臺灣化學教育

大型印台和銅板電化學蝕刻製作

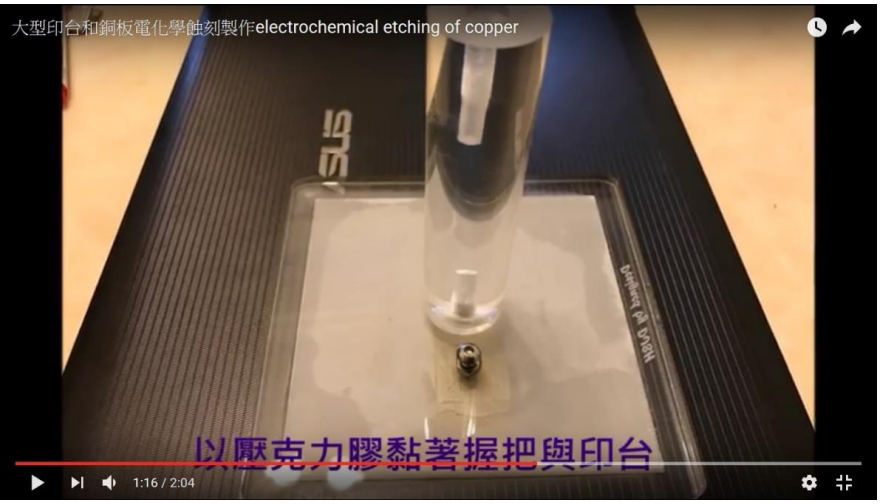
廖旭茂

台中市立大甲高中

nacl880626@hotmail.com

■ 影片觀賞

本實驗影片由大甲高中提供。



影片網址：https://youtu.be/550XCWugER8, YouTube.

■ 簡介

利用電解蝕刻法(Electrolytic Etching)，，在外通直流電下，讓不易氧化的金屬或合金在電解質溶液中氧化，溶解，進而使金屬表面出現具有凹凸對比的立體圖案。目前也有幾種微型的電解蝕刻教具，應用在中學的教學上，而廣受歡迎[1][2]。

「所有的 IDEA 都是來自需求」，筆者任教的學校去年完成了一座大型的戶外裝置藝術_搖滾巴克球 2.0，為了在不鏽鋼底座烙印紀念 logo 字樣，原打算使用金屬雷射來雕刻，惟量體過大，特殊加工價格過高，遂打消了原有的方案。後來想到電解蝕刻法，原有的可攜式的微型蝕刻工具顯然派不上用場，於是開始著手大型蝕刻印台的開發，歷經數月才完成。下圖 1、2 搖滾巴克球外觀與 logo 蝕刻過程。

圖 1 搖滾巴克球裝置藝術外觀

圖 2 電化學蝕刻過程

大型的電解蝕刻，除可在銅或合金上進行藝術創作外，亦可設計為特色選修課程教學活動。學生可以事先以奇異筆在金屬板材勾勒出線條，再繪製圖案；或透過雷射印表機將選定的圖案印到光面紙上(如貼紙用的離型紙)，以電熨斗熱轉印到金屬板上；亦可以先設計好的文字或圖案的數位檔，利用割字機輸出卡典西得膠膜。最後將此金屬板置於沾濕電解液的不織布下，通入直流電，大型印台的導電平台與電源負極連接，未被碳粉或奇異筆墨遮蓋的部分(卡典西得上鏤空的部分)與直流電正極連接，鏤空部分隨即被氧化侵蝕凹陷，被遮蓋的部分，則維持不反應；電解蝕刻結束再將碳粉或筆墨清洗乾淨，完成蝕刻活動。

■ 藥品與器材

本實驗所需相關材料，如圖三所示。

1. 雷射切割機
2. 電鑽平台含 3.3 mm 鈷鋼鑽頭(不鏽鋼板導孔用)
3. 螺絲攻含 4 mm 鑽頭
4. 8 mm 壓克力板
5. 矽利康膠
6. Φ=4 mm (長 16 mm)不鏽鋼圓頭螺絲及螺母
7. 雙頭鱷魚夾電源線紅黑各一條
8. 厚 2 mm，長 10 cm×寬 10 cm 正方形不鏽鋼板（或黃銅板）一塊
9. 砂紙（400#）一張
10. 壓克力膠一罐
11. A4 離型紙(熱轉印用)一張

■ 實驗步驟

一、大型蝕刻印台的製作

1. 在繪圖軟體 Illustrator 繪製蝕刻壓克力平台，中間為定位孔 (亦可為壓克力平台握把固定孔)，中間偏右方的圓孔為圓頭螺絲導孔，綠色的部分為雷射雕刻處。下圖為印台的設計圖。

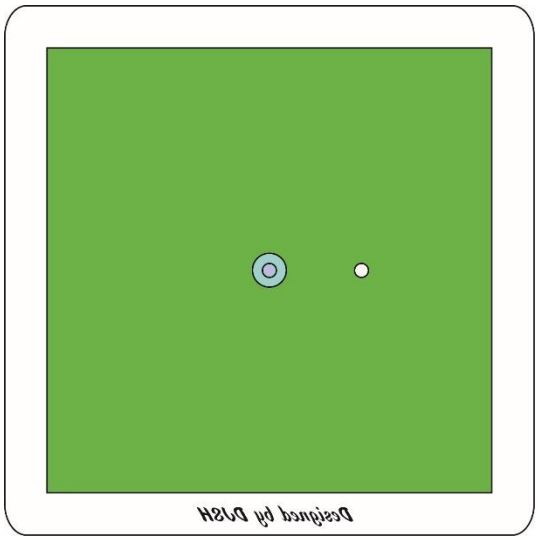


圖 3 Illustrator 軟體輸出的設計圖

2. 將 8 mm 厚的壓克力板，放置雷射切割機內，將原圖的檔案，匯入切割軟體 RDWORKS 內，完成切割功率與速度的設定，開始切割。下圖為雷射切割過程。

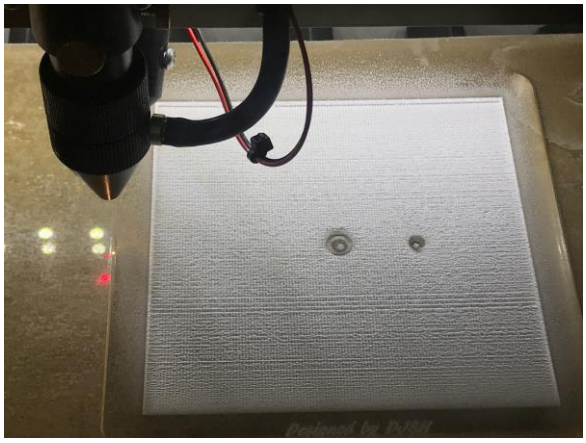


圖 4 雷射頭聚焦加熱切割壓克力板

3. 將一塊 10 cm×10 cm 大小的不鏽鋼板放在雷射雕刻過的方型區域，接著翻面跟壓克力板一起固定在電鑽平台上，最後以鈷鋼鑽頭，在中間偏右孔位鑽出一個直徑 3.3 mm 的圓孔。注意，為順利在金屬板上導孔，鑽銑過程必須添加金屬專用切削油。下圖為電鑽鑽孔過程。

圖 5 大型蝕刻印台電極螺絲孔的導孔

4. 將上述鑽完的壓克力板取下，小心清理金屬碎屑，再次將壓克力印台固定於桌面，以螺絲攻，鑽銑出 M4 大小的螺牙。

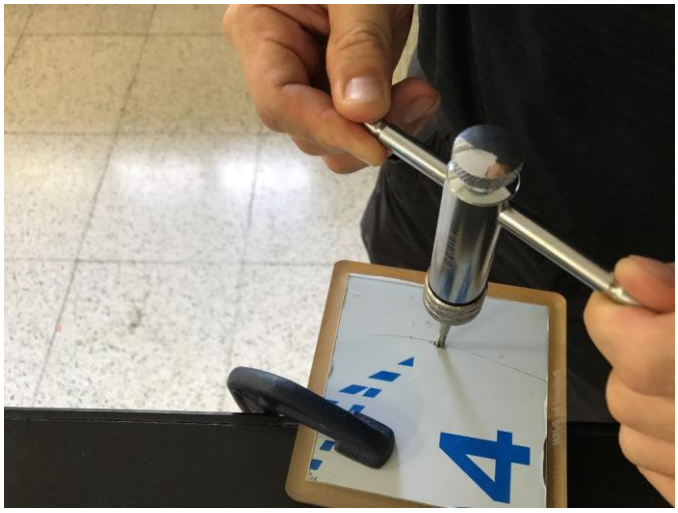


圖 6 螺牙鑽銑過程

5. 用清水將壓克板的雷雕區清洗擦乾，塗上矽利康膠，抹平、抹均勻後，再將不鏽鋼板置入雷雕區，稍加按壓後，平放在桌面。相關製作如下圖所示。

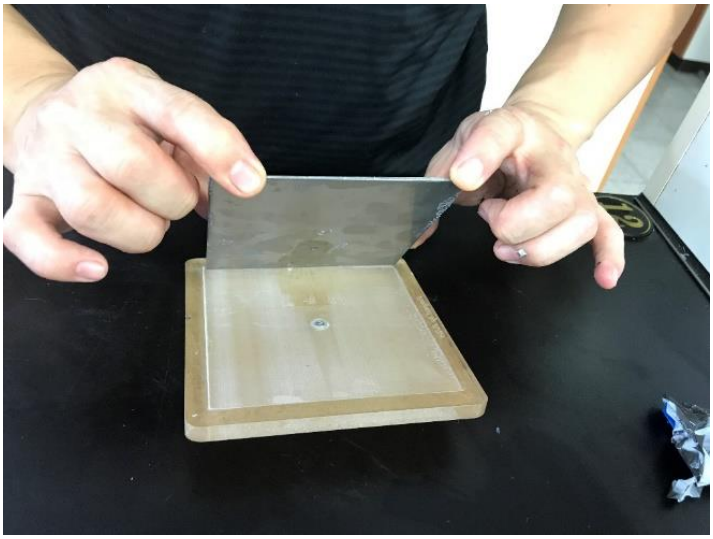


圖 7 壓克力板與不鏽鋼金屬板的黏著

6. 待矽利康膠乾後，取一圓頭螺絲從壓克力面鎖入，並以一螺母固定，做為連接電源的電極。注意螺絲穿越金屬板後，與板平面切齊，切勿突出板面。相關製作如下

圖所示。

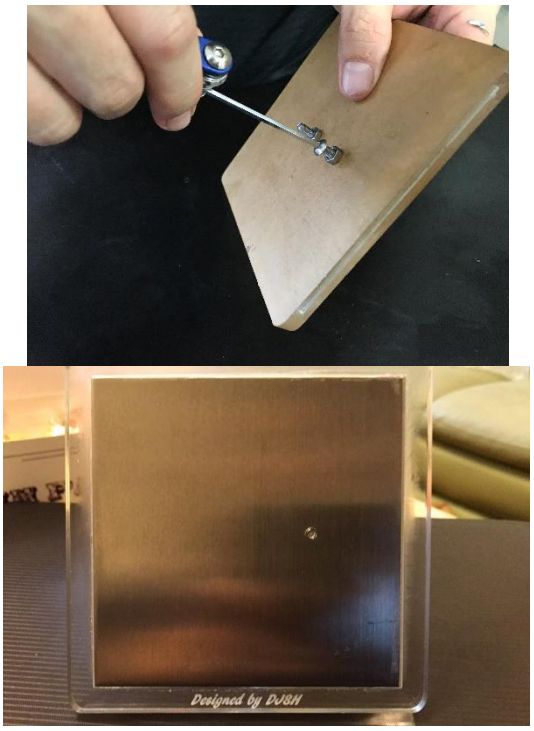


圖 8 電極螺絲的固定圖

7. 為簡化工序，可直接在中間定位孔上方，以壓克力膠黏著一支直徑 2.5 cm，長 10 cm 的壓克力圓柱作為印台的握把。亦可從壓克力板後方鎖入一根螺絲，連結壓克力圓棒(壓克力板及圓棒皆需事先鑽銑出適當大小的螺絲孔)。下圖為完成的大型電解蝕刻印台。

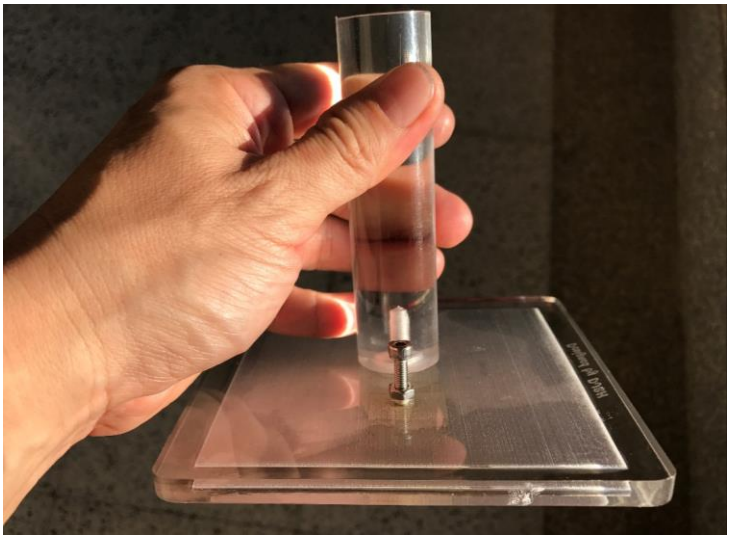


圖 9 組裝完成的蝕刻印台

二、圖騰轉印的製作

蝕刻的圖騰可以割字機輸出事先設計好圖案的卡典西得膠膜，亦可以用參考電路板熱轉印的方式製作方式蝕刻圖騰[3]，其做法如下所示：

1. 以影像軟體 Photoshop 開啟一張事先下載的黑白圖片，經轉換為負片模式後，存檔。雷射印表機紙匣中，置入 A4 離型紙，印出適當大小的圖案。

2. 取一片預先以酒精擦拭光亮的銅板，將離型紙的印刷面放置其上，打開電熨斗，加熱離型紙約 2~5 分鐘後，掀開紙片的一個角落，看看轉印的結果。若尚未完全轉印，可持續加熱一兩分鐘，或以油性奇異筆描繪缺陷處。下圖為影像熱轉印置銅板的結果。

臺灣化學教育

圖 10 圖案轉印有些需碳粉殘留在離型紙上

3. 將鉛蓄電池的負極 (黑線導線) 以電源線鱷魚夾與大型蝕刻印台的圓形電極螺絲連接，電源的正極 (紅線導線) 以銅片的轉印面朝上，上方放一片事先沾滿硫酸鈉溶液的擦拭不織布，手握圓棒，將大型蝕刻印台放在不織布上，電源的正極(紅線) 以鱷魚夾夾住金屬片。電解蝕刻時間 1 分鐘，仔細觀測電解過程中棉布上所發生的變化。

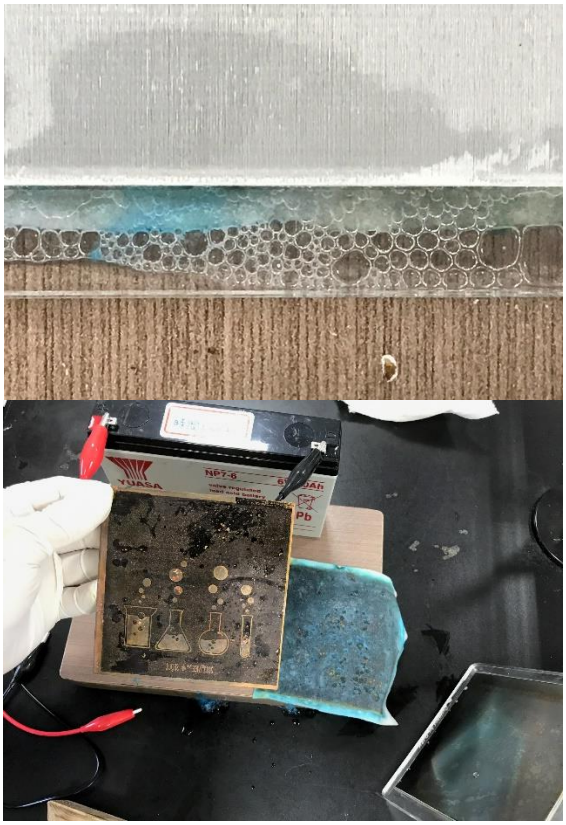


圖 11 在電化學蝕刻中，棉布上出現泡泡，應為氫氣。

4. 移去電源，以鑷子夾起棉布，上殘留藍色及棕色的字跡。以乾棉布輕拭金屬片表面，接著用丙酮擦拭轉印的碳粉。以乾棉布沾少許研磨劑，沿同一方向推拭至金屬表面光亮即可。下圖 12 為蝕刻完成圖。

臺灣化學教育

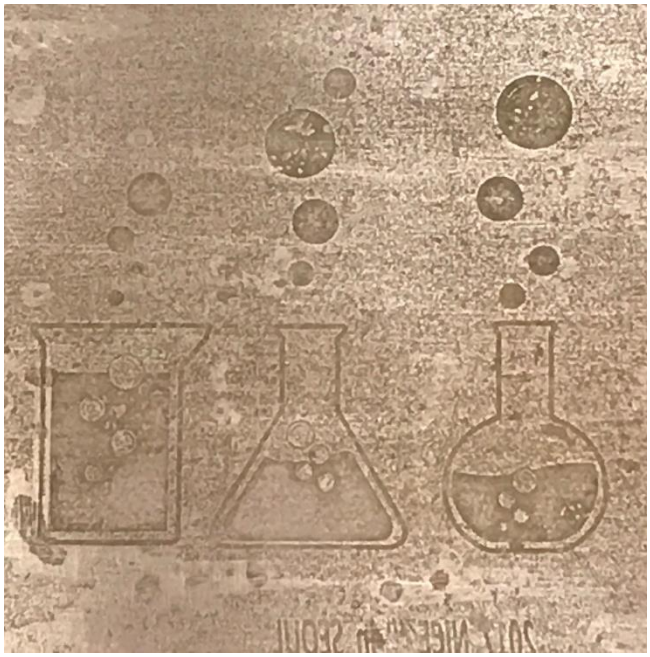


圖 12 銅板蝕刻圖

■ 原理與概念

本實驗係利用電化學電解原理，使用一個自製的蝕刻印台，在一塊事先貼好膠膜的金屬表面上，隔著以鹽水沾濕的棉布，數分鐘內隨即完成電化學蝕刻實驗。若蝕刻的金屬為銅片，則其兩極的反應，如式[1]和[2]所示：

陰極(負極)(-): $2H_2O(l) + 2e^- \rightarrow H_2(g) + 2OH^-(aq)$ [1]

陽極(正極)(+): $Cu(s) \rightarrow Cu^{2+}(aq) + 2e^-$ [1]

全反應：$2H_2O(l) + Cu(s) \rightarrow H_2(g) + 2OH^-(aq) + Cu^{2+}(aq)$ [3]

$2H_2O(l) + Cu(s) \rightarrow H_2(g) + Cu(OH)_2(s)$ [4]

在電化學蝕刻後移去電源，以鑷子夾起棉布，上殘留藍色及棕色的字跡，研判應為陰極(負極)生成的氫氧根離子與銅等金屬離子生成氫氧化物的沉澱，其反應如式[4]所示。

■ 安全注意及廢棄物處理

- 本實驗使用完畢的化妝棉，因沾有少許重金屬，請依實驗室廢棄物規定，統一回收處理。

■ 參考資料

1. Ectchi，http://en.wikipedia.org/wiki/Etching.
2. 廖旭茂，家庭化學實驗：行動電化學蝕刻。科學研習月刊，2013，卷 52，期 11，頁 16~19。
3. Robert Suen，碳粉熱轉印法 (Toner Transfer) 製作 PCB 製作方法介紹及能力測試(2009)。106 年 6 月 10 日參考：http://www.qsl.net/bv3fg/tech/TTPCB.htm