

“锡”析相关

罗云译, 邓薇, 张正豪, 王锐, 王东林*

昭通学院化学化工学院, 云南 昭通 657000

摘要: 开发了一套展示电解锡的科普实验装置, 该装置互动性强并且操作便捷, 涉及科教演示技术领域。通过本实验装置, 参与者可以直观看到电解液通电后在阴极快速生长出漂亮的锡晶体, 在阳极产生大量气体, 以及溶液颜色发生变化, 深度体验化学之美、化学之趣。调节直流电源的电压值, 可以改变锡晶体析出的速度; 电流方向切换开关可以便捷地转换电流方向, LED指示灯显示电流方向, 让参与者能轻松体会到电流方向与锡晶体析出方向, 电流方向与阳极析出气体及电解液pH变化的关系, 便于理解化学科学中的电解原理; 锡晶体生长完成后加入AB胶, 得到的塑封成品可以作为留念, 给参与者留下美好的回忆, 达到良好的科普效果。本实验仪器设备简单, 成本不高, 也可以作为大学普通化学课程中的一个基础实验项目或高中生的探究实验。

关键词: 科普; 锡; 电解

中图分类号: G64; O6

Growth of Beautiful Tin Crystals

Yunyi Luo, Wei Deng, Zhenghao Zhang, Rui Wang, Donglin Wang *

Department of Chemistry and Chemical Engineering, Zhaotong University, Zhaotong 657000, Yunnan Province, China.

Abstract: In this study, a convenient and interactive tin electrolysis device was developed for science popularization based on science demonstration technology. After switching on the experimental device, participants can directly observe the rapid growth of tin crystals in the electrolyte at the cathode and the occurrence of many bubbles and color changes in the solution at the anode. Thus, they can experience the beauty and fun of chemistry. The speed of tin crystal precipitation can be changed by adjusting the voltage of the DC power supply, and the current direction can be changed by the current direction switch. A LED display shows the current direction so that participants can intuitively understand its influence on the direction of tin crystal precipitation and the color changes in the anode solution. Participants can also easily understand the basic principles of electrolysis. After the tin crystal growth is completed, AB glue is added, fixing the beautiful tin crystals from electrolysis as a pendant or as another decorative element to be kept as a souvenir. This forms good memories for participants and achieves a good science popularization effect. The equipment used in this experiment is simple, and the cost is low. It can also be used as a basic experimental project in the general chemistry course at the university level or as an exploration experiment for senior high school students.

Key Words: Popularization of science; Tin; Electrolysis

现代科学技术发展迅速, 老百姓在享受到科技带来便利的同时, 对科技知识的学习需求也越来越强烈。科普工作一方面提高了全民科技素养, 另一方面也拉近科学研究与民众的距离, 对青少年

的影响尤其深远,可以大大提高青少年的综合素质,强化青少年学科学、爱科学、用科学的兴趣,培育科学精神,激发其探索科学奥秘的热情。科普实验中,化学类的实验相对较少,主要是因为大部分化学实验周期较长、成本偏高、场地要求较严等原因。锡是传统的“五金”——金、银、铜、铁、锡之一,人类使用锡的历史可以追溯到远古时代,在现代社会锡金属制品也常出现在我们的日常生活中,比如各种锡器和锡箔纸。锡在教学实验中也有一定运用,陈红军等^[1]用锡代替污染性强的铅,将“铅树”生长实验改进为“锡树”生长实验。考虑到锡的安全性,本小组选择了电解锡这一简单快捷并且现象突出的实验作为科普载体,并在此基础上做了部分巧妙创新:第一,在实验装置中加入电流方向切换装置,通过电流方向切换开关快速转换电流方向,让参与者能轻松体会到电流方向与锡晶体析出方向,电流方向与阳极析出气体及电解液pH变化的关系,便于理解化学科学中的电解原理;第二,增加普通光学显微镜及放大镜,让参与者能够观察到生成的锡晶体在微观尺度上的美丽图景;第三,增加塑封步骤,让参与者可以动手操作,将生成的锡晶体用AB胶塑封成产品留作纪念。这些巧妙的创新大大提升了实验的互动性与趣味性,也升华了本实验的科普价值。同时,本实验仪器设备简单,成本不高,涵盖了较多的基础化学知识,也可以作为大学普通化学课程中的一个基础实验项目或高中生的探究实验。

1 实验部分

1.1 实验原理

本实验装置原理为亚锡离子在通电条件下电解生成锡单质,电解池的阴极反应: $\text{Sn}^{2+} + 2\text{e}^- = \text{Sn}\downarrow$,通过锡的电解实验可以清楚看到锡晶体的生长。实验时,电解装置中增加了电流方向切换开关及指示电流方向的LED灯(实验装置原理如图1所示),同时还增加了锡晶体的观察环节和锡晶体的塑封环节,提升了实验的趣味性与互动性。

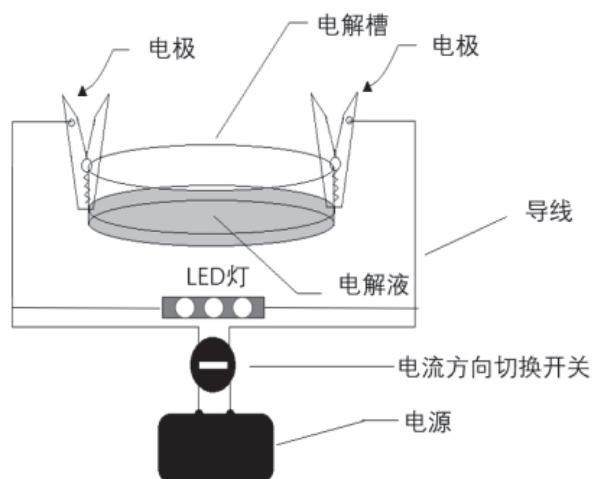


图1 电解锡实验装置原理图

1.2 试剂

氢氧化钠、氢氧化钾、硫酸钾、酚酞、硫酸、氯化亚锡等均为分析纯,购自国药集团化学试剂有限公司;琼脂,生化试剂,购自国药集团化学试剂有限公司;AB胶(购自本地商超)。

1.3 仪器

直流稳压电源(苏州达海申电子科技有限公司)、显微镜(上海光学一厂)、电流方向切换装置(本小组设计)、V型电解池(本小组设计)、LED灯(购自本地商超,工作电压12 V)、电子分析天平(邢台智冠机械科技有限公司)等。

1.4 实验步骤与现象

1.4.1 配制电解液

为保证参与实验人员的安全，电解液需要工作人员提前配制，或者批量生产后预装，因此参与者在实验互动过程中不会接触到氢氧化钠、硫酸等实验室试剂。如将本实验引入为教学实验项目，可将电解液的配制作为一个重要的实验条件探究环节。

(1) 阴极电解液。

为了获得最佳的实验效果，以锡晶体生长速度和生长形状为判断标准，对阴极电解液配制的最佳条件进行了探究。

SnCl_2 在中性或碱性条件下会水解，产生白色碱式氯化亚锡沉淀。根据查找资料及预实验，确定了以氢氧化钠、硫酸、氯化亚锡为原料配制电解液。采用 $1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 氢氧化钠溶液 10 mL ， $3 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 硫酸溶液 10 mL 混合得到基础溶液 20 mL ，分别加入 1 、 2 、 3 、 4 、 5 g 氯化亚锡，考察不同浓度氯化亚锡对电解现象的影响，其中电解电压固定为 8 V ，电解时间 2 min ，所得现象如图2所示。

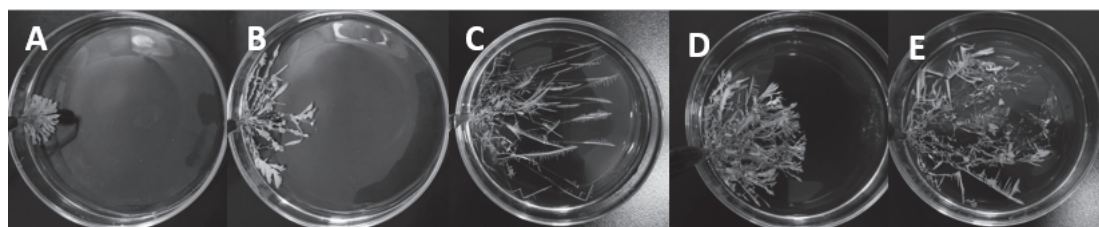


图2 不同浓度氯化亚锡对电解现象的影响

电解液体积固定 20 mL ，分别加入氯化亚锡(A) 1 g ；(B) 2 g ；(C) 3 g ；(D) 4 g ；(E) 5 g

由图2可知，随着氯化亚锡的浓度升高，锡晶体析出的速度越来越快。图2A中锡晶体长势过于缓慢，如果用于实验，参与者很难有耐心继续下一步操作；图2B中锡晶体长势稍快，但是晶体连成大片，美观度不足；图2C中锡晶体增长速度适中，长出的晶体也较为美观；图2D中锡晶体生长速度较快但析出的锡晶体的形状成块状，碎片较多；图2E中锡晶体生长速度最快，电解结束后晶体呈现细碎针状。由实验现象可知， 20 mL 电解液中加入 3 g 氯化亚锡为较好的氯化亚锡浓度。随着氯化亚锡浓度的增加，电解液离子强度增加，电阻减小，电解电流相应增大，生成锡晶体的速度加快。晶体生长速度过慢，不利于参与者的体验，速度过快，生成的锡晶体结构比较疏松，容易发生断裂，不利于大晶体的产生，所以选择 20 mL 电解液中加入 3 g 氯化亚锡为最优条件。

由图3可知，当硫酸浓度为 $0.5 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ (图3A1) 时候，电解液出现白色浑浊现象，此时溶液 pH 接近中性，氯化亚锡在中性环境中发生了水解，不适合做电解。对比图3B1至3E1可以看出，图3D1的晶体形态比较美观，此时加入硫酸浓度为 $3 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ，超过这个浓度晶体的生长速度减缓，意味着并不是电解液的酸度越高晶体生成速度越快，所以选取硫酸浓度为 $3 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 。

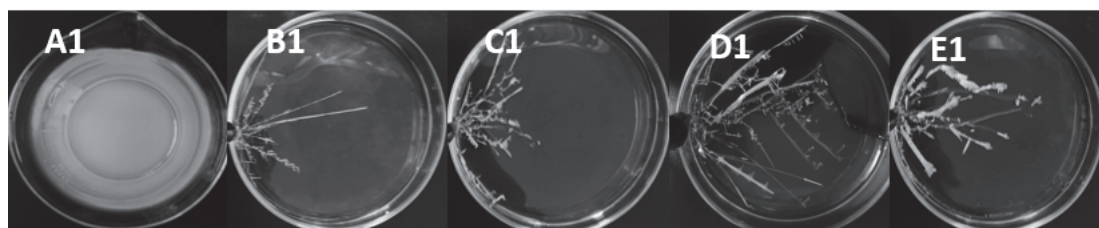


图3 加入不同浓度硫酸对电解现象的影响

电解液体积固定 20 mL ， $1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 氢氧化钠溶液加入 10 mL ，硫酸加入 10 mL ，氯化亚锡用量为 3 g ；硫酸浓度分别为(A1) $0.5 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ；(B1) $1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ；(C1) $2 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ；(D1) $3 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ；(E1) $4 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$

(2) 阳极电解液。

取40 mL饱和硫酸钾溶液，滴加一滴酚酞指示剂，用1 mol·L⁻¹氢氧化钾溶液，调节pH至8–9，溶液由无色变为红色，得到阳极电解液。

1.4.2 电解

本步骤为体验的主要环节之一。打开电源，参与者可以欣赏到锡晶体快速生长的美观场景。将电解液倒入培养皿中，两个电极夹住培养皿边缘，电极浸入电解液。调节直流电源电压至电解电压，漂亮的锡晶体阴极开始析出。电解电压是锡晶体形成的重要影响因素之一。将3 g氯化亚锡加入体积比为1:1的1 mol·L⁻¹氢氧化钠和3 mol·L⁻¹硫酸混合溶液中，溶解得到电解液，测试不同电压条件下锡晶体的生长情况(图4)。

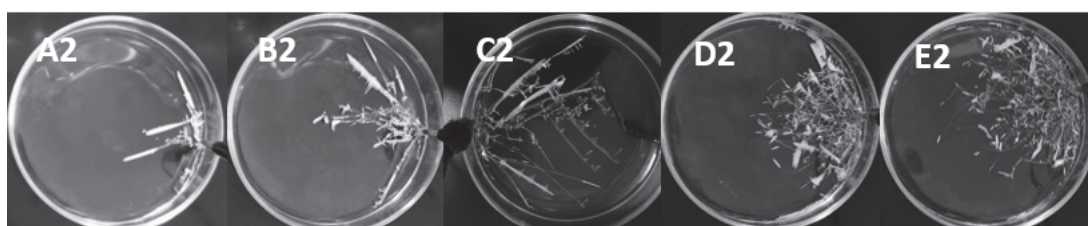


图4 不同电解电压对电解现象的影响

电解液体积固定20 mL，其中1 mol·L⁻¹氢氧化钠溶液加入10 mL，3 mol·L⁻¹硫酸加入10 mL，氯化亚锡用量为3 g；
电压分别为(A2) 4 V；(B2) 6 V；(C2) 8 V；(D2) 10 V；(E2) 12 V

不同的电压条件下，晶体生长情况明显不同。图4A2和图4B2由于电压较小，晶体生长缓慢，图4C2晶体形态相对较好，图4D2和图4E2晶体析出太快，晶形不够美观，因此选取8 V为电解电压。

通过电流方向转换装置，拨动开关改变电流方向(电流方向转换装置的电路原理如图5所示)，即可看见原来的锡晶体逐渐消融，溶液颜色又由无色变为红色。此外，参与者还可以发挥想象力，往培养皿中加入各种形状的金属模具(图6)，观察电解后生长出不同形状的锡晶体。

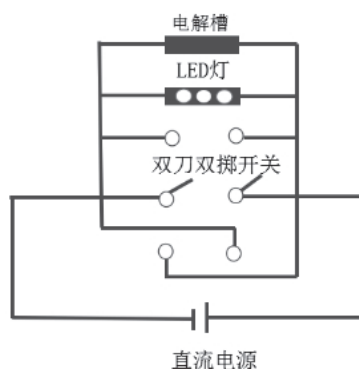


图5 电流方向转换装置示意图

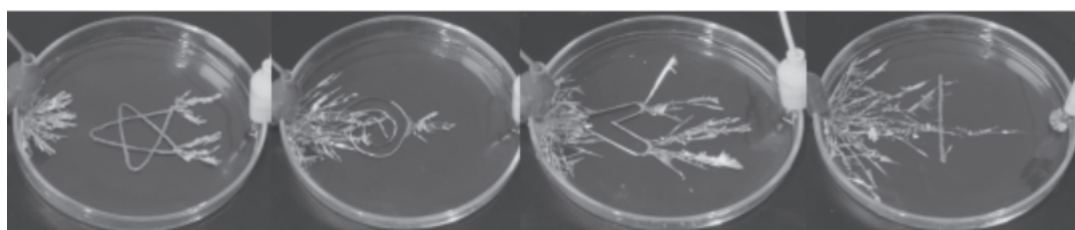


图6 放入金属模具的锡晶体生长状况

为了使参与者了解更多的化学知识，在原来电解实验装置的基础上增设了V型电解池，通过盐桥(由饱和硫酸钾与琼脂制备而成)与原培养皿相连(实验装置如图7所示)。

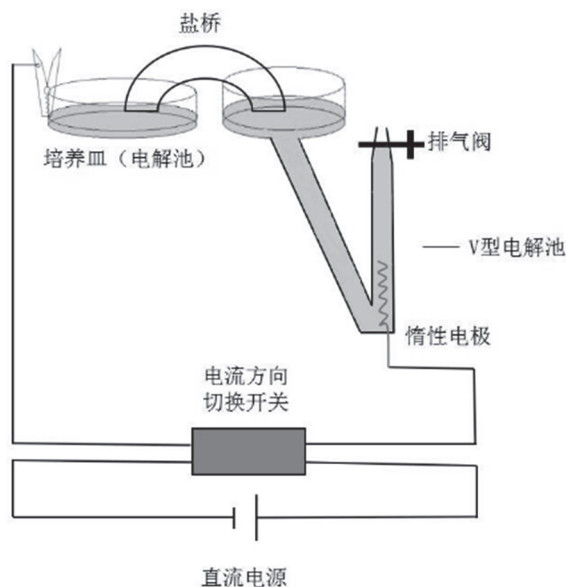
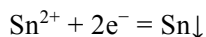
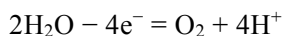


图7 带V型电解池的实验装置图

将阳极电解液(配制过程见1.4.1 (2))倒入V型电解池中，接通电源进行电解。当惰性电极连接直流电源正极时，参与者可以看见培养皿中析出锡晶体，此时培养皿处电极为阴极，反应为：



而惰性电极为阳极，在惰性电极处产生大量氧气，由于浮力作用气体聚集于V型电解池的右边玻璃管中；同时电解液由红色逐渐褪为无色，说明溶液pH变小(酚酞指示酸碱度)。当收集到足够氧气时，参与者可以将带火星的火柴棍靠近气嘴，打开排气阀，气体在左侧玻璃管中水的压力下向外排出，从而使火星的火柴棍复燃，可以了解氧气的助燃性质。此时电解池阳极反应为：



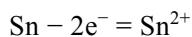
V型电解池(阳极)的反应现象如图8所示。



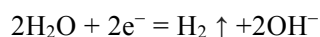
图8 溶液红色消退、产生氧气及氧气使木条复燃

电子版为彩图，下同

拨动电流方向切换开关，改变电流方向，原来的阴极变成阳极，可以看到之前培养皿中生成的锡晶体逐渐消融(因本步骤实验过程中有氢气产生，如作为科普实验，出于安全考虑，建议去掉电流方向切换装置，省略此步骤，或者在专业工作人员指导下进行；如作为教学实验，可包含此实验步骤，教师对实验安全做出提醒，避免氢气产生过量)。反应方程式为：



原来的阳极变成了阴极，产生大量氢气，溶液pH增大，溶液又由无色变成红色(图8)。此时的阴极反应式为：



V型电解池(阴极)的反应现象如图9所示。

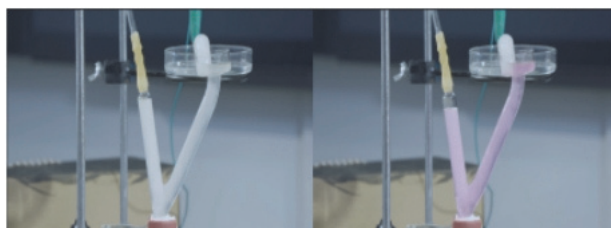


图9 溶液由无色恢复为红色、产生氢气

1.4.3 显微镜和放大镜观察

通过显微镜放大80倍以上可清晰地观察到锡晶体微观结构，锡晶体内部排列均匀有序，错落有致，而放大镜下的锡晶体也别具风格(图10)。

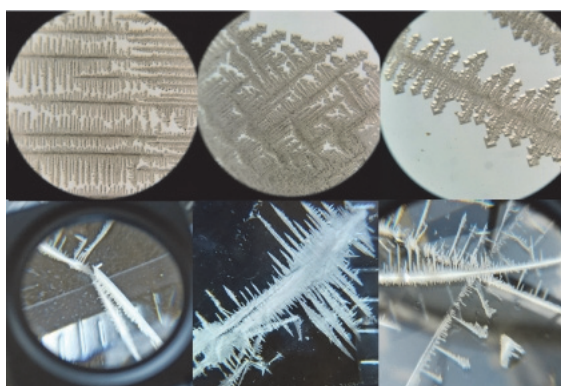


图10 显微镜(上图)和放大镜(下图)下的锡晶体形貌

1.4.4 塑封

在模具中电解锡，电解后用移液枪(或吸管等简易装置)吸去电解液，吸取过程中应注意尽可能地保持锡晶体的完整，确保美观。用量杯量取A胶和B胶体积比为2.5 : 1的AB胶混合液20 mL，倒入模具中，待AB胶完全凝固硬化，就可以得到晶莹剔透的锡晶体塑封成品(图11)。

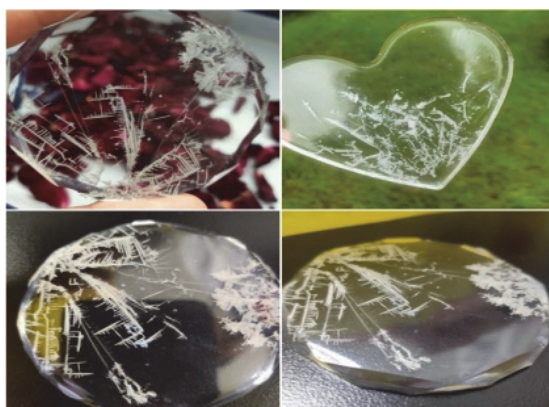


图11 塑封成品

2 科普展示和互动方案

本实验参与度高、互动性强、场景美观,所用试剂也都绿色安全,非常适合化学知识的科普。主要的互动方案有以下7个:

- (1) 参与者在电解时可以观察锡晶体生长;
- (2) 可以发挥自己的创造力,通过改变电极方向、加入不同形状的金属模具等方法控制晶体的生长情况;
- (3) 可以通过显微镜和放大镜便捷地观察锡晶体在微观下的美丽形态;
- (4) 可以直观体验电流方向对电极反应的影响;
- (5) 可以体验氧气的性质;
- (6) 可以体验酸碱指示剂的性质;
- (7) 通过塑封锡晶体的过程,参与者可以体会到制作的乐趣,漂亮的成品还可以长期保存,具有较强纪念意义。

3 结语

通过本实验,让非专业人士也能轻松体验化学的乐趣,领略科学的魅力。本实验绿色无污染,成本低廉,仪器常规普遍,实验场地要求低,实验现象十分震撼,可以给参与者留下深刻印象,塑封成品,留住锡晶体的美丽瞬间。因此本实验具有较高的科普意义和社会价值,值得教学、科普机构推广使用。

经典实验就是教学生学思想、学方法^[2]。本实验结合了较多的基本化学原理与知识,也可以纳入大学普通化学的基础化学实验课程中,通过本实验,学生既能提高对化学学科的兴趣,又能提高动手能力,培养学生创新的意思。

4 特点/特色/创新性声明

- (1) 实验现象漂亮、场景震撼,令人印象深刻;
- (2) 综合了较多的化学基础知识,包括亚锡离子的电解、电解与电流的关系、酸碱指示剂的使用及氧气、氢气的性质等,适合作为大学普通化学课程中的一个基础实验项目或高中生的探究实验;
- (3) 创新性地设计了电流方向切换装置、V型电解池;
- (4) 设备简单便捷,成本低廉,占用场地小,使用试剂绿色安全,非常适合化学知识的科普。

参 考 文 献

- [1] 陈红军, 陈新萍, 马玲, 洪远新. 塔里木农垦大学学报, 2001, 13 (4), 47.
- [2] 任艳平, 吕银云, 董志强. 大学化学, 2018, 33 (9), 55.