

# CsI (Tl) 晶体的辐照损伤研究

何景棠 毛裕芳 董晓黎 陈端保 李祖豪

(中国科学院高能物理研究所 北京 100039)

1995-12-08 收稿

## 摘 要

本文报道 CsI (Tl) 晶体辐照损伤的实验研究, 结果表明, CsI (Tl) 晶体具有辐照损伤效应. 对被辐照损伤过的 CsI (Tl) 晶体作恢复研究, 表明在 200 °C 下加热 4 小时, 可使辐照损伤的 CsI (Tl) 晶体得到恢复.

**关键词** 碘化铯晶体, 辐照损伤, 自然恢复, 光照恢复, 加热恢复.

## 1 引 言

在建造  $\tau$ -C 工厂的建议书中, 建议使用 CsI (Tl) 晶体作为电磁量能器的探测材料<sup>[1]</sup>. CsI (Tl) 晶体的优点是光产额高, 约为 NaI (Tl) 的 50%—80%. 能获得好的能量分辨和位置分辨. 只有轻微潮解. 故不必像使用 NaI (Tl) 晶体那样, 需要严格的密封. 且 CsI (Tl) 晶体价格较 BGO 便宜, 辐射长度为  $X_0=1.87\text{cm}$ . 作为大型电磁量能器材料仍然是可接受的. 使用 CsI (Tl) 晶体作电磁量能器材料的唯一限制可能来自辐照损伤. 以前的工作<sup>[2,4]</sup>表明, CsI (Tl) 晶体接受约 100 rad 的剂量后, 光输出的脉冲高度就有明显的减少. 曾经运行的  $e^+e^-$  对撞机 PETRA 在电磁量能器的位置上, 剂量约为  $10-10^2\text{rad/年}$ <sup>[3]</sup>.  $\tau$ -C 工厂的亮度比现有的  $e^+e^-$  对撞机高 10—100 倍. 因此辐射剂量也必然高于现有的  $e^+e^-$  对撞机. 如果束流在探测器附近丢失, 也可能出现偶然的大剂量损伤. 作为将 CsI (Tl) 晶体用于  $\tau$ -C 工厂电磁量能器材料的可行性研究题目之一, 我们作了 CsI (Tl) 晶体的辐照损伤研究.

## 2 光输出的测量

测量光输出的实验装置如图 1 所示. 用精密脉冲幅度产生器产生恒定幅度的脉冲, 触发发光二极管. 用光纤将光信号耦合到光电倍增管的光阴极上进行定标, 再用 NaI (Tl) 晶体加上  $^{137}\text{Cs}$  放射源对测量装置进行定标. 测量结果表明测量装置的长期稳定性好于  $\pm 1\%$ . 所用的 CsI (Tl) 晶体是北京玻璃研究所提供的, 尺寸为  $2\times 2\times 2\text{cm}^3$ . 测量时, 晶体除了与光电倍增管的接触面抛光外, 其余面为漫反射表面, 并用聚四氟乙

烯带包装, 所使用的光电倍增管为国产 GDB-44F. 测量是在室温  $25 \pm 2^\circ\text{C}$  内进行. 因此在数据处理中忽略温度效应的影响. 辐照源是使用军事医学科学院的  $10\text{KCi}$  的  $^{60}\text{Co}$  放射源, 每次辐照后约半小时进行光输出的测量, 每次辐照后用肉眼可以看出随着辐照剂量的增加, 样品的颜色也逐渐变红, 在测量的最初阶段, 可看到大量的噪音, 这可能由于辐照后的自发磷光所致. 经不同辐照剂量 ( $5 \times 10^3\text{Rad} \sim 5 \times 10^5\text{Rad}$ ) 的照射后, 再用  $^{137}\text{Cs}$  放射源作测量. 图 2 表示其光输出  $R$  随辐照剂量  $D$  的变化关系.

从结果可以看出, 随着辐照剂量的增加, CsI (Tl) 晶体的损伤程度也渐趋严重.

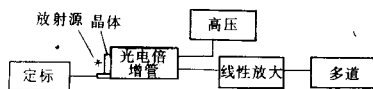


图1 测量光输出的实验装置

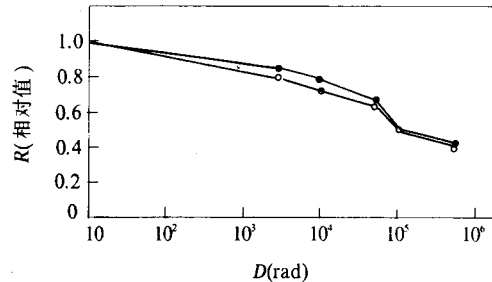


图2 CsI (Tl) 晶体辐照损伤随辐照剂量的变化

### 3 透射率的测量

透射光谱的测量是利用紫外 / 可见分光光度计进行的. 测量的晶体在辐照剂量依次为  $5 \times 10^3$ 、 $2 \times 10^4$ 、 $5 \times 10^4$ 、 $2 \times 10^5$ 、 $5 \times 10^5$  Rad 照射后, 测量其透射率 ( $T$ ) 与波长 ( $\lambda$ ) 的变化关系. 图 3 为 CsI (Tl) 晶体的透射率的变化情况. 其改变的程度与光输出所测量的结果相符.

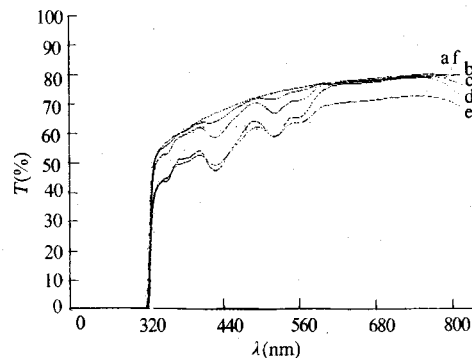


图3 透射率的变化与辐照剂量的关系

- a. 未辐照; b.  $5 \times 10^3$  rad; c.  $5 \times 10^4$  rad;  
d.  $2 \times 10^5$  rad; e.  $5 \times 10^5$  rad; f. 对被辐照损伤过的 CsI (Tl) 晶体加热退火后.

加热恢复: 即将被损伤后的 CsI(Tl) 晶体放在干燥恒温箱内, 在  $200^\circ\text{C}$  下加热 4 小时, 然后使其自然冷却. 透射率的测量结果表明经过加热处理后的 CsI(Tl) 晶体可恢复到辐照前的水平, 见图 3. 用放射源  $^{137}\text{Cs}$  作光输出测量, 共加热处理了两块晶体, 其中一块的光输出为辐照前的 99%, 另一块为 98.5%.

### 4 辐照损伤的恢复

研究了自然恢复, 光照恢复和加热恢复三个方面.

自然恢复: 共跟踪测量 10 天的情况. 结果表明 CsI (Tl) 晶体的损伤基本上没有自然恢复. 如图 4 所示.

光照恢复: 将 CsI (Tl) 晶体置于太阳光下暴露照射一段时间, 然后测量晶体性能恢复随时间的变化关系. 结果表明最初半个小时可恢复 20%, 其后继续太阳光照射, 几乎没有恢复. 如图 5 所示.

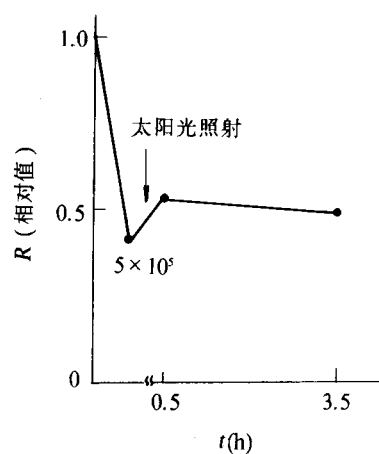
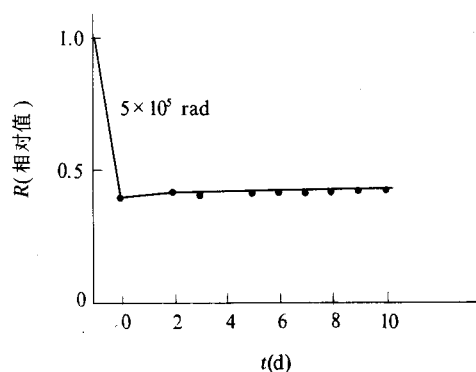


图4 辐照损伤后的CsI(Tl)晶体的自然恢复 图5 辐照损伤的CsI(Tl)晶体受太阳光照射后的光输出

## 5 讨 论

CsI (Tl) 晶体虽然具有辐照损伤效应, 但经过加热处理后辐照损伤可得到恢复. 因此在  $\tau$ -C 工厂中仍可采用 CsI (Tl) 晶体作为电磁量能器探测材料使用, 但经常性的定标是十分必要的. 在  $\tau$ -C 工厂探测装置的前后向区域, 即通常所说的端盖部分, 由于此处剂量较大, 能否使用 CsI (Tl) 晶体作电磁量能器材料是值得深入讨论和研究的一个课题.

感谢北京玻璃研究所为本实验提供了所用的 CsI (Tl) 晶体; 感谢军事医学科学院钴源室的同志为本实验作了样品的辐照; 感谢中国科学院高能物理研究所同步辐射研究室杨雨林同志为本实验作了透射率的测量.

## 参 考 文 献

- [1] D. Hitlin, Proceedings of Heavy Scintillators for scientific and industrial applications, P. 467.
- [2] CH. Bieler et al., Nucl. Instr. and Meth., A234(1985) 435.
- [3] S. Schlogl et al., Nucl. Instr. Meth, A242(1985) 89.
- [4] C. L. Woody et al., IEEE Trans. on. N. S., 39(1992) 524.

## Experimental Studies on Radiation Damages of CsI (Tl) Crystals

He Jingtang Mao Yufang Dong Xiaoli Chen Duanbao Li Zuhao

*(Institute of High Energy Physics, The Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039)*

Received 8 December 1995

### Abstract

The results of experimental studies on radiation damage of CsI (Tl) crystal were reported. There are radiation damage effects on CsI (Tl) crystal. Experimental studies on recovery of damaged CsI (Tl) crystals were made. It seems that after heating at 200 °C for 4 hours, the damaged crystals could be recovered completely.

**Key words** CsI (Tl) crystal, radiation damage, natural recovery, light annealing, heat annealing.