl. Phys.*, **A118**(1968), 449.
- [4] H. Vonach, *Anz. Östere. Akad. Wiss.*, **9**(1961), 116.
- [5] H. K. Vonach, W. G. Vonach, H. Münzer and P. Schrammel, Neutron Cross Section and Technology, Proc. of a Conf., Washington, March 1968, NBS Special Publ., 299, Vol. 1, P885.
- [6] S. K. Mukherjee et al., *Proc. Phys. Soc.*, **77**(1961), 508.
- [7] Al (n, α) Cross Section-Recommended Reference Data Numerical Values from S. Tagesen and H. Vonach, *Physica Data* 13-1(1981).
- [8] V. E. Lewis and K. J. Zieba, *Nucl. Instr. and Meths.*, **174**(1980), 141.
- [9] V. E. Lewis, *Metrologia*, **20**(1984), 49.
- [10] C. W. Lederer et al., *Table of Isotopes*, 1978, P481.

THE CROSS SECTION MEASUREMENT FOR THE $^{107}\text{Ag}(n, 2n)^{106\text{m}}\text{Ag}$ REACTION

WANG HUAMIN WANG YONGCHANG YUAN JUNQIAN

WANG XUEZHI REN ZHONGLIANG

(Lanzhou University)

ABSTRACT

The cross section for $^{107}\text{Ag}(n, 2n)^{106\text{m}}\text{Ag}$ has been measured by using the activation method relative to the cross section of $^{27}\text{Al}(n, \alpha)^{24}\text{Na}$ in the neutron energy range of 13.50—14.73 MeV. The values of 469 ± 22 , 480 ± 22 , 503 ± 24 , 538 ± 25 , 555 ± 25 , 572 ± 26 mb were obtained at the 13.50, 13.60, 13.90, 14.10, 14.35 and 14.73 MeV neutron energy, respectively. The results are compared with the published data. The neutron energies were determined by activity ratios of Nb and Zr foils.