

中華民國第 51 屆中小學科學展覽會 作品說明書

高中組 化學科

第三名

040213

翻滾吧！小水滴—超疏水表面製備及應用

學校名稱：國立臺南第一高級中學

作者： 高二 陳俞涵 高二 陳怡蓁	指導老師： 林佑婷
-------------------------	--------------

關鍵詞：表面改質、超疏水、耐酸鹼

摘要

爲了研究超疏水的應用價值，我們首先運用溶膠凝膠法製備超疏水溶液，並利用浸潤的方式將基材表面進行改質。透過控制各項變因觀察其超疏水效果與耐酸鹼程度，結果發現超疏水溶液的製備條件以攪拌 20 小時、乾燥 1.5 小時效果最佳。以此配製條件下將超疏水溶液應用於鐵釘的防鏽，實驗結果發現鐵釘表面塗佈超疏水溶液後有助防止其生鏽。另外，爲了增加基材表面塗佈超疏水溶液後的實用性，我們利用不同溶劑將超疏水溶液稀釋以期增加基材透光度，實驗結果發現若選用丙酮做爲稀釋液則透光度效果最佳。

壹、研究動機

迄今有相當多關於製備超疏水表面的研究，此乃因超疏水表面具有自潔的特性，可以應用在許多方面，例如玻璃、天線、雨衣等。然而測試超疏水表面的液體大部分爲中性的水，且所改質的物體也大部分爲玻璃。因此，本實驗首先乃針對表面改質後的玻片，進行一系列耐酸鹼程度的探討，同時也將實驗延伸至金屬表面改質並探討是否可提升抗氧化。另外，因爲一般超疏水溶液進行表面塗佈後大多爲不透明的，爲了增強其後續的應用價值，我們希望改善塗佈後基材的透光度，以其增加應用的價值。

貳、文獻討論

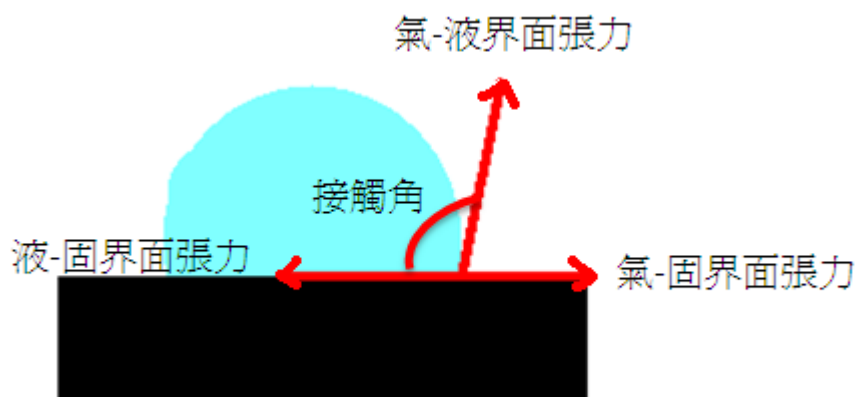
一、超疏水定義：一般以接觸角 150° 爲界線，大於 150° 即可稱爲超疏水，當滾動角或遲滯角小於 10° 時亦可稱爲超疏水。

滾動角：將物體表面傾斜一個角度時，液珠恰開始滾動時的角度。

遲滯角：前進角與遠離角的差值。

前進角：液珠開始移動的瞬間，液珠前進而與表面接觸的角度。

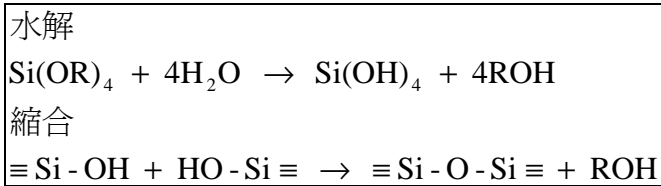
遠離角：液珠離開表面的角度。



二、超疏水層的製作：溶膠-凝膠法 (Sol-gel reaction)

1. 溶膠(sol)即是大小約 $1\sim 100\text{nm}$ 的膠體粒子，粒子以布朗運動的方式均勻分散在溶液中。當反應的過程中，粒子間不穩定的互相碰撞而產生聚合，最終可得一網狀聚合物。當網狀聚合物持續的反應時，溶液黏度隨著聚合程度而上升而形成凝膠(gel)狀態。溶

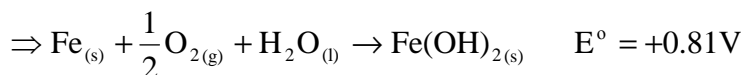
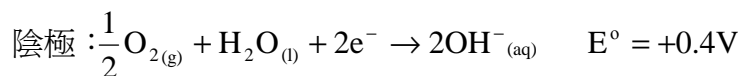
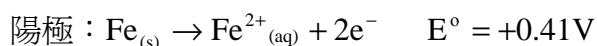
膠-凝膠法主要是利用金屬烷氧化物($M(OR)_n$)經過水解與縮合反應形成三維網狀結構。



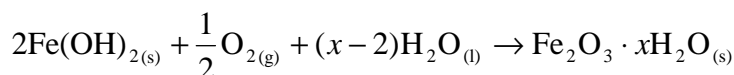
2. Seong H. Kim 將製備超疏水的方法分為三類：(1)增加低表面能物質之粗糙度。(2)製備粗糙表面並加以改質。例如：Xiu等人對基材表面進行刻蝕，並使其表面改質。(3)沉積低表面能物質使堆疊為粗糙表面。我們使用的方法是第三類。
3. 根據國立成功大學化學工程學系碩士論文「利用氣-液及液-液溶膠-凝膠法製備超疏水表面」中配製超疏水溶液所使用的液-液溶膠-凝膠法，在TEOS、Ethanol、 H_2O 、 NH_3 中，另外加入APTES 0.1M，但是因為 SiO_2 分布不均，因此不加入催化劑(NH_3)。同時為了使表面更加緻密，改成分段加入上述的反應物。最後得到以TEOS、Ethanol、 H_2O 、APTES所配製的超疏水溶液配方。因氣-液溶膠-凝膠法實驗過程較為複雜，因此我們實驗中選擇使用液-液溶膠-凝膠法製備超疏水表面。
4. 反應參數對溶膠-凝膠法的影響
 - (1) 金屬烷氧化物的選擇：選用TEOS是因為矽的電子軌域為填滿的，所以與其他金屬烷氧化物(如Al)比較，反應性降低，又隨著取代基碳數之增加，易造成立體障礙，故其反應進行水解及縮合的過程中較易控制。
 - (2) 反應環境的pH值的影響：酸性環境下水解速率變快，縮合速率變慢，且對於 SiO_2 的溶解度較低，所以易生成小粒徑且網狀結構的產物；若在鹼性環境下，則水解速率變慢，縮合速率變快，且 SiO_2 的溶解度較高，故容易生成大粒徑的顆粒狀產物。
 - (3) 水含量對溶膠-凝膠法的影響：在反應初始時，水扮演著水解反應中反應物的角色，而在縮合反應的過程中則扮演著生成物的角色，因此水量的多寡會造成水解反應速率的差異以及縮合反應的進行。若 $H_2O/TEOS = 1\sim 2$ 則水量不足以使TEOS完全水解，所以產物中易有未水解之烷氧官能基，容易造成不透明。若 $H_2O/TEOS = 4\sim 10$ 能夠使TEOS完全水解，所形成之 SiO_2 密度較大。若 $H_2O/TEOS > 25$ 則反應中的TEOS會完全水解，且水量過多會抑制縮合反應的進行，所以最終所得的 SiO_2 之粒徑相對較小。
 - (4) 溶劑對溶膠-凝膠的影響：因為TEOS與水不易互溶，為了避免反應不均勻，所以添加一個乙醇溶劑使反應在均勻相中進行。

三、鐵生鏽

一般在空氣中具有潮濕的水氣下易使鐵生鏽



氫氧化亞鐵進一步氧化



四、常見的防鏽的方法

1. 鐵上鍍鋅或錫
2. 陰極保護法：若以一塊氧化電位高於鐵的金屬(如鋁、鎂、鋅) 以導線與鐵連接在一起，使鐵成爲陰極就不會被氧化，則可以達到防蝕的目的。
3. 塗油漆或油脂以隔絕空氣和水

參、研究目的

- 一、利用表面改質使玻片具有超疏水性質，控制溶液攪拌時間及玻片乾燥時間來觀察其對耐酸鹼程度的影響。
- 二、以酸(HCl)和鹼(KOH)不同濃度的水溶液滴在表面改質後的玻片上，測量其接觸角並以去離子水爲對照組，觀察其超疏水性質耐酸鹼程度的變化。
- 三、將鐵釘表面塗佈超疏水溶液，觀察其生鏽程度並與對照組比較。
- 四、利用不同溶劑將超疏水溶液稀釋以期增加基材透光度。

肆、研究設備、器材及藥品

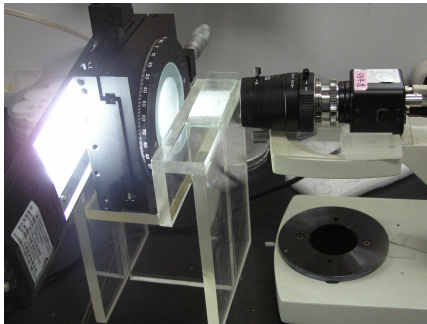
一、器材及設備

- (一) 玻片
- (二) 量筒
- (三) 電子天枰
- (四) 攝影器材
- (五) 紫外線/可見光光譜儀
- (六) 計時器
- (七) 電腦
- (八) pickpick 程式
- (九) 電磁加熱攪拌器
- (十) 迴紋針
- (十一) 小紙箱

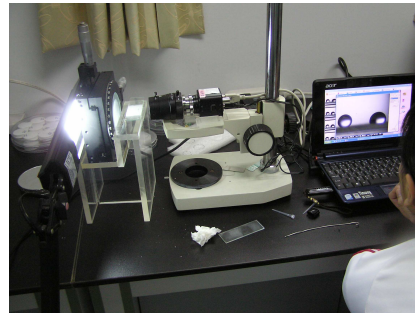
(十二)烘箱

(十三)滴管

(十四)鐵釘



攝影器材



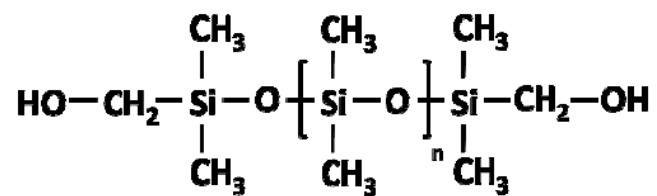
攝影器材



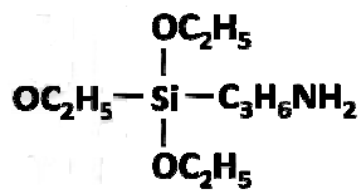
紫外線/可見光光譜儀

二、藥品

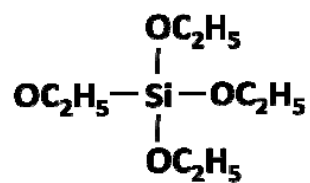
(一) Polydimethylsiloxane, Dihydroxy terminated (PDMS(OH))



(二) 3-氨基丙基三乙氧基矽烷 (3-Aminopropyl)triethoxysilane (APTES)

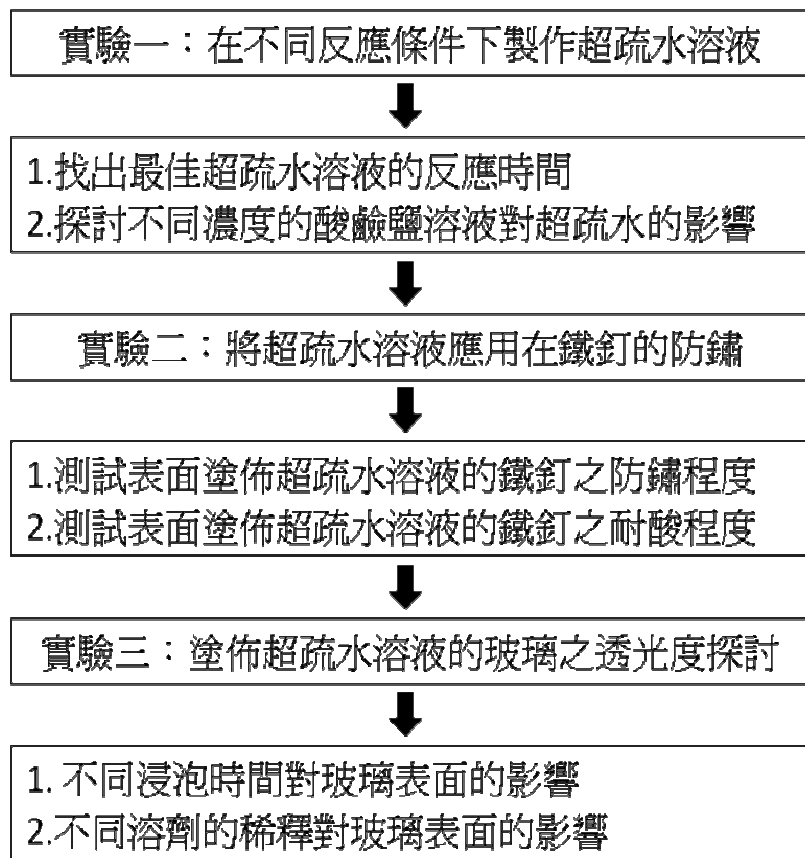


(三) 四乙基原矽酸鹽 Tetraethyl orthosilicate (TEOS)



- (四) 乙醇
- (五) 12MHCl 溶液
- (六) KOH
- (七) 洋菜膠
- (八) 赤血鹽
- (九) 酚酞
- (十) 丙酮
- (十一)正己烷

伍、研究實驗流程



陸、研究過程、結果與討論

一、溶液配製

(一)超疏水溶液配製

1. 取乙醇 26.86g、TEOS 3.34g、PDMS(OH) 0.71g 於樣品瓶中並攪拌 15 分。
2. 再加入 APTES 3.54g 並攪拌 15 分。
3. 最後加入 H₂O 1.99g 並攪拌一段時間，即完成超疏水溶液的配製。

(二)HCl 溶液

稀釋 12MHCl 溶液，使其成爲 6MHCl 溶液，保留一部分溶液做實驗用，剩餘溶液再稀釋濃度爲 5M、4M、3 M、2 M、1 M、0.5 M 和 0.1M。

(三)KOH 溶液

以電子天平稱量 3.36 克的 KOH，先以少量水使其溶解後倒入量筒，加水至 10ml，配製成 6MKOH，保留一部分溶液做實驗用，剩餘溶液再稀釋濃度爲 5M、4M、3 M、2 M、1 M、0.5 M 和 0.1M。

(四)洋菜膠製備

- 1.取 200ml 水煮沸後加入洋菜粉 2g，攪拌至均勻溶解。
- 2.溶液中加入 1M 赤血鹽 $K_3[Fe(CN)_6]$ 15 滴和 0.1% 酚酞 3 滴，拌勻。

二、接觸角測量方法

- (一)裝設攝影器材。
- (二)將攝影機鏡頭連接至電腦。
- (三)把玻片擺好並對焦後，以滴管滴入 10 μ L 的液滴，滴入後同時按下計時器並拍第一張照片。
- (四)將液滴的變化以計時器計時每三十秒拍一張，共拍兩分半鐘。
- (五)以 pickpick 程式中的量角器量取照片中液滴的接觸角。

三、實驗一：在不同反應條件下製作超疏水溶液

(一) 超疏水溶液攪拌時間的探討

1.實驗目的與原理：

- (1)探討超疏水溶液是否會因攪拌時間的不同而影響 SiO_2 的粒徑大小
- (2)找出理想的超疏水溶液反應時間

2.實驗步驟：

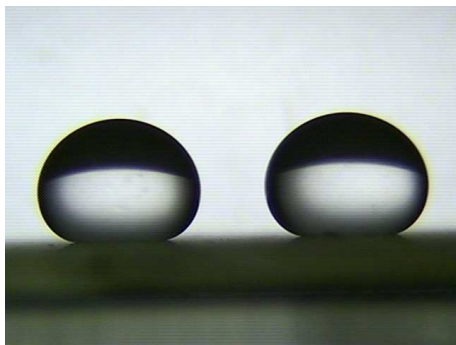
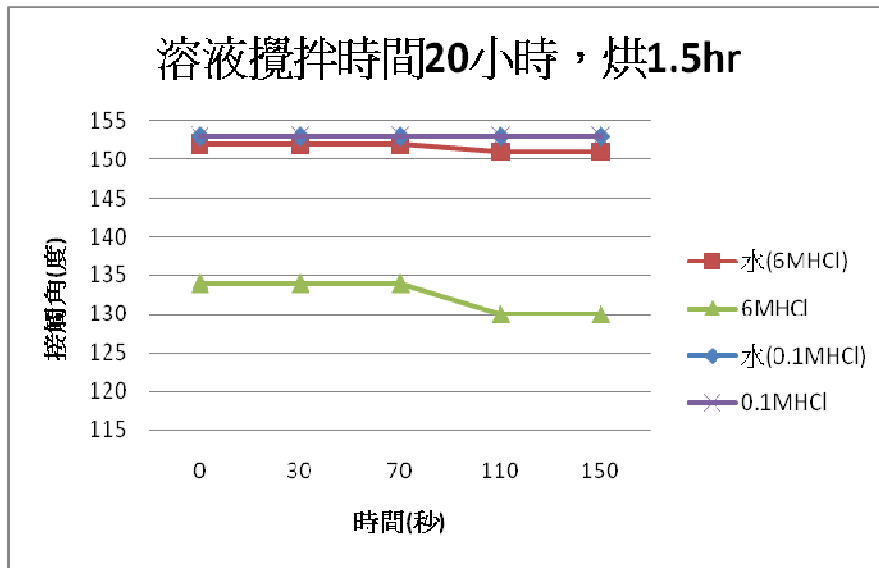
- (1)將已配製好的超疏水溶液以電磁加熱攪拌器分別攪拌 20hr、44hr、68hr、92hr。
- (2)將玻片分別浸入溶液中，再拿出以迴紋針夾住，將迴紋針套入鐵絲後掛在上方有開口的小紙箱中
- (3)放入烘箱烘 1.5hr。
- (4)取出紙箱並將玻片擺在攝影位置。
- (5)在不同玻片上先滴上水後，再分別滴上 6M 的 HCl 及 KOH 溶液。
- (6)依上述量測接觸角方式量測其接觸角變化。

3.實驗結果

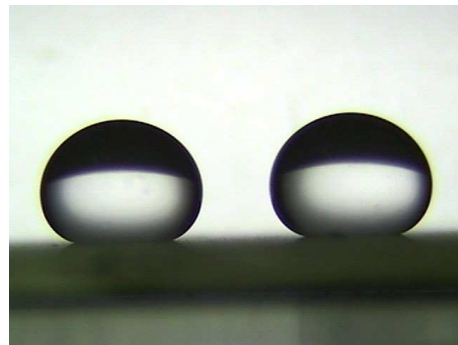
(1) 變因：溶液攪拌時間 20 小時、烘 1.5hr、HCl 之接觸角

液滴 接觸角 濃度	第一張		第四張		第八張		第十二張		第十六張	
	水	HCl	水	HCl	水	HCl	水	HCl	水	HCl
0.1M	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153
6M	152	134	152	134	152	134	151	130	151	130

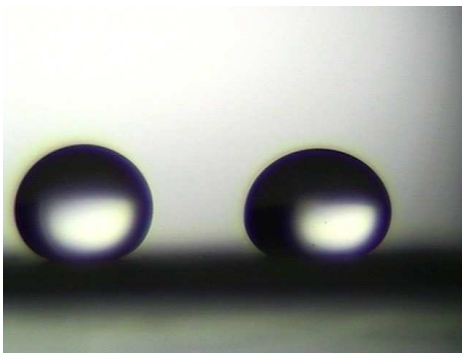
(每張圖左邊皆爲水滴，右邊爲該特定液滴)



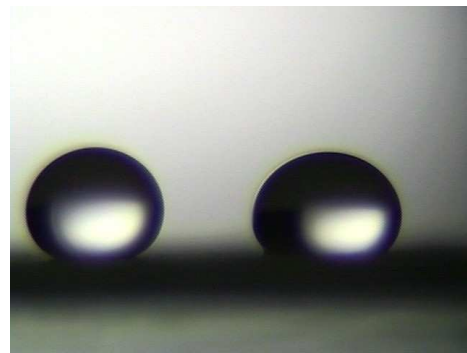
攪拌時間 20hr 0.1M HCl 第一張



攪拌時 20hr 0.1M HCl 第十六張



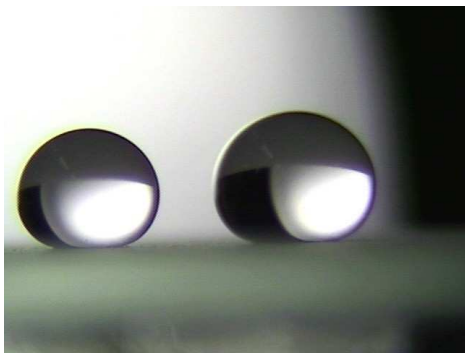
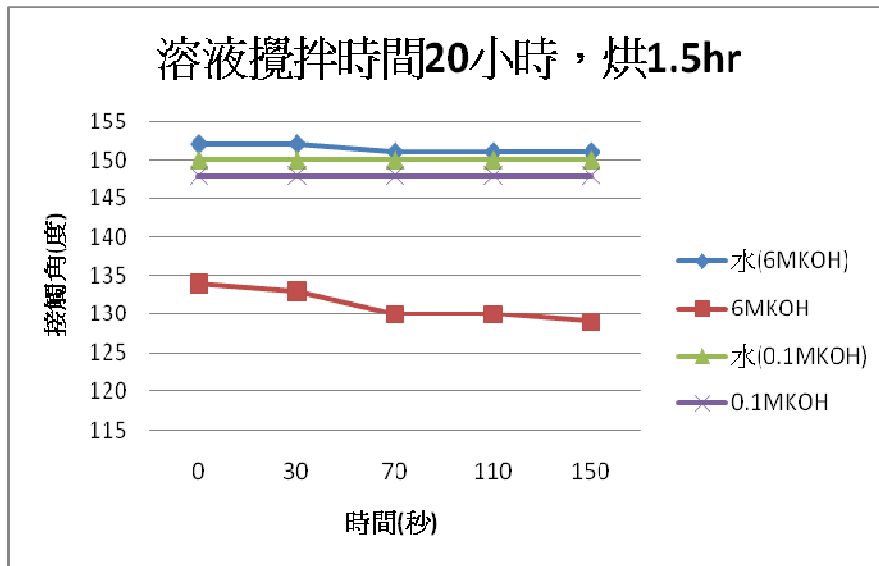
攪拌時間 44hr 6M HCl 第一張



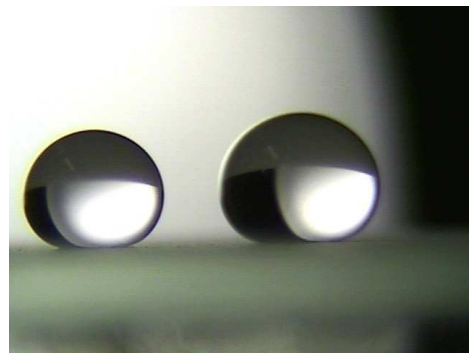
攪拌時間 44hr 6M HCl 第十六張

變因：溶液攪拌時間 20 小時、烘 1.5hr、KOH 之接觸角

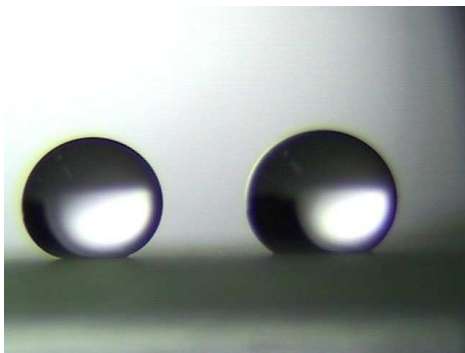
液滴 接觸角 濃度	第一張		第四張		第八張		第十二張		第十六張	
	水	HCl	水	HCl	水	HCl	水	HCl	水	HCl
0.1M	150	148	150	148	150	148	150	148	150	148
6M	152	134	152	133	151	131	151	130	151	129



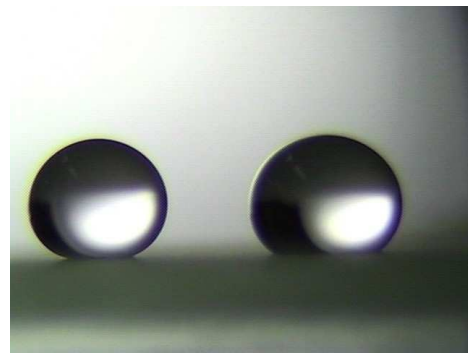
攪拌時間 20hr 0.1M KOH 第一張



攪拌時間 20hr 0.1M KOH 第十六張



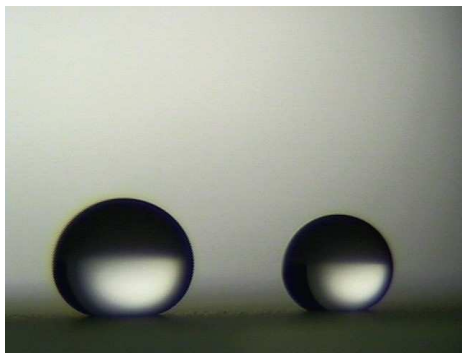
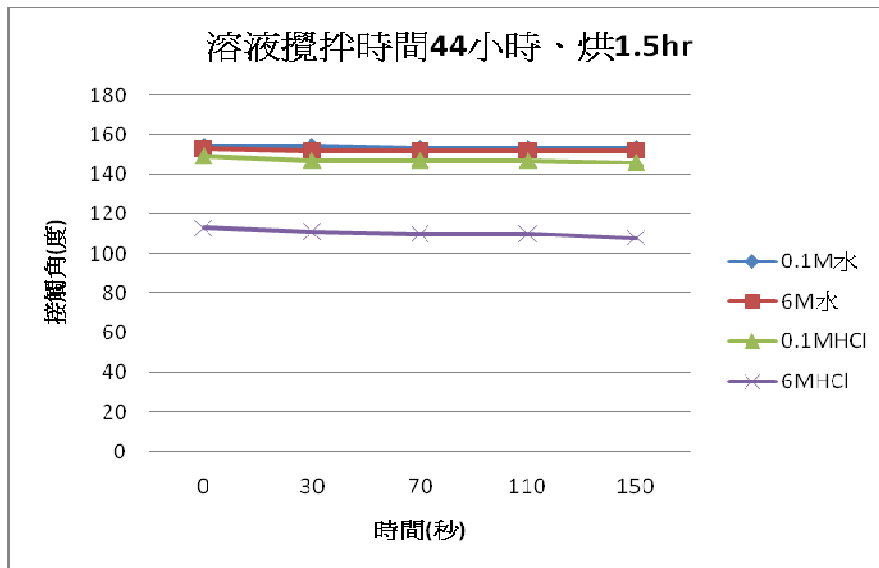
攪拌時間 20hr 6M KOH 第一張



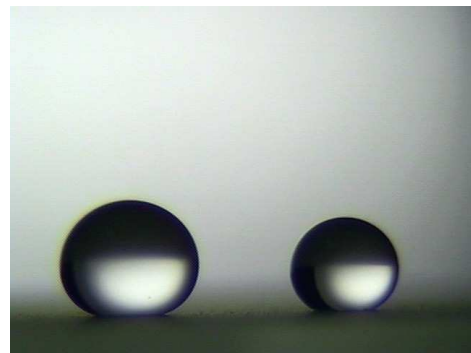
攪拌時間 20hr 6M KOH 第十六張

(2) 變因：溶液攪拌時間 44 小時、烘 1.5hr、HCl 之接觸角

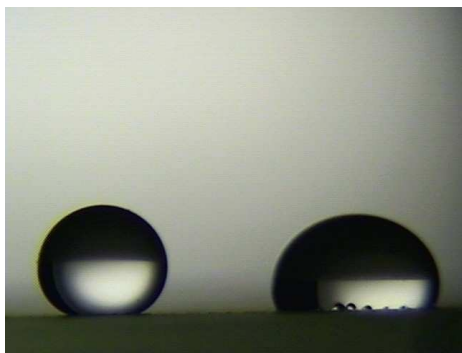
液滴 接觸角 濃度	第一張		第四張		第八張		第十二張		第十六張	
	水	HCl	水	HCl	水	HCl	水	HCl	水	HCl
0.1M	154	149	154	147	153	147	153	147	153	146
6M	153	113	152	111	152	110	152	110	152	108



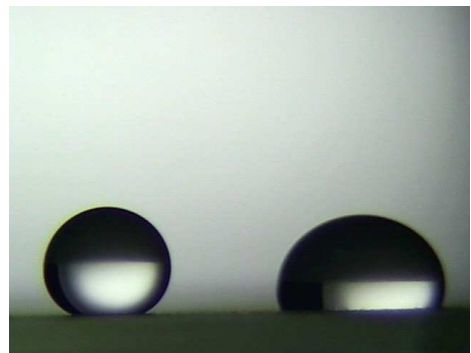
攪拌時間 44hr 0.1M HCl 第一張



攪拌時間 44hr 0.1M HCl 第十六張



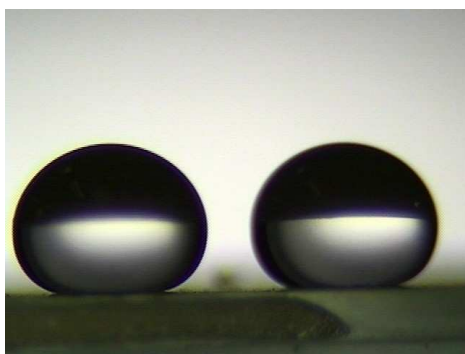
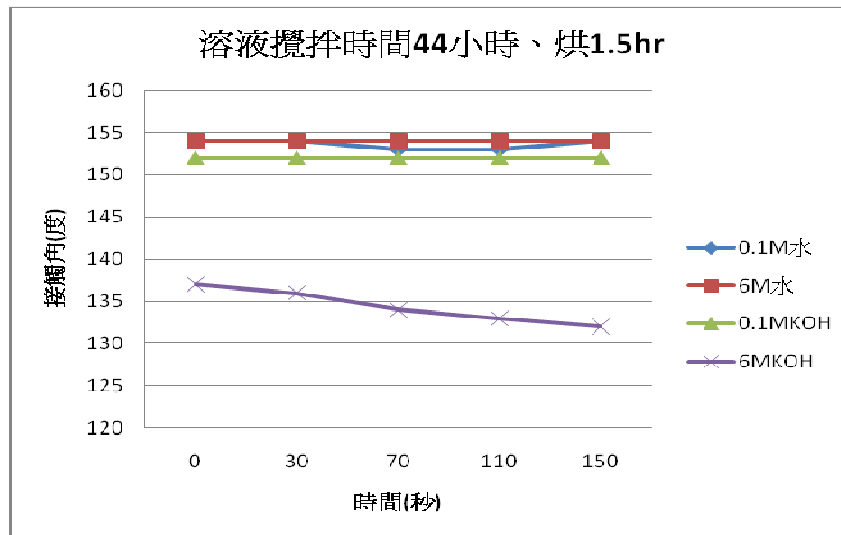
攪拌時間 44hr 6M HCl 第一張



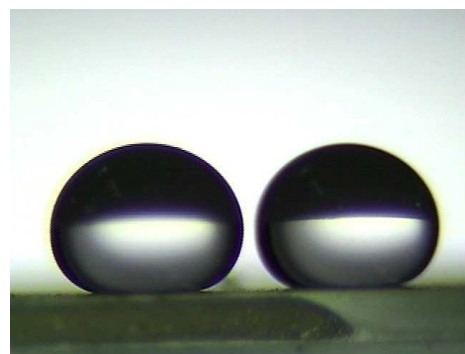
攪拌時間 44hr 6M HCl 第十六張

變因：溶液攪拌時間 44 小時、烘 1.5hr、KOH 超疏水之接觸角

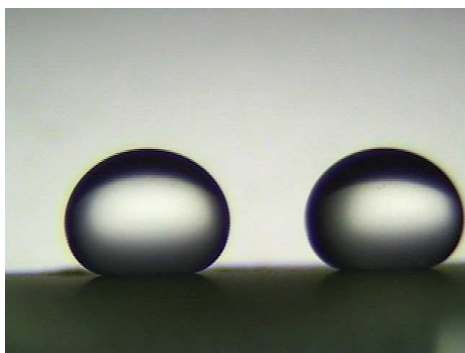
液滴 接觸角 濃度	第一張		第四張		第八張		第十二張		第十六張	
	水	KOH	水	KOH	水	KOH	水	KOH	水	KOH
0.1M	154	152	154	152	154	152	154	152	154	152
6M	154	137	154	136	154	134	154	133	154	132



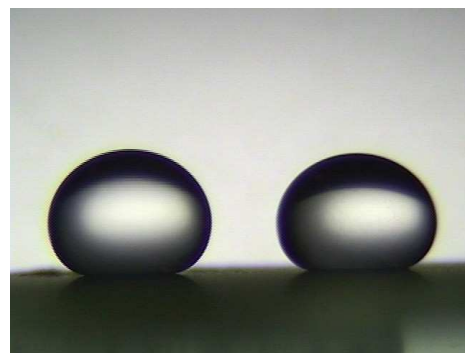
攪拌時間 44hr 0.1M KOH 第一張



攪拌時間 44hr 0.1M KOH 第十六張



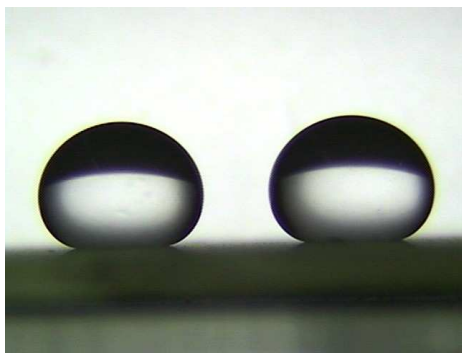
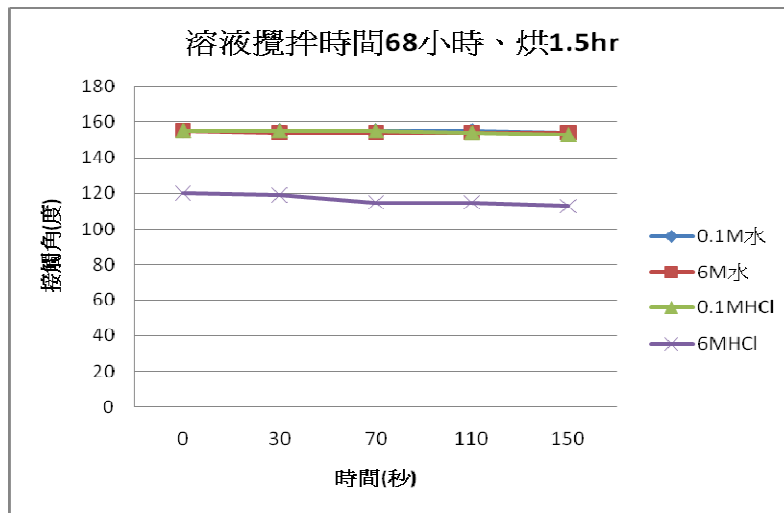
攪拌時間 44hr 6M KOH 第一張



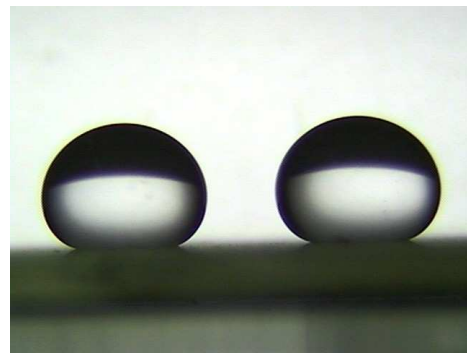
攪拌時間 44hr 6M KOH 第十六張

(3) 變因：溶液攪拌時間 68 小時、烘 1.5hr、HCl 之接觸角

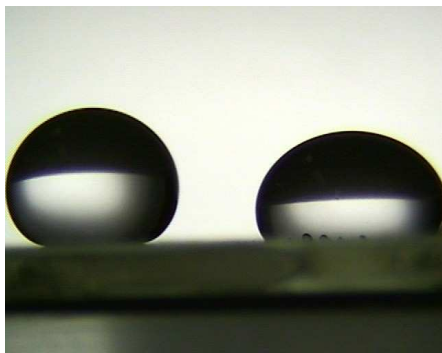
液滴 接觸角 濃度	第一張		第四張		第八張		第十二張		第十六張	
	水	HCl	水	HCl	水	HCl	水	HCl	水	HCl
0.1M	155	155	155	155	155	155	155	154	154	153
6M	155	120	154	119	154	115	154	115	154	113



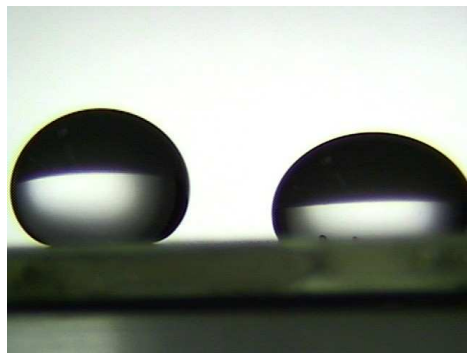
攪拌時間 68hr 0.1M HCl 第一張



攪拌時間 68hr 0.1M HCl 第十六張



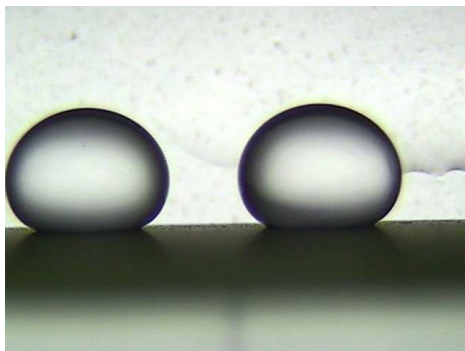
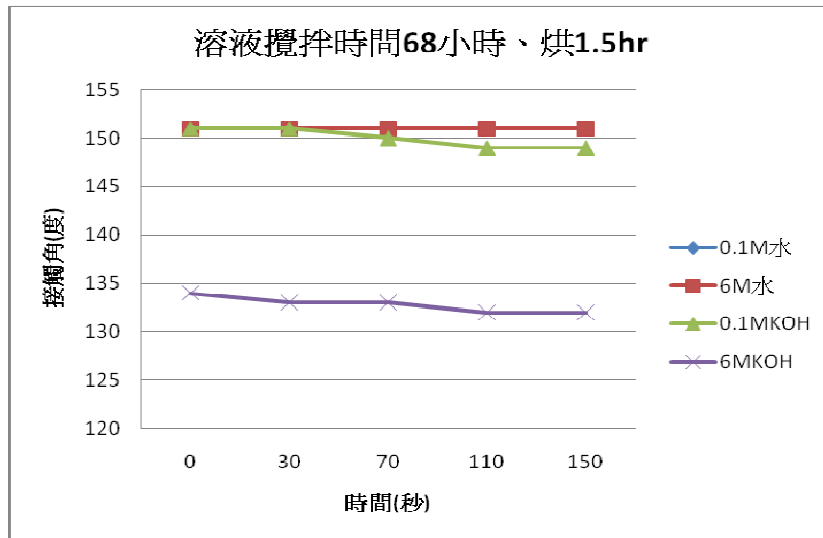
攪拌時間 68hr 6M HCl 第一張



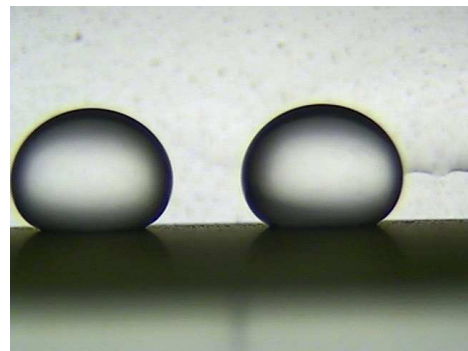
攪拌時間 68hr 6M HCl 第一張

變因：溶液攪拌時間 68 小時、烘 1.5hr、KOH 超疏水之接觸角

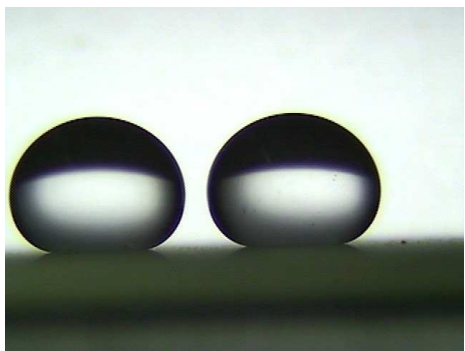
液滴 接觸角 濃度	第一張		第四張		第八張		第十二張		第十六張	
	水	KOH	水	KOH	水	KOH	水	KOH	水	KOH
0.1M	151	151	151	151	151	150	151	149	151	149
6M	151	134	151	133	151	133	151	132	151	132



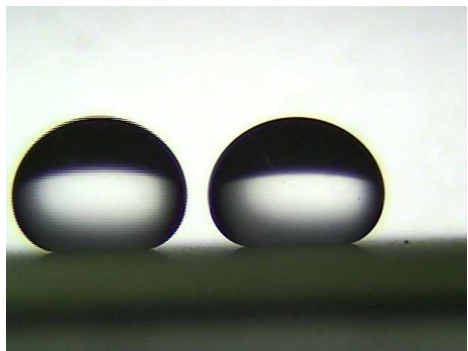
攪拌時間 68hr 0.1M KOH 第一張



攪拌時間 68hr 0.1M KOH 第十六張



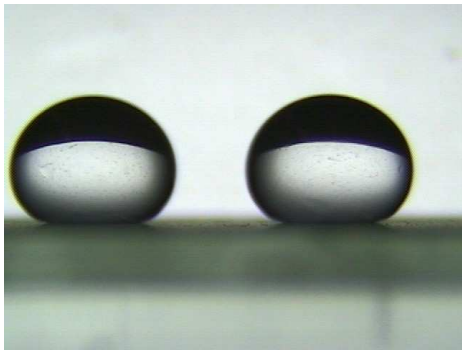
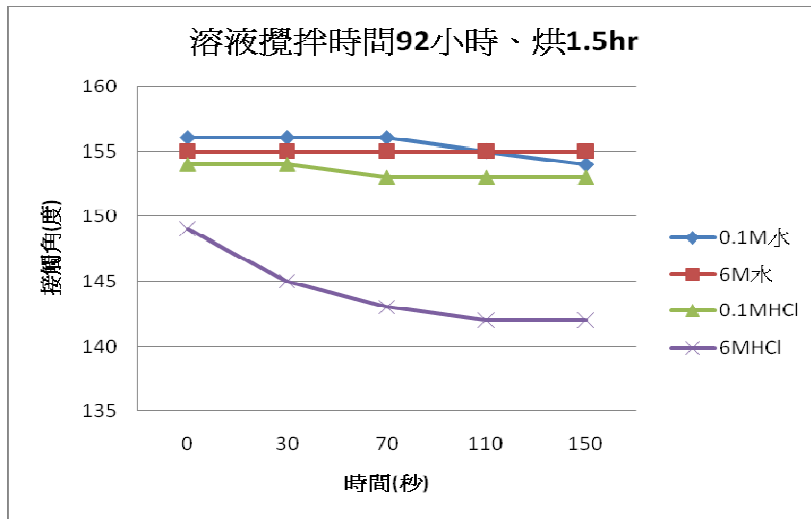
攪拌時間 68hr 6M KOH 第一張



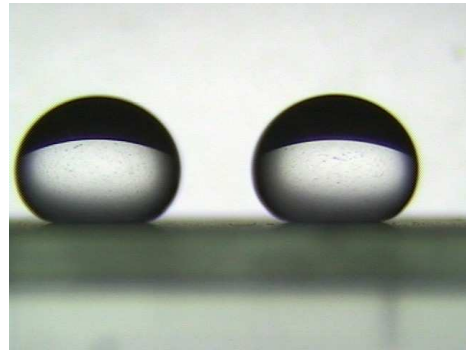
攪拌時間 68hr 6M KOH 第十六張

(4) 變因：溶液攪拌時間 92 小時、烘 1.5hr、HCl 之接觸角

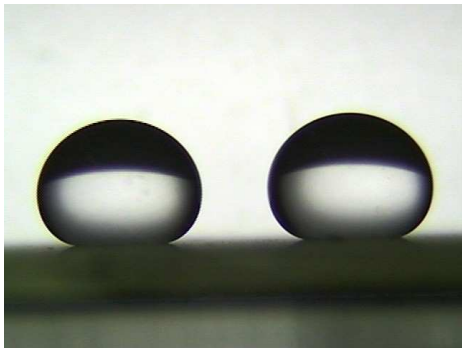
液滴 接觸角 濃度	第一張		第四張		第八張		第十二張		第十六張	
	水	HCl	水	HCl	水	HCl	水	HCl	水	HCl
0.1M	156	154	156	154	156	153	155	153	154	153
6M	155	149	155	145	155	143	155	142	155	142



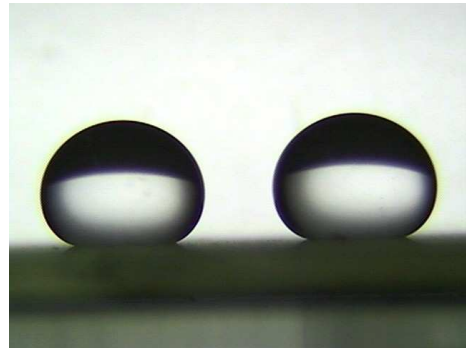
攪拌時間 92hr 0.1M HCL 第一張



攪拌時間 92hr 0.1M HCL 第十六張



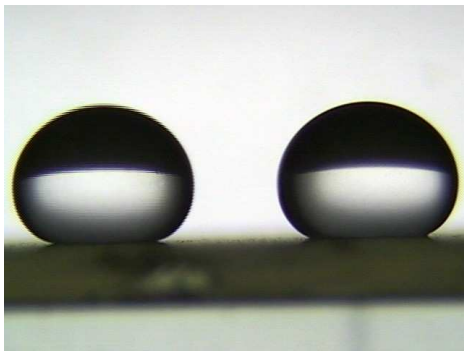
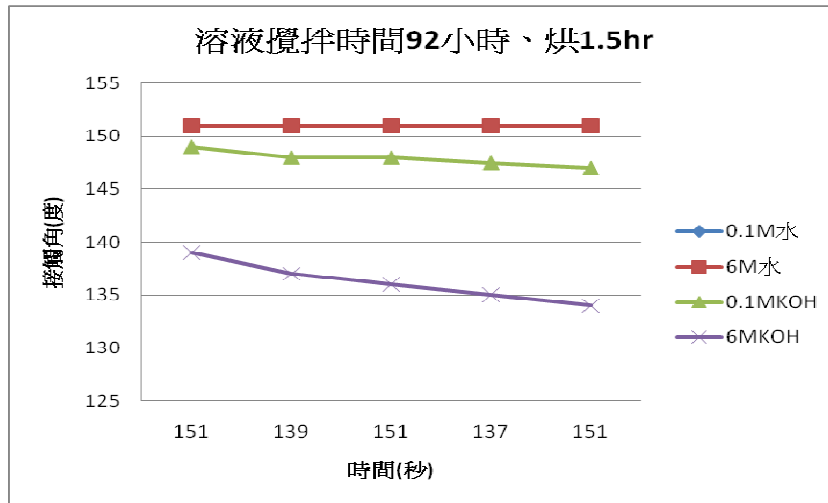
攪拌時間 92hr 6M HCL 第一張



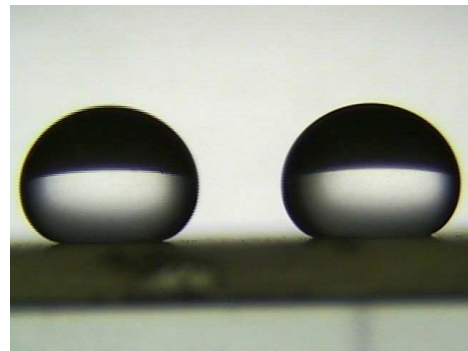
攪拌時間 92hr 6M HCL 第十六張

變因：溶液攪拌時間 92 小時、烘 1.5hr、KOH 超疏水之接觸角

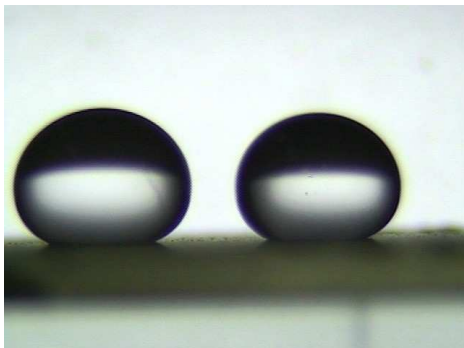
液滴 接觸角 濃度	第一張		第四張		第八張		第十二張		第十六張	
	水	KOH	水	KOH	水	KOH	水	KOH	水	KOH
0.1M	151	149	151	148	151	148	151	147.5	151	147
6M	151	139	151	137	151	136	151	135	151	134



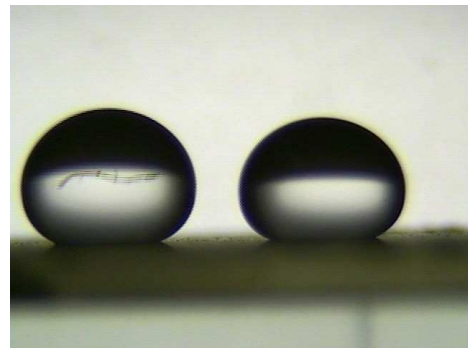
攪拌時間 92hr 0.1M KOH 第一張



攪拌時間 92hr 0.1M KOH 第十六張



攪拌時間 92hr 6M KOH 第一張



攪拌時間 92hr 6M KOH 第十六張

4. 實驗結果討論

實驗結果發現攪拌時間拉長，超疏水效果並無明顯改善。我們推定，應該是因為攪拌 20 小時後，溶液便已拌勻，再繼續攪拌並無法改變 SiO_2 的粒徑大小。

(二) 玻片烘乾時間的探討

1. 實驗目的與原理：

- (1) 超疏水溶液會因其烘乾時間不同使溶劑揮發速度不同進而影響 SiO_2 附著在基板的情形
- (2) 找出最理想的玻片烘乾時間

2. 實驗步驟：

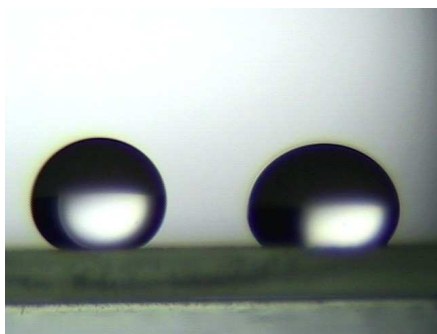
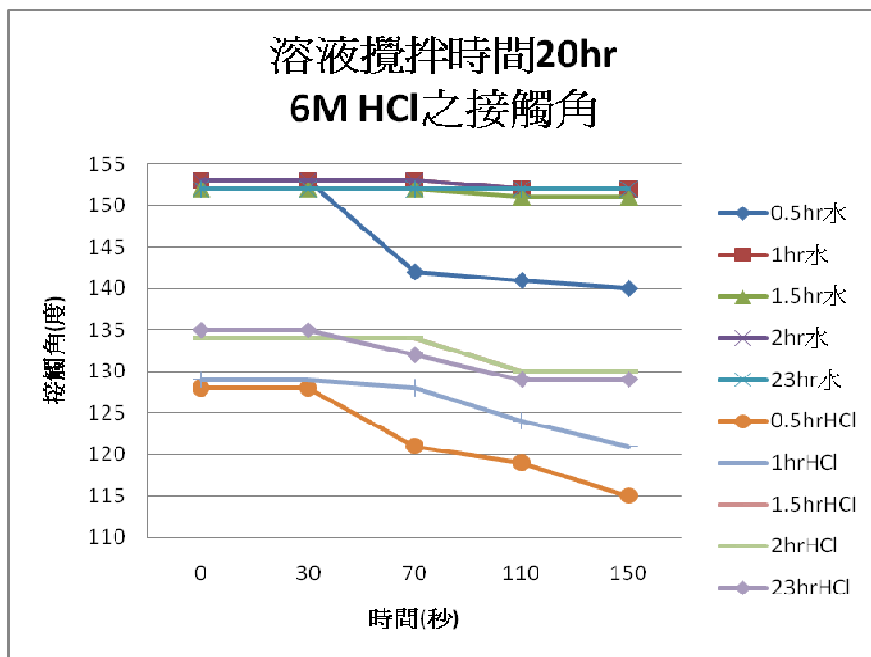
- (1) 將已配製好的超疏水溶液以電磁加熱攪拌器攪拌 20hr。

- (2)將玻片分別浸入溶液中，再拿出以迴紋針夾住，將迴紋針套入鐵絲後掛在上方有開口的小紙箱中
- (3)分別放入烘箱烘 0.5hr、1hr、1.5hr、2hr、23hr。
- (4)取出紙箱並將玻片擺在攝影位置。
- (5)在不同玻片上先滴上水後，再分別滴上 0.1M 及 6M 的 HCl 及 KOH 溶液。
- (6)依上述測量接觸角方式測量其接觸角變化。

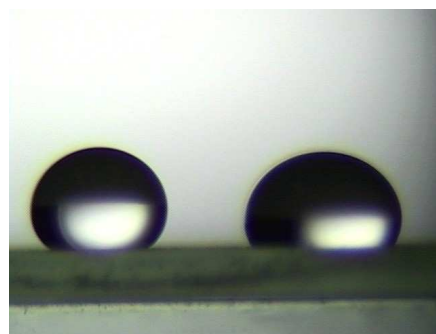
3.實驗結果

(1)溶液攪拌時間 20hr、變因：烘乾時間不同、6M HCl 之接觸角

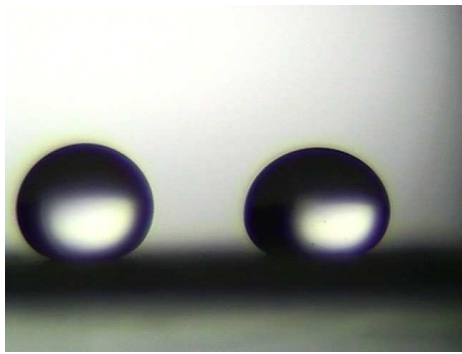
液滴 接觸角 烘乾時間	第一張		第四張		第八張		第十二張		第十六張	
	水	HCl	水	HCl	水	HCl	水	HCl	水	HCl
0.5hr	153	128	153	128	142	121	141	119	140	115
1hr	153	129	153	129	153	128	152	124	152	121
1.5hr	152	134	152	134	152	134	151	130	151	130
2hr	153	134	153	134	153	134	152	130	152	130
23hr	152	135	152	135	152	132	152	129	152	129



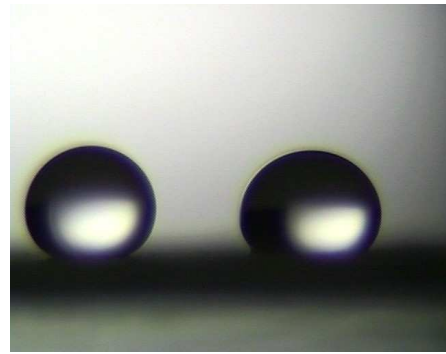
烘乾 0.5hr 6M HCl 第一張



烘乾 0.5hr 6M HCl 第十六張



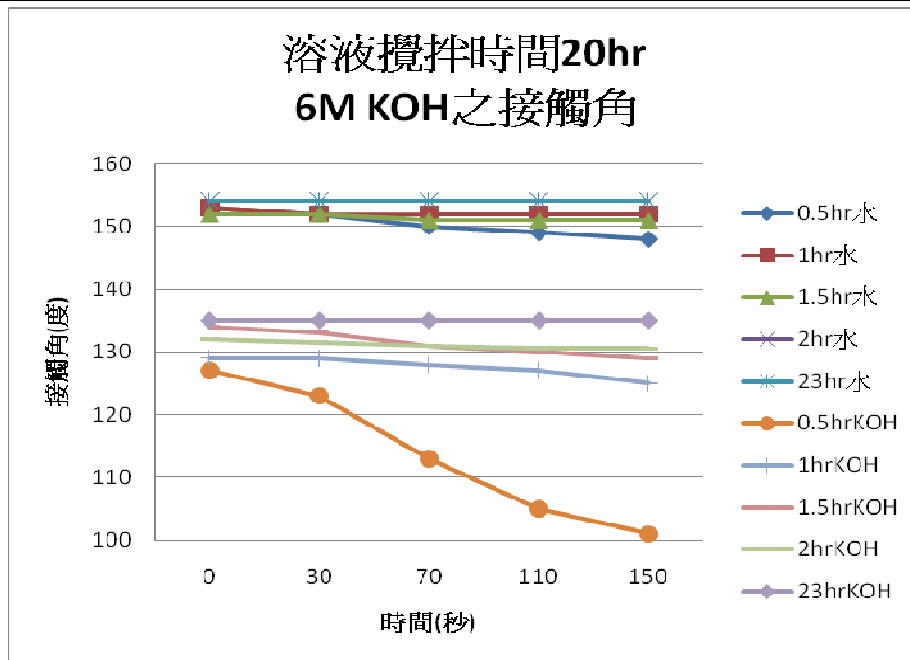
烘乾 1.5hr6M HCl 第一張

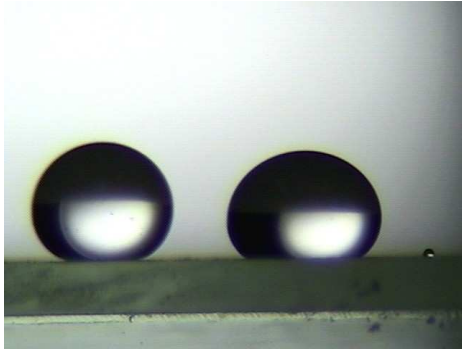


烘乾 1.5hr6M HCl 第十六張

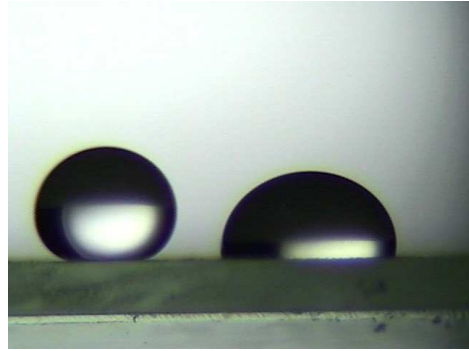
(2)溶液攪拌時間 20 小時、變因：烘乾時間不同、6M KOH 超疏水之接觸角

液滴 接觸角 烘乾時間	第一張		第四張		第八張		第十二張		第十六張	
	水	KOH	水	KOH	水	KOH	水	KOH	水	KOH
0.5hr	153	127	152	123	150	113	149	105	148	101
1hr	153	131	152	129	152	128	152	127	152	125
1.5hr	152	134	152	133	151	131	151	130	151	129
2hr	154	132	154	131.5	154	131	154	130.5	154	130.5
23hr	154	135	154	135	154	135	154	135	154	135

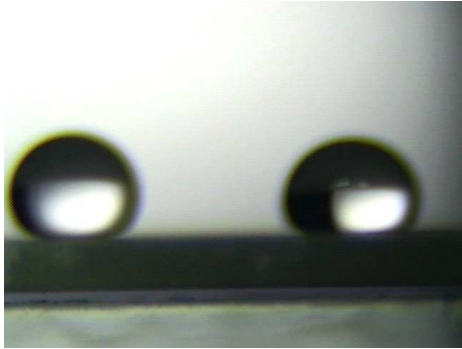




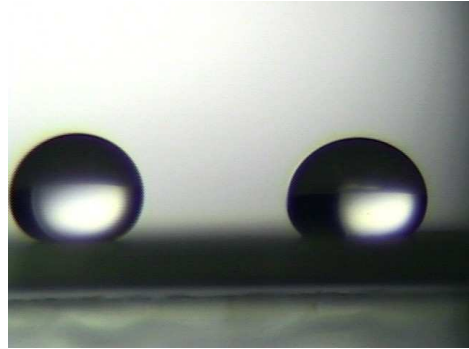
烘乾 0.5hr6M KOH 第一張



烘乾 0.5hr6M KOH 第十六張



烘乾 1.5hr6M KOH 第一張



烘乾 1.5hr6M KOH 第十六張

4. 實驗結果討論

控制乾燥時間這個變因，我們發現：若只烘 0.5 小時，對水的接觸角並無太大差異，但在放置一段時間後可以明顯觀察到其接觸角變小很多，因此推測其超疏水結構相較於其他組是較為脆弱的。而藉由接觸角的測量也可以發現烘 0.5 小時較不耐酸鹼。烘 1.5 小時的超疏水結構最不易被破壞，耐酸鹼程度也最好。烘 2 小時的則是與 1.5 小時的效果差不多。而烘 2 小時以上的效果似乎都不能再更好。因此可以推論出，烘 1.5 小時後的玻片已完全乾燥，超疏水結構已達緻密。

(三)不同濃度酸鹼及鹽水溶液對超疏水結構的影響

1. 實驗目的與原理：測試超疏水薄膜的耐酸鹼鹽程度

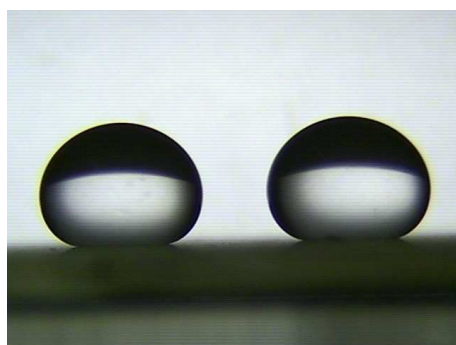
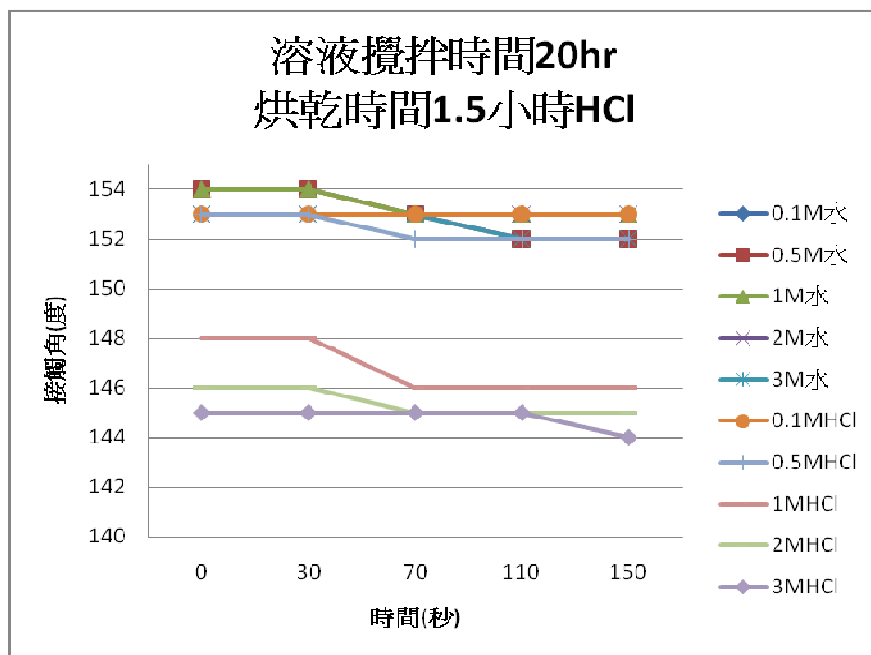
2. 實驗步驟：

- (1) 將已配製好的超疏水溶液以電磁加熱攪拌器攪拌 20 hr。
- (2) 將玻片分別浸入溶液中，再拿出以迴紋針夾住，將迴紋針套入鐵絲後掛在上方有開口的小紙箱中。
- (3) 放入烘箱烘 1.5hr。
- (4) 取出紙箱並將玻片擺在攝影位置。
- (5) 在不同玻片滴上水，再分別滴上不同濃度的 HCl 及 KOH 溶液和鹽水。
- (6) 依上述量測接觸角方式量測其接觸角變化。

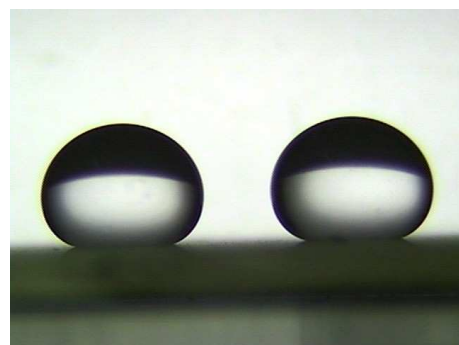
3. 實驗結果

- (1) 攪拌時間 20 小時、烘乾時間 1.5 小時、變因：不同 HCl 濃度之接觸角

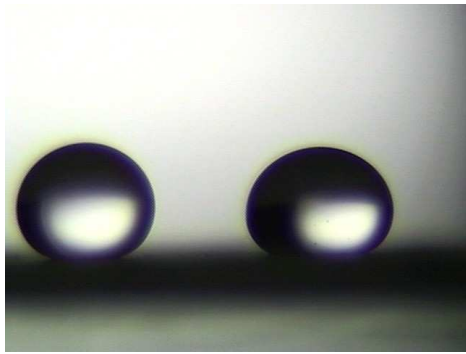
液滴 接觸角 濃度	第一張		第四張		第八張		第十二張		第十六張	
	水	HCl	水	HCl	水	HCl	水	HCl	水	HCl
0.1M	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153
0.5M	154	153	154	153	153	152	152	152	152	152
1M	154	148	154	148	153	146	153	146	153	146
2M	153	146	153	146	153	145	153	145	153	145
3M	153	145	153	145	153	145	152	145	152	144
4M	153	145	153	144	153	144	153	144	152	144
5M	153	138	153	136	153	136	153	136	153	136
6M	154	136	154	132	154	130	154	130	154	128



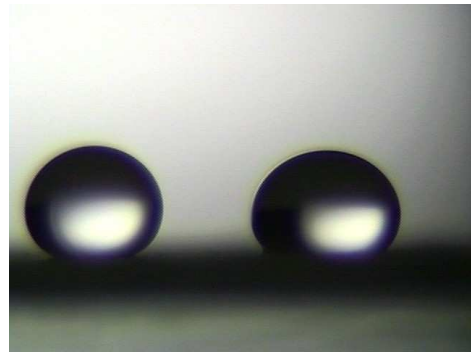
0.1M HCl 第一張



0.1M HCl 第十六張



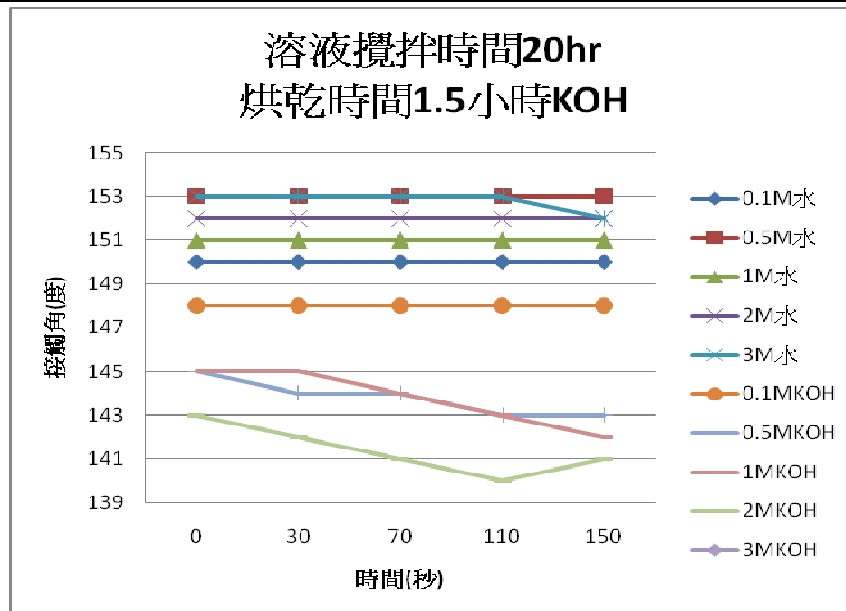
6M HCl 第一張

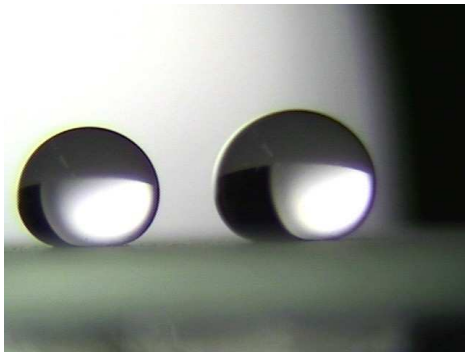


6M HCl 第十六張

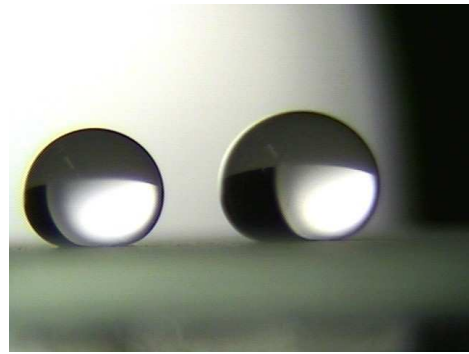
(2) 攪拌時間 20 小時、烘乾時間 1.5 小時、變因：不同 KOH 濃度之接觸角

液滴 接觸角 濃度	第一張		第四張		第八張		第十二張		第十六張	
	水	KOH	水	KOH	水	KOH	水	KOH	水	KOH
0.1M	150	148	150	148	150	148	150	148	150	148
0.5M	153	145	153	144	153	144	153	143	153	143
1M	151	145	151	145	151	144	151	143	151	142
2M	152	145	152	145	152	144	152	143	152	142
3M	152	143	152	142	152	141	152	140	152	141
4M	153	135	153	134	153	133	153	131	152	130
5M	153	132	152	131	152	129	152	128	152	127
6M	153	131	152	129	152	128	152	127	152	125

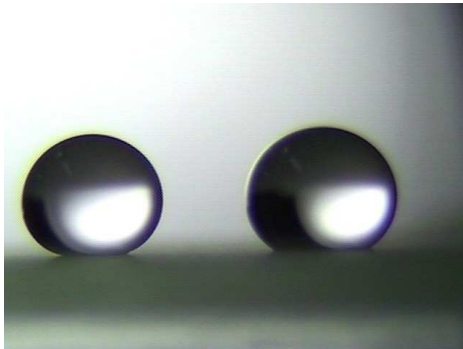




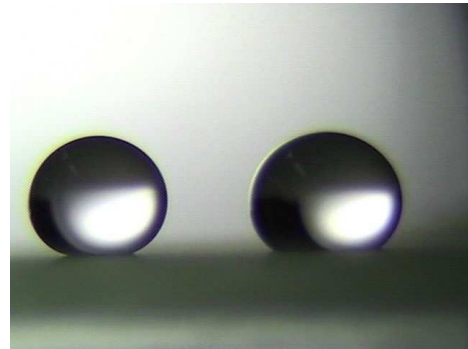
0.1M KOH 第一張



0.1M KOH 第十六張

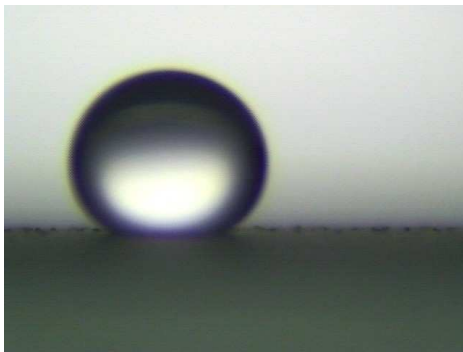


6M KOH 第一張

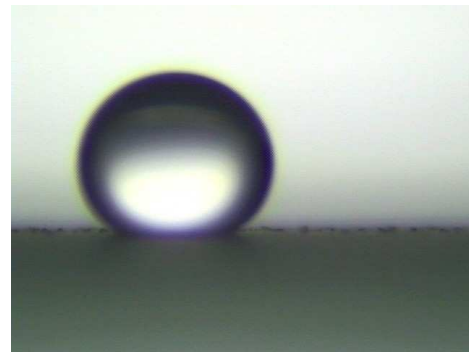


6M KOH 第十六張

液滴 接觸角	3M NaCl 第一張	3M NaCl 第十六張
	150	150



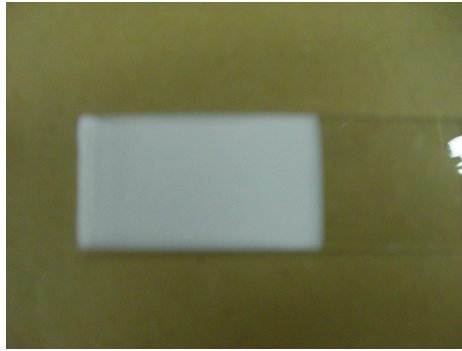
3M NaCl 第一張



3M NaCl 第十六張

4. 實驗結果討論

測量酸鹼濃度不同的溶液在表面改質玻片上的接觸角，發現 0.1M 的酸鹼溶液接觸角幾乎和水一樣大，在經過一段時間後超疏水層也無遭明顯破壞。至於較強的酸鹼溶液中，超疏水結構在 0.5M 的 HCl 中依然具有相當的超疏水效果，雖然在 1M 和 2M 的水溶液中其超疏水能力略有下降，但其耐酸鹼程度在實際應用方面已經有足夠的能力。



將超疏水溶液塗佈在玻片上
(攪拌時間 20 小時、烘乾時間 1.5 小時)

四、實驗二：將超疏水溶液應用在鐵釘的防鏽

(一)鐵釘的防鏽

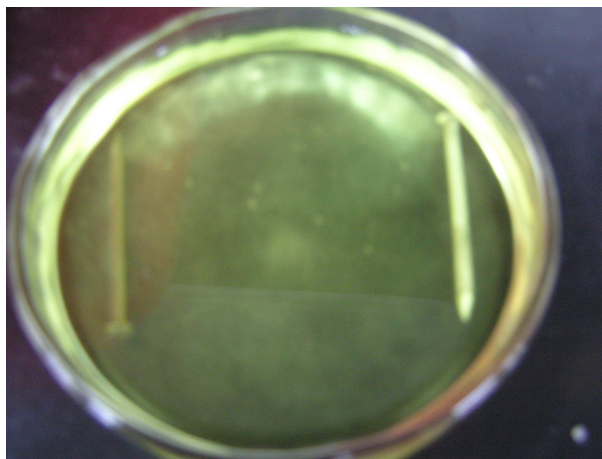
1.實驗目的與原理：

- (1)測試有塗佈超疏水溶液的鐵釘之防鏽程度
- (2)用洋菜膠溶液中的赤血鹽與亞鐵離子會產生深藍色沉澱，以便來觀察已塗佈超疏水溶液及未塗佈超疏水溶液的鐵釘差別

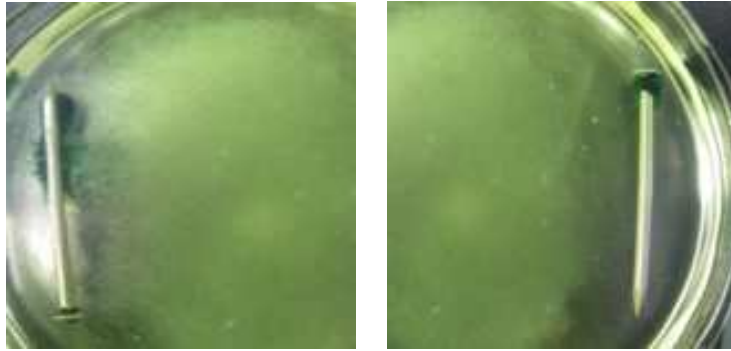
2.實驗步驟：

- (1)將已配製好的超疏水溶液以電磁加熱攪拌器攪拌 20 hr。
- (2)將鐵釘一支浸入超疏水溶液後，放入烘箱烘 1.5hr。
- (3)將配好的洋菜膠溶液倒入培養皿。
- (4)取出鐵釘並將其與另一未塗佈超疏水溶液的鐵釘放入洋菜膠溶液中。
- (5)每隔固定一段時間觀察其變化。

3.實驗結果



剛將鐵釘浸泡在洋菜膠
(左邊鐵釘未塗佈超疏水溶液，右邊鐵釘有塗佈超疏水溶液)



浸泡在洋菜膠中經過兩天

4.實驗結果與討論

- (1)比較兩根鐵釘剛浸泡在洋菜膠的差別，未塗佈超疏水溶液的鐵釘在中間部分出現淡粉紅色，推測是因為鐵釘開始生鏽，所以溶液呈鹼性，而有塗佈超疏水溶液的鐵釘並無此現象。
- (2)經過兩天後發現未塗佈超疏水溶液的鐵釘出現大量普魯士藍，而有塗佈超疏溶液的鐵釘則只有在釘帽的地方出現普魯士藍，推測有塗佈超疏溶液的鐵釘因為釘帽結構較不規則，所以塗佈不理想所致，造成鐵釘裸露才會產生沉澱。

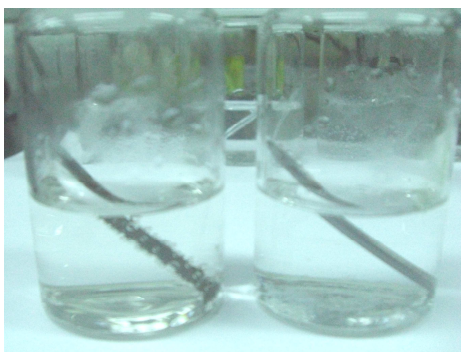
(二) 塗佈超疏水溶液的鐵釘的耐酸程度

1.實驗目的與原理：測試有塗佈超疏水溶液的鐵釘的耐酸程度

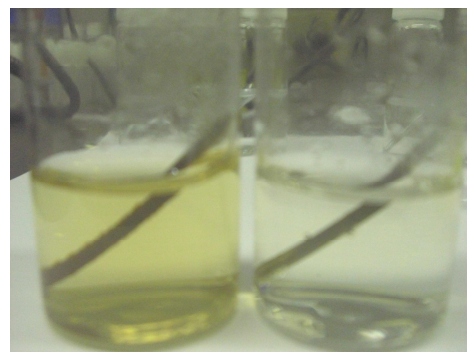
2.實驗步驟：

- (1)將已配製好的超疏水溶液以電磁加熱攪拌器攪拌 20 hr。
- (2)將鐵釘一支浸入超疏水溶液後，放入烘箱烘 1.5hr。
- (3)取出鐵釘並將其與另一支未塗佈超疏水層的鐵釘放入 0.1MHCL 溶液中。
- (4)每隔固定一段時間觀察其變化

3.實驗結果：



將鐵釘浸泡在 0.1MHCl



浸泡在 0.1MHCl 經過一天

(圖中的左邊的樣品瓶為鐵釘未塗佈超疏水溶液，右邊的樣品瓶為鐵釘有塗佈超疏水溶液)

4.實驗結果與討論：

- (1)將鐵釘浸泡 0.1MHCl 後，「未塗佈超疏水溶液的鐵釘」表面產生許多氣泡，而「有塗佈超疏水溶液的鐵釘」則沒有氣泡產生。
- (2)當浸泡時間經過一天，浸泡「未塗佈超疏水溶液的鐵釘」中的溶液已成明

顯黃色，而浸泡「有塗佈超疏水溶液的鐵釘」中的溶液只有些許變黃。

(3) 推測可能是因為當鐵釘放入溶液中時，超疏水結構使表面產生許多微小的空氣袋(air pocket)，可減少鐵釘與水的接觸，進而達到防鏽的效果。

五、實驗三：塗佈超疏水溶液的玻璃之透光度探討

(一) 不同浸泡時間對玻璃表面的影響

1. 實驗目的與原理：

將實驗一的超疏水溶液塗佈在玻璃基材後發現基材表面SiO₂膜厚較厚，使玻璃基材呈現不透明，我們嘗試將表面塗佈超疏水溶液的玻璃基材浸潤在去離子水中，藉由水會抑制縮合反應的進行，使SiO₂粒徑相對變小。

2. 實驗步驟：

(1) 將已配製好的超疏水溶液以電磁加熱攪拌器攪拌 20 hr。

(2) 將玻片浸入超疏水溶液後，垂直吊掛陰乾約 30 分鐘待其表面陰乾。

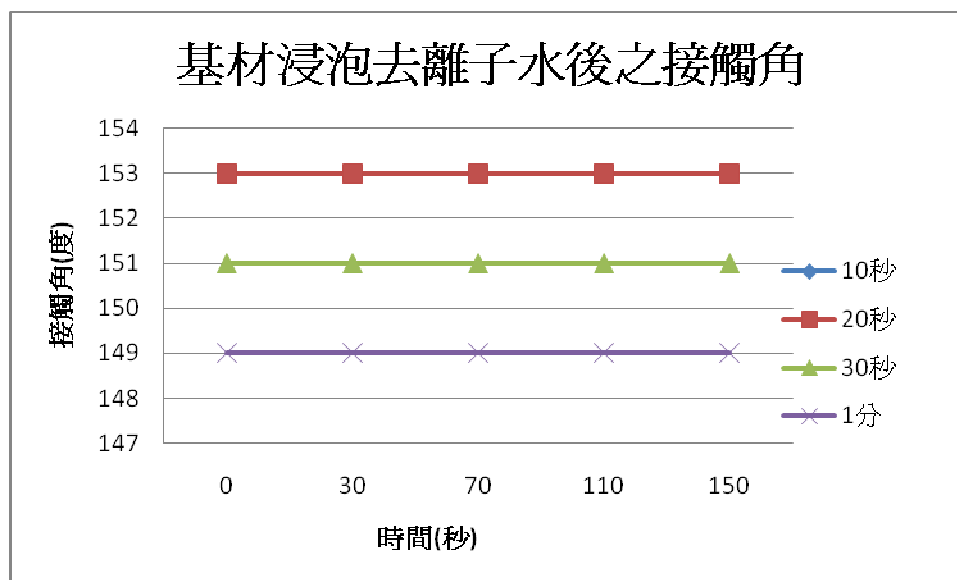
(3) 玻片陰乾後，浸泡在去離子水中 10 秒、20 秒、30 秒、1 分鐘。

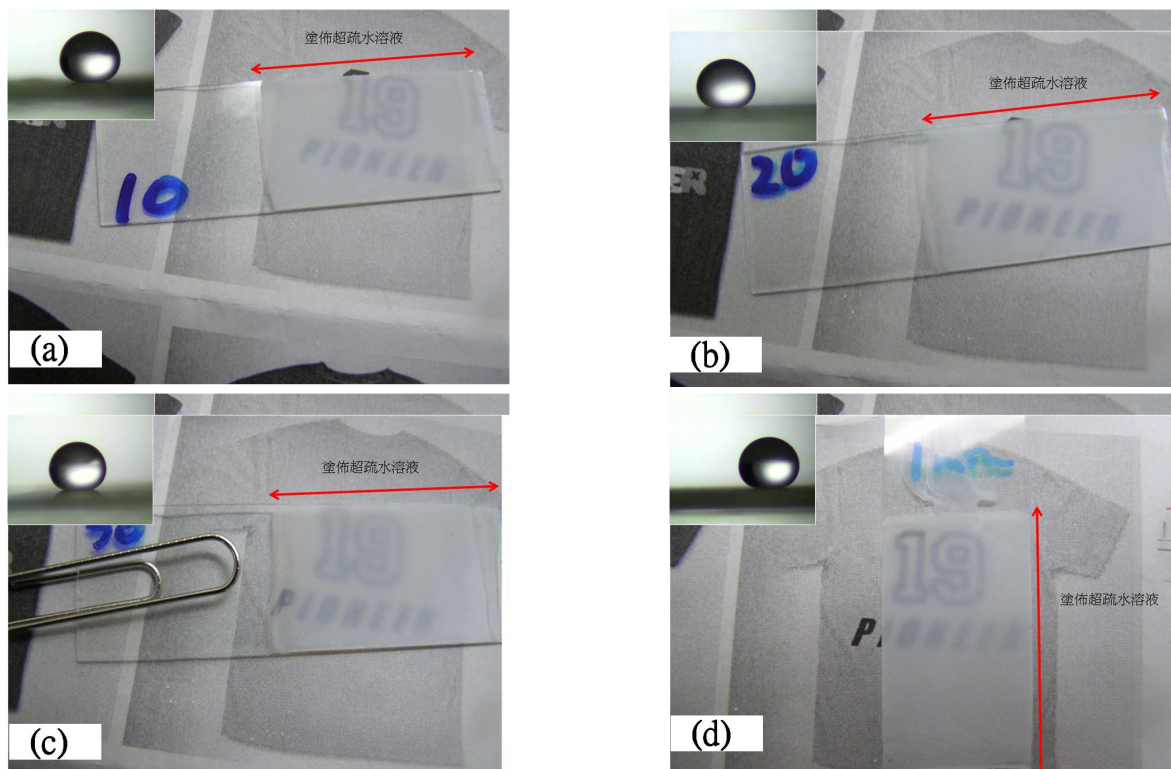
(4) 再將玻片放入 65°C 烘箱約 30 分鐘取出取出即可。

(5) 將未塗佈的玻片進行 200nm~800nm 波長掃描做為基準線後，將塗佈超疏水溶液的玻片進行同等波長範圍之掃描，觀察穿透度(T%)之變化。

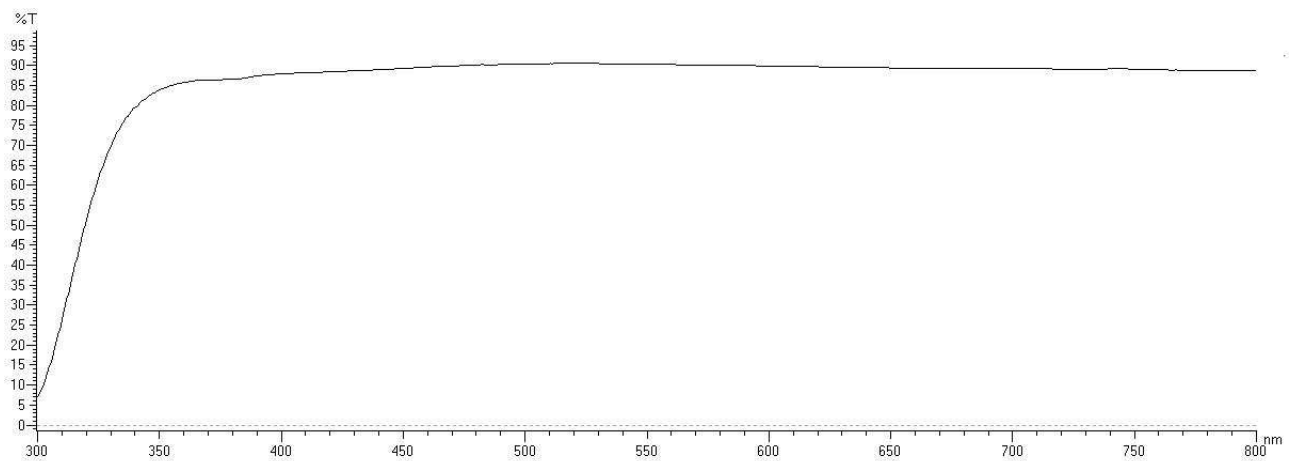
3. 實驗結果

接觸角	第一張	第四張	第八張	第十二張	第十六張
10 秒	153	153	153	153	153
20 秒	153	153	153	153	153
30 秒	151	151	151	151	151
1 分	149	149	149	149	149

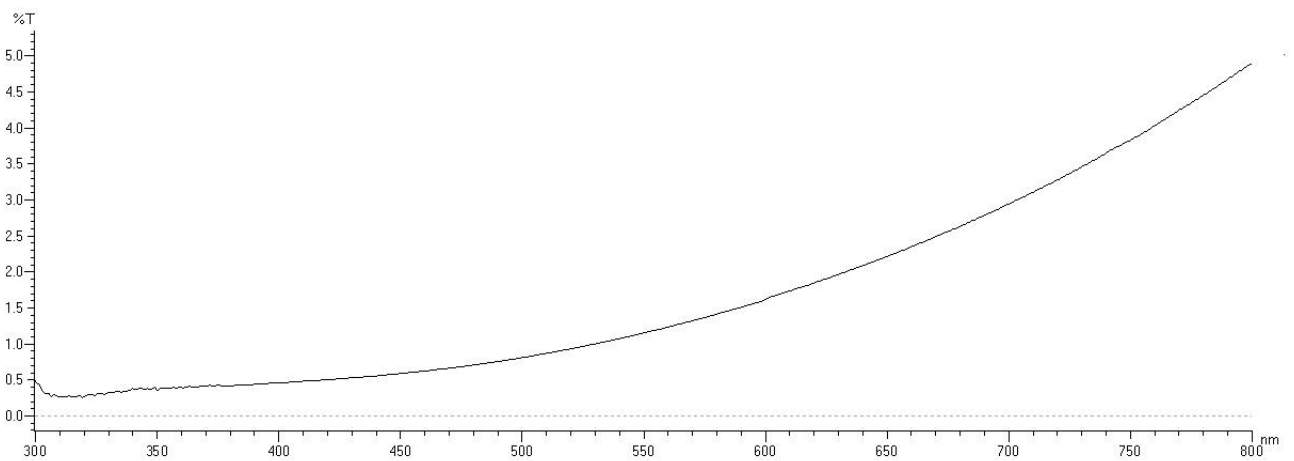




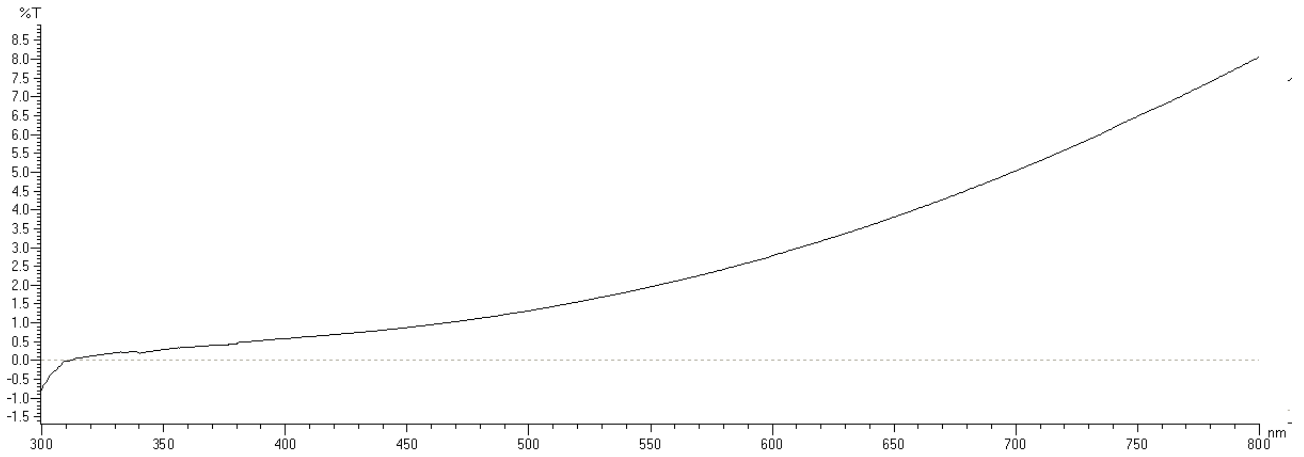
不同去離子水的浸泡時間的玻片之俯視透光圖
 (a)浸泡10秒 (b)浸泡20秒 (c)浸泡30秒 (d) 浸泡1分鐘



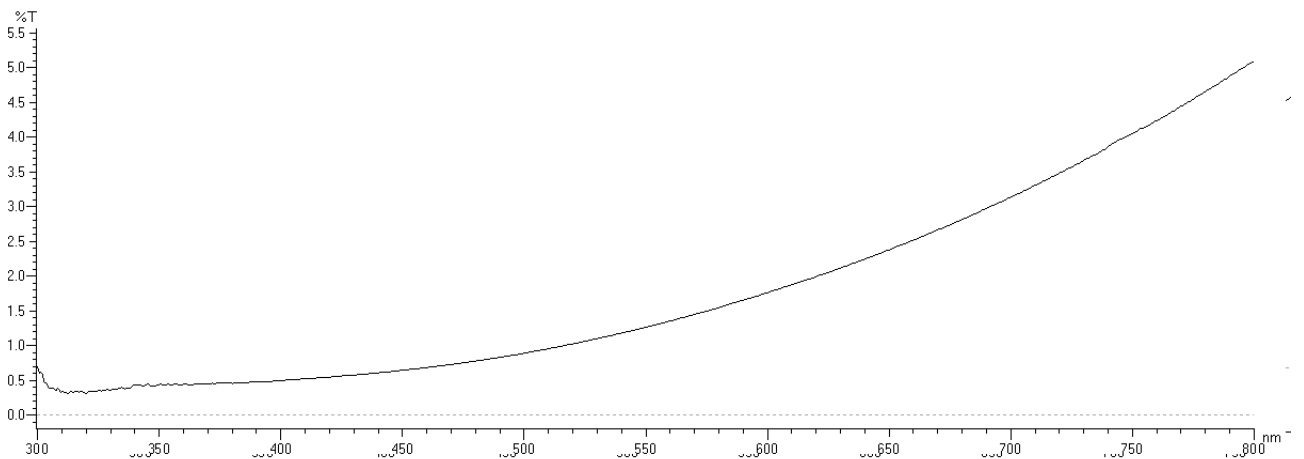
未塗佈的玻片進行 200nm~800nm 波長掃描



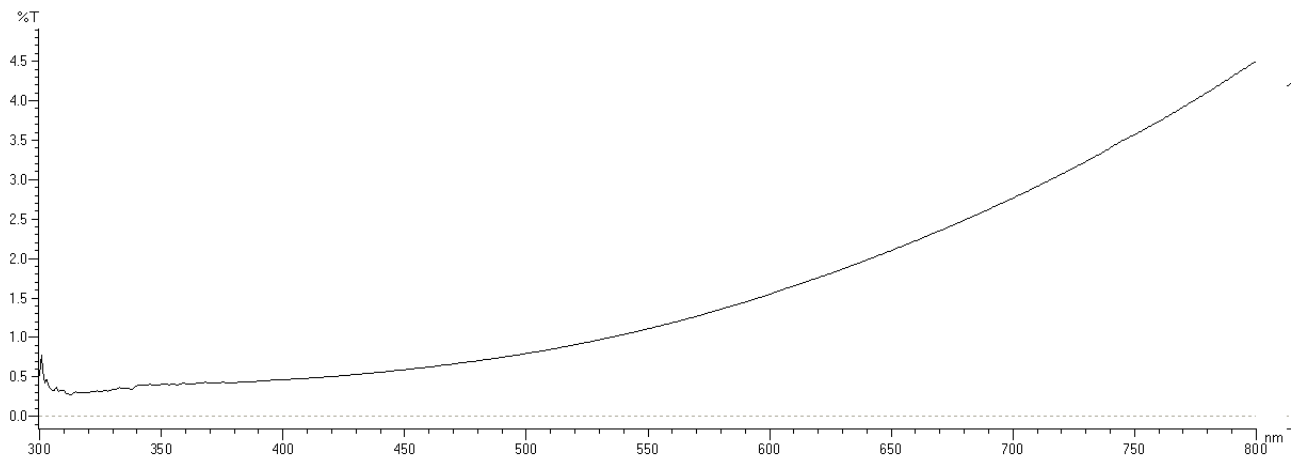
浸泡 10 秒的玻片



浸泡 20 秒的玻片



浸泡 30 秒的玻片



浸泡 1 分鐘的玻片

種類	未塗佈	水 10 秒	水 20 秒	水 30 秒	水 1 分鐘
波長 550nm 穿透度(%)	90.5	1.1	2.0	1.3	1.3

4.實驗結果與討論：

我們希望玻片塗佈超疏水溶液後，藉由浸泡去離子水的過程可帶走SiO₂空隙內部的親水溶液，另外，也可抑制表面SiO₂縮合反應的進行，進而使SiO₂粒徑相對變小，減少膜厚、增加透光度。但實驗結果發現光度有些微的進步，推測可能的SiO₂結構在攪拌20小時的過程中已完全反應，所以即便後來浸泡在大量的水裡也影響不大。

(二) 不同溶劑的稀釋對玻璃表面的影響

1.實驗目的與原理：

將實驗一的超疏水溶液塗佈在玻璃基材後發現基材表面SiO₂膜厚較厚，使玻璃基材呈現不透明，我們嘗試藉由加入不同溶劑來稀釋粒子濃度，達到降低膜厚以增加其透光度，並同時保有基材表面之超疏水的性質。

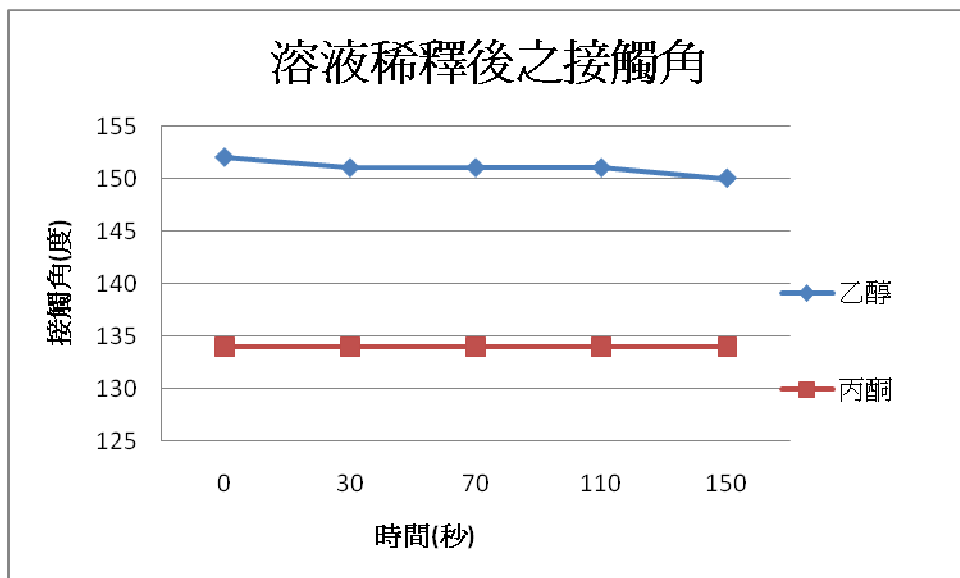
2.實驗步驟：

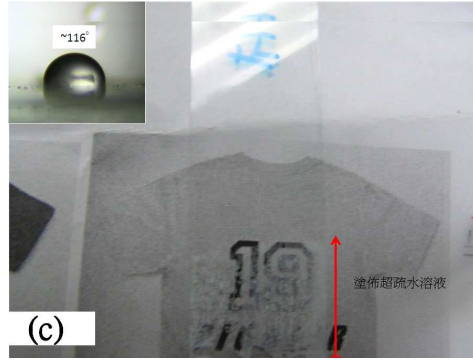
- (1)將已配置好的超疏水溶液以電磁加熱攪拌器攪拌 20 hr。
- (2)將攪拌後的超疏水溶液以 1:1(原溶液所含之 ethanol 量)加入不同溶劑攪拌 1 分鐘使其均勻混合。
- (3)將玻片浸入超疏水溶液後，再放入 65°C 烘箱約 30 分鐘取出即可。
- (4)將未塗佈的玻片進行 200nm~800nm 波長掃描做為基準線後，將塗佈超疏水溶液的玻片進行同等波長範圍之掃描，觀察穿透度(T%)之變化。

3.實驗結果

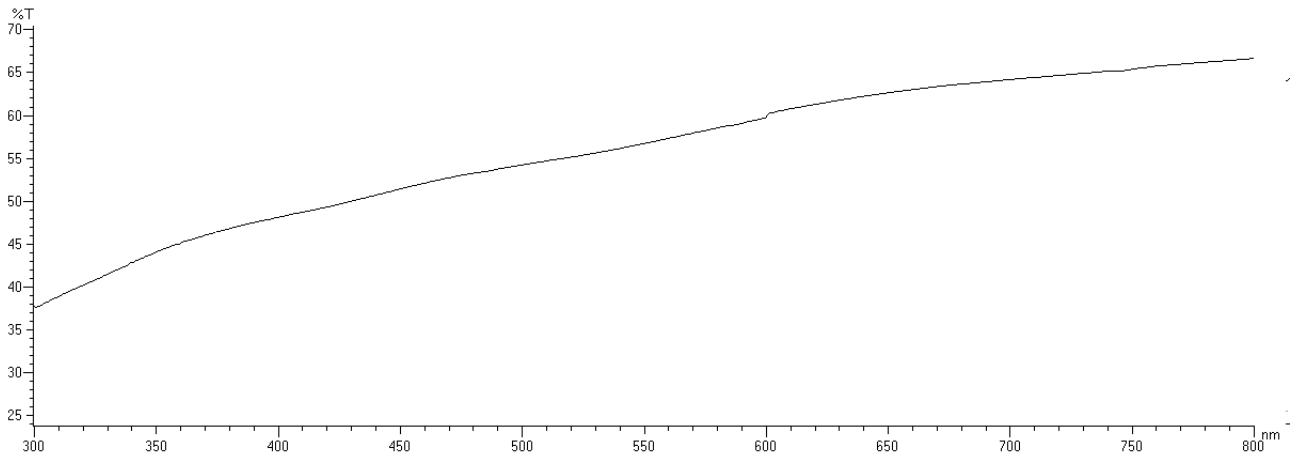
接觸角	第一張	第四張	第八張	第十二張	第十六張
乙醇	152	151	151	151	150
丙酮	134	134	134	134	134

(正己烷因塗佈不均而無法測量)

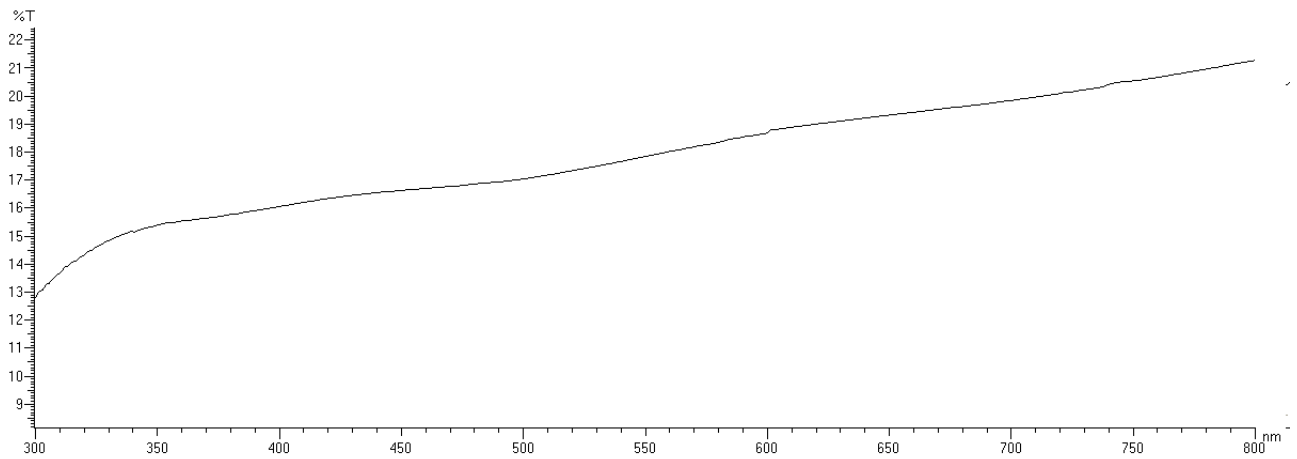




利用不同溶劑稀釋並塗佈於玻片表面之俯視透光圖(a)丙酮 (b)乙醇 (c)正己烷。



稀釋液：丙酮



稀釋液：乙醇

種類	未塗佈	丙酮	乙醇
波長 550nm 穿透度(%)	90.5	57.0	17.9

4.實驗結果與討論：

利用稀釋溶液之方法希望可以改善透光度，實驗結果發現若使用丙酮做為稀釋液可得到透光度改善最多之超疏水表面，但其接觸角已下降至 134° 。若使用乙醇做為稀釋液，雖然透光度不如丙酮，但玻片表面仍保有超疏水的性質。若使用正己烷做為稀釋液，結果玻片表面塗佈不均，所以造成基材表面裸露，接觸角大為下降，效果不佳。

柒、結論

- 一、超疏水溶液的反應條件以攪拌時間以 20 小時最佳。
- 二、將超疏水塗佈在基材後的乾燥時間以 1.5 小時為最佳。
- 三、將超疏水塗佈在基材上在不同濃度酸鹼及鹽水的檢測下發現其有一定耐酸鹼程度，而酸鹼濃度愈小，對超疏水結構破壞愈小，而鹽水則無影響。
- 四、鐵釘表面塗佈超疏水溶液有助於防止其生鏽。
- 五、使用不同的稀釋液來減少超疏水溶液塗佈在玻片表面的厚度，結果發現透光度方面丙酮效果較乙醇佳，但接觸角則是乙醇較丙酮佳，而正己烷則使玻片表面的 SiO_2 分佈不均、效果不如前者。

捌、未來展望

- 一、針對超疏水溶液進行改質以便耐酸鹼。
- 二、針對超疏水膜表面的結構及材質進行了解。
- 三、針對超疏水溶液塗佈在基材後之膜厚、附著力與耐磨力及其關聯進行測試。
- 四、針對超疏水膜對鐵的生鏽速率之影響進行定量之研究。
- 五、針對超疏水溶液進行透光度的討論。
- 六、與市面上其他超疏水表面進行比較。

玖、參考資料

- 一、Haifeng Meng, Shutao Wang, Jinming Xi, Zhiyong Tang, and Lei Jiang, *J. Phys. Chem. C*, **2008**, 112, 11454 – 11458
- 二、Kim, S.H. “Fabrication of superhydrophobic surfaces.” *Journal of Adhesion Science and Technology* 22, 235-250, **2008**
- 三、Xiu, Y, Zhu, L, Hess, D.W.& Wong, “C.P.Hierarchical silicon etched structures for controlled hydrophobicity/super hydrophobicity” *.Nano Letters*7, 3388-3393, **2007**

- 四、彭郁婷，莊怡哲，利用氣-液及液-液溶膠-凝膠法製備超疏水表面， 國立成功大學化學工程學系碩士論文, 2009
- 五、翁維祥，陳暉，溶膠-凝膠法製備有機/無機奈米複合及超疏水材料之研究，國立中央大學化學工程與材料工程研究所博士論文, 2005
- 六、黃宏欽，向性一，梁明在，超疏水塗層製備技術及其性質之研究，國立成功大學資源工程研究所碩士論文,2005
- 七、劉文雄，鄭寶樹，單液常溫硬化型環氧樹脂防鏽塗料之研究，國立高雄師範大學化學研究所碩士論文, 2002

【評語】 040213

本作品以有機矽化物的縮水聚合製備具奈米結構的氧化矽材料，可有疏水效能，實驗步驟及定性定量鑑別數據確實，在材料特性的認識上，可再加強。