

中華民國第 62 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國中組 化學科

030212

「銅」的奧妙-各項變因對電鍍銅的影響

學校名稱：桃園市立大有國民中學

| | |
|---|-----------------------------|
| 作者： 國一 呂濰廷 國一 洪煜鈞 國一 王思霈 | 指導老師： 康哲豪 羅秀娟 |
|---|-----------------------------|

關鍵詞：電鍍、電解、硫酸銅

摘要

本研究分為兩大部分進行電鍍銅的變因研究。第一部分的操縱變因為改變電鍍銅的基本實驗條件，發現電極距離越近、電壓越大、電鍍時間加長會使鍍上的銅越多但是容易產生黑色氧化銅，而改變電解液硫酸銅的濃度發現 10%的硫酸銅可鍍上的銅最多，濃度降低或增加並不會增加鍍上的銅。第二部分主要是研究添加劑對電鍍銅的影響，除了將鍍上的銅秤重外，另外自行研發以簡單的『膠帶撕黏法』想要了解鍍銅的附著力。實驗發現添加氯化鈉與鹽酸會使鍍銅的附著力提升，較不易從被鍍物上脫落，添加氫氧化鈉會使電解液產生氫氧化銅的沉澱而阻礙電鍍銅的進行，添加低濃度硫酸則會鍍上較具有光澤品質較佳的銅。

壹、前言

一、研究動機

我們會做這個研究的原因是因為以前有做過電解和電鍍的實驗，但當時因為是在家裡做的實驗，所以裝置很陽春，只是使用家裡容易取得的材料，利用一組電池連上兩根 2B 筆芯以及食鹽水，當時已經有觀察到一些有趣的現象，譬如產生氣體...等。而我們查詢相關資料時，發現電鍍是電解的一種應用，藥品與裝置在實驗室中都有，因此覺得可以研究看看哪一種方式可以電鍍出最漂亮的銅，是利用改變電壓呢?還是利用距離?還是加添加物?另外在這次我們自創了一個簡便的方法來測試鍍上銅的黏著度，希望這一次的科展研究可以藉由科學的方法了解影響電鍍銅的各種因素。

二、研究目的

- (一)探討不同電極距離對電鍍銅的影響。
- (二)探討不同電壓對電鍍銅的影響。
- (三)探討電鍍不同時間對電鍍銅的影響
- (四)探討硫酸銅濃度對電鍍銅的影響
- (五)探討添加氯化鈉對電鍍銅的影響
- (六)探討添加氫氧化鈉對電鍍銅的影響
- (七)探討探討添加硫酸對電鍍銅的影響
- (八)探討添加鹽酸對電鍍銅的影響

三、文獻回顧

● 十年內與電鍍相關之全國科展作品(國中組)

| 屆次 | 作品名稱 | 摘要 |
|----|---------------------|---|
| 54 | 變形金「筆」~粉筆變身為環保電鍍裝置 | <ul style="list-style-type: none"> ● 實驗目的：製作「粉筆電鍍裝置」 ● 操縱變因：通電時間、電壓、粉筆長度、粉筆直徑、電極種類、埋角、深度、距離。 ● 測量方法：拍照觀察、測量鍍上銅的重量 |
| 59 | 「遊」「銅」花之美 | <ul style="list-style-type: none"> ● 實驗目的：設計出綠色化學之銅花微型裝置 ● 操縱變因：不同設計的裝置、負極材料、電極大小、電解液體濃度、外加電壓、不同電解質 ● 測量方法：拍照觀察、顯微鏡觀察、測量電流 |
| 60 | 紅黑大對抗- 探討硫酸銅電鍍的影響因素 | <ul style="list-style-type: none"> ● 實驗目的：了解電鍍時為何產生黑色物質。 ● 操縱變因：電流大小、正負極距離、電鍍液濃度、被鍍物角度、使否攪拌、是否外加磁場以及電鍍物的溫度 ● 測量方法：電鍍後拍照並用軟體分析 RGB、X-射線繞射分析(XRD) |
| 61 | 銅鋅生長之術~探討電解硫酸鋅溶液之研究 | <ul style="list-style-type: none"> ● 實驗目的：改良設計新的實驗裝置來研究影響電解硫酸鋅溶液的變因 ● 操縱變因：電極距離、電壓、溶液濃度、電極種類、溶液種類 ● 測量方法：測量鋅金屬生長長度為 0.5 cm 時所需時間，進而計算其生長速率 |

綜合以上文獻探討以及與夥伴們討論後，我們將這次的研究方向先從電鍍銅的基本條件(電極距離、電壓、電鍍時間、電鍍液的濃度)著手研究，另外我們很好奇若在電鍍液中加入其他物質(電解質)是否會影響實驗，因此將在電鍍銅的基本條件確定後，進行添加劑的探討。

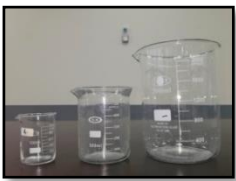
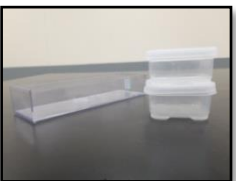


貳、研究設備及器材



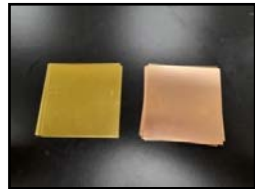

一、研究試劑與材料：

硫酸銅、氯化鈉、氫氧化鈉、硫酸、鹽酸、紅銅片、黃銅片

二、研究器材與設備：

燒杯、滴管、量筒、手機(拍照用)、電子秤(小數點後第二位)、直流電源供應器、加熱攪拌器、塑膠盒

| | | | | |
|---|---|---|--|---|
|  |  |  |  |  |
| 燒杯 | 電子秤 | 自製塑膠容器 | 直流電源供應器 | 加熱攪拌器 |

| | | | |
|---|---|--|---|
|  |  |  |  |
| 自製距離實驗裝置 (每格間距 2.5cm) | 量筒 | 黃銅片、紅銅片 | 藥匙、尺、滴管 |

三、裝置示意圖(電極片插入深度約為 6cm)：

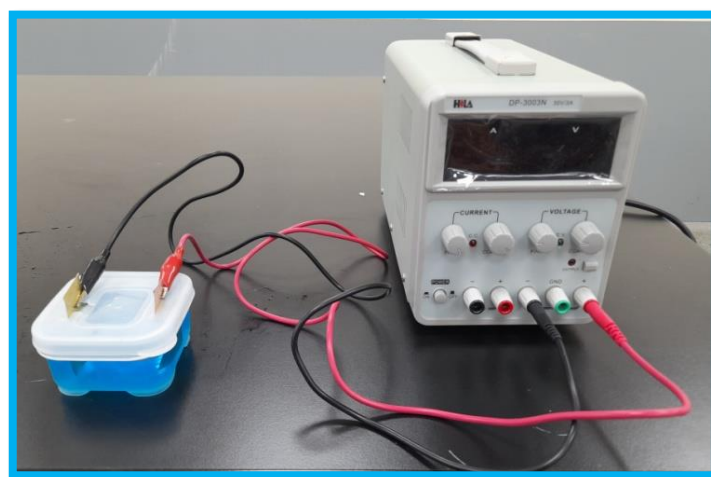
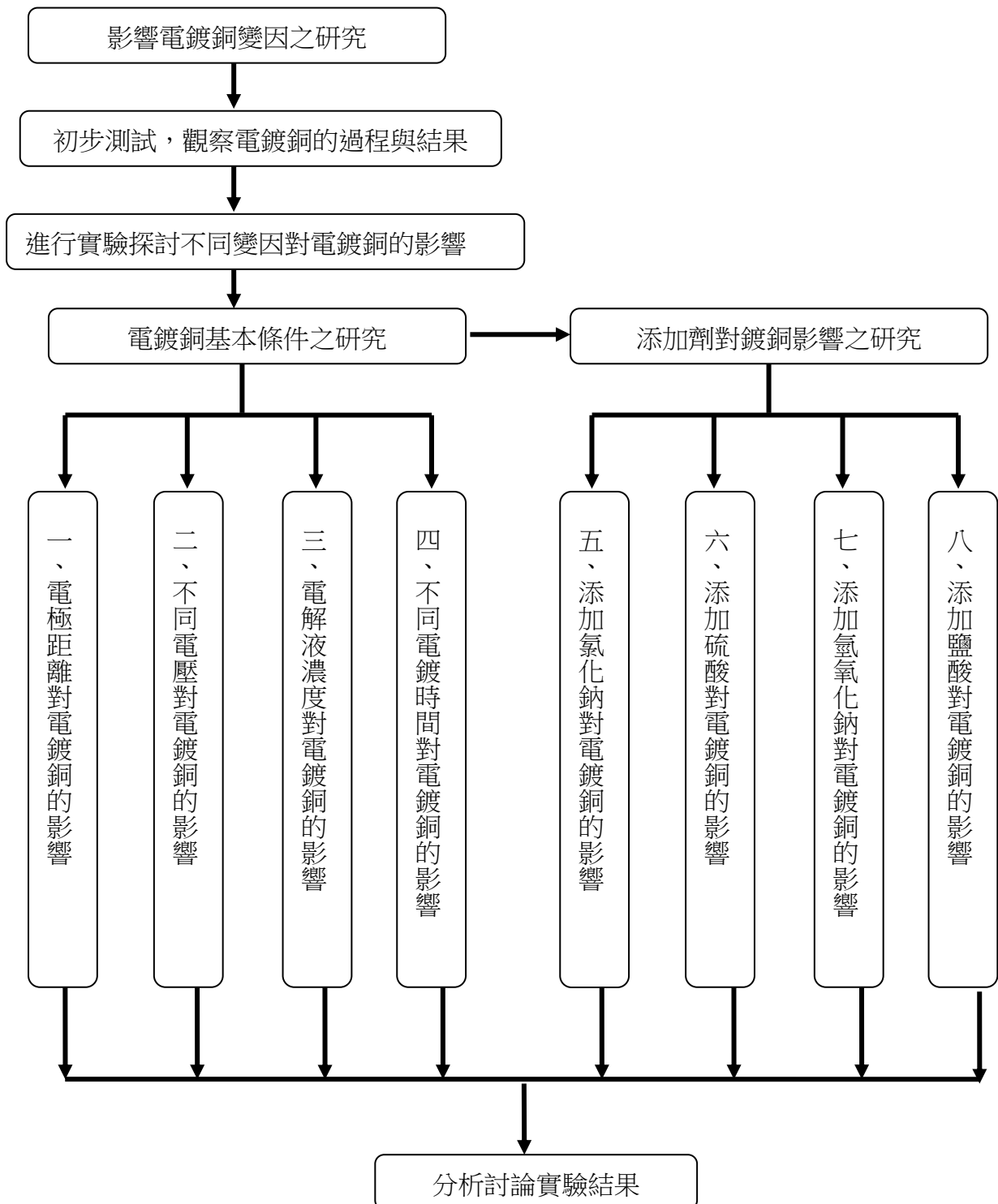


圖 1、電鍍銅裝置

參、研究過程或方法

一、研究流程



二、實驗原理

電鍍是電解反應的一種應用，而電解是將電能轉化為化學能的一種過程，利用電流通過水溶液，使正極和負極產生氧化還原反應，其中氧化為失去電子而還原為得到電子，兩半反應必同時發生，且得到與失去的電子數必相同。

電鍍是利用電解的原理在負極的電極鋪上一層金屬的方法，經過電鍍後的金屬光澤會較為明亮，且不易生鏽。在十九世紀中期，歐洲就已經使用金、銀、銅等金屬的電鍍。電鍍銅具有良好的導電性、導熱性和機械延展性等優點，因而被廣泛應用於現代電子產品中。

電鍍銅的過程是在電鍍液中將紅銅置於正極，被鍍物置於負極，而電鍍液中必須含有欲鍍上的金屬離子如硫酸銅溶液：

- 正極反應為： $\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^-$
- 負極反應為： $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$

影響電鍍銅的原因有很多種，如電鍍液的成分、溫度、攪拌速率、電鍍液 pH 值、電流密度等對電鍍均有影響，其中電鍍液的組成與添加劑也是影響電鍍品質非常重要的因素。

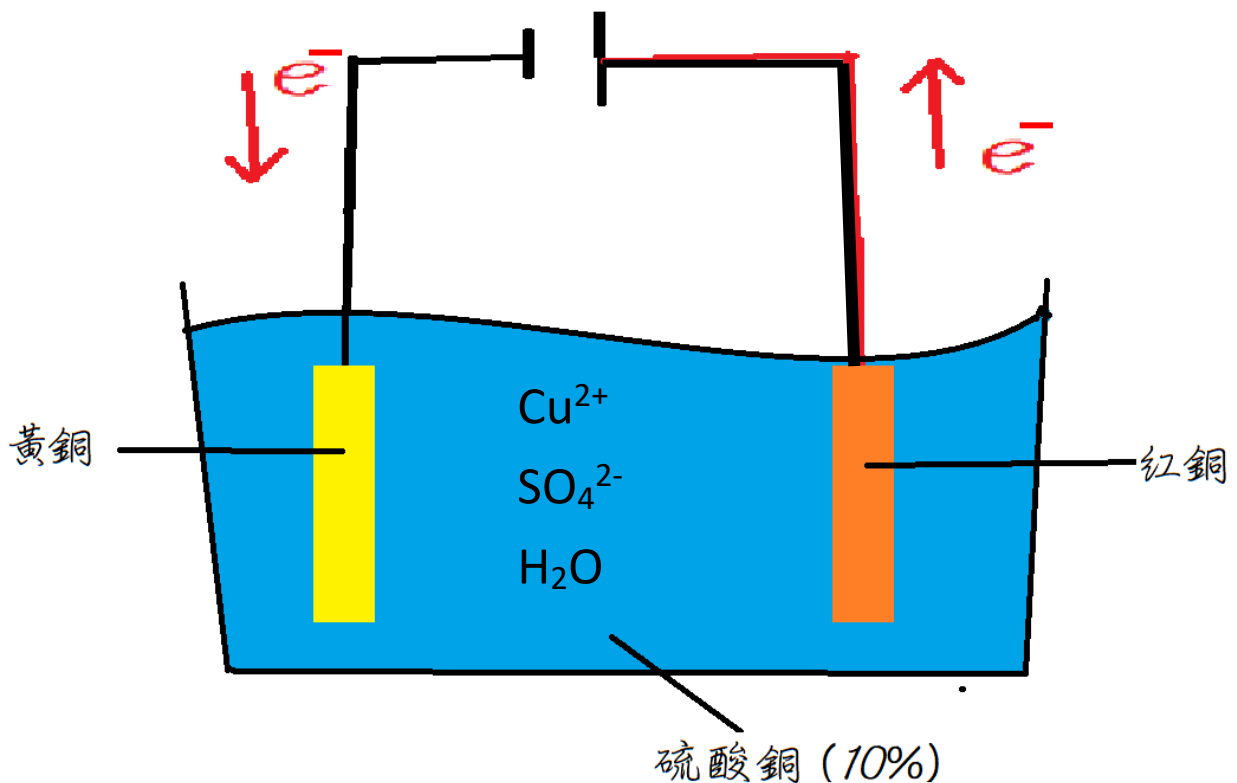


圖 2、圖示電鍍銅原理

三、實驗步驟

- 我們先進行的是電鍍的基本條件測試，在測試中我們想在實驗中了解鍍銅電極距離、電壓、硫酸銅濃度及電鍍時間對電鍍銅的影響，確定較佳的基本條件後，再繼續添加劑的研究。

(一)探討不同電極距離對電鍍銅的影響。

實驗前先將黃銅片秤重，實驗中採取五種不同電極距離(正、負極間的距離)，分別為 2.5 cm、5 cm、7.5 cm、10 cm、12.5cm、15cm、17.5cm、20cm，使用這八種不同電極距離，固定電壓為 4V，以紅銅片為正極、黃銅片為負極，電解 100ml 10%硫酸銅溶液，固定電解 5 分鐘後秤重。

(二)探討不同電壓對電鍍銅的影響。

實驗前先將黃銅片秤重，實驗中採取五種不同電極電壓，分別為 3v、4v、5v、6v、7v、8v、10v，使用這七種不同電壓，固定電極距離為以 6cm，以紅銅片為正極、黃銅片為負極，電解 100ml 10%硫酸銅溶液，固定電解 5 分鐘後秤重。

(三)探討硫酸銅溶液濃度對電鍍銅的影響

實驗前先將黃銅片秤重，實驗中改變硫酸銅濃度，分別為 1%、3%、5%、8%、10%、12%、15%、18%，，固定電壓為 4V，電極距離為 6cm，以紅銅片為正極、黃銅片為負極，電解 100ml 不同濃度硫酸銅溶液，固定電解 5 分鐘後秤重。

硫酸銅濃度配製 (以配製 10%硫酸銅舉例)

秤取 10g 硫酸銅先加少量水溶解，再加水加到 100 克混合均勻，即為 10%的硫酸銅溶液，其他濃度則依比例配製。

(四)探討電鍍不同時間對電鍍銅的影響。

實驗前先將黃銅片秤重，實驗中電鍍不同時間，分別為 2 分鐘、3 分鐘、4 分鐘、5 分鐘、7 分鐘、10 分鐘、15 分鐘、20 分鐘，，固定電壓為 4V，電極距離為 6cm，以紅銅片為正極、黃銅片為負極，電解 100ml 10%硫酸銅溶液，電鍍八個不同時間後秤重。

- 接下來是添加不同濃度的添加液對電鍍的影響，我們參考文獻的研究(林雋森 2018)，選擇加入不同濃度的氯化鈉、硫酸、氫氧化鈉及鹽酸，空白組為加入蒸餾水，進行電鍍觀察並秤重紀錄。

(五)探討添加氯化鈉對電鍍銅的影響

實驗前先將黃銅片秤重，實驗中加入 20ml 不同濃度的氯化鈉溶液，分別為 0.1%、0.2%、0.5%、1%、2%、3%、5%，固定電壓為 4V，電極距離為 6cm，以紅銅片為正極、黃銅片為負極，電解 10%硫酸銅溶液 100ml，固定電解 5 分鐘後秤重。並且另外以一組空白組(加入 20ml 蒸餾水)進行實驗後秤重對照。

氯化鈉濃度配製

秤取 10g 氯化鈉先加少量水溶解，再加水加到 200 克混合均勻，即為 5%的氯化鈉溶液。若要稀釋至 3%，則取 30 克 5%氯化鈉溶液後加水加到 100 克，混合均勻後即為 3%的氯化鈉溶液，其他濃度則依比例稀釋。

(六)探討添加硫酸對電鍍銅的影響

實驗前先將黃銅片秤重，實驗中加入 20ml 不同濃度的硫酸溶液，分別為 0.001%、0.05%、0.1%、0.5%、1%、2.5%、5%，固定電壓為 4V，電極距離為 6cm，以紅銅片為正極、黃銅片為負極，電解 10%硫酸銅溶液 100ml，固定電解 5 分鐘後秤重。並且另外以一組空白組(加入 20ml 蒸餾水)進行實驗後秤重對照。

(因為高濃度硫酸有實驗安全的疑慮，因此老師配製好 10%的硫酸溶液後，我們再稀釋至需要的濃度，而硫酸的稀釋須注意必須將硫酸緩緩加入水中，才能混和均勻而減低因高溫沸騰使酸濺出的風險)

(七)探討添加氫氧化鈉對電鍍銅的影響

實驗前先將黃銅片秤重，實驗中加入 20ml 不同濃度的氫氧化鈉溶液，分別為 0.001%、0.05%、0.1%、0.5%、1%、2.5%、5%，固定電壓為 4V，電極距離為 6cm，以紅銅片為正極、黃銅片為負極，電解 10%硫酸銅溶液 100ml，固定電解 5 分鐘後秤重。並且另外以一組空白組(加入 20ml 蒸餾水)進行實驗後秤重對照。

氫氧化鈉溶液濃度配製

秤取 10g 氫氧化鈉先加少量水溶解，再加水加到 200 克混合均勻，即為 5%的氫氧化鈉溶液。若要稀釋至 2.5%，則取 50 克 5%氯化鈉溶液後加水加到 100 克，混合均勻後即為 2.5%的氯化鈉溶液，其他濃度則依比例稀釋。

(八)探討添加不同濃度鹽酸對電鍍銅的影響

實驗前先將黃銅片秤重，實驗中加入 20ml 不同濃度的鹽酸溶液，分別為 0.001%、0.05%、0.1%、0.5%、1%、2.5%、5%，固定電壓為 4V，電極距離為 6cm，以紅銅片為正極、黃銅片為負極，電解 10%硫酸銅溶液 100ml，固定電解 5 分鐘後秤重。並且另外以一組空白組(20ml 蒸餾水)進行實驗後秤重對照。

(因為高濃度鹽酸有實驗安全的疑慮，因此老師配製好 10%的鹽酸溶液後，我們再稀釋至需要的濃度)

(九)添加劑對電鍍銅附著力的影響

將實驗五、六、七、八的實驗結果(鍍好銅的黃銅片)，以相同大小材質相同的膠帶都各黏撕兩次(每次實驗由同一位同學撕黏)後秤重拍照，並計算未脫落銅的百分比。

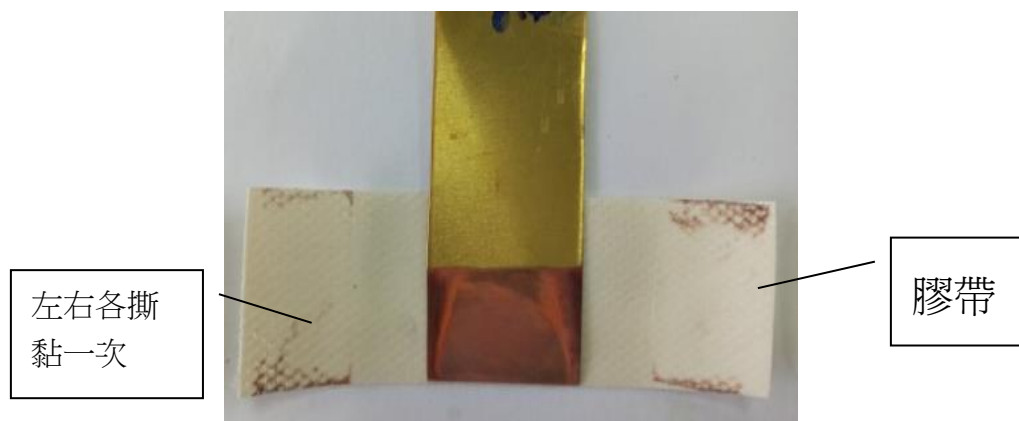


圖 3、附著力測試

肆、研究結果

一、探討不同電極距離對電鍍銅的影響(電壓 4v、電鍍時間 5 分鐘、硫酸銅濃度 10%)。

表 1、電極距離對電鍍銅的影響之實驗數據

| 電極距離 (cm) | 2.5 | 5.0 | 7.5 | 10.0 | 12.5 | 15.0 | 17.5 | 20.0 |
|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| X:前重(g) | 3.20 | 3.21 | 3.23 | 3.23 | 3.41 | 3.40 | 3.37 | 3.51 |
| Y:後重(g) | 3.38 | 3.29 | 3.30 | 3.27 | 3.44 | 3.42 | 3.39 | 3.52 |
| Y-X:鍍上的銅重(g) | 0.18 | 0.08 | 0.07 | 0.04 | 0.03 | 0.02 | 0.02 | 0.01 |
| 電流(A) | 0.44 | 0.25 | 0.18 | 0.14 | 0.11 | 0.09 | 0.08 | 0.07 |

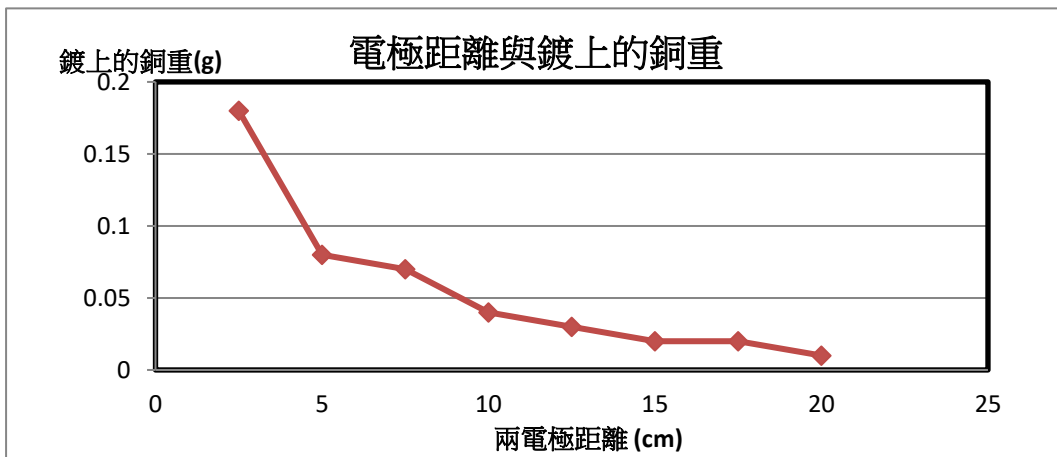


圖 4、電極距離與鍍上的銅重

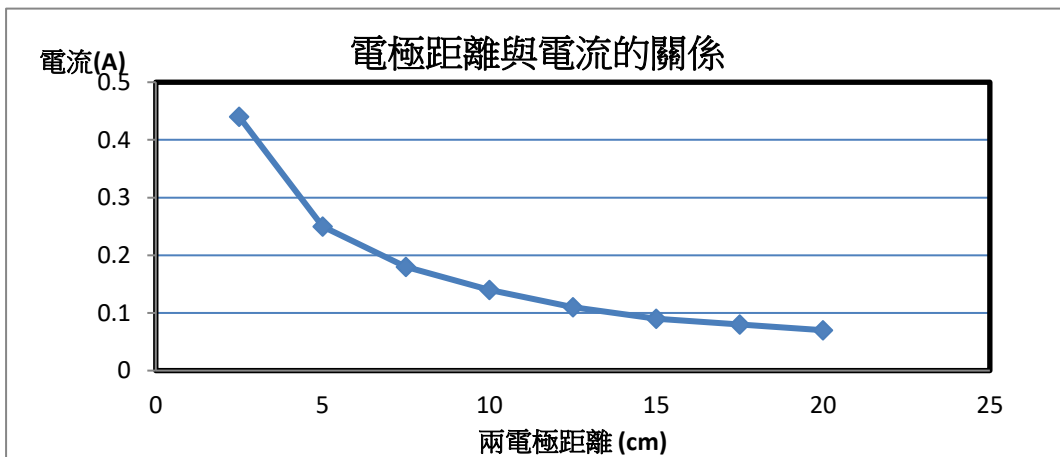


圖 5、電極距離與電流的關係

二、探討不同電壓對電鍍銅的影響。(電極距離 6cm、電鍍時間 5 分鐘、硫酸銅濃度 10%)

表 2、不同電壓對電鍍銅的影響之實驗數據

| 電壓(V) | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 10 |
|--------------|------|------|------|------|------|------|------|
| X:前重(g) | 3.21 | 3.10 | 3.17 | 3.19 | 3.06 | 3.24 | 3.18 |
| Y:後重(g) | 3.27 | 3.17 | 3.26 | 3.29 | 3.18 | 3.37 | 3.34 |
| Y-X:鍍上的銅重(g) | 0.06 | 0.07 | 0.09 | 0.10 | 0.12 | 0.13 | 0.16 |
| 電流(A) | 0.61 | 0.81 | 1.34 | 1.40 | 1.33 | 2.52 | 2.70 |

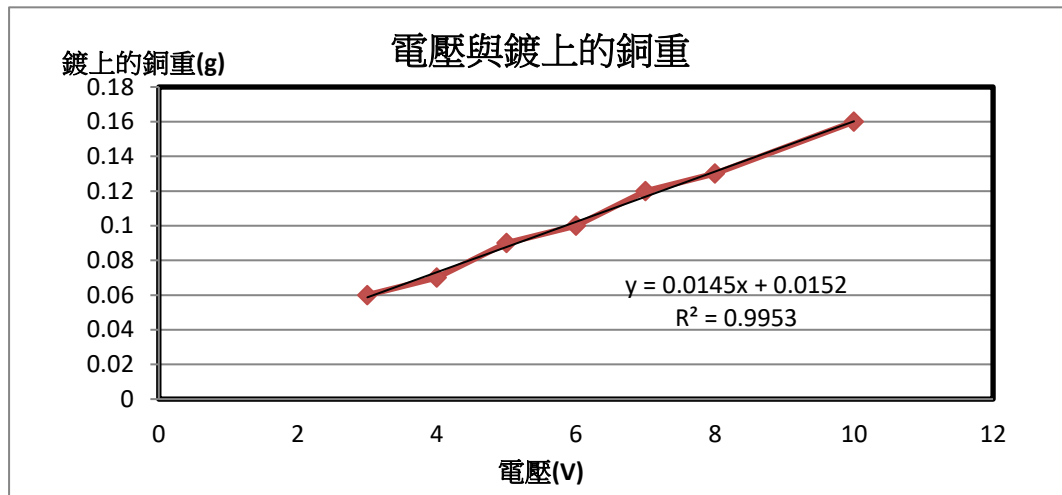
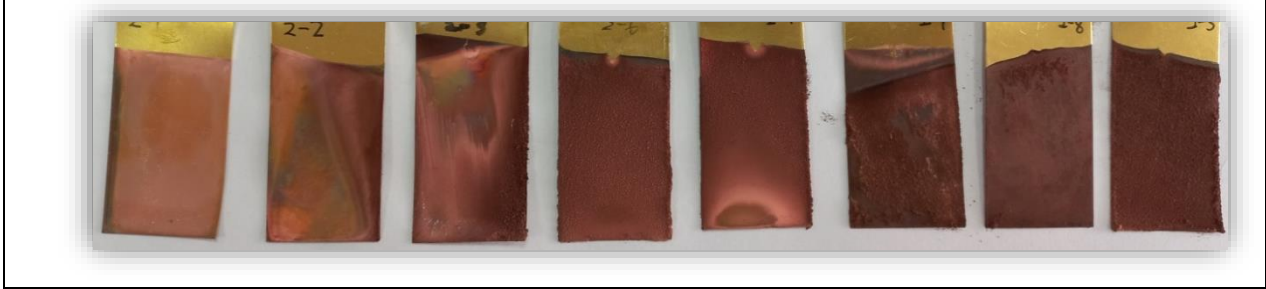


圖 6、電壓與鍍上的銅重

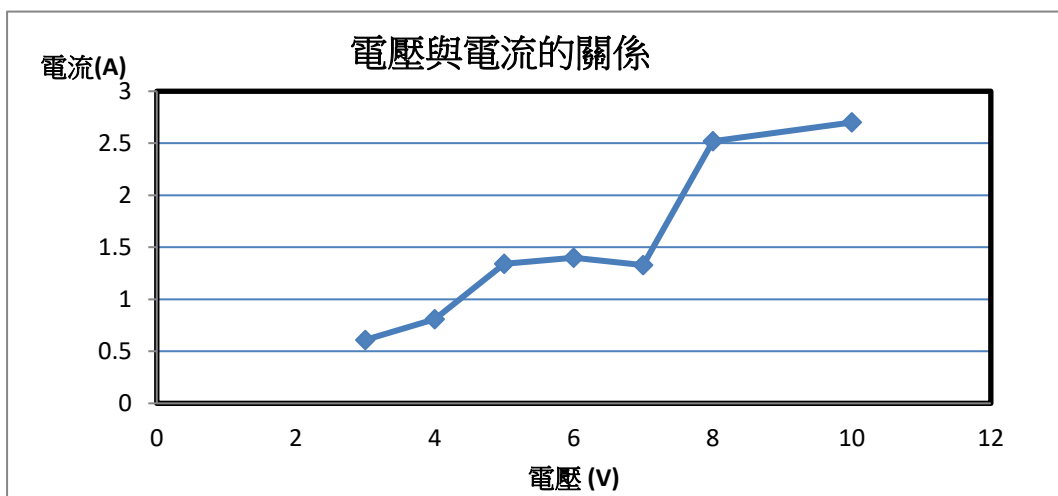


圖 7、電壓與電流的關係

三、探討硫酸銅溶液濃度對電鍍銅的影響(電壓 4v、電鍍時間 5 分鐘、電極距離 6cm)

表 3、不同硫酸銅溶液濃度對電鍍銅的影響之實驗數據

| 硫酸銅濃度(%) | 1% | 3% | 5% | 8% | 10% | 12% | 15% | 18% |
|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| X:前重(g) | 3.20 | 3.19 | 3.21 | 3.07 | 3.12 | 3.21 | 3.29 | 3.18 |
| Y:後重(g) | 3.21 | 3.20 | 3.23 | 3.14 | 3.23 | 3.31 | 3.31 | 3.21 |
| Y-X:鍍上的銅重(g) | 0.01 | 0.01 | 0.02 | 0.07 | 0.11 | 0.10 | 0.02 | 0.03 |
| 電流(A) | 0.04 | 0.09 | 0.14 | 0.19 | 0.22 | 0.23 | 0.30 | 0.35 |

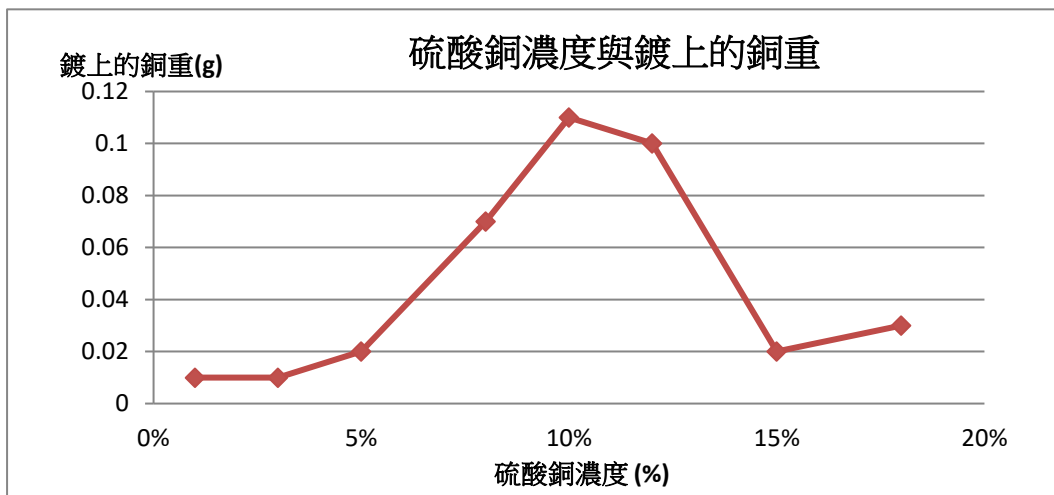
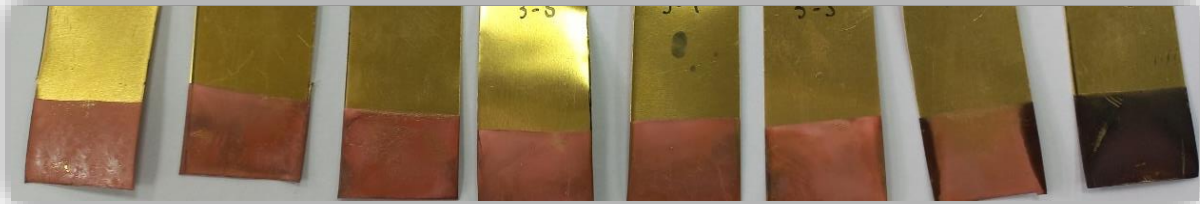


圖 8、硫酸銅濃度與鍍上的銅重

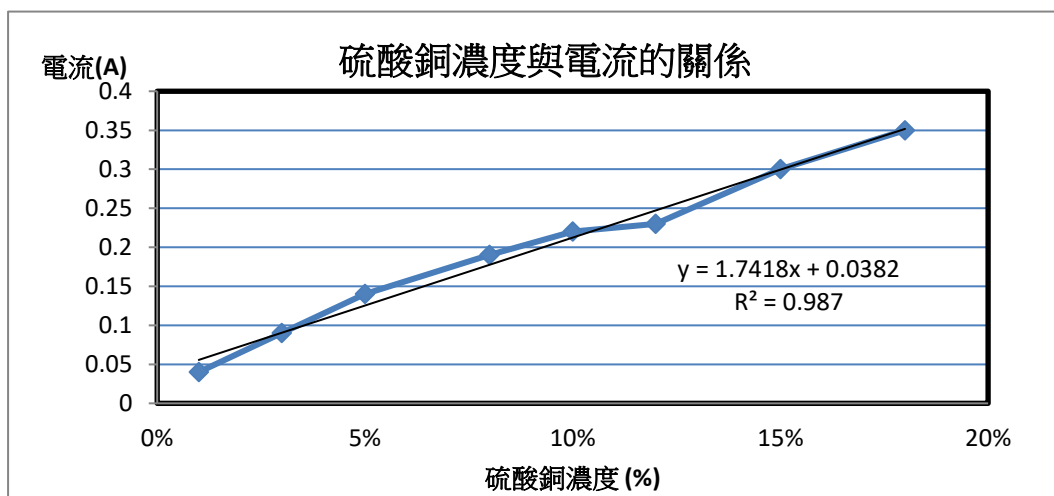


圖 9、硫酸銅濃度與電流的關係

四、探討電鍍不同時間對電鍍銅的影響。(電極距離 6cm、電壓 4v、硫酸銅濃度 10%)

表 4、不同電鍍時間對電鍍銅的影響之實驗數據

| 電鍍時間(mins) | 2 | 3 | 4 | 5 | 7 | 10 | 15 | 20 |
|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| X:前重(g) | 3.04 | 3.01 | 3.05 | 3.15 | 3.15 | 3.16 | 3.03 | 3.15 |
| Y:後重(g) | 3.06 | 3.06 | 3.12 | 3.23 | 3.22 | 3.23 | 3.14 | 3.35 |
| Y-X:鍍上的銅重(g) | 0.02 | 0.05 | 0.07 | 0.08 | 0.07 | 0.07 | 0.11 | 0.2 |
| 電流(A) | 0.25 | 0.26 | 0.27 | 0.2 | 0.19 | 0.23 | 0.23 | 0.23 |

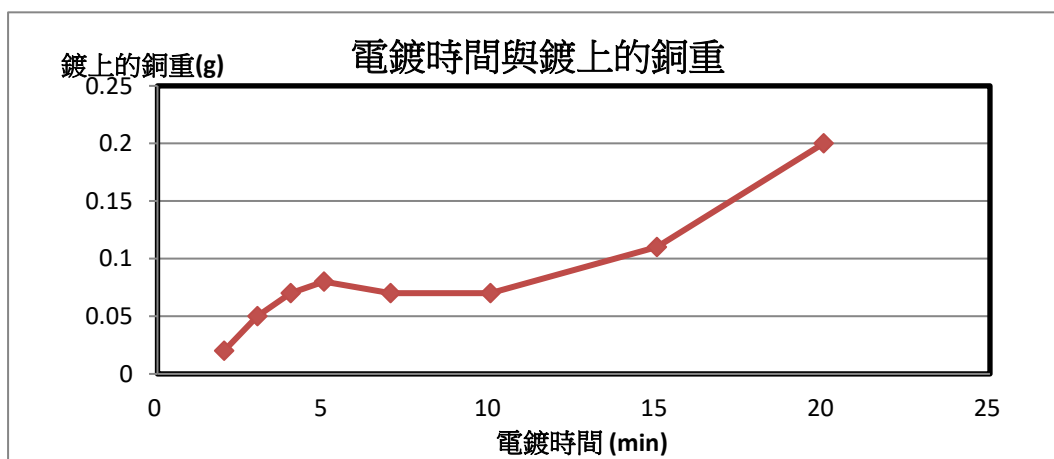
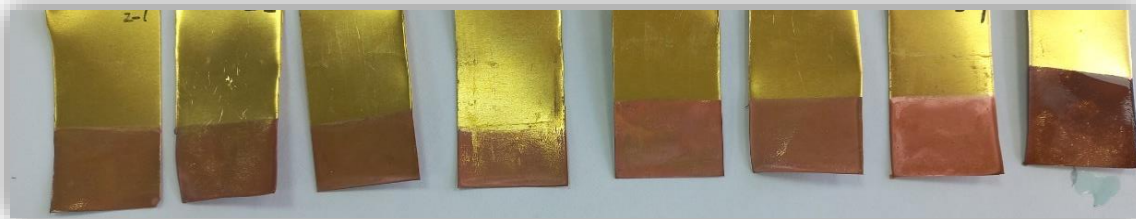


圖 10、電鍍時間與鍍上的銅重

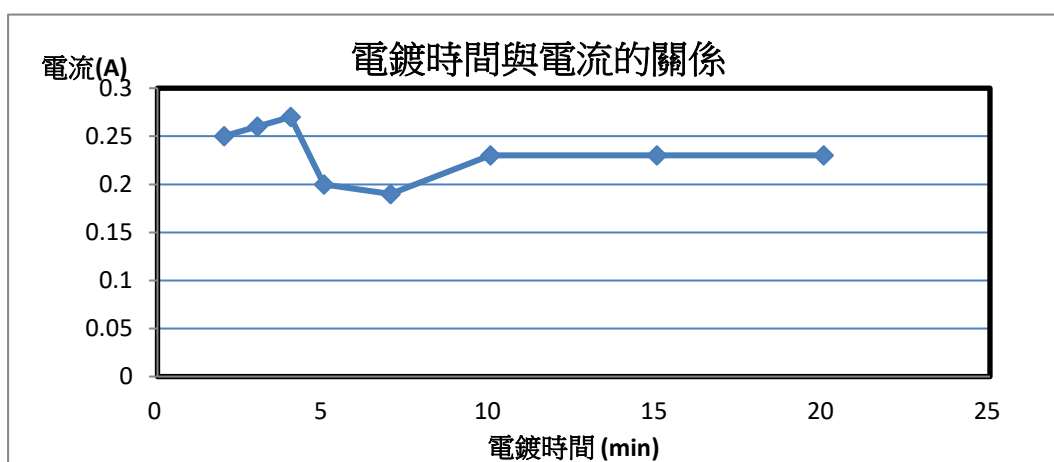


圖 11、電鍍時間與電流的關係

五、探討添加氯化鈉對電鍍銅的影響(氯化鈉 20ml、電壓 4v、電鍍時間 5 分鐘、電極距離 6cm)

表 5、添加氯化鈉對電鍍銅的影響

| 氯化鈉濃度(%) | 0 | 0.1 | 0.2 | 0.5 | 1.0 | 2.0 | 3.0 | 5.0 |
|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| X:前重(g) | 3.24 | 3.22 | 3.14 | 3.20 | 3.11 | 3.11 | 3.26 | 3.13 |
| Y:後重(g) | 3.30 | 3.26 | 3.18 | 3.25 | 3.15 | 3.19 | 3.31 | 3.20 |
| Y-X:鍍上的銅重(g) | 0.06 | 0.04 | 0.04 | 0.05 | 0.04 | 0.08 | 0.05 | 0.07 |
| 電流(A) | 0.18 | 0.22 | 0.24 | 0.23 | 0.31 | 0.41 | 0.51 | 0.67 |

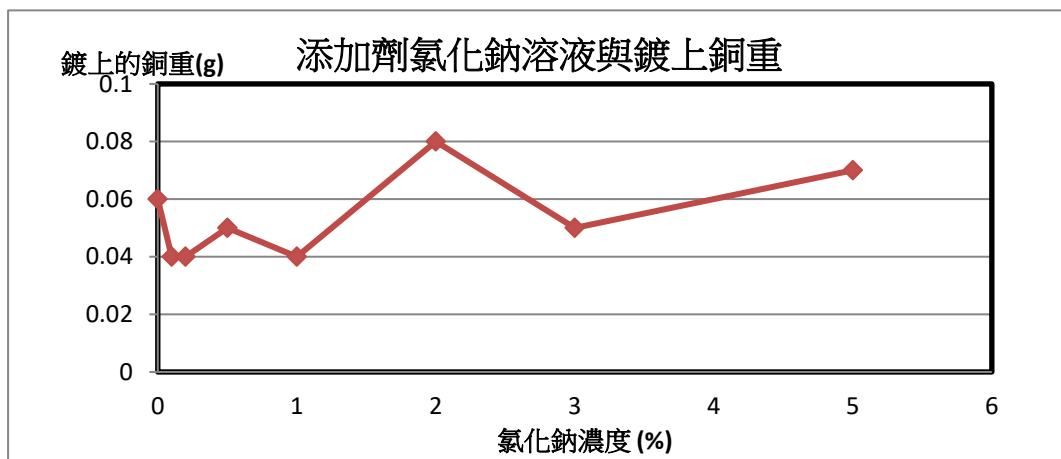
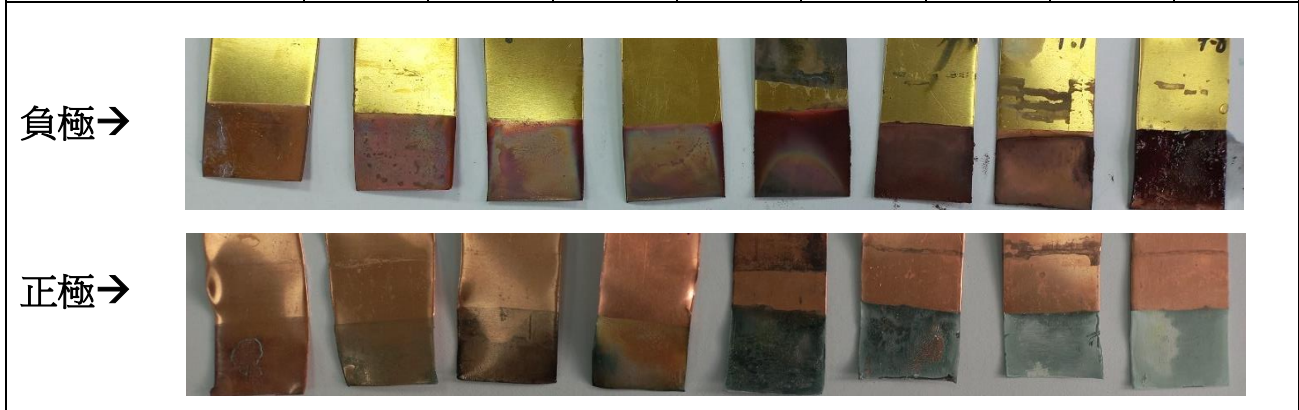


圖 12、添加氯化鈉與鍍上的銅重

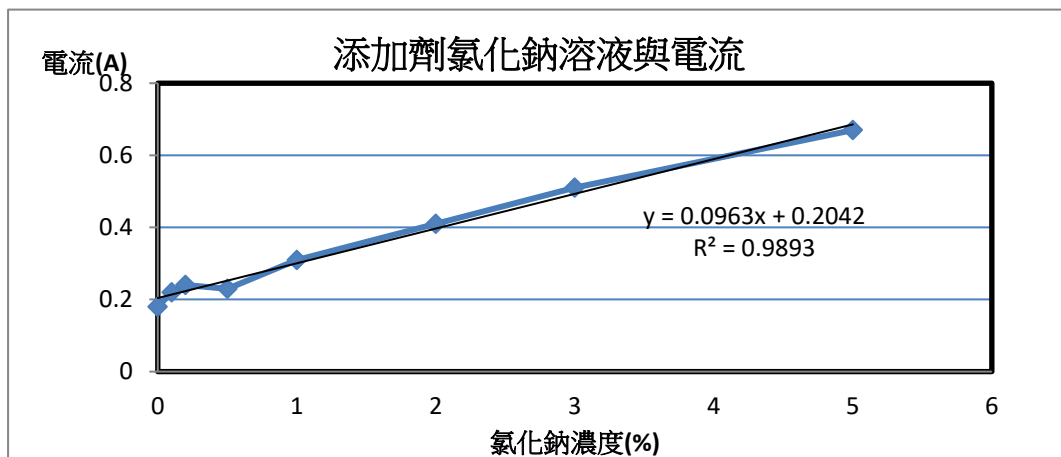


圖 13、添加氯化鈉與電流的關係

六、探討添加不同濃度硫酸對電鍍銅的影響

(硫酸 20ml、電壓 4v、電鍍時間 5 分鐘、電極距離 6cm)

表 6、添加硫酸對電鍍銅的影響

| 硫酸濃度(%) | 0 | 0.001 | 0.050 | 0.100 | 0.500 | 1.000 | 2.500 | 5.000 |
|--------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| X:前重(g) | 3.11 | 3.02 | 3.35 | 3.04 | 3.20 | 3.19 | 3.21 | 3.36 |
| Y:後重(g) | 3.17 | 3.07 | 3.40 | 3.10 | 3.25 | 3.25 | 3.26 | 3.40 |
| Y-X:鍍上的銅重(g) | 0.06 | 0.05 | 0.05 | 0.06 | 0.05 | 0.06 | 0.05 | 0.04 |
| 電流(A) | 0.17 | 0.16 | 0.26 | 0.17 | 0.23 | 0.29 | 0.46 | 0.80 |

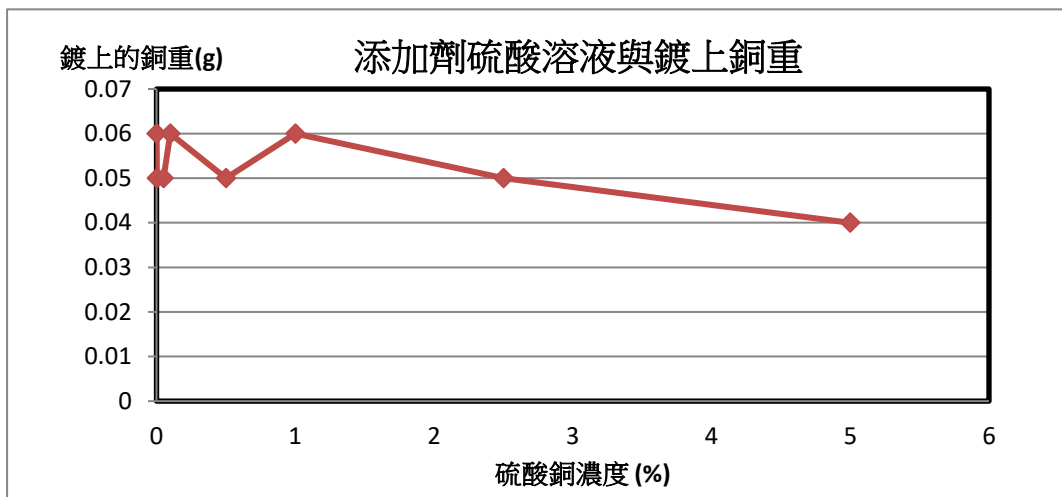
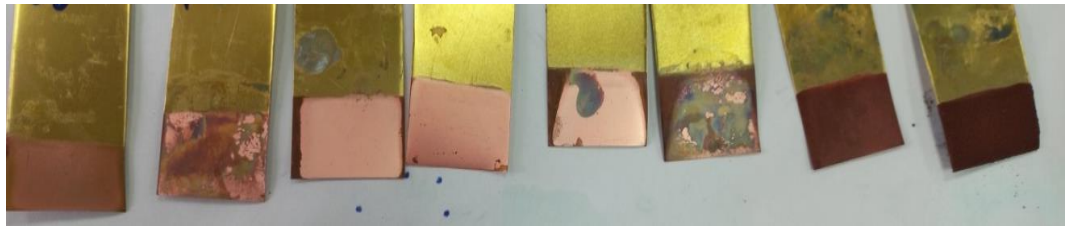


圖 14、添加硫酸與鍍上的銅重(硫酸較不影響)

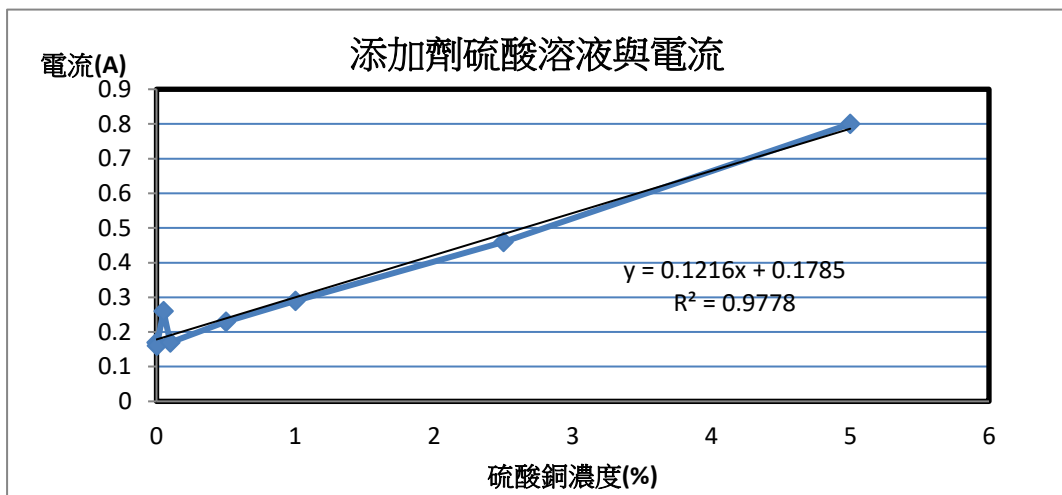


圖 15、添加硫酸與電流的關係

七、探討添加不同濃度氫氧化鈉對電鍍銅的影響

(氫氧化鈉 20ml、電壓 4v、電鍍時間 5 分鐘、電極距離 6cm)

表 7、添加氫氧化鈉對電鍍銅的影響

| 氫氧化鈉濃度(%) | 0 | 0.001 | 0.050 | 0.100 | 0.500 | 1.000 | 2.500 | 5.000 |
|--------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| X:前重(g) | 3.36 | 3.05 | 3.25 | 2.89 | 3.35 | 3.05 | 3.19 | 3.16 |
| Y:後重(g) | 3.42 | 3.10 | 3.28 | 2.92 | 3.38 | 3.07 | 3.20 | 3.17 |
| Y-X:鍍上的銅重(g) | 0.06 | 0.05 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.02 | 0.01 | 0.01 |
| 電流(A) | 0.21 | 0.20 | 0.20 | 0.19 | 0.17 | 0.17 | 0.15 | 0.12 |

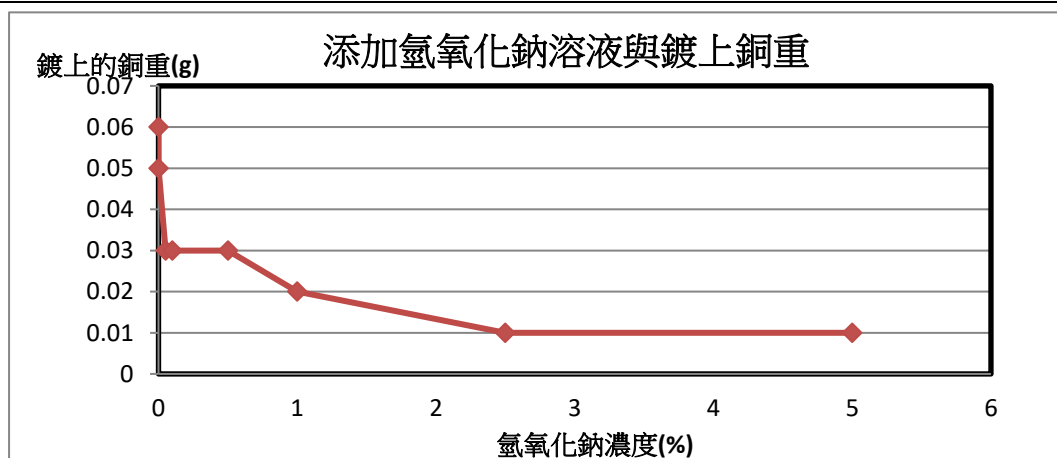
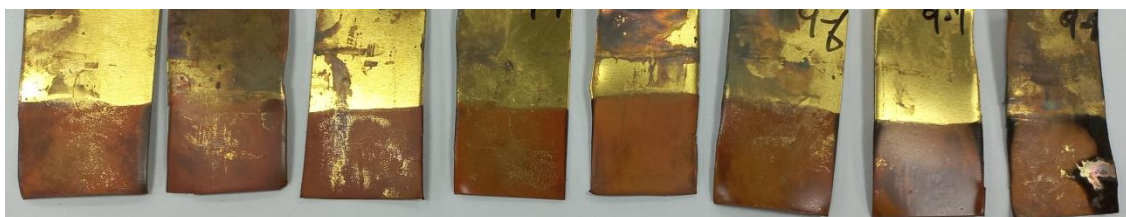


圖 16、添加氫氧化鈉與鍍上的銅重

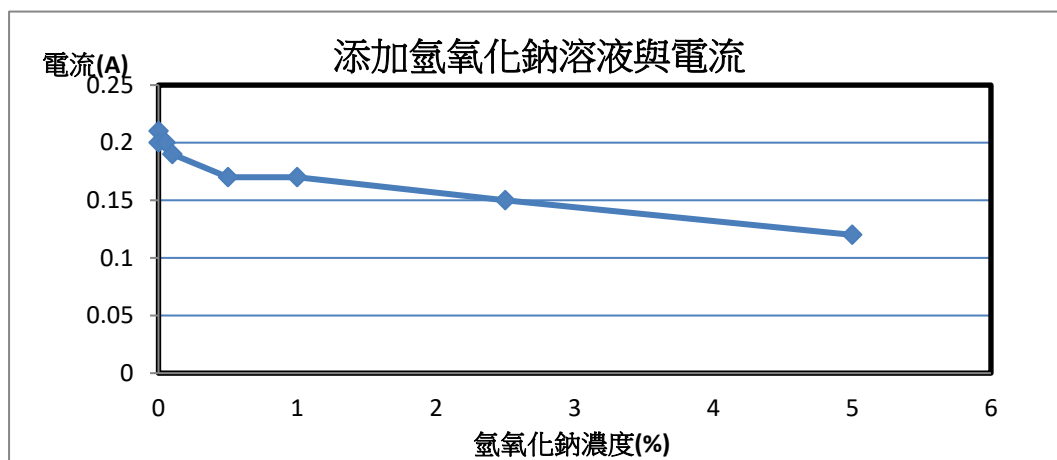


圖 17、添加氫氧化鈉與電流的關係

八、探討添加不同濃度鹽酸對電鍍銅的影響

(鹽酸 20ml、電壓 4v、電鍍時間 5 分鐘、電極距離 6cm)

表 8、添加鹽酸對電鍍銅的影響

| 鹽酸濃度(%) | 0 | 0.001 | 0.050 | 0.100 | 0.500 | 1.000 | 2.500 | 5.000 |
|--------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| X:前重(g) | 3.08 | 3.18 | 3.33 | 3.13 | 3.07 | 3.07 | 3.05 | 3.06 |
| Y:後重(g) | 3.13 | 3.22 | 3.38 | 3.20 | 3.11 | 3.12 | 3.11 | 3.12 |
| Y-X:鍍上的銅重(g) | 0.05 | 0.04 | 0.05 | 0.07 | 0.04 | 0.05 | 0.06 | 0.06 |
| 電流(A) | 0.16 | 0.17 | 0.22 | 0.25 | 0.26 | 0.24 | 0.30 | 0.46 |

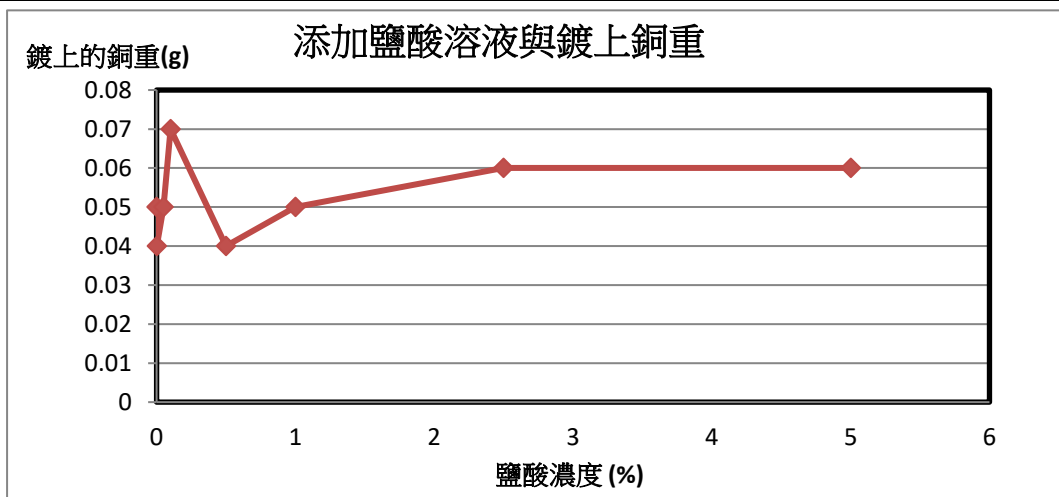
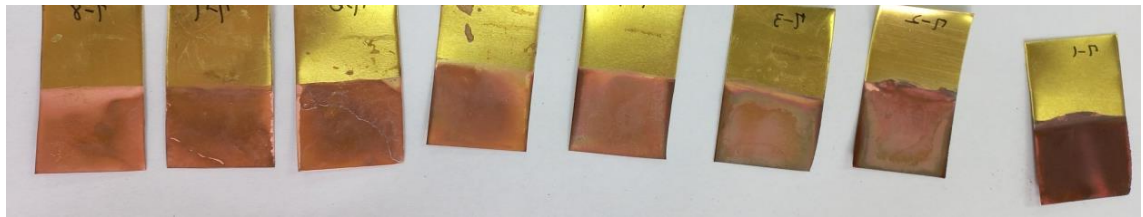


圖 18、添加鹽酸與鍍上的銅重

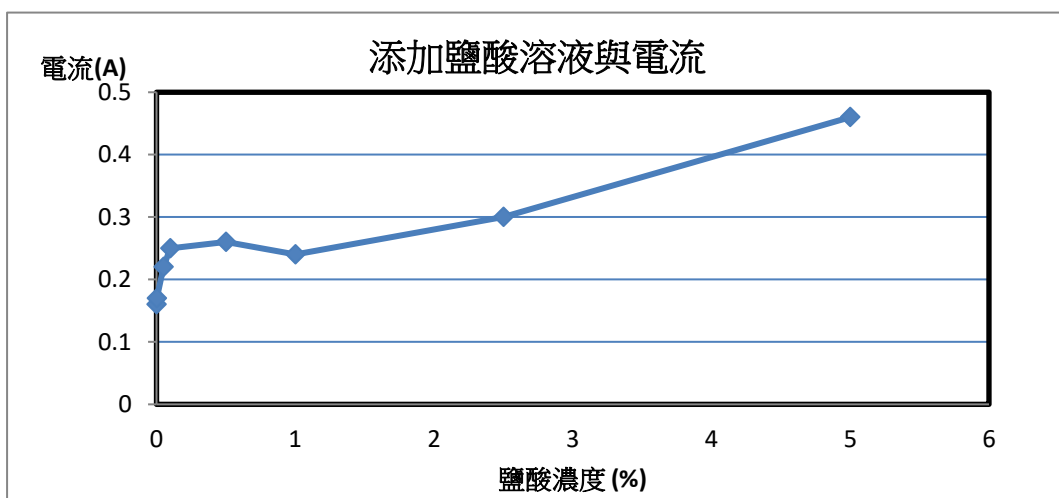


圖 19、添加鹽酸與電流的關係

九、探討電解液添加劑對電鍍銅之附著力影響

(一) 探討添加氯化鈉對電鍍銅之附著力影響

表 9、添加氯化鈉對電鍍銅之附著力影響的實驗數據

| 氯化鈉濃度(%) | 0 | 0.1 | 0.2 | 0.5 | 1 | 2 | 3 | 5 |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 鍍上的銅重(g) | 0.06 | 0.04 | 0.04 | 0.05 | 0.04 | 0.08 | 0.05 | 0.07 |
| 被膠帶沾黏的銅(g) | 0.05 | 0.01 | 0.01 | 0.02 | 0.01 | 0.03 | 0.04 | 0.03 |
| 未脫落的銅重(g) | 0.01 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.05 | 0.01 | 0.04 |
| 未脫落的銅 (%) | 17 | 75 | 75 | 60 | 75 | 63 | 20 | 57 |

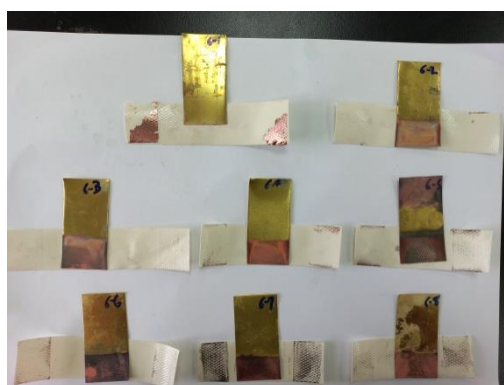
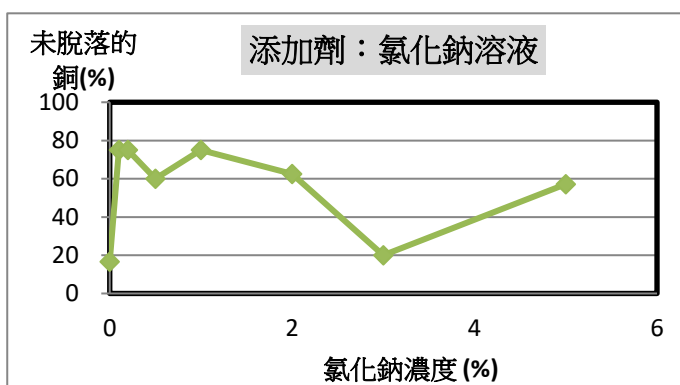


圖 20、添加氯化鈉對電鍍銅之附著力影響的實驗結果

(二) 探討添加硫酸對電鍍銅之附著力影響

表 10、添加硫酸對電鍍銅之附著力影響的實驗數據

| 硫酸濃度(%) | 0 | 0.001 | 0.05 | 0.1 | 0.5 | 1 | 2.5 | 5 |
|-------------|------|-------|------|------|------|------|------|------|
| 鍍上的銅重(g) | 0.06 | 0.05 | 0.05 | 0.06 | 0.05 | 0.06 | 0.05 | 0.04 |
| 被膠帶沾黏的銅重(g) | 0.03 | 0.02 | 0.03 | 0.05 | 0.04 | 0.03 | 0.01 | 0.02 |
| 未脫落的銅重(g) | 0.03 | 0.03 | 0.02 | 0.01 | 0.01 | 0.03 | 0.04 | 0.02 |
| 未脫落的銅 (%) | 50 | 60 | 40 | 17 | 20 | 50 | 80 | 50 |

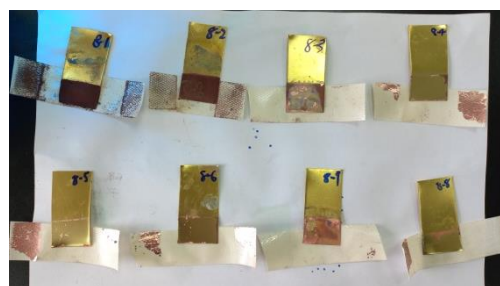
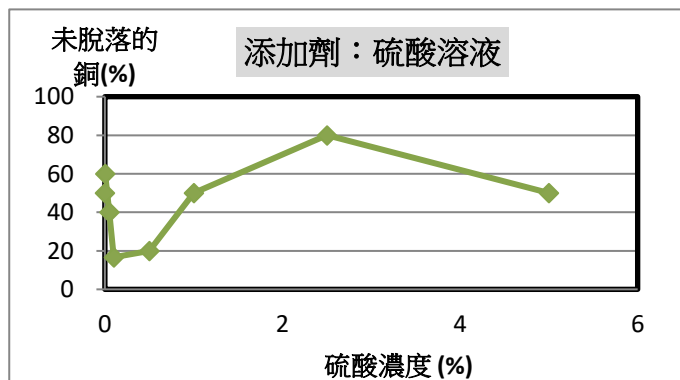


圖 21、添加硫酸對電鍍銅之附著力影響的實驗結果

(三) 探討添加氫氧化鈉對電鍍銅之附著力影響

表 11、添加氫氧化鈉對電鍍銅之附著力影響的實驗數據

| 氫氧化鈉濃度(%) | 0 | 0.001 | 0.05 | 0.1 | 0.5 | 1 | 2.5 | 5 |
|-------------|------|-------|------|------|------|------|------|------|
| 鍍上的銅重(g) | 0.06 | 0.05 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.02 | 0.01 | 0.01 |
| 被膠帶沾黏的銅重(g) | 0.03 | 0.05 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 0.02 | 0.01 | 0.01 |
| 未脫落的銅重(g) | 0.03 | 0 | 0.01 | 0.01 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 未脫落的銅 (%) | 50 | 0 | 33 | 33 | 0 | 0 | 0 | 0 |

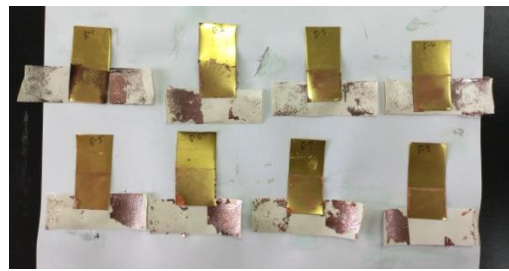
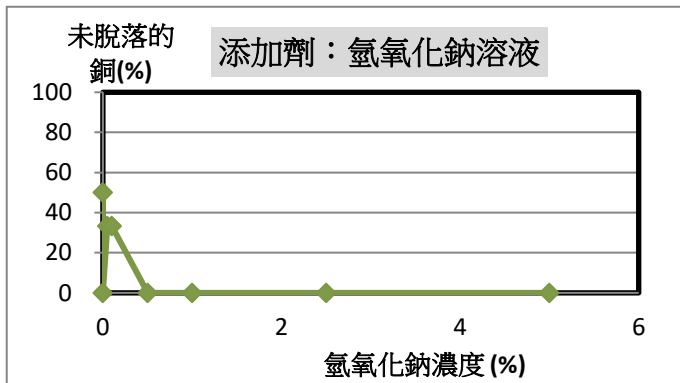


圖 22、添加氫氧化鈉對電鍍銅之附著力影響的實驗結果

(四) 探討添加鹽酸對電鍍銅之附著力影響

表 12、添加鹽酸對電鍍銅之附著力影響的實驗數據

| 鹽酸濃度(%) | 0 | 0.001 | 0.05 | 0.1 | 0.5 | 1 | 2.5 | 5 |
|-------------|------|-------|------|------|------|------|------|------|
| 鍍上的銅重(g) | 0.05 | 0.04 | 0.05 | 0.07 | 0.04 | 0.05 | 0.06 | 0.06 |
| 被膠帶沾黏的銅重(g) | 0.03 | 0.01 | 0.01 | 0.02 | 0.01 | 0.02 | 0.03 | 0.03 |
| 未脫落的銅重(g) | 0.02 | 0.03 | 0.04 | 0.05 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.03 |
| 未脫落的銅 (%) | 40 | 75 | 80 | 71 | 75 | 60 | 50 | 50 |

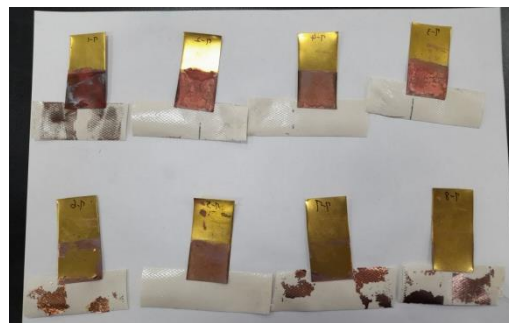
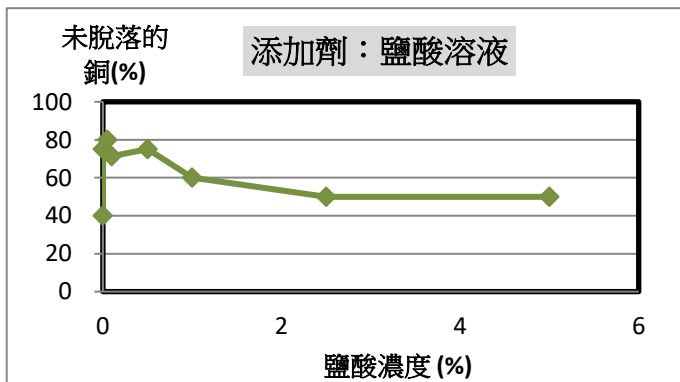


圖 23、添加鹽酸對電鍍銅之附著力影響的實驗結果

伍、討論

- 以下是我們針對鍍銅基本條件的四項操縱變因對電鍍銅的實驗結果進行討論：
 - 一、由實驗結果可看出電極距離越遠，鍍上銅的重量越少，電流也越小，但是仔細觀察電鍍銅的結果，可以發現雖然距離越近鍍上的銅比較多，但是顏色上卻逐漸轉為深紅色，甚至是黑色，與我們想要鍍上的金屬銅並不相同。此一結果可能是因為電極距離越近使得電流密度越大而導致產生氧化銅(黑色)或氧化亞銅(暗紅色)。
 - 二、實驗結果可看出電壓越大，鍍上的銅越多，實驗數據呈現線性趨勢，其 R^2 有到達 0.9953，而電壓增加時，電流也越大，但是鍍上銅的顏色也越來越深，並且在電壓大(8V 與 10V)的時候在負極可以觀察到微量的氣泡，根據查到的資料表示當電壓夠大時，除了水溶液中的銅離子會反應之外，水分子本身也會參與反應，其負極還原半反應方程式如下： $2\text{H}_2\text{O}(l) + 2e^- \rightarrow \text{H}_2(g) + 2\text{OH}^-(l)$ ，所以所觀察到的氣泡推測是氫氣，而氣體屬於不良導體，影響了電鍍的結果，使得鍍上的銅膜產生粗糙的表面。
 - 三、實驗前我們假設硫酸銅濃度越高，導電度越好，所以鍍上的銅會越多，而從實驗結果發現濃度越高電流的確越大，實驗數據顯示電壓與電流呈線性趨勢，其 R^2 有到達 0.987，但是卻是在硫酸銅濃度 10% 的時候鍍上的銅最多，而在 15% 以及 18% 的時候鍍上的銅有明顯的變少，而且有明顯變黑的現象，其原因可能是因為隨著離子濃度的增大，離子間距減小，離子間相互作用變得顯著，銅離子還原的速度緩慢導致電鍍的效率下降。
 - 四、有關電鍍時間的研究，從實驗結果可看出一開始 1~3 分鐘時，隨著電鍍時間越久鍍上的銅有越多，但是在 3~10 分鐘內，鍍上銅的重量並無顯著差異，而在 15 與 20 分鐘可以鍍上比較多的銅，但是顏色較深且不均勻，推測是因為 10 分鐘內電子累積不夠，10 分鐘後累積夠多的電子才會急速增加銅還原的比例。而電流則一直維持在 0.2 安培左右。

綜合以上，我們希望電鍍的重量要足夠，負極不要產生氫氣，以及鍍上的銅不要變黑色，因此在繼續添加劑對電鍍銅的影響實驗前，我們將實驗條件調整如下：

1. 電極距離：6cm
2. 電壓：4V
3. 電鍍時間：5 分鐘
4. 硫酸銅濃度：10%

- 我們選擇了四種添加劑，並分別探討添加劑對電鍍銅的影響

五、添加劑：氯化鈉

與空白組進行對照，發現僅有添加 2%與 5%的氯化鈉溶液會使鍍上的銅增加，添加其餘濃度的氯化鈉溶液其鍍上的銅重量均低於空白對照組(加蒸餾水)之硫酸銅溶液。而加入氯化鈉溶液的確會使電流加大，實驗數據顯示氯化鈉濃度與電流呈線性趨勢其 R^2 有到達 0.9893，我們推測因為氯化鈉在水溶液中會解離使得導電度增加因而使得電流增強，另外我們觀察到加了氯化鈉溶液後鍍上的銅發現顏色都偏黑，特別值得注意的是正極的銅片隨著氯化鈉濃度越大會有很明顯的綠色與白色物質，經查詢相關資料(氯化銅、氯化亞銅。110 年 02 月取自維基百科網站)後推測是氯化銅以及氯化亞銅，此兩物質會覆蓋紅銅，所以對於鍍銅較為不利。



圖 24、添加氯化鈉溶液後電鍍後的正極銅片

六、添加劑：硫酸

實驗數據顯示硫酸跟氯化鈉一樣是強電解質，其濃度與電流呈線性趨勢，而 R^2 有到達 0.9778，因為導電度增加而使得電流增強，再與空白組進行對照，發現添加硫酸後鍍上的銅重量並無增加，而且在添加 5%硫酸後，負極有觀察到微量氣泡，鍍上的銅也明顯變少，但是加入硫酸溶液的確會使電流加大，導電度增加，另外觀察鍍上的銅發現加



圖 25、有金屬光澤的電鍍銅

入 0.05%、0.1%、0.5%的硫酸溶液時，鍍上的銅具有光澤，其光澤與顏色與我們一開始未進行實驗前的紅銅片幾乎一樣，根據查詢資料以及我們的推論，我們認為加入低濃度的硫酸可以增加溶液的導電度增加導電效率並且防止銅的水解而形成氧化亞銅或鹽類沉澱，且硫酸會形成保護層保護銅結晶，因此銅鍍層的結晶會較為細緻。

七、添加劑：氫氧化鈉

實驗的設計原本是想了解鹼性溶液對導電度是否有影響，但是實驗時發現當硫酸銅溶液加入氫氧化鈉溶液時，溶液馬上產生藍綠色的沉澱物，根據查詢資料，原來銅離子遇到氫氧根離子會產生難溶性氫氧化銅 $\text{Cu}(\text{OH})_2$ ，因此電鍍銅是不適合在鹼性溶液裡進行操作。而從實驗結果也顯示添加氫氧化鈉越多鍍上的銅會越少且電流會變低，原因就是因為產生沉澱物(氫氧化銅)越來越多導致溶液銅離子變少，因此電流降低不利於鍍銅的過程。


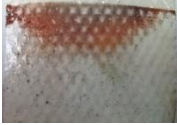

八、添加劑：鹽酸

因為鹽酸也是強電解質，我們發現與空白組進行對照，加入鹽酸溶液的確會使電流加大，另外發現在添加 0.1%、2.5%、5%鹽酸溶液後鍍上的銅重量增加，在添加 0.05%、1% 鹽酸溶液後鍍上的銅重量與空白組一樣，而在添加 0.01%、0.5%鹽酸溶液後鍍上的銅重量減少，而鍍銅的品質在 0.05%以上時，出現顏色不均勻與黑色物質，因為當鍍液中含有氯離子時，會加速銅離子 Cu^{2+} 的還原速率，因為氯離子會與銅離子或亞銅離子形成氯化亞銅或氯化銅，有利於電子從電極導向銅離子，使銅離子較易還原成亞銅離子(Cu^+)，進而加速銅沉積的速率，此一結果與添加氯化鈉的結果類似。但是鹽酸的濃度過高時，會產生氣體，使得電鍍效率品質下降。

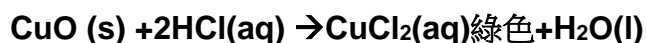
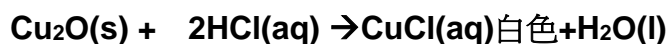
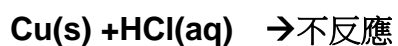
綜合以上添加劑實驗，添加 0.1 到 2%氯化鈉或鹽酸溶液，0.05%、0.1%或 0.5%的硫酸溶液應該可以鍍出有光澤且不易剝落的銅。在實驗中我們也發現，除了添加氫氧化鈉溶液外，在其餘添加劑實驗中，隨著電解質濃度增加電流會越大，推測是因為溶液中電解質增加，提高了溶液的導電度。

九、添加劑對電鍍銅附著力的影響

表 13、將電鍍銅以膠帶撕黏後的實驗結果

| 實驗結果 | 光澤 | 型態 | 顏色 |
|---|----|----|-----|
|  | 有 | 片狀 | 紅棕色 |
|  | 無 | 粉狀 | 暗紅色 |
|  | 無 | 粉狀 | 深棕色 |

我們使用相同長度的膠帶把鍍好銅的銅片撕黏兩次，發現被黏撕下來的鍍銅大致上有三種型態(如下圖)，根據查詢文獻資料顯示，有光澤的才是金屬銅，暗紅色物質應該是氧化亞銅，而黑色物質應該為氧化銅。另文獻中顯示，金屬銅不會與稀鹽酸反應，氧化亞銅與稀鹽酸產生白色氯化亞銅，而氧化銅與稀鹽酸產生綠色氯化銅。(氧化銅、氧化亞銅、氯化銅、氯化亞銅。110 年 02 月取自維基百科網站)



因此我們分別將三種型態的鍍銅分別滴加稀鹽酸，結果如下：

表 14、將電鍍銅滴加稀鹽酸的結果

| | | |
|-------------|----------|---|
| 光澤紅棕色鍍銅+稀鹽酸 | 沒有明顯反應 |  |
| 暗紅色鍍銅+稀鹽酸 | 產生白色氯化亞銅 |  |
| 深棕色鍍銅+稀鹽酸 | 產生綠色氯化銅 |  |

我們再將四種添加劑進行附著力比較，明顯可以觀察添加鹽酸與氯化鈉溶液後鍍上的銅附著力比較好，經膠帶撕黏後，未脫落的銅之百分比均比空白對照組高，因此推論添加低濃度的氯離子可幫助加強電鍍銅的品質。而添加氫氧化鈉溶液後，鍍上的銅相當不穩定非常容易整片脫落，而添加硫酸溶液後，鍍銅的表現則相當不穩定，有些容易脫落有些則附著的很好，可能是與氫氣的產生有關。

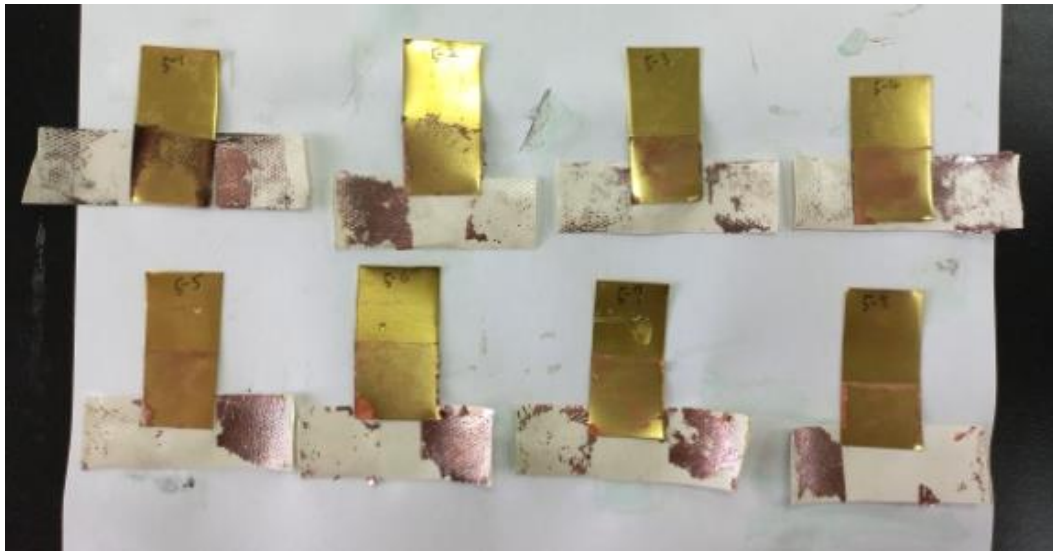


圖 26、加了氫氧化鈉溶液的電鍍銅容易大片剝落



圖 27、加了氯化鈉的電鍍銅溶液幾乎不剝落

陸、結論

- 一、電極距離越近可鍍上的銅越多，但會產生黑色氧化銅越多。
- 二、電壓越大可鍍上的銅越多，但是電壓過大會產生氣體使電鍍面粗糙且生成黑色氧化銅。
- 三、硫酸銅溶液濃度在 10%時可鍍上的銅最多，濃度過大時容易形成黑色氧化銅且鍍上的銅變少。
- 四、電鍍的時間越久可以鍍的銅越多，但是超過 15 分鐘會使電鍍表面產生不均勻的現象
- 五、添加含氯離子的氯化鈉與鹽酸不會增加鍍上的銅重，但是會使銅的附著力變好。
- 六、添加氫氧化鈉溶液會產生氫氧化銅沉澱，降低電鍍銅的效率與品質，所以電鍍銅不適合在鹼性溶液裡進行。
- 七、添加低濃度硫酸時會使電鍍出具有光澤的銅，但是濃度過高會因為產生氫氣降低電鍍銅的效率與品質。
- 八、將三種型態的電鍍銅經鹽酸測試後，確認具有光澤者為金屬銅、暗紅色銅為氧化亞銅、黑色銅為氧化銅。
- 九、未來還可繼續研究的方向為：
 1. 電鍍其他金屬的研究
 2. 其他添加劑對電鍍銅的影響
 3. 添加劑的添加順序對電鍍銅的影響
 4. 混合添加劑對電鍍銅的影響

柒、參考文獻資料

- 一、自然與生活科技，第四冊。第二章氧化還原反應。翰林書局
- 二、自然與生活科技，第六冊。1-4 電流的化學效應。翰林書局-
- 三、莊禮禎、陳宜君、陳佩樺(2014)。變形金「筆」～粉筆變身為環保電鍍裝置。中華民國第 54 屆中小學科學展覽會。
- 四、王翔鴻、林宥廷、郭芮瑄(2019)。「遊」「銅」花之美。中華民國第 59 屆中小學科學展覽會。
- 五、雷冠彥、李依璇、黃羿瑄(2020)。紅黑大對抗- 探討硫酸銅電鍍的影響因素。中華民國第 60 屆中小學科學展覽會。
- 六、林威佑(2021)。銅鋅生長之術~探討電解硫酸鋅溶液之研究。中華民國第 61 屆中小學科學展覽會。
- 七、林雋淼，“一段式及兩段式電鍍銅在不同添加劑及電鍍條件下之電鍍分析研究”，聯合大學化學工程學系碩士論文(2018)。
- 八、氧化銅。110 年 02 月取自維基百科網站
<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%B0%A7%E5%8C%96%E9%93%9C>
- 九、氧化亞銅。110 年 02 月取自維基百科網站
<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%B0%A7%E5%8C%96%E4%BA%9A%E9%93%9C>
- 十、氯化銅。110 年 02 月取自維基百科網站
<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%B0%AF%E5%8C%96%E9%93%9C>
- 十一、 氯化亞銅。110 年 02 月取自維基百科網站
<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%B0%AF%E5%8C%96%E4%BA%9A%E9%93%9C>

【評語】 030212

此科展作品探討影響銅電鍍的適當條件及添加不同化合物對電鍍良劣之影響，若能說明添加其它化合物的目的及其所得結果，才能有創新之效果。「電壓越大可鍍上的銅越多，但是電壓過大會產生氣體使電鍍面粗糙且生成黑色氧化銅」這樣的論述缺乏研究的明確目的，實驗內容大致和過去已知的內容相似。不過此研究自創了一個簡便的膠帶撕黏法探討鍍銅的附著度，值得鼓勵與肯定。

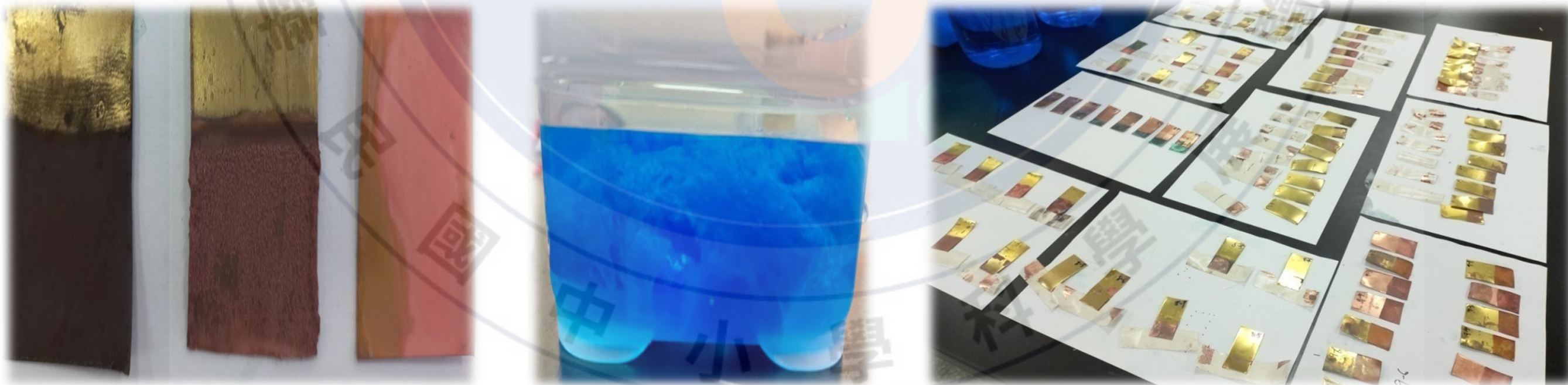
作品簡報

中華民國第62屆中小學科展博覽會

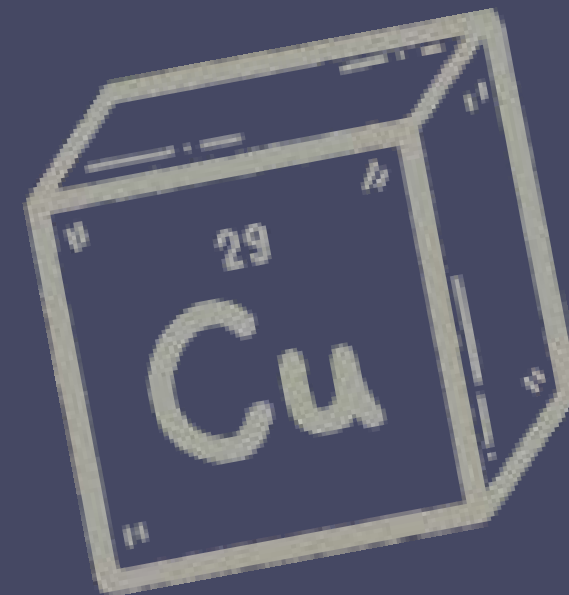
『銅』的奧妙——

各項變因對電鍍銅的影響

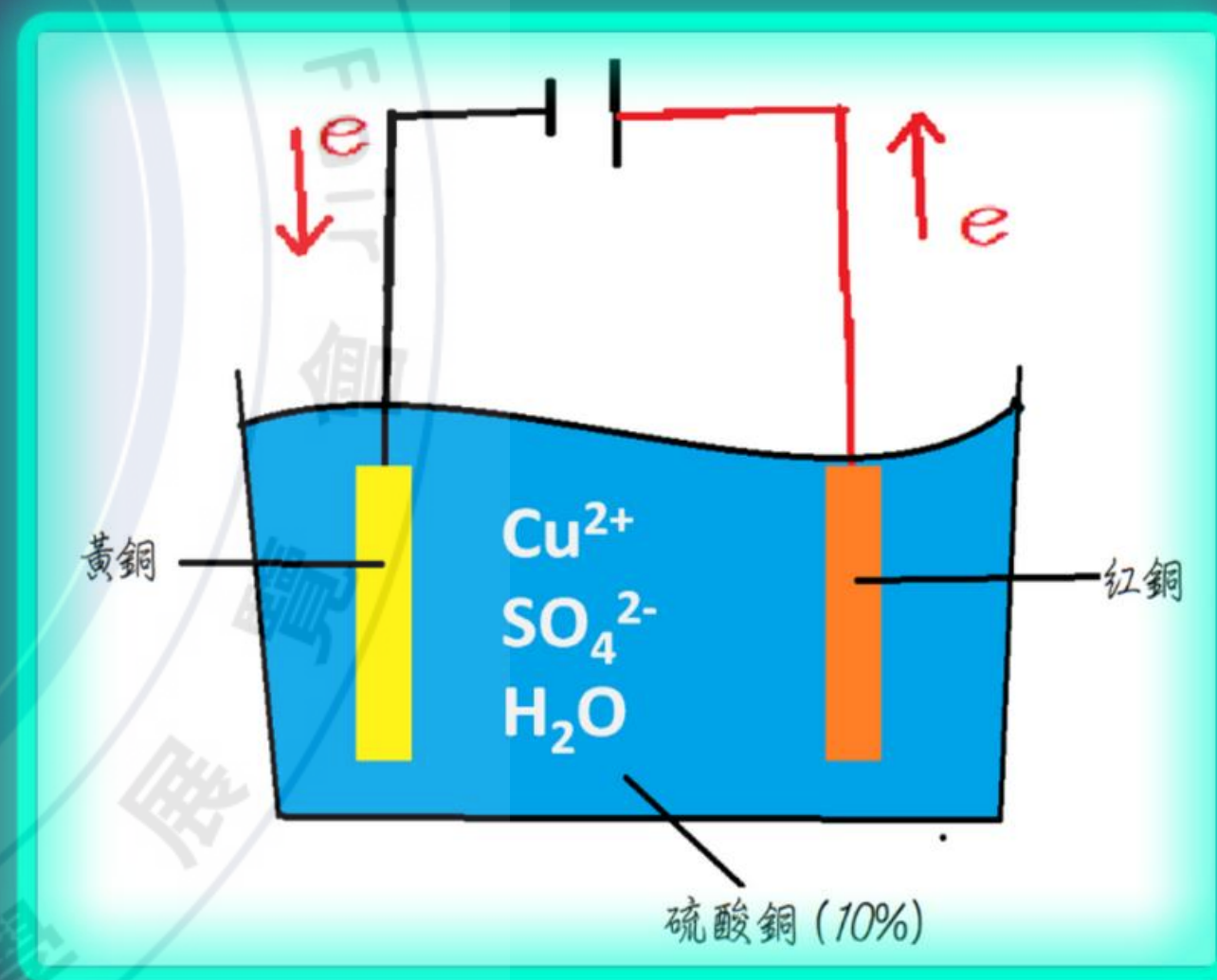
國中組 · 化學科



電鍍銅原理



- 電鍍是電解反應的一種應用，利用電流通過水溶液,使負極和正極產生氧化還原反應。
- 電鍍銅的過程是在電解液中將被鍍物置於負極,把紅銅置於正極。
- 電解液中必須含有欲鍍上的金屬離子。
 - 正極反應為： $\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^-$
 - 負極反應為： $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$



研究目的

各項變因對電鍍銅的研究

確認實驗方法

鍍銅基本條件之研究

添加劑對鍍銅影響之研究

電極距離

電壓

電解液濃度

電鍍時間

氯化鈉

硫酸

氫氧化鈉

鹽酸

分析討論實驗結果

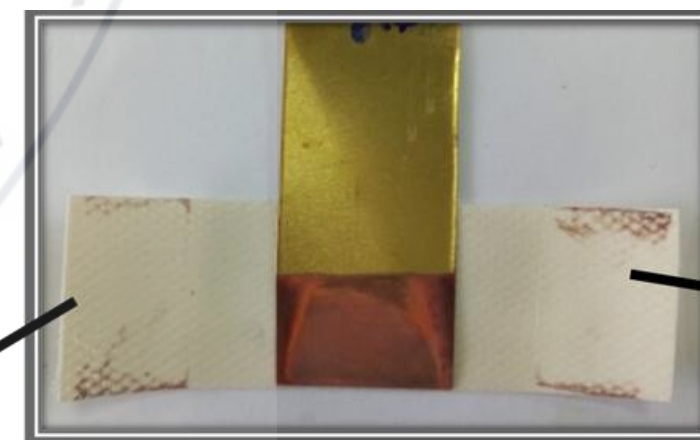
研究方法

拍照觀察

電流測量

秤重對照

附著力
測試

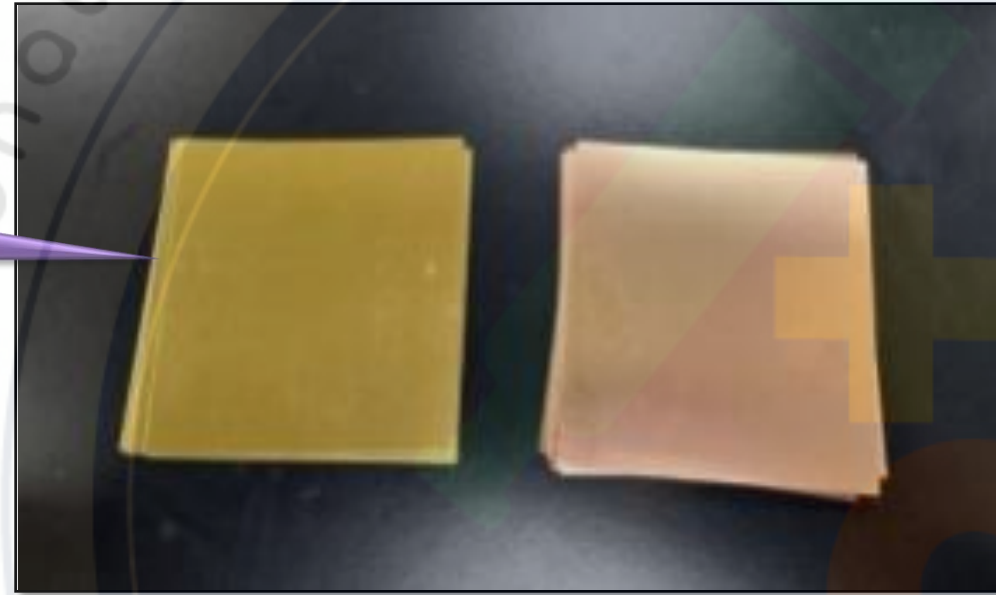


左右各
撕一次

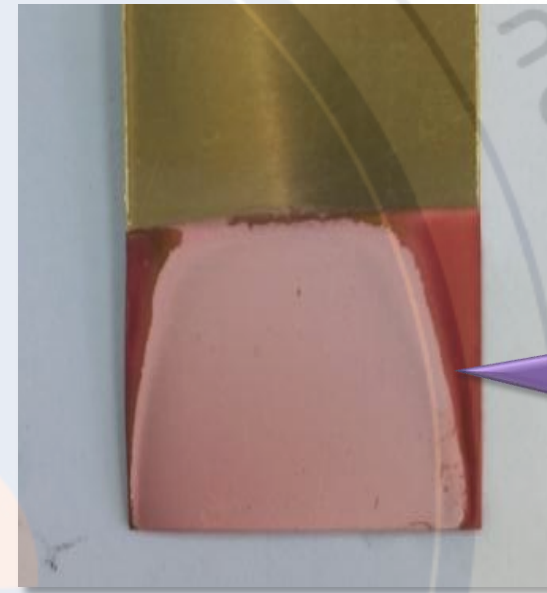
膠帶

實驗相關設備與材料

黃銅片與紅銅片



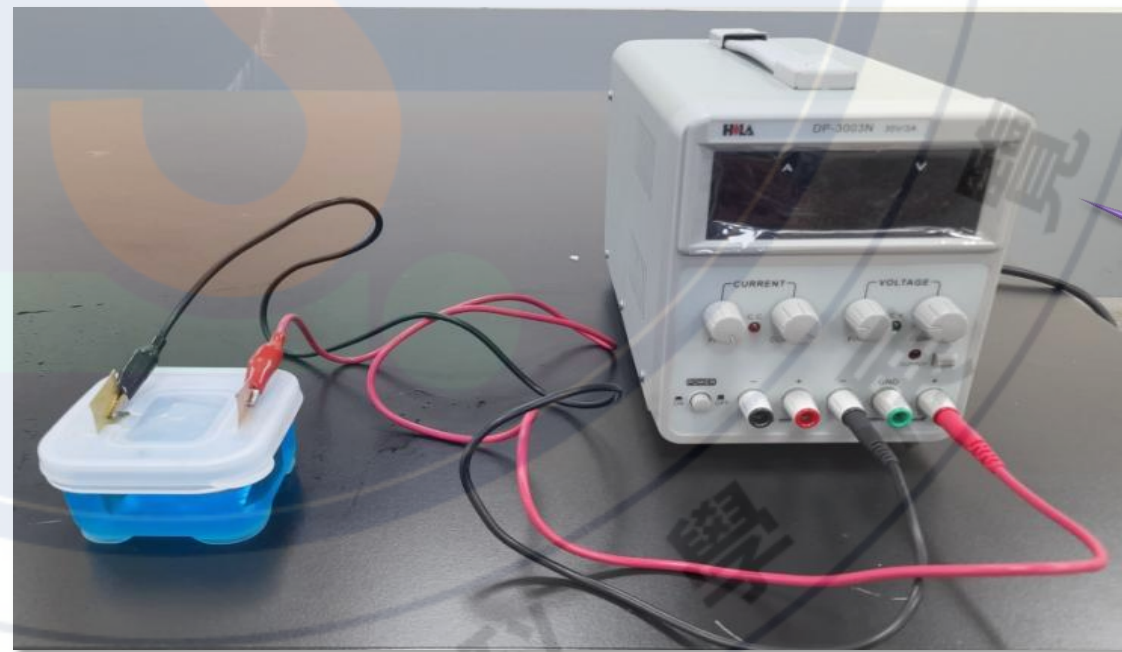
變因控制加上適合的添加劑就可以鍍上美麗的銅。



電極距離
實驗裝置



基本鍍銅裝置

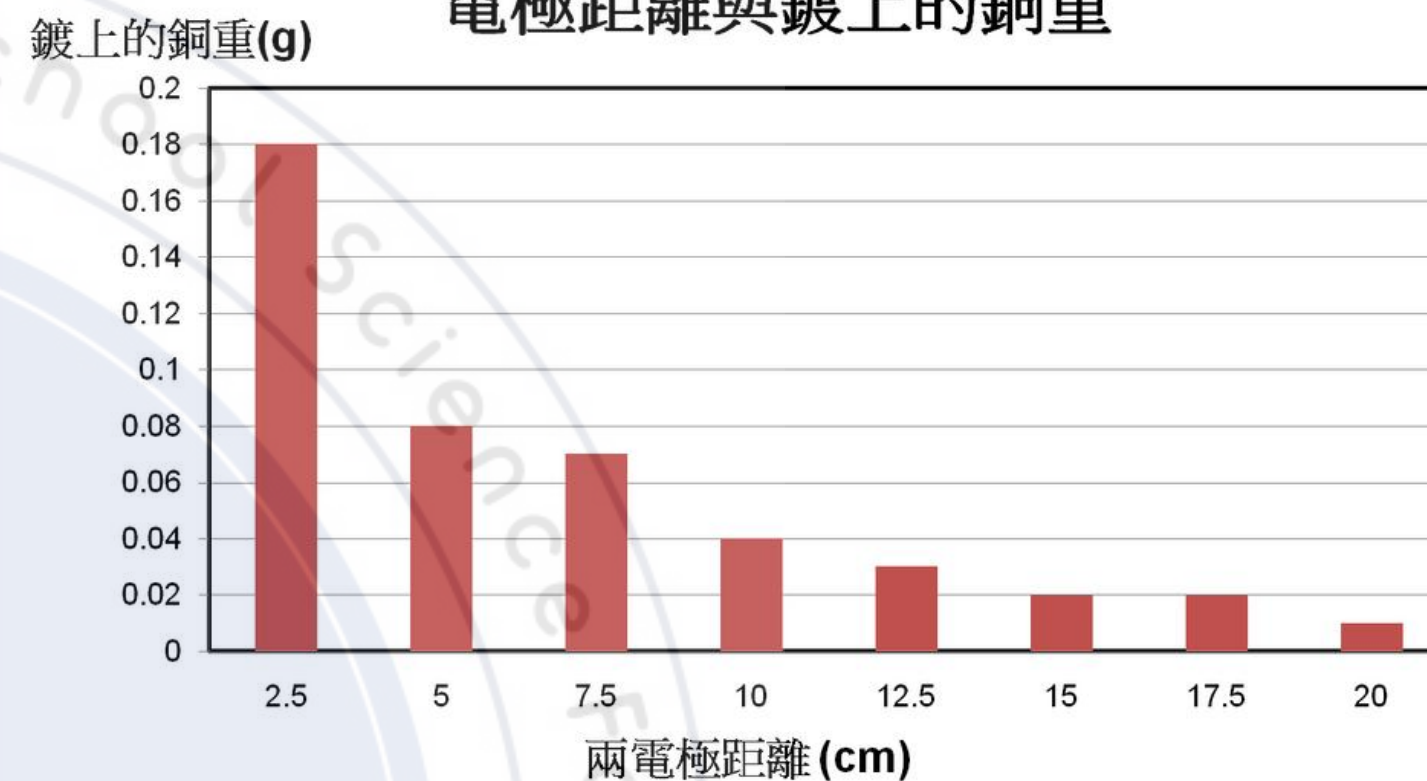


鍍銅 基研究 條件 結果

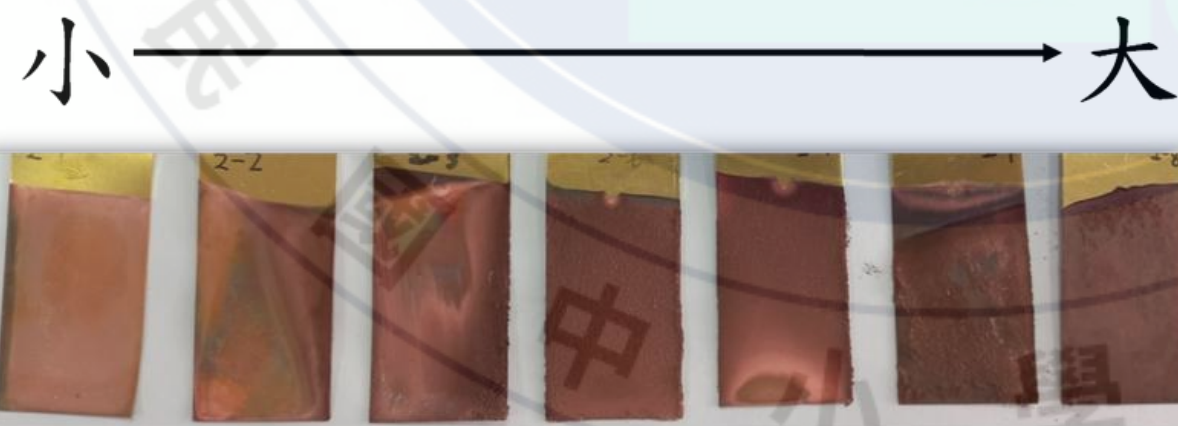
電極距離



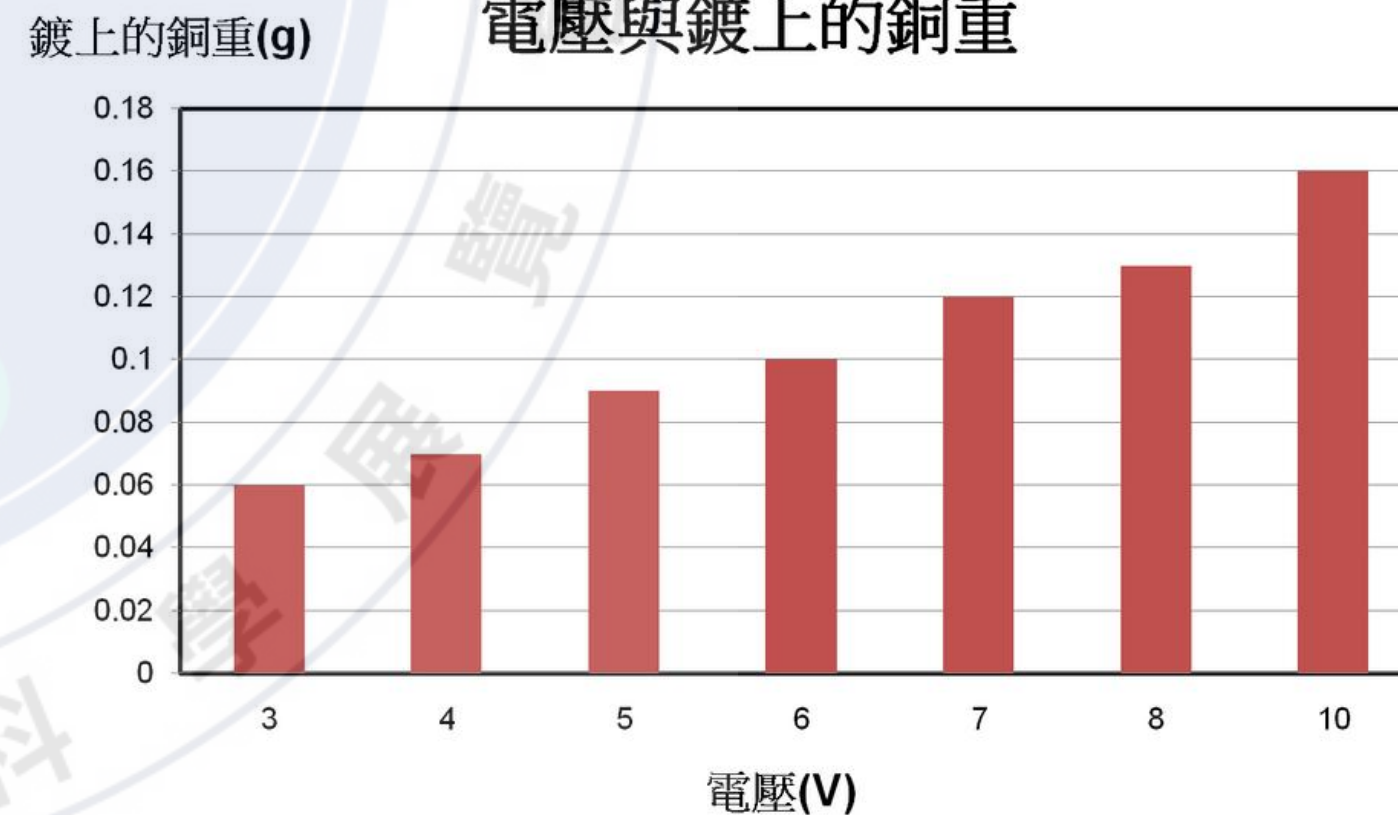
電極距離與鍍上的銅重



電壓大小



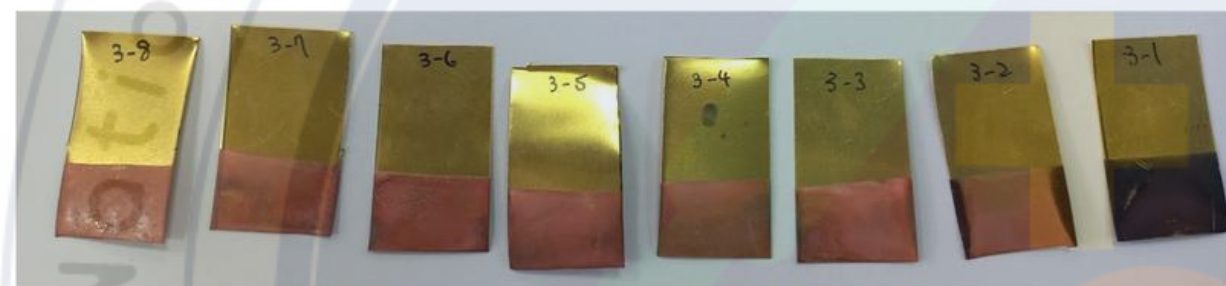
電壓與鍍上的銅重



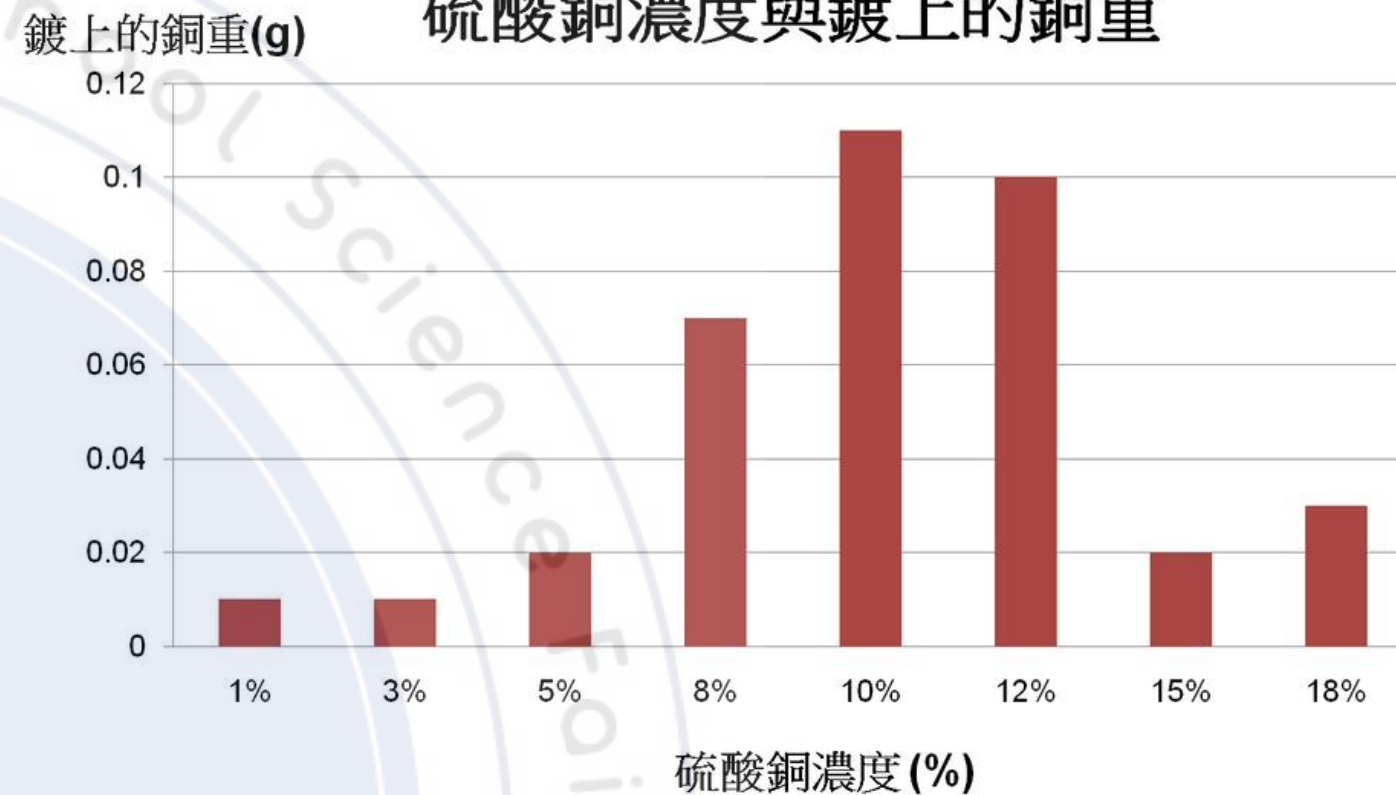
鍍銅 基研究 本究 條結 件果

硫酸銅濃度

低 → 高



硫酸銅濃度與鍍上的銅重

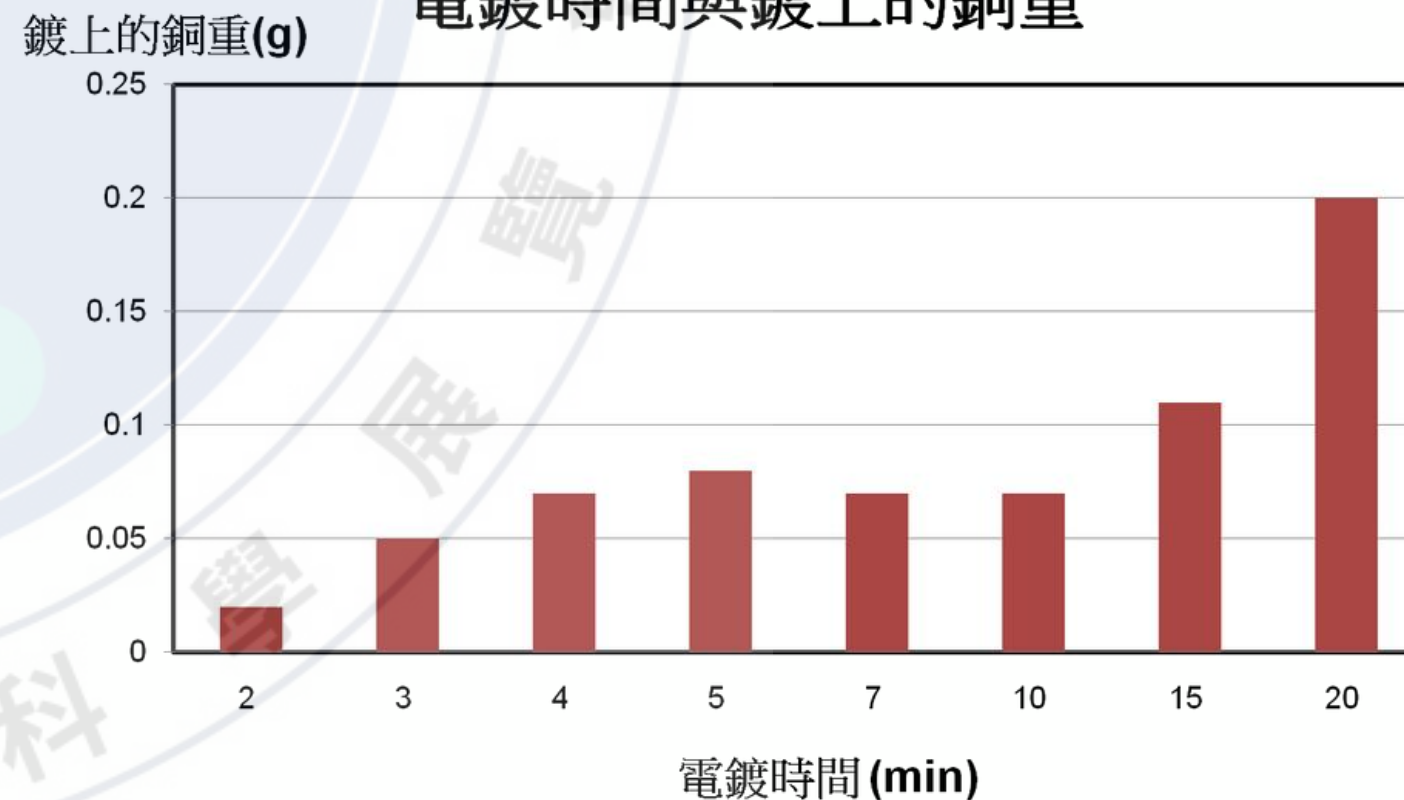


電鍍時間

短 → 長

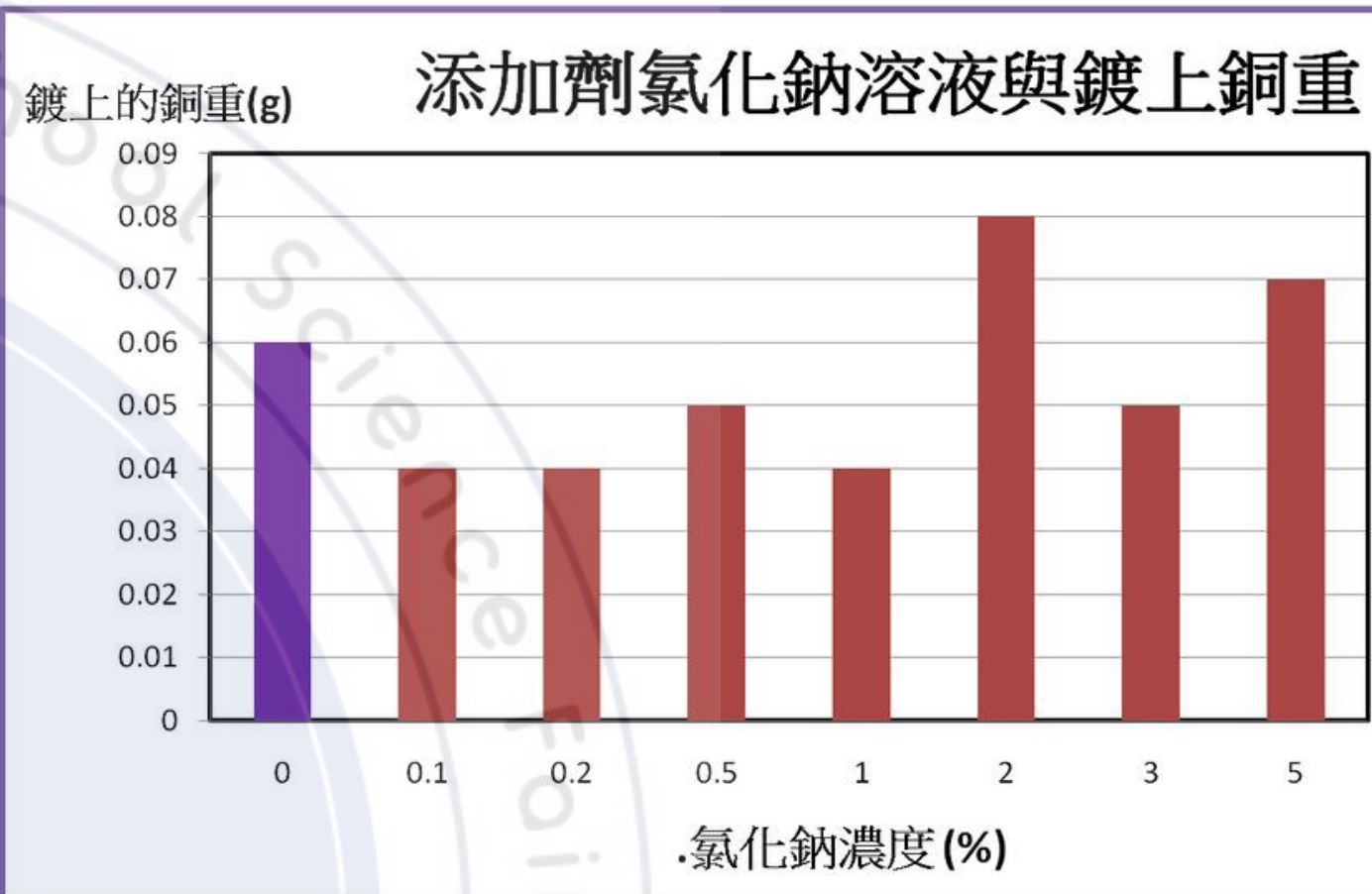


電鍍時間與鍍上的銅重

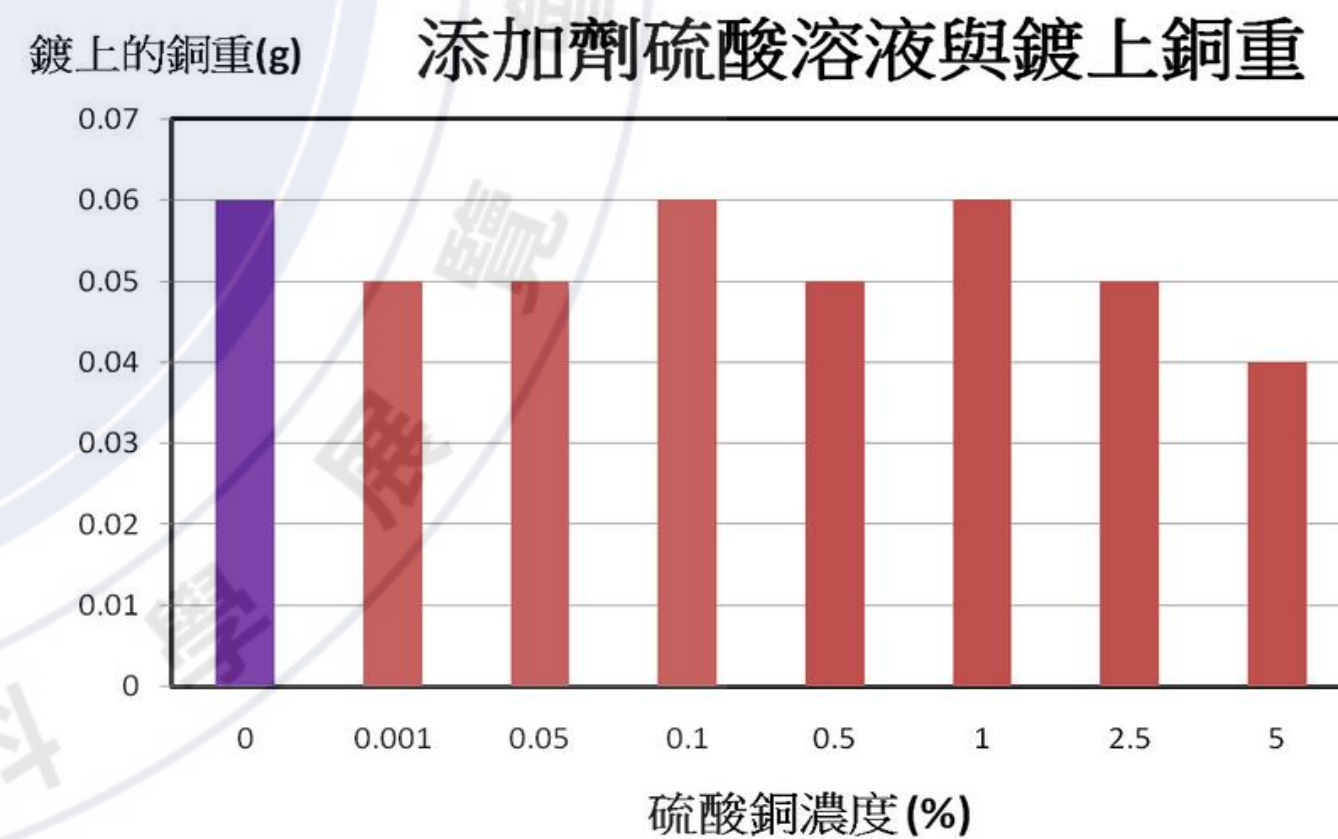
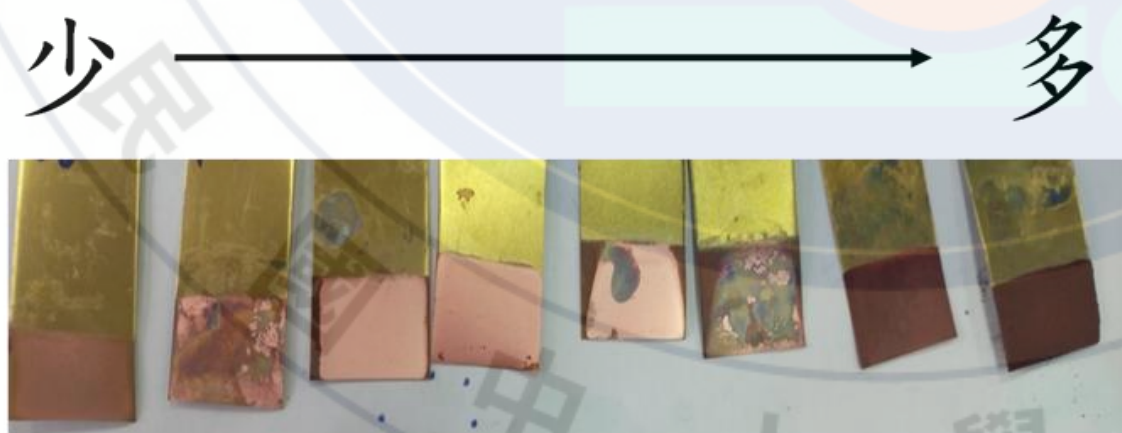


加研 入究 添結 加果 劑劑

添加氯化鈉



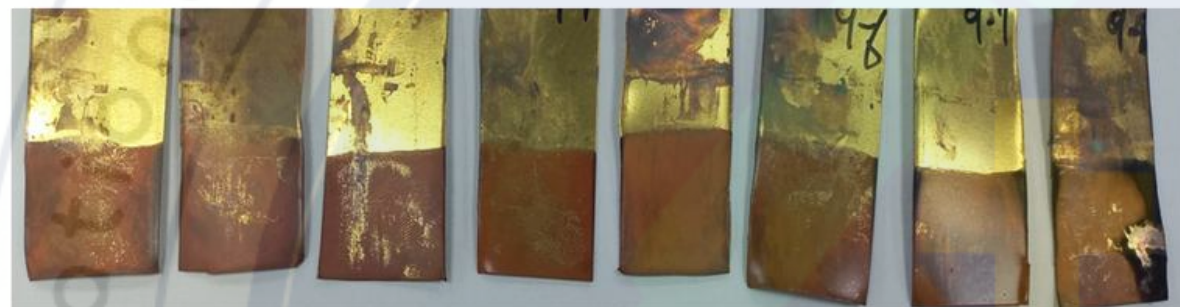
添加硫酸



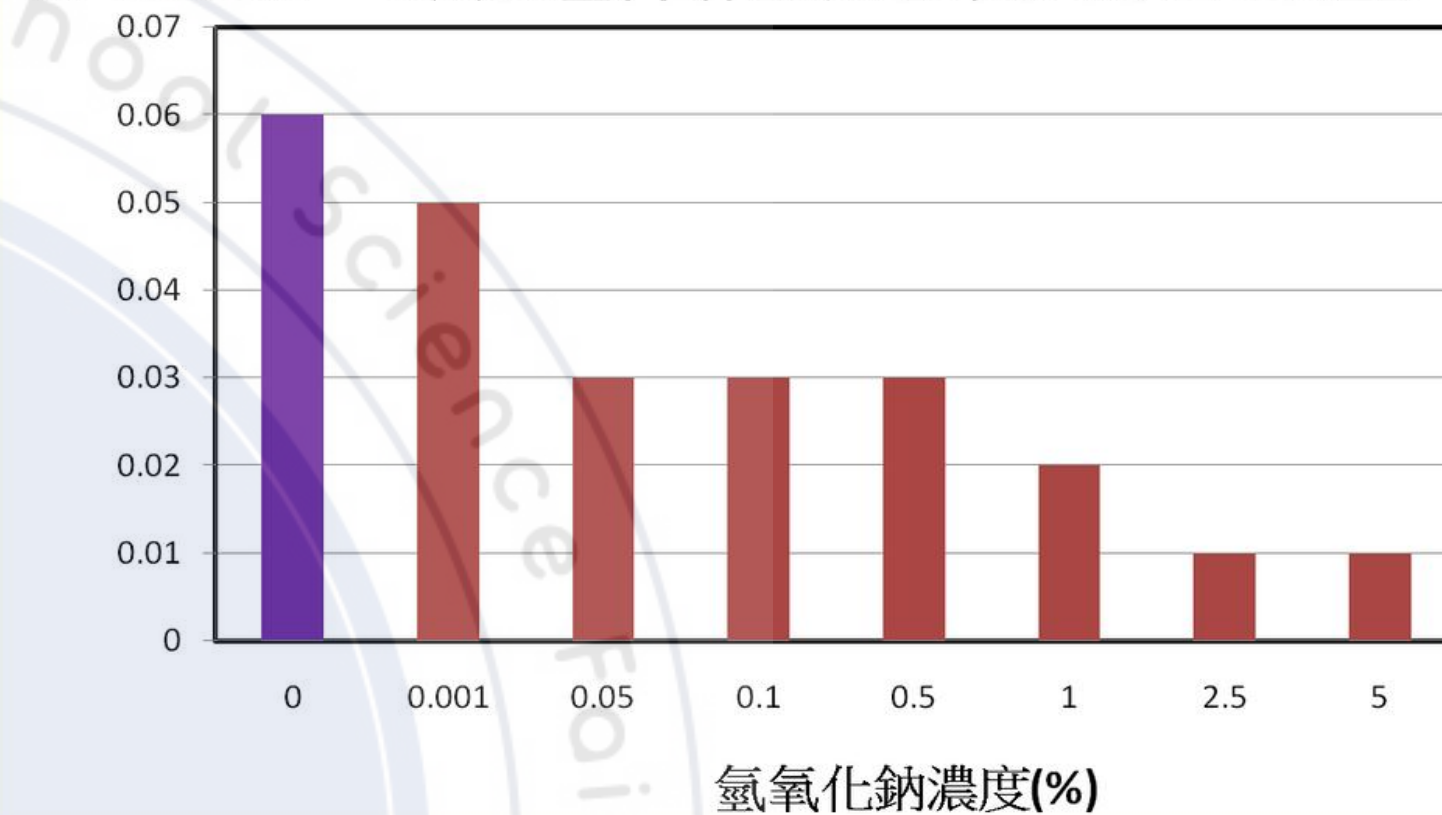
加研 入究 添結 加果 劑

添加氫氧化鈉

少 → 多

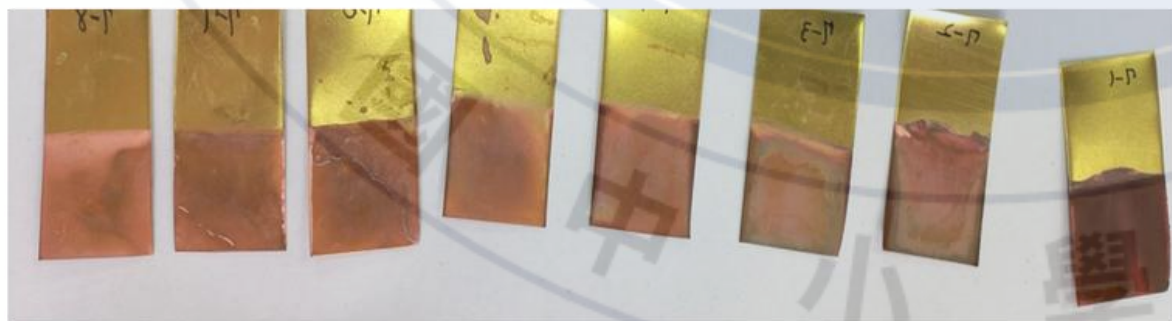


鍍上的銅重(g) 添加氫氧化鈉溶液與鍍上銅重

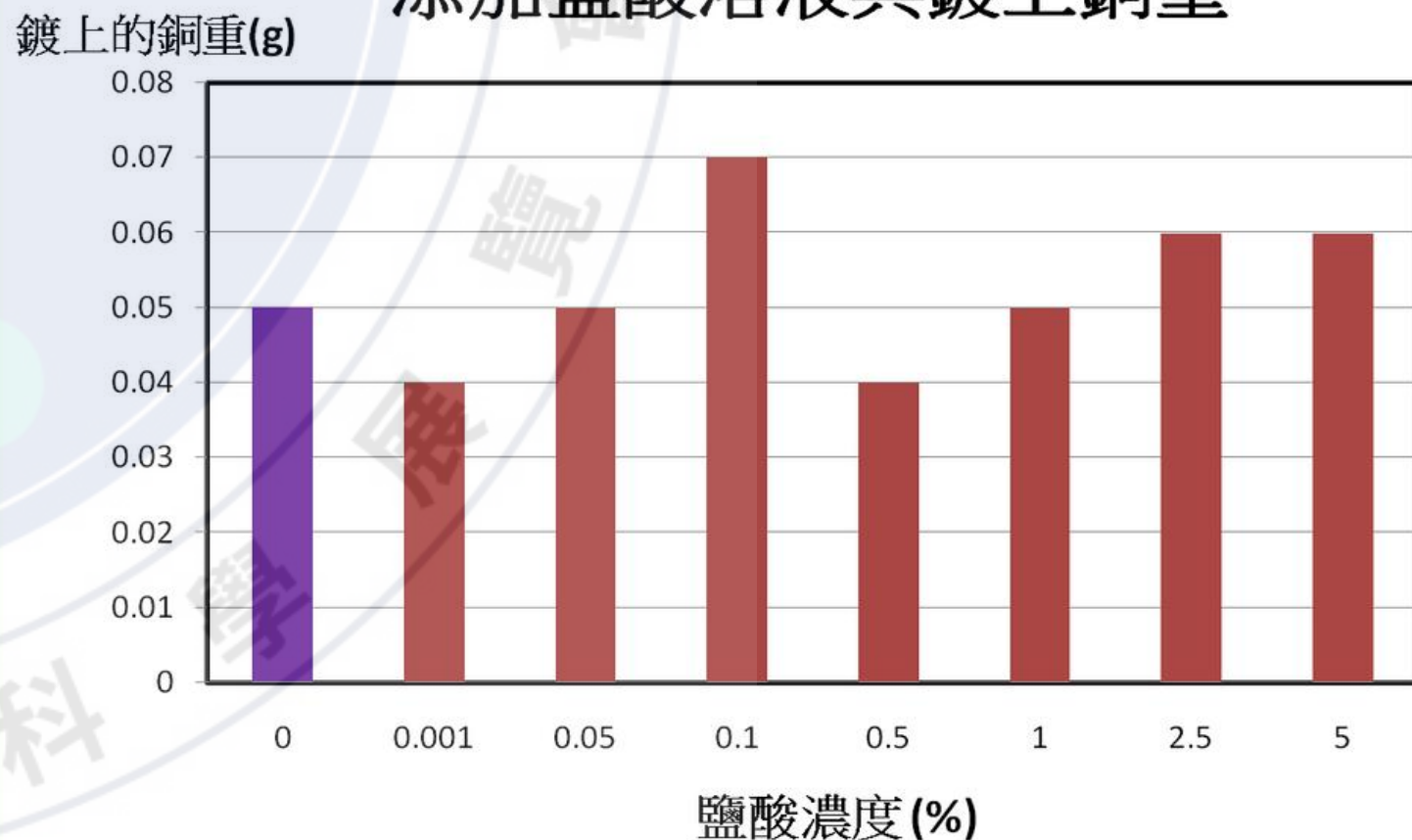


添加鹽酸

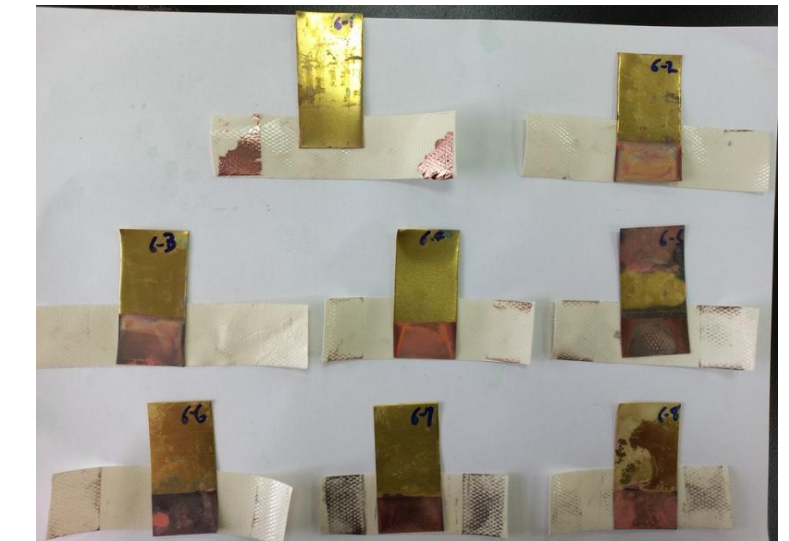
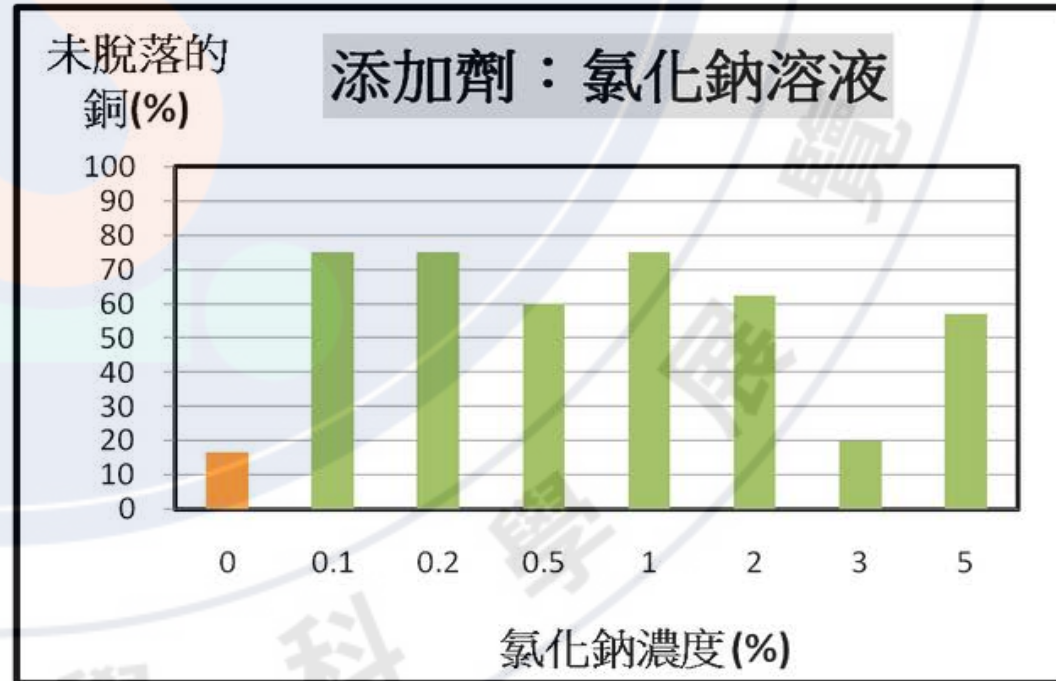
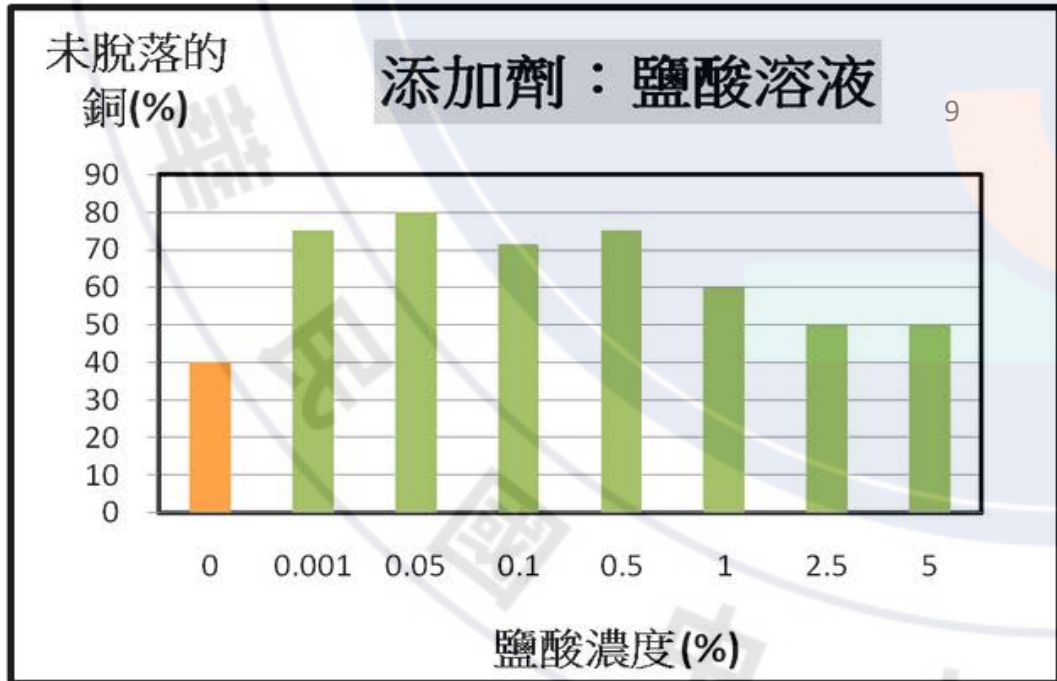
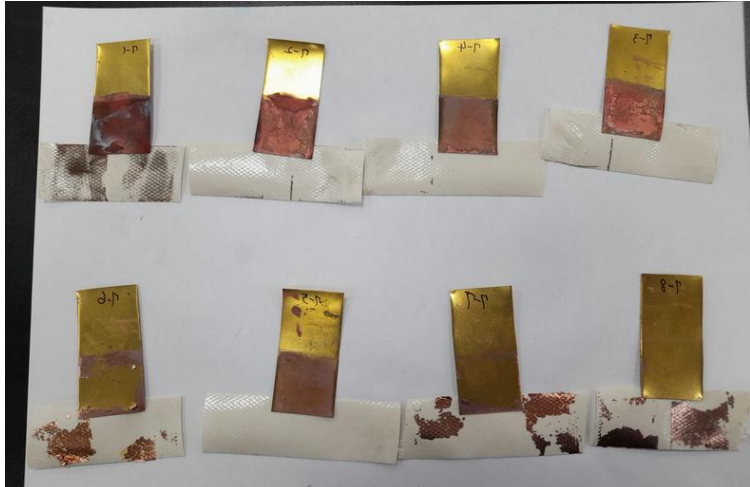
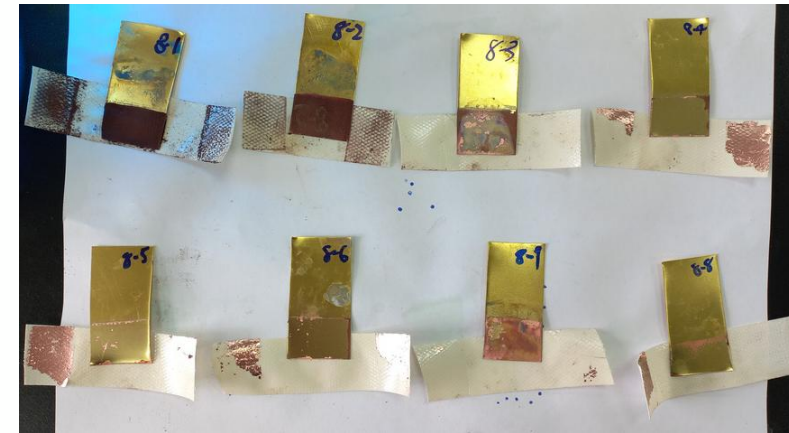
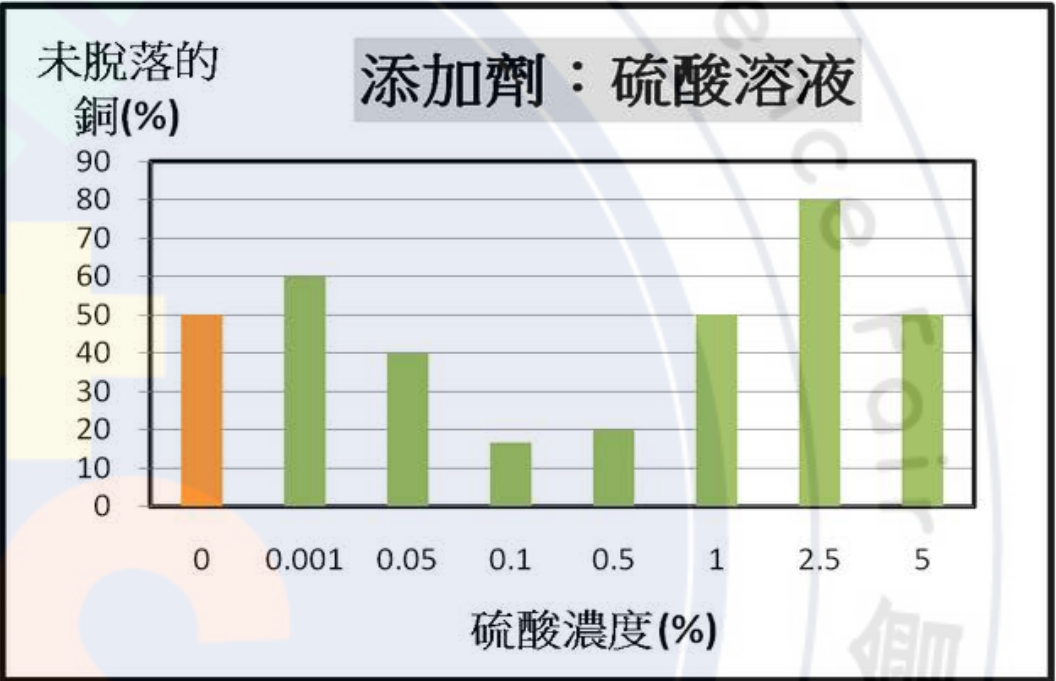
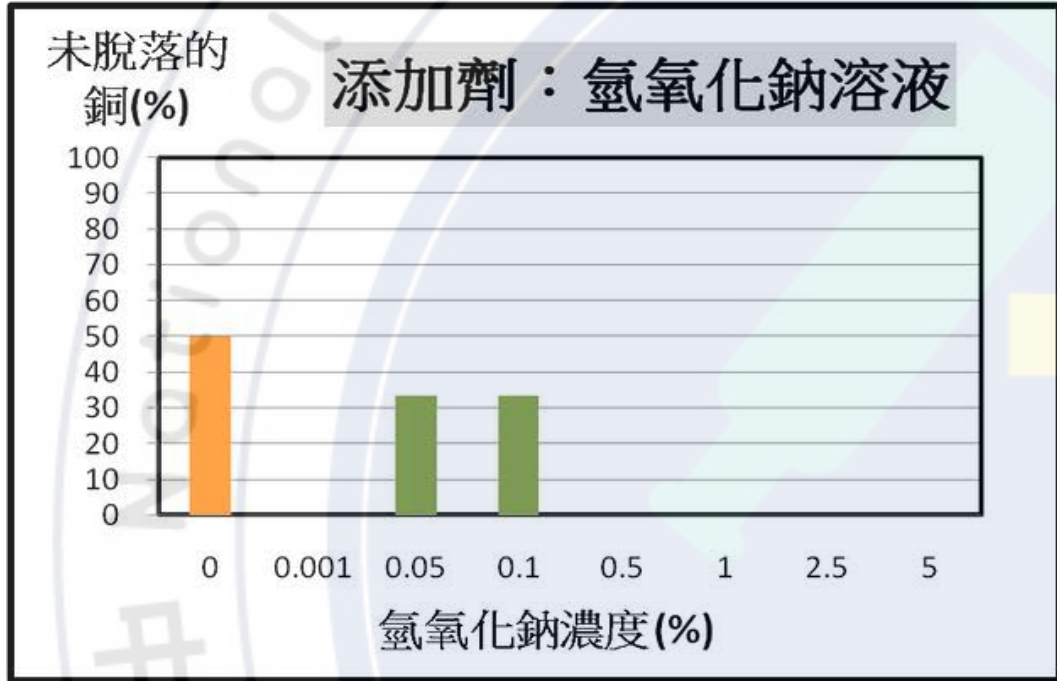
少 → 多



鍍上的銅重(g) 添加鹽酸溶液與鍍上銅重



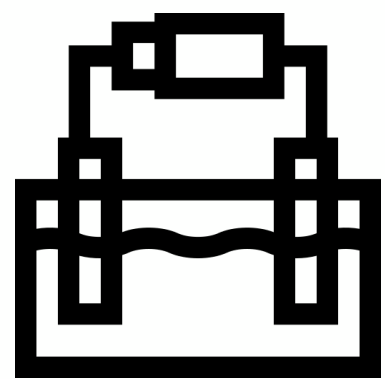
附著力測試研究結果



電鍍後銅片研究結果

| 實驗結果 | 光澤 | 型態 | 顏色 | 滴加鹽酸的結果 |
|---|----|------------------|----|--|
|  | 有 | 片狀 | 紅棕 | 無明顯反應  |
|  | 無 | 粉狀 ¹⁰ | 暗紅 | 產生白色 氯化亞銅  |
|  | 有 | 粉狀 | 深棕 | 產生綠色 氯化銅  |

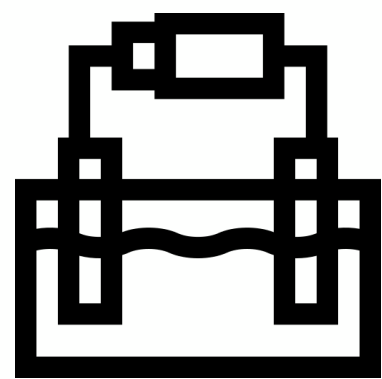
研究結論



- 一. 電極距離越近可鍍上的銅越多，但產生黑色氧化銅越多。
- 二. 電壓越大可鍍上的銅越多，但是電壓過大會產生氣體使電鍍面粗糙且生成黑色氧化銅。
- 三. 硫酸銅溶液濃度在10%時可鍍上的銅最多，濃度過大時容易形成黑色氧化銅且鍍上的銅變少。
- 四. 電鍍的時間越久可以鍍的銅越多，但是超過15分鐘會使電鍍表面產生不均勻的現象
- 五. 添加含氯離子的氯化鈉與鹽酸不會增加鍍上的銅重，但是會使銅的附著力變好。



研究結論



六. 添加氫氧化鈉溶液會產生氫氧化銅沉澱，降低電鍍銅的效率與品質，所以電鍍銅不適合在鹼性溶液裡進行。

七. 添加低濃度硫酸時會使電鍍出具有光澤的銅，但是濃度過高會因為產生氫氣降低電鍍銅的效率與品質。

八. 將三種型態的電鍍銅經鹽酸測試後，確認具有光澤者為金屬銅、暗紅色銅為氧化亞銅、黑色銅為氧化銅。

九. 未來還可繼續研究的方向為：

1. 電鍍其他金屬的研究
2. 其他添加劑對電鍍銅的影響
3. 添加劑的添加順序對電鍍銅的影響

