

## 用核乳胶法测定 $\alpha$ 源的均匀度和厚度

顾 华

据文献报导,检验  $\alpha$  放射源的均匀度通常采用下列四种方法<sup>[1]</sup>:

1. 小面积  $\alpha$  计数法<sup>[2-4]</sup>: 测定源各部位单位面积的放射性强度,由  $\alpha$  放射性的分布决定源的均匀度。该法适于测定较强或面积较大的  $\alpha$  源。

2. 小面积称重法<sup>[1]</sup>: 将源的各部分蒸发在一系列已知重量和面积 of 玻璃盖片上,由每块玻璃盖片重量的增加(也可测每块盖片的放射性)来确定源的均匀度。该法适于测定较强或面积较大的真空沉积源。

3. 核乳胶-径迹法<sup>[5]</sup>: 核乳胶片被曝光(指  $\alpha$  射线,下同)后产生潜影,经显影、定影后;用显微镜观察其中的  $\alpha$  径迹,由径迹分布确定源的均匀度。此法对强弱源都适用。

4. 自射线照相-黑度法<sup>[6]</sup>: 由照相底板变黑的均匀程度来测定源的均匀度。

测定  $\alpha$  源厚度的常用方法有下列四种<sup>[1]</sup>:

1. 称重法: 适于测量较厚的源。准确度取决于载板的化学惰性和组成源的化合物的稳定性。

2.  $\alpha$  计数法: 适于测定不能准确称重的薄源。通过与标准曲线的比较以求出绝对量。

3. 化学法: 将源物质溶解后,用化学法定量。由于该法将使源破坏,故需在试验结束后进行。

4. 电沉积完全度法: 对于电沉积源,可由沉积的百分数算出其厚度。

此外,也有文献<sup>[7]</sup>提到,可用核乳胶法定量测定均匀薄源中的铀量。

因为我们所用的待测天然铀源的放射性强度较弱( $<1000$  次  $\alpha$  蜕变/分),面积也不大(直径 $\sim 2$  厘米),所以决定采用核乳胶法来测定其均匀度。同时也用该法测定了源的厚度,并初步观察了在  $20-30^{\circ}\text{C}$  时的潜影衰退现象。

### 实 验 步 骤

以电镀法制得的铀源与国产“核 2”核乳胶片一起装在电木曝光架中(确保乳胶片与源紧密接触),将曝光架放在电木暗箱中(在电木暗箱旁放硅胶干燥剂),在  $0^{\circ}\text{C}$  冰箱中或室温下曝光一定时间。曝光时间根据源的强度而定,以控制每视野中的  $\alpha$  径迹数在 50 左右为宜。

曝光后将乳胶片取出冲洗,冲洗后的乳胶片在显微镜(放大 1200 倍)下进行观察。在一定位置记录相连若干视野中每一视野内的  $\alpha$  径迹数。相连视野的数目以  $\alpha$  径迹总数在 400 左右为宜,使统计偏差约为 5%。将这样相连的若干个视野作为一个单元。在乳胶片上相应于源的地方的不同位置观察约 15 个单元左右。由径迹数的分布估计源的均匀度;并由每视野的平均  $\alpha$  径迹数(除去最靠边上的视野)计算出铀源的厚度。视野的直径用标准刻度片进行标定。

### 结 果 与 讨 论

实验测定了一组标准铀源和几个单个铀源的均匀度,同时还测定了每个源的含铀量,所得结果列于表 1 和表 2。在  $20-30^{\circ}\text{C}$  下的潜影衰退情况列于表 3。表中数据按下述方法处理:

(1) 平均每一单元(除边上2—3个视野外)的 $\alpha$ 径迹数:

$$\bar{N} = \frac{1}{K} \sum_{n=1}^K N_n$$

式中:  $N_n = \sum_{m=1}^i M_m$ ,  $M_m$  为第  $m$  个视野中的径迹数;  $N_n$  为第  $n$  个单元中的径迹数;  $i$  为一单元中的视野数;  $K$  为总单元数.

$$(2) \text{实验值的标准偏差} = \left( \sqrt{\frac{\sum_{n=1}^K (\bar{N} - N_n)^2}{K-1}} / \bar{N} \right) \times 100\%$$

$$(3) \alpha \text{ 衰变的标准偏差(指均匀源)} = (\sqrt{\bar{N}/N}) \times 100\%$$

$$(4) \text{核乳胶法测得厚度(微克 } U_3O_8/\text{厘米}^2) = \frac{\bar{N} \times 2 \times 1.18}{i \times t \times 1.502 \times 1.075 \times 10^{-4}}$$

式中: “1.502” 为 1 微克天然铀在 1 分钟内所发射的  $\alpha$  粒子的总数; “ $1.075 \times 10^{-4}$ ” 为视野的面积; “1.18” 是相当于 1 微克铀的  $U_3O_8$  的微克数;  $t$  为曝光时间, 分.

$$(5) \text{两法测得厚度的相对偏差}\% = \frac{\text{核乳胶法测得厚度} - \text{电沉积完全法测得厚度}}{\text{两法测得厚度的平均值}} \times 100\%$$

表1 一组标准铀源(Pt载板)的均匀度和厚度的测定结果  
(在  $0^\circ\text{C}$  冰箱中曝光)

源号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\alpha$ 计数/分	20.2	27.2	32.9	38.4	45.2	54.0	56.6	75.5	77.1	81.2
电沉积完全法测得厚度, 微克 $U_3O_8/\text{厘米}^2$	28	43	53	61	74	79	94	108	124	133
曝光时间, 小时	161	161	161	161	161	161	95.5	95.5	95.0	95.0
一单元视野数 $i$	20	15	12	10	10	10	15	12	10	10
$\bar{N}$	435	429	470	459	503	566	530	506	496	514
$\left( \sqrt{\frac{\sum_{n=1}^K (\bar{N} - N_n)^2}{K-1}} / \bar{N} \right) \times 100\%$	4.7	5.6	6.8	5.6	6.0	5.0	5.7	5.6	3.8	4.6
$(\sqrt{\bar{N}/N}) \times 100\%$	4.8	4.8	4.6	4.7	4.5	4.2	4.4	4.5	4.5	4.5
核乳胶法测得厚度, 微克 $U_3O_8/\text{厘米}^2$	33	43	59	69	76	86	90	107	127	132
两法测得厚度的相对偏差, %	+16	0	+11	+11	+2.7	+8.5	-4.3	-0.9	+2.4	-0.8

实验结果表明, 除了少数几个源以外, 对大部分源来说, 实验值的标准偏差接近于  $\alpha$  衰变的标准偏差. 这说明用电镀法制得的铀源除最靠边的 2—3 个视野(约占总面积的 3%)外, 其余各单元间的  $\alpha$  径迹数的涨落主要是来自统计误差(即使在一单元内各视野间径迹数的涨落也是符合统计性的). 也就是说,  $\alpha$  源基本上是均匀的. 如果增加观察的  $\alpha$  径迹数, 则可提高

表 2 几个单个铀源均匀度和厚度的测定结果  
(5℃左右曝光)

载板材料	Pt	Pt	Al	Al	Al	Al	Pt	不锈钢
曝光时间,小时	113	113	113	113	166	166	166	166
一单元视野数 $i$	10	10	15	10	5	6	6	6
$\bar{N}$	445	510	315	240	425	504	456	516
$\left( \sqrt{\frac{\sum_{n=1}^K (\bar{N} - N_n)^2}{K-1}} / \bar{N} \right) \times 100\%$	6.3	4.4	14	11	10	3.8	3.4	7.0
$(\sqrt{\bar{N}}/\bar{N}) \times 100\%$	4.8	4.4	5.6	6.5	4.9	4.4	4.6	4.4
核乳胶法测得厚度, 微克 $U_3O_8$ /厘米 <sup>2</sup>	96	110	45	52	125	124	112	126

表 3 标准铀源在 20—30℃ 曝光时的潜影衰退情况

源号	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
曝光时间,小时 (20—30℃)	505	505	240	240	240	162	162	90	90	90	90
测得厚度, 微克 $U_3O_8$ /厘米 <sup>2</sup> (20—30℃ 曝光)	2.3	7.8	19	23	60	67	78	81	105	117	128
测得厚度, 微克 $U_3O_8$ /厘米 <sup>2</sup> (0℃曝光)	9.3	33	43	59	69	76	86	90	107	127	132

检查均匀度的质量。在我们的实验条件下,标准偏差为 5%。

用核乳胶法测定厚度的标准偏差约为 5%,偏差主要来自  $\alpha$  衰变的统计涨落。将该法测得的厚度值与电沉积完全度法(即,将剩余溶液进行荧光分析)测定值相比较,两者之差大部分在 10% 以下,这可能是由于几个误差累加的结果。在实验中发现,当曝光温度较高时,潜影衰退现象非常严重。据初步观察,当曝光温度为 20—30℃(室温)时,经 10 天潜影约衰退掉 50%。

总之,核乳胶-径迹法可用来测定  $\alpha$  源的均匀度,对于弱放射源,该法更有其独特的优点。在检查弱源的均匀度时,其他方法(如小面积  $\alpha$  计数法,小面积称重法等)都不适用,只有核乳胶法较适用。核乳胶法也适于鉴定强源的均匀度。由于该法能确定每一视野 ( $10^{-4}$  厘米<sup>2</sup>) 的径迹数,所以测定结果比较可靠。在测定薄源中  $\alpha$  放射性元素的含量时,称量法不易称准;化学法则使源破坏; $\alpha$  计数法的绝对性较差;电沉积完全度法也有较大局限性;但乳胶法却适合于薄源以至较厚源的定量测定(因为铀的  $\alpha$  粒子在  $U_3O_8$  中的射程  $\sim 8$  毫克/厘米<sup>2</sup>),并能测定由各种方法制得的源。核乳胶法的缺点是操作慢,化费时间多,借显微镜观察径迹时视力易疲劳。在定量测定时,尤其是测量太弱的放射源,所需曝光时间很长时,还要考虑潜影衰退的影响。据有关文献<sup>[8]</sup> 报导,衰退率  $-\frac{dN}{dt}$  随温度的倒数指数地下降。我们的实验证明:降低曝光时的温度可以大大减少潜影衰退的影响,在 0℃ 时曝光,无明显潜影衰退现象,但在必要

时还需作适当的校正。

\* \* \*

本工作在进行中，馮錫璋先生給予一定的指導，方聖杰、王淑英和王慶甲同志給予協助，在此一併致謝。

### 参 考 文 献

- [1] J. G. Povelites, Proc. 2nd Intern. Conf. Peaceful Uses of Atomic Energy, Geneva, **14**, 432, (1958).
- [2] R. Gunnink, J. W. Cobble, *Phys. Rev.*, **115**, 1247 (1959).
- [3] B. Ф. 季托夫, 原子能, 第7期, 623 (1960).
- [4] C. 罗登, J. 沃尔夫, 铀和钍的分析化学, 246页, 地质出版社, 1959年.
- [5] 孙汉城, 物理通报, 第11期, 666 (1956).
- [6] W. Smith, *Nucleones*, **13**, No. 4, 66 (1955).
- [7] H. Yagoda, N. Kaplan, *Phys. Rev.*, **72**, 356 (1947).
- [8] 于霖等, 原子核物理实验方法, 176—194页, 人民教育出版社, 1961年.

(编辑部收稿日期 1964年11月18日)

www.cnki.net

