



上海激光电子伽马源的伽马活化实验平台建设

杨宇萱 张岳 赵维娟 王宏伟 范功涛 许杭华 刘龙祥 郝子锐 李志才 金晟 陈开杰 焦普 周梦蝶 王振伟

Construction of Gamma Activation Experimental Platform for Shanghai Laser Electron Gamma Source

YANG Yuxuan, ZHANG Yue, ZHAO Weijuan, WANG Hongwei, FAN Gongtao, XU Hanghua, LIU Longxiang, HAO Zirui, LI Zhicai, JIN Sheng, CHEN Kaijie, JIAO Pu, ZHOU Mengdie, WANG Zhenwei

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.11804/NuclPhysRev.41.2023CNPC42>

引用格式:

杨宇萱, 张岳, 赵维娟, 王宏伟, 范功涛, 许杭华, 刘龙祥, 郝子锐, 李志才, 金晟, 陈开杰, 焦普, 周梦蝶, 王振伟. 上海激光电子伽马源的伽马活化实验平台建设[J]. 原子核物理评论, 2024, 41(1):433–438. doi: 10.11804/NuclPhysRev.41.2023CNPC42
YANG Yuxuan, ZHANG Yue, ZHAO Weijuan, WANG Hongwei, FAN Gongtao, XU Hanghua, LIU Longxiang, HAO Zirui, LI Zhicai, JIN Sheng, CHEN Kaijie, JIAO Pu, ZHOU Mengdie, WANG Zhenwei. Construction of Gamma Activation Experimental Platform for Shanghai Laser Electron Gamma Source[J]. Nuclear Physics Review, 2024, 41(1):433–438. doi: 10.11804/NuclPhysRev.41.2023CNPC42

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

上海激光康普顿散射伽马源的发展和展望

Development and Prospect of Shanghai Laser Compton Scattering Gamma Source

原子核物理评论. 2020, 37(1): 53–63 <https://doi.org/10.11804/NuclPhysRev.37.2019043>

上海激光电子伽马源(SLEGS)核共振荧光谱仪设计及探测器性能分析

Nuclear Resonance Fluorescence Spectrometer Design and Detector Performance Analysis of Shanghai Laser Electron Gamma Source(SLEGS)

原子核物理评论. 2023, 40(1): 58–65 <https://doi.org/10.11804/NuclPhysRev.40.2022040>

LaBr₃(Ce)–CsI(Tl)紧凑式叠层反康伽马探测器研制

Study on Compton-suppressed Phoswich Gamma-ray Detector of LaBr₃(Ce)–CsI(Tl)

原子核物理评论. 2023, 40(1): 73–77 <https://doi.org/10.11804/NuclPhysRev.40.2022021>

TMSR白光中子源本底屏蔽设计

Background Shielding Design for TMSR Photoneutron Source

原子核物理评论. 2020, 37(3): 777–783 <https://doi.org/10.11804/NuclPhysRev.37.2019CNPC38>

激光电子散射中的最大可能增益

The Possible Maximum Gain in Laser Electron Scattering

原子核物理评论. 2022, 39(2): 172–178 <https://doi.org/10.11804/NuclPhysRev.39.2021046>

基于XUV激光脉冲和反应显微成像技术的原子分子光物理实验平台

Experimental Platform of Atomic and Molecular Photophysics Based on XUV Laser and Reaction Microscope

原子核物理评论. 2020, 37(2): 225–232 <https://doi.org/10.11804/NuclPhysRev.37.2019065>

文章编号: 1007-4627(2024)01-0433-06

上海激光电子伽马源的伽马活化实验平台建设

杨宇萱^{1,2}, 张岳³, 赵维娟^{1,†}, 王宏伟^{2,3,4,†}, 范功涛^{2,3,4}, 许杭华³, 刘龙祥³, 郝子锐³, 李志才^{3,5},
金晟^{2,4}, 陈开杰^{2,6}, 焦普^{3,7}, 周梦蝶^{3,7}, 王振伟^{2,4}

- (1. 郑州大学物理学院, 郑州 450001;
2. 中国科学院上海应用物理研究所, 上海 201800;
3. 中国科学院上海高等研究院, 上海 201210;
4. 中国科学院大学, 北京 100080;
5. 南华大学核科学与技术学院, 湖南 衡阳 421001;
6. 上海科技大学物质科学与技术学院, 上海 201210;
7. 河南师范大学物理学院, 河南 新乡 453007)

摘要: 上海激光电子伽马源 (Shanghai Laser Electron Gamma Source, SLEGS) 通过激光与电子逆康普顿散射产生准单能、能量连续可调的兆电子伏伽马束, 是目前国际上唯一一台可连续变换碰撞角度的激光康普顿散射 (Laser Compton Scattering, LCS) 伽马源装置。伽马活化是研究材料特性的有效手段之一, 本文介绍了上海激光电子伽马源的伽马活化平台情况: 包括在线活化过程、离线低本底测量、高纯锗 (High Purity Germanium, HPGe) 探测器的能量效率刻度等。目前的低本底屏蔽使得测量系统本底计数率降低到约 5.2 cps (60 keV~3 MeV 能区)。SLEGS 的活化平台为开展伽马活化测量研究提供了有利条件, 未来在核物理、核天体物理、医学应用、材料科学和环境科学等领域的研究将会发挥重要的作用。

关键词: 伽马源; 伽马活化; 低本底测量; SLEGS

中图分类号: O571.1; O571.42⁺4 **文献标志码:** A **DOI:** 10.11804/NuclPhysRev.41.2023CNPC42

0 引言

伽马射线是核技术及应用研究的理想探针之一, 能穿透较厚物质并产生电离和激发作用, 广泛应用于核反应、核结构、核能和核医学等领域。活化方法包括质子活化、中子活化和伽马活化等。活化测量广泛应用在核反应截面测量、核能源开发及核废料处理、核素成分分析、束流标定、医学和考古等领域^[1-2]。我国建设有多类型的中子源和质子源, 例如反应堆热中子源、DD/DT 快中子源^[3], 基于加速器的钍基熔盐堆白光中子源^[4]、中国散裂中子源 (CSNS)^[5]等, 以及广泛使用的静电加速器、串列加速器质子源, 这些源装置大大促进了中子活化和质子活化技术在核分析、材料检测、医学应用等方面的发展。伽马活化是除质子活化方法和中子活化方法之外的一种重要的活化技术。在伽马活化方法中, 原子核吸收高能 γ 射线, 导致靶核被激发至短寿命的激发

态。随后, 靶核通过发射次级射线或粒子 (如 γ 、中子、质子、 α 粒子或裂变产物) 而生成具有放射性的剩余核。通过测量剩余核在退激发时发射的特征 γ 射线, 能够确定剩余核的性质。这一方法为深入研究核反应和核结构提供了有力的手段, 为深入理解原子核的性质和衰变提供了重要的信息。早期基于加速器产生的韧致辐射 γ 射线和核反应 γ 射线对伽马活化技术进行了探索研究, 利用韧致辐射 γ 射线对碳、氮、氧、钨、铜等核素含量进行测定^[6-7], 并对韧致辐射伽马源的伽马活化方法可行性进行了分析^[8]。中国原子能科学研究院利用质子俘获反应的 9.17 MeV 单能 γ 射线对¹⁹⁷Au(γ , n) 反应截面进行了活化测量^[9]。由于伽马源装置数量稀少, 影响了伽马活化方法在国内的应用发展。

2021 年 12 月上海激光电子伽马源 (SLEGS) 成功验收^[10-11], 给我国伽马活化方法的研究提供了新的平台。上海激光电子伽马源是基于上海光源同步辐射储存环

收稿日期: 2023-08-07; 修改日期: 2024-02-03

基金项目: 国家重点研发计划项目 (2022YFA1602404); 国家自然科学基金资助项目 (12275338, 12005280); 核数据重点实验室基金项目 (JCKY2022201C152); 中国科学院国际人才计划访问学者项目 (2021VMA0025)

作者简介: 杨宇萱 (1995-), 女, 河南鹤壁人, 博士研究生, 从事核物理实验研究; E-mail: yangyuxuan@sinap.ac.cn

† 通信作者: 赵维娟, E-mail: zwj@zzu.edu.cn; 王宏伟, E-mail: wanghw@sari.ac.cn

3.5 GeV 电子与 10.64 μm CO_2 激光碰撞产生兆电子伏的 γ 射线。SLEGS 有斜入射和背散射两种工作模式, 分别对应 20~160° 和 180° 碰撞角度, 通过调整激光与电子束的碰撞角度可产生能量连续可调的准单能伽马束流^[12-15], 伽马能量范围为 0.25~21.7 MeV, 积分通量为 $2.1 \times 10^4 \sim 1.2 \times 10^7$ photons/s。SLEGS 可开展核物理、核天体物理等基础研究和伽马辐照、伽马成像等应用基础研究。SLEGS 的伽马能区覆盖了光核反应的核荧光共振、矮共振和巨共振能区, 有利于开展伽马活化方法的研究, 基于 SLEGS 的伽马活化方法可对伽马束流通量标定、医用同位素光核反应截面^[16-18]、核天体物理关键核素的光核反应截面测量等开展研究^[19], 为我国光核反应截面数据库和医学应用等方面作出重要贡献。本文第一节介绍了伽马活化的基本原理; 第二节介绍了 SLEGS 的活化平台; 第三节介绍了低本底装置的能量和探测效率刻度; 第四节是总结和展望。

1 伽马活化原理方法介绍

在光核反应 $A(\gamma, b)C$ 中, 束流通量为 ϕ_b (1/s) 的伽马束流轰击面密度为 n_A (atoms/cm²) 的靶核 A , 反应的粒子个数为 N_{reac} (1/s), 可得反应截面为

$$\sigma_{\text{reac}} = \frac{N_{\text{reac}}}{n_A \phi_b} \quad (1)$$

如果剩余核 C 具有放射性就可以通过退激 γ 射线来测量反应截面。剩余核的产额为

$$N_{\text{prod}} = \sigma_{\text{reac}} n_A C_{iy} A_b \sum_{i=1}^n \phi_b \frac{1 - e^{-\lambda t_{\text{irrad}}}}{\lambda} e^{-\lambda t_{\text{irrad}}(n-i)}, \quad (2)$$

其中: t_{irrad} 为辐照时间; λ (1/s) 是衰变常数, 半衰期 $T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$ (s); 靶的丰度为 A_b ; $C_{iy} = e^{-(\mu/\rho)_o x}$ 为入射伽马衰减因子, x (g/cm²) 为面密度, 质量衰减系数 μ/ρ 由美国国家标准与技术研究院 (National Institute of Standards and Technology, NIST) 数据库可得。剩余核衰变的个数为

$$N_{\text{decay}} = N_{\text{prod}} e^{-\lambda t_w} (1 - e^{-\lambda t_m}), \quad (3)$$

t_w 为辐照结束到离线 HPGe 测量计数开始所经过的冷却时间; t_m 为离线测量时间; 探测器测到的有效计数为

$$N_\gamma = N_{\text{decay}} I_\gamma \eta C_{oy}, \quad (4)$$

其中 I_γ 为伽马相对强度, 由美国国家核数据中心 (National Nuclear Data Center, NNDC) 数据可得; η 为探测效率; $C_{oy} = e^{-(\mu/\rho)_o x}$ 为衰变特征伽马的衰减因子^[20]。辐照时长通常由所研究的反应产物来确定, 产生放射性核素的产额随时间的增加逐渐达到饱和。超过三个半衰期的辐照时长并不能提供额外的产额, 停止辐照后, 产生

的放射性核素随指数衰变。活化、冷却及测量过程如图 1 所示。

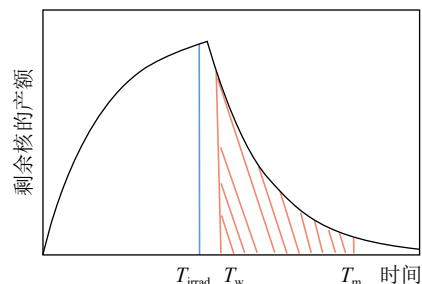


图 1 伽马活化测量的产额与时间关系图 (在线彩图)

伽马反应截面一般在 mb 量级, 对于重核来说通常在 500 mb 以下, 轻核在 100 mb 以下, 因此, 伽马活化可以不用较长的冷却时间, 活化后即可开始离线测量, 对一些短寿命核素的测量更有利。作为一类重要的活化技术, 伽马活化的研究领域有:

- 1) 伽马活化流强监测研究: 在韧致辐射伽马源, 激光电子伽马源装置中用来标定和监测束流强度;
- 2) 伽马活化无损检测研究: 通过伽马活化分析 (Gamma Activation Analyses, GAA) 测量古金币、青铜器等材料中的核素成分, 分析其产地、来源和年代等;
- 3) 伽马活化核素截面研究: 在核天体物理 p 过程, 医用同位素的产生等领域, 可以用来测量关键核素的共振截面数据。

束流通量是伽马束流的一项关键指标, 伽马束流通量的精确测量是核反应截面测量必不可少的物理量。通过在线活化和离线衰变测量可以很好地标定伽马束流通量。图 2 为可用于伽马束流监控的一些短寿命核素的反应截面。利用现有的这些核素的反应截面, 可以对伽马束流通量进行监控。基于 SLEGS 活化分析技术同样可以开展医用同位素的光核反应截面测量, 以及开展一些放射性核的截面测量。例如, 核天体物理 p 过程低丰度核素截面的测量, 其光核反应截面的测量对了解核素核合成具有重要意义^[21]。

2 伽马活化平台布局

SLEGS 的伽马活化实验平台位于上海光源实验大厅 BL03SSID 光束线实验棚屋的束流出口前端, 如图 3 所示, 设计有多个可方便插拔靶架, 可同时活化多种靶材, 对伽马束流进行充分利用, 伽马束斑可利用粗准直器选择 $\Phi 2$ mm 或者 $\Phi 3$ mm, 采用 $\Phi 10$ mm 活化靶片。实验棚屋末端为可变厚度铜衰减装置 (临时设置) 和放置于束流垃圾桶内的大尺寸 $\text{LaBr}_3(\text{Ce})$ 探测器用于在线监控衰减后的束流通量。 $\text{LaBr}_3(\text{Ce})$ 探测器的信号由 CAEN DT5730B 波形采样器采集, CAEN CoMPASS 进

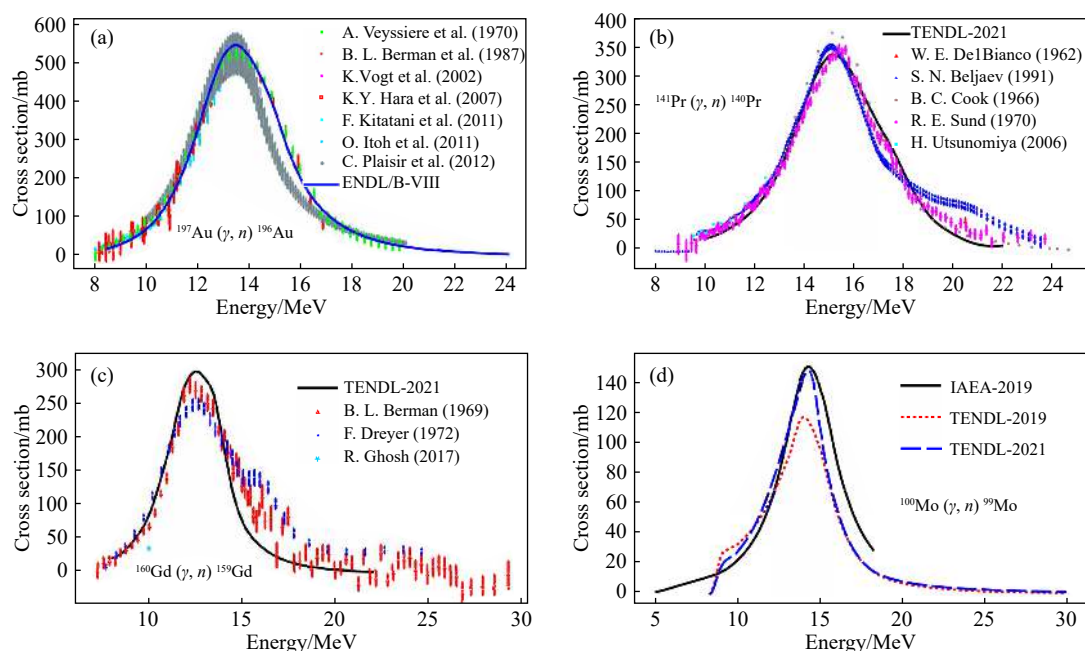


图 2 束流流量监测核素的光核反应截面(在线彩图)

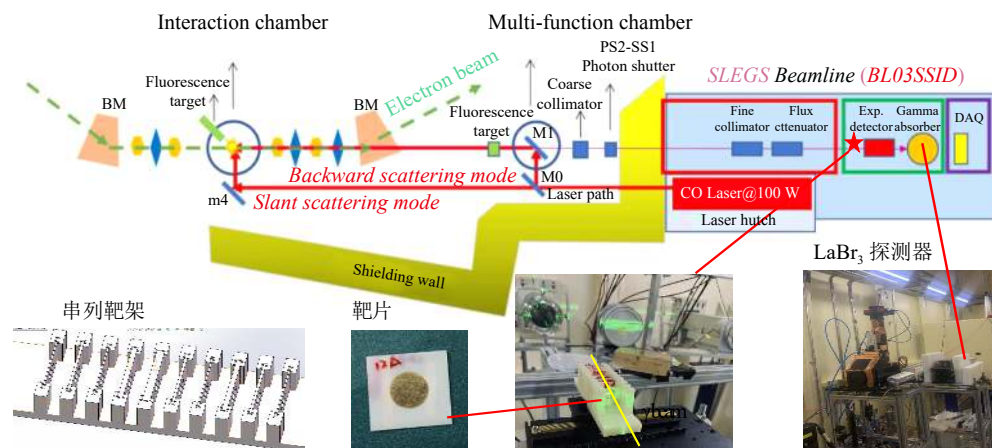


图 3 SLEGS 活化平台

照片从左至右依次为: 活化靶架、活化靶片、活化位置、LaBr₃(Ce)探测器在线束流监控。

行数据获取并在线分析。束斑定位采用硅像素探测器(MiniPIX), 信号读出采用欧洲核子中心(CERN)研发的Timepix 芯片(256×256, 像素大小 55 μm), 可以实现 X 射线位置和能量的测量。机械控制平台调节靶架位置位于束流中心, 配合使用具有特殊形状的定位靶片及 MiniPIX 成像探头可以精准定位准直。束斑测量如图 4 所示。

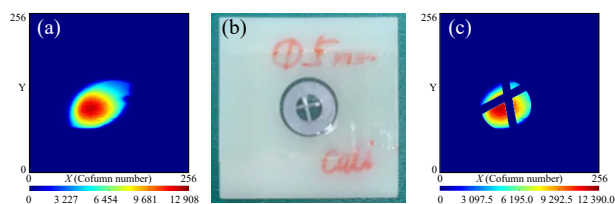


图 4 MiniPIX 测量束斑及位置定位(在线彩图)

(a) 3 mm 束斑; (b) 定位靶片, 中心为金属十字丝; (c) 经过定位靶片的束斑图像。

3 伽马活化低本底测量

SLEGS 计划建设两台离线低本底活化测量装置, 由 ORTEC 的 P 型高纯锗 (HPGe) 探测器和低本底铅砖屏蔽组成, 可满足交替离线测量的需求。HPGe 的参数如表 1 所列, 同时设计离线测量靶架如图 3 插图所示, 准确约束活化靶与 HPGe 的相对位置, 可用来离线测量活化靶的退激 γ 射线和 HPGe 的探测效率刻度。

γ 射线入射到 HPGe 探测器灵敏区中发生光电效应、康普顿效应、正负电子对产生等。使用 ORTEC 659 高压模块对 HPGe 探测器施加偏压, 通过外加偏压使电子在外加电场的作用下被收集, 在输出电路中形成脉冲电信号被 CAEN V1730s 波形采样器记录。同时进行梯形滤波等转换分析处理, 从而得到入射 γ 射线的能量, 并

在 CoMPASS 数据获取软件中实时获取。如图 5 所示, 可以实时查看活化靶的衰变特征 γ 射线。

表 1 采用的同轴型 ORTEC HPGe 探测器参数

ORTEC	GEM-50195-P	GEM-70200-P
晶体直径/mm	67.1	69.6
晶体长度/mm	65.5	90.1
铝窗厚度/mm	1.0	1.0
表面死层/mm	700	700
出厂分辨	1.69keV@1.33MeV	1.85keV@1.33MeV
探测效率	55.2%@1.33MeV	74.2%@1.33MeV
推荐高压/V	+2 200	+2 500

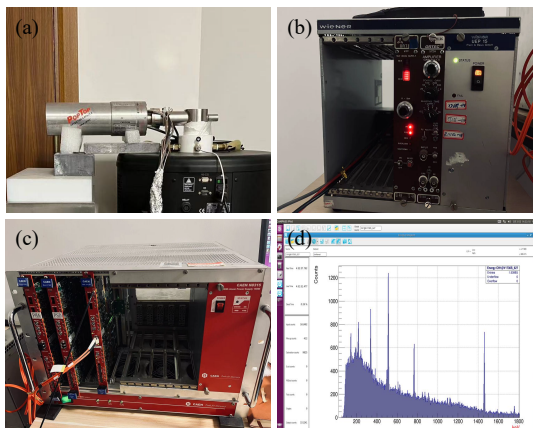


图 5 伽马活化离线低本底测量

(a) ORTEC HPGe GEM-70200-P 探头; (b) ORTEC 659 高压模块;
(c) CAEN V1730s 波形采样器; (d) CAEN CoMPASS 数据获取。

3.1 本底测量

天然本底主要是由环境中的天然放射性核素、宇宙射线和屏蔽材料中的放射性核素产生的。铅砖对 γ 射线有很好的屏蔽效果, 采用低本底铅砖能够有效地屏蔽环境天然 γ 射线本底。在无屏蔽、50 mm 普通铅砖屏蔽、50 mm 低本底铅砖、100 mm 低本底铅砖四种情况下进行本底测量, 结果如图 6 所示。低本底铅砖对 500 keV 以下的 γ 射线很好的屏蔽作用; 50 mm 厚的低本底铅砖获得 60 keV~3 MeV 能区的本底计数约为 12 cps; 100 mm 厚低本底铅砖获得 60 keV~3 MeV 能区的本底计数约为 5.2 cps。可以看到, 简单的低本底铅砖即对天然 γ 射线本底具有较好的屏蔽效果。

3.2 HPGe 探测器刻度

离线测量活化反应靶衰变特征 γ 射线前, 需要对 HPGe 探测器进行能量刻度和效率刻度。使用 ^{57}Co 、 ^{137}Cs 、 ^{241}Am 、 ^{152}Eu 标准刻度源, 源参数如表 2 所列, 以及利用硅酸钇镨闪烁晶体 (LYSO) 中的 ^{176}Lu 和氯化钾中 ^{40}K 对 HPGe 进行能量刻度和效率刻度。HPGe 探

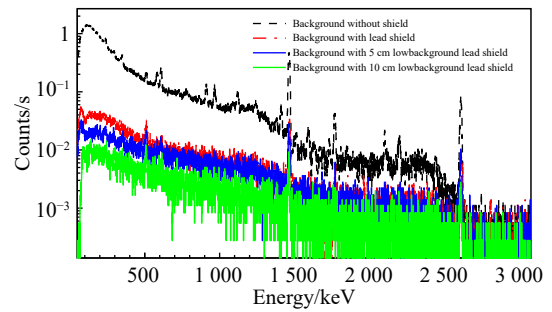


图 6 HPGe 探测器测量的环境本底及屏蔽后本底计数降低情况(在线彩图)

表 2 HPGe 探测效率刻度使用的放射源

放射源	γ 能量/keV	分支比 I_γ	活度/kBq	半衰期/a
^{241}Am	59.540	0.3590	6.516	432.600
^{57}Co	122.060	0.8569	80.730	0.744
	136.470	0.106 8		
^{137}Cs	661.660	0.851 0	8.177	30.170
^{60}Co	1 332.490	0.999 8	81.960	5.272
	1 173.230	0.998 5		
^{152}Eu	40.120	0.377 0	24.500	13.517
	121.780	0.285 3		
	344.280	0.266 0		
	778.900	0.129 3		
	964.060	0.145 1		
	1 085.840	0.101 1		
	1 112.080	0.136 7		
	1 408.013	0.208 7		

测器全能峰的效率 ϵ 可由以下公式表示:

$$\epsilon = \frac{N}{A_0 e^{-\lambda T} B_\gamma t} F_{\text{isc}}, \quad (5)$$

其中: N 是全能峰内 γ 射线计数; A_0 是放射源出厂时标定的活度; T 是测量前与放射源出厂的时间差; t 是测量时间; B_γ 是特征 γ 射线的比活度; F_{isc} 为加和修正系数, 利用蒙特卡罗程序 GEANT4 模拟进行加和效应修正 [22]。HPGe 探测器的探测效率 ϵ 可由多参数指数式 (6) 进行拟合:

$$\epsilon = e^{a+b\ln E+c\ln E^2+d\ln E^3+e\ln E^4+f\ln E^5}, \quad (6)$$

其中: E 为 γ 射线的能量, 单位为 keV; 测量的探测效率如图 7(b) 所示, 其中拟合参数 $a=51.770 8$, $b=-35.058 67$, $c=0.124 3$, $d=-1.916 7$, $e=-0.325 7$, $f=-29.868 8$ 。

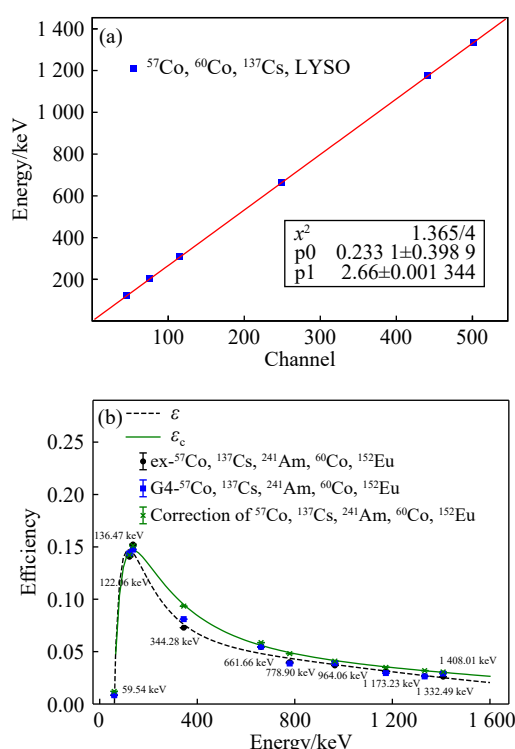


图 7 HPGe 探测器的能量刻度和效率刻度 (在线彩图)

(a) 能量刻度; (b) 效率刻度。

4 研究与展望

SLEGS 伽马活化平台已经完成了第一台 HPGe(ORTEC GEM-70200-P) 低本底屏蔽及离线测试测量, 通过金靶的活化测量, 获得了较好的伽马束流强度数据, 与安装在束线末端的 LaBr₃(Ce) 探测器在线测量的伽马通量数据在误差范围内符合一致, 检验了 SLEGS 活化测量技术的可靠, 目前已经完成了一批短寿命放射性核素的活化测量, 第二台 HPGe(ORTEC GEM-50195-P) 低本底屏蔽也正在组建中。SLEGS 伽马活化平台和伽马活化方法学已经逐步建立, 基于这个平台, 我们正在开展多种伽马活化研究:

- 1) SLEGS 伽马活化实验方法学研究和平台改进;
- 2) 利用 ¹⁹⁷Au, ⁶⁴Zn, ⁶³Cu 等伽马活化材料, 完成了对 SLEGS 束流强度的校准, 可以利用短寿命核素实现伽马流强的快速测量;
- 3) 基于伽马活化法开展了系列医用同位素核的光核巨共振 (GDR) 的截面测量;
- 4) 基于伽马活化法开展了核天体物理相关的 p 核 (例如 ⁹⁸Ru、⁹⁶Ru 等) 的稀有同位素光核反应截面测量与研究。

参考文献:

- [1] SEGEBADE C, BERGER A. Photon Activation Analysis[M]. New York: John Wiley & Sons, Ltd, 2008.
- [2] SEGEBADE C, STAROVOITOVA V N, BORGWARDT T, et al. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 2017, 312(3): 443.
- [3] HUANG Z W, WANG J R, WEI Z, et al. *Journal of Instrumentation*, 2018, 13(01): P01013.
- [4] WANG Hongwei, CHEN Jingen, CAI Xiangzhou, et al. *Nuclear Techniques*, 2014, 37: 120. (in Chinese)
(王宏伟, 陈金根, 蔡翔舟, 等. *核技术*, 2014, 37: 120.)
- [5] CHEN Hesheng. *Modern Physics*, 2016, 28: 3. (in Chinese)
(陈和生. *现代物理知识*, 2016, 28: 3.)
- [6] XU Yongdai, JIANG Huixia, CHEN Yiyan. *International Journal of Radiation Medicine and Nuclear Medicine*, 1979, 3(2): 137. (in Chinese)
(徐永代, 姜会侠, 陈贻燕. *国际放射医学核医学杂志*, 1979, 3(2): 137.)
- [7] ZHANG Jinglie, ZHAO Zhenlan, LUO Shihua, et al. *Nuclear Techniques*, 1982, 4: 123. (in Chinese)
(张景烈, 赵珍兰, 罗世华, 等. *核技术*, 1982, 4: 123.)
- [8] FANG Yibing, MIAO Lin, PAN Qiyuan, et al. *Nuclear Techniques*, 1985, 6: 22. (in Chinese)
(方奕兵, 苗林, 潘企元, 等. *核技术*, 1985, 6: 22.)
- [9] DANG Y L, LIU F L, FU G Y, et al. *Chinese Physics B*, 2019, 28(10): 100701.
- [10] WANG H W, FAN G T, LIU L X, et al. *Nuclear Science and Techniques*, 2022, 33(7): 87.
- [11] WANG Hongwei, FAN Gongtao, LIU Longxiang, et al. *Nuclear Physics Review*, 2020, 37: 53. (in Chinese)
(王宏伟, 范功涛, 刘龙祥, 等. *原子核物理评论*, 2020, 37: 53.)
- [12] XU H H, FAN G T, WANG H W, et al. *Nucl Instr and Meth A*, 2022, 1033: 166742.
- [13] HAO Z R, FAN G T, WANG H W, et al. *Nucl Instr and Meth A*, 2021, 1013: 165638.
- [14] HAO Z R, FAN G T, WANG H W, et al. *Nucl Instr and Meth B*, 2022, 519: 9.
- [15] HAO Zirui, FAN Gongtao, WANG Hongwei, et al. *Nuclear Techniques*, 2020, 43: 61. (in Chinese)
(郝子锐, 范功涛, 王宏伟, 等. *核技术*, 2020, 43: 61.)
- [16] HABS D, KÖSTER U. *Applied Physics B*, 2011, 103(2): 501.
- [17] QAIM S M. *Nuclear Medicine and Biology*, 2017, 44: 31.
- [18] YANG Y X, ZHAO W J, CAO X G, et al. *Radiation Physics and Chemistry*, 2024, 218: 111599.
- [19] GYURKY G, FULOP Z, KOPPELER F, et al. *The European Physical Journal A*, 2019, 55(3): 41.
- [20] HUBBELL J H, SELTZER S M. NIST Standard Reference Database 126, 2004.
- [21] MOHR P, FÜLÖP Z, UTSUNOMIYA H. *The European Physical Journal A*, 2007, 32(3): 357.
- [22] HE L C, DIAO L J, SUN B H, et al. *Nucl Instr and Meth A*, 2018, 880: 22.

Construction of Gamma Activation Experimental Platform for Shanghai Laser Electron Gamma Source

YANG Yuxuan^{1,2}, ZHANG Yue³, ZHAO Weijuan^{1,†}, WANG Hongwei^{2,3,4,†}, FAN Gongtao^{2,3,4}, XU Hanghua³, LIU Longxiang³,
HAO Zirui³, LI Zhicai^{3,5}, JIN Sheng^{2,4}, CHEN Kaijie^{2,6}, JIAO Pu^{3,7}, ZHOU Mengdie^{3,7}, WANG Zhenwei^{2,4}

(1. School of Physics, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China;

2. Shanghai Institute of Applied Physics, Chinese Academy of Sciences, Shanghai 201800, China;

3. Shanghai Advanced Research Institute, Chinese Academy of Sciences, Shanghai 201204, China;

4. University of Chinese Academy of Science, Beijing 100080, China;

5. School of Nuclear Science and Technology, University of South China, Hengyang 421001, Hunan, China;

6. School of Physics Science and Technology, ShanghaiTech University, Shanghai 201210, China;

7. School of Physics, Henan Normal University, Xinxiang 453007, Henan, China)

Abstract: Shanghai Laser Electron Gamma Source (SLEGS) is a quasi-monoenergetic, and energy-tunable MeV gamma-rays source generated by the inverse Laser Compton Scattering (LCS) of lasers and electrons. SLEGS is the only LCS gamma source in the world with a continuously variable collision angular range. The gamma activation analysis is one of the effective methods to study the properties of materials. This paper introduces the gamma activation platform of SLEGS, including the online activation experiment, the low background offline measurement, and the energy and efficiency calibration for the high purity germanium (HPGe) detector. The counting rate of the shielded HPGe has been controlled down to 5.2 cps/s within 60 keV~3 MeV region under the current low background environment. The activation platform of the SLEGS has provided favorable conditions for gamma activation measurements, which will play an important role in future research in the fields of nuclear physics, nuclear astrophysics, medical applications, materials science, and environmental science.

Key words: gamma source; gamma activation; low background measurement; SLEGS

Received date: 07 Aug. 2023; **Revised date:** 03 Feb. 2024

Foundation item: National Key Research and Development Program of China (2022YFA1602404); National Natural Science Foundation of China (12275338, 12005280); Key Laboratory of Nuclear Data foundation (JCKY2022201C152); CAS President's International Fellowship for Visiting Scientists (2021VMA0025).

† Corresponding author: ZHAO Weijuan, E-mail: zwj@zzu.edu.cn; WANG Hongwei, E-mail: wanghw@sari.ac.cn