

# 不同厚度石英对 $\alpha$ 射线的热释光响应

潘宝林, 魏明建, 尹刚

(首都师范大学 资源环境与地理信息系统北京市重点实验室, 北京 100037)

**摘要:** 实验研究了不同厚度石英对  $\alpha$  射线的热释光(TL)响应。使用经 2.64 Gy  $\alpha$  辐照过的石英, 在相同面积的铝片上制作成不同厚度的石英样品, 用热释光剂量仪读取峰面积积分, 最终得出不同厚度的石英随辐照剂量变化的热释光响应。

**关键词:** 石英; 剂量; 热释光响应

**中图分类号:** O482.31      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1000-6931(2008)07-0647-03

## Thermoluminescence Response to $\alpha$ -irradiation for Quartz Samples With Different Thickness

PAN Bao-lin, WEI Ming-jian, YIN Gang

(Beijing City Key Lab of Resources, Environment & Geographic Information System,  
Capital Normal University, Beijing 100037, China)

**Abstract:** The quartz samples with different thickness were adopted to study the thermoluminescence (TL) responses to the  $\alpha$ -irradiation. The quartz was exposed at 2.64 Gy  $\alpha$ -irradiation dose, and then the exposed quartz was installed on aluminous slice with different thickness and same area. According to area integral of the TL peak measured on the equipment, the responses to the alpha dose were obtained for the different thickness quartz samples.

**Key words:** quartz; dose; thermoluminescence response

利用石英晶体对辐射释光的响应作为辐射剂量计已使用了多年<sup>[1-2]</sup>。天然存在的各类辐射中,  $\beta$  射线、 $\gamma$  射线和宇宙射线的穿透能力都很强, 只有  $\alpha$  射线的穿透能力弱, 即使在空气中, 它的射程( $\alpha$  粒子在介质中所走的全部路程)也只有几 cm 到几十 cm。已经证实, 石英晶体对  $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  射线的热释光响应并不一致<sup>[3]</sup>。不同能量的  $\alpha$  粒子在石英中的射程最大为

50  $\mu\text{m}$ , 最小仅为 15  $\mu\text{m}$ <sup>[4]</sup>。本实验所用石英颗粒的粒径范围为 11~40  $\mu\text{m}$ , 用它制成不同厚度的测量样品, 观测  $\alpha$  粒子产生的释光响应。

## 1 方法

### 1.1 样片制作

取 10 个洁净的铝片(直径 10 mm, 厚度

0.5 mm, 表面积  $78.5 \text{ mm}^2$ ), 在其一面涂上硅油, 在万分之一天平上称重、读数  $m_1$ 。取经过  $2.64 \text{ Gy}$   $\alpha$  照射过的石英, 均匀粘附在涂有硅油的铝片上, 分别制作 10 个不同质量的样片, 再在万分之一天平上称重、读数  $m_2$ 。求出石英的质量  $m = m_2 - m_1$ 。

## 1.2 实验

将制好的样片先用热释光仪测其自然值, 再用  $\alpha$  源照射。以初始温度  $200 \text{ }^\circ\text{C}$ 、最高温度  $500 \text{ }^\circ\text{C}$  并持续  $20 \text{ s}$ 、升温速率  $10 \text{ }^\circ\text{C}/\text{s}$ , 测定样片的热释光(TL) 曲线, 记录峰值及峰左右  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  面积积分值, 然后按同样方法累加剂量, 记录峰值及面积积分值。为便于比较, 仪器测试各样品的设置条件保持不变。

热释光测定在首都师范大学光断代实验室中的热释光仪上进行。仪器的升温速率 ( $1 \sim 40 \text{ }^\circ\text{C}/\text{s}$ )、恒温时间 ( $0 \sim 99 \text{ s}$ ) 和温度 ( $0 \sim 400 \text{ }^\circ\text{C}$ ) 均可自由调节, 最高可升温至  $600 \text{ }^\circ\text{C}$ 。在使用过程中, 仪器性能稳定, 再现性良好。

实验使用的辐照源为首都师范大学光断代实验室的  $\alpha$  辐射源 ( $^{241}\text{Am}$  板源, 共 10 个辐照孔, 可同时提供  $\alpha$  辐射, 分别记为  $\alpha_1 \sim \alpha_{10}$ )。实验采用以铝片为载体的  $\text{SiO}_2$  剂量片, 样品编号分别为样片<sub>1</sub>~样片<sub>10</sub>, 与源孔  $\alpha_1 \sim \alpha_{10}$  相对应。

## 2 结果

### 2.1 样片对辐照剂量的热释光响应

在测出 10 个样片的本底值后, 分别选用 20、40、60 和 80 min 4 个不同的辐照时间用  $\alpha$  板源对样片<sub>1</sub>到样片<sub>10</sub>进行辐照。辐照后的样片在热释光仪中进行测量。用多次测量取平均值的方法记录样片的热释光值, 表 1 列出实验结果。

### 2.2 实验用样片的选取

根据样片峰面积积分值建立样片峰面积积分值的散点分布图, 计算  $\text{SiO}_2$  剂量片在  $\alpha$  板源上接受不同剂量后的峰面积积分读数, 求得各样片的相关系数, 利用它选取样片。

从样片<sub>1</sub>~样片<sub>10</sub>中选取受  $\alpha$  辐照源辐照后峰面积积分读数相关系数大于 0.98 的样片做剂量响应实验, 通过样片各剂量点读数散点分布图计算  $\text{SiO}_2$  剂量片对  $\alpha$  源的热释光响应。

表 1 各样片上石英的质量及其热释光量

Table 1 Mass and TL of the quartz on the samples

样品号	$m_1/\text{mg}$	$m_2/\text{mg}$	$m/\text{mg}$	热释光量(相对值)
1	139.8	140.4	0.6	42 050
2	93.2	94.2	1	34 110
3	140.5	142.0	1.5	44 090
4	144.1	145.5	1.4	40 860
5	144.6	146.3	1.7	131 480
6	146.9	148.8	1.9	54 640
7	143.6	146.5	2.9	235 310
8	145.0	149.8	4.8	258 820
9	143.3	150.0	6.7	312 230
10	142.2	154.5	12.3	614 520

根据实验中所得数据, 分析样片峰面积积分随照射时间变化的关系(图 1), 以及峰面积积分随石英质量变化的关系(图 2)。

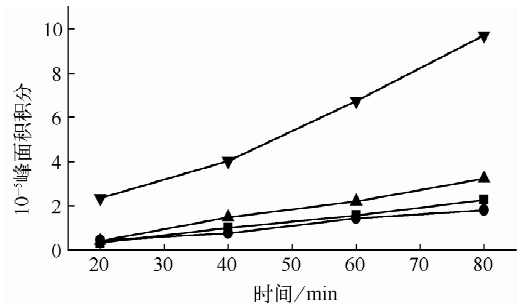


图 1 峰面积积分随照射时间的变化关系

Fig. 1 Variation of area integral between boundaries of peak with irradiated time

■——样片<sub>2</sub>; ●——样片<sub>3</sub>; ▲——样片<sub>4</sub>; ▼——样片<sub>7</sub>

从图 1 可见, 当石英质量为  $1 \sim 3 \text{ mg}$ , 即在铝片上石英厚度为  $4.81 \sim 14.41 \text{ } \mu\text{m}$  (纯石英的密度约为  $2.65 \text{ mg}/\text{mm}^3$ ) 时, 获得的结果较好。从图 2 可见, 当样片上石英质量为  $1 \sim 7 \text{ mg}$ , 即厚度为  $4.81 \sim 33.63 \text{ } \mu\text{m}$  时, 无论接受多少剂量, 随厚度的增加热释光量均增大。当样片上石英的厚度超过  $33.63 \text{ } \mu\text{m}$  时, 在本实验剂量范围内, 所获得的热释光量趋于饱和。

## 3 结论

$\alpha$  辐射对石英的热释光响应与石英样品的厚度至关重要。当样片上石英质量为  $1 \sim 7 \text{ mg}$ ,

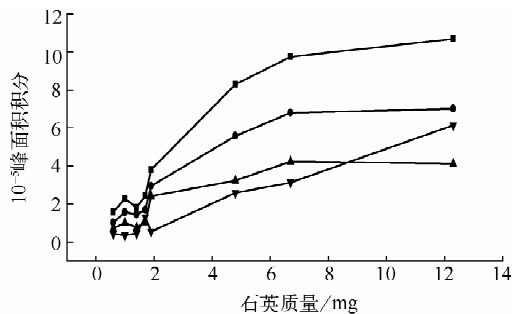


图2 峰面积积分随石英质量的变化关系

Fig. 2 Variation of area integral between boundaries of peak with quartz mass  
照射时间: ■——80 min; ●——60 min;  
▲——40 min; ▼——20 min

即厚度为  $4.81 \sim 33.63 \mu\text{m}$  时, 无论接受多少剂量, 随厚度的增加, 样片的热释光量均增大; 当样片上石英的厚度超过  $33.63 \mu\text{m}$  时, 在本

实验剂量范围内, 所获得的样片上的热释光量趋于饱和。这一研究结果为今后在用石英作  $\alpha$  辐射的热释光剂量计时, 提供了一个有力的实验证据。

感谢李虎侯教授在实验过程中给予的指导。

#### 参考文献:

- [1] ZIMMERMANN D W. Thermoluminescent dating using fine grains from pottery[J]. Archaeometry, 1971, 13(1): 29-33.
- [2] 李虎侯. 热释光断代[M]. 香港: 科学家出版社, 1999: 77-79.
- [3] 李虎侯. 古陶瓷辨识[M]. 香港: 科学家出版社, 2004: 338-339.
- [4] 李虎侯. 考古[M]. 北京: 科学出版社, 1981: 539-550.