

高纯锗 (HPGe) γ 射线谱仪

钱思天 2001112187

2021 年 4 月 13 日

摘要

本实验利用了高纯锗 (HPGe) 谱仪探测器, 对 ^{60}Co , ^{152}Eu 源、环境本底以及矿渣样本进行测量。通过对 ^{152}Eu 源的测量, 对探测系统进行了相对效率刻度, 而后, 通过对 ^{60}Co 源的测量, 对实验测量系统做了绝对效率刻度。而后, 通过调节放大倍数并重新刻度, 让探测器能够探测矿渣中的 γ 射线, 进而判断出矿渣中所含有的元素。

关键词: 高纯锗 γ 射线谱仪、探测效率刻度、未知成分探测

1 背景简介

1.1 高纯锗 γ 射线谱仪

γ 射线是原子核衰变或裂变时放出的辐射, 本质上它是一种能量比可见光和 X 射线高得多的电磁辐射。利用 γ 射线与物质相互作用的规律, 人们已设计出多种类型的 γ 射线的探测器。用于测量 γ 射线能量和强度的仪器称为 γ 能谱仪, 谱仪一般有射线探测器和电子学系统两大部分。最常用的有 NaI(Tl) 闪烁谱仪和高纯锗 (HPGe) 半导体谱仪。闪烁探测器是利用某些物质在射线作用下发光的特性来探测射线的仪器。HPGe 探测器是利用 γ 光子与探测介质原子发生相互作用产生次级电子, 通过次级电子在介质中的电离效应来探测射线的仪器。本实验介绍一种高分辨率的高纯锗 γ 谱仪。高纯锗探测器 (High-Purity Germanium 简称 HPGe 探测器) 实质上是利用纯度极高的锗制成的 P-N 探测器。由于锗的纯度极高, 也就是杂质浓度很低, 因而电阻率很大, 可得到较厚的耗尽层, 又由于锗的原子序数高, 适合于探测 γ 射线。HPGe 探测器具有能量分辨率极高的优点, 所以它被广泛应用于 γ 射线能谱的测量, 使 γ 谱学的面貌发生了根本的变化。近年来, 在核谱学、核反应、核工程和核技术应用等方面, HPGe 探测器已成为分析复杂 γ 能谱的不可缺少的工具。

1.2 实验目的

1. 了解高纯锗 (HPGe) 射线谱仪的原理、一般操作以及数据采集、处理的方法等;
2. 利用 ^{60}Co , ^{152}Eu 做探测效率刻度;
3. 测定未知样品的种类、活度。

2

2.1 实验装置

本实验用到的实验装置比较简单, 有:

1. 高纯锗谱仪一套;

- 2. NIM 机箱、插件式高压电源、低压电源、主放大器各一个；
- 3. 多道数据采集以及微机系统一套。
- 4. ^{60}Co , ^{152}Eu 放射源各一个；
- 5. 未知矿渣样品及固定装置一套。

2.2 实验操作

鉴于上一位同学实验结束时的状况，实验步骤调整如下：

- 1. 连接电子学线路，检查无误后给高纯锗探头加高压至 3500V。并且沿用上一位同学成功的放大倍数 (50×1.12)。
- 2. 测定环境本底与矿渣样品能谱，各 20 分钟。
- 3. 测量 ^{152}Eu 十分钟，利用此数据及接下来测量的 ^{60}Co 数据进行刻度。
- 4. 将主放大器的放大倍数调至两倍 (100×1.12)，而后分别测量 ^{60}Co , ^{152}Eu 及环境本底各 10 分钟，并利用他们进行刻度。

3 数据处理

3.1 利用 ^{60}Co 的测量结果，计算谱仪的相关性能参数

^{60}Co 的测量谱如图1，根据测量结果，可以计算出谱仪的相关性能参数，如谱仪分辨率，峰康比和相对探测效率。为

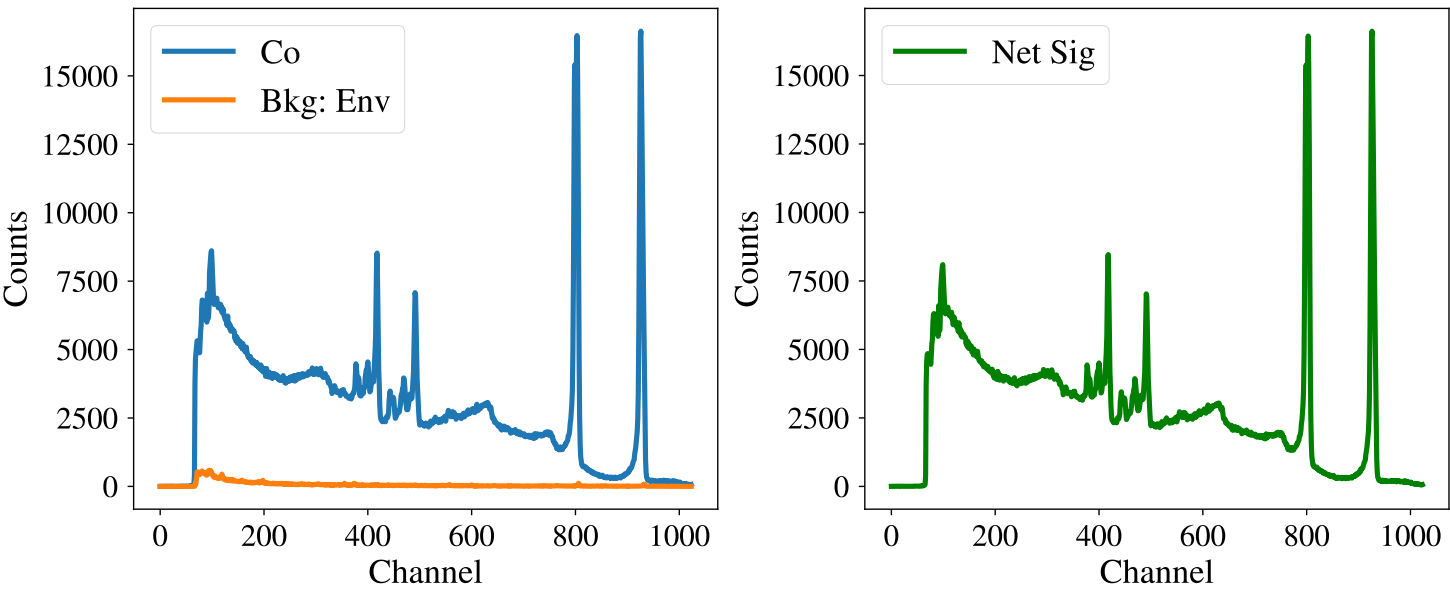


图 1: ^{60}Co 放射源的测量结果

了测算谱仪分辨率等，需要采用 ^{60}Co 的两个特征峰，如图2。利用 PHA18 软件进行寻峰操作，可得结果如表1，易知峰 No.2 为 1.33MeV 全能峰。其他的测量结果为

- 1. 康普顿平台平均计数：4459.5；

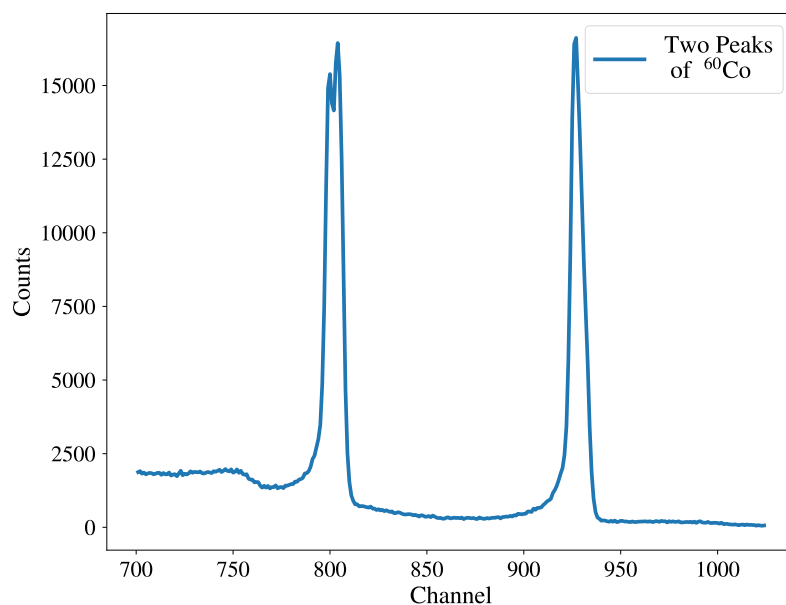


图 2: ^{60}Co 的两个特征峰

2. 活时 528s。

表 1: ^{60}Co 的两个峰的测量结果

| Peak | Channel | FWHM | Peak Counts | Peak Area |
|------|---------|------|-------------|-----------|
| No.1 | 803 | 9.9 | 16472 | 193183 |
| No.2 | 926 | 7.7 | 16633 | 149863 |

计算可得：

1. 谱仪的能量分辨

$$\text{FWHM} * \frac{1332.5 - 1173.2}{826 - 803} = 9.97\text{KeV} \quad (1)$$

2. 峰康比：3.73；

3. 相对探测效率：

$$\varepsilon_{ref} = \frac{S}{Dt} = 0.3\% \quad (2)$$

3.2 刻度

原则上说，既然道址和能量存在线性正比关系，那么最少利用两个点就可以进行刻度。但是，仅仅利用 ^{60}Co 能谱的两个峰进行刻度，结果难免会有测量误差导致的偏差。因此，刻度选用 ^{152}Eu 的各能量峰进行。对 ^{152}Eu 的测量结果如图??所示：

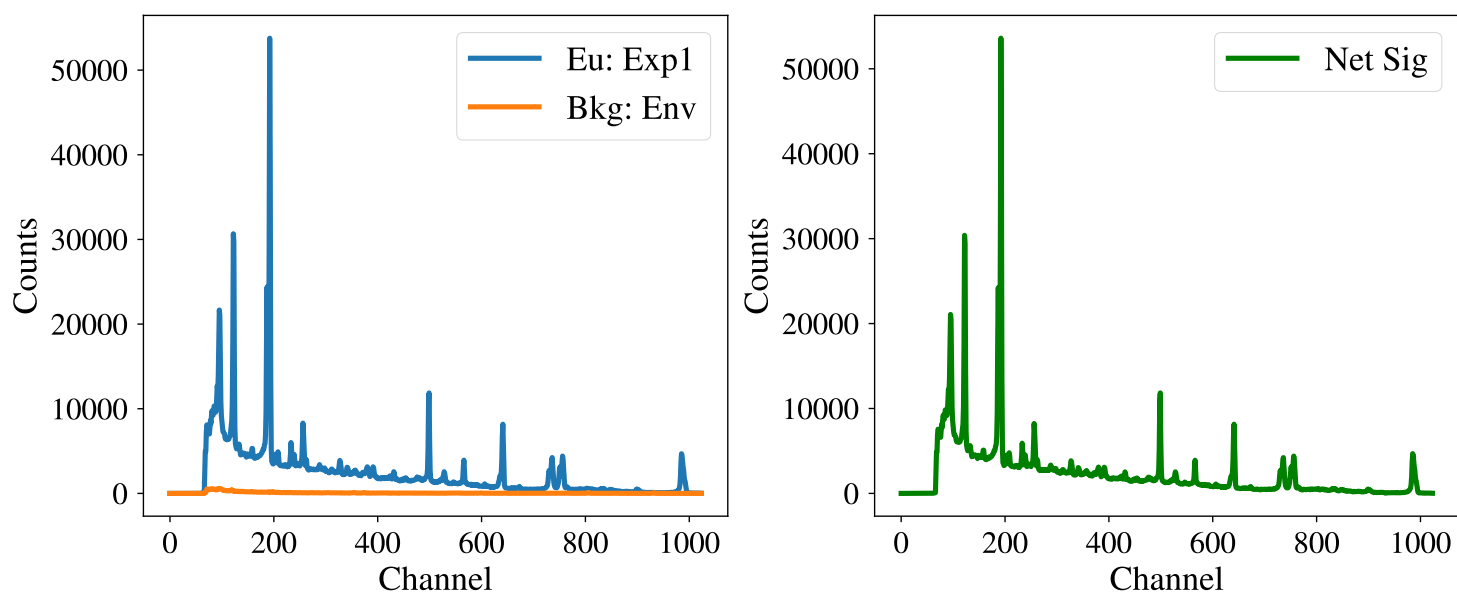


图 3: ^{152}Eu 第一次刻度的测量结果