

# 中華民國第 59 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

---

國中組 生活與應用科學(二)科

佳作

032919

如膠不如水-利用瞬間膠蒸氣製作疏水性表面

學校名稱：花蓮縣立國風國民中學

作者：  國二 葉映廷  國一 葉承昕	指導老師：  黃耀輝  林藝暉
---------------------------------	-----------------------------

關鍵詞：瞬間膠蒸鍍、蓮花效應、接觸角

## 摘要

以不同變因蒸鍍瞬間膠的樣品，粗糙表面，使水珠在物體表面上的接觸角變大，難以停留在樣品表面而不易溼潤表面，發現有疏水性的樣品蒸鍍後表面極少細毛產生，也具平行線條，若無疏水性表面，就以後製方式 (丙酮蒸氣、熱風吹拂)，讓其也具疏水功效。蒸鍍前先用熱水蒸過基板再進行蒸鍍瞬間膠，對基板表面疏水性提升最多。表面疏水性強的試管，在水面上移動速率增加 8-26%，投入水中後的速率比沒鍍的試管增加 23 %，若蒸鍍後因表面光滑以致沒有疏水性的樣品可經砂紙(100-240 號) 摩擦表面，因變得粗糙而呈現疏水性。

### 壹、研究動機

我們觀察到聚酯纖維抹布上水珠在滾動，這區域沒有濕掉，使用瞬間膠時，周圍會產生白化現象，也有部分的疏水效果，推論跟抹布一樣是具有一定粗糙度，表面跟蓮花和荷葉一樣有小突起，因此引發我們的好奇心，想要著手來做所謂的「疏水塗料」。



圖 1.水珠在抹布上的情形

### 貳、研究目的

- 一.利用蒸鍍的方式，使瞬間膠蒸氣附著在平面基板上，使基板產生疏水性，分為(一)萬用箱、(二)瓶蓋上。
- 二.同目的一.蒸鍍瞬間膠蒸氣在塑膠試管上，使其表面產生疏水性後，並和無鍍的試管比較水面上及水中移動的速度差異。

### 參、研究設備及器材

				
瞬間膠	瓶蓋 黑色塑膠瓦楞板	萬用箱	資料夾(塑膠片)	壓克力

				
試管	熱熔膠(槍)	熱風槍	電源供應器	相機
				
水箱	手機+手機放大鏡	USB 顯微鏡	Gaosuo(顯微軟體)	丙酮

## 肆、研究過程及方法

名詞解釋：瞬間膠成分-氰基丙烯酸乙酯塗在物件表面上，溶劑（丙酮）蒸發後遇水會使單體迅速地進行陰離子聚合反應（anionic polymerization）形成長而強的鏈子，把兩塊表面黏在一起而固化。它可溶於丙酮，固化後，其樹脂軟化的溫度在超過 150°C 以上。氰基丙烯酸乙酯樹脂使用溫度為 -54°C 到 82 °C 之間。

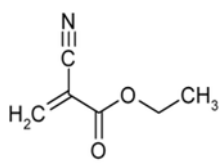


圖 2. 氰基丙烯酸乙酯分子

表面張力：最常見的例子發生在液體與其他物質的接觸面。以水為例，水的表面張力來自於由凡得瓦力所造成的內聚力。當固體，如水黴，跑到水上時，表面張力會盡可能將水面維持平整的狀態，以達到最小表面位能。如果水黴的重量維持在限度以內，那麼水面將只會有少許凹陷，這就是水黴能在水面上活動的原理。

根據 Young-Dupré equation： $\gamma_{SG} - \gamma_{SL} - \gamma_{LG} \cos \theta_C = 0$

$\gamma$ : 表面張力

S: 固體 G: 氣體 L: 液體  $\theta_C$ : 接觸角 當接觸角  $\theta_C$  變大， $\gamma_{SL}$  變大。

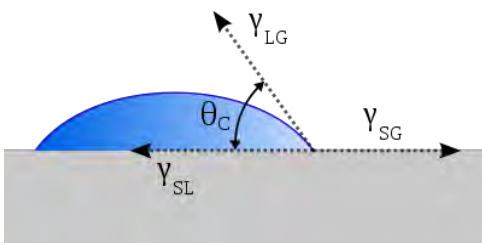


圖 3.水滴在基板表面，在接觸點各界面之間的表面張力平衡

圖片來源:[https://en.wikipedia.org/wiki/Contact\\_angle](https://en.wikipedia.org/wiki/Contact_angle)

根據方程式，接觸角  $\theta_c$  愈大， $\gamma_{SL}$  愈大，液體和固體間表面張力變大，附著力變小。

實驗方法一:蒸鍍在基板上並測量接觸角

瞬間膠滴入箱子底部，基板黏貼在箱蓋下方，由底部蒸發出來的瞬間膠蒸氣會朝上附著在基板，也會附著在萬用箱內壁四周，蒸鍍數天後取下基板，以固定大小的水珠在基板上，以手機放大鏡從側面拍攝水滴和基板的接觸照片，再使用 USB 顯微鏡附加的軟體測量其接觸角，接著用顯微鏡拍攝，比較各種方法蒸鍍後的表面(註: 瞬間膠口徑為 0.05cm 滴管口徑為 0.105cm)

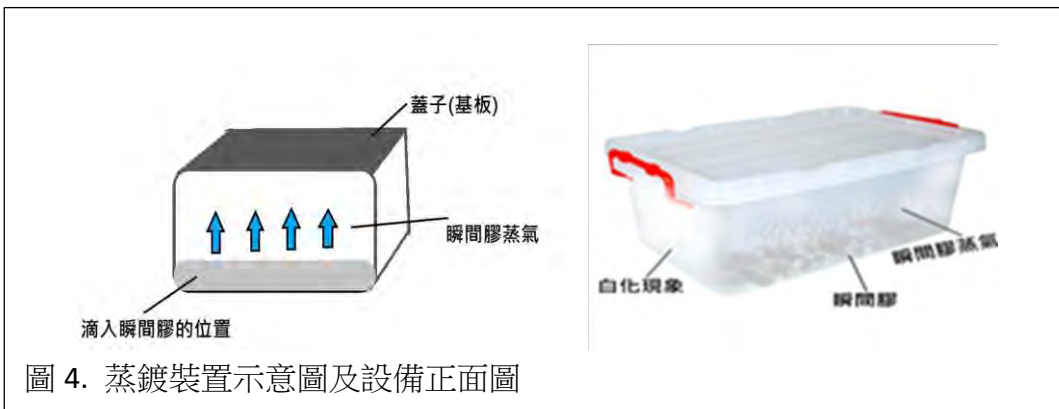


圖 4. 蒸鍍裝置示意圖及設備正面圖

判定蒸鍍後表面是否達到疏水性的標準如下：

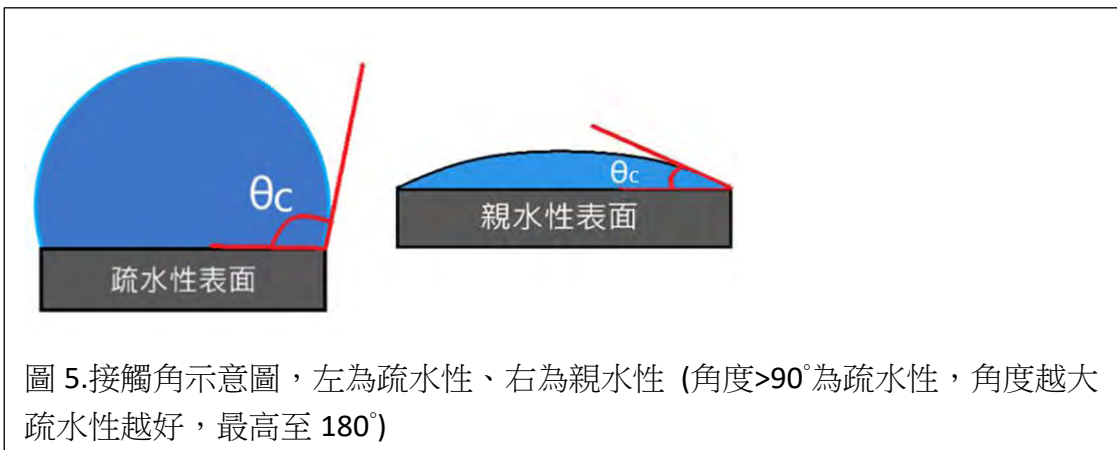


圖 5.接觸角示意圖，左為疏水性、右為親水性 (角度 $>90^\circ$ 為疏水性，角度越大疏水性越好，最高至  $180^\circ$ )

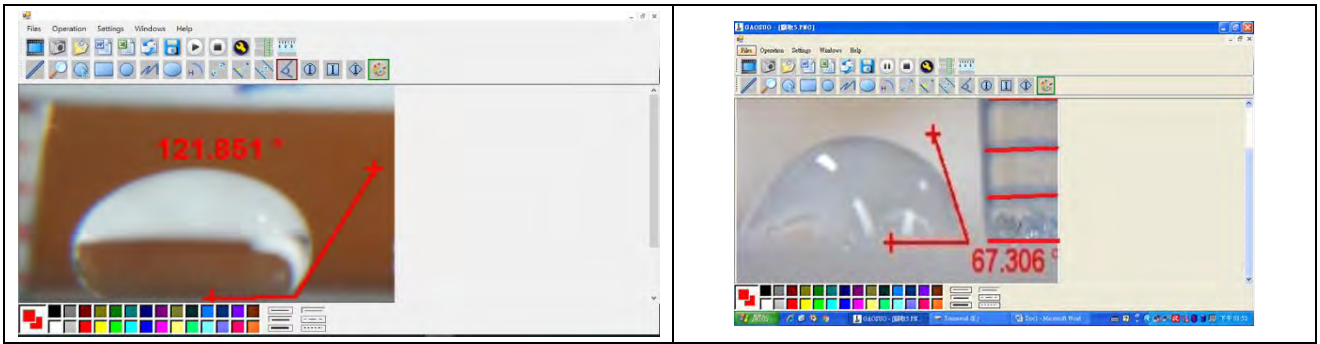


圖 6. USB 顯微鏡附軟體接觸角測量實際圖

實驗方法二:蒸鍍在塑膠試管上，並比較水面及水中的速度差異

(一)比較水面上的速度差異

先準備表面無鍍瞬間膠的試管及有鍍瞬間膠的試管，用 20 公克的砝碼跨過滑輪分別拉動水面上的試管，利用相機錄製，並用軟體 Tracker 分析位置及時間，就能比較速度差異，實驗示意圖、實際圖如下:

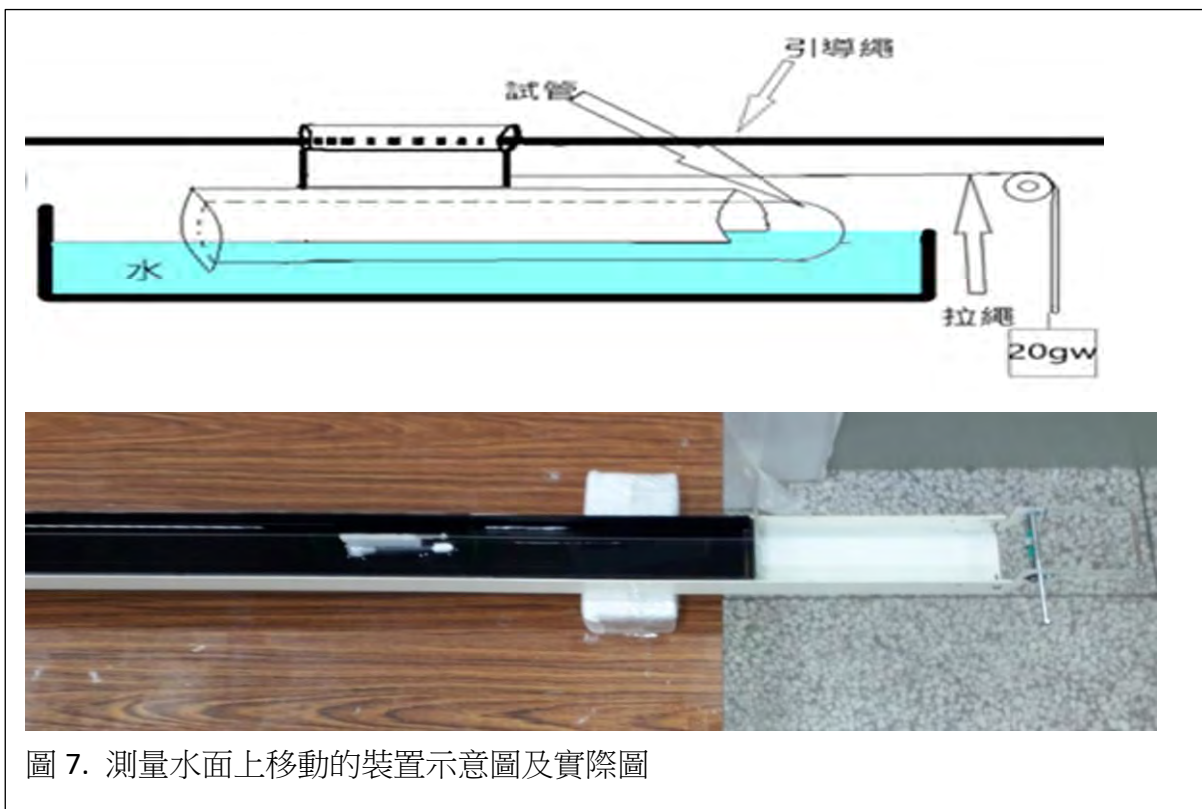


圖 7. 測量水面上移動的裝置示意圖及實際圖

(二)投入水箱比較水中的速度差異

水箱中放置一根玻璃管(1m)，目的是為了侷限試管的移動，使試管按照限制的路徑落下，將試管整根浸泡在玻璃管內，進行投放，同實驗方法(一)，繪製成圖，得出結論其實驗內容如下圖所示:

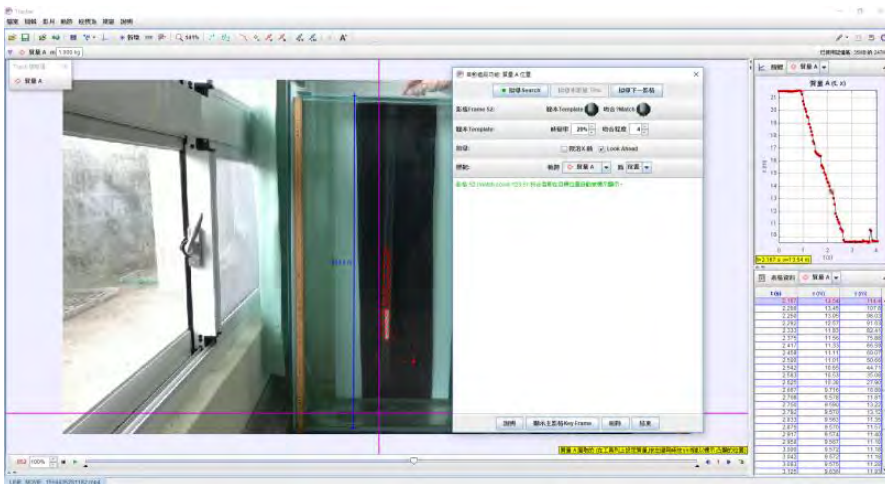


圖 8. Tracker 分析實際圖

## 伍、研究結果

### 一、蒸鍍平面基板：

#### (一)使用萬用箱進行蒸鍍

研究 1-1: 改變不同基板，探討是否有疏水性

註:實驗於萬用箱 萬用箱尺寸:14\*21.5\*9.5

基板材質分別為:1.塑膠片 2.CD 片 3.壓克力



圖 9. 萬用箱與基板擺放位置

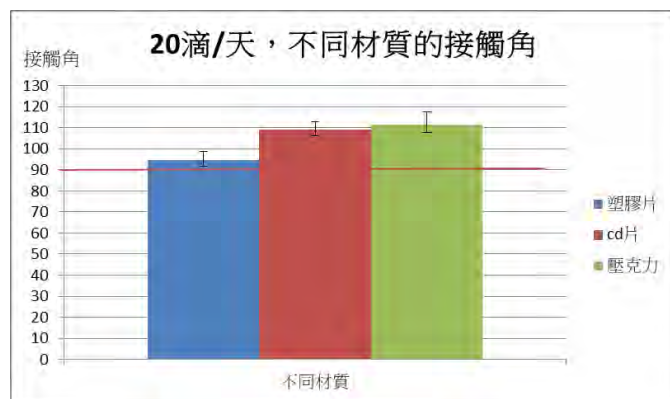


圖 10. 20/天不同材質的接觸角長條圖

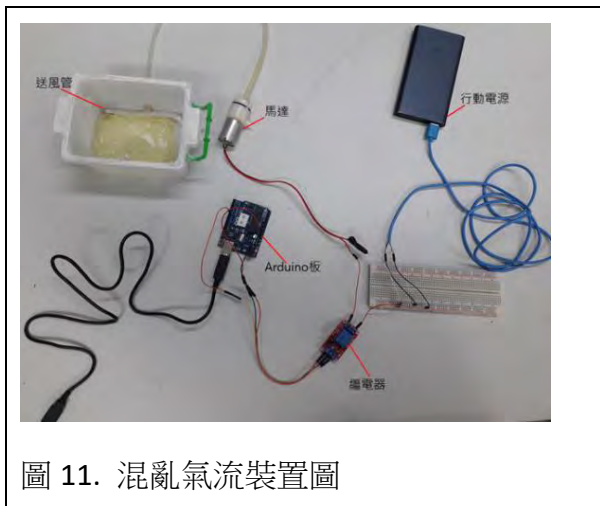
以上實驗可發現三種材質局部區域皆具有疏水性。

研究 1-2:改變不同基板與使箱內充滿混亂氣流，探討是否疏水性更佳

為了解決蒸鍍分佈不均的問題,我們開始嘗試要讓蒸鍍箱內的氣流紊亂,所以才會想到以下的混亂氣流實驗: 基板為:塑膠片、壓克力片、CD 片

利用 Arduino 與繼電器，設計出了工作五秒，關閉十秒的開關，在外接一個小馬達到萬用箱內並在裡面分成兩個管子，確保箱子內是混亂氣流(工作五秒，關閉十秒(目的是假如運作時間

過長，導致箱子裡的氣流會比較像是穩定的旋轉氣流，混亂就不明顯)



註:在此研究中，不慎在樣品上留下指紋(無戴手套)，因此做了兩次，有不同結果

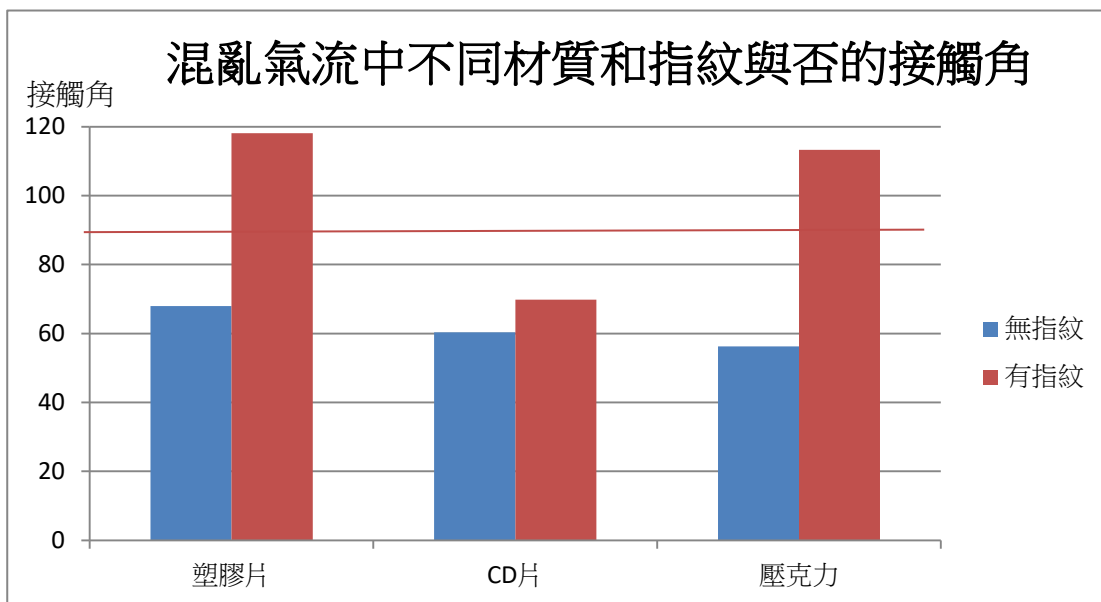


圖 12. 混亂氣流中不同材質和指紋與否的接觸角長條圖

我們發現:(1)有指紋比無指紋蒸鍍狀況好且皆具有疏水性

(2)有指紋的瞬間膠蒸鍍分布不均

(3)無指紋的蒸鍍狀況不佳

研究 1-3:改變瞬間膠與蒸鍍基板的距離，探討是否疏水性更佳

實驗箱從原萬用箱(蒸鍍距離 9.5cm)改成長度較長的圓筒柱(蒸鍍距離 15cm)及較短的盒子(蒸鍍距離 3cm)

基板為:塑膠片、CD 片、壓克力

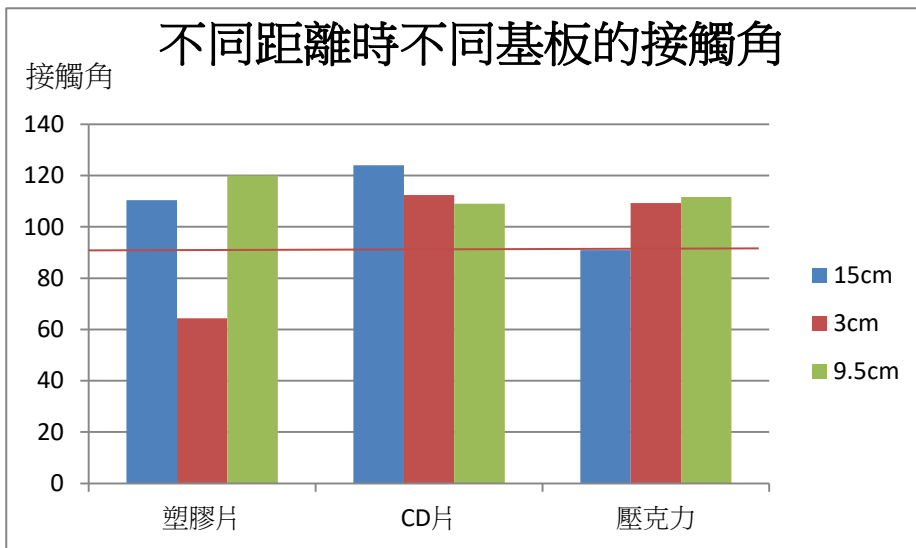


圖 13. 改變距離不同基板的接觸角長條圖

增加距離進行蒸鍍，效果比無改變(原萬用箱)差

減少距離，整體疏水效果皆不佳。

#### 研究 1-4: 使用木板當基板，探討是否疏水性更佳

我們推論荷葉角質層有小突起產生疏水性，所以基板表面的粗糙度會影響疏水性，因此找了木板當基板蒸鍍瞬間膠。測試結果如下：

以木板作為基板，蒸鍍後接觸角為  $116.55^{\circ} \sim 130^{\circ}$

木板為基板 蒸鍍瞬間膠後具有疏水性，且提高了均勻程度。

#### 研究 1-5 改變表面的粗糙度，探討是否有疏水性

由研究 1-4 推測可能是因為粗糙度的關係而會導致疏水性的產生，因此用不同號砂紙磨基板後進行蒸鍍。

#### 實驗步驟：

1. 利用 240、1000、2000、7000 號砂紙將壓克力表面每個方向都磨數遍。
2. 一天滴 40 滴在萬用箱底部。

註：原本模型是二十滴，容器尺寸變大，因此提升至 40 滴(實驗箱改變成  $21.5 \times 14 \times 9.5$ )



圖 14. 木板為基板 蒸鍍瞬間膠後接觸角



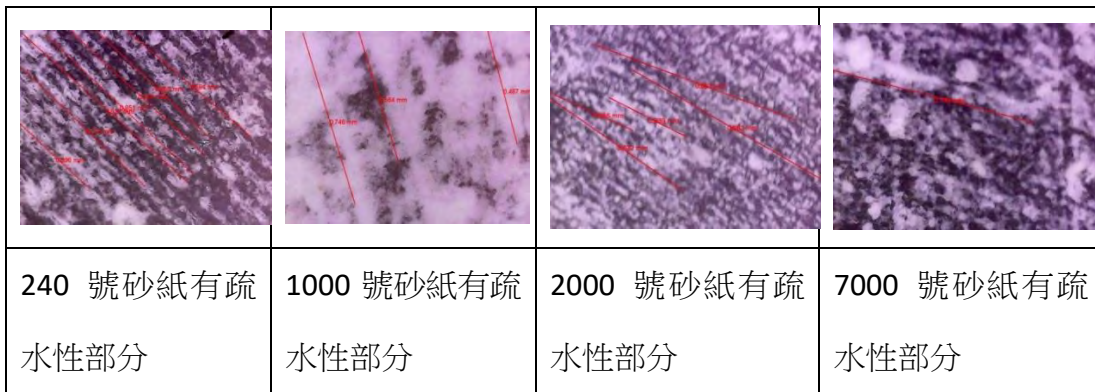


圖 15. 以 240、1000、2000、7000 號砂紙粗糙處理的壓克力顯微圖

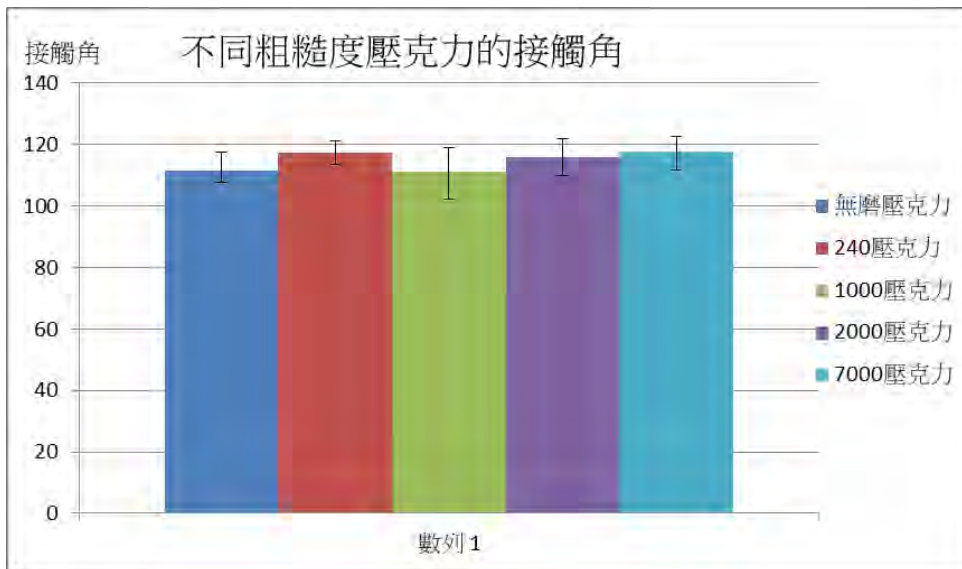


圖 16. 不同粗糙度處理過壓克力的接觸角長條圖

綜觀圖 16，可發現：

- (1) 有進行表面粗糙處理的樣品，皆比無粗糙處理的疏水性好。
- (2) 以 240、1000、2000、7000 號粗糙度砂紙粗糙處理的壓克力片作為蒸鍍材料，以上皆有疏水性。

### 研究 1-6: 測試電場是否會影響瞬間膠的蒸鍍情形

由研究 1-5 照片中顯示蒸鍍後表面出現平行規律的紋路，令人懷疑瞬間膠蒸鍍的過程是否跟瞬間膠的分子本質有關(極性, 分子兩端正負電分布不均), 猜測瞬間膠分子向上蒸發, 即將抵達基板的時候, 會被已經附著在基板上的分子靜電吸引, 因此產生規律的排列, 如果是, 那麼我們在分子蒸鍍進行的途中施加一個電場, 也許可以協助分子排列更整齊, 以產生最佳的疏水性。

平行電場裝置:

- 1.用一塊平行金屬板，一塊貼滿鋁箔紙的紙板，一個接在電源供應器正極，一個接在負極，上面會充滿負電，另一塊則會帶正電(切記不得將兩個金屬板接觸到，避免短路狀況)，兩金屬板之間產生電場。
- 2.電源供應器的電壓調為 30V。
- 3.基板材料：塑膠片、分別用磨過 240、1000、2000 號和未磨過的壓克力、CD 片。
- 4.將蒸鍍用的萬用箱放置在兩平行金屬板之間，瞬間膠分子蒸鍍時會受到電場影響。

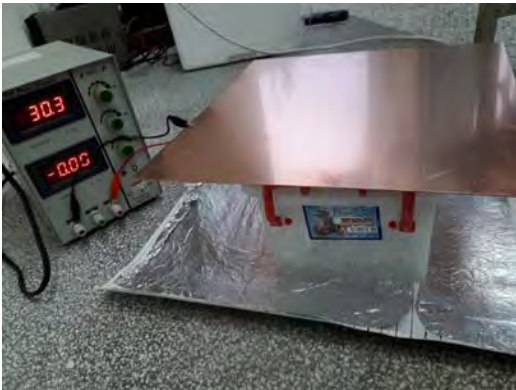


圖 17.平行電場裝置側視圖

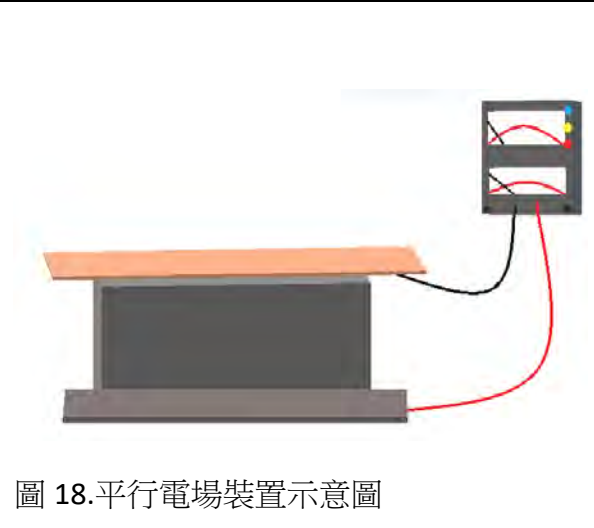


圖 18.平行電場裝置示意圖

研究 1-6、電場中基板的蒸鍍結果:

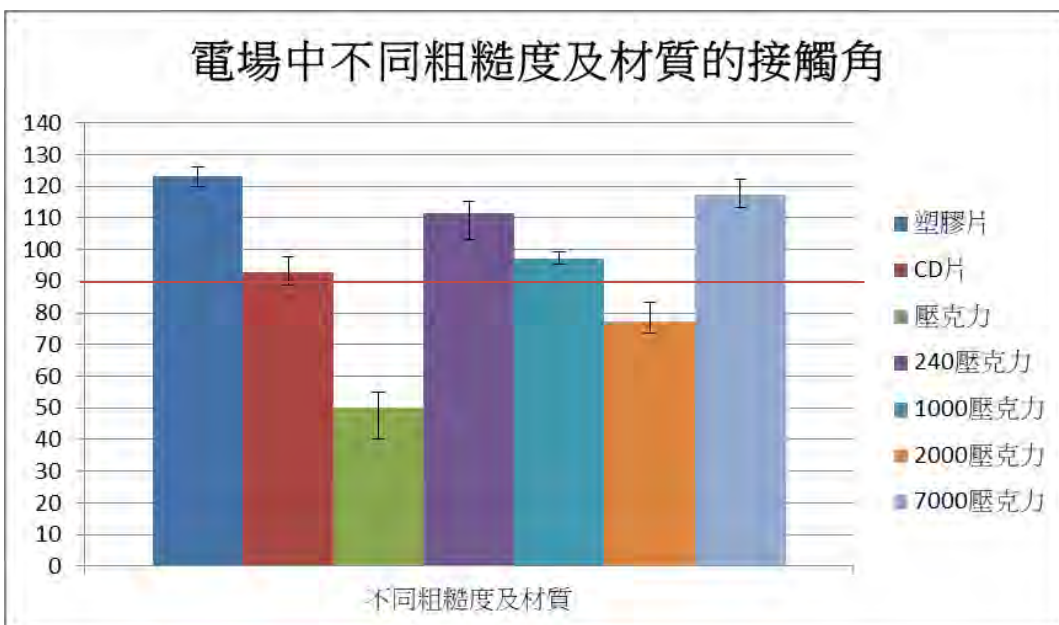


圖 19. 電場中不同粗糙度及材質的接觸角長條圖

綜觀圖 19，得知只有五個樣品局部具有疏水性(整體沒有)且塑膠片接觸角最大  
 實際觀察:以上皆無大量瞬間膠蒸鍍在基板上，蒸鍍效果不佳。

## 研究 1-7:探討提高溫度是否疏水性更佳

註:已知溫度越高，瞬間膠蒸發越快

因為我們發現蒸鍍箱內部有某些區域瞬間膠蒸氣分佈比較多,滴水珠後發現其疏水性效果較佳,於是假設溫度升高時會導致瞬間膠蒸發加速,接著才會想到使用加熱的方法,提高蒸鍍箱的溫度。

### 加熱裝置

1. 將鋁箔紙黏貼至保麗龍盒內部以達保溫效果，底層再放入耐熱的玻璃纖維、絕緣線圈，將其用鱷魚夾與電源供應器連接。
2. 電源供應器電壓 10v(測出保麗龍盒內部的溫度是約 41°C)， 避免萬用箱(塑膠)融化
3. 萬用箱內的基板： 240、1000、2000 號砂紙將壓克力片進行表面粗糙處理、未經處理的壓克力片、潮濕木板、乾燥木板



圖 20.加熱裝置外



圖 21.加熱裝置內

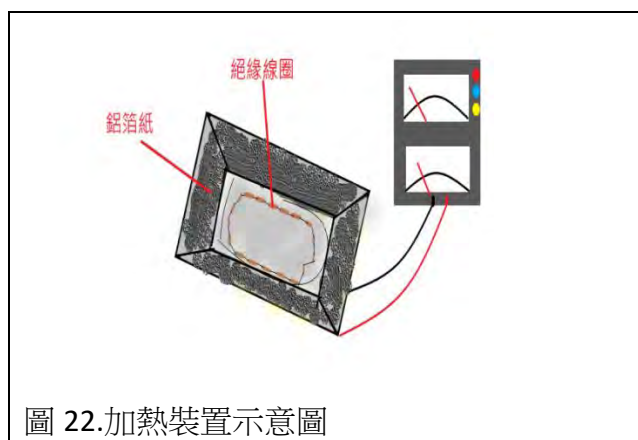


圖 22.加熱裝置示意圖

## 研究 1-7、加熱影響瞬間膠蒸鍍狀況的結果

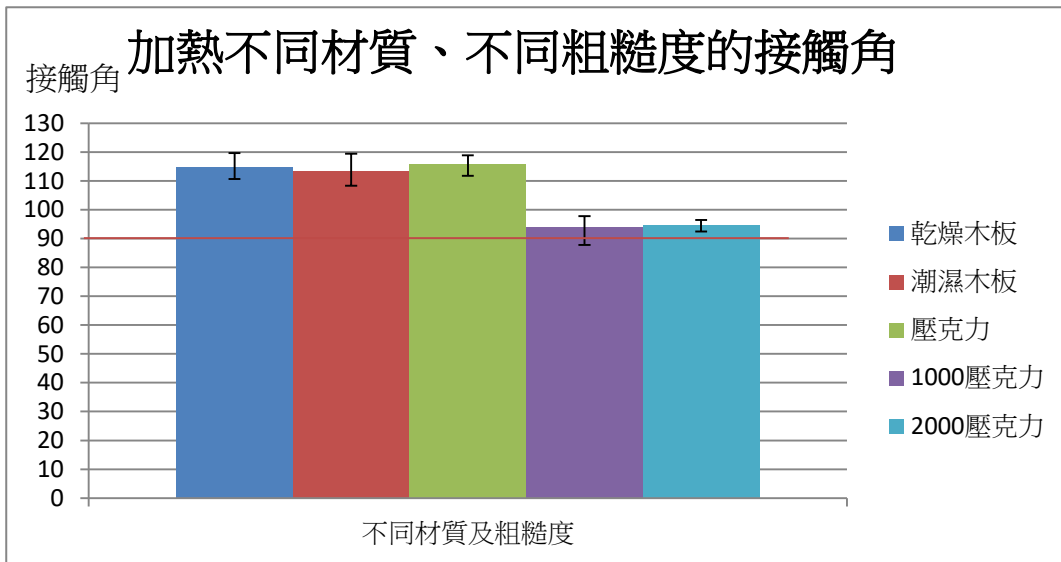


圖 23. 加熱不同材質、不同粗糙度的接觸角長條圖

由上圖 23，得知：

加熱裝置中，全部樣品皆具有疏水性(但分布不均，只是局部有疏水性)

加熱方法失敗，我們會猜想，是否溫度升高，導致瞬間膠一下子就乾掉，使得蒸鍍效果不好，接著才會想到用降溫的方式再試試看

#### 研究 1-8: 探討降低溫度是否疏水性更佳

註: 因研究 1-7 蒸鍍情況很差，進而探討溫度降低是否與溫度高蒸鍍結果有所差異

#### 實驗步驟:

1. 利用長時間降溫裝置進行降溫
2. 基板與研究 1-6 相同，240、1000、2000 號砂紙將壓克力進行表面粗糙處理、未經處理的壓克力、潮濕木板、乾燥木板



圖 24. 降溫裝置內

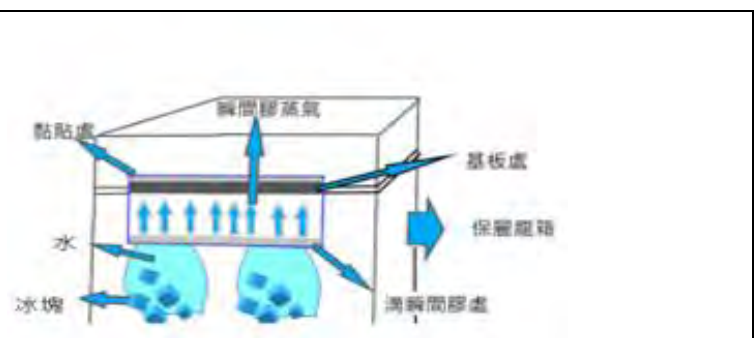


圖 25. 降溫裝置示意圖

萬用箱內溫度約維持在 17°C 到 22°C 上下

## 降溫影響瞬間膠蒸鍍的結果：

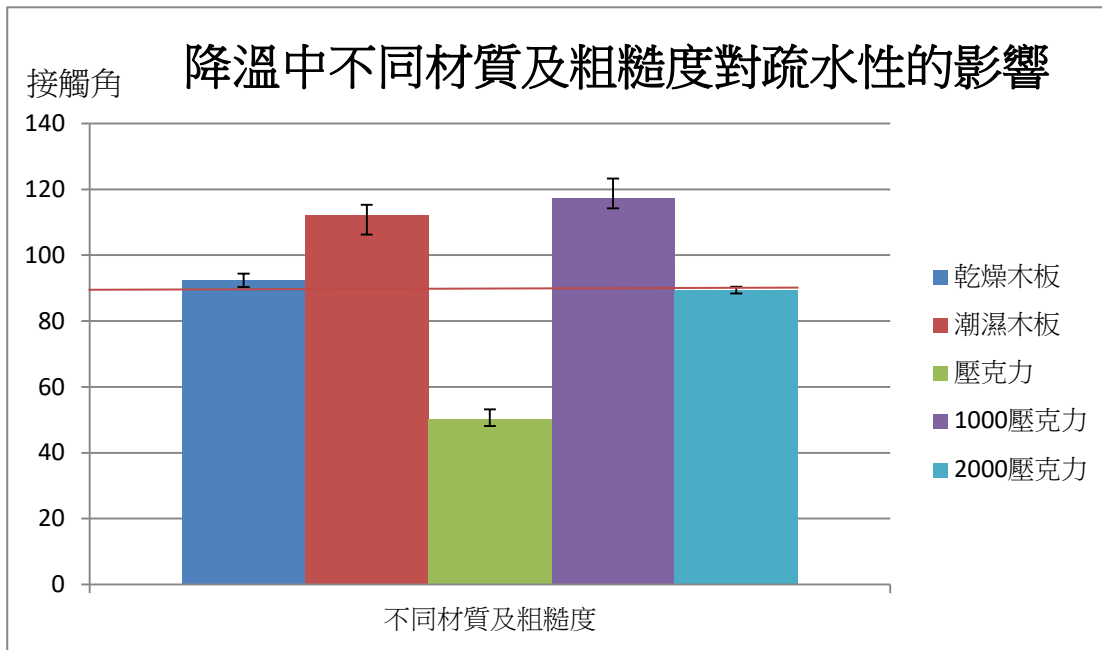


圖 26. 降溫中不同材質、不同粗糙度的接觸角長條圖

綜觀圖 26，可知

- (1) 降溫並無法使基板更容易產生疏水性
- (2) 在降溫裝置中，木板潮濕比木板乾燥效果好，
- (3) 在降溫裝置中，有進行粗糙處理的壓克力比無處理效果好

### 研究 1-9:真空狀態是否影響蒸鍍狀況

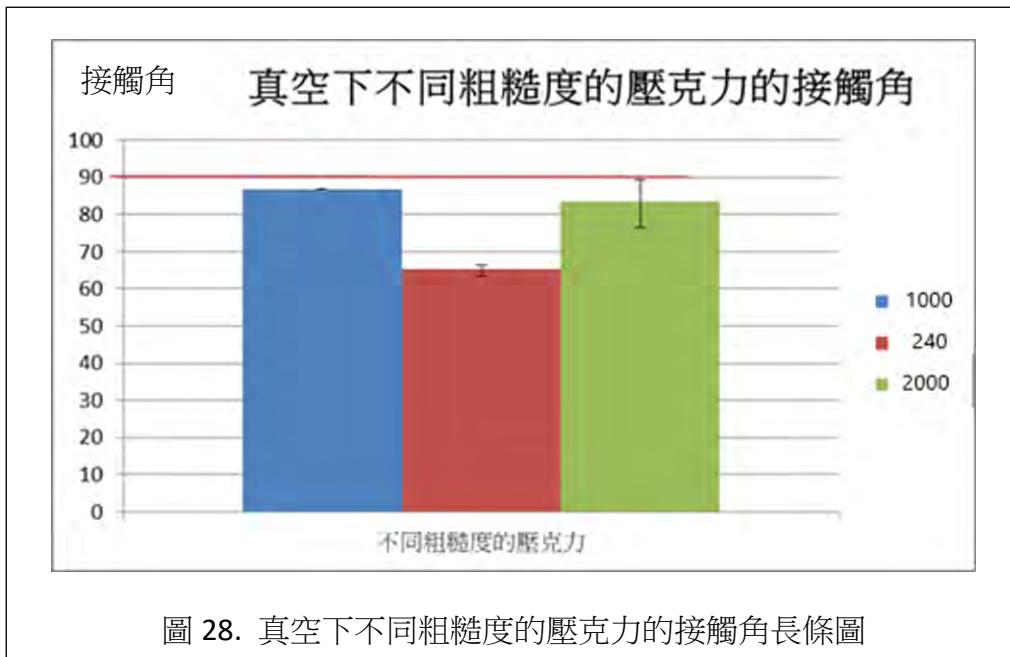
想法:蒸鍍材料的分子在到達基板之前，避免與容器內殘存的氣體分子發生碰撞，且可以加速瞬間膠蒸發。

#### 實驗步驟:

1. 蒸鍍和放在圓柱形容器內，再塗抹凡士林在外底部，能防止空氣進到裝置內。
2. 利用手動抽氣機，抽取圓柱形容器的空氣。
3. 到達穩定時，便停止抽氣，使瞬間膠快速蒸發  
(基板:240 號、1000 號、2000 號砂紙磨過的壓克力)



圖 27.手動抽氣裝置俯視圖



發現: 三種不同粗糙度的壓克力皆無疏水性，蒸鍍狀況不佳

因為以上測試的各種蒸鍍條件都不能達到蒸鍍的量充足且均勻，可能是萬用箱容積太大導致瞬間膠蒸氣密度太低，所以接下來實驗把瞬間膠滴在開口向上的瓶蓋內，採用易於辨識蒸鍍量的黑色塑膠瓦楞板為基板進行蒸鍍實驗。

## (二)使用瓶蓋進行蒸鍍：

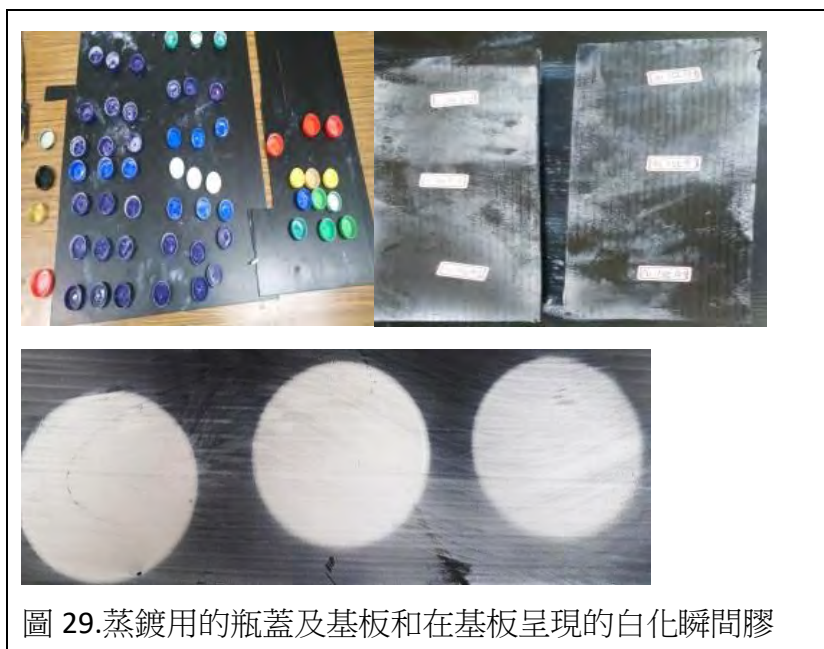


圖 29.蒸鍍用的瓶蓋及基板和在基板呈現的白化瞬間膠

**變因：**1.瞬間膠型號：CA-155、CA-170、CA-330。(溶劑丙酮含量 CA-155 最多，CA-170 次之)  
 2.改變基板潮濕度：以 110~120°C 熱風槍烤基板後放置空氣中 0 分鐘、10 分鐘、基板無經熱風槍烤過。以上分別代表剛開始蒸鍍時基板溼度愈來愈大。

3. 是否有重物施壓在板上，代表基板和瓶蓋的密合度。

4. 蒸鍍時間：13 小時、18 小時。放學回家前進行實驗，隔天  
上學早上和中午去觀察。

5. 瓶蓋內瞬間膠滴數：1、3、5 滴。

蒸鍍後的基板，在相鄰地區滴 3 滴水（如圖 30），測得其接  
觸角後求取平均值。

實驗結果：如圖 31~圖 35



圖 30. 蒸鍍瞬間膠後，基板上的水珠，左側刻度 1mm/格

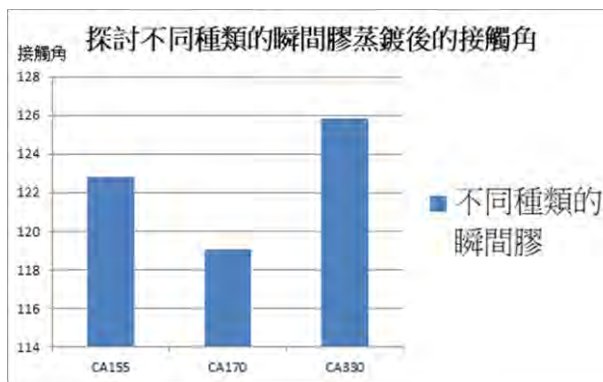


圖 31. 用不同丙酮含量的瞬間膠蒸鍍

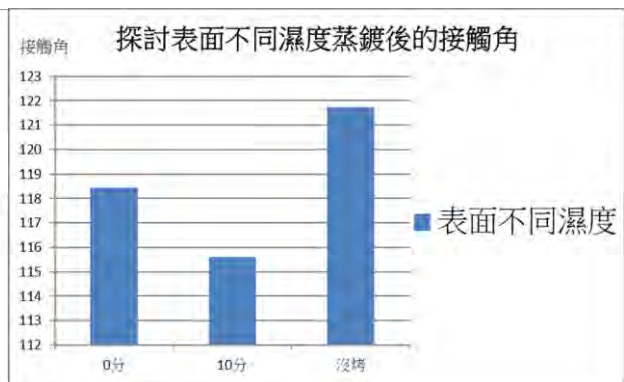


圖 32. 基板表面溼度對蒸鍍結果的影響

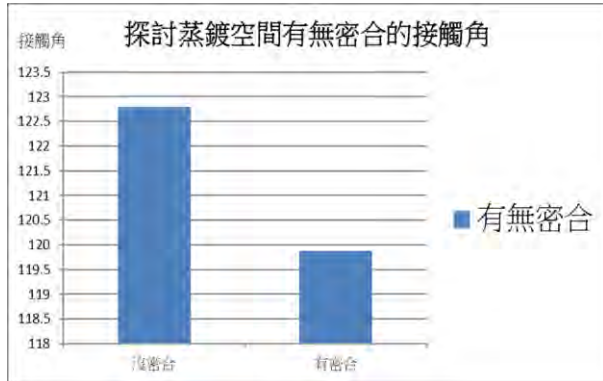


圖 33. 蒸鍍容器密合度對蒸鍍結果的影響

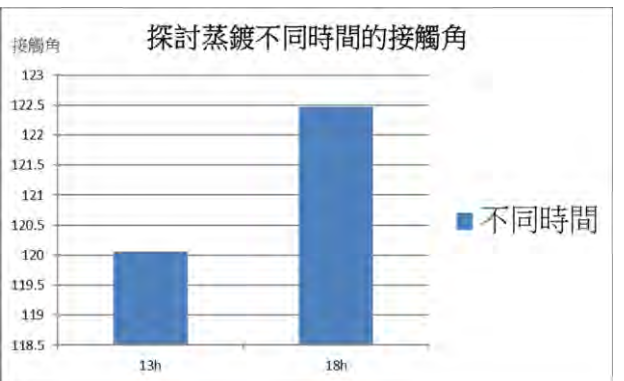


圖 34. 蒸鍍時間對蒸鍍結果的影響

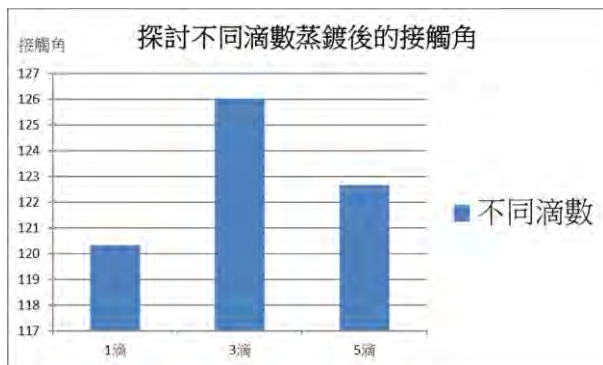


圖 35. 滴入不同瞬間膠量對蒸鍍結果的影響

以上經過大量數據對比的結果，每一種變因進行的操作結果差異不大，接觸角的差異都在  $5^{\circ}$  以內。但我們仍然可以發現各種變因中的較佳值：

1. 瞬間膠型號：CA-330 較佳。
2. 基板潮濕度：沒有烤的基板(表面較潮濕)較佳。
3. 基板和瓶蓋沒有完全密合，蒸鍍結果較佳。
4. 蒸鍍時間：18 小時較佳。
5. 瓶蓋內瞬間膠滴數：以 3 滴較佳。

## 二、蒸鍍試管

**研究 2-1 的實驗變因:**一天滴 40 滴、一天滴 100 滴

**註:**以先前做過的實驗結果推測，瞬間膠量要多，蒸鍍效果比較好

### 實驗步驟:

1. 將試管蓋子填滿熱塑土
2. 在蓋子側邊鑽孔並把螺絲釘與試管蓋鎖上
3. 將試管蓋與試管接上並測試是否能轉動

因為要讓每個面都均勻蒸鍍，因此需要每個時間點都須轉面

### 研究 2-1:將成功的變因套用試管

成功的變因:一天滴 40 滴，一天滴 100 滴(瞬間膠)

兩種變因試管和尺寸大、中、小以及是否處理粗糙皆有疏水性

### 研究 2-2:後製的處理方式

假如有小細毛使水珠不易滾動，可以採取後製的方法，讓其表面有疏水性

方法 1-使用熱風槍

從低溫慢慢提升溫度，烤至  $117^{\circ}\text{C}$ (此為試管表面的熱風溫度)便達到效果。

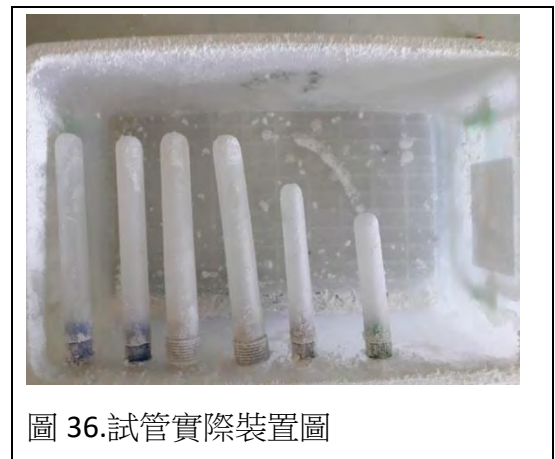
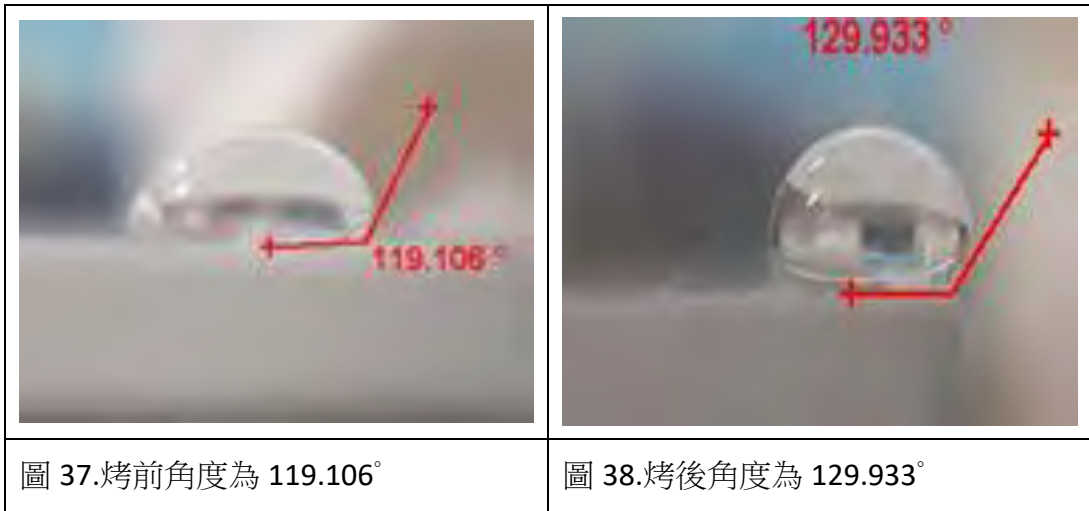


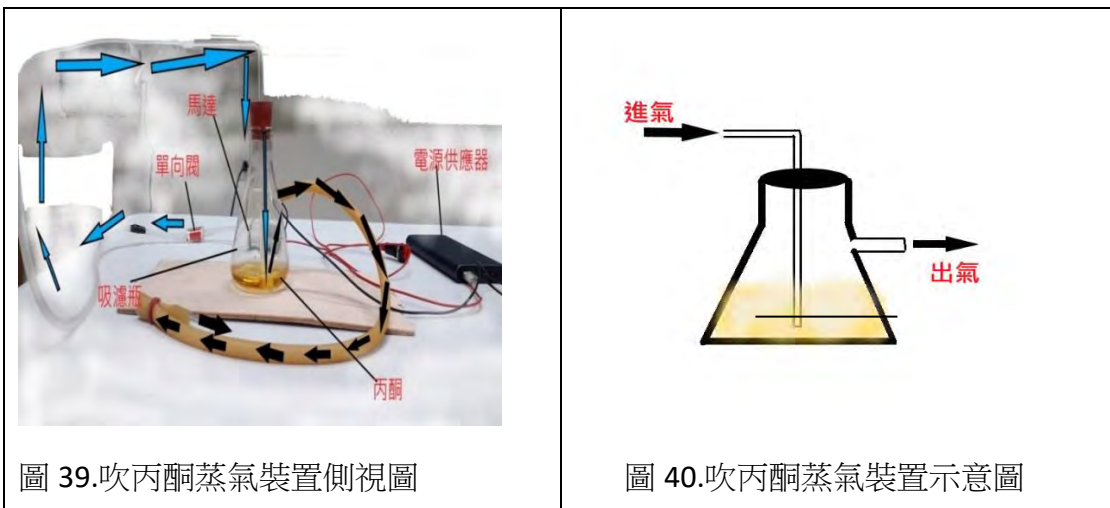
圖 36.試管實際裝置圖



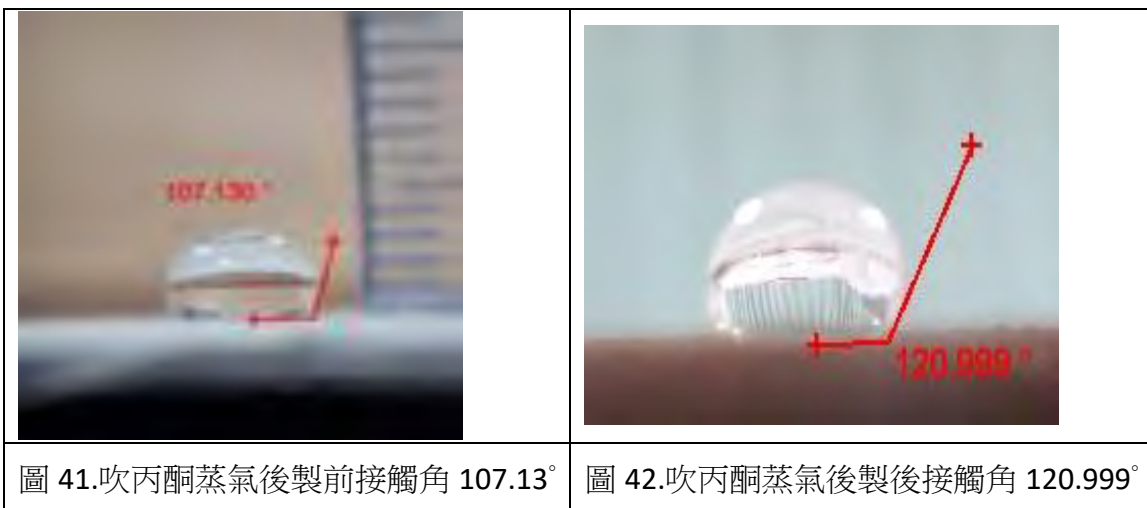


方法 2-丙酮

瞬間膠能溶於丙酮，代表蒸鍍後瞬間膠表面圖出較長的小細毛也能溶於丙酮的蒸氣，可避免突出的小細毛刺進水珠。利用小馬達連接管子打氣，打進吸濾瓶中的丙酮(管口要浸到丙酮液面下，才能確保丙酮蒸氣有出來)，中間裝有單向閥，目的是不讓丙酮倒流而阻塞影響結果。



註:圖 13-2 藍色箭頭為空氣，黑色則為帶有丙酮的蒸氣



## 研究 2-3 比較試管在水面上移動的速度差異

在萬用箱中蒸鍍平面基板時，蒸鍍後的均勻度和蒸鍍量一直很難克服，現在蒸鍍在曲面試管上更不容易。以下測試蒸鍍後的試管表面一旦接觸大量的水，蒸鍍技術待加強的困境就會出現，不是每一支試管都會成功，但是我們證明了物體具備疏水表面，能加快在水上航行的速度，這概念是可行的。

A 直徑 11mm，長 60mm 試管

B 直徑 11mm，長 75mm 試管

C 直徑 12mm，長 100mm 試管

D 直徑 14mm，長 100mm 試管

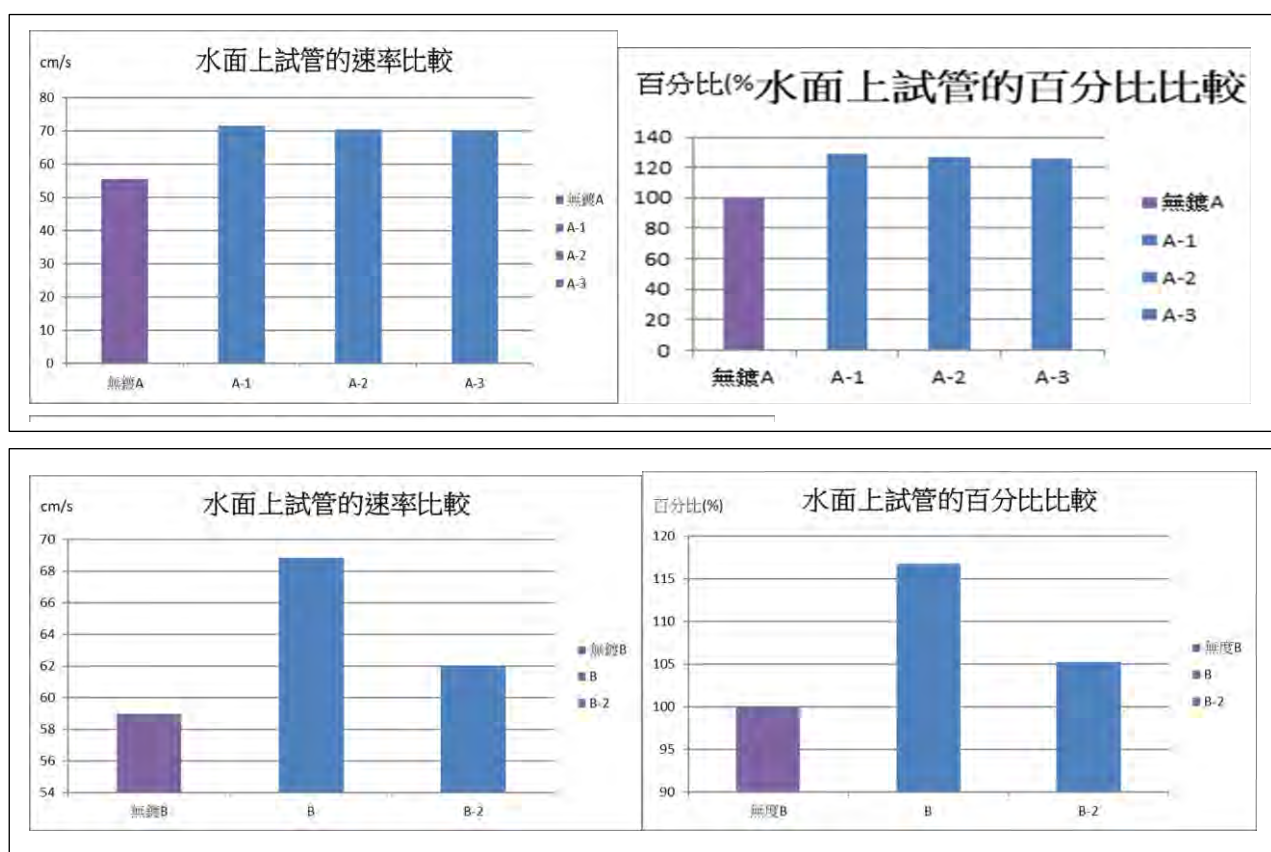


圖 43.水面上移動的試管和無度的對照組試管做比較

我們發現：只要試管表面瞬間膠蒸鍍均勻，試管在水面上移動的速度比沒有鍍的試管快，約達 5~26%。

## 研究 2-4 投入水箱測量水中試管移動差異

試管投入前灌滿白膠和少許鋼珠，鋼珠目的是增加重量及方便使用磁鐵自水箱底部取出試管。

投入水箱前試管重量分別為:大:21gw

中:16.9gw

小:8.5gw

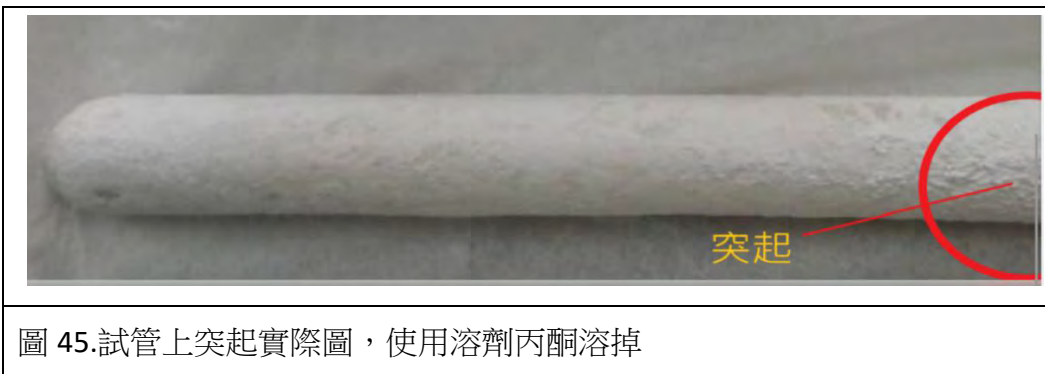


樣品:研究 2-1

不同後製方式下速率的改變，後製方式分別為: (1) 利用熱風吹表面

(2)使用丙酮蒸氣吹表面融掉少許瞬間膠小細毛

(3)利用丙酮清除蒸鍍得太厚的突起，可增加試管在水下移動的平滑度和疏水效果。



將試管投入水箱以比較各試管在水下移動的速率：

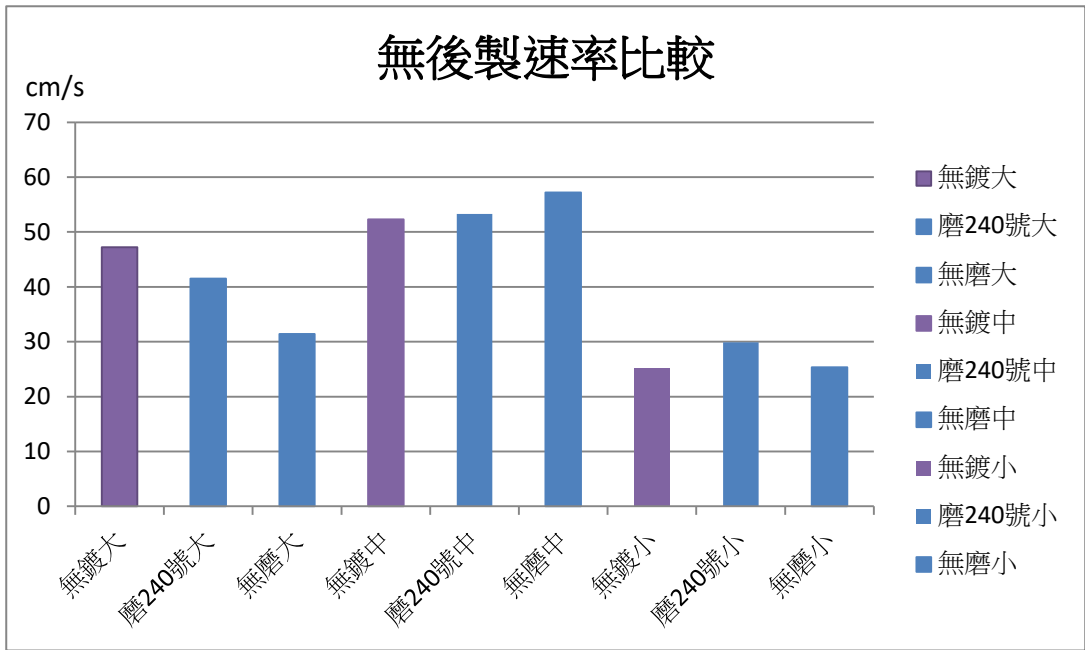


圖 46.無後製速率比較長條圖

綜觀圖 46，發現大試管中，無鍍的大試管最快，有鍍無磨的大試管最慢  
 中試管中，有鍍無磨的中試管最快，無鍍的中試管最慢  
 小試管中，磨 240 號小試管最快，無鍍的小試管最慢

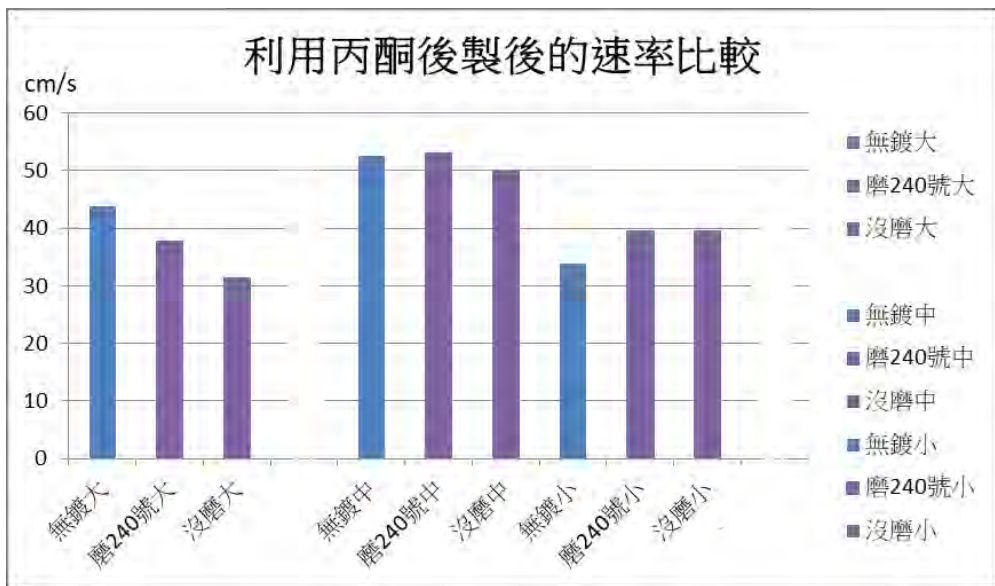


圖 47.利用丙酮後製後的速率比較長條圖

綜觀圖 47，發現大試管中，無鍍的大試管最快，有鍍無磨的大試管最慢  
 中試管中，有鍍有磨的中試管最快，有鍍無磨的中試管最慢  
 小試管中，磨 240 號小試管最快，無鍍的小試管最慢

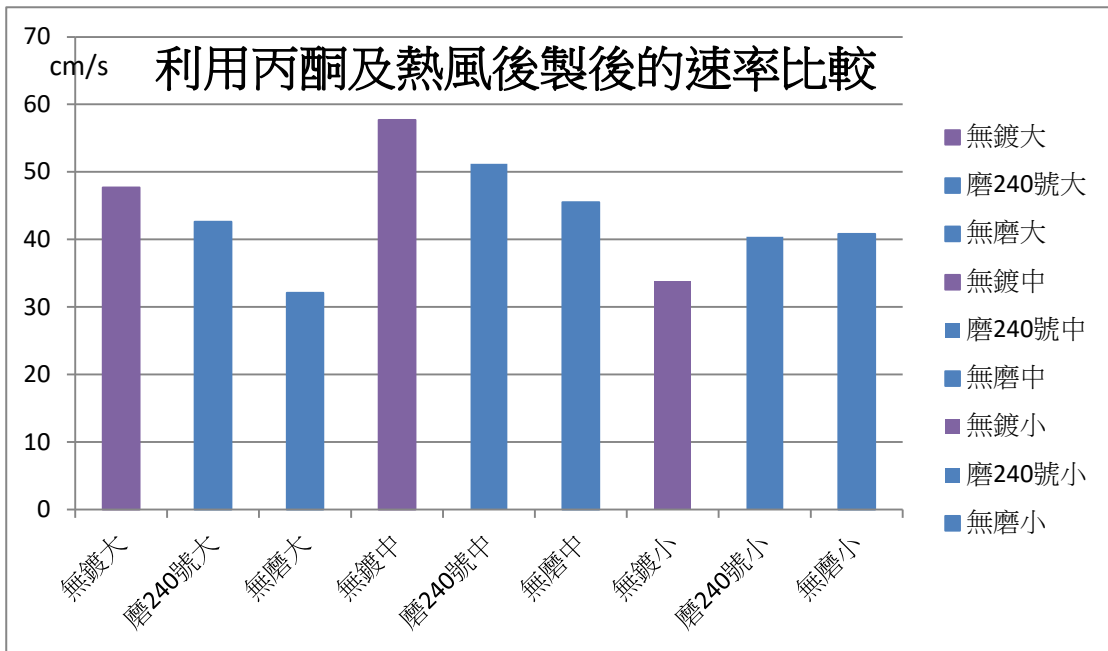


圖 48. 丙酮加熱風後製後速率比較長條圖

綜觀圖 48 發現: 大試管中, 無鍍的大試管最快, 有鍍無磨的大試管最慢  
 中試管中, 無鍍的中試管最快, 有鍍無磨的中試管最慢  
 小試管中, 有鍍無磨的小試管最快, 無鍍的小試管最慢

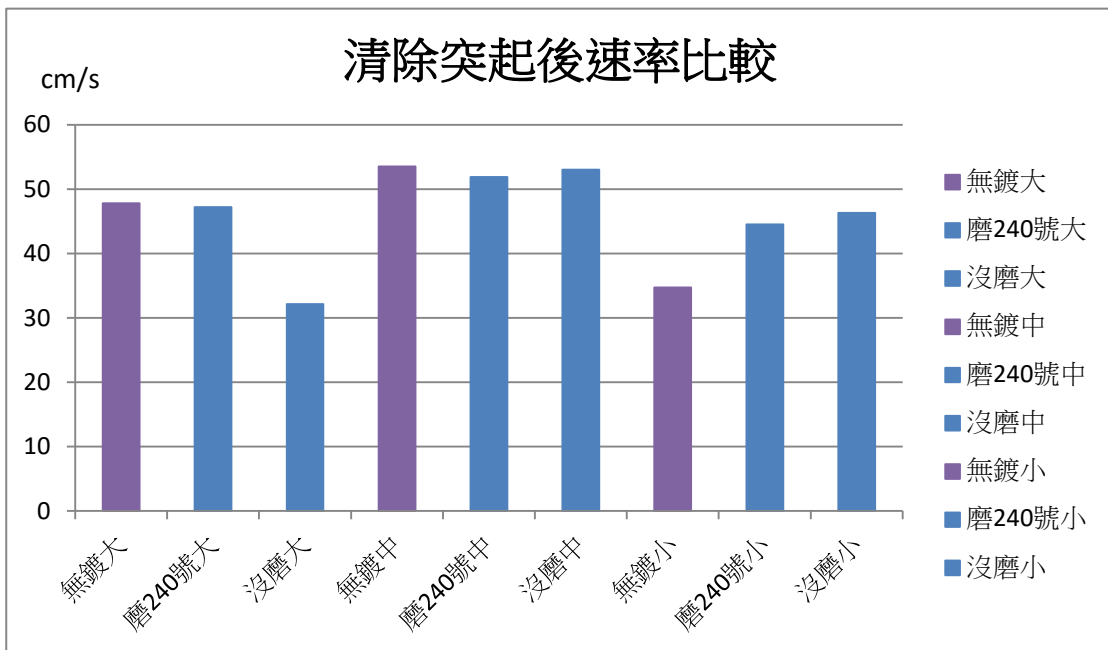


圖 49. 清除突起後速率比較長條圖

綜觀圖 49, 發現: 大試管中, 無鍍的大試管最快, 有鍍無磨的大試管最慢  
 中試管中, 無鍍的中試管最快, 有鍍有磨的中試管最慢  
 小試管中, 有鍍無磨的小試管最快, 無鍍的小試管最慢

因為大試管在水中移動時，我們鍍的效果都不如預期，所以只分析比較中、小試管：

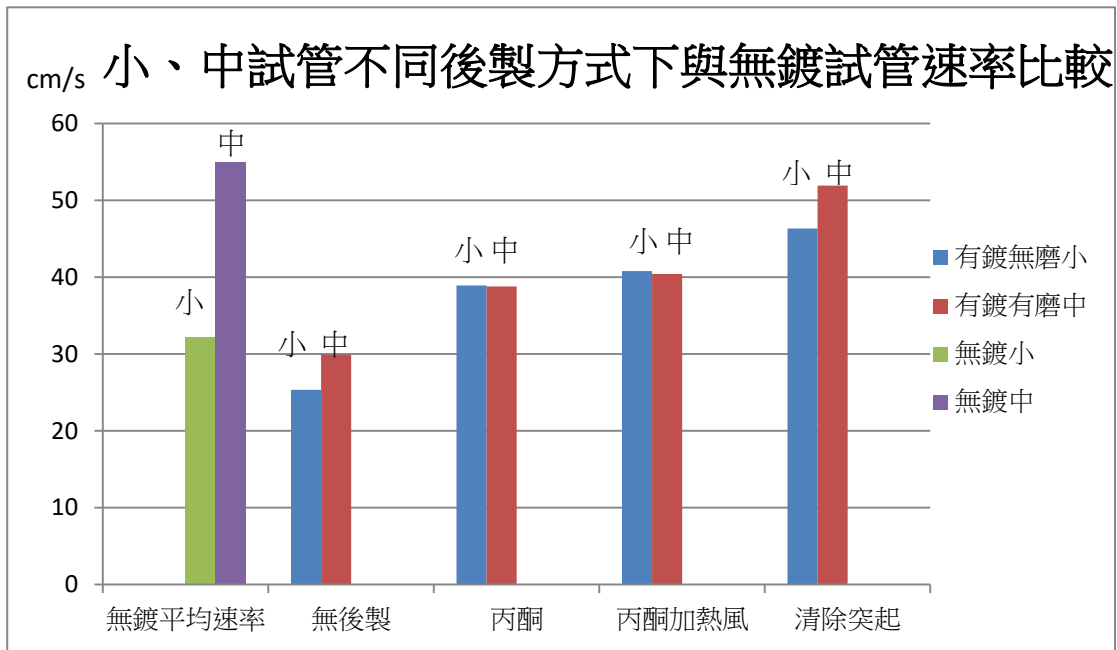


圖 50. 小、中試管在不同後製方式下與無鍍試管速率比較

此圖中的有鍍有磨中試管及有鍍無磨小試管在經由後製的處理下，效能逐漸提升

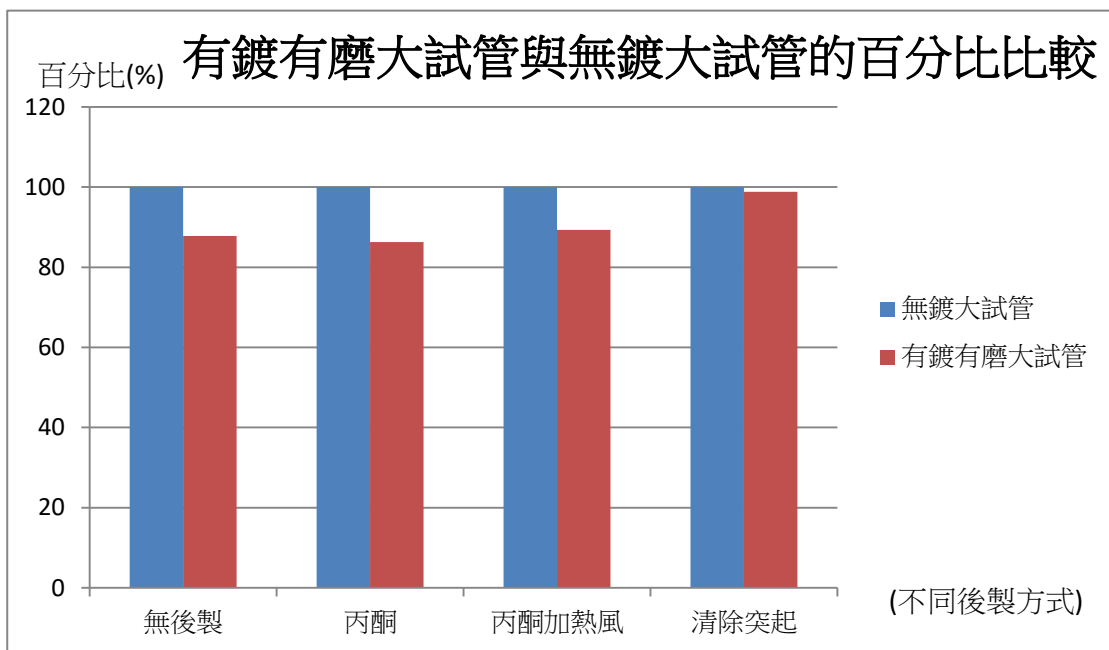


圖 51. 有鍍有磨大試管與無鍍大試管的百分比比較(無鍍的大試管當基準 100%)

由此圖可看出前兩個後製方式與無後製差別不大，但清除突起比有鍍無後製增加了 11%

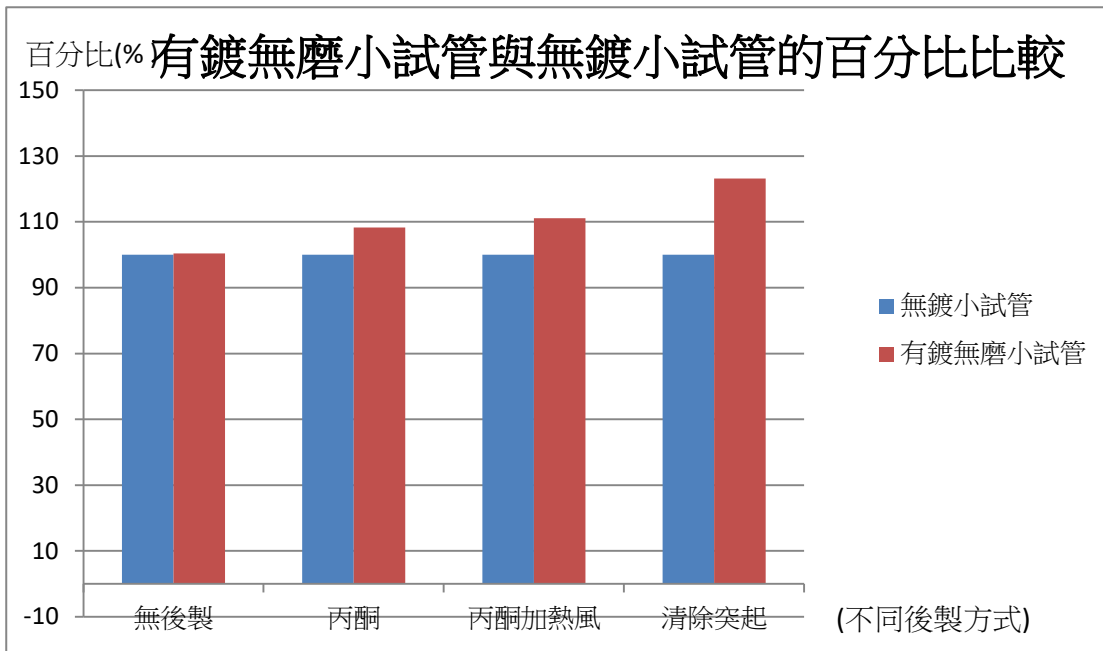


圖 52. 有鍍無磨小試管與無鍍小試管的百分比比較(無鍍的小試管當基準 100% )

從此圖可發現:小試管不論在哪个後製方式下，速率皆大於無鍍小試管

丙酮-效能增加 8%

丙酮加熱風-效能增加 11%

清除突起-效能增加 23%

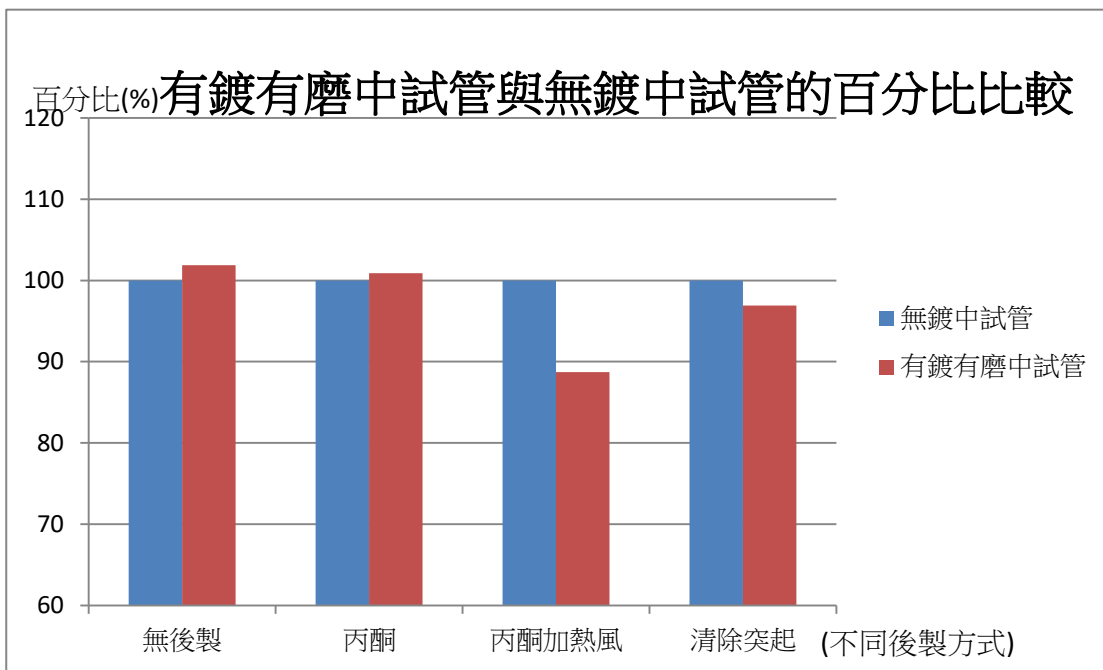


圖 53. 有鍍有磨中試管與無鍍中試管各種後製方式提升速率百分比比較(無鍍的中試管當基準 100% )

由此圖可以看出:中試管後製完的結果都沒有比無後製的好，可見對於較大面積的後製均勻度仍有待提升。

先前實驗中剛蒸鍍完的試管在水中的速率跟對照組比起來都沒有比較好，所以我們後來再進行一次蒸鍍，與無後製的試管再進行一次比較

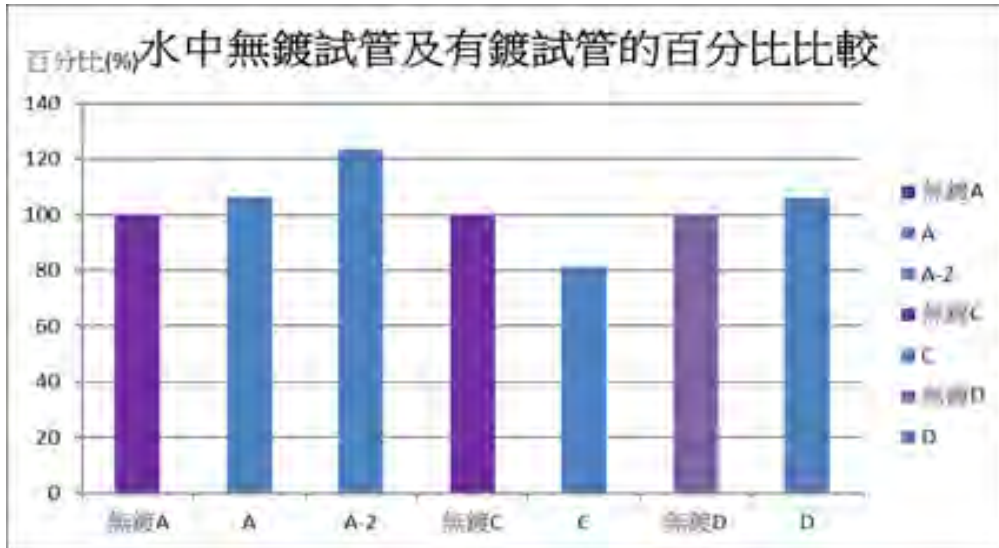


圖 54.第二次剛度好的試管與無鍍試管移動速率百分比比較(無鍍的中試管當基準 100% )

A 直徑 11mm，長 60mm 試管

B 直徑 11mm，長 75mm 試管

C 直徑 12mm，長 100mm 試管

D 直徑 14mm，長 100mm 試管

從以上結果可以看出，試管 A 和試管 C，蒸鍍後直接測試的速度都比以前快，蒸鍍後的表面均勻度也有提升。

## 陸、討論

### 一、蒸鍍平面基板

#### (一)使用萬用箱蒸鍍





圖 55.沒有進行蒸鍍的各種材質原先表面接觸角

從上圖 55 可以得知:當成蒸鍍材料的基板原本皆無疏水性，代表疏水性效果是來自我們蒸鍍結果。

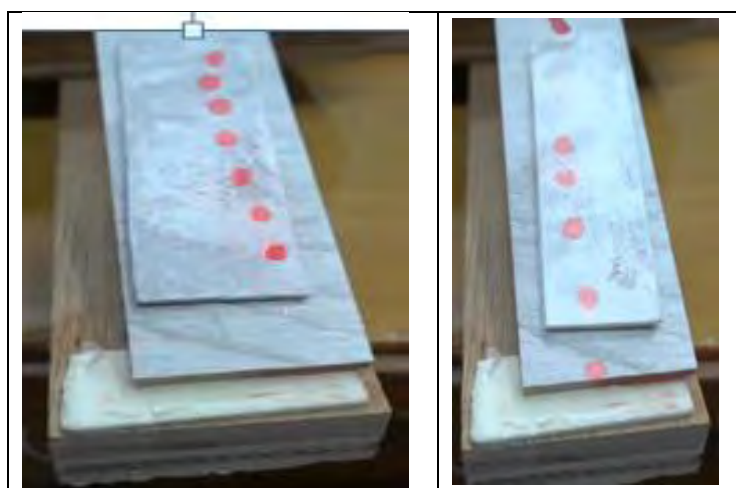


圖 56. 水珠疊加圖

上面為兩張水珠疊加圖，可以看出水珠並未殘留在上面，表示有疏水性

研究 1-1 中，發現材質對疏水性無太大影響。

研究 1-2，(1)混亂氣流裝置中，如果要有均勻的蒸氣表面，每個瞬間膠分子附著機率應該一樣。但是我們推論，當第一個分子先附著上去，接下的分子會因分子極性在吸附在一起，所以蒸鍍在基板上的機率不相同，導致蒸鍍不均勻。

(2)在表面上留下指紋，雖然附著了較多的瞬間膠，但有沾到指紋的地方皆具有疏水性，推測可能是因為指紋內有水的成分，瞬間膠也因此往有水分位置蒸鍍。

研究 1-3:增加、減少距離沒有比無改變距離的樣品好。

研究 1-4~1-5:木板本身無疏水性，代表基板表面粗糙度對蒸鍍後的疏水性有影響。

研究 1-6 中，有用砂紙進行處理的樣品比無處理的樣品疏水性好，推論表面粗糙容易使瞬間膠分子聚集成規律長鏈，使表面具有疏水性。研究 1-6 中，在裝置中，發現四周的蒸鍍情形較好，推測是四周電場最強，瞬間膠容易吸附，導致樣品狀況不均勻。

研究 1-7 中，增加溫度的大部分樣品疏水性沒有比室溫下的好，已知溫度提高，瞬間膠蒸發越快，可能是蒸發速度越快，沒有蒸發的瞬間膠也越快凝結，蒸氣減少，疏水性也就差。

研究 1-8 中，探討降低溫度是否疏水性更佳，降溫時，蒸發速率減緩以致瞬間膠蒸鍍現象不明顯。

研究 1-9 中，真空裝置中水氣不多，因瞬間膠需與水氣反應，所以表面蒸鍍狀況不好，也證實水氣對於蒸鍍狀況有重要的影響。

(二)使用瓶蓋蒸鍍：使用瓶蓋進行蒸鍍，可能因為空間小、蒸氣密度大，導致蒸鍍量和接觸角都比萬用箱蒸鍍好。CA-330 被稱為“慢乾膠”，因其所含丙酮溶劑量最少，所以蒸發速率最慢，瞬間膠最慢乾掉，維持蒸鍍時間也較久，蒸鍍附著量也最大，造成表面疏水效果較佳。

疏水性的好壞和蒸鍍後的微小突起有關，蒸鍍太厚會使表面平滑反而降低疏水效果。為了驗證疏水效果是由表面粗糙度決定而非瞬間膠本身的特性，進行以下的實驗：把原本具有疏水的表面，用塑膠尺磨平，結果如下

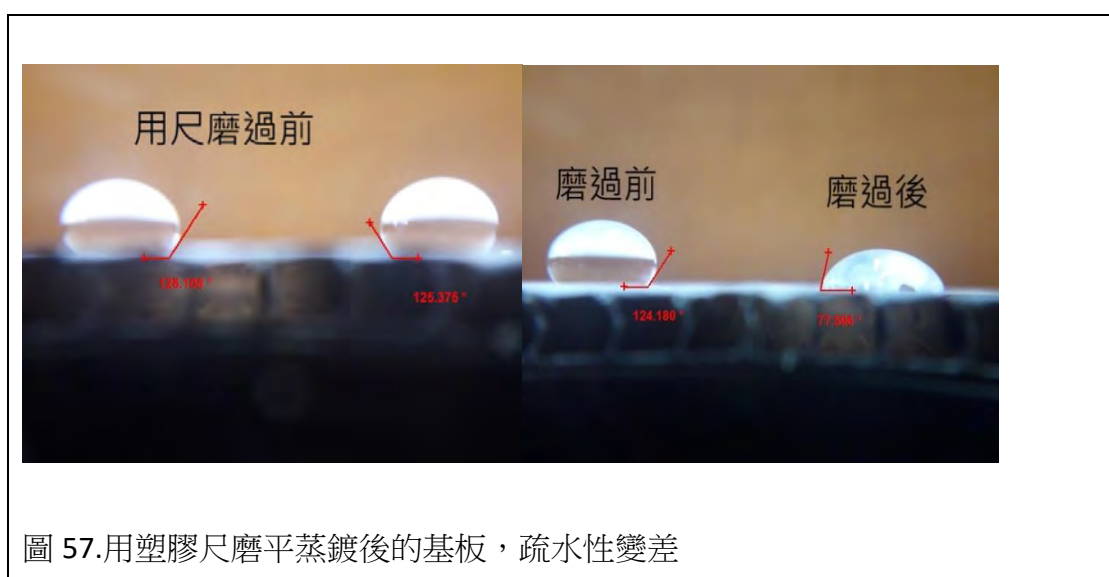


圖 57.用塑膠尺磨平蒸鍍後的基板，疏水性變差

證明表面的小突起對於材料的疏水效果非常重要。

由蓮葉表面角質層的小突起為題示，啟發我們使用粗糙表面的木板當作蒸鍍基板，接著我們把光滑的壓克力表面用砂紙磨過後當基板增加了疏水效果。即使我們把蒸鍍後因表面太過平滑而不具疏水效果的樣品用砂紙磨擦後也會具有疏水效果。其結果如(圖 58)所示。

最後，基於瞬間膠分子愈水固化的特性，我們先使用 100°C 熱水蒸氣使基板先附著極均勻的微小水珠然後立刻進行蒸鍍，製造了疏水效果最好的樣品，接觸角可達 146°。其樣品表面顯微結構如下左圖：

顯示表面凹凸起伏小且平均。



圖 58.蒸鍍後的瞬間膠用砂紙磨擦後具有疏水性

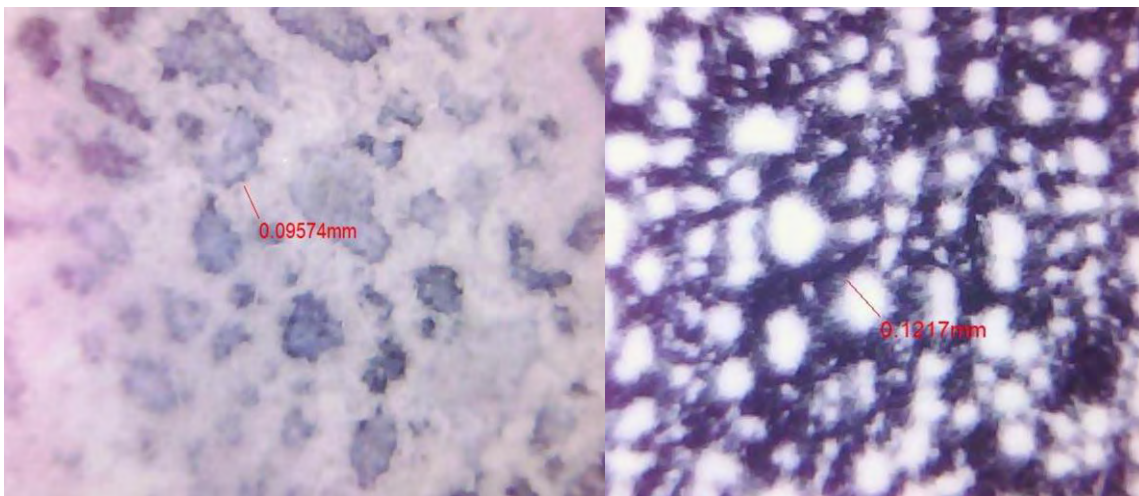
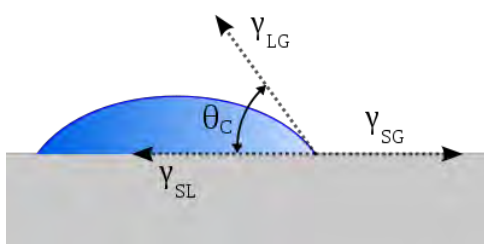


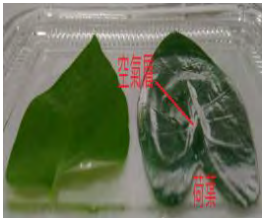
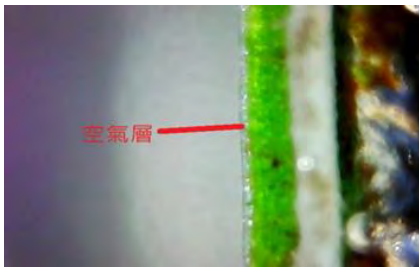
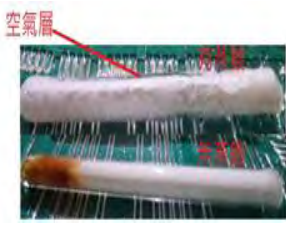

圖 59.左圖為疏水性良好的樣品，右圖蒸鍍量少，突起之間距離過大而疏水性差。



根據 Young-Dupré equation :  $\gamma_{SG} - \gamma_{SL} - \gamma_{LG} \cos \theta_c = 0$

接觸角  $\theta_c$  愈大， $\gamma_{SL}$  愈大，液體和固體間表面張力變大，附著力變小。所以水珠在物體表面滾動時不易黏著於物體表面，同樣道理，物體在水中移動時阻力也會變小。

我們在荷葉和蒸鍍好的試管上看見亮亮的表面，推論表面具有空氣層造成部分光線的全反射。這樣水珠在空氣層上滾動，不會與試管摩擦

			
<p>荷葉與葉子實際比較圖</p>	<p>荷葉表面有透明的角質小突起和空氣層</p>	<p>試管空氣層實際比較圖</p>	<p>試管空氣層示意圖</p>

研究 2-1，我們發現有鍍無磨小試管比沒鍍的試管在清除突起的情況下，速率多出了百分之二十三，是因為有疏水性的表面會在試管和水之間有一層空氣層，水不會接觸到物體表面，會在空氣層上移動，使速率提升，但假使有不具有疏水性的突起，反而造成試管在水中滑動摩擦力更大。

我們也分析有鍍無磨大試管不論在哪種情況下皆是最慢的，也發現這根試管的蒸鍍狀況最差，因此這跟試管在水中會受到較大的阻力，進而速度變慢。

從平行於基板方向照光，得到的影像可給人一種畫面：瞬間膠蒸鍍基板，似乎是由無數的小細毛交織而成的結構。只要交織得均勻且緊密，它在水中就可以因水的表面張力使得水不會入侵此交織的結構內部，物體和水之間保有一層薄薄的空氣層使得阻力減小，不過如果蒸鍍情狀不好，水會入侵此結構內部導致空氣被排出，更糟的是因為表面的凹凸而增加了水的阻力。蒸鍍後表面疏水區域的比例將決定此物體在水面上或水面下移動的效率。

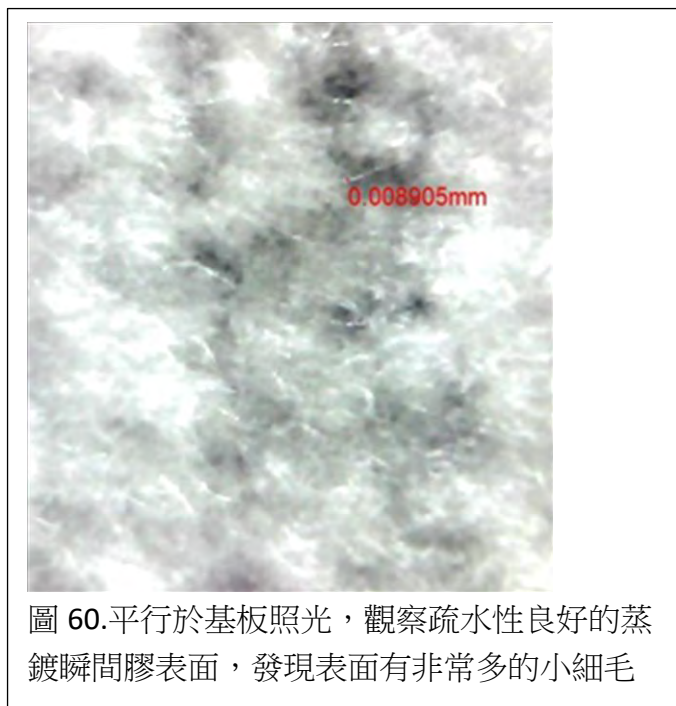


圖 60. 平行於基板照光，觀察疏水性良好的蒸鍍瞬間膠表面，發現表面有非常多的小細毛

## 柒、結論

- 1.瞬間膠的蒸鍍原理可能是第一個分子先抵達目標，其他分子會被吸附過去造成蒸鍍不均勻。
- 2.瞬間膠滴數多，蒸鍍狀況及疏水性大致上愈好，但是蒸鍍太多反而使表面平滑而失去疏水性。
- 3.材料對瞬間膠分子的蒸鍍並無太大影響
- 4.瞬間膠離受測品越近、遠，蒸鍍狀況不好，無疏水性，約在 7-9.5cm，為最佳距離。
- 5.混亂氣流中，無法解決分布不均的問題，氣流會讓瞬間膠分子無法吸附，所以蒸鍍狀況不好。
- 6.有指紋處(水分較多處)，瞬間膠分子容易被吸附過去，導致具有疏水性的地方分布不均。
- 7.疏水性的條件:每處皆蒸鍍均勻、表面突起長度適中。
- 8.電場裝置中，因四周電場最強，所以四周的瞬間膠蒸氣附著最多且易附著在突出部位。
- 9.當加熱蒸鍍時，瞬間膠固化時間快，其中的丙酮很快就蒸發，導致瞬間膠蒸氣不易蒸發到基板表面。
- 10.當降溫蒸鍍時，瞬間膠不易固化，其中的丙酮很慢才蒸發，導致瞬間膠蒸氣不易蒸發到基板表面。
- 11.當蒸鍍時進行真空，水分不足，不易蒸鍍固化，導致疏水性不好。
12. 瞬間膠在空間中分布愈密，蒸鍍效果愈好。
13. 蒸鍍前改變基板表面粗糙度或是蒸鍍後用砂紙磨擦蒸鍍物表面都能有效增加表面疏水效果。蒸鍍前先用熱水蒸過基板再進行蒸鍍瞬間膠，對基板表面疏水性提升最多。
14. 吹熱風或是吹丙酮蒸氣等後製方式對試管在水中的速度都有提升，不同厚度和突起都決定了使用哪一種後製方式較好。
15. 當不同大小試管在相同空間、相同瞬間膠的蒸氣下，物品越小，瞬間膠分子蒸鍍後疏水性良好的區域比例愈高，代表試管較不會碰觸、磨擦到管壁，速率理當較快，蒸鍍較厚，空氣層面積大，不直接接觸試管本身，速率就會快。
16. 對其有鍍無磨小試管而言，投入水中後的比沒鍍的試管速率增加百分之二十三

17. 我們認為使用瞬間膠當蒸鍍材料比市售噴劑好，它的疏水性能保留很久，但一般市售疏水塗料 4-6 個月就沒效了，因此這是我們的優勢所在。

## 捌、參考資料

<https://zh.wikipedia.org/wiki/疏水性>

<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/蓮花效應>

奈米新世界

<https://nano.nstm.gov.tw/NaturalPhenomenon/LotusLeafEffect/UnderstandingLotusLeafEffect.htm>

[http://hk-phy.org/atomic\\_world/lotus/lotus01\\_c.html](http://hk-phy.org/atomic_world/lotus/lotus01_c.html)

[http://www.amtech.com.tw/custom\\_61349.html](http://www.amtech.com.tw/custom_61349.html)

能源報導

<https://energymagazine.tier.org.tw/Cont.aspx?CatID=16&ContID=1830>

<https://kknews.cc/zh-tw/science/9m9eb.html>

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%96%8F%E6%B0%B4%E6%80%A7>

[https://en.wikipedia.org/wiki/Surface\\_tension](https://en.wikipedia.org/wiki/Surface_tension)

[https://en.wikipedia.org/wiki/Contact\\_angle](https://en.wikipedia.org/wiki/Contact_angle)

## 【評語】 032919

研究的目的是製作「疏水塗料」，以瞬間膠進行不同材料的表面蒸鍍，分析在不同條件下所作出疏水表面的效果，最後的結論顯示在合適的條件可利用瞬間膠製出比市售疏水塗料更持久的產品，若能將其之應用價值加以考量與測試，可提高作品品質。但瞬間膠的成分(氰基丙烯酸乙酯)可能會導致皮膚過敏，故須考量安全性。

## 摘要

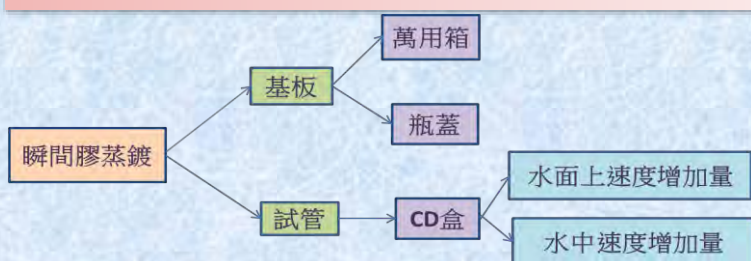
以不同變因蒸鍍瞬間膠的樣品，使樣品表面粗糙，水珠在物體表面上的接觸角變大，不易溼潤表面，發現有疏水性的樣品蒸鍍後表面白化現象均勻且極少細毛產生。若無疏水性表面，就以後製方式（丙酮蒸氣、熱風吹拂、砂紙磨擦），讓其也具疏水功效。蒸鍍前先用熱水蒸氣蒸過基板再進行蒸鍍瞬間膠，對基板表面疏水性提升最多。表面疏水性強的試管，在水面上移動速率增加 8-26%，投入水中後的速率比沒鍍的試管最快增加 23 %。

## 壹、研究動機

聚酯纖維抹布上看到水珠在滾動，水珠滾過的區域沒有濕掉，偶然發現瞬間膠的蒸氣蒸鍍後的物體表面跟抹布一樣具有一定粗糙度，且跟蓮花和荷葉一樣有細小的突起，因此引發我們的好奇心，想要著手來做所謂的「疏水塗料」。



## 貳、研究目的



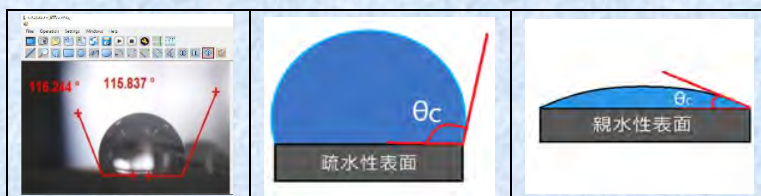
## 參、研究設備及器材

- 一、自製混亂氣流的自動開關、平行電場裝置、加熱裝置、降溫裝置、手動抽氣機。
- 二、瞬間膠、萬用箱、壓克力板、CD片、相機。

## 肆、研究過程及方法

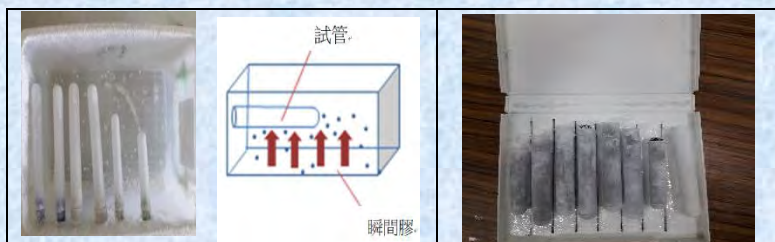
### 一、蒸鍍平面基板：

瞬間膠滴入萬用箱或瓶蓋底部，基板貼在箱蓋下方或蓋住瓶蓋，由底部蒸發出來的瞬間膠蒸氣朝上附著在基板。以固定大小的水珠滴在基板上，以手機放大鏡從側面拍攝水滴和基板的接觸照片，再使用 USB 顯微鏡附加的軟體測量其接觸角，接觸角 $>90^\circ$  為有疏水性。



### 二、蒸鍍塑膠試管：

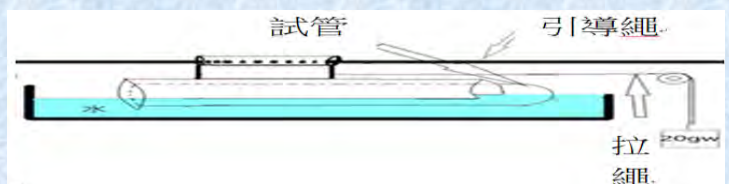
把塑膠試管固定在萬用箱或 CD 盒一半的高度，同方法一蒸鍍塑膠試管。



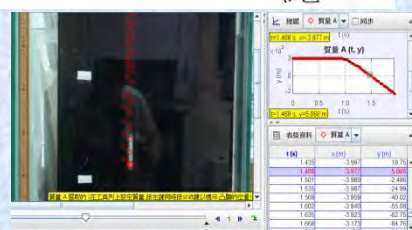
### 用萬用箱蒸鍍塑膠試管

### 用 CD 盒蒸鍍塑膠試管

(一) 將蒸鍍好的試管放在水面上，用 20 公克的砝碼拉動試管，接著利用相機拍攝，傳入 Tracker 進行追蹤，與無鍍試管比較速度。



(二) 水箱中放置一根玻璃管(1m)，將試管填充鋼珠，用熱熔膠封住管口，接著投放蒸鍍好



的試管進水箱，同實驗方法(一)，與無鍍試管進行速度的比較。

## 伍、研究結果

### (一) 利用萬用箱進行蒸鍍

#### 研究 1-1 改變不同基板，探討是否有疏水性

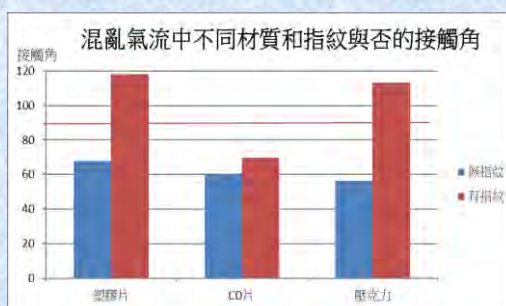
基板: 塑膠片、CD 片、壓克力



接觸角都超過 90 度，不同基板蒸鍍後都有疏水性，但蒸鍍後白化現象分佈不均。

#### 研究 1-2 使箱內氣流混亂，探討是否疏水性更佳

為了解決研究 1-1 蒸鍍分佈不均的問題，我們嘗試要讓蒸鍍箱內的氣流紊亂

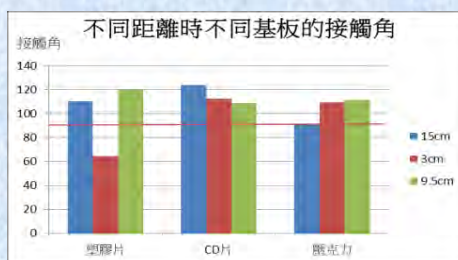


在實驗中，不慎留下指紋，因此有了兩個結果

- (1) 有指紋比無指紋蒸鍍狀況好且皆具有疏水性
- (2) 有指紋的分布十分不均
- (3) 無指紋的蒸鍍狀況不佳

#### 研究 1-3 改變瞬間膠與蒸鍍基板的距離，探討是否疏水性更佳

一個是增加距離(15cm)，另一個是減少距離(3cm)



整體而言，蒸鍍距離 9.5 公分的疏水效果最好。

註: 後來因為實驗反覆操作後，發現距離不是影響蒸鍍主因，蒸氣密度才是關鍵。

#### 研究 1-4 使用木板當基板，探討是否疏水性更佳

根據荷葉表面凹凸結構的暗示，因此試著以木板作為基板材料進行蒸鍍，蒸鍍後接觸角為  $116.55^\circ \sim 130^\circ$ ，接觸角比之前的基板大，且提升白化現象的均勻程度。



#### 研究 1-5 改變基板表面的粗糙度，探討是否有疏水性

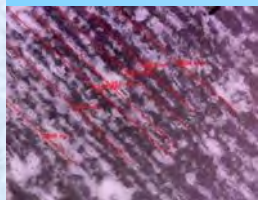
推測可能是因為粗糙度的關係而導致疏水性的產生，因此用不同型號砂紙磨擦壓克力基板後進行蒸鍍。砂紙型號: 240、1000、2000、7000。疏水效果有提升。



皆具有疏水性



### 研究 1-6 測試電場是否會影響瞬間膠的蒸鍍情形



平行電場裝置圖(上方為銅片、下方為鋁箔，電壓 30V)及蒸鍍結果。

由研究 1-5(240 號)照片中顯示蒸鍍後表面出現平行規律的紋路，令人懷疑瞬間膠蒸鍍的過程是否跟瞬間膠分子的極性有關，猜測瞬間膠會因分子間正負電互相吸引產生規律的排列，如果是，那麼我們在分子蒸鍍進行的途中施加一個電場，也許可以協助分子排列更整齊，以產生最佳的疏水性。

發現，整體蒸鍍結果不佳，基板上並無大量瞬間膠蒸鍍，而是在萬用箱內壁四周有明顯蒸鍍狀況。

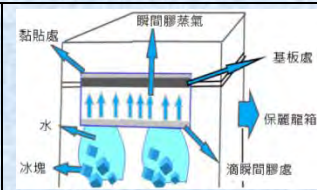
### 研究 1-7 探討提高溫度是否蒸鍍效果更佳

我們發現某些區域白化現象分佈較多，疏水性效果較佳，溫度升高時會導致瞬間膠蒸發加速，所以使用加熱的方法，提高蒸鍍箱的溫度(箱內溫度 40~42°C)。

### 研究 1-8: 探討降低溫度是否疏水性更佳

因為加熱並無使疏水性更佳，因此做了降溫實驗(箱內溫度 17-22°C)。

### 研究 1-9 真空狀態是否影響蒸鍍狀況



加熱裝置內

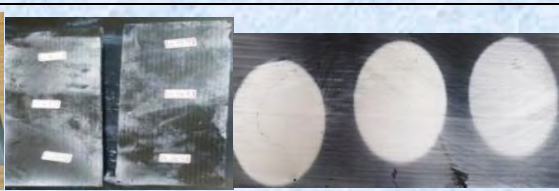
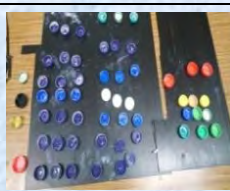
降溫裝置示意圖

真空裝置

以上三種蒸鍍效果很差、故省略。

### (二) 使用瓶蓋進行蒸鍍

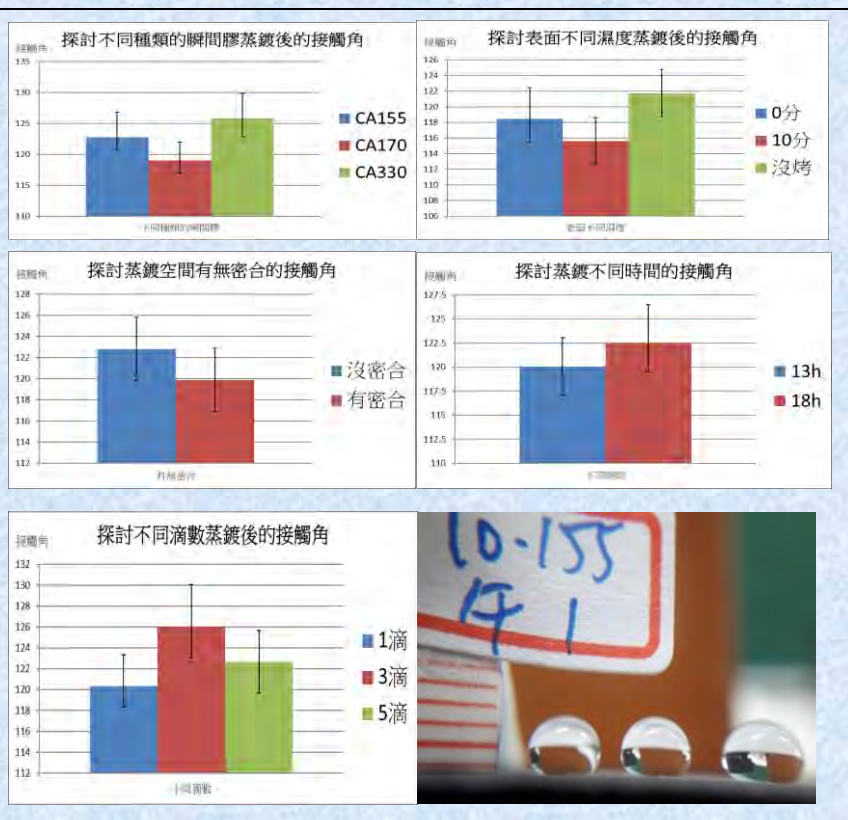
因為萬用箱中的蒸鍍速率很慢，蒸鍍後白化現象分佈不均。我們試著縮小蒸鍍空間，在瓶蓋上覆蓋黑色塑膠瓦楞板當基板。



以上是蒸鍍用的瓶蓋及基板和在基板呈現的白化瞬間膠，大幅改善蒸鍍結果

於是我們更有效控制蒸鍍結果，可以進行更多變因探討：

1. 瞬間膠型號：某廠牌的 CA155, CA170, CA330(數字大代表溶劑丙酮少)。
2. 熱風槍烤基板降低溼度，或是靜待 10 分鐘使其恢復溼度。
3. 瓶蓋和基板若無密合，丙酮和瞬間膠可由基板下方溢出。
4. 進行蒸鍍的時間不同，此為假設瞬間膠固化時間需要很久。
5. 不同的瞬間膠滴數，代表不同的蒸發速率。



以上結果可以發現：以接觸角(疏水性)排序：

1. CA330 > CA155 > CA170，溶劑丙酮的含量影響蒸鍍效果。
2. 沒烤 > 0 分 > 10 分，基板表面的溼度和溫度影響蒸鍍效果。
3. 沒密合 > 有密合，丙酮蒸氣流動方式影響蒸鍍效果。
4. 18hr > 13hr，蒸鍍時間持續愈久蒸鍍效果愈好。
5. 3 滴 > 5 滴 > 1 滴，蒸鍍的速率和厚度和蒸鍍效果有關。

### 研究 2-1: 基板蒸鍍結束，後製的處理方式(清除小細毛)

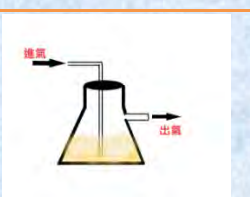
#### 方法 1-使用熱風槍吹烤鍍好的基板表面 (117°C)



烤前角度 119.106

烤後角度 129.933

#### 方法 2-丙酮蒸氣吹鍍好的基板表面



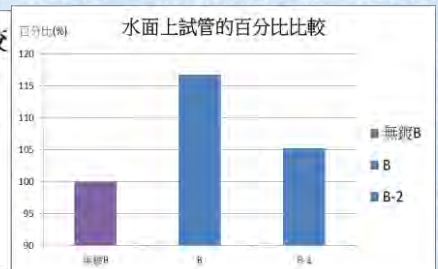
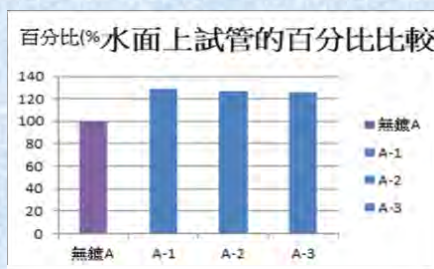
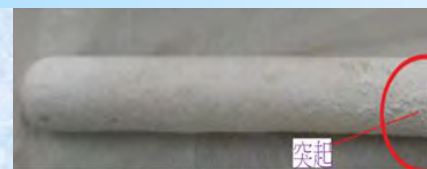
後製前 107.13°

後製後 120.999°

丙酮吹氣示意圖

### 研究 2-2 比較試管在水面上移動的速度差異

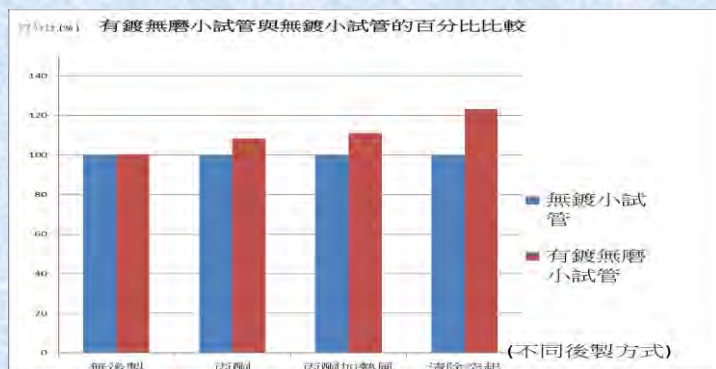
- A 直徑 11mm，長 60mm 試管
- B 直徑 11mm，長 75mm 試管
- C 直徑 12mm，長 100mm 試管
- D 直徑 14mm，長 100mm 試管



水面上移動的試管和無鍍的對照組試管做比較

### 研究 2-3 比較試管在水中移動的速度差異

有鍍有磨中試管及有鍍無磨小試管在經由後製的處理下，效能逐漸提升。



從此圖可發現：小試管不論在任何後製方式處理後的速度都大於無鍍小試管。

丙酮吹氣-速度增加 8%

丙酮加熱風-速度增加 11%

清除突起-速度增加 23%



無鍍試管及有鍍試管在同時間的位置比較

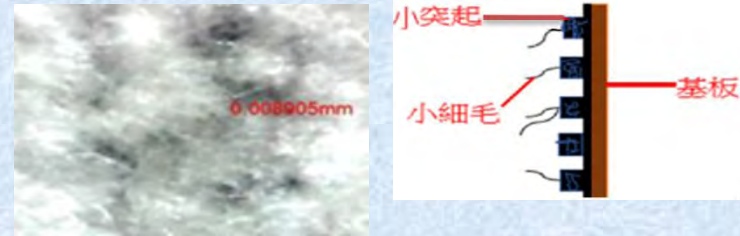
### 陸、討論

#### 一. 蒸鍍前先檢測基板有無疏水性

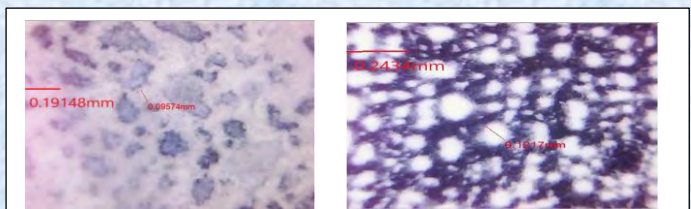
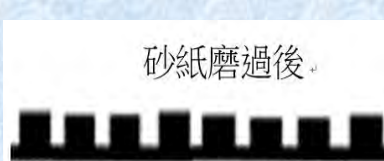
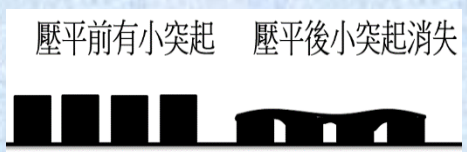
蒸鍍前的基板皆無疏水性，表示自製樣品的疏水性是來自我們蒸鍍的作用。由右圖可知，固化的瞬間膠和砂紙磨擦後造成的瞬間膠凹凸表面亦無疏水性，表示疏水性是來自白化現象。



二. 蒸鍍後的白化表面似乎是由無數的纖維交織而成的結構，表面有非常多小突起。只要交織得均勻且緊密，它在水中將因水的表面張力使水不會入侵此交織的結構內部。

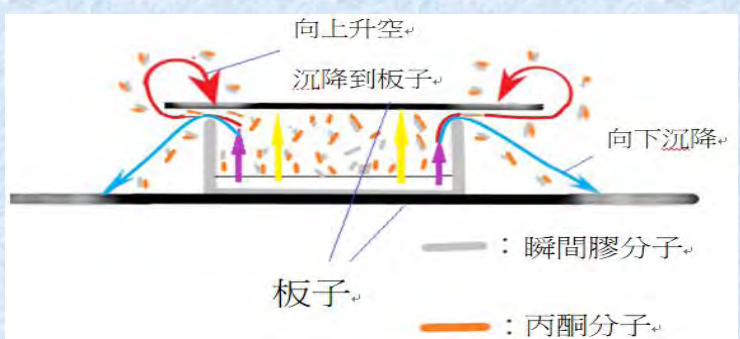


用塑膠尺刮磨蒸鍍後的白化表面，壓平小突起後疏水性消失，若蒸鍍表面過於平整而不具疏水性，可用砂紙磨擦使產生疏水性。證明疏水性是由瞬間膠白化現象所產生的突起結構造成的。



左圖為疏水性良好的樣品，右圖蒸鍍量少，突起之間距離過大而疏水性差。

三. 瓶蓋蒸鍍黑色塑膠瓦楞板，以下圖模型說明：



1. CA330 > CA155 > CA170 (接觸角)

可能是 CA330，溶劑丙酮量少，較不易把瞬間膠分子往外帶，CA155 在瞬間膠固化前，快速蒸發上基板。

2. 沒烤 > 0 分 > 10 分 (接觸角)

沒烤過的基板溼度較高，蒸鍍上基板的瞬間膠分子多，白化現象較明顯。因此後來蒸鍍試管之前，將試管先以熱水的蒸氣稍微蒸過，可大幅提升蒸鍍速率和均勻度。烤完後立即蒸鍍的基板，可能因溫度較高，瞬間膠分子容易固化，蒸鍍效果較好。

3. 沒密合 > 有密合 (接觸角)

沒密合的，丙酮會往外帶，使瞬間膠分子能向上碰撞基板的機率增加。有密合的情形，丙酮不易往外，且瞬間膠分子較重而易沉降，不易向上附著在基板上。

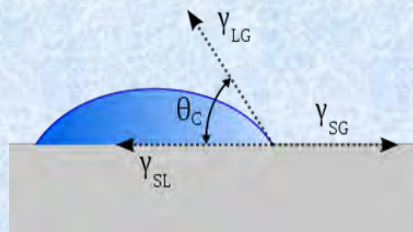
4. 18hr > 13hr (接觸角)

蒸鍍時間長，瞬間膠分子蒸鍍上基板的數量較多。

5. 3 滴 > 5 滴 > 1 滴 (接觸角)

5 滴的太厚且平整，較無凹凸表面，故接觸角小。

根據 Young's equation:  $\gamma_{SL} + \gamma_{LG} \cos \theta_c = \gamma_{SG}$



圖片來源:

[https://en.wikipedia.org/wiki/Contact\\_angle](https://en.wikipedia.org/wiki/Contact_angle)

$\gamma_{SL}$  是固液體間表面張力；

$\gamma_{LG}$  是液氣體間表面張力；

$\gamma_{SG}$  是固氣體間表面張力。

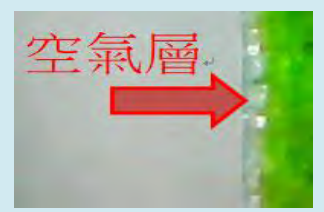
接觸角  $\theta_c$  愈大， $\gamma_{SL}$  愈大，液體和固體間附著力變小，水珠不易黏著於物體表面，同理，物體在水中移動時阻力也會變小。

五. 從瓶蓋蒸鍍實驗可得知主要關鍵為蒸氣密度，我們利用 CD 盒進行試管蒸鍍試管，蒸鍍效果大幅提升。

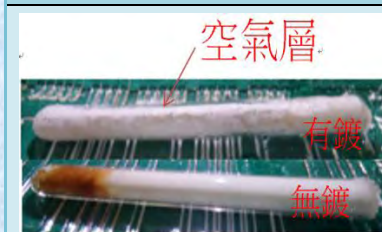
六. 在水中的荷葉和蒸鍍好的試管上有亮亮的表面，推論表面具有空氣層造成部分光線的全反射。這樣水在空氣層上移動，不會與試管摩擦，導致速率能提升。



荷葉與葉子實際比較圖



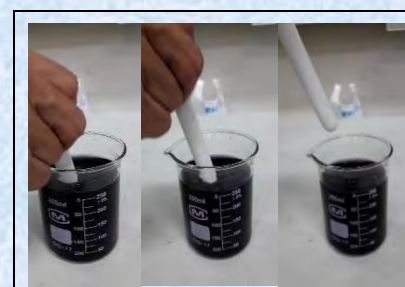
荷葉表面有透明角質小突起和空氣層



試管空氣層實際比較圖



試管空氣層示意圖



試管疏水性佳，放入墨水後再拉出，表面仍無水珠殘留。

不過如果蒸鍍情狀不好，水會入侵此纖維交織的結構內部，且因表面的凹凸而增加了水的阻力。蒸鍍效果將決定此物體在水中移動的效率。如果能改變瞬間膠附著在物體表面的方法，例如：高壓噴霧，相信採用瞬間膠當物體疏水性表面是一個有潛力的材料。

### 柒、結論

1. 有指紋處(水分較多處)，瞬間膠分子容易被吸附並固化，導致具有疏水性但分布不均。
2. 表面粗糙的基板，蒸鍍後疏水效果較佳。
3. 蒸鍍後的物體表面如果有較長的小細毛，它會刺進水的表面，導致疏水性降低。用熱風吹烤或用丙酮蒸氣吹拂白化表面，可去除小細毛增加疏水性。
4. 蒸鍍太厚會導致表面平坦而不具疏水性。可用砂紙磨擦，表面粗糙就具備疏水性。
5. 疏水性物體表面和水之間有一層空氣，瞬間膠的蒸氣密度愈大，蒸鍍效果愈好，在水中空氣層面積愈大，阻力愈小，且行進路線筆直，速率也會快。
6. 水面上移動的蒸鍍試管試管，速率可提升達 26%；投入水中下沉的蒸鍍試管，速率可提升達 23%。