

文章编号: 1007-4627(2015)03-0310-08

分子镀制备三种镧系元素靶

张鑫^{1,2}, 吴晓蕾¹, 曹石巍^{1,2}, 王洋^{1,2,3}, 秦芝¹

(1. 中国科学院近代物理研究所, 兰州 730000;
2. 中国科学院大学, 北京 100049;
3. 兰州大学, 兰州 730000)

摘要: 采用分子镀方法研究了异丙醇-硝酸体系中两极间距离、电流密度、加入 HNO₃ 的量和分子镀持续时间对镀层性能和电沉积效率的影响, 确定了制备 Tb, Dy 和 Ho 靶的最佳工艺条件。同时也探索了在异丁醇-硝酸体系中, 分子镀持续时间和电流密度对 Tb 靶电沉积效率的影响。因 Tb, Dy 和 Ho 三种元素化学性质相近, 故采用了相同的工艺条件: 两极间最优距离为 15 mm, 电流密度为 5.7 mA/cm², 加入 0.1 mol/L HNO₃ 400 μL, 分子镀时间为 1 h。用分光光度法测得各靶的沉积效率均高于 85%; 利用扫描电子显微镜(SEM)对部分靶的表面形貌分析后发现靶面结构均匀致密; 利用能谱仪(EDS)对靶子进行了定性和半定量分析; 利用红外光谱法对靶膜化学成分进行了分析, 发现靶膜成分结构复杂, 不是由一种化合物组成。目前制得的 Tb 靶和 Ho 靶已用于中国科学院近代物理研究所加速器 SFC 低能核化学终端上, 利用 ¹⁹F 束流轰击, 分别产生了 W 和 Os 的短寿命同位素, 从而成功完成了 Sg(Z = 106) 和 Hs(Z = 108) 的模型试验。

关键词: 分子镀; 镧系元素靶; 沉积效率

中图分类号: X125 **文献标志码:** A **DOI:** 10.11804/NuclPhysRev.32.03.310

1 引言

通常把 104 号元素及以后的元素称为超重元素^[1], 对超重元素化学性质的研究主要是探讨相对论效应对超重元素核外电子排布情况的影响。近年来, 核化学家在超重元素化学性质的实验研究方面取得了突破性的进展^[2], 已经在气相及液相方面对 104(Rf), 105(Db), 106(Sg) 的化学性质进行了一些研究, 而对于 107(Bh), 108(Hs), 112 号元素只进行了气相色谱实验的研究, 并确定了它们在元素周期表中的位置, 分别位于同族较轻元素 Hf, Ta, W, Re, Os, Hg 的下面。为了研究超重元素 Sg(Z = 103), Bh(Z = 107) 以及 Hs(Z = 108) 的气相化学性质, 可以利用 ¹⁹F 离子轰击稀土元素 Tb(Z = 65), Dy(Z = 66) 以及 Ho(Z = 67) 靶产生分别属于第 6, 7, 8 族的短寿命 W, Re 和 Os 的同位素, 进行 Sg, Bh 和 Hs 的化学性质研究的模拟实验。因此制备出均匀、牢固且厚度为 1.0 mg/cm² 左右的 Tb, Dy 和 Ho 靶对我们的实验是十分重要的。

目前, 国内外一些研究者大多采用分子镀方法制备稀土元素靶^[3-6], 该技术适于多种元素的电镀, 所

用设备简单, 易于操作, 且沉积效率高, 所需时间短, 靶与底衬之间有良好的吸附力^[4-5]。在超重核的研究中, 人们通常选薄的 Al 箔(厚度从 2 到 13 μm 不等)、Be(20 μm)箔或者 Ti 箔(最薄为 1 μm)为靶衬, 在异丙醇硝酸体系中, 采用所镀金属的硝酸盐为主盐, 把金属沉积在相应的靶衬上, 从而制成符合实验要求的核素靶^[3-5,7]。本文对异丙醇-硝酸体系中, 单次分子镀法制备 Tb, Dy 和 Ho 靶的工艺流程、实验最佳条件和实验结果进行研究, 而且对异丁醇-硝酸体系中的分子镀制靶条件进行一定程度的探索。

2 实验材料和方法

2.1 主要试剂

氧化铽(Tb₄O₇) (天津市津科精细化工研究所)、氧化镝(Dy₂O₃) (中国上海)、氧化钬(Ho₂O₃) (天津市丰越化学品有限公司)等试剂均以其元素天然化合物形式存在, 纯度高于 99.95%; 铝箔(厚度约为 13 μm); 铍箔(厚度约为 20 μm); 异丙醇(分析纯) (天津市富宇精细化工有限公司); 异丁醇(分析纯); HNO₃ (分析纯)

收稿日期: 2014-09-23; 修改日期: 2014-11-25

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(20901080, 11079006, 11205216)

作者简介: 张鑫(1989-), 男, 甘肃兰州人, 硕士研究生, 从事核化学与放射化学研究

通信作者: 秦芝, E-mail: qinzhizhi@impcas.ac.cn.

(白银试剂厂); 丙酮; NaOH 溶液; 去离子水。

2.2 实验装置

实验装置如图 1 所示, 槽体由 Pyrex 玻璃材料制成, 呈圆锥形, 底部内径 14 mm, 高 115 mm, 外加冷却循环水套用于冷却电沉积液。沉积槽体与不锈钢底座间用橡皮筋连接, 并由垫于两者之间的橡皮“O”圈进行密封, 橡皮“O”圈密封垫的内径为 12 mm, 它决定了靶膜的面积。分子镀过程以铂金丝为阳极, 沉积槽体与不锈钢底座之间的铝箔衬底作为阴极。另外, 为更好地搅拌电沉积液, 将铂金丝阳极弯制成螺旋状固定于电极搅拌器上。



图 1 (在线彩图) 分子镀制靶实验装置图

2.3 原始溶液的配制

由文献[8]可知, 分子镀法制备镧系靶时, 电沉积效率一般在 85% 以上, 部分可达到 98%。本研究中原始溶液用量 70 μL 条件下, 根据所需靶的厚度, 假定 90% 的电沉积效率, 初步确定原始溶液的浓度及试剂的用量。现仅以元素 Tb 为例, 说明原始溶液的配制过程。称取 0.5279 g Tb_4O_7 固体, 将其用 5 mL 浓度为 16 mol/L 的 HNO_3 在电炉加热的情况下溶解, 然后小心加热蒸干。再将蒸干后的固体与 25.5 mL 浓度为 0.1 mol/L HNO_3 混合, 静置 48 h 后固体完全溶解, 此时 Tb^{x+} ($x = 3, 4$) 的质量浓度为 18.1596 mg/mL。此溶液即可做为原始溶液使用。

2.4 实验流程

2.4.1 标准曲线的制作 (以元素 Tb 为例)

在 10 mL 容量瓶中依次加入不同体积的浓度为 54.0816 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 的 $\text{Tb}(\text{NO}_3)_x$ 标准液、1000 μL 异丙醇、250 μL 0.1 mol/L 的 HNO_3 , 100 μL 0.2% 偶氮胂 III 溶液, 混合均匀后, 在紫外可见分光光度计上以 654 nm 波长分别快速地测定吸光度, 作出吸光度-体积曲线, 并得出标准曲线方程。

2.4.2 镧系元素靶的制备

(1) 靶衬的预处理: 实验中所用的铝箔靶衬需无针孔。先用丙酮擦去铝箔表面的有机物质, 再用一定浓度的 NaOH 溶液除去铝箔表面的氧化膜, 接着用去离子水擦去铝箔表面多余的 NaOH 溶液, 最后用异丙醇擦拭铝箔表面, 处理好后的靶衬备用。

(2) 靶子的镀制: 实验前用丙酮清洗镀槽各部件并按照图 1 进行组装。组装后用少量异丙醇检查整个装置的密封性, 确保无液体漏出。然后用移液器移取 70 μL 单一金属元素原始溶液与 17 mL 异丙醇至分子镀槽中, 并加入适量的 0.1 mol/L 的 HNO_3 , 开启搅拌装置与冷却水, 搅拌均匀后, 调节电流到一定值, 反应 1 h 后结束电镀。将镀后液倒入预先准备好的试管中, 用少量异丙醇冲洗分子镀槽及靶膜, 最后拆除装置, 取出靶膜。

2.4.3 分子镀效率的确定

用移液器移取 200 μL 镀后液于 10 mL 容量瓶中, 加入 800 μL 异丙醇, 250 μL 0.1 mol/L HNO_3 , 100 μL 偶氮胂 III, 定容后测其吸光度^[6]。所得吸光度数值带入该元素的标准曲线, 经过简单计算可得分子镀效率。

3 结果和讨论

两极间距离、电流密度、氢离子浓度以及电沉积时间等都是影响分子镀效率和镀层质量的重要因素, 为了得到适合进行重离子核反应的高质量核靶, 需要确定最佳条件。因研究中制备核靶较多, 且工艺流程相近, 现仅以 Tb 靶的分子镀为例, 说明核靶的制备过程。

3.1 两极间距离对电沉积效率的影响

为了选择合适的两极间距离, 按照 2.4 中的实验方法, 固定电流密度为 5.3 mA/cm^2 , 分子镀电沉积时间为 1 h, 0.1 mol/L HNO_3 加入量为 400 μL , 调节阳极铂金丝的位置, 考察阴阳极间距离对电沉积效率的影响, 结果如图 2 所示。可以看出, 两极间距离保持在 10

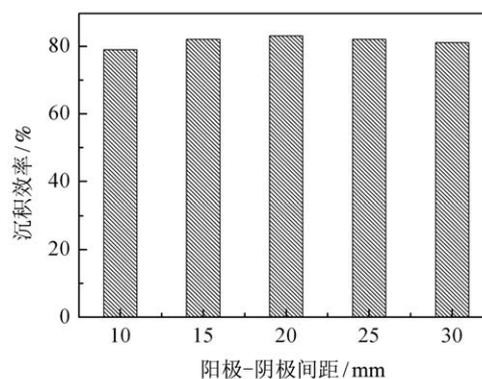


图 2 两极间距离对 Tb 电沉积效率的影响

~ 30 mm 之间均可得到较高的电沉积效率, 但考虑到镀槽形状以及实验中所用的镀液量, 阳极距离阴极 15 mm 更有利于反应液体的搅拌, 所以选择两极间距离为 15 mm。

3.2 电流密度对电沉积效率的影响

按照 2.4 中的实验方法, 控制两极间距离为 15 mm、电沉积时间为 1 h, 0.1 mol/L HNO₃ 400 μL, 通过改变电压, 考察不同电流密度条件下 Tb 的电沉积效率, 结果如图 3 所示。由图 3 可看出, 分子镀效率随电流密度的增加而增大。当电流密度为 5.3 mA/cm² 时, 电沉积 1 h 效率可达 80%, 从曲线的趋势可以看出, 随着电流密度的增大, 沉积效率还可以进一步提高, 但是电流密度对电结晶质量的影响存在上下限。在电流密度下限值以下, 提高电流密度有利于晶体生长, 导致结晶粗化。在下限值以上, 随着电流密度的提高, 阴极极化和过电位增大, 有利于晶核形成, 结晶细化。为了得到较好的靶面结构, 制备 Tb 靶时, 选择电流密度为 5.3 mA/cm² 为宜。

实验也研究了在异丁醇-硝酸体系中, 电流密度对电沉积效率的影响, 从实验数据看来, 在电沉积时间为 4 h、0.1 mol/L HNO₃ 加入量为 200 μL、极间距为 15 mm 时, 电流密度对电沉积效率影响不是很大, 此时电沉积效率都在 94% 以上, 靶厚可达到 1 200 μg/cm²。国外也有学者研究过在异丁醇-硝酸体系中制备铀系元素靶的工艺, 以 ²⁴⁴Pu 为例, 他们的分子镀时间为 6 h, 电流密度为 1.4 mA/cm², 效率从 60%~90% 不等, 靶厚在 400~800 μg/cm 之间。

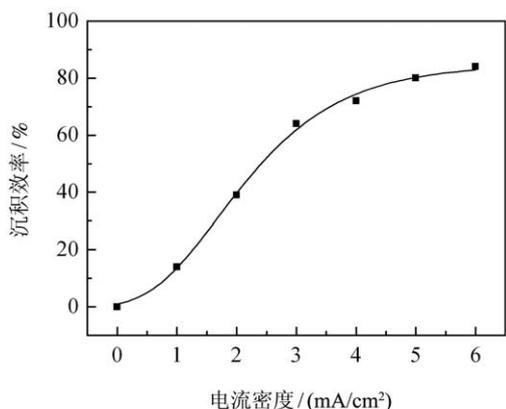


图 3 电流密度对 Tb 电沉积效率的影响

3.3 酸的加入量对电沉积的影响

从实验的过程来看, 加入酸的量对电沉积有两方面

的影响, 一是电沉积的效率, 二是靶膜的表面结构。

3.3.1 对电沉积效率的影响

按照 2.4 中的实验方法, 固定极间距为 15 mm, 分子沉积时间为 1 h, 电流密度为 2.7 mA/cm², 分别加入 0.1 mol/L HNO₃ 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400 μL, 以考察对 Tb 电沉积效率的影响。结果如图 4 所示。由图 4 可以看出, 随着 HNO₃ 加入量的增大, 电沉积效率呈下降趋势。但是实验中仍选择加入 400 μL HNO₃, 这是由于高浓度的氢离子可以保证很好的靶面形态。

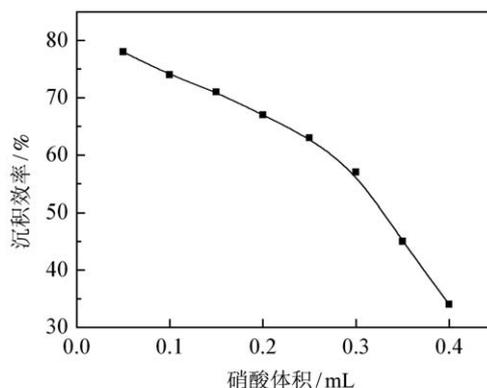


图 4 加入 HNO₃ 的量对 Tb 电沉积效率的影响

3.3.2 对靶膜表面形态的影响

按照 2.4 中的实验方法, 固定极间距为 15 mm, 分子沉积时间为 1 h, 电流密度为 2.7 mA/cm², 分别加入 0.1 mol/L 的 HNO₃ 50 μL [图 5(a)] 和 400 μL [图 5(b)], 以考察对不同的酸的量对 Tb 靶膜表面形态的影响。对比图 5(a) 和 (b) 可以看出, 在 200 倍的放大倍数下, 两种靶膜表面裂痕均较多, 但图 5(a) 中的靶膜裂块大小分布更为均匀; 在 500 倍的放大倍数下, 图 5(a) 中的靶膜表面平滑、细腻, 图 5(b) 中的靶膜表面相对粗糙; 在 1 000 倍的放大倍数下, 可以明显地看出, 两种靶膜表面均无更细小的裂痕, 图 5(b) 中的靶膜表面呈明显的颗粒状结晶, 这是由于溶液中氢离子浓度较高时, 金属离子析出超电势增大, 有利于使析出金属粒径减小, 而图 5(a) 中的靶膜表面下生长出晶须, 正是由于这种晶须的存在, 道中靶膜与靶衬之间的粘附力降低, 造成了靶膜疏松、易脱落等情况。根据以上分析, 虽然较小体积的酸可以提高沉积效率, 但是, 要以破坏良好的靶膜表面为代价。疏松、易脱落的靶膜是不符合相关实验要求的, 所以在镀制过程中, 应选择加入 400 μL 0.1 mol/L 的 HNO₃ 进行沉积。

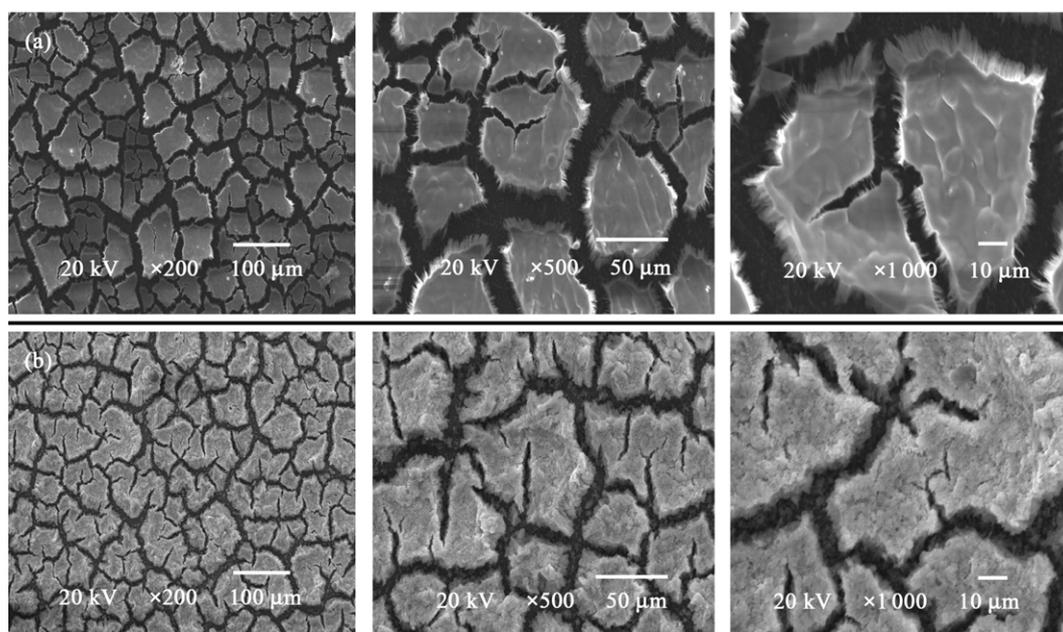


图5 加入50 μL (a)和400 μL (b)0.1 mol/L HNO_3 的Tb靶SEM图

3.4 时间对电沉积效率的影响

按照2.4节的方法,控制两极间距离为15 mm,电流密度为 5.7 mA/cm^2 ,0.1 mol/L HNO_3 400 μL ,通过测量不同沉积时间镀后液中Tb的浓度,确定电沉积效率的变化,结果如图6所示。从图中可以看出,Tb的电沉积效率随时间延长呈上升趋势,在电沉积过程的初始30 min内,效率随时间线性增加,50 min时已达到85%,而后随着时间的延长,电沉积效率趋于稳定。由此可见,1 h即可完成Tb的电沉积过程。

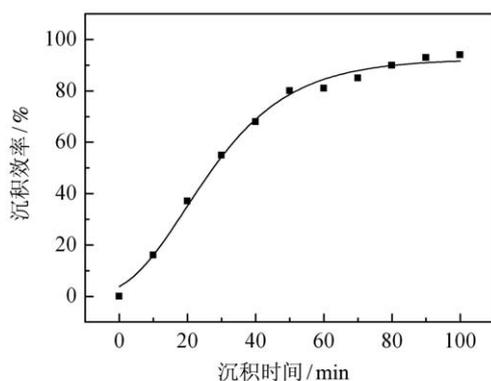


图6 沉积时间对Tb电沉积效率的影响(异丙醇硝酸体系)

实验中也研究了在异丁醇-硝酸体系中,时间对电沉积效率的影响,如图7所示。从图中可以看出,在相同条件下,在异丁醇-硝酸体系中,沉积效率随时间的变化是比较缓慢的,且达到沉积平衡需要更长的时间,当沉积时间为3 h时,沉积效率为92%;沉积时间为4

h时,效率可达99%以上。但是在异丁醇-硝酸体系中制备的靶子,其靶膜比在异丙醇-硝酸体系中制备的靶子靶膜更加致密,粘附性更好,表面分布更均匀。

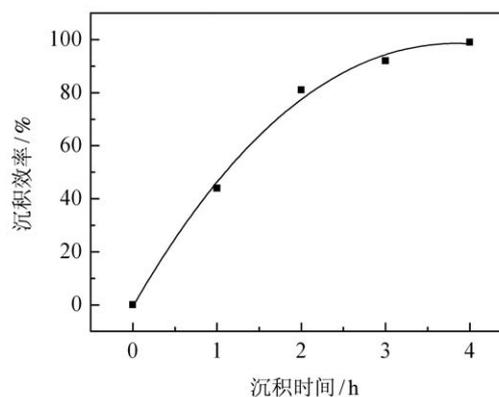


图7 沉积时间对Tb电沉积效率的影响(异丁醇-硝酸体系)

3.5 其他镧系靶的制备

以上以Tb为例说明了分子镀制备镧系靶的具体过程和条件,由于Tb, Dy和Ho是镧系中三个相邻元素,化学性质比较相似,因此Dy和Ho靶制作工艺和流程与Tb靶的相同,均考察了极间距、电流密度、加入 HNO_3 的量和电沉积时间对分子镀的影响,确定了最佳工艺条件。本文实验中采用 $13 \mu\text{m}$ 的铝箔做为靶衬,但是由于铝在重离子束轰击下可能产生干扰目标元素测定的转移产物,因此常用铍箔代替铝箔作为靶衬材料,本工作中也研究了部分靶在铍箔上的制备。

以异丙醇为介质,电沉积制备的部分镧系靶的最佳

实验条件及靶厚数据见表 1。

表 1 电沉积制备部分镧系靶的最佳实验条件及靶厚数据

元素	靶衬/厚度/ μm	电流密度/ (mA/cm ²)	分子镀时间/ min	靶厚/ (μg/cm ²)
Tb	Al/13	5.7	60	1 100
Tb	Be/20	0.8	60	570
Dy	Al/13	5.7	60	1 100
Dy	Be/20	0.8	60	580
Ho	Al/13	5.7	60	1 200
Ho	Be/20	0.8	60	520

对比表 1 中各实验条件可以看出，对于不同材料的靶衬，所选用的电流密度是不一样的，在铍衬上镀靶的电流密度比在铝衬上小很多，导致靶厚也比在铝衬上的小很多。这是由于在选择条件时，发现在相同电流密度下制备靶子时，铍箔表面会出现大量气泡，且持续时间很长，但是铝箔没有这种现象出现。为了保护铍箔表面不被腐蚀，从而选择了较低的电流密度。

4 靶的表面形貌分析

为了更好地观察靶的微观结构，用扫描电子显微镜 (SEM) 分别对 Tb 靶、Dy 靶、Ho 靶进行了表面形貌表征^[9]。三种元素的靶均是在相同沉积条件下镀制的。图 8(a), (b), (c) 分别为不同放大倍数下 Tb 靶、Dy 靶、Ho 靶的 SEM 照片。从图中可以看出，虽然 Tb, Dy 和 Ho 是三个相邻的镧系元素，但是它们各自靶膜的微观表面形态差异很大。对比图 8(a), (b), (c)，在 200 倍的放大倍数下，三种元素的靶膜表面均有裂痕，这是在靶干燥过程中，镀层表面张力所致^[10]，但是它们龟裂的程度不同。Tb 和 Ho 的靶膜表面裂痕相对较少；Dy 靶表面裂痕密度很大，导致裂块体积很小；Ho 靶表面有少部分尺度比较大的裂痕，其他均为细小裂痕，看上去比其他两种元素的靶膜更具整体感。在 500 倍的放大倍数下，Tb 和 Dy 靶膜裂痕无其他更小的结构，而 Ho 靶膜显示出更为细小的裂痕，产生分形结构。在 1 000 倍的放大倍数下，可以看出，Tb 靶膜表面很粗

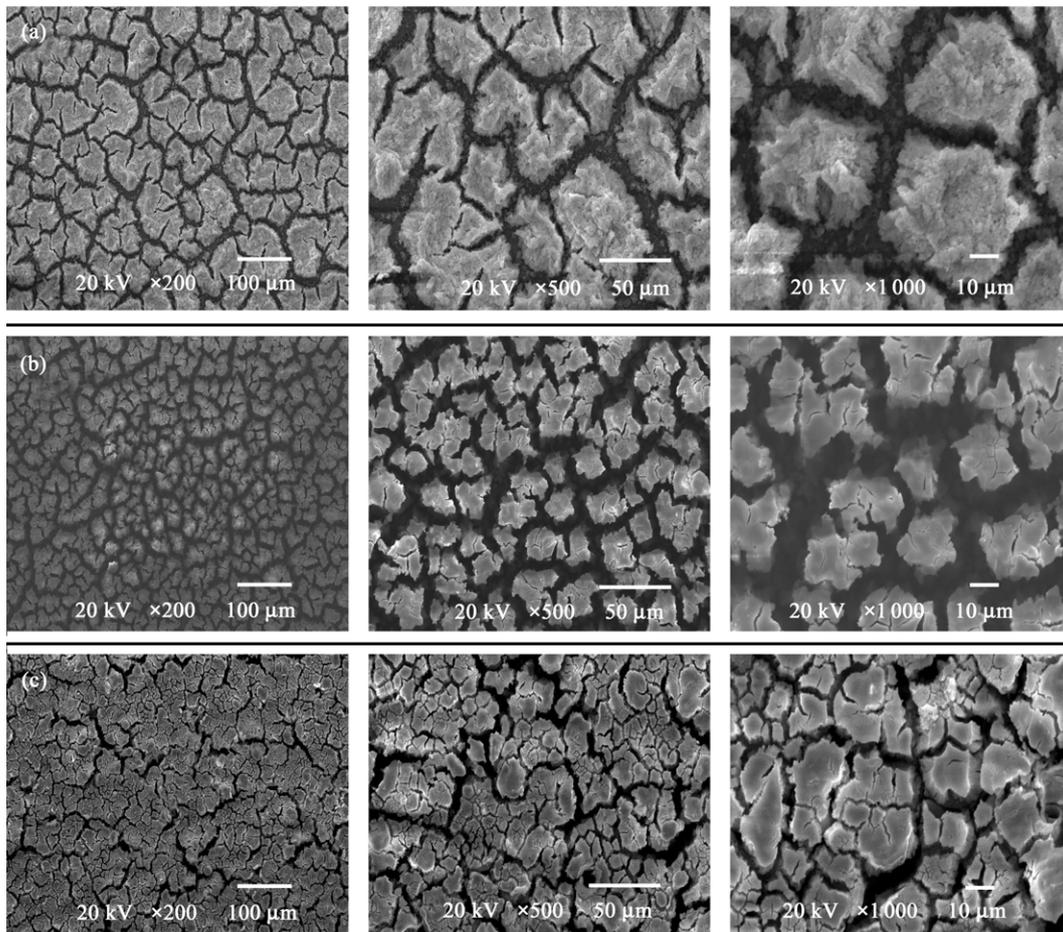


图 8 Tb(a)、Dy(b)和Ho(c)靶SEM分析

糙, 呈现出明显的颗粒状结晶; Dy 和 Ho 靶膜相对光滑、细腻, 但 Ho 靶膜表面还有更为精细的结构, 裂块体积分布不均匀。

5 靶膜的化学成分分析

5.1 利用能谱仪对靶膜化学成分进行分析^[11]

Tb, Dy 和 Ho 靶在铝衬上的能谱仪 (EDS) 谱图分别如图 9(a), (b) 和 (c) 所示。三种元素的 X 射线峰都很显著, 然而由于仪器对氧元素不灵敏, 图中缺少了氧的 X 射线峰。图中之所以出现 Al 的 X 射线峰, 是由于制备的靶子干燥后, 由于表面张力的作用, 靶膜开裂, 使得铝箔裸露, 从而在测定时出现了 Al 的 X 射线峰。另外, 由于铝箔中含有少量的杂质镁, 因此在谱图中可观测到微弱的镁的 X 射线峰。从以上分析和实验数据可以得出, 制备的靶子纯度很高, 符合相关实验要求。

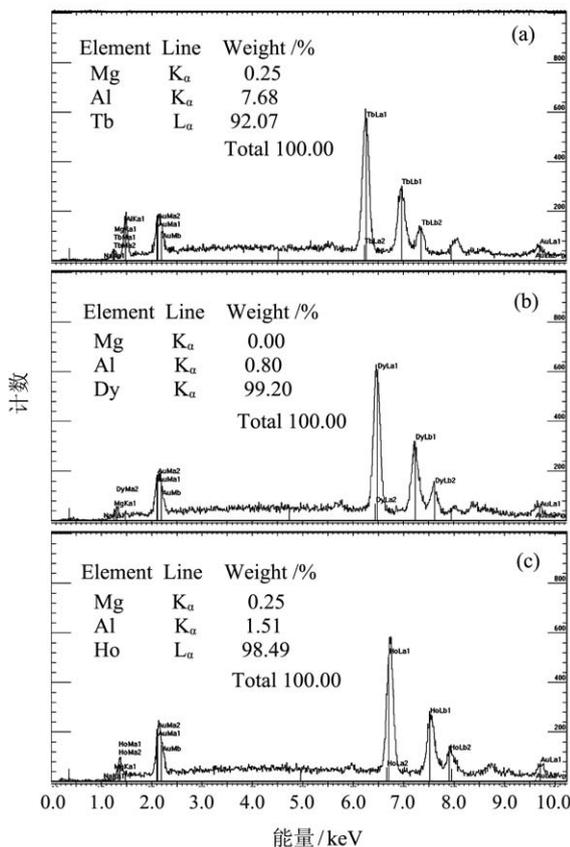


图 9 铝衬上 Tb(a), Dy(b) 和 Ho(c) 靶的 EDS 谱图

5.2 利用红外光谱对靶膜成分进行分析

Tb₄O₇ (纯度 99.99%) 红外谱图和 Tb 靶膜红外谱图分别如图 10(a), 10(b) 所示。对比两张谱图可以看出, Tb 靶膜红外谱图中出现了 Tb₄O₇ (纯度 99.99%) 的两个特征峰, 分别是 3435.2 和 1631.3, 这证明 Tb 靶

膜中有 Tb₄O₇ 存在。又可以图 10(b) 看出, 谱图中存在 1515.3, 1393.8 和 847.0 这三个峰, 它们是 NO₃ 的特征峰^[12], 从而可以证明 Tb 靶膜中存在 Tb 的硝酸盐, 这是由于进行分子镀时, 所使用的主盐是 Tb 的硝酸盐所致。

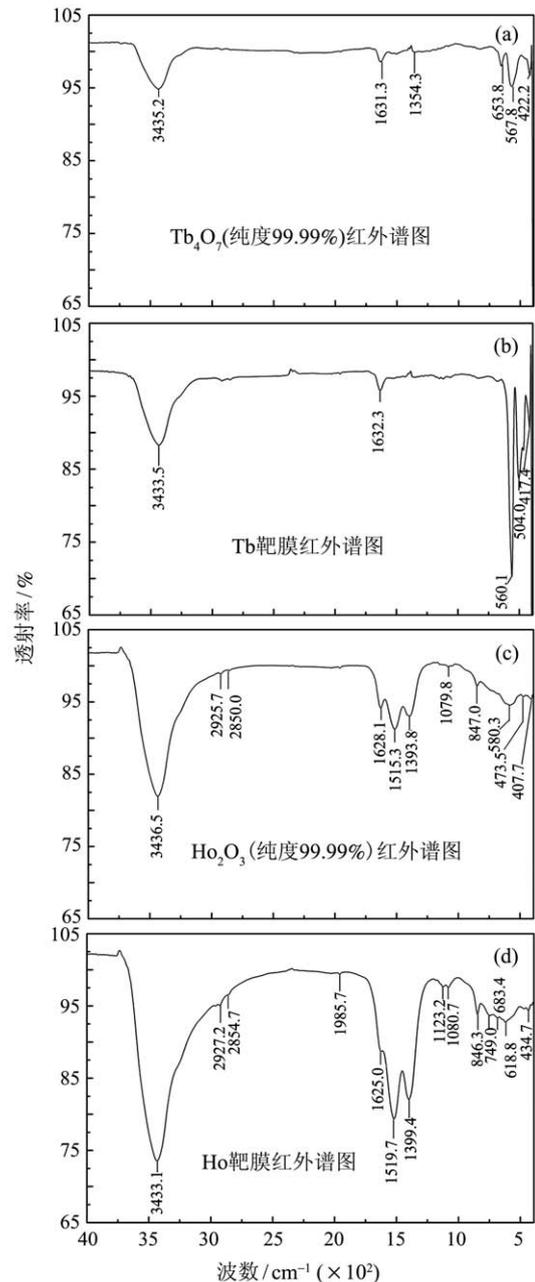


图 10 靶元氧化物和靶膜红外谱图

Ho₂O₃ (纯度 99.99%) 红外谱图和 Ho 靶膜红外谱图分别如图 10(c) 和 10(d) 所示。对比两张谱图可以看出, Ho 靶膜红外谱图中出现了 Ho₂O₃ (纯度 99.99%) 的两个特征峰, 分别是 3433.5 和 1632.3, 这证明 Ho 靶膜中有 Ho₂O₃ 存在。又可以图 10(d) 看出, 谱图中存

在 1519.7, 1399.4 和 846.3 这三个峰, 它们是 NO_3 的特征峰^[12], 从而可以证明 Ho 靶膜中存在 Ho 的硝酸盐, 这是由于进行分子镀时, 所使用的主盐是 Ho 的硝酸盐所致。

6 结果与讨论

(1) 比较系统地研究了以 13 μm 厚的铝箔为阴极材料制备部分镧系元素靶的实验条件, 确定了最佳的实验条件: 极间距控制在 15 mm, 电流密度为 5.7 mA/cm^2 , 电压控制在 300 到 450 V 之间, 电沉积时间定为 1 h, 0.1 mol/L HNO_3 加入量为 400 μL , 原始溶液加入量 70 μL , 异丙醇加入量 17 mL。

(2) 采用紫外可见分光光度法测量了分子镀沉积效率, 避免了靶层上物质形态不明所带来的测量困难。

(3) 采用扫描电子显微镜 (SEM) 对靶子表面形态进行了详细的分析, 观察了微观状态下的靶子表面, 得到了在加入 400 μL 0.1 mol/L HNO_3 时可以获得较好靶面形态的结论: 采用 EDS 对靶子和化学成分进行了定性和半定量分析, 从实验数据可以看出, 靶子的纯度很高, 符合实验要求; 采用红外光谱法对靶子成分结构进行了分析, 可以看出靶子成分结构较为复杂, 不是单纯的氧化物或其他单质, 而是混合物。

(4) 目前, 制得的 Tb 靶和 Ho 已用于中国科学院近代物理研究所加速器 SFC 低能核化学终端上^[13] (如图 11 所示)。Tb 靶和 Ho 靶分别在 ^{19}F 束流 (流强为 300 ~ 400 nA) 下轰击了约 20 h^[13], 靶面结构完好, 无破损、脱落等情况发生 (如图 12 所示), 完全符合本次实验要求。



图 12 (在线彩图) ^{19}F 束流 (流强为 300 ~ 400 nA) 轰击过的 Tb 靶 (轰击时间 20 h) (放射性)

参考文献:

- [1] PERSHINA V. In the Chemistry of Superheavy Elements[M]. Schädel M. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2003: 31.
- [2] SCHÄDEL M. Angewandte C international edition, 2006, 45(3): 368.
- [3] LUO Xinhua, XU Guoji. Atomic Energy Science and Technology. 1989, 23(1): 82. (in Chinese) (罗兴华, 许国基. 原子能科学技术, 1989, 23(1): 82.)
- [4] ZHANG Lina, QIN Zhi, WU Xiaolei, et al. Nuclear Physics Review, 2008, 25(1): 56. (in Chinese) (张丽娜, 秦芝, 吴晓蕾, 等. 原子核物理评论, 2008, 25(1): 56.)
- [5] QIN Z, GUO J S, GAN Z G. Applied Radiation and Isotopes, 2001, 54(5): 741.
- [6] LIU Yupeng. Chinese Journal of Analysis Laboratory, 2005, 21(3): 89. (in Chinese) (刘宇鹏. 分析实验室, 2005, 21(3): 89.)
- [7] EBERHARDT K, SCHÄDEL M, SCHIMPF E, et al. Nucl Instr Meth A, 2004, 521(1): 208.
- [8] EBERHARDT K, BRÜCHLE W, DÜLLMANN C E, et al. Nucl Instr Meth A, 2008, 590(1): 134.
- [9] BAI Jing, WU Xiaolei, LIN Maosheng, et al. Nuclear Physics Review, 2010, 27(2): 187. (in Chinese) (白静, 吴晓蕾, 林茂盛, 等. 原子核物理评论, 2010, 27(2): 187.)
- [10] YANG Chunli, SU Shuxin, ZHANG Shengdong. Journal of Nuclear and Radiochemistry, 2007, 29(4): 201. (in Chinese) (杨春莉, 苏树新, 张生栋. 核化学与放射化学, 2007, 29(4): 210.)
- [11] LIEBE D, EBERHARDT K, HARTMANN W, et al. Nucl Instr Meth A, 2008, 590(1): 145.
- [12] SPEIGHT J G. Lange's handbook of chemistry[M]. New York: McGraw—Hill, 2005: 425.
- [13] WANG Y, QIN Z, FAN F L, et al. Radiochimica Acta, 2014, 102(1-2): 69.

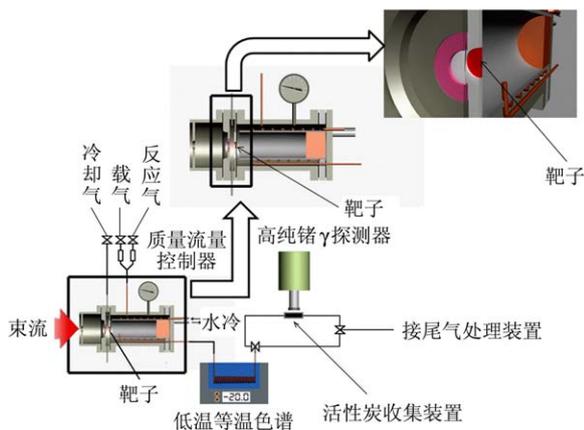


图 11 (在线彩图) 中国科学院近代物理研究所加速器 SFC 低能核化学终端靶室示意图

Preparation of Three Lanthanide Element Targets by Electrodeposition

ZHANG Xin^{1,2}, WU Xiaolei¹, CAO Shiwei^{1,2}, WANG Yang^{1,2,3}, QIN Zhi¹

(1. *Institute of Modern Physics, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China;*

2. *University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China;*

3. *Lanzhou University, Lanzhou 730000, China*)

Abstract: Preparation of Tb, Dy and Ho targets from the mixture of isopropanol and nitric acid solution are studied by using molecular plating technique. To determine the optimum conditions for the deposition process, the effect of distance between the two electrodes, current density, volume of 0.1 mol/L nitric acid, deposition time on the quality and electrodeposition yield of the target films are investigated individually. Preparation of Tb targets from the mixture of isobutylalcohol and nitric acid solution are also studied by using molecular plating technique. Depending on the similar chemical properties of Tb, Dy and Ho, the same process conditions are used. The suitable distance between the two electrodes is 15 mm. The current density is 5.7 mA/cm². The volume of nitric acid (0.1 mol/L) is 400 μL. With the spectrophotometry method, the electrodeposition yields for all the targets prepared are found to be higher than 85% after one hour's deposition. The morphological structure of some targets are characterized by scanning electron microscope (SEM) and it can be seen that the surface of the targets are uniform and intact. With EDS method, the composition of some targets are found to be very pure. The chemical structure of the targets are analyzed by Infrared Spectroscopy. It is found that the chemical structure of the targets are complex and the target membrane is not composed by only one compound. Short lived isotopes of W and Os were produced from natural Tb and Ho targets bombarded by ¹⁹F beam at the SFC low energy radiochemical terminal of Institute of Modern Physics, Chinese Academy of Sciences, respectively, and were successfully applied in the model experiment of Sg ($Z = 106$) and Hs ($Z = 108$).

Key words: molecular plating; lanthanide element target; deposition yield

Received date: 23 Sep. 2014; **Revised date:** 25 Nov. 2014

Foundation item: National Natural Science Foundation of China (20901080, 11079006, 11205216)

Corresponding author: QIN Zhi, E-mail: qinzhi@impcas.ac.cn.

<http://www.npr.ac.cn>