

中華民國 第 50 屆中小學科學展覽會  
作品說明書

---

國中組 化學科

佳作

030204

失落的符號

學校名稱：雲林縣立斗六國民中學

作者：  國二 樊彥伶  國二 林昀萱  國二 謝芷芳  國二 沈育儒	指導老師：  胡德旺  林鴻銘
---	-----------------------------

關鍵詞：電解、氧化還原、字跡磨滅

# 作品名稱：失落的符號

## 摘要：

利用衝壓車床將五種不同的金屬片打印上數字符號，再使用砂輪機將金屬片上的數字刻痕磨光，而後塗抹上四種不同的電解液進行化學腐蝕法和氧化還原法，以期使被磨除的刻痕重現。本研究在探討一銅、鐵、鋅、鋁、不銹鋼金屬，在對上氫氧化鈉、氯化鐵、氯化銅和鹽酸混和液（Davis 試劑）及綜合酸試劑中，哪一組的顯現效果最佳，改變電壓和濃度結果又會如何？

最後我們發現：

1. 氫氧化鈉  $\text{NaOH}$  只對活性大的金屬（如鋁及鋅）的效果較好。
2. 氯化鐵  $\text{FeCl}_3$  對銅效果較佳。
3. 氯化銅和鹽酸綜合試劑 ( $\text{CuCl}_2 + \text{HCl} + \text{H}_2\text{O}$ ) 對大部分金屬皆有不錯的效果。
4. 混合酸 ( $\text{HF} + \text{HCl} + \text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ ) 效果好，反應很快，但不易記錄，易腐蝕過頭，而且配製過程危險。
5. 電壓和濃度基本上是越高越好，但太高容易有反效果，腐蝕效果太過，連想顯現的刻痕也腐蝕掉。

## 壹、 研究動機:

在看電視時，無意間發現一則有趣的新聞：「45 萬重機被竊，花 5 年尋回，且被尋回時引擎號碼被磨平，警察用『電解法』還原」。看完報導後，開始冒出了一些問題，什麼是電解法？為什麼被磨平了還能還原？警察是如何辦到的？可否用於平時的日常生活上呢？帶著一連串的疑問和老師討論後發現，原來這個現象和最近課本所學的氧化還原有關，因此決定深入研究還原方法以期「還原真相」。

## 貳、 研究目的：

- 一、 找出如何將磨平的刻痕還原的方法。
- 二、 不同試劑對不同金屬的效果。
- 三、 試著找出最佳的還原參數。
- 四、 利用數位放大器看還原效果，並判斷還原的好壞。
- 五、 瞭解磨滅字跡重現的原理。

## 參、 研究設備及器材

1. 12.5%、25%、37.5%氯化鐵 ( $\text{FeCl}_3$ ) 水溶液。
2. Davis (50% $\text{HCl}$ ) 試劑：5g $\text{CuCl}_2$ 溶入50ml鹽酸與50ml水；Davis (25% $\text{HCl}$ ) 試劑；Davis (75% $\text{HCl}$ ) 試劑
3. 5M、10M、15M 氫氧化鈉水溶液
4. 混和酸試劑：2ml $\text{HF} + 24\text{mlHCl} + 12\text{mlHNO}_3 + 2\text{mlH}_2\text{O}$
5. 使用衝床打過印再利用砂輪機磨平的金屬片：銅、鐵、鋅、鋁、不銹鋼各 20 片



(金屬打印衝床)



(利用砂輪機將金屬打印磨平)



6. 電源供應器 × 1、三用電表 × 1、單眼數位相機 × 1、腳架 × 1、數位放大器 × 1、棉花一包、衛生紙一包、標籤紙一包、粗吸管 × 1、檯燈 × 2、鱷魚夾電線數條、碼表 × 1、滴管 × 1、鑷子夾 × 1、電腦 × 1、投影機 × 1。



(各式電解液試劑)



(實驗儀器裝置)

## 肆、研究方法

- 一、 實驗一：不同試劑、不同電壓對各種金屬片的效果。
1. 電源供應器負極接沾有試劑的棉球，正極接金屬片。
  2. 調整電壓依次為 0V、2V、4V、6V。
  3. 計時 3 分鐘，每 10 秒以棉球塗抹一次金屬片，每 5 秒拍下金屬片的反應情形。
  4. 如無太大變化則塗滿 3 分鐘，若已無法用肉眼辨識則視情況停止。



(實驗過程)

- 二、 實驗二：試著找出各金屬的最佳試劑及濃度
1. 以實驗一的結果為依據，改變試劑的濃度，各調配一份濃度大於實驗一的試劑及一份濃度小於實驗一的試劑。
  2. 以實驗一的結果選出各金屬在那個試劑中表現最佳。
  3. 改變各金屬相對最佳試劑的濃度，並固定電壓為 2V。
  4. 計時 3 分鐘，每 10 秒以棉球塗抹一次金屬片，每 5 秒拍下金屬片的反應情形。
  5. 如無太大變化則塗滿 3 分鐘，若已無法用肉眼辨識則視情況停止。

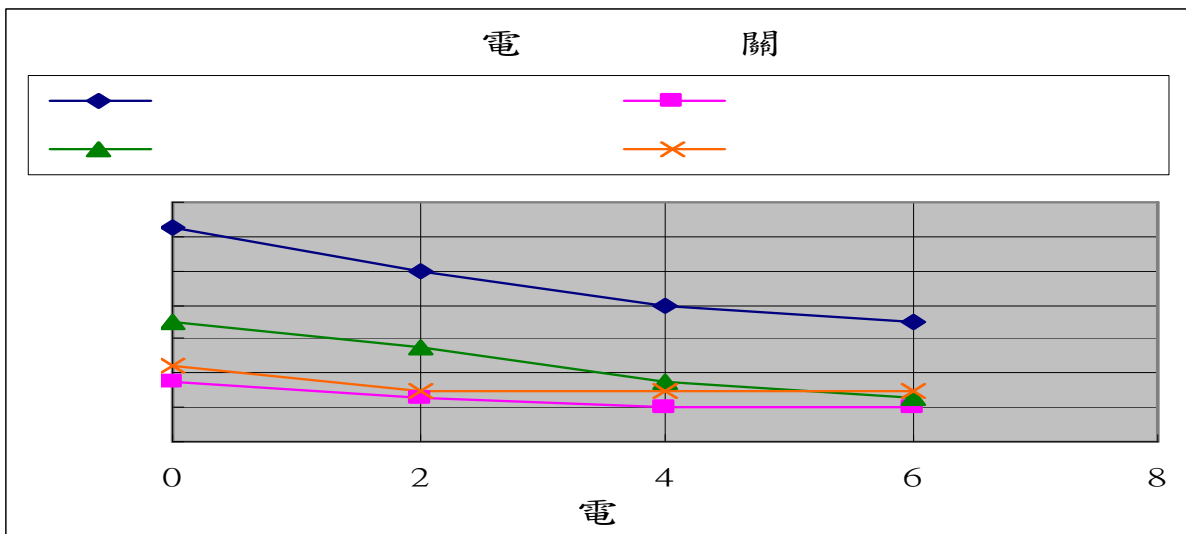
## 伍、 研究結果

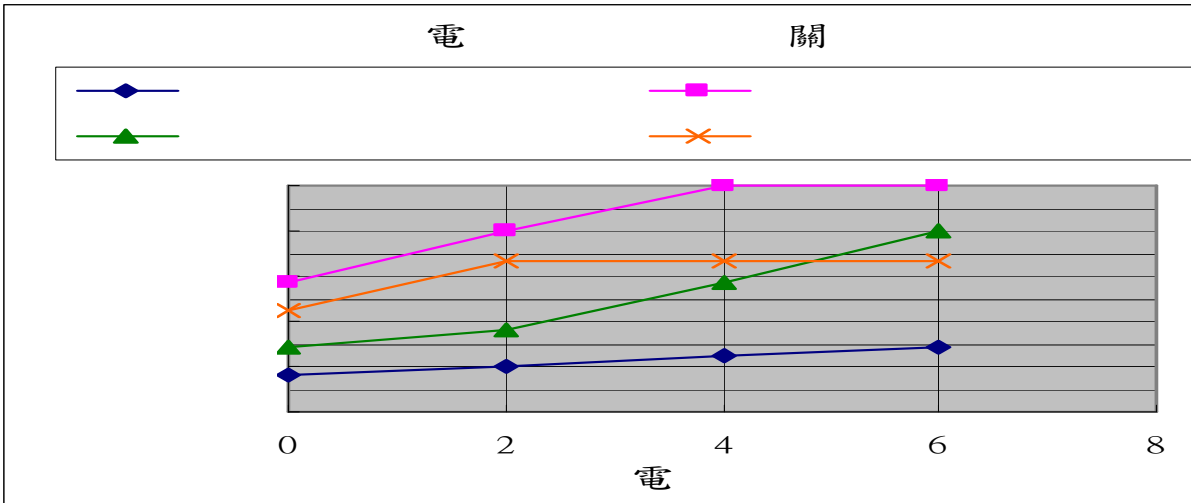
一、 不同試劑、不同電壓對各種金屬的效果：電解液：1 c.c.；塗抹頻率：1/10 Hz

註：180 S 後若仍顯影不明顯，則停止電解，觀察金屬片表面氧化情況，數據訂為 180S；若電解液塗抹之後，金屬片表面立即氧化嚴重難以辨識，則觀察金屬片表面氧化情況，數據訂為 5 秒

1. 鋁片：





























金屬片：鋁(Al)片				
電解液（一）：25% FeCl <sub>3</sub> 水溶液				
電壓 (V)	0	2	4	6
顯影時間(S)	125	100	80	70
顯影速度 (1/S)	0.008	0.010	0.013	0.014
電解液（二）：Davis 試劑 (50%HCl)				
電壓 (V)	0	2	4	6
顯影時間(S)	35	25	20	20
顯影速度 (1/S)	0.029	0.040	0.050	0.050
電解液（三）：10M NaOH 水溶液				
電壓 (V)	0	2	4	6
顯影時間(S)	70	55	35	25
顯影速度 (1/S)	0.014	0.018	0.029	0.040
電解液（四）：綜合酸水溶液				
電壓 (V)	0	2	4	6
顯影時間(S)	45	30	30	30
顯影速度 (1/S)	0.022	0.033	0.033	0.033

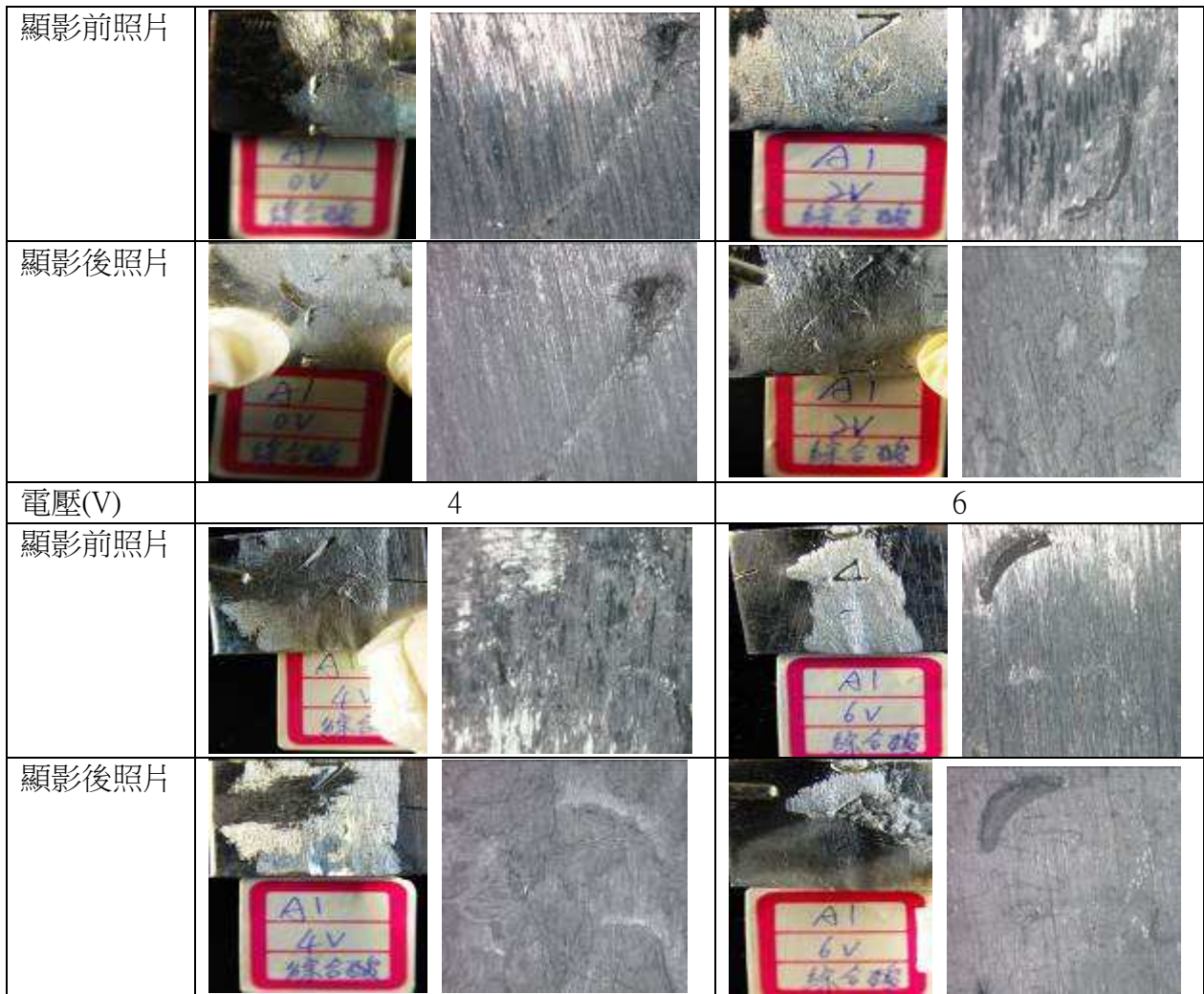




金屬片：鋁(Al)片			
電解液 (一)：25% FeCl <sub>3</sub> 水溶液			
電壓 (V)	0		2
顯影前照片			
顯影後照片			
電壓(V)	4		6
顯影前照片			
顯影後照片			
電解液 (二)：Davis 試劑 (50%HCl)			
電壓 (V)	0		2
顯影前照片			
顯影後照片			



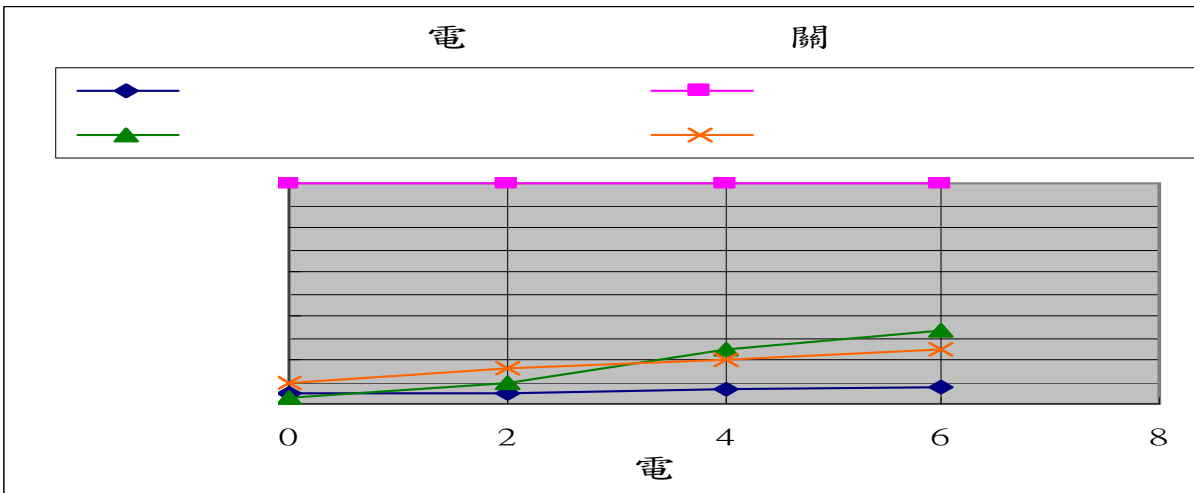
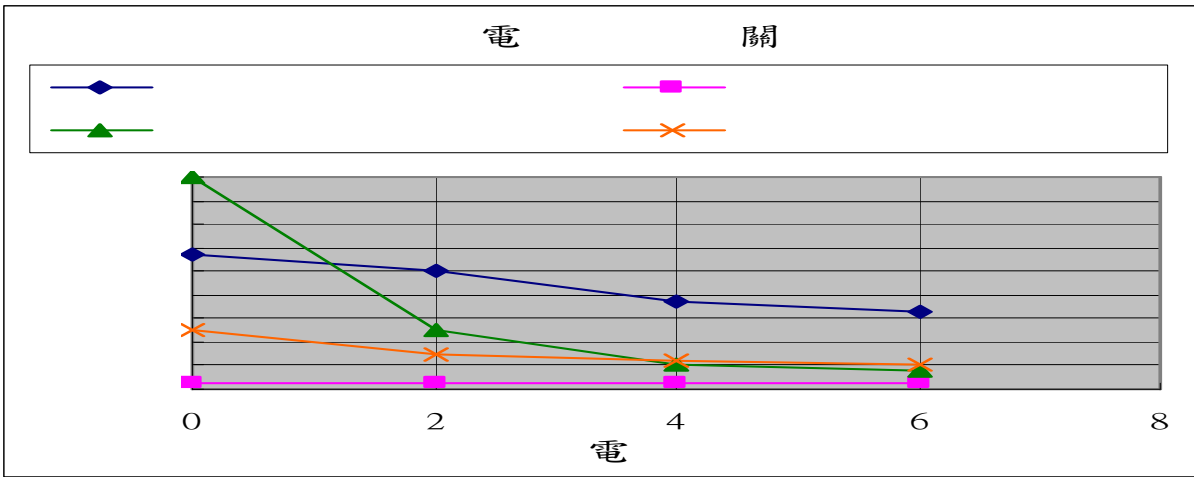
顯影後照片				
電壓(V)	4		6	
顯影前照片				
顯影後照片				
電解液(三): 10M NaOH 水溶液				
電壓(V)	0		2	
顯影前照片				
顯影後照片				
電壓(V)	4		6	
顯影前照片				
顯影後照片				
電解液(四): 綜合酸水溶液				
電壓(V)	0		2	



## 2. 鋅片:

金屬片：鋅(Zn)片				
電解液(一)：25% FeCl <sub>3</sub> 水溶液				
電壓(V)	0	2	4	6
顯影時間(S)	115	100	75	65
顯影速度(1/S)	0.009	0.010	0.013	0.015
電解液(二)：Davis 試劑(50%HCl)				
電壓(V)	0	2	4	6
顯影時間(S)	5	5	5	5
顯影速度(1/S)	0.200	0.200	0.200	0.200
電解液(三)：10M NaOH 水溶液				
電壓(V)	0	2	4	6
顯影時間(S)	180	50	20	15
顯影速度(1/S)	0.006	0.020	0.050	0.067
電解液(四)：綜合酸水溶液				
電壓(V)	0	2	4	6
顯影時間(S)	50	30	25	20
顯影速度(1/S)	0.020	0.033	0.040	0.050





金屬片：鋅(Zn)片

電解液 (一)：25% FeCl<sub>3</sub> 水溶液

電壓 (V)

0

2

顯影前照片



顯影後照片



電壓(V)

4

6

顯影前照片



Zn片  
4V  
FeCl<sub>3</sub>

Zn片  
6V  
FeCl<sub>3</sub>





電解液 (二): Davis 試劑 (50% HCl)

電壓 (V)	0	2
--------	---	---



電壓 (V)	4	6
--------	---	---



電解液 (三): 10M NaOH 水溶液

電壓 (V)	0	2
--------	---	---



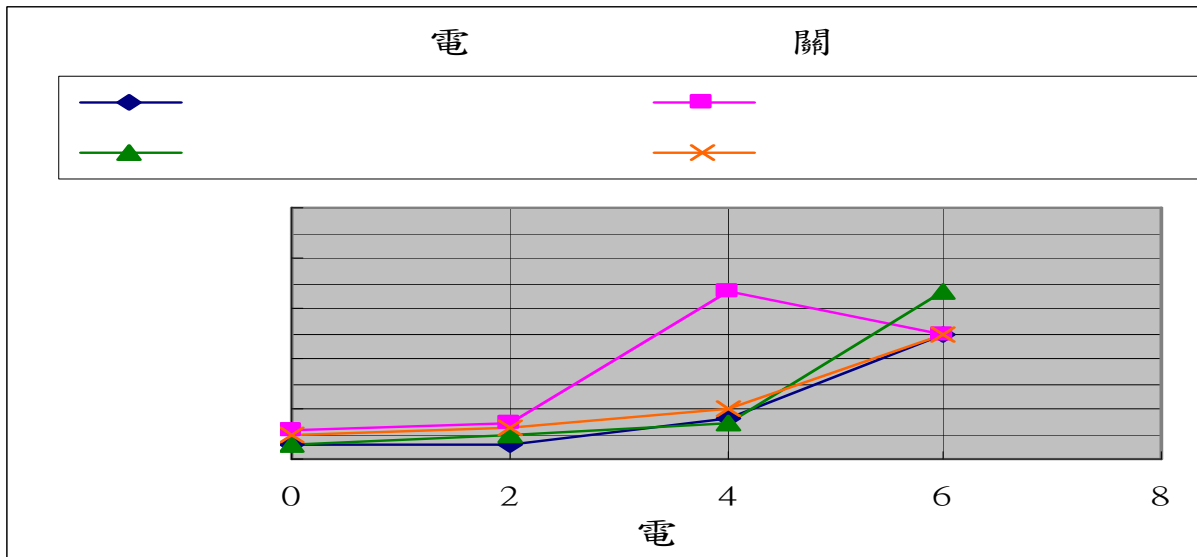
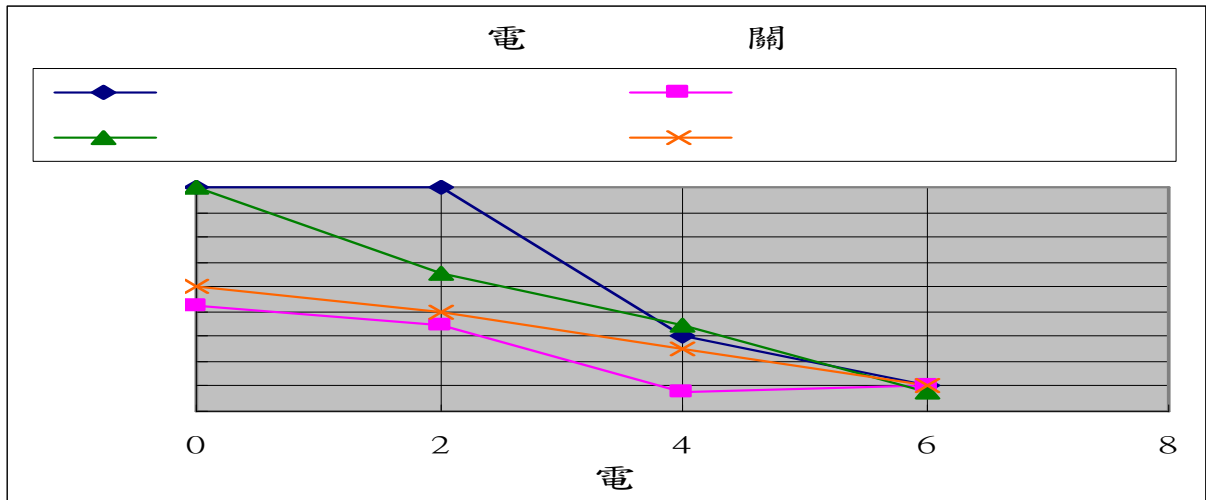
電壓(V)	4		6	
顯影前照片				
顯影後照片				
電解液(四): 綜合酸水溶液				
電壓(V)	0		2	
顯影前照片				
顯影後照片				
電壓(V)	4		6	
顯影前照片				
顯影後照片				

3. 鐵片：
















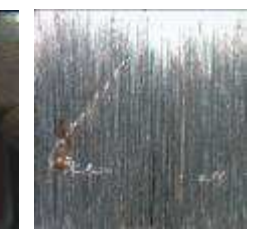












金屬片：鐵(Fe)片				
電解液(一)：25% FeCl <sub>3</sub> 水溶液				
電壓(V)	0	2	4	6
顯影時間(S)	180	180	60	20
顯影速度(1/S)	0.006	0.006	0.017	0.050
電解液(二)：Davis 試劑(50%HCl)				



電壓 (V)	0	2	4	6
顯影時間(S)	85	70	15	20
顯影速度(1/S)	0.012	0.014	0.067	0.050
電解液 (三): 10M NaOH 水溶液				
電壓 (V)	0	2	4	6
顯影時間(S)	180	110	70	15
顯影速度(1/S)	0.006	0.009	0.014	0.067
電解液 (四): 綜合酸水溶液				
電壓 (V)	0	2	4	6
顯影時間(S)	100	80	50	20
顯影速度(1/S)	0.010	0.013	0.020	0.050



金屬片：鐵(Fe)片			
電解液 (一): 25% FeCl <sub>3</sub> 水溶液			
電壓 (V)	0		2
顯影前照片			

顯影後照片				
電壓(V)	4		6	
顯影前照片				
顯影後照片				
電解液 (二) : Davis 試劑 (50% HCl)				
電壓 (V)	0		2	
顯影前照片				
顯影後照片				
電壓(V)	4		6	
顯影前照片				
顯影後照片				
電解液 (三) : 10M NaOH 水溶液				
電壓 (V)	0		2	

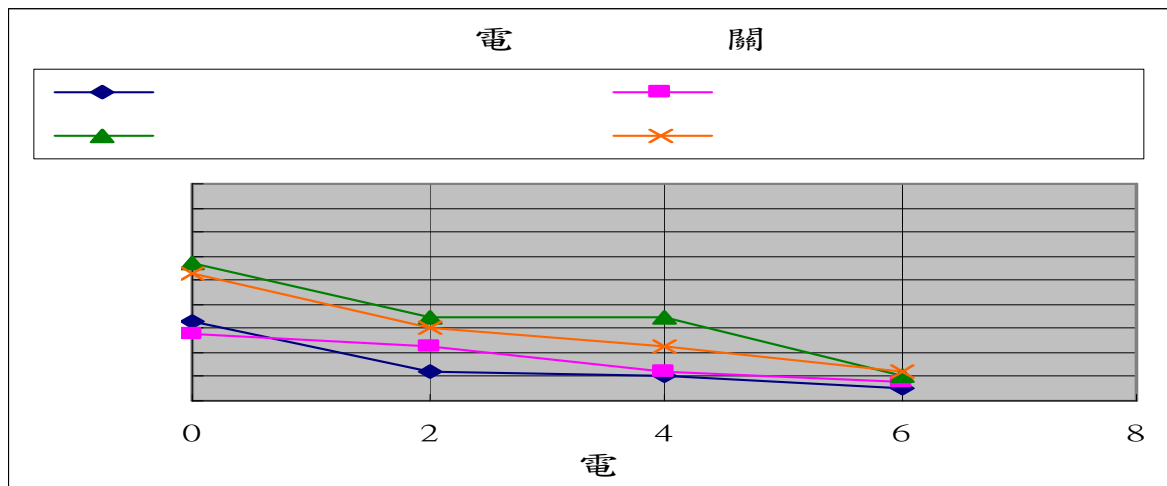


顯影前照片				
顯影後照片				
電壓(V)	4		6	
顯影前照片				
顯影後照片				
電解液(四): 綜合酸水溶液				
電壓(V)	0		2	
顯影前照片				
顯影後照片				
電壓(V)	4		6	
顯影前照片				

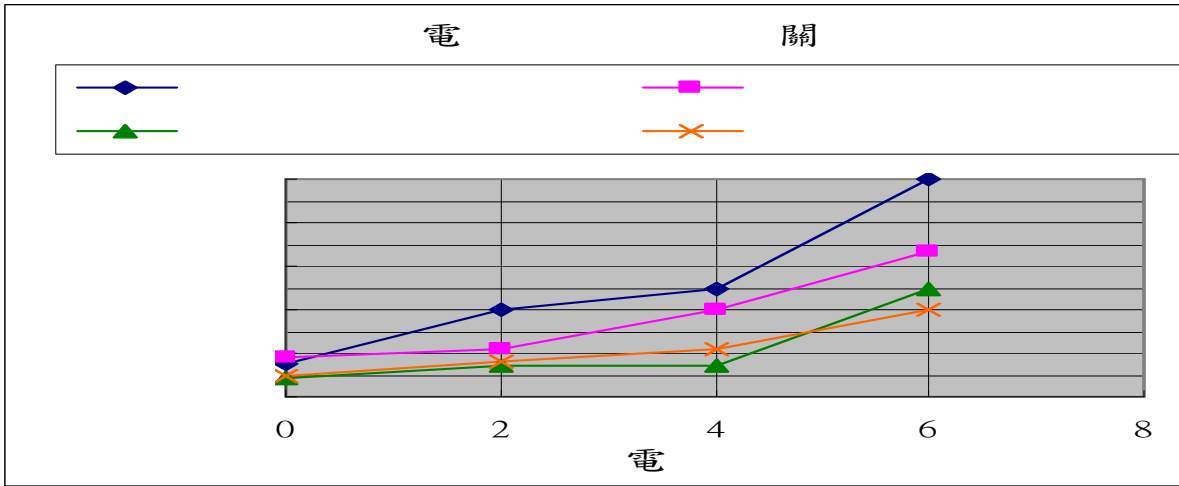


4. 銅片：













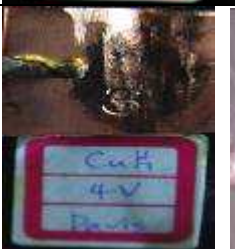











金屬片：銅(Cu)片				
電解液（一）：25% FeCl <sub>3</sub> 水溶液				
電壓 (V)	0	2	4	6
顯影時間(S)	65	25	20	10
顯影速度(1/S)	0.015	0.040	0.050	0.100
電解液（二）：Davis 試劑 (50%HCl)				
電壓 (V)	0	2	4	6
顯影時間(S)	55	45	25	15
顯影速度(1/S)	0.018	0.022	0.040	0.067
電解液（三）：10M NaOH 水溶液				
電壓 (V)	0	2	4	6
顯影時間(S)	115	70	70	20
顯影速度(1/S)	0.009	0.014	0.014	0.050
電解液（四）：綜合酸水溶液				
電壓 (V)	0	2	4	6
顯影時間(S)	105	60	45	25
顯影速度(1/S)	0.010	0.017	0.022	0.040











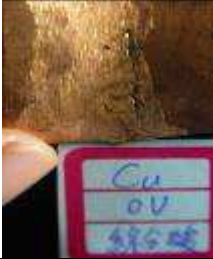



















金屬片：銅(Cu)片				
電解液 (一)：25% FeCl <sub>3</sub> 水溶液				
電壓 (V)	0		2	
顯影前照片				
顯影後照片				
電壓(V)	4		6	
顯影前照片				
顯影後照片				
電解液 (二)：Davis 試劑 (50%HCl)				
電壓 (V)	0		2	

顯影前照片				
顯影後照片				
電壓(V)	4		6	
顯影前照片				
顯影後照片				
電解液 (三) : 10M NaOH 水溶液				
電壓 (V)	0		2	
顯影前照片				
顯影後照片				
電壓(V)	4		6	

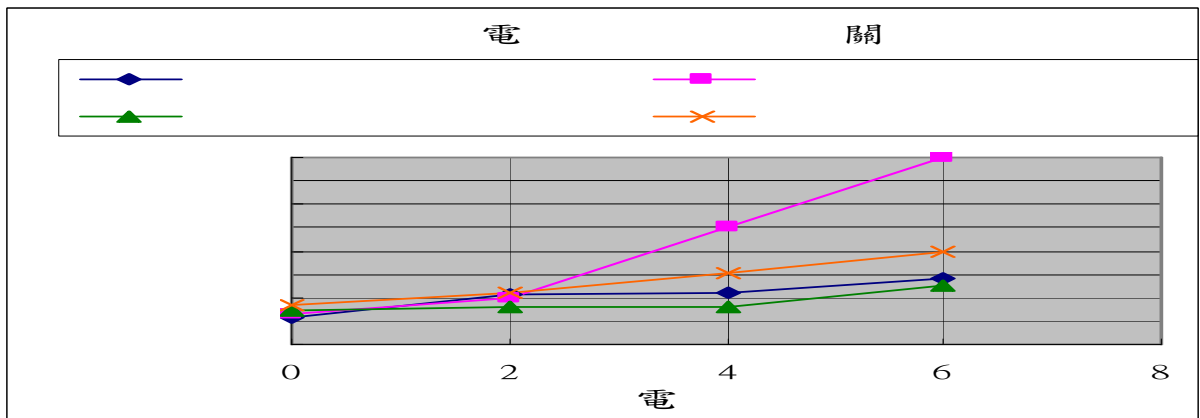
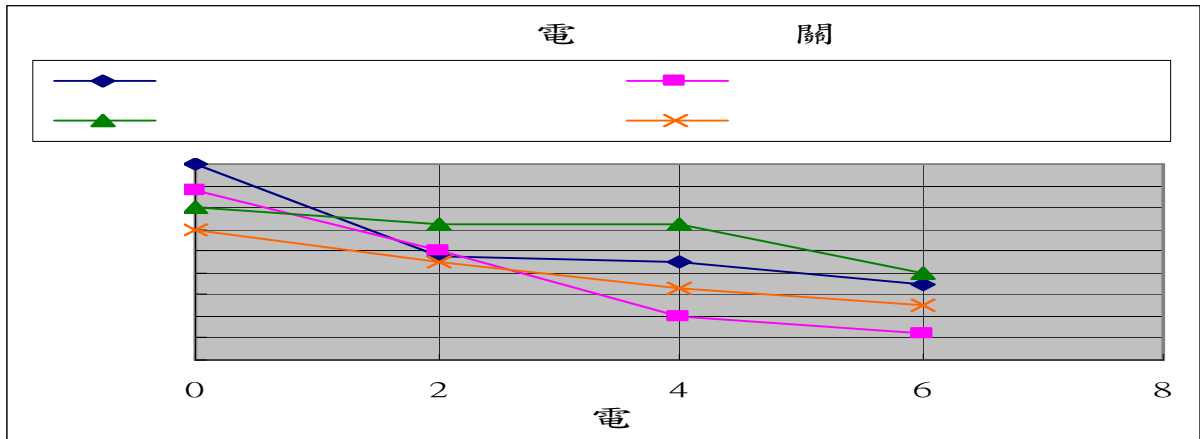


顯影前照片				
顯影後照片				
電解液 (四)：綜合酸水溶液				
電壓 (V)	0		2	
顯影前照片				
顯影後照片				
電壓(V)	4		6	
顯影前照片				
顯影後照片				

5. 不銹鋼：





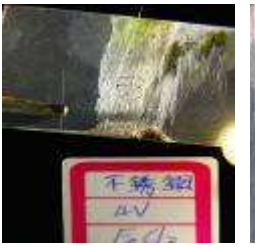



















金屬片：不銹鋼片				
電解液 (一)：25% FeCl <sub>3</sub> 水溶液				
電壓 (V)	0	2	4	6
顯影時間(S)	180	95	90	70
顯影速度(1/S)	0.006	0.011	0.011	0.014
電解液 (二)：Davis 試劑 (50%HCl)				
電壓 (V)	0	2	4	6
顯影時間(S)	155	100	40	25

























顯影速度(1/S)	0.006	0.010	0.025	0.040
電解液 (三): 10M NaOH 水溶液				
電壓 (V)	0	2	4	6
顯影時間(S)	140	125	125	80
顯影速度(1/S)	0.007	0.008	0.008	0.013
電解液 (四): 綜合酸水溶液				
電壓 (V)	0	2	4	6
顯影時間(S)	120	90	65	50
顯影速度(1/S)	0.008	0.011	0.015	0.020



金屬片：不銹鋼片				
電解液 (一): 25% FeCl <sub>3</sub> 水溶液				
電壓 (V)	0		2	
顯影前照片				
顯影後照片				
電壓(V)	4		6	



顯影前照片				
顯影後照片				
電解液 (二) : Davis 試劑 (50% HCl)				
電壓 (V)	0		2	
顯影前照片				
顯影後照片				
電壓 (V)	4		6	
顯影前照片				
顯影後照片				
電解液 (三) : 10M NaOH 水溶液				
電壓 (V)	0		2	

顯影前照片				
顯影後照片				
電壓(V)	4		6	
顯影前照片				
顯影後照片				
電解液(四): 綜合酸水溶液				
電壓(V)	0		2	
顯影前照片				
顯影後照片				
電壓(V)	4		6	

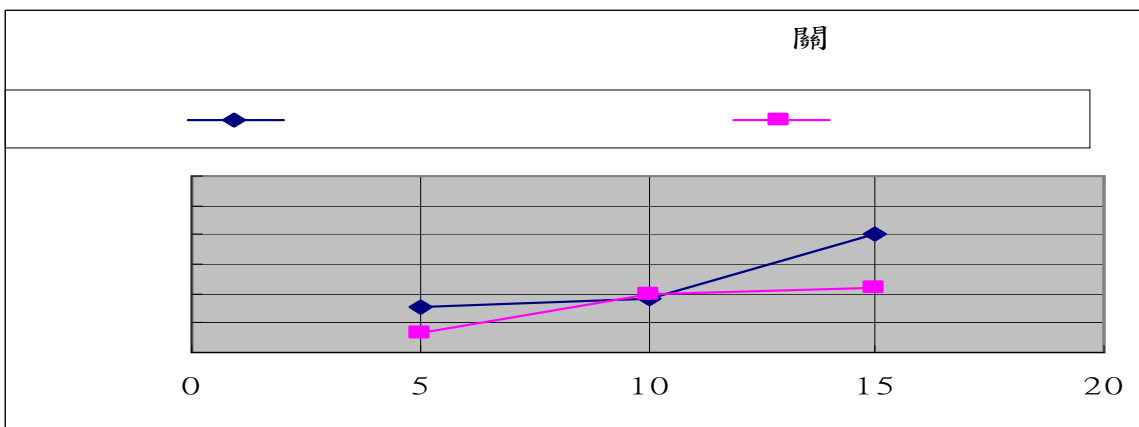
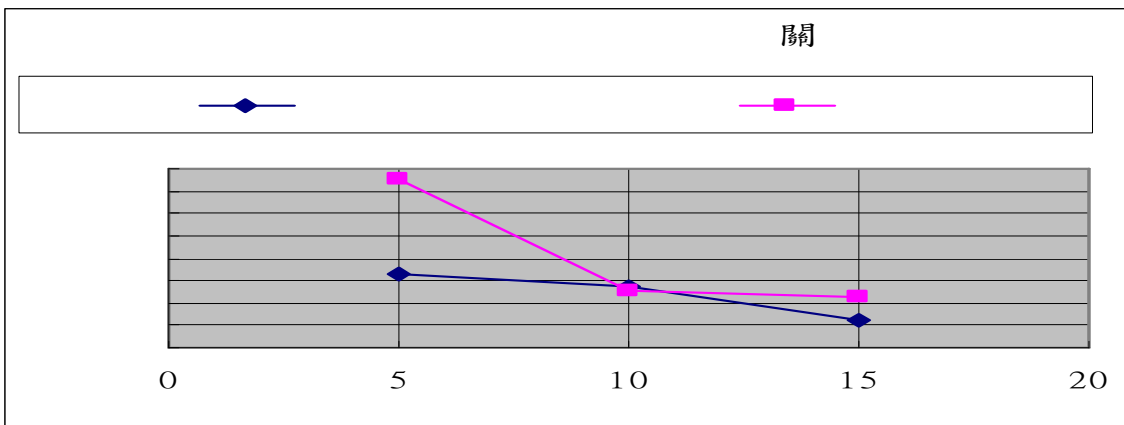




二、電解液濃度與顯影速度的關係：電解液：1 c.c；塗抹頻率：1/10 Hz；電壓：2V

1. 鋁片及鋅片對氫氧化鈉：

金屬片：Al 片；電解液：NaOH 水溶液			
濃度(M)	5	10	15
顯影時間(S)	65	55	25
顯影速度(1/S)	0.015	0.018	0.040
金屬片：Zn 片；電解液：NaOH 水溶液			
濃度(M)	5	10	15
顯影時間(S)	150	50	45
顯影速度(1/S)	0.007	0.020	0.022

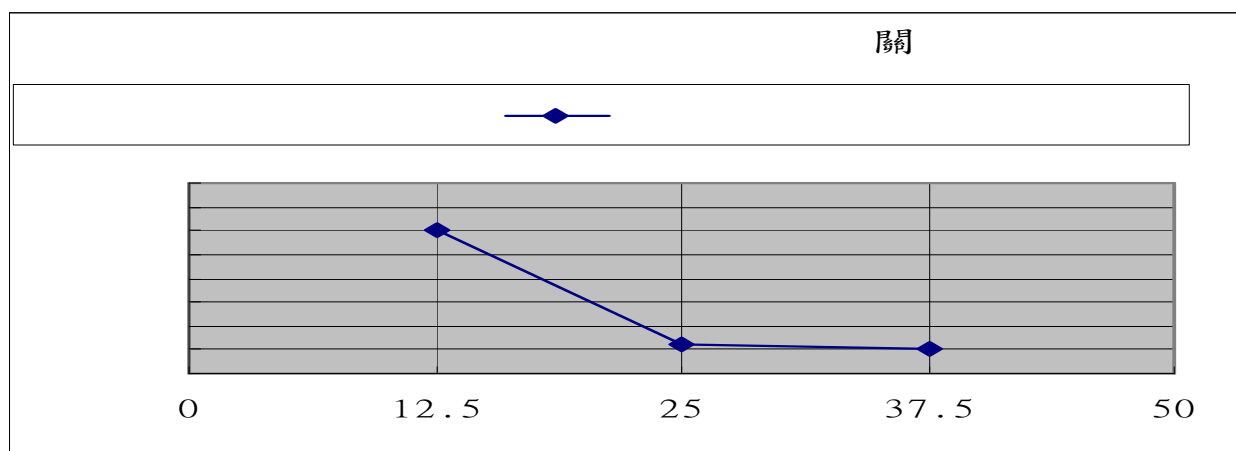


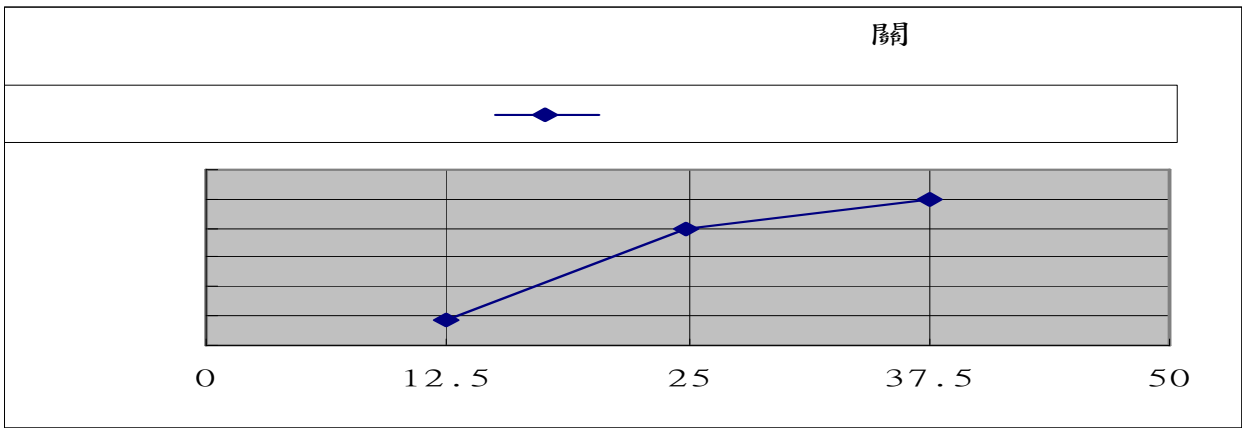
金屬片：Al 片；電解液：NaOH 水溶液			
濃度(M)	5	10	15
顯影前照片			
顯影後照片			

金屬片：Zn 片；電解液：NaOH 水溶液			
濃度(M)	5	10	15
顯影前照片			
顯影後照片			

2. 銅片和氯化鐵溶液：

金屬片：Cu 片；電解液：FeCl <sub>3</sub> 水溶液			
濃度(%)	12.5	25	37.5
顯影時間(S)	120	25	20
顯影速度(1/S)	0.008	0.040	0.050





金屬片：Cu 片；電解液：FeCl<sub>3</sub> 水溶液

濃度(%)	12.5	25	37.5
顯影前照片			
顯影後照片			

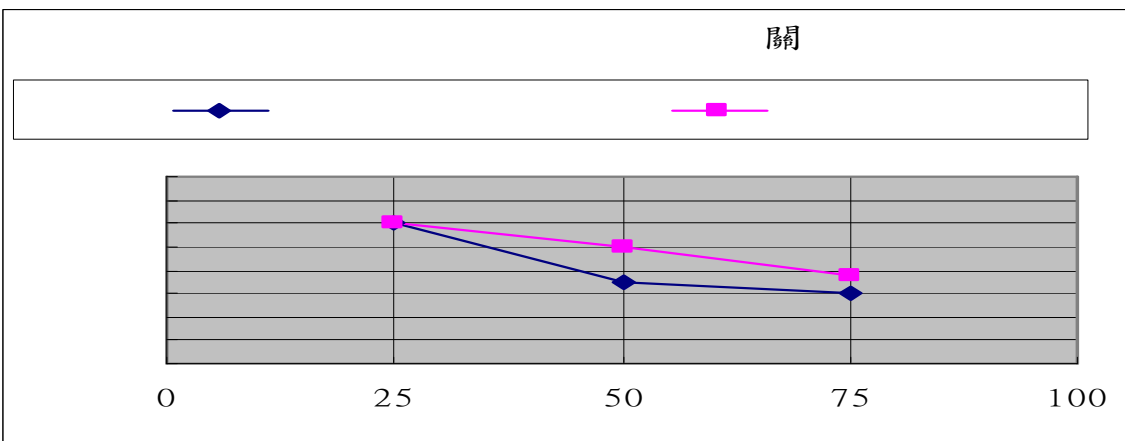
3. 鐵片及不銹鋼對 Davis 溶液：

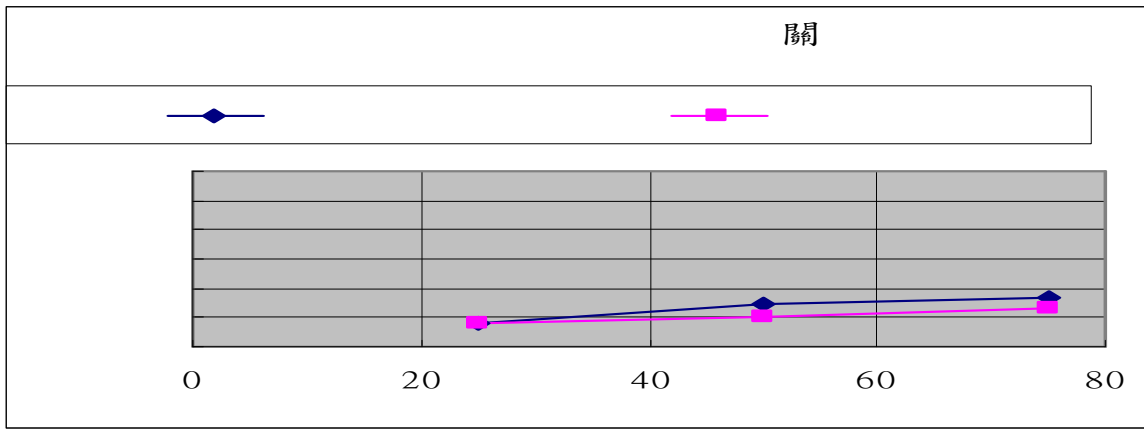
金屬片：Fe 片；電解液：Davis 試劑

濃度 (%HCl)	25	50	75
顯影時間(S)	120	70	60
顯影速度(1/S)	0.008	0.014	0.017

金屬片：不銹鋼片；電解液：Davis 試劑

濃度 (%HCl)	25	50	75
顯影時間(S)	120	100	75
顯影速度(1/S)	0.008	0.010	0.013





金屬片：Fe 片；電解液：Davis 試劑

濃度 (%HCl)	25	50	75
顯影前照片			
顯影後照片			

金屬片：不銹鋼片；電解液：Davis 試劑

濃度 (%HCl)	25	50	75
顯影前照片			
顯影後照片			

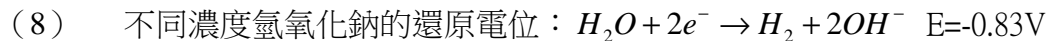
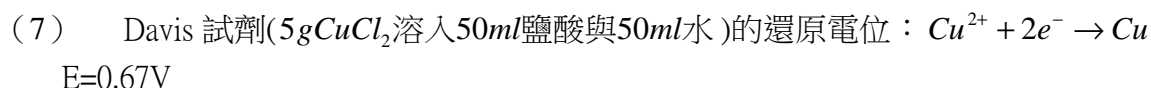
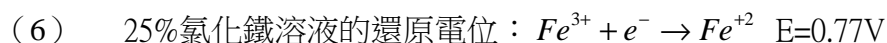
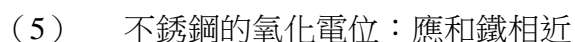
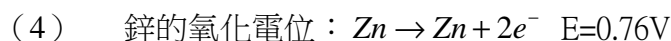
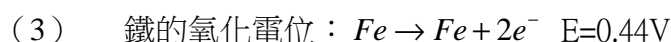
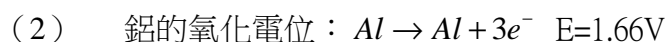
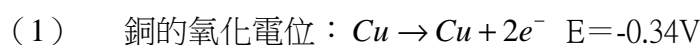
## 六、 討論

1. 磨滅字跡的重現：金屬器具在製造過程的冷卻階段會有結晶性的結構產生。成型的器具若經鏈打、壓印等冷工處理，在加工範圍的金屬粒子產生相對性的滑動或移動而破壞原來的晶格結構。越接近加工位置，晶格的破壞情形越嚴重，距離加工位置越遠，晶格破壞程度越輕微。晶格結構的變化會改變金屬物質的一些性質。經冷工處理後，金屬的硬度、脆度、電阻、化學活性等會增加；延展性、衝擊力、導磁性等會下降。利用這些微小的性質差異，使磨滅字跡有重



現的希望。晶格受破壞會增加化學活性，化學活性的差異使化學反應的速率不同，晶格較完整的部分化學反應較慢。字跡被磨滅，但晶格破壞的輪廓尚存。如施以化學藥劑，使金屬表面產生化學變化，因為反應速率的差異使字跡輪廓顯現出來，這就是化學腐蝕法及電解法的基本原理。

2. 化學腐蝕法：是以化學藥劑在金屬表面擦拭，金屬與化學藥劑產生氧化還原反應，而將金屬溶解。
3. 電解法：則是將電源供應器的正極與金屬物質相連，負極則是接一鐵夾，夾子皆有棉球，以棉球沾取電解液在磨滅字跡表面反覆擦拭，施加電壓使反應速率增加，活性大的物質反應速率增加的比較多，使晶格變化速率差異增大，因而增強重現效果。
4. 各金屬與各溶液的氧化還原分析：氧化還原之化學反應的難易可由反應物質的電極電位來瞭解，重現溶液的選擇必須使重現的化學反應為自發反應，也就是金屬的氧化電位與溶液的還原電位之和必須大於零。反應要避免在顯現的金屬表面上產生沈澱或有氣體析出，以免妨礙顯現字跡的觀察。



5. 鋁片和各電解液分析：

a. 氯化鐵 FeCl<sub>3</sub>:鋁和氯化鐵氧化還原電位  $E = 2.43V$  電位算高，還原效果不錯，但需要較長的時間，電壓在 2V~4V 間有最佳效果。

b. Davis 試劑：鋁和 Davis 的氧化還原電位  $E = 2.33V$ ，還原效果不錯，電壓大一點效果好，且還原也不需要太多時間。

c. 不同濃度的氫氧化鈉試劑：鋁和 NaOH 的氧化還原電位  $E = 0.83V$ ，還原效果尚可，需要一些時間，電壓大一些效果較好。

d. 綜合酸試劑：鋁和綜合酸的氧化還原電位  $E = 2.6V$ ，電位最高，還原效果強，但不易控制時間，容易把表面全部腐蝕掉，並會冒出酸霧，使用時要小心。

6. 鋅片和各電解液分析：

a. 氯化鐵 FeCl<sub>3</sub>:鋅和氯化鐵氧化還原電位  $E = 1.53V$ ，還原效果不錯，但需要較長的時間，電壓在 2V~4V 間有最佳效果。

b. Davis 試劑：鋅和 Davis 的氧化還原電位  $E = 0.34V$ ，還原效果很強，速度非常快，但因太快不易判別。

c. 不同濃度的氫氧化鈉試劑：鋅和 NaOH 的氧化還原電位  $E = -0.39V$ ，還原效果不佳，需要一些時間，電壓大一些效果較好。

d. 綜合酸試劑：鋅和綜合酸的氧化還原電位  $E = 1.38V$ ，電位最高，還原效果強，但不易控

制時間，容易把表面全部腐蝕掉，並會冒出酸霧，使用時要小心。

7. 銅片和各電解液分析：

- 氯化鐵  $FeCl_3$ :銅和氯化鐵氧化還原電位  $E=1.21V$ ，還原效果不錯，但需要較長的時間，和別的金屬比起來效果較差，電壓大一點效果較好，6V 有最佳效果。
- Davis 試劑：銅和 Davis 的氧化還原電位  $E=1.11V$ ，還原效果不錯，速度一般，一樣需要較多時間，依然加大電壓效果較好。
- 不同濃度的氫氧化鈉試劑：銅和 NaOH 的氧化還原電位  $E=-0.07V$ ，還原效果不佳，需要很長時間，加大電壓效果也不顯著。
- 綜合酸試劑：銅和綜合酸的氧化還原電位  $E=0.6V$ ，電位最高，還原效果強，但不易控制時間，容易把表面全部腐蝕掉，並會冒出酸霧，使用時要小心。

8. 鐵片和各電解液分析：

- 氯化鐵  $FeCl_3$ :鐵和氯化鐵氧化還原電位  $E=0.43V$ ，還原效果不錯，且時間也快，電壓不用太大效果就不錯。
- Davis 試劑：鐵和 Davis 的氧化還原電位  $E=0.33V$ ，還原效果尚可，速度很快，一不小心就全腐蝕掉了，電壓效果不顯著。
- 不同濃度的氫氧化鈉試劑：鐵和 NaOH 的氧化還原電位  $E=-0.07V$ ，還原效果不佳，需要很長時間，加大電壓效果也不顯著。
- 綜合酸試劑：鐵和綜合酸的氧化還原電位  $E=1.38V$ ，電位最高，還原效果強，但不易控制時間，容易把表面全部腐蝕掉，並會冒出酸霧，使用時要小心。

9. 不銹鋼和各電解液分析：

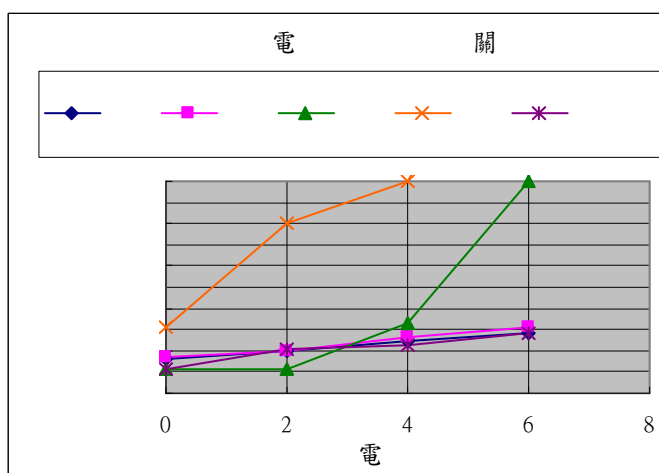
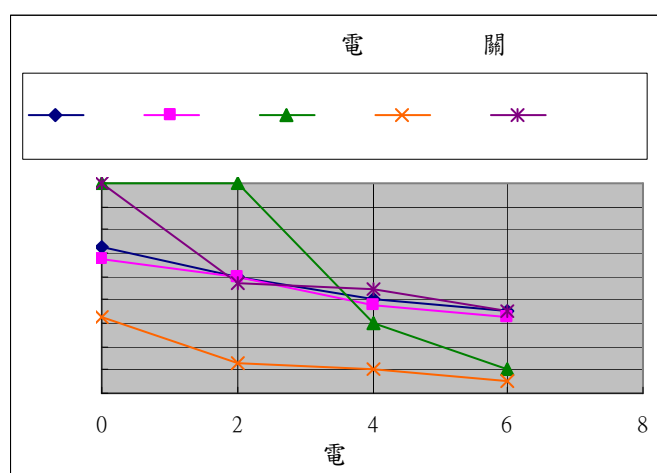
- 氯化鐵  $FeCl_3$ :不銹鋼和氯化鐵氧化還原電位  $E=0.43V$ ，還原效果不錯，且時間也快，電壓不用太大效果就不錯。
- Davis 試劑：不銹鋼和 Davis 的氧化還原電位  $E=0.33V$ ，還原效果尚可，速度很快，一不小心就全腐蝕掉了，電壓效果不顯著。
- 不同濃度的氫氧化鈉試劑：不銹鋼和 NaOH 的氧化還原電位  $E=-0.07V$ ，還原效果不佳，需要很長時間，加大電壓效果也不顯著。
- 綜合酸試劑：不銹鋼和綜合酸的氧化還原電位  $E=1.38V$ ，電位最高，還原效果強，但不易控制時間，容易把表面全部腐蝕掉，並會冒出酸霧，使用時要小心。

10. 電壓對還原的效果：幾乎加大電壓都對顯影有不錯的效果，但電壓不宜太高，會使反應太快，造成金屬表面太快腐蝕掉而完全看不到字跡顯現。

11. 氯化鐵  $FeCl_3$  對不同金屬的效果:Cu 片顯影效果最快

電解液：25% $FeCl_3$ 水溶液				
金屬片（一）：Al 片				
電壓 (V)	0	2	4	6
顯影時間(S)	125	100	80	70
顯影速度(1/S)	0.008	0.010	0.013	0.014

金屬片 (二) : Zn 片				
電壓 (V)	0	2	4	6
顯影時間(S)	115	100	75	65
顯影速度(1/S)	0.009	0.010	0.013	0.015
金屬片 (三) : Fe 片				
電壓 (V)	0	2	4	6
顯影時間(S)	180	180	60	20
顯影速度(1/S)	0.006	0.006	0.017	0.050
金屬片 (四) : Cu 片				
電壓 (V)	0	2	4	6
顯影時間(S)	65	25	20	10
顯影速度(1/S)	0.015	0.040	0.050	0.100
金屬片 (五) : 不鏽鋼片				
電壓 (V)	0	2	4	6
顯影時間(S)	180	95	90	70
顯影速度(1/S)	0.006	0.011	0.011	0.014



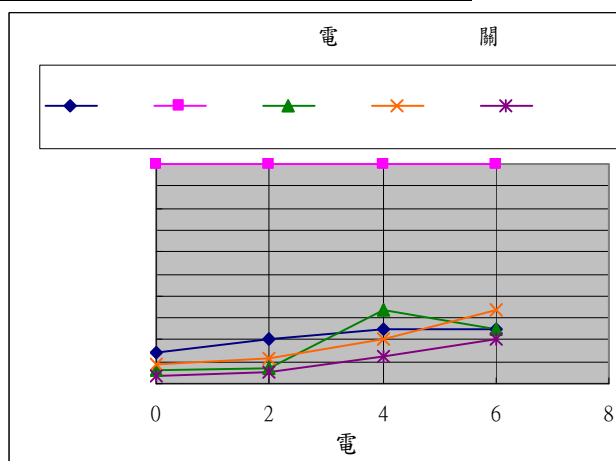
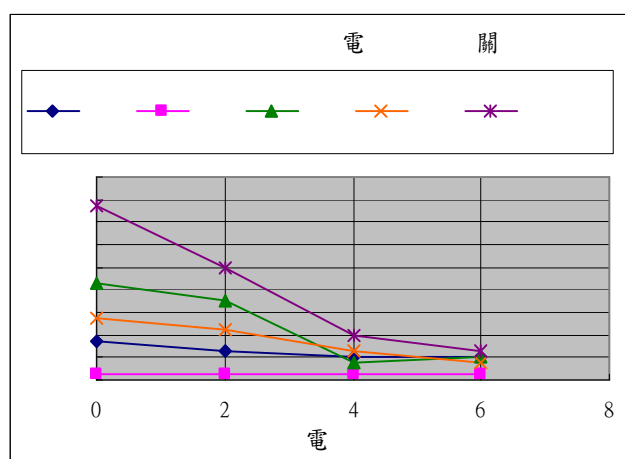
12. Davis 試劑對各種金屬的效果：Al 片顯影效果最好

註：以數據而言是 Zn 片最快，但實際操作時發現，當 Davis 試劑一接觸到 Zn 片，Zn 片即腐蝕變黑，完全無法辨識表面刻痕。

電解液：Davis 試劑 (50%HCl)				
金屬片 (一) : Al 片				
電壓 (V)	0	2	4	6
顯影時間(S)	35	25	20	20
顯影速度(1/S)	0.029	0.040	0.050	0.050
金屬片 (二) : Zn 片				
電壓 (V)	0	2	4	6
顯影時間(S)	5	5	5	5
顯影速度(1/S)	0.200	0.200	0.200	0.200
金屬片 (三) : Fe 片				
電壓 (V)	0	2	4	6



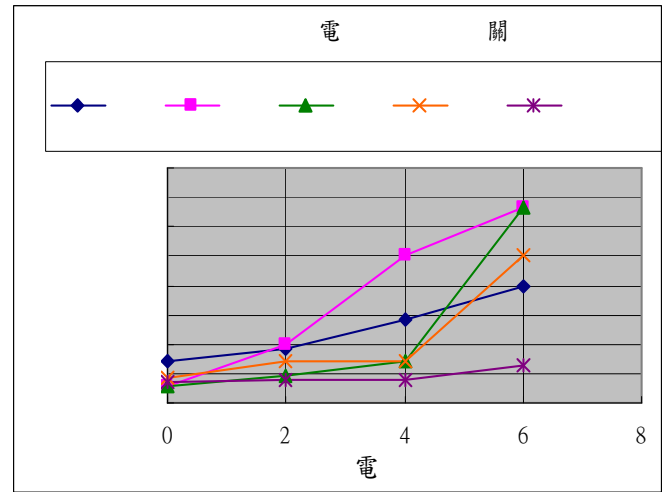
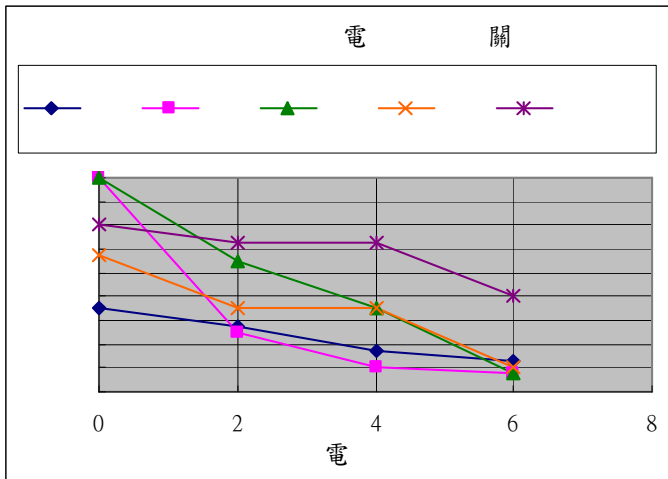
顯影時間(S)	85	70	15	20
顯影速度(1/S)	0.012	0.014	0.067	0.050
金屬片 (四) : Cu 片				
電壓 (V)	0	2	4	6
顯影時間(S)	55	45	25	15
顯影速度(1/S)	0.018	0.022	0.040	0.067
金屬片 (五) : 不鏽鋼片				
電壓 (V)	0	2	4	6
顯影時間(S)	155	100	40	25
顯影速度(1/S)	0.006	0.010	0.025	0.040



### 13. 不同濃度的氫氧化鈉試劑對各種金屬的效果：Zn 片顯影效果最快

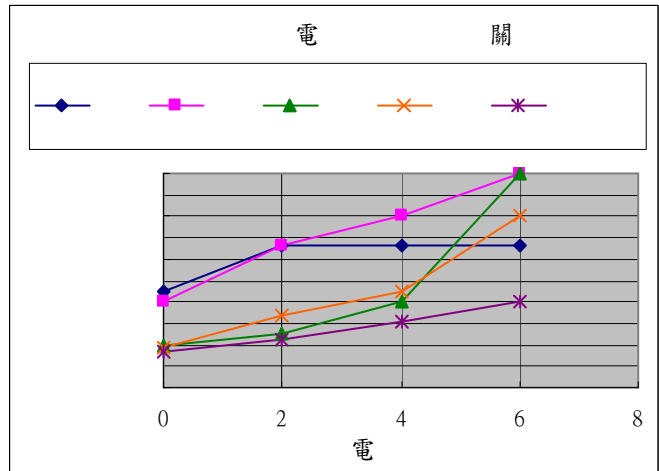
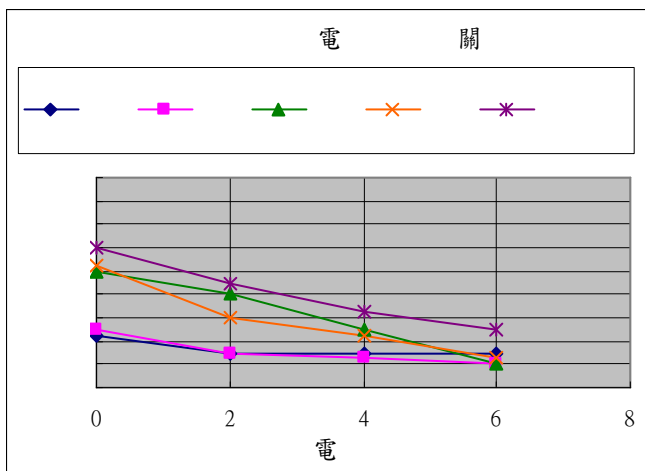
電解液：10M NaOH 水溶液				
金屬片 (一) : Al 片				
電壓 (V)	0	2	4	6
顯影時間(S)	70	55	35	25
顯影速度(1/S)	0.014	0.018	0.029	0.040
金屬片 (二) : Zn 片				
電壓 (V)	0	2	4	6
顯影時間(S)	180	50	20	15
顯影速度(1/S)	0.006	0.020	0.050	0.067
金屬片 (三) : Fe 片				
電壓 (V)	0	2	4	6
顯影時間(S)	180	110	70	15
顯影速度(1/S)	0.006	0.009	0.014	0.067
金屬片 (四) : Cu 片				
電壓 (V)	0	2	4	6
顯影時間(S)	115	70	70	20
顯影速度(1/S)	0.009	0.014	0.014	0.050
金屬片 (五) : 不鏽鋼片				
電壓 (V)	0	2	4	6
顯影時間(S)	140	125	125	80

顯影速度(1/S)	0.007	0.008	0.008	0.013
-----------	-------	-------	-------	-------



14. 綜合酸對各種金屬的效果：Zn片顯影效果最好

電解液：綜合酸水溶液				
金屬片（一）：Al片				
電壓 (V)	0	2	4	6
顯影時間(S)	45	30	30	30
顯影速度(1/S)	0.022	0.033	0.033	0.033
金屬片（二）：Zn片				
電壓 (V)	0	2	4	6
顯影時間(S)	50	30	25	20
顯影速度(1/S)	0.020	0.033	0.040	0.050
金屬片（三）：Fe片				
電壓 (V)	0	2	4	6
顯影時間(S)	100	80	50	20
顯影速度(1/S)	0.010	0.013	0.020	0.050
金屬片（四）：Cu片				
電壓 (V)	0	2	4	6
顯影時間(S)	105	60	45	25
顯影速度(1/S)	0.010	0.017	0.022	0.040
金屬片（五）：不鏽鋼片				
電壓 (V)	0	2	4	6
顯影時間(S)	120	90	65	50
顯影速度(1/S)	0.008	0.011	0.015	0.020



15. 改變濃度對顯影的效果：濃度越大顯影效果越好，但因會造成反應太快因而腐蝕太多，反而不利顯影；濃度低所需反應時間太長，且效果也不太好，故一開始參考資料中的電解液濃度反而有較好效果。
16. 綜合酸試劑在實驗過程中會一直造成嚴重嗆鼻的酸霧，因此我們在實驗二中將綜合酸試劑排除，建議在具有通風櫥之實驗室中才進行綜合酸試劑的電解實驗。
17. 在排除綜合酸試劑的實驗二當中，Zn 片顯影效果最好的電解液試劑為  $\text{FeCl}_3$  水溶液；Cu 片顯影效果最好的試劑為  $\text{FeCl}_3$  水溶液；其餘三種金屬片顯影效果最好的電解液試劑皆為 Davis 試劑，但 Davis 試劑在實驗二中與五種金屬配對三次稍嫌太多，因此我們將 Al 片所配對的電解液改為  $\text{NaOH}$  水溶液。
18. 此實驗的誤差不小且難以避免，但我們已經盡量努力使誤差減小。例如：
  - a. 在暗室中使用檯燈控制光線，以期能使每張照片拍攝條件相同。
  - b. 每五秒即拍攝一張顯影照片，使其顯影時間誤差能控制在五秒內。
  - c. 使用剪短的粗吸管套在電解用的棉花上，並用滴管控制在棉花上的電解液體積和棉花溼度，使其每次使用棉花塗抹不同金屬片時，附著在金屬片上的電解液能夠定量。
  - d. 每五秒拍攝一張顯影照片前，使用衛生紙團將金屬表面上過多的電解液吸乾，使其不影響拍攝品質。
  - e. 利用顯影照片判斷顯影時間時，六名參與實驗者一起共同判斷以減少人為誤差。

## 七、結論

1. 金屬受到冷加工處理後，其晶格受到破壞使其化學性質改變，利用此特性，利用化學腐蝕法及電解法使磨滅字跡還原。
2. 參考其氧化還原電位表可些微的判斷反應效果，其氧化還原電位越大反應速率就越快，但往往不會有最好的效果，因其反應太快腐蝕太多，反而使其不易判斷。
3. 加電壓有較好的效果，但電壓太高會造成反應太快，電壓適中就好，一味加大電壓反而會造成金屬表面完全腐蝕，因而無法顯影。
4. 電解液的濃度越大效果越好，但濃度太高一樣會有反應太快的問題；濃度太低則會反應時間太久，且反應效果不佳。
5. 金屬字跡磨滅的還原如果不要磨滅的太深，只要確定材質，選對電解液還原的機會就會大增。
6. 綜合酸 ( $2\text{mlHF} + 24\text{mlHCl} + 12\text{mlHNO}_3 + 2\text{mlH}_2\text{O}$ ) 是一種極強的酸性物質，其腐蝕效果極佳，常常一次就把想看到的字跡又腐蝕掉了。



## 八、參考資料

1. 徐健民（2003）。**刑事化學**。中央警察大學。
2. 駱宜安（1996）。**刑事鑑識概論（5版）**。中央警察大學。
3. **標準氧化還原電位表**。取自：<http://host6.wcjhs.tyc.edu.tw/~ta530010/xoops/web4/a6-2.htm>
4. 國中自然與生活科技（四），**第三章『氧化與還原』**。康軒出版社。
5. 國中自然與生活科技（六），**第一章『電流的化學效應』**。康軒出版社。

## **【評語】 030204**

利用化學方法重現一些磨損的字痕，具有創意與實用性。作者使用氧化還原的方法，使得原本磨損的金屬板上的字跡再現，方法可行，惟須再考慮為何加入電壓之後反應會加速。