

國中教案格式

教案名稱：造型電路板

教學設計：呂紹川，田智婷

情境說明：

生活中的各個電子產品或零件，都是透過電線連接，為了簡化製作，減少電子零件間的配線，降低製作成本等因素，工程師開始鑽研以印刷的方式取代配線的方法。隨著科技的進步，基板材料及銅箔貼合的品質改善，印刷電路板的出現，大幅的改變了我們的生活。

印刷電路板的製作，是以「減去法」加工，亦即以蝕刻或切削的方式製做，這樣的加工方式，除了製作電子電路外，還可以做什麼？或者，除了傳統的直線，電路配線有沒有別的形狀？PCB art 就是其中一例，利用電路蝕刻的方式，結合美術造型，製作簡單的作品。

而隨著環境意識抬頭，加工過程的蝕刻廢液回收，也是一個值得探討的問題，台灣是PCB生產的大國，重金屬污染也是國人面臨的挑戰，如何在產業發展和環境保護上取得平衡，是值得融入討論的議題。

（一）教案概述

科目/領域別	生活科技/科技領域	專題名稱	造型電路板
教學對象	8 年級	教學時數	共 6 節， 270 分鐘
教學設備	單面鋪銅板 手線鋸，線鋸機 砂紙#400，砂磨機 氯化鐵、塑膠盆 其他：硫磺粉、電烙鐵、錫		
專題摘要	透過對電路板的加工，讓學生學習不同材料(電木、銅)的處理方式，以電路蝕刻及外形鋸切，做出不同造型及圖案。 延伸活動為表面加工，利用硫磺，對電路圖案進行硫化；或搭配簡單的電路設計，接上 LED 燈，製成個性化飾品。		
學習目標	1. 能認識電路板發展過程，對科技發展的影響 2. 能正確操作工具，對銅及電木板加工及表面處理 3. 能運用合適的設計流程，依序正確操作加工機		

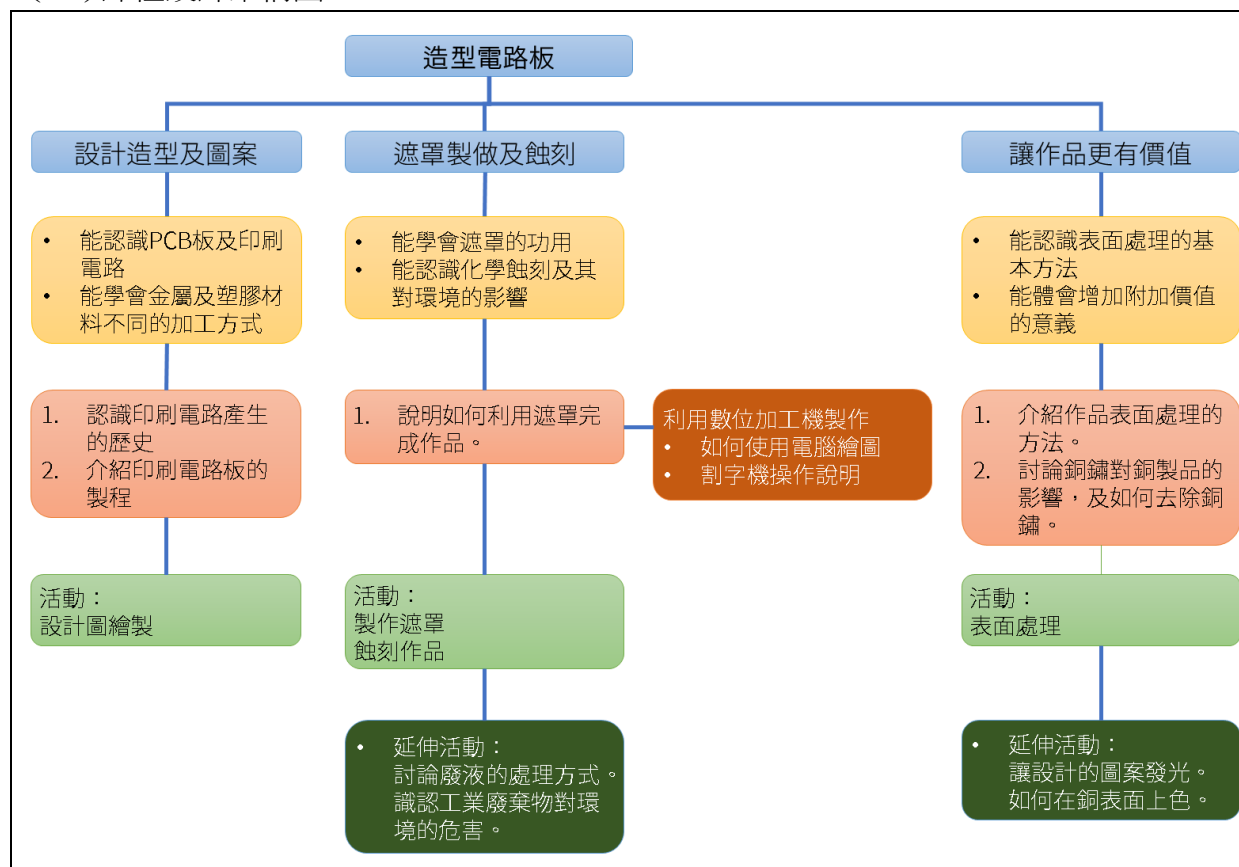
	4. 能了解科技如何解決問題，探討加工過程對環境的影響	
先備知識	學生認識基本電路的連接	
議題融入	議題主題	永續發展
	實質內涵	環 J4 了解永續發展的意義（環境、社會、與經濟的均衡發展）與原則。
與課程綱要的對應	核心素養	科-J-A2 具備理解情境與獨立思考的能力，並運用適當科技工具與策略，處理與解決生活問題與生命議題。 科-J-C1 具備正確的科技態度並遵守科技相關法律，且能利用科技主動關懷人文、科技、生態、與生命倫理議題
	學習表現	生 k-IV-3 能了解選用適當材料及正確工具的基本知識。 生 c-IV-1 能運用設計流程，實際設計並製作科技產品以解決問題。
	學習內容	生 P-IV-5 材料選用與加工處理(如木材、塑膠、複合材料、電子元件、金屬) 生 P-IV-6 常用機具操作與使用(如鋸切、砂磨、鑽孔、組裝) 生 S-IV-2 科技對社會與環境的影響

(二)評量方式

單元	以學習表現作為評量標準	對應之學習內容類別	具體評量方式
單元 1	生 k-IV-3 能了解選用適當材料及正確工具的基本知識。	生 P-IV-5 材料選用與加工處理(如木材、塑膠、複合材料、電子元件、金屬)	<ul style="list-style-type: none"> ● 能依教師提問，援引生活經驗回答 ● 能依要求繪製作品設計圖 ● 能主動參與討論，回電路板材料相關問題
單元 2	生 k-IV-3 能了解選用適當材料及正確工具的基本知識。	生 S-IV-2 科技對社會與環境的影響	<ul style="list-style-type: none"> ● 能依要求製作遮罩 ● 能觀察蝕刻過程，回答學習單問題 ● 能注意操作安全，穿戴安全裝備 ● 能參與討論，對環境影響提出看法
單元 3	生 c-IV-1 能運用設計流程，實際設計並製作科技產品以解決問題。	生 P-IV-6 常用機具操作與使用(如鋸切、砂磨、鑽孔、組裝)	<ul style="list-style-type: none"> ● 能正確操作機具，完成作品外型加工 ● 能正確選用砂紙進行表面處理 ● 能主動進行科技探究活動，探討增加附加價值的做法

(三)

(四)課程設計架構圖



(五)教學活動步驟





設計造型及圖案			
活動簡述	透過 PCB 板的特性，讓學生認識印刷電路產生的歷史，並介紹印刷電路板的製程，及在現代電子產品中扮演的角色。	時間	共 <u>2</u> 節， <u>45</u> 分鐘
學習表現	生 k-IV-3 能了解選用適當材料及正確工具的基本知識。	學習目標	<ul style="list-style-type: none">● 能認識 PCB 板及印刷電路● 能學會金屬及塑膠材料不同的加工方式
學習內容	生 P-IV-5 材料選用與加工處理(如木材、塑膠、複合材料、電子元件、金屬)		
教學活動(名稱)	活動內容 (須標註活動時間)		備註 (請說明評量方式並附上教學示例圖)
認識印刷電路	利用投影片說明印刷電路發明前的電路形式，及對現代生活的影響。(10 分鐘)		教師提問 Ex; <ul style="list-style-type: none">● 那裡可以看到電路板?● 電路板和麵包板

		<p>有什麼不同?</p> <p>• 印刷電路板、印刷電路板、印刷電路板、印刷電路板 (Printed Circuit Board, PCB)</p> <p>• 印刷電路板、印刷電路板、印刷電路板、印刷電路板 (Printed Circuit Board, PCB)</p> 
作品範例參考	<p>以範例作品說明本次活動所要做的產品，並說明其加工的方式。(10 分鐘)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 膠帶法(本次活動使用) ● 熱轉印法 	
設計你的圖案	<p>說明製作重點(10 分鐘)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 只能有黑白兩色 ● 黑白要分明，才看得到線條 ● 線條如果太細，要合用適的方法加工 <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-end;"> <div style="text-align: center;">  <p>標準作品 黑白相間</p> <p>✓</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>不能有灰階</p> <p>✗</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>黑色相連，會失去線條</p> <p>✗</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>太細的線條</p> <p>✗</p> </div> </div> <p>陰刻和陽刻的差別(10 分鐘)</p> <div style="display: flex; justify-content: center; align-items: center;">   <div style="margin-left: 10px;"> <p>陰刻 陽刻</p> </div> </div> <p>找資料及繪製圖案，草稿需和老師討論是否可行(15 分鐘)</p>	
設計圖稿繪製	<p>活動使用之鋪銅板為標準 10cm X 20cm 對半大小，需要求學生圖稿繪製範圍(35 分鐘)</p>	<p>評量方式(學習單 1)</p> <p>線稿是否為黑白兩色?</p> <p>是否黑白相間?</p>

遮罩製做及蝕刻			
活動簡述	<p>說明蝕刻加工的方式，並說明如何利用遮罩完成作品。同時介紹印刷電路板如何應用照像製版的方式，完成電路。</p> <p>討論廢液的處理方式，並讓學生識認工業廢棄物對環境的危害。</p>	時間	共 <u>2</u> 節， <u>90</u> 分鐘
學習表現	<p>生 k-IV-3 能了解選用適當材料及正確工具的基本知識。</p>	學習	<ul style="list-style-type: none"> ● 能學會遮罩的功用

學習內容	生 S-IV-2 科技對社會與環境的影響	目標	● 能認識化學蝕刻及其對環境的影響
教學活動(名稱)	活動內容 (須標註活動時間)	備註 (請說明評量方式並附上教學示例圖)	
遮罩製作說明	介紹遮罩的目的及製作方式(15 分鐘)		
製作時間	利用膠帶法製作遮罩。 1. 貼膠帶(不可有氣泡) 2. 將設計圖畫到膠帶上 3. 用美工刀將要蝕刻的部份鏤空 (45 分鐘)	遮罩製作	
討論蝕刻過程	介紹化學蝕刻的方法，及對環境的影響。 (15 分鐘) 觀察 PCB 板放到氯化鐵溶液中，並觀察變化。(10 分鐘) 說明蝕刻完後需洗淨，及相關工作(10 分鐘)	學習單 1 教師提問(配合投影片)	

讓作品更有價值				
活動簡述	以增加作品附加價值為目的，介紹作品表面處理的方法。討論銅鏽對銅製品的影響，及如何去除銅鏽。 延伸活動：請學生找基本電路資料，將所設計的圖案讓 LED 發光。		時間	共 <u>2</u> 節， <u>90</u> 分鐘
學習表現	生 c-IV-1 能運用設計流程，實際設計並製作科技產品以解決問題。		學習目標	能認識表面處理的基本方法 能體會增加附加價值的意義
學習內容	生 P-IV-6 常用機具操作與使用(如鋸切、砂磨、鑽孔、組裝)			
教學活動(名稱)		活動內容 (須標註活動時間)		備註 (請說明評量方式並附上教學示例圖)

外型鋸切	<p>利用線鋸機鋸切外形。(30 分鐘)</p> <p>邊緣修整(15 分鐘)</p>	<p>實作評量</p> 
表面處理	<p>請同學觀察作品放置一週後，表面產生的變化(10 分鐘)</p> <p>說明銅鏽的處理方法。(15 分鐘)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 使用水砂紙及使用說明。 ● 使用銅油。 <p>討論防鏽的方法。(10 分鐘)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 塗透明漆或透明指甲油。 ● 表面硫化。 	<p>是否能進行</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 用不同號數砂紙砂磨作品 2. 使用銅油   <p>3. 學習單 2</p>
如何讓作品更有價值	<p>引導學生從範例中觀察其他作品。</p> <p>引導學生以” smd led”、”發光電路”為關鍵字，蒐集讓電路發光的資料。並鼓勵學生試著製做，有問題來問老師。(10 分鐘)</p>	<p>1. 是否能深入探討其他增加附加價值的方式?</p>  <p>2. 學習單 2</p>

(六)教學回饋、參考資料

教學回饋與參考資料	
教學成果與回饋	<p>請註記本活動執行的成果及教學可能遇到的狀況、提醒教師的注意事項…例如：</p> <p>教具使用、動手做活動的安全注意事項等等。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 使用美工刀，需注意安全，並在切割墊上工作。 2. 圖案若是相連，可割完再貼到 PCB 板上；若是有相對位置，建議先貼在 PCB 板上再刻。 3. 使用氯化鐵後，作品要洗淨，並避免滴到地板上。 4. 應先蝕刻後，再鋸外形，木工鋸條若鋸到銅，會很快磨損。
參考資料（若有請列出）	<p>請詳列教案中運用的所有參考資料來源</p> <p>當藝術遇見化學：用化學蝕刻製作銅板作品 http://chemed.chemistry.org.tw/?p=26185</p> <p>The Turbo Badge PCB Design Experience in KiCad https://blog.digilentinc.com/the-turbo-badge-pcb-design-experience-in-kicad/</p> <p>PCB Making Guide https://www.instructables.com/PCB-making-guide/</p> <p>DIY Customized Circuit Board (PCB Making) https://www.instructables.com/Making-A-Customized-Circuit-Board-Made-Easy/</p>

(七)附錄

請附上如**教學活動簡報檔案**、**實作活動過程的照片**、**學生的作品**及**探究過程的文書資料**及**評量工具**（如活動單、學習單、作品檢核表…等等）

造型電路板

※ 參考

什麼是電路板 (PCB)

- 印刷電路板，又稱印製電路板，印刷線路板，常用英文縮寫 PCB (Printed circuit board)
- 在印製電路板出現之前，電子元件之間的互連都是依靠電線直接連接面組成完整的線路。現在，電路**麵包板**只是作為有效的實驗工具而存在



電木板

- 基材普遍是以基板的絕緣及強化部分作分類，常見的原料為電木板、玻璃纖維板，以及各式的塑膠板。
- 電木是塑料中第一個投入工業生產的品種，電木的化學名稱叫酚醛塑料，它具有較高的機械強度、良好的絕緣性，耐熱、耐腐蝕，因此常用於製造電器材料，如開關、燈頭、耳機、電話機殼、儀表殼等，「電木」由此而得名。



玻璃纖維板

- 玻璃纖維板的主要材料是玻璃纖維和高耐熱性的複合材料，這兩種材料都不含任何有毒害物質，所以玻璃纖維板是環保安全的。它經過複雜加工之後，獲得了很高的機械性能，具有很好的加工性，可以做成各種模具。同時具有耐熱、耐潮、保溫隔熱等優點。



金屬部份

- 金屬塗層除了有基板上的配線外，也可以是基板線路跟電子元件連接的地方。此外，由於不同的金屬價格不同，因此直接影響生產的成本。另外，每種金屬的可焊性、接觸性、電阻阻值等不同，這也會直接影響元件的效能。
- 常用的金屬塗層有：
銅
鎢
厚度通常在5至15 μm
1 $\mu\text{m}=10^{-6}\text{m}$ (1微米=10的負6次方公尺)

設計圖繪製

也可以做成這樣



設計範例



陰刻？陽刻？

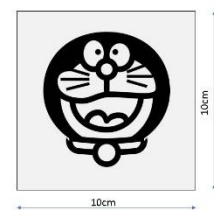


陰刻，是將圖案或文字刻成凹形。

陽刻，是將立體線條刻出。

設計圖要求

1. 設計圖大小約為10cm X 10cm。
2. 黑色部份為被蝕刻的地方。
3. 若做成陽刻要注意線條是否太細。
4. 外形不要太複雜，以免鐫切時頻頻斷線。



用膠帶做遮罩

1. 在銅片上貼上一層膠帶，有銅的部分需要貼到。(不可以有氣泡)
2. 用綠墨筆把要蝕刻的部分塗黑。
3. 用美工刀小心將要蝕刻的部分劃開，露出下方的銅片。(如右圖)



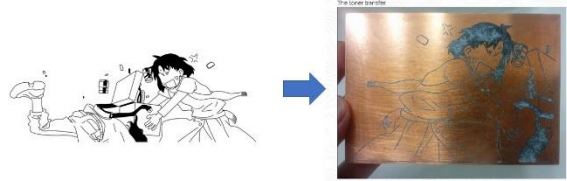
遮罩的製作

熱轉印法製遮罩



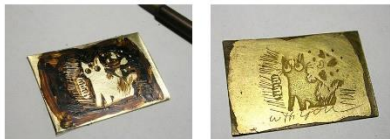
- 1.將圖案用「雷射印表機」或「影印機」輸出。(不可用噴墨印表機)
2.小心固定在銅片上。
- 3.用熨斗(調到最高溫)，在紙的背面加熱約1分鐘。
- 4.將作品放在水盆中浸泡至紙變軟。
- 5.小心將紙搓掉。

要怎麼做？



<http://www.jk-quantized.com/blog/2018/09/25/diy-pcb-etching/>

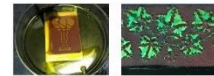
用油漆筆做遮罩



- 1.用奇異筆或油漆筆(不融於水)，直接在銅片上，把要蝕刻的部分塗黑。
- 2.沒有塗黑的部份就是被蝕刻的地方。

化學反應式

- 氯化鐵溶液的氯化，多用於銅、鋁合金的表面處理，尤其是電解板的蝕刻。具有反應溫和，不產生氣泡的優點。若使用其他方法而快速產生氫氣，則會剝離圖案邊緣，滲入保護中的金屬層，進而降低表面蝕刻的解析度。
- $\text{FeCl}_3(aq) + \text{Cu}(s) \rightarrow \text{FeCl}_2(aq) + \text{CuCl}_2(s)$ [1]
- $\text{FeCl}_3(aq) + \text{CuCl}_2(s) \rightarrow \text{FeCl}_2(aq) + \text{CuCl}_2(aq)$ [2]
- $\text{CuCl}_2(aq) + \text{Cu}(s) \rightarrow 2\text{CuCl}(aq)$ [3]



家樂網通集化學：用化學蝕刻製作銅箔作品
ckip11chemod.chemistry.org.tw/?p=26185

問題討論

- 廢液要怎麼處理？
- 廢液對環境的衝擊？



<https://www.youtube.com/watch?v=ldnswa0R5sk>

表面處理

砂紙

- 號數：指每一平方英寸的網目數，如#100砂紙就是在1"×1"的面積裡，分佈了100×100粒研磨顆粒。



銅油

- 銅油其實只是透明潤滑油加上小顆粒的研磨劑在裡面，其清潔銅表面的原理，其實只是單純的打磨，類似用砂紙打磨表面。



透明指甲油 or 透明漆



透明指甲油



透明漆



模型噴漆

問題討論

- 還有什麼方法可以增加作品的價值？



加LED



上色

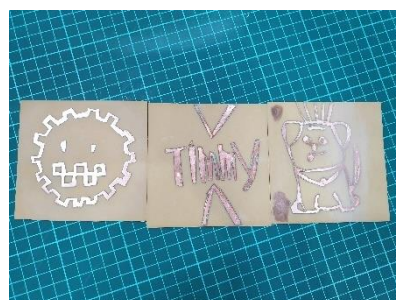


敷成飾品

學生活動紀錄

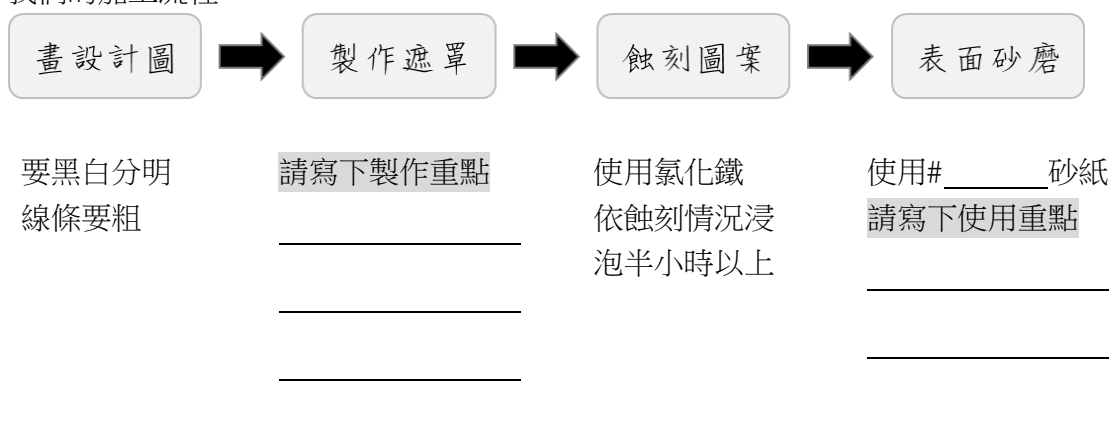


學生作品示例

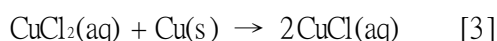


班級： 座號： 姓名：

1. 我們的加工流程



2. 氯化鐵是中度的氧化劑，多用於銅、鎳金屬的表面處理，尤其是电路板的蝕刻，具有反應溫和，不產生氣泡的優點。蝕刻法可能涉及三個反應，如式[1]、[2]和[3]所示



請說明不小心碰到氯化鐵水溶液怎麼辦?

3. 廢液需要回收，不可倒在水槽或馬桶。如果是家庭實驗，含鐵離子與銅離子的酸性腐蝕液，可使用洗滌鹼（碳酸鈉）中和，產生氫氧化銅或氫氧化亞鐵難溶於水的沉澱物。接著用咖啡濾紙過濾、乾燥後丟棄。而濾液可以到入水槽。

4. 請將你畫的設計圖，畫或貼在下方

5.

班級： 座號： 姓名：

外形的切割，需要使用不同的鋸條，請你說一說木工鋸條和金工鋸條最大的不同在那裡?如果用木工鋸條鋸銅，會有什麼後果?

Ex; 金工鋸條較細，鋸齒較細
如果用木工鋸條，很快會被銅磨掉

作品飾刻完後，銅與空氣中的氧氣、二氧化碳和水等物質反應產生的一種翠綠色物質，俗稱為「銅鏽」(銅綠或者銅青)。其化學公式為 $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$ (碱式碳酸銅)。不同環境下會形成各式各樣的 $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$ 晶體，使得器物表面呈現出不一樣的銅鏽。

原文網址：<https://kknews.cc/collect/8x8m2vl.html>

為了消除銅鏽，我們有那些加工的方法?(至少寫出 1 種方式)

Ex; 使用砂紙、銅油

我們使用#400 號砂紙來處理 PCB 板表面蝕刻後的銅，請你說一說#400 是什麼意思?為什麼使用砂紙時，要加水，或在流動的水中使用?

Ex; #400 表示在 1 平方英寸裡的砂磨料的數量，數字愈高，磨料愈多，所以愈細
加水可以帶走磨掉的屑，保持砂磨能力

为了不使處理過的銅再生鏽，我們可以怎麼做?(至少寫出 1 種方式)

Ex; 上一層亮光漆

蝕刻後的廢液如果量少，或難以回收時，我們可以怎麼做?

Ex; 靜置室水份蒸發再丟棄

為了讓作品可以更精美，你做了那些加工處理?以得到更佳的效果

Ex; 上色、加 LED、外型加工

個人作品檢核表

完成日期

1. 我完成了作品設計圖					
黑白分明	<input type="checkbox"/> 完成	<input type="checkbox"/> 部份完成	<input type="checkbox"/> 未完成	月	日
沒有太細的線條	<input type="checkbox"/> 完成	<input type="checkbox"/> 部份完成	<input type="checkbox"/> 未完成	月	日
2. 我完成了遮罩					
膠帶貼上後沒有氣泡	<input type="checkbox"/> 完成	<input type="checkbox"/> 部份完成	<input type="checkbox"/> 未完成	月	日
要蝕刻的部份塗黑	<input type="checkbox"/> 完成	<input type="checkbox"/> 部份完成	<input type="checkbox"/> 未完成	月	日
塗黑的部份鏤空	<input type="checkbox"/> 完成	<input type="checkbox"/> 部份完成	<input type="checkbox"/> 未完成	月	日
檢查鏤空後是否貼牢	<input type="checkbox"/> 完成	<input type="checkbox"/> 部份完成	<input type="checkbox"/> 未完成	月	日
3. 我完成了蝕刻過程					
鏤空處都蝕刻完成	<input type="checkbox"/> 完成	<input type="checkbox"/> 部份完成	<input type="checkbox"/> 未完成	月	日
4. 我完成了表面處理					
我用粗砂紙完成砂磨	<input type="checkbox"/> 完成	<input type="checkbox"/> 部份完成	<input type="checkbox"/> 未完成	月	日
我用細砂紙完成砂磨	<input type="checkbox"/> 完成	<input type="checkbox"/> 部份完成	<input type="checkbox"/> 未完成	月	日
我使用銅油擦亮	<input type="checkbox"/> 完成	<input type="checkbox"/> 部份完成	<input type="checkbox"/> 未完成	月	日
我有上保護漆	<input type="checkbox"/> 完成	<input type="checkbox"/> 部份完成	<input type="checkbox"/> 未完成	月	日

活動心得及反思

1. 我給我自己的作品_____分，原因是

2. 我覺得這份作品還有什麼地方值得改善

3. 活動感想
