

第三章 實驗程序

3.1. 實驗流程

圖 3-1 為實驗流程圖。

3.2. 實驗試藥

表 3-1 為實驗所用之藥品。

3.3. 實驗設備

表 3-2 為實驗所用之設備。

3.4. 實驗方法



3.4.1 催化劑製程

本研究主要利用檸檬酸先驅(Amorphous Citrate Precursor, ACP)法[30、52]合成 La-Ca-Co-O、Y-Ba-Cu-O、Ba-Ru-O 和 Co-O、Cu-O、Ru-O 一系列催化劑，圖 3-2 為催化劑製程之細部流程圖。

3.4.1.1 La-Ca-Co-O 系列催化劑粉末製備

- a. 將硝酸鏷、硝酸鈣、硝酸鈷粉末依莫耳數比 0.6 : 0.4 : 1 分別溶於水溶液中，利用攪拌器攪拌，讓粉末完全溶於水中，再加入適量檸檬酸水溶液當作螯合劑均勻混合，得到最初原始溶膠(sol)。
- b. 之後加熱至 200°C 除水直到有膠體(gel)發生，再置入 125°C 烘箱中乾燥，發現體積會膨脹，呈現桃紅色，最後研磨稱重。
- c. 置入管爐鍛燒，在空氣氣氛下由室溫以加熱速率 2°C/min 升溫到

350°C，並持溫 0.5 小時，再爐冷到室溫，用研鉢研磨均勻過篩，即為 LCCO-350。

d.將 LCCO-350 粉末再次置入管爐鍛燒，在空氣氣氛下以加熱速率 2°C/min 升溫到 600°C，並持溫 4 小時，再爐冷到室溫，用研鉢研磨均勻過篩，即為 LCCO-600。

e.重複步驟a~d，將起始物依莫耳數比 0.6：0.4：2，其餘條件均相同，製備出LCC₂O-350、LCC₂O-600。

f.重複步驟a~d，將起始物依莫耳數比 0.6：0.4：3，其餘條件均相同，製備出LCC₃O-350、LCC₃O-600。

3.4.1.2 Y-Ba-Cu-O 催化劑粉末製備

a.將硝酸鈮、硝酸鋇、硝酸銅粉末依莫耳數比 1：2：3 分別溶於水溶液中，利用攪拌器攪拌並加熱至 100°C 幫助硝酸鋇溶解，再加入適量檸檬酸水溶液當作螯合劑均勻混合，得到最初原始溶膠(sol)。

b.之後加熱至 200°C 除水使藍色溶液變成藍黑色，漸漸增加到 300 因為NO₃⁻分解成NO_x氣體生成出現棕色膠體(gel)，再置入 125°C 烘箱中乾燥，最後研磨稱重。

c.置入管爐鍛燒，在空氣氣氛下由室溫以加熱速率 2°C/min 升溫到 350°C，並持溫 0.5 小時，再爐冷到室溫，用研鉢研磨均勻過篩，即為 YBCO-350。

d.將 YBCO-350 粉末再次置入管爐鍛燒，在空氣氣氛下以加熱速率 2°C/min 升溫到 600°C，並持溫 4 小時，再爐冷到室溫，用研鉢研磨均勻過篩，即為 YBCO-600。

3.4.1.3 Ba-Ru-O 催化劑粉末製備

- a. 將硝酸鋇、氯化鈦粉末依莫耳數比 1 : 1 分別溶於水溶液中，利用攪拌器攪拌並加熱至 100°C 幫助硝酸鋇溶解，再加入適量檸檬酸水溶液當作螯合劑均勻混合，得到最初原始溶膠(sol)。
- b. 之後加熱至 200°C 除水，漸漸增加到 300 因為 NO₃⁻ 分解成 NO_x 氣體生成出現黑色膠體(gel)，再置入 125°C 烘箱中乾燥，最後研磨稱重。
- c. 置入管爐鍛燒，在空氣氣氛下由室溫以加熱速率 2°C/min 升溫到 350°C，並持溫 0.5 小時，再爐冷到室溫，用研鉢研磨均勻過篩，即為 BRO-350。
- d. 將 BRO-350 粉末再次置入管爐鍛燒，在空氣氣氛下以加熱速率 2°C/min 升溫到 600°C，並持溫 4 小時，再爐冷到室溫，用研鉢研磨均勻過篩，即為 BRO-600。



3.4.1.4 Co-O 催化劑粉末製備

- a. 取硝酸鈷粉末完全溶於水溶液中，再加入適量檸檬酸水溶液當作螯合劑均勻混合，得到最初原始溶膠(sol)。
- b. 之後加熱至 200°C 除水直到有膠體(gel)發生，再置入 125°C 烘箱中乾燥，發現體積會膨脹，呈現桃紅色，最後研磨稱重。
- c. 置入管爐鍛燒，在空氣氣氛下由室溫以加熱速率 2°C/min 升溫到 350°C，並持溫 0.5 小時，再爐冷到室溫，用研鉢研磨均勻過篩，即為 Co₃O₄-350。
- d. 將 Co₃O₄-350 粉末再次置入管爐鍛燒，在空氣氣氛下以加熱速率 2°C/min 升溫到 600°C，並持溫 4 小時，再爐冷到室溫，用研鉢研磨均勻過篩，即為 Co₃O₄-600。

3.4.1.5 Cu-O 催化劑粉末製備

- a. 取硝酸銅粉末完全溶於水溶液中，再加入適量檸檬酸水溶液當作螯合劑均勻混合，得到最初原始溶膠(sol)。
- b. 之後加熱至 200°C 除水直到有膠體(gel)發生，再置入 125°C 烘箱中乾燥，最後研磨稱重。
- c. 置入管爐鍛燒，在空氣氣氛下由室溫以加熱速率 2°C/min 升溫到 350°C，並持溫 0.5 小時，再爐冷到室溫，用研鉢研磨均勻過篩，即為 CuO-350。
- d. 將 CuO-350 粉末再次置入管爐鍛燒，在空氣氣氛下以加熱速率 2°C/min 升溫到 600°C，並持溫 4 小時，再爐冷到室溫，用研鉢研磨均勻過篩，即為 CuO-600。

3.4.1.6 Ru-O 催化劑粉末製備

- a. 取氯化鈦粉末完全溶於水溶液中，再加入適量檸檬酸水溶液當作螯合劑均勻混合，得到最初原始溶膠(sol)。
- b. 之後加熱至 200°C 除水直到有膠體(gel)發生，再置入 125°C 烘箱中乾燥，最後研磨稱重。
- c. 置入管爐鍛燒，在空氣氣氛下由室溫以加熱速率 2°C/min 升溫到 350°C，並持溫 0.5 小時，再爐冷到室溫，用研鉢研磨均勻過篩，即為 RuO₂-350。
- d. 將 RuO₂-350 粉末再次置入管爐鍛燒，在空氣氣氛下以加熱速率 2°C/min 升溫到 600°C，並持溫 4 小時，再爐冷到室溫，用研鉢研磨均勻過篩，即為 RuO₂-600。

3.4.2 雙氧水分解反應測試

3.4.2.1 反應裝置

本實驗裝置是參考 A.C.C.Tseung[53]所提及量測雙氧水分解反應的氣體計量器方法，裝置如圖 3-3 所示，包括攪拌器、溫度計、過濾瓶、結晶皿及 U 型管等。

3.4.2.2 觸媒活性測試

在觸媒活性測試的實驗中[42、53]，是以雙氧水為反應起始物，使用先前製備之 La-Ca-Co-O、Y-Ba-Cu-O、Ba-Ru-O 與市售的二氧化錳作觸媒，在不同操作條件下進行雙氧水分解反應，並量測生成氧氣的體積對時間的關係，求出反應速率常數來判斷各觸媒的活性大小。



(1) 在 350°C 下鍛燒之催化劑以不同重量在 15°C 下之試驗

- a. 配製 13wt% 之氫氧化鉀溶液及 1.15M 之雙氧水溶液備用。
- b. 先將 U 型管內注入水至 0ml 刻度，且將磁石置入過濾瓶中並與 U 型管相連接，再加入 30ml 之 13wt% 氫氧化鉀溶液及適量之催化劑(反應性佳之催化劑取 0.0025g、0.005g、0.0075g、0.01g、0.0125g；反應性較差之催化劑則取 0.01g、0.02g、0.03g、0.04g、0.05g)於過濾瓶中，利用冰塊使之保持在約 15±1°C。
- c. 攪拌速度設定為 3，再蓋上血清塞並插上針頭以維持內外壓力之平衡，攪拌約 10min。
- d. 先將針頭拔除，用注射器取 2ml 之 1.15M 雙氧水溶液注入過濾瓶中，開始量測不同時間下氧氣產生之體積。

(2)在 350 °C 下鍛燒之催化劑以 0.01g 在不同溫度下之試驗

- a. 配製 13wt% 之氫氧化鉀溶液及 1.15M 之雙氧水溶液備用。
- b. 先將 U 型管內注入水至 0ml 刻度，且將磁石置入過濾瓶中並與 U 型管相連接，再加入 30ml 之 13wt% 氫氧化鉀溶液及 0.01g 之催化劑於過濾瓶中，利用冰塊使之保持在 $5\pm 1^{\circ}\text{C}$ 、 $10\pm 1^{\circ}\text{C}$ 、 $15\pm 1^{\circ}\text{C}$ 、 $20\pm 1^{\circ}\text{C}$ 。
- c. 攪拌速度設定為 3，再蓋上血清塞並插上針頭以維持內外壓力之平衡，攪拌約 10min。
- d. 先將針頭拔除，用注射器取 2ml 之 1.15M 雙氧水溶液注入過濾瓶中，開始量測不同時間下氧氣產生之體積。

(3)在 600 °C 下鍛燒之催化劑以不同重量在 15 °C 下之試驗

重複步驟(1)，將催化劑改為 600 °C 鍛燒之催化劑，其餘條件均相同。

(4)在 600 °C 下鍛燒之催化劑以 0.01g 在不同溫度下之試驗

重複步驟(2)，將催化劑改為 600 °C 鍛燒之催化劑，其餘條件均相同。

3.4.3 空氣陰極製程

- a. 先將 60wt% 碳黑粉末(XC-72)倒入 50ml 燒杯中，然後加入酒精當作分散劑，確定要蓋過粉末，使酒精完全潤濕之，並放入磁石用攪拌器攪拌約 20min，使碳黑能完全分散在酒精中。
- b. 同時將 40wt% PTFE Suspension 倒入 50ml 燒杯中，然後加入酒精當作分散劑，使 PTFE 能均勻分散在酒精中，並攪拌約 20min。
- c. 再將 PTFE 加入碳黑中並持續攪拌約 20min 後，在 85°C 下加熱會發現粉末會漸漸黏聚在一起，再持續加熱，將多餘酒精蒸掉。

- d. 所得之黏團物用異丙醇溶液(IPA)浸泡約 20min 使之纖維化，持續在 85°C 下加熱，將多餘異丙醇溶液蒸掉。
- e. 最後用鋼圓筒滾壓成 0.1~0.2mm 厚度的薄膜，泡在丙酮溶液中清洗雜質約 30min，再置入 55°C 烘箱下烘乾 30min，即為擴散層。
- f. 催化層是以 60wt% 碳黑粉末，20wt% 催化劑粉末，20wt% PTFE Suspension 之組成，其餘步驟和擴散層相同。
- g. 將所得之擴散層和催化層分別置於鎳網兩側，再用油壓機以 3 噸壓力壓合 1min，空氣陰極即製備完成。圖 3-4、3-5、3-6 分別為擴散層、催化層和空氣陰極之製作流程圖[54]。

3.4.4 鋅陽極製程¹

- a. 鍍液：配製 26wt% 之氫氧化鉀溶液，並加入 2wt% 氧化鋅備用。
- b. 銅網(鍍件)：將欲鍍之銅網浸入脫脂液內，做脫脂處理；再浸入稀硝酸中進行酸洗。
- c. 電鍍：將已完成處理之銅網夾緊於鍍框上，取鍍液注入 PE 槽並用管型攪拌機攪勻，將不銹鋼片接電源供應器之“+”端而銅網(鍍件)接電源供應器之“-”端，裝置如圖 3-7；在排煙櫃內進行電鍍，以排除電鍍時產生之氣體，開啟電源供應器，設定電鍍電流及電鍍時間，如表 3-3。
- d. 鋅極：先將上述鍍件(銅網表面鍍有海棉狀鋅)水洗以沖掉沾附之鹼液，再用碾壓機碾壓以去除大部分水分，最後在 50 下乾燥 4 小時，即為鋅陽極。

¹ 鋅陽極製程由國防部中山科學研究院提供。

3.4.5 實驗用鋅空氣電池組裝

電池裝置圖如圖 3-8 所示，主要分前、後兩部分，材料為壓克力板，外層結構之長、寬、厚度分別為 8cm、10cm、0.6cm，前蓋板中間挖空部分之長、寬分別為 2.5cm、3.2cm，主要是讓空氣能擴散至擴散層來到催化層中反應，所以接觸面積為 8cm^2 ；後蓋板中間凹槽部分為 L 形之長、寬、深度分別為 3.2cm、3.8cm、0.2cm，主要是放置鋅陽極，且需在鋅陽極外包覆一層隔離膜，以防止短路發生；在 L 形外圍有一圈 0.2cm 的凹槽，主要是放置 O-ring，目的是為了和空氣陰極能更緊密的結合在一起，讓電解液不會從壓克力板間隙中流出；為了將前後串聯起來，在四端角落分別挖空，並用螺絲鎖緊。



3.5. 實驗儀器 [55、56]

1. 熱重分析儀 (TGA, Do Punt TGA 2950)

熱重分析是利用加熱中記錄樣品重量之變化，由重量開始變化的溫度和大小，得知化學反應發生的溫度。在空氣氣氛下，由 30°C 以 $10^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 的升溫速率加熱至 900°C 。

2. 熱差分析儀 (DTA, TA 1600DTA)

將標準樣品 (Al_2O_3) 和待測樣品一同加熱，當樣品發生變化時溫度會突變，記錄溫度差 (ΔT)，顯示出樣品的吸、放熱變化。在氮氣氛下，由 100°C 以 $10^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 的升溫速率加熱至 1000°C 。利用上述兩項熱分析法，可依據樣品的重量損失和吸放熱變化，確定是否有有機分子殘留及決定鍛燒成相溫度。

3.程溫還原反應(TPR)²

程溫還原法(Temperature-programmed Reduction, TPR)是利用樣品在升溫過程的耗氫量，進而了解樣品還原的設備。程溫還原系統主要有加熱、質流控制及偵測三部分：系統加熱採用的是eurotherm model 812 programmer 溫控器配合 chromel-alumel 型熱電偶來控制加熱爐的溫度；還原氣體的流速是以質流控制器(mass flow controller)控制，當氣體通過反應器為 4mmi.d.石英玻璃後，由熱傳導偵測器(Thermal Conductivity Detector, TCD)偵測反應器前後氣體熱導度的差異，並以電腦同步記錄還原氣體消耗訊息與溫度變化的關係。反應器所產生的水，在通過除水管時會被 silica 所吸收，以避免對訊號基線的影響。

本實驗取待測樣品約 0.1g 置入U型石英管中，還原氣體為 10% H_2/N_2 ，氣體流速為 30ml/min，由室溫以 7 /min的升溫速率加熱至 700 ，TCD的偵測電流為 70mA。

4.X 射線繞射分析儀(XRD, SIEMENS Diffraktometer D5000)

本研究針對不同觸媒在不同燒結溫度下的晶相結構，且利用 JCPDS-98 軟體對照，找出非晶相觸媒的成份作相關的探討。操作條件為每 1 秒掃 0.02 度，掃瞄區間為 20~70 度。

5.場發射式掃瞄式電子顯微鏡(FESEM, JEOL JSM-6500F)

除了觀察不同觸媒經雙氧水分解反應前後的表面外觀型態及微觀結構之外，也可進一步了解其孔洞結構，並觀察製作之擴散層與催化層的表面分佈情形。

² 本實驗儀器由國立清華大學化學系葉君棟教授實驗室提供。

6.X 射線能量散佈光譜儀(EDS, OXFORD CRYSTAL AND EDS INCA400)

分析觸媒內雙氧水分解反應前後所含元素的定性及概略性微區的定量，並觀察製作之催化層各成份分佈情形。

7.BET 表面積測定儀(BET, Quantachrome NOVA 1000e)[57]

利用氮氣在 77K 下進行固體表面的物理吸附可求得吸附劑的表面積，固體表面積的量測最常用的方法是 Brunauer-Emmett-Teller(BET)法，其吸附原理如下：

$$\frac{1}{W((P_0/P)-1)} = \frac{1}{W_m C} + \frac{C-1}{W_m C} \left(\frac{P}{P_0}\right) \quad (3-1)$$

其中 W：在平衡壓力P/P₀下之吸附氣體重量

W_m：形成單層吸附所需最大氣體重量

P₀：在吸附溫度下，液化氣體之飽和蒸氣壓

C：在某特定溫度下，氣-固系統下的一常數

根據(3-1)將 $\frac{1}{W((P_0/P)-1)}$ 對 $\frac{P}{P_0}$ 作圖可得到一直線，斜率 s 和截距 i

分別為： $s = \frac{C-1}{W_m C}$ ， $i = \frac{1}{W_m C}$

由上式可解出單層吸附的吸附重量W_m： $W_m = \frac{1}{s+i}$ (3-2)

吸附重量W_m可轉換成分子吸附係數，再由分子吸附係數和每個分

子投影面積A_{cs}求得總吸附表面積S_t： $S_t = \frac{W_m N A_{cs}}{M}$ (3-3)

其中 N：6.023×10²³個/mol

A_{cs}：16.2Å²

M：吸附氣體的分子量

固體表面積可由下式求得： $S = \frac{S_t}{w}$ ，w：樣品重量

本研究將觸媒研磨以分析篩過篩，在 250°C 下除水 2 小時後作 BET

分析，設 P/P_0 之範圍介於 0.05~0.3，不僅可由此求得表面積大小，也可藉由公式運算而得到平均粒徑大小[58]：

設每克含 N 個球形粒子，半徑為 R ，直徑為 D ，密度為 ρ ， N 個球形粒子的總表面積為 A

$$N \times 4\pi R^2 = A, \quad N = \frac{\left(\frac{1}{\rho}\right)}{\frac{4}{3}\pi R^3}, \quad \therefore A = \frac{3}{\rho R}$$

$$\text{即 } D = \frac{6}{\rho A} \quad (3-4)$$

8. 雷射粒徑分析儀(Particle Size Analyzer, Honeywell)

當直行光碰到粉體阻礙前進時，部分直行光即往四處發散產生散射光，如果所使用的光源是具有同調性質的雷射光，則散射光間彼此互相干涉產生更強的散射光。取適量樣品置入四氯化碳中，以振盪器均勻分散之，即可測得樣品之粒徑分布。

9. 傅立葉轉換紅外線光譜儀(FT-IR, Nicolet PROTÉGÉ 460)

取雙氧水分解反應前後之粉末與溶液，若是粉末通常將樣品與溴化鉀混合磨細壓成一透明薄片，若是溶液則滴入所壓好之溴化鉀即可，所偵測的紅外線光範圍 $400\sim 4000\text{cm}^{-1}$ ，測得的為穿透度對波數的圖譜，對照紅外線光譜表以鑑定觸媒存在之官能基。

10. 感應耦合電漿原子發射光譜儀(ICP-AES, JOBIN-YVON JY 2000)

利用感應耦合電漿方式所形成的激發源，因其溫度高達 5000K 以上，故可大幅提高待測元素的氣化、分解與激發，所使用的燃料氣體主要以氫氣為主，將待測樣品攜帶輸送至電漿位置予以激發。本實驗取雙氧水分解反應前後之溶液，以分析樣品中金屬離子的含量。

11.放電測試(BaSyTec , Battery Test System)[59]

放電特性是利用 BaSyTec 充放電機，進行定電流放電。將裝配好的電池，如圖 3-8，和 BaSyTec 充放電機接好後，再加入電解液(37wt%之氫氧化鉀溶液)，電路上沒有電流通過時可量測到開路電壓值(Open Circuit Voltage, OCV)，之後電池開始以定電流模式放電，直到電壓降到 0.5V 為止。

12.CV 量測(BaSyTec , Battery Test System)[59]

CV 實驗中，所使用的參考電極為 Hg/HgO 電極，輔助電極為鉑片，工作電極則為自製之空氣陰極，圖 3-9 為三極架構示意圖。欲研究電極表面所發生的反應，最常進行的便是循環伏安法(Cyclic Voltammetry, CV)，其原理是對電極施以外加電位，使電極電位在一定時間內在某一特定範圍來回變化，每次的掃瞄速度(即單位時間內電位的變化量，mV/s)保持固定，因此藉由觀察電極表面在不同時間內電位之改變而量測相對電流之變化，可對電極表面所發生的氧化還原反應進行預測。本實驗以掃瞄速度 10mV/s 進行 10 次掃瞄，電位掃瞄範圍設定由 0.5V~-0.1V，取第 10 次數據作為結果。

13.Tafel 極化曲線量測

(Princeton Applied Research Potentiostat/ Galvanostat Model 1263A)

裝置如圖 3-9，對電極施以外加電位，掃瞄速度保持固定且比 CV 測試還慢，本實驗以 3mV/s 進行電位掃瞄，設定範圍由 0.5V~-0.5V，作出 E 對 $\log I$ 的極化曲線圖，進而求得 i_0 、 b 、 α 等動力學參數及該電極的平衡電位；也可觀察出氧還原及氧生成反應的變化。

表 3-1 藥品資料表

藥品名稱	分子式	廠商	備註
硝酸鑷	$\text{La}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	Fluka	puriss. p.a. , 99.0%
硝酸鈣	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	SIGMA	
硝酸鈷	$\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	J.T.Baker	A.C.S. Reagent , 99.1%
硝酸釷	$\text{Y}(\text{NO}_3)_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	Aldrich	99.9%
硝酸鋇	$\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$	SHOWA	試藥特級 , 99.0%
硝酸銅	$\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 2.5\text{H}_2\text{O}$	RdH	98%
氯化鈦	$\text{RuCl}_3 \cdot x \text{H}_2\text{O}$	Aldrich	$x < 1$
二氧化錳	MnO_2	SHOWA	試藥壹級
檸檬酸	$\text{HOOCCH}_2\text{C}(\text{OH})$ $(\text{COOH})\text{CH}_2\text{COOH}$	SIGMA	Anhydrous
氫氧化鉀	KOH	RdH	Analytical Reagent , 85%
雙氧水	H_2O_2	SHOWA	試藥特級 , 30.0%
碳黑	Carbon black	CABOT	Vulcan XC-72
聚四氟乙烯	$-(\text{CF}_2-\text{CF}_2)_n-$	DUTAI	60wt%
酒精	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	景明化工	95%
異丙醇	$(\text{CH}_3)_2\text{CHOH}$	TEDIA	99.96%
丙酮	CH_3COCH_3	景明化工	99%
溴化鉀	KBr	MERCK	For IR Spectroscopy
硬脂酸	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$	RdH	Stearic acid
ICP 標準液		昇航	
四氯化碳	CCl_4	MERCK	99.8%

表 3-2 設備資料表

設備名稱	備註
電子天平	Precisa, model XS 225A
加熱攪拌器	COFNING
溫控器	TOHO, TM-104, model BP-60
烘箱	CHANNEL, model DV452
高溫爐	YOKOGAWA, model UP350E
振盪器	Lapidary
分析篩	BUNSEKIFURUI, Mesh No.200, 0.074mm
離心機	MSE Micro Centaur
瓦登比重瓶	CNS 7317, 25ml
去離子水機	SUNTEX, RM-220
H ₂ O ₂ 分解反應裝置	慶發玻璃儀器商行承製
壓膜裝置	晟貿科技股份有限公司承製
游標尺	Mitutoyo, 505-666, MADE IN JAPAN
油壓機	CARVER
CV 裝置	中科院提供
Hg/HgO 參考電極	Alkaline/Mercurous oxide, 佳佑企業有限公司
電池裝置	翌峰企業有限公司承製
隔離膜	Bulkey Dunton & Co., Viskon Code 3748
鉑片	99.9%, 10×50×0.1mm ³ , 麗山股份有限公司
鎳網	1.5×3×0.14 m ³ , 上鎧鋼鐵股份有限公司
鎳片	上鎧鋼鐵股份有限公司

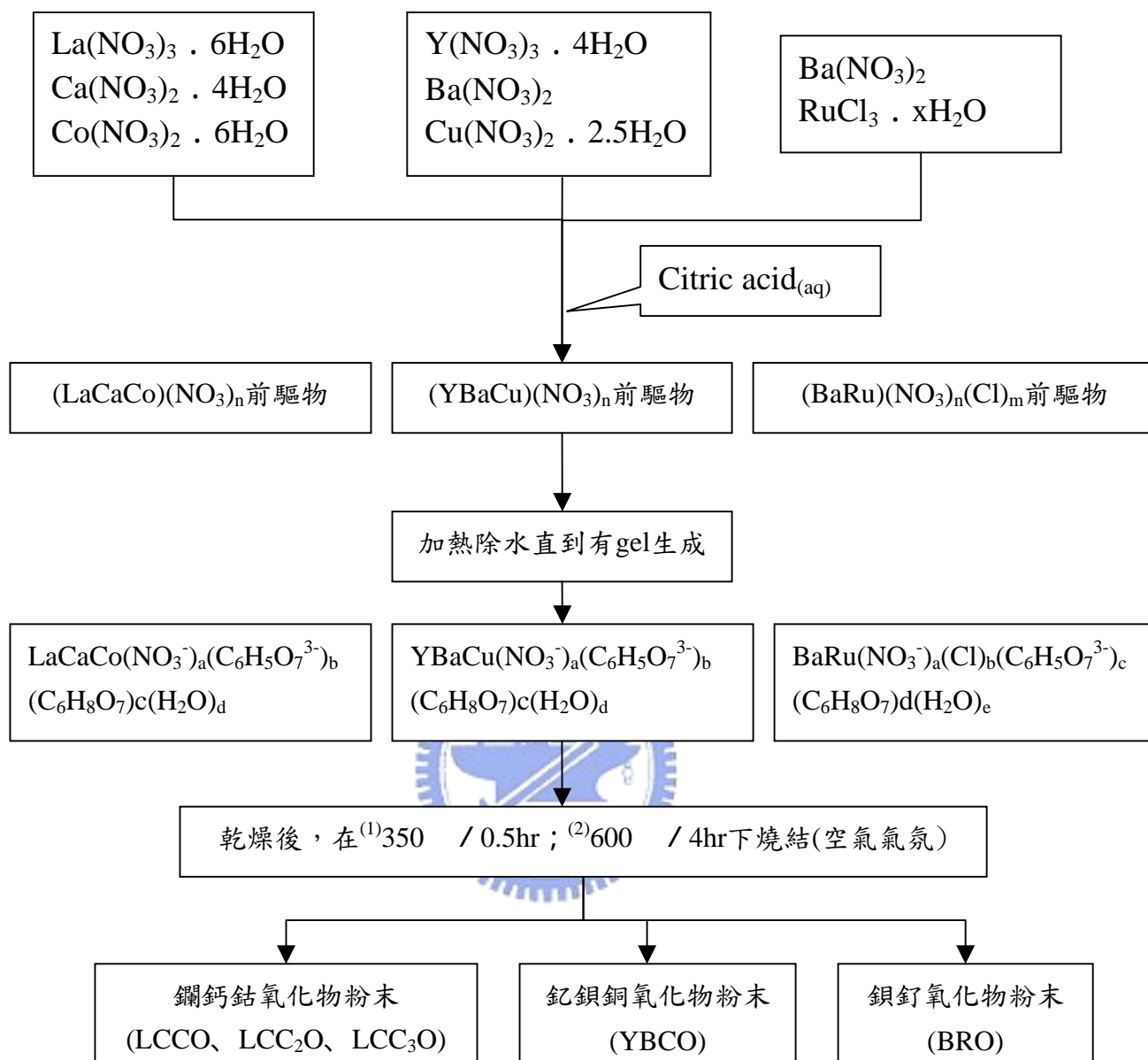


圖 3-2 催化劑製程

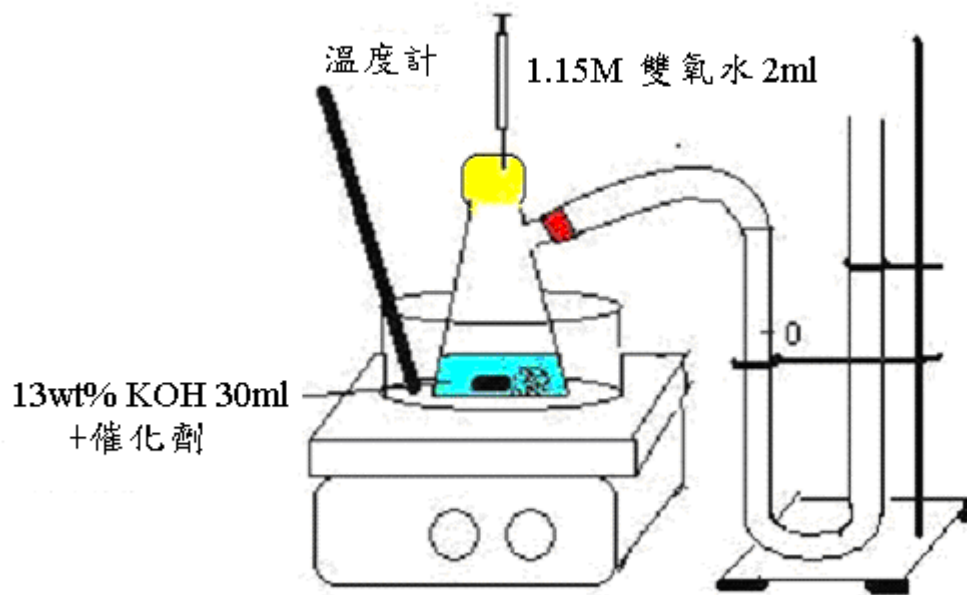


圖 3-3 H_2O_2 分解反應測試裝置圖[53]



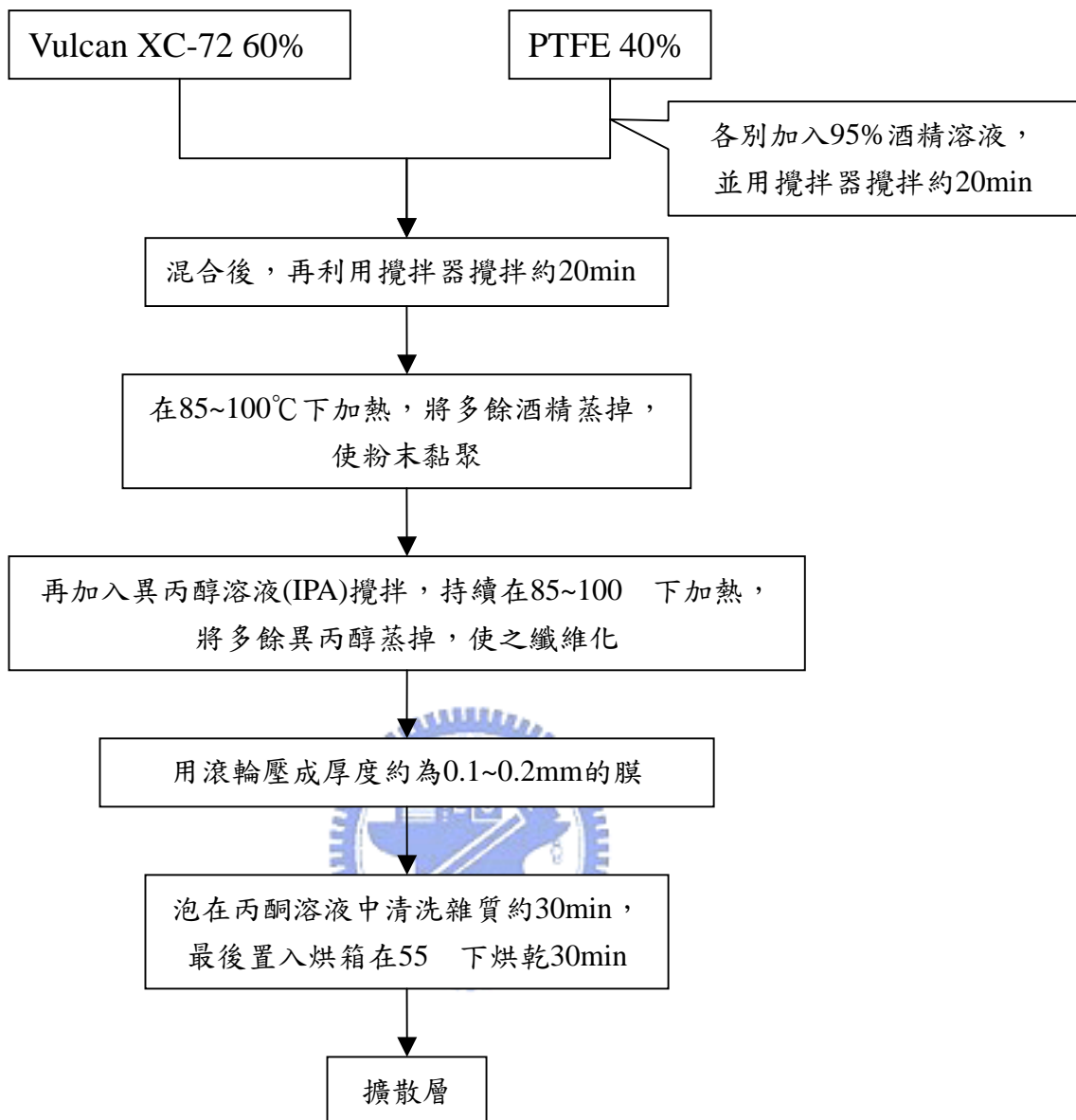


圖 3-4 擴散層之製作[54]

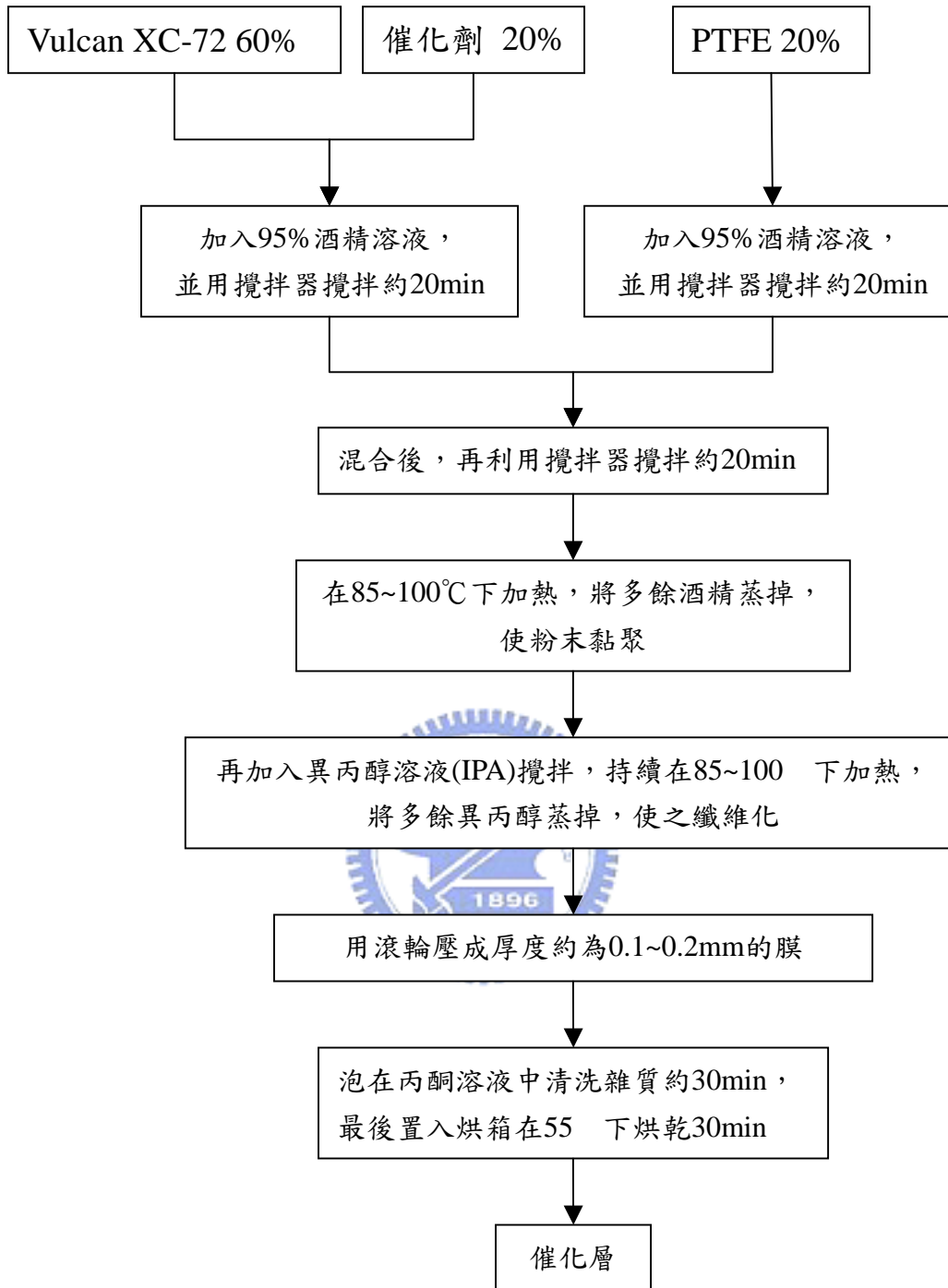


圖 3-5 催化層之製作[54]

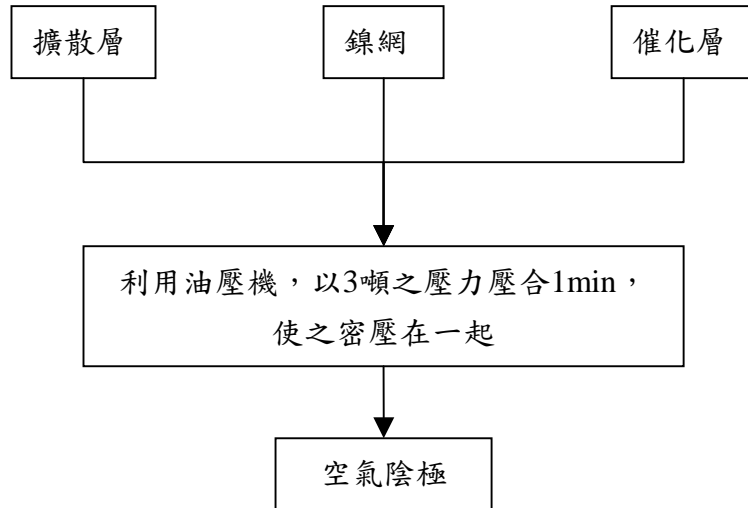


圖 3-6 空氣陰極製程[54]

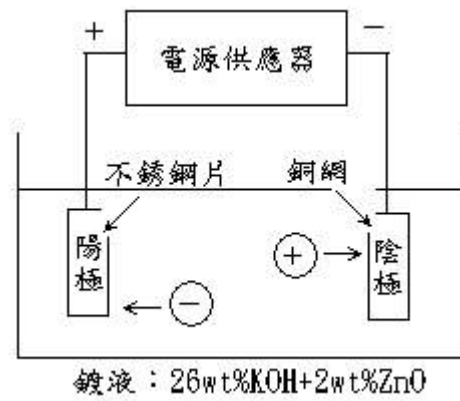


圖 3-7 鋅陽極製程裝置圖

表 3-3 電鍍之電鍍條件

次別	電鍍條件(定電流)
第 1 次	12 安培×36 分
第 2 次	12 安培×36 分
第 3 次	12 安培×36 分 30 秒
第 4 次	12 安培×37 分

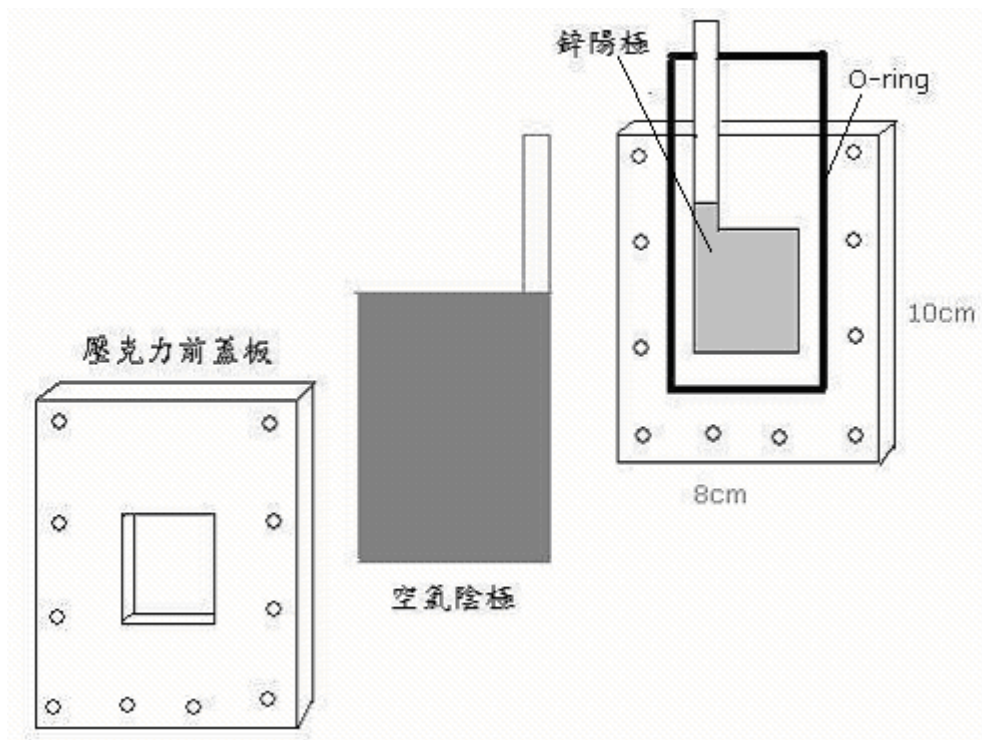


圖 3-8 電池構造分解圖



輔助電極：鉑片 參考電極：Hg/HgO電極

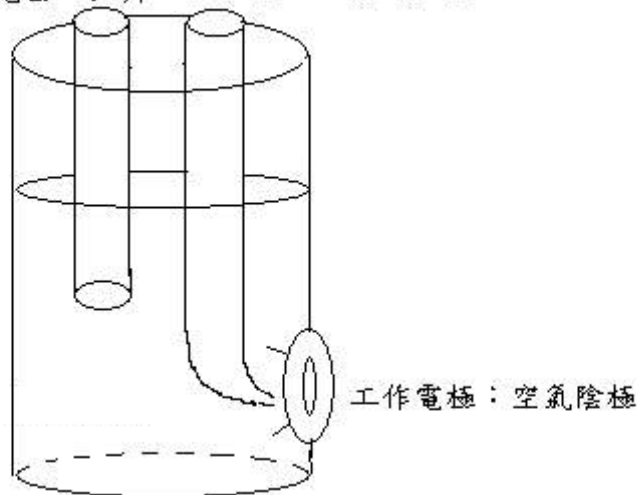


圖 3-9 CV量測的三極架構圖(電解液：37 wt% KOH_(aq))