

硫酸钙(镧)热释光剂量计

中国科学院生物物理研究所一室四组

硫酸钙(镧)热释光剂量计主要用于个人剂量监督和环境辐射监测。它有很多优点,如灵敏度高,可以长期贮存,只有简单的发光峰,假荧光小,特别是在一般实验室均可制备,等等。其主要缺点是有效原子序数大,因而能量响应较差。但是,经过调节补偿层的材料和厚度,可以使其能量响应大大改善,在使用上仍不失为一种好的热释光剂量计材料。本文介绍硫酸钙(镧)粉末及其与聚四氟乙烯或硅胶压制成的剂量片的一些性能。

一、材料制备

$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (分析纯)与 $\text{Dy}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ (试剂纯,激活剂)按 100:1 (重量比)混合,溶于浓硫酸中形成饱和的硫酸钙溶液;加热使酸蒸发,即成白色结晶,水洗之后干燥过筛,取 75—200 微米的颗粒备用。

将重量相等的硫酸钙(镧)晶粒与聚四氟乙烯混合均匀,每份 300 毫克,压制成直径 15 毫米的圆片,置于高温炉(380°C)中约四小时,得洁白的硫酸钙(镧)塑料片。

硫酸钙(镧)-硅胶片是将硫酸钙(镧)晶粒与适当稀的硅胶(W-30-2 有机硅绝缘漆)混合,压制成直径 15 毫米的圆片,每片 200 毫克,在室温下放置 24 小时,再于 200°C 下硬化数小时。

二、测试仪器

所使用的仪器为实验室装备。定标器、静电计、记录仪等为定型仪器,电流-频率变换器和探头是自行设计安装的[参见本刊 1975 年第 2 期,《硼酸锂(锰)和氧化铍热释光剂量计》]。

三、主要性能

1. 光电倍增管对硫酸钙(镧)热释光谱的响应

硫酸钙(镧)晶粒经镭源照射 100 毫伦,在探头和样品盘之间换放不同的干涉滤光片(半宽度为 30 埃),其它条件不变,测量在该波长时光电倍增管(GDB-44D 型)的输出电流,结果在 4,850 埃和 5,850 埃附近有两个高峰,见图 1。波长响应的求得为选择滤光片提供了必要的依据。

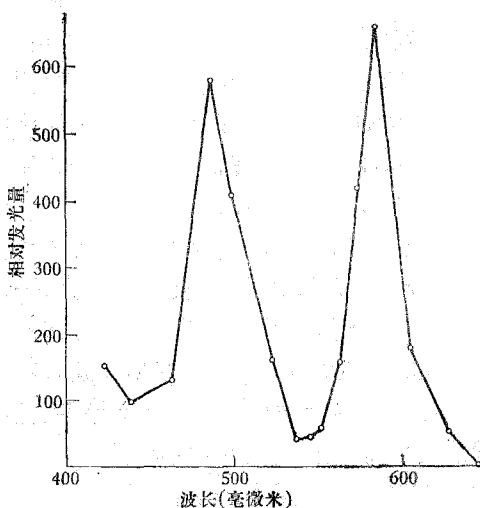


图 1 GDB-44D 型光电倍增管对硫酸钙(镧)热释光谱的响应

2. 衰退

将硫酸钙(镧)-聚四氟乙烯片经 ^{60}Co 源照射 2 伦后,置于室内 46 天,在本实验室的测试条件下未见有大的衰退(图 2)。衰退很小这一特性对个人和环境辐射监测来说是非常有利的。

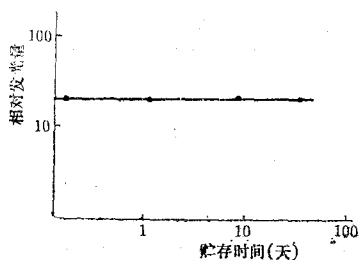
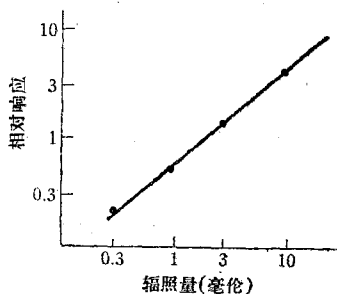


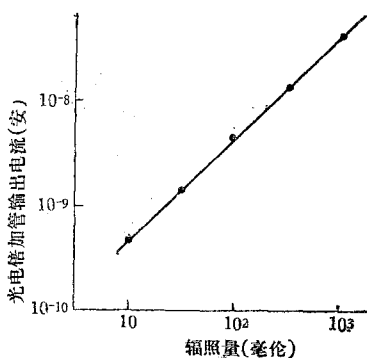
图2 硫酸钙(镭)的衰退

3. 辐照量响应

图3, 4 是低辐照量和高辐照量时硫酸钙(镭)的响应曲线。低辐照量用镭源照射, 高辐照量用 ^{60}Co 源照射。由图可见, 由 0.3 毫伦直到 4×10^3 伦, 线性关系是非常好的。



a. 照射 0.3—10 毫伦时



b. 照射 10—1,000 毫伦时

图3 低辐照量时硫酸钙(镭)的响应曲线

4. 能量响应

被监测场合的射线能量往往是多种的, 或者是连续谱。采取相应措施, 可补偿到使硫酸钙(镭)在一定能量范围内的响应比较均一。实验表明, 无补偿层时硫酸钙(镭)对 41 千电子伏的能量响应最大, 约为对镭 γ 射线响应的 8 倍;

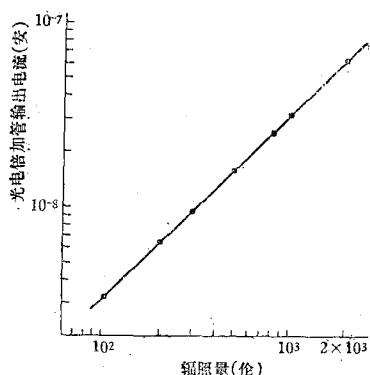


图4 高辐照量时硫酸钙(镭)塑料片的响应曲线

用 1 毫米厚黄铜或 1.5 毫米厚紫铜作屏蔽(补偿), 可使其对低能部分的响应大大降低, 但在 100 千电子伏附近仍比 1 (以对镭 γ 射线的响应为 1。下同)大得多。如增厚补偿层, 中间夹以薄

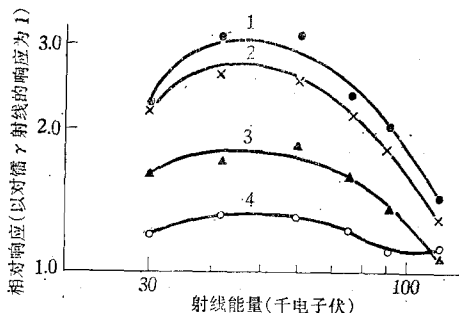


图5 硫酸钙(镭)的能量响应曲线之一

补偿层为 1.5 毫米铜加 0.7 毫米铅, 开有小窗口

- 1——窗口占总面积的 50% 时;
- 2——窗口占总面积的 30% 时;
- 3——窗口占总面积的 25% 时;
- 4——窗口占总面积的 20% 时

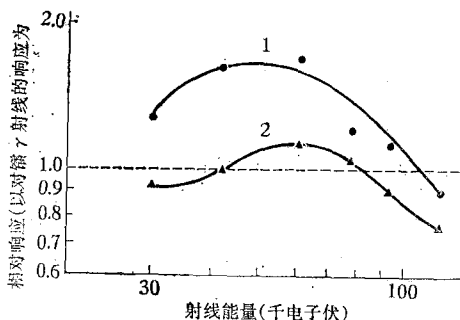


图6 硫酸钙(镭)的能量响应曲线之二

补偿层为 1.5 毫米铜加 1.2 毫米铅, 开有小窗口

- 1——窗口占总面积的 20% 时;
- 2——窗口占总面积的 10% 时

层间隙,可能会使能量响应趋于均一。用厚度为 1.5 毫米的铜带和 0.2 毫米的铜带相间排列进行能量补偿,虽然低能部分的响应有所提高,但仍很低;高能部分的响应仍比 1 大很多。然而,总的趋势是能量响应性能有所改善。将补偿层开些小窗口,厚的部分再加一层铅,则结果如图 5 和图 6 所示。从图 6 可见,以窗口占总面积的 10%、补偿层为 1.5 毫米铜加 1.2 毫米铅较好,此时可使其能量响应在 1.0 左右,这一组实验数据列于表 1。

表 1 图 6 中曲线 2 的实验数据

X 射线能量 (千电子伏)	29.5	41.2	59.0	76.0	91.0	116	镭射线
相对发光量	13.2	14.1	16.2	14.9	12.9	11.0	14.2
与对镭射线 响应之比	0.93	~1.0	1.14	1.05	0.91	0.77	1.0

5. 重复性与精确度

(1) 硫酸钙(镭)-塑料片: 将 10 片以 ^{60}Co 源照射 2 伦,每片进行 20 次测量,结果如表 2。

表 2 硫酸钙(镭)-塑料片的重复性

剂量片编号	301	302	303	304	305	306	307	308	309	310
相对发光量(20次平均值)	20.7	20.9	21.1	21.0	22.8	21.4	21.6	22.0	20.6	23.0
标准偏差(%)	8.3	6.2	5.4	6.0	4.2	4.4	5.6	5.8	7.1	5.4

(2) 硫酸钙(镭)-硅胶片: 随机取两片,每次用镭源各照射 10 毫伦,不经退火处理,反复进行 10 次实验,结果见表 3。

(3) 低辐照量时硫酸钙(镭)粉末的精确度:

表 3 硫酸钙(镭)-硅胶片的重复性

实 验 次 数		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均值	标准偏差(%)
相对发光量	37号片	18.4	17.7	18.4	18.5	17.8	18.4	17.7	18.5	18.5	19.5	18.34	0.9
	41号片	17.6	18.6	17.8	19.5	18.3	19.2	18.6	20.7	18.6	20.8	18.97	5.2

表 4 低辐照量时硫酸钙(镭)粉末的精确度
(相对电流读数)

实验次数	0 毫伦	0.3 毫伦	1 毫伦
1	0.7	4.1	11.0
2	0.8	4.0	11.5
3	0.9	4.2	11.0
4	0.9	4.0	11.0
5	0.8	4.2	11.5
6	0.7	4.5	11.0
7	0.6	4.2	10.6
8	1.0	5.0	10.0
9	1.0	4.5	10.0
10	0.9	3.6	11.0
11	0.6	4.0	11.0
12	1.1	4.1	10.0
13	1.0	4.0	11.5
14	1.5	5.0	10.5
15	0.6	4.5	10.5
平均	0.87	4.26	10.81
标准偏差(%)	27.1	8.9	4.9

对硫酸钙(镭)粉末进行了辐射量为 1 毫伦和 0.3 毫伦时的精确度实验,每种辐照量水平各实验 15 次,结果如表 4: 未经辐照样品的本底平均值为 0.87,标准偏差是 27.1%;辐照量 0.3 毫伦时的平均值是 4.26,标准偏差是 8.9%;1 毫伦时平均值是 10.81,标准偏差是 4.9%。

6. 剂量片的方向性

将剂量片以不同的角度置于 ^{60}Co 点源的 γ 射线场内进行照射,结果表现有明显的方向性,见图 7,在 90° 时的辐照量响应约为 0° 时的 80%。这可能是硫酸钙(镭)本身的有效原子序数较大所致。

7. 光致热释光和光致衰退现象

将刚经退火的硫酸钙(镭)粉末暴露于相距 40 厘米的 20 瓦荧光灯下,经 3 小时后所引起的光致热释光,在本实验室的测试条件下仍在本底涨落范围之内。但照射 8 毫伦的硫酸钙

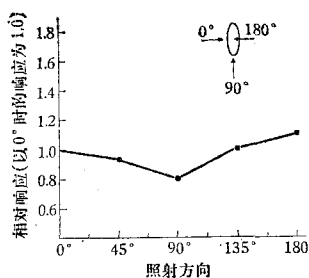


图7 硫酸钙(锶)-塑料片的方向响应曲线

(锶)粉末暴露于上述光照条件下时,则光致衰退现象随着时间的增长而增加,两小时约衰退10%(图8)。

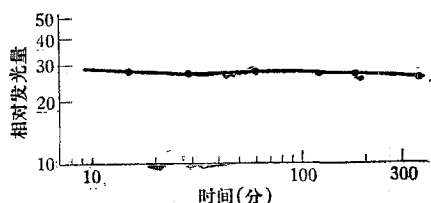


图8 荧光灯所引起的硫酸钙(锶)的热释光衰退

太阳光对硫酸钙(锶)有明显的光致热释光和光致衰退等影响。图9是夏天(1974年8月2日)太阳光所引起的热释光和使热释光衰退的情况:60分钟所引起的热释光量约相当于1.3毫伦;光照60分钟后,使照射10毫伦的热释光衰退50%以上。然而,硫酸钙(锶)的这种阳光光敏现象,不会影响作为剂量计的正常使用。从图9可见,太阳光致热释光在60分钟时达到饱和值,时间再长,所引起的热释光也不再增加。

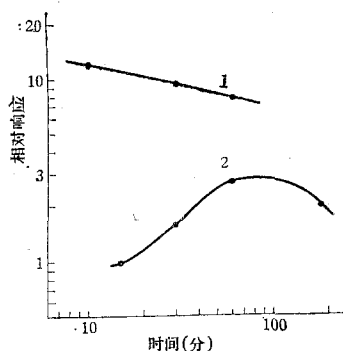


图9 阳光所引起的硫酸钙(锶)光致热释光和光致衰退

1——阳光的光致衰退现象;
2——阳光的光致热释光现象

8. 惰性气体对测量低辐照量热释光的作用

剂量片的假荧光来源之一是“氧效应”,即由于剂量片和加热器皿表面的物质氧化而致。因此,如在测量时通入某种惰性气体使它与氧隔绝,就可以大大降低假荧光。将硫酸钙(锶)-硅胶片辐照1毫伦,测量时通入氩气或氮气,结果见图10。图中的各曲线是其它条件均相同时的实验结果。显然,通入惰性气体能使本底降低,使发光峰显示出来,这对于提高测量精确度是非常有利的。

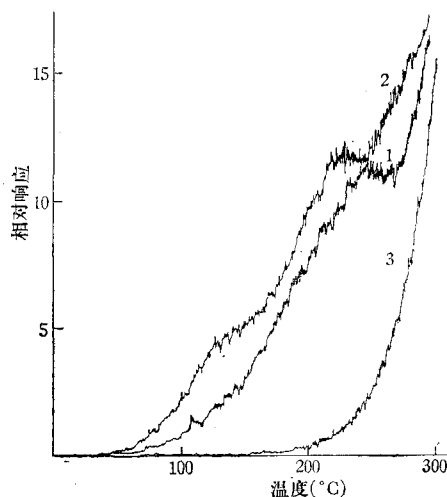


图10 氩气对发光曲线的影响

1——通入氩气测量时;
2——空气中测量时;
3——刚退火样品的本底

四、讨 论

硫酸钙(锶)作为热释光剂量计材料是很灵敏的,制备也很简单。但剂量元件的成形至今未能很好解决。一般说来,目前有三种方式:压制成小片,封入玻璃管中,直接使用粉末。纯的硫酸钙(锶)晶体粉末直接压成片比较困难,需加入一定的赋形材料。我们试用了聚四氟乙烯、硅胶、聚酰亚胺等三种材料,使硫酸钙(锶)粉末压制成片。用聚四氟乙烯而成的片机械强度很好;其最大缺点是加热测量时变形,若要重复使用,需在加热时压紧,否则将大大影响重复性。它的分散度不好,重复性较差,加热变形是根本原因。硫酸钙(锶)-硅胶片质地较硬,不会

因加热而变形,重复性较好;其主要缺点是机械强度不够,容易碰碎。使用粉末时,由于样品与加热盘之间的接触问题小,所以测量精确度好,但使用不便。聚酰亚胺本身颜色较深,制片也不理想,尚需进一步实验。

能量响应较差是硫酸钙(锶)的缺点,尤其是射线能量不一、高低相差悬殊时更突出。例如,一般医院的X光机电压常为60—100千伏,其射线能量恰为其响应最大的低能部分。所以,弄清辐射场情况及解决好补偿问题是很重要的。

当把硫酸钙(锶)粉末放在银盘中,再把银盘置于加热器上测量热释光时,发现银盘也有热释光现象,而且银盘与加热器之间也有接触问题,因而影响发光峰的位置。将粉末直接放

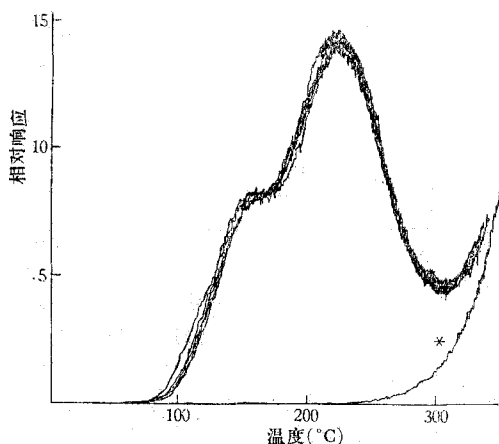


图 11 硫酸钙(锶)粉末五次直接于加热器上测得的发光曲线

(曲线* 为刚退火样品的本底)

在加热器上测量时,重复性很好;对同一样品进行了五次试验,其发光曲线几乎完全重合(图11)。

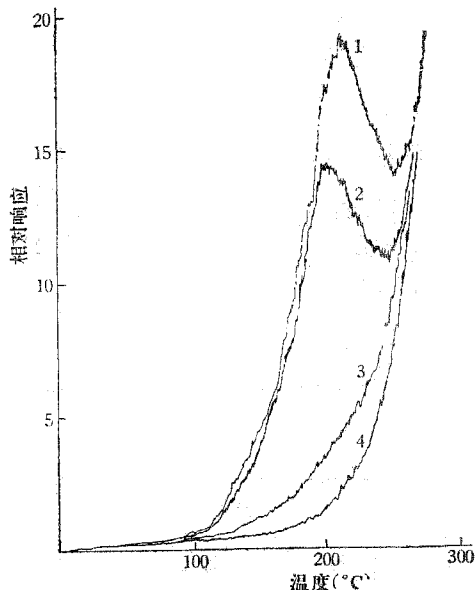


图 12 用硫酸钙(锶)粉末测量天然辐射情况

- 1——镭源照射 5 毫伦时;
- 2——置于室内 12 天的样品;
- 3——置于铅堡中 12 天的样品;
- 4——刚退火样品的本底

用硫酸钙(锶)测量了天然辐射情况。将经退火处理的粉末分成两份,一份置于实验室内,一份置于10厘米厚的铅堡中,所得结果如图12所示:无屏蔽情况下,硫酸钙(锶)的热释光量是12天相当于接受3.6毫伦照射。这样算来,本实验室内环境辐射每年约为100毫伦左右。

[本文于1974年10月8日收到]



顺反子(作用子)

所带信息足够决定一个蛋白质全部组成的最短长度的DNA片段。顺反子的组成核苷酸是蛋白质合成的功能单位。一个含有500个氨基酸的蛋白质应由1500个核苷酸组成的顺反子所代表。现在作为“基因”的同义词使用。

操纵子

为解释细菌或噬菌体中蛋白质(酶)合成的控制或对基因的依赖性而提出的一个染色体单位。操纵子含有一个或多个结构基因,在DNA链上控制基因转录的一个操纵基因与结构基因相邻。第一个被研究的操纵子模型即“乳糖操纵子”,它在大肠杆菌中控制 β -半乳糖苷酶的产生,从而控制着乳糖水解活动。

促进子(发动子,推动子)

在一个操纵子中位于操纵基因和第一结构基因之间的核苷酸序列,这是操纵子能够表现所必须的DNA部分。