

中華民國第四十八屆中小學科學展覽會
作品說明書

高中組 化學科

佳作

040212

鎂表面鈦化合物薄膜研究

學校名稱：國立臺灣師範大學附屬高級中學

作者： 高二 鄭宇皓 高二 李建廷 高二 吳大衛	指導老師： 張荆壜
-----------------------------------	--------------

關鍵詞： 酸鹼化學、氧化還原、錯離子

作品名稱：

鎂表面鈦化合物薄膜研究

摘要：

鎂合金的用途廣泛，但表面容易被腐蝕。因此，近年來有研究利用鎂表面氧化還原生成薄膜隔絕腐蝕環境的腐蝕，本研究即是利用鈦離子進行表面處理。

實驗一，因為鈦離子在較高 pH 值下容易氧化，因此本研究即使用錯合劑去增大鈦離子穩定的 pH 值區間，結果酒石酸薄膜為黃色，其餘皆為白色而又以草酸及檸檬酸兩種化成之薄膜最特殊。

實驗二，本實驗針對鎂片放入角度(包括鎂片面、邊與水面夾角)做了改變，希望能找出控制其紋路之變因。結果顯示檸檬酸對鎂是侵蝕的溶液。而影響的因素推測是氫氣泡會造成局部對流進而使局部腐蝕加速，形成紋路。

實驗三，本實驗改變 pH 值、溫度，找出草酸薄膜的最佳生成條件，結果顯示 pH=3，攝氏 15 度的薄膜抗腐蝕度最佳、而同酸鹼度的 25 度有鈍化現象產生。

壹、研究動機

在高二物質科學化學篇的第八章，我們學到了氧化還原反應，發現氧化還原反應的應用層面很廣泛，又加上學過一些電化學相關的知識，如：電鍍、腐蝕等。因此我們就想要以這些課本教材為基礎來應用到研究。碰巧台大工學院的高中生研究計畫中，恰有一個主題和我們的訴求相呼應，我們便參與了這個計畫，由教授和一位研究生指導，學習前人的研究經驗和基本理論去研究鎂的薄膜化成。

首先我們先去熟悉現成已知的配方和材料為例子來了解基本原理、熟記化成製程、學習相關的基本知識。實驗過程是將鎂底材加入調製溶液系統中，產生氧化還原反應，使生成物附在表面，形成一層薄膜，而我們嘗試過的溶液有磷酸根系統(圖一)、鉛離子系統(圖二)等等。

最後以已知的配方，讓鎂片泡入含有鈦酸根溶液後做出很緻密且均勻的金黃色薄膜。在多次嘗試並閱讀書籍之後，決定研究和平常離子生成薄膜的顏色大不相同的一種離子，就是 Ti 離子。我們便開始以 Ti 為中心，設計溶液，試圖製造顏色特別、附著度、抗腐蝕性最佳的薄膜。並用各種錯合劑配搭 $Ti^{3+}_{(aq)}$ 。



貳、研究目的

實驗一：

- 一、找出顏色較為特殊的薄膜
- 二、找出成品形式較為特殊的化成反應
- 三、找出新溶液配方，用以提高鎂底材薄膜附著度
- 四、找出新溶液配方，用以增加鎂底材的抗腐蝕能力

實驗二：

- 一、根據實驗一之檸檬酸實驗，在假設氫氣泡會影響紋路的情況下，找出鎂片之邊與水面夾角是否會影響其紋路的生成
- 二、找出鎂片之面與水面夾角是否能影響其紋路的生成
- 三、推導出其可能的形成原因以及化學反應

實驗三：

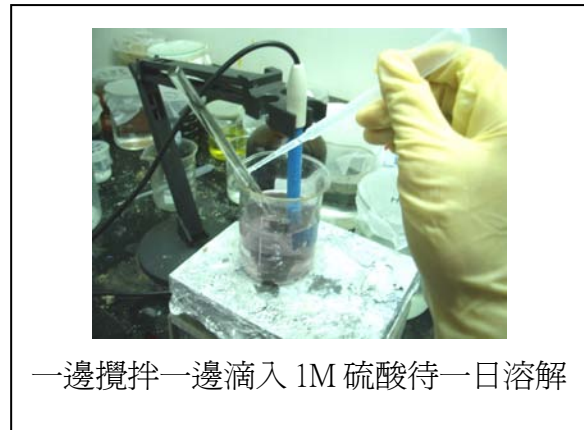
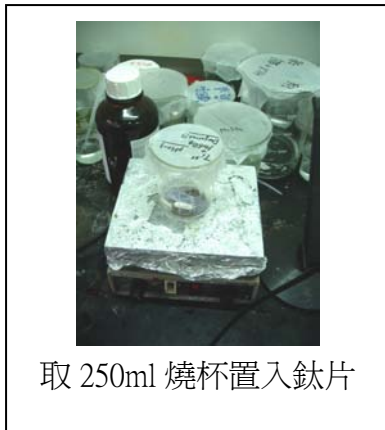
- 一、根據實驗一之草酸實驗，探討溫度是否會影響其薄膜生成
- 二、探討 pH 值是否會影響其薄膜生成
- 三、找出其抗腐蝕度最高者，加以討論其與溫度及 pH 值之關聯性
- 四、推導出薄膜可能的形成原因以及化學反應

參、研究設備及器材

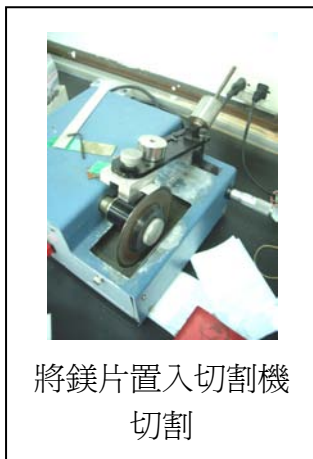
一、器材、藥品及設備：

(一) 器材			
pH 計 (附溫度計)	燒杯 (500ml、250ml)	藥匙 (塑膠製)	滴管 (塑膠製)
量筒 (50ml、100ml)	玻棒	紙杯	秤量紙
竹筷，曬衣夾 (支架)	砂紙 (#150、 #320、#500、#800、 #1000)	吹風機	氣槍
(二) 藥品			
酒石酸 $C_2H_2(OH)_2(COOH)_2$ 【試藥特級】	氫氧化鈉 NaOH 【試藥特級】	檸檬酸鈉 $Na_3C_6H_5O_7 \cdot 2H_2O$ 【試藥特級】	草酸 $(COOH)_2 \cdot 2H_2O$ 【試藥特級】
硫酸 H_2SO_4 【試藥特級】	氟化鉀 KF 【試藥特級】	氯化鈉 NaCl 【試藥特級】	
(三) 設備			
電子秤 ($d=0.0001g$)	數位照相機	去離子水製造機	通風櫥
磁石攪拌機 (附長短磁石)	電子顯微鏡	恆溫水槽	冰水製造機
(四) 材料			
鎂片	鈦片		

二、鈦溶液配置：



三、小試片製作(用於電子顯微鏡觀察以及元素分析)：



四、極化曲線量測量：

先在有洞的杯子（為可抗酸鹼之材質）上放上塑膠的 O 形環，而 O 形環繞面積為 1cm^2 ，再將塑膠片蓋上並用螺絲釘栓緊，杯中放置之溶液為 NaCl (0.1M) + Na_2SO_4 (0.05M)，再將恆電位儀的綠線接試片（工作電極），白線接飽和甘汞電極（參考電極），紅線則接白金絲（輔助電極），且白金絲要套在飽和甘汞電極上但不要碰到它的尖端，輔助電極主要是使電化學反應進行時，維持溶液的電中性且此電極不會參與反應，接著開恆電位儀，將設定好的程式啟動，就可開始測量極化曲線，要注意的是要小心恆電位儀可能過電壓或過電流，這時就要立刻將恆電位儀關掉。



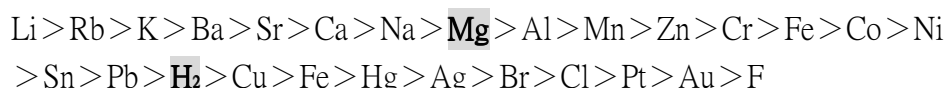
肆、研究過程及方法

一、文獻探討：

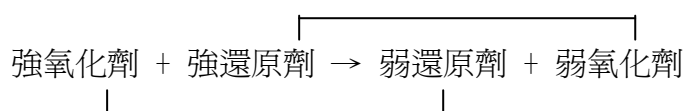
(一) 氧化還原

1、金屬的電動順序及常見金屬的氧化電位序與化性

金屬氧化電位順序(金屬離子化傾向、金屬還原力大小、金屬還原劑強度、金屬活性大小)：



2、氧化還原反應：氧化還原反應就是電子的轉移反應，以共軛觀念來看：



(二) 錯合物

1. 定義：以一個金屬原子或陽離子為中心，利用其空價軌域與具有孤對電子之陰離子或極性分子相結合成複雜的帶電荷或中性原子團稱為錯合物，常以[]表示錯離子或錯合物之存在。

2. 中心原子

(1) 條件

- ① 具低能量的空價軌域，方能與配位基所提供之電子形成配位供價鍵
- ② 電荷密度大(即離子半徑小、電荷大)

(2) 常見的中心原子

- ① 中性原子：Ni(CO)₄的 Ni
- ② 金屬陽離子：[Ag(NH₃)₂]⁺的 Ag⁺

3. 配位基

(1) 定義：與中心原子結合之周圍分子或離子稱為配位基如[Cu(NH₃)₄]²⁺錯離子中，中心原子為 Cu²⁺；配基為 NH₃

(2) 條件：具有未共用電子對

4. 單牙基與多牙基

(1) 定義：中心原子所吸引之未共用電子對數目或中心原子與配位基相結合處之原子總數稱之

(2) 單牙基：與中心原子相結合的地方只有一處的配位基稱為單牙基

如：NH₃、F⁻、Cl⁻、CO、CN⁻、H₂O 等

(3) 雙牙基：可提供二對 lone pair 與中心原子結合

如：C₂O₄²⁻(草酸根)、乙二胺(H₂NCH₂CH₂NH₂)、碳酸根(CO₃²⁻)、酒石酸根(C₄H₄O₆²⁻)、硫酸根(SO₄²⁻)

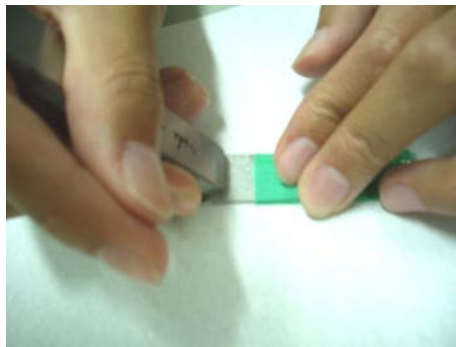
(4) 多牙基：與中心原子相結合處不只一處的配位基稱之

如：乙二胺四乙酸根

(三) 百格實驗

先將試片利用刷子拭淨，接著用百格刀，刀口寬度約為 1cm~1.2cm，每 1mm~1.2mm 為間隔，共有 10 格，直線劃下時會出現 11 條間隔相同的直線刀痕，於直線刀痕的垂直位置劃下，便成為 10×10 的 100 格的正方形，百格刀劃下去的時候應該深入至可見鎂底材，不可只割在薄膜上，否則測試便不成立。刻劃，再將膠帶貼於百格上，以手指壓下將膠帶緊密貼附，再以瞬間的力道將膠帶撕起，用立體放大鏡目視素材上的塗料是否有脫落現象，除此之外，膠帶並非隨便一種都可以，是必須指定廠牌與型號的，然後利用其薄膜被膠帶黏起的數量依造百格的百分比分為 1B.2B.3B.4B.5B 共五個等級來分級(一般手機業界客戶要求在 4B 以上)。

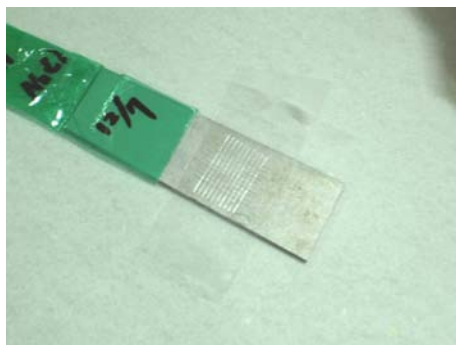
步驟圖示：



用百格刀劃出 10*10 的 100 格的正方形



將膠帶貼於百格位置，以手指壓下將膠帶緊密貼附



以瞬間的力道將膠帶撕起，用立體放大鏡目視素材上的塗料是否有脫落現象

試片材料	電壓(keV)	電流(μ A)	角度($^{\circ}$)
鎂合金	4.5	10~15	10(上下)

表 3-4 ASTM D3359-95 規範的百格試驗的判斷及區分方法[9]

等級	脫落面積百分比	表面脫落情形圖示(以 25 小格表面為例) 與膠帶黏貼範圍之百分比
5B	0% 完全沒有	
4B	低於 5%	
3B	5~15%	
2B	15~35%	
1B	35~65%	
0B	大於 65%	

百格試驗之判定標準

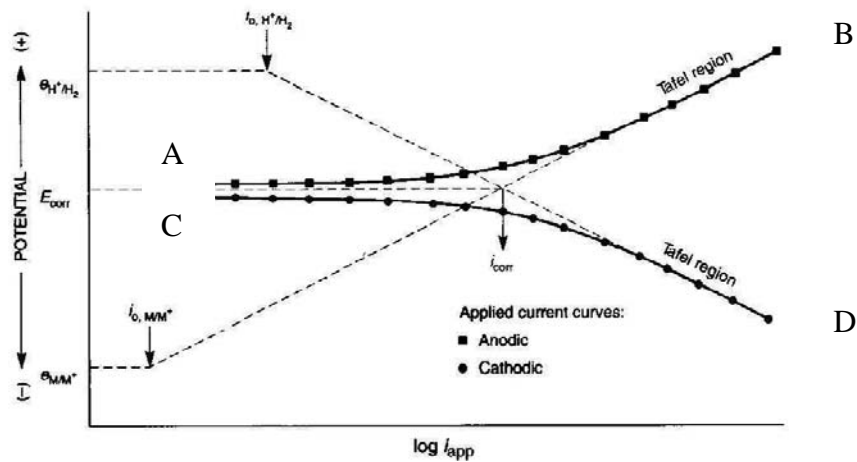
(四) 極化曲線

1、目的：以電化學分析法測量所做出薄膜的抗腐蝕度

2、原理：

(1) 標準還原電位：也就是電極電位，IUPAC 以 1 atm、25 °C、各物種濃度洽為 1M 作為電化學的標準狀態。若將各氧化還原物質置於陰極槽中，而以標準氫電極作為陽極，則所得的電池電壓，稱為各物種的標準還原電位 E° 。

(2) 極化曲線：



將電池負極接於試片，正極接於氫極，並通入各種電流求得圖中的 CD 曲線(陰極曲線)，若顛倒電池的極性通電流即可求出圖中的 AB 曲線(陽極曲線)，而從 AB, CD 直線部的延長線焦點可知腐蝕電流以及腐蝕電位。其中，腐蝕電位越高、腐蝕電流越小代表抗腐蝕能力越好，腐蝕電位越低、腐蝕電流越大代表抗腐蝕能力越差。

伍、實驗一

一、研究步驟：

- (一) 前處理：將鎂片用砂紙磨去毛邊，再用砂紙磨去其氧化表層（由 #150→#320→#500→#800→#1000），每換一種砂紙，將鎂片轉九十度，一直磨到前次刮痕消失為止，盡量不要有讓刮痕有交錯的情形出現。完成後再把鎂片拭乾或吹乾，然後於鎂片上半段貼上防酸鹼膠帶以利於夾放或紀錄標示。
- (二) 溶液配置：取 Ti^{3+} 溶液(pH=-0.2)25ml，
- (三) 用電子秤(至小數點下四位)，取下列各個藥品(作為錯合劑)，配製成 1M、50ml 的水溶液：
 - 1.KF 【氟化鉀】粉末 5.8g (1M、50ml)
 2. $C_2H_2(OH)_2(COOH)_2$ 【酒石酸】粉末 7.5g (1M、50ml)
 3. $(COOH)_2 \cdot 2H_2O$ 【草酸】粉末 6.3g (1M、50ml)
 - 4.NaCl 【氯化鈉】粉末 2.9g (1M、50ml)
 5. $Na_2C_6H_5O_7 \cdot 2H_2O$ 【檸檬酸鈉】 14.7g (1M、50ml)
- (四) 並另取 NaOH 顆粒 40g 加一些去離子水待磁石攪拌溶解後加至 500ml 配置成 2M 的水溶液。
- (五) Ti^{3+} 及錯合劑的溶液沿玻棒緩緩的倒入混合，接著於溶液燒杯中插入 pH 計測其 pH 值，然後再利用滴管取 NaOH 1M 水溶液一滴滴的滴入剛配好的混合水溶液當中(溫度也要稍加注意不要超過 40°C 以防危險發生)，直到溶液的 pH 值約等於 3.5。
- (六) 鎂片用夾棒夾好並於室溫置入溶液中計時 40 分鐘。

二、結果與討論：

(一) KF 【氟化鉀】

其成品表層屬較光滑，但有分佈不均勻的問題，有些部分露出了鎂底材，而其痕跡為縱向。百格試驗結果：5B



(二) $C_2H_2(OH)_2(COOH)_2$ 【酒石酸】

此實驗之成品表面產生了一塊一塊易脫落的黃色不明物質，分佈極為不均，而且鎂底材也有嚴重外露的情況，而且附著度、均勻度等都不是理想。



$C_2H_2(OH)_2(COOH)_2$



$C_2H_2(OH)_2(COOH)_2$

(三) $(COOH)_2 \cdot 2H_2O$ 【草酸】

成品相當良好的，薄膜顏色為白色，表面薄而光滑，也有為小的金屬色澤，薄膜附著度高且相當均勻，此試片富有深入研究之價值。
百格試驗結果：5B



$(COOH)_2 \cdot 2H_2O$



$(COOH)_2 \cdot 2H_2O$

(四) NaCl【氯化鈉】

其成品薄膜的顏色相較於草酸來說白色濃度較為淡，其原因推測為其薄膜比草酸的更薄，因而才會產生深淺的結果。而薄膜表層可能由於實驗時氫氣泡較多阻隔了薄膜產生鎂遇空氣氧化而有一些暗點的生成，並不是很理想。

百格試驗結果：5B



(五) $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 【檸檬酸鈉】：

檸檬酸鈉當做錯合劑所做出來的鎂片，和之前其他薄膜的一般特性大不相同，出現的不是一層平坦均勻的薄膜，而是出現了一條條整齊平行的紋路。其中有一面條紋比較一致且深淺分明，而另一面條紋相較下，則深淺較不明顯且較為亂，不知其原因為何，我們推測其產生原因與氫氣泡有關，未來會繼續實驗做進一步的探討。



三、結論：

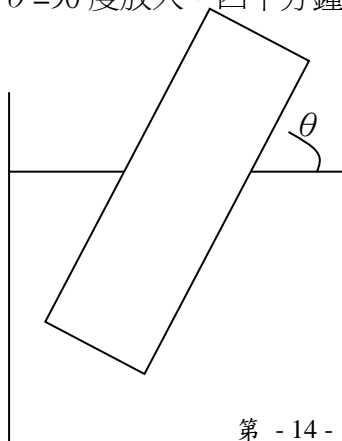
由各個試片對照的結果來看，氯化鈉和酒石酸(與三價鈦離子混合)溶液所做出的薄膜效果並不理想，不但附著不均勻，而且色澤和抗腐性亦不理想。至於以 KF 為錯合劑的溶液所做出的薄膜雖然較為均勻、也有不錯的附著度，但是相較於草酸根溶液所做出的薄膜結果就遜色許多，故我們決定針對草酸根作為錯合劑時溶液的酸鹼度以及溫度對於我們薄膜生成的影響進行更深入的實驗。至於檸檬酸鈉，則是一種很特別的的薄膜。他的規則平行凹痕排列在表面可作為裝飾之用，但是必須找出影響其紋路方向性的因素，我們便設計了實驗二來探討不同情形下對於方向性的影響。

陸、實驗二

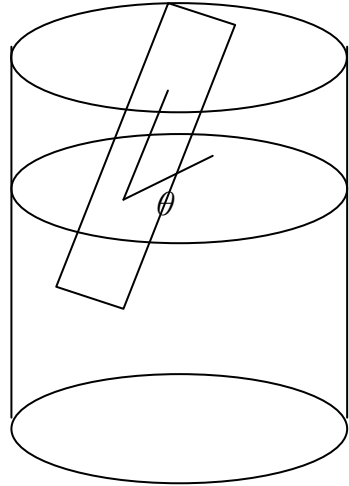
提出假說：我們假設檸檬酸鈉溶液生成的薄膜的方向性是由氫氣泡所影響。

一、研究步驟：

- (一) 前處理：將鎂片用砂紙磨去毛邊，再用砂紙磨去其氧化表層（由 #150→#320→#500→#800→#1000），每換一種砂紙，將鎂片轉九十度，一直磨到前次刮痕消失為止，盡量不要有讓刮痕有交錯的情形出現。完成後再把鎂片拭乾或吹乾，然後於鎂片上半段貼上防酸鹼膠帶以利於夾放或紀錄標示。
- (二) 溶液配置：取 Ti^{3+} 溶液(pH = -0.2)25ml
- (三) 用電子秤(至小數點下四位)，取檸檬酸鈉當錯合劑，配製成 1M、50ml 的水溶液
- (四) 並另取 NaOH 顆粒 40g 加入 350ml 去離子水待磁石攪拌溶解後加至 500ml 配置成 2M 的水溶液。
- (五) 將 Ti^{3+} 及錯合劑的溶液倒入混合，接著於溶液燒杯中插入 pH 計測其 pH 值，然後再用滴管取 NaOH 1M 水溶液慢慢滴入剛配好的溶液當中(溫度要注意不要超過 40°C 以防危險)，直到溶液的 pH 值約等於 3.5。
- (六) 將鎂片用夾棒夾好並於室溫置入溶液中計時 40 分鐘。
- (七) 分成兩組鎂片
第一組：設 θ 角是鎂片側邊和水面的夾角，將兩個鎂片以 $\theta = 45$ 度以及 $\theta = 90$ 度放入，四十分鐘後取出，觀察紋路的方向性。

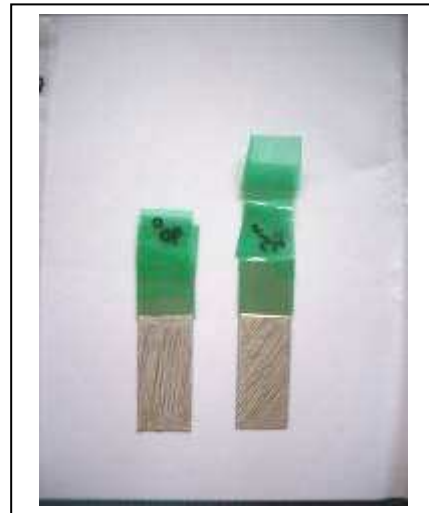


第二組：設另一 θ 角代表鎂片表面和水面的角度，將三個鎂片，以不同的 θ 角 放入(第一片 $\theta=30$ 度，第二片 $\theta=60$ 度，第三片 $\theta=90$ 度)，四十分鐘後取出，觀察三片的方向性有何不同。



二、結果與討論

第一組實驗，對於方向不同，我們針對側邊和水面夾角不同所造成的方向性影響作觀察，很明顯地，側放 45 度和鉛直放入的方向不一樣。垂直放入的紋路是鉛直向上，而 45 度的紋路卻是 45 度傾斜，若此時把斜的這片轉回當初放入溶液的方向，會變成垂直向上，也就是反應時，方向一律是垂直向上。這可以印證氫氣泡的假說，因為氫氣泡是向上浮的。

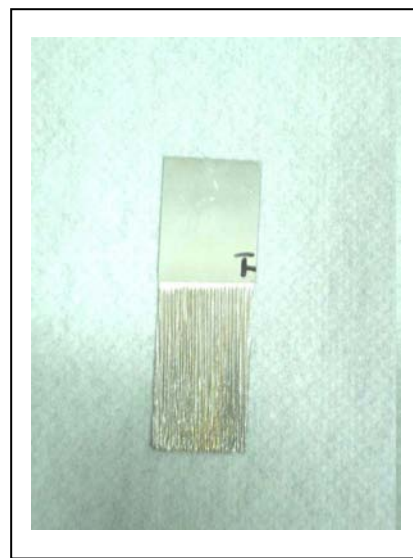


第二組實驗中，我們對照第一組發現鎂表面和水面的夾角不同對於方向

性沒有什麼影響，這呼應了第一組的結果，因為此時側面和水面的夾角都是九十度，紋路是直的。而當我們在觀察鎂表面傾斜的薄膜生成時，發現氫氣泡沿著紋路流動，也可以看成氫氣泡沿著紋路向上爬升。

此外我們發現，朝下的那一面的紋路明顯比較緻密且平行紋路比較均勻分布，而朝上那一面紋路較不規則和粗糙，因為朝下面的氫氣泡被鎂面抵制只有穩定向下爬升，因此對流穩定；而朝上面因為沒有阻隔而隨浮力向上漂，讓對流效率不彰。我們進一步推測紋路的生成原因是氫氣泡凝聚成的氫氣線造成小範圍的局部對流，使得反應中氫離子的補充較為快速，造成腐蝕較無氫氣泡之範圍來的快，而形成凹痕的條紋。

以上兩組實驗足以證明平行紋路和氫氣泡有直接關係，故假說成立。



三、結論：

經由以上種種的實驗後，可以了解到檸檬酸溶液對鎂片來說，是屬於一種富有侵蝕性的溶液。而造成其紋路的原因，則是其反應中所產生出的氫氣泡，而其產生後，在鎂片表面迅速向上爬升連成一條氫氣線，進而形成了溶液局部的對流，而加強腐蝕成一條條的鎂底材凹紋。且知對流越穩定會使紋路緻密且均勻，反之則會較粗糙且不規則。

柒、實驗三

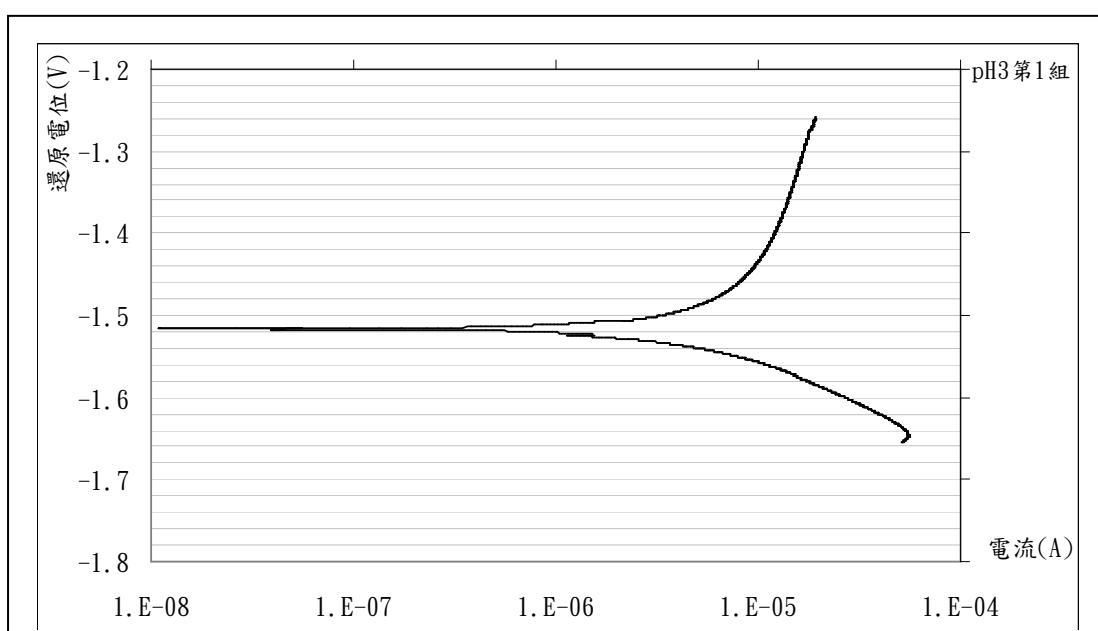
一、研究步驟：

- (一) 前處理：將鎂片用砂紙磨去毛邊，再用砂紙磨去其氧化表層（由 #150→#320→#500→#800→#1000），每換一種砂紙，將鎂片轉九十度，一直磨到前次刮痕消失，盡量不要有讓刮痕有交錯。完成後再把鎂片拭乾或吹乾，然後於鎂片上半段貼防酸鹼膠帶以利夾放或紀錄標示。
- (二) 溶液配置：取 Ti^{3+} 溶液(pH=-0.2)75ml，用電子秤(至小數點下四位)取 $(\text{COOH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 粉末 18.9g 先加一些去離子水待磁石攪拌溶解後加至 150ml 配置成 1M 的溶液，並另取 NaOH 顆粒 40g 加一些去離子水待磁石攪拌溶解後加至 500ml 配置成 2M 的水溶液兩杯。
- (三) 將兩杯 Ti^{3+} 及 $(\text{COOH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 溶液倒入混合，接著於溶液燒杯中插入 pH 計測其 pH 值，然後再用滴管取 NaOH 1M 水溶液慢慢滴入剛配製好的 Ti^{3+} 及 $(\text{COOH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 混合水溶液當中(溫度要注意不要超過 40°C 以防危險)，直到溶液的 pH 值到達目標值(分別是 3.00、5.00)。
- (四) 將 pH=3.00 的溶液分成三等份，第一組放在 40 度的恆溫水槽中，第二組放在室溫下(約攝氏 25 度)，第三組放在冰水中調到攝氏 15 度，同理處理 pH=5.00 的溶液。
- (五) 將六片鎂片用夾棒夾好並於室溫置入六杯不同條件的溶液中計時 40 分鐘後取出，用水沖洗並用氣槍吹乾。
- (六) 將試片做極化曲線之實驗

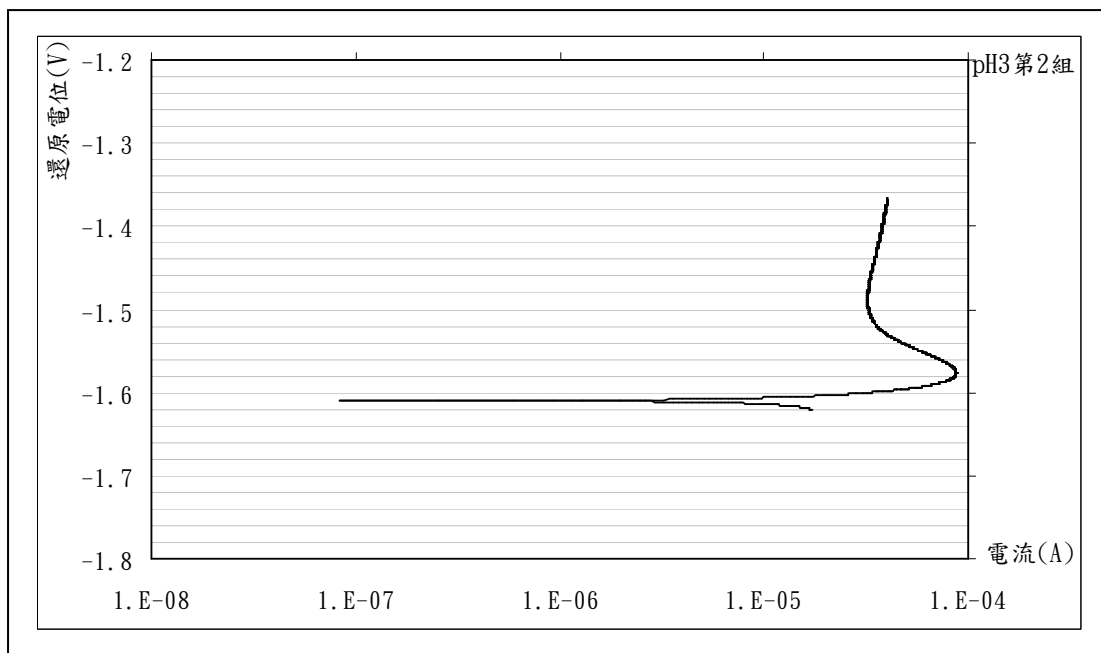
二、結果與討論：

(一) pH=3

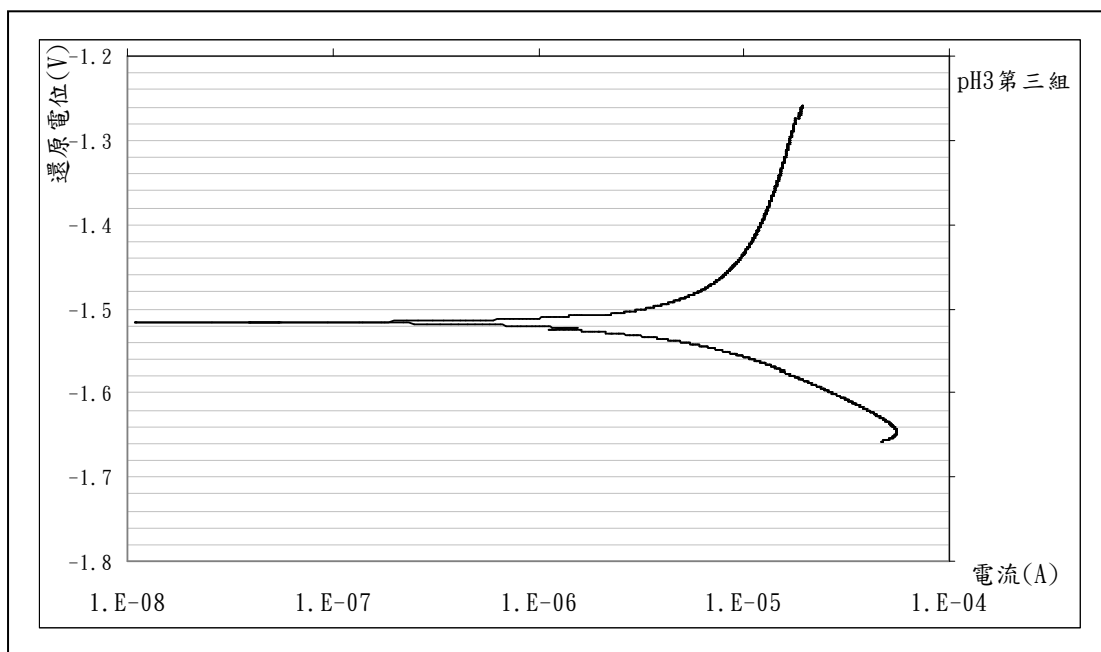
1. 實驗數據



$$E(\text{腐蝕電壓}) = -1.517\text{mV} \quad I_{\text{corr}}(\text{腐蝕電流}) = 7.907\text{E-}6 \text{ A/cm}^2$$



$$E = -1.609\text{mV} \quad I_{\text{corr}} = 6.817\text{E-}6 \text{ A/cm}^2$$



$$E = -1.479\text{mV} \quad I_{\text{corr}} = 2.331\text{E-}6 \text{ A/cm}^2$$

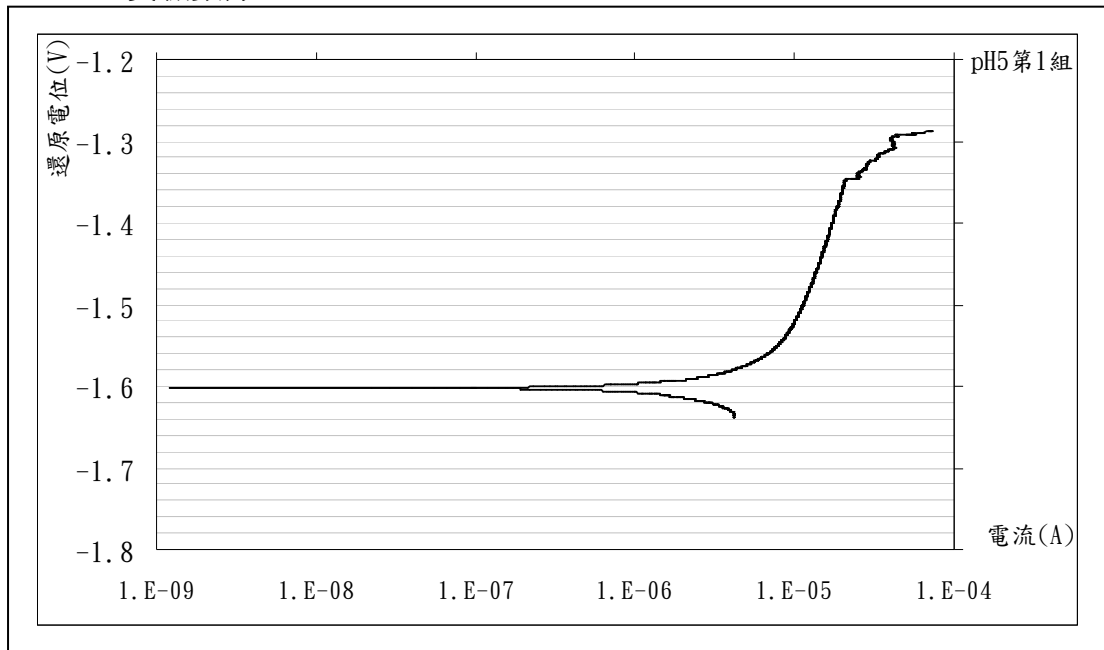
2.討論

從圖形中大致可看出第一組和第三組兩者情況相近，而兩者的實驗溫度差距大約20多度，或許是溫度沒差很大的緣故，所以實驗數據沒有很大的差別，但照理說如果和溫度有關，第二組的情況應該也和另兩組相近，但它卻是很突出的不同，它再某個區間時會有個轉彎，代表它在某個那個區間時它的抗腐蝕度會突然提升，這可能需要在研究，如果就腐蝕電流和電位來看，

第三組較好，但如果從圖形來看，較好的是第二組。

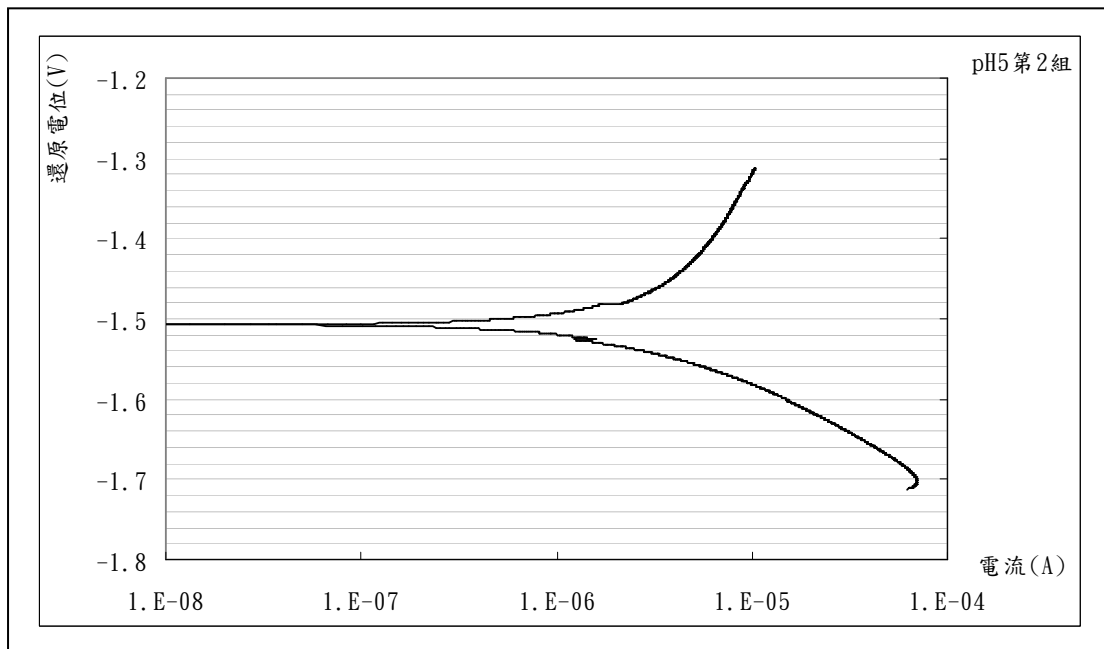
(二) pH=5

1. 實驗數據



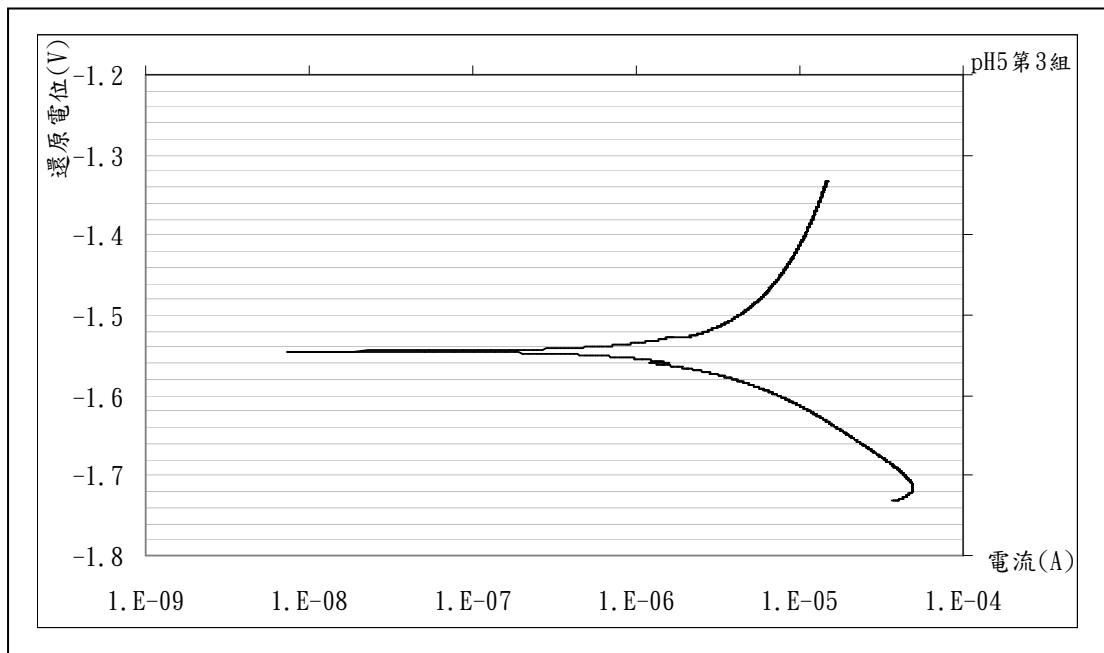
$$E = -1.601 \text{ mV}$$

$$I_{\text{corr}} = 4.855 \text{ E-}6 \text{ A/cm}^2$$



$$E = -1.505 \text{ mV}$$

$$I_{\text{corr}} = 2.083 \text{ E-}6 \text{ A/cm}^2$$



$$E = -1.541 \text{ mV}$$

$$I_{\text{corr}} = 8.570 \text{ E-6 A/cm}^2$$

2. 討論

從腐蝕電位和電流來看，第二組的是最好，而第三組和第一組則各有優劣地方，差不多，三個的圖形並沒有很特殊的部分，三個圖形都很像，而三者的抗腐蝕度是算普通的，整體而言並沒有比 pH=3 好。

三、結論：

六組試片中，以 pH=3 25 度和 15 度較為特殊，15 度的，它的腐蝕電流幾乎是最低的，而電位則是最高，抗腐蝕度算是不錯，而 25 度的，它的鈍化膜也是個很有趣的地方，也是可以繼續研究的目標，其他四片的抗腐蝕度也不算差，從這次六片鎂片的極化曲線中，我們並沒有很明顯的看到溫度和酸鹼度對薄膜抗腐蝕度的關係。

捌、未來展望

1. 再將草酸薄膜的抗腐蝕度提升，並將做出的薄膜用於生活中，增加其實用性。
2. 找出鈍化膜所產生的原因。
3. 利用檸檬酸的紋路實際應用於日常生活或藝術領域中(如：建築美觀設計)。
4. 利用草酸的薄膜實際應用於日常生活中，如：手機外殼，和航太以及生醫方面的應用。

玖、參考資料及來源

- 1、Manuele Dabala , Katya Brunelli , Enrico Napolitani , Maurizio Magrini
“ Cerium-based Conversion Coating” ,2003 Italy.
- 2、David Hawke,D.L.Albright “conversion coating” ,1995
USA)M.A.Gonzalez-Nunez,C.A.Nunez-Lopez,P.
Skeldon,G.E.Thompson,H.Karimzadeh,P.Lyon,T.E.Wilks “conversion
coating” ,1995 UK.
- 3、Kwo Zong Chong,Teng Shih Shih “PhosphateManganese conversion
coating” ,2002 Taiwan, ROC.
- 4、 J.E. Gray,B. Luan “review of surface modification on magnesium alloys”
,2001 Canada.
- 5、 K.Hl.Yang,M.DmGer,W.H.Hwu,Y.Sun,Y.C.Liu “Study of vanadium-based chemical
conversion coating on the corrosion resistance of magnesium alloy”
,2006 Taiwan, ROC.
- 6、 Marcel Pourbaix “Atlas of Electrochemical Equilibria in Aqueous Solutions” .
- 7、賴文啓 “鋁美合金錫酸鹽皮膜化成處理研究” ,2002 Taiwan, ROC.
- 8、陳譽升、方國男 “鎂合金皮膜處理” ,2003 Taiwan, ROC.
- 9、曾國輝編著 “過渡金屬” ,建宏出版社,民國 88 年，台北.
- 10、曾國輝編著 “氧化還原反應” ,建宏出版社,民國 88 年，台北.
- 11、<http://www.mingseng.com.tw/page11-Mg.htm>
- 12、http://content.edu.tw/senior/chemistry/tp_sc/content1/number3/4/12-5.htm
- 13、http://www.mse.fcu.edu.tw/download/basic_experiment/B/B-01.doc

【評語】 040212

在鎂層的表面塗佈 TiO_2 薄膜的目標，以氫離子與鎂反應活化表面，焦點放在表面的紋槽上而獲得以草酸較均勻塗佈，稍缺乏系統研究的控制。