

臺灣二〇〇八年國際科學展覽會

科 別：化學

作 品 名 稱：奈米溶膠製成蓮花效應及應用

學校 / 作者：臺北市立大同高級中學 李冠緯

作者簡介



李冠緯

從小生活在溫暖、開明的家庭，自幼對於音樂與美術充滿興趣，常常思索、觀察大自然的美。上了國中，受父親的啓蒙，我開始對自然界的美學機制產生興趣，漸漸地由欣賞轉為深入研究，探索其中的奧秘，在家中經濟允許下，從事實驗。在高中時，由於家人的鼓勵與支持，促使我投入科展研究，希望在嚮往的大未來，我也能對科學盡一份心力。

奈米溶膠製成蓮花效應及應用

Demonstration of Lotus Effect and its Applications using Nano-Sol-Gel

摘要

Lotus effect (蓮花效應) 是蓮葉表面化學組成 (wax) 與物理組成 (微纖維結構) 兩者所造成。

本研究是以模擬 Lotus effect, 採用 Sol-Gel 製成, 將氟化矽聚合為奈米膠體。實驗結果發現, 以異丙醇為溶劑, 再依序加入氟化矽、硝酸以製成的 Sol-Gel, 將其塗覆於玻璃表面, 可得到最高的接觸角 (114.71°), 且少量的氟化矽可製成大量的成品, 已具有實用價值又兼顧成本的優點, 最重要的是, 本研究克服了目前 Sol-Gel 製程與應用的四大難題 (機械強度、與基材接著問題、透明度、溶膠凝固問題), 可說是一大創舉。

利用所研發出來的奈米溶膠, 我們能成功地將 Sol-Gel 附著於布料、玻璃、釉表面、粉體, 也能成功地研發出具有自潔透氣的布料、救生衣、雪衣、棉被及自潔功能的玻璃、磁磚與市面上尚未研發出的防水粉體 (接觸角 $> 140^{\circ}$), 因此我們研發出的 Sol-Gel 應用甚廣, 有無限的發展潛力。

Abstract

Chemical composition (wax) and physical characteristics (microstructure) of lotus leaves are both responsible of the so call Lotus Effect.

In this study we intend to demonstrate louts effect by applying Sol-Gel method to polymerize fluorosilane into nano-scale colloid. Our experimental results shown that the sol-gel made based on isopropanol solvent with fluorosilane and nitric acid added in order, when coated on glass plate, can achieve highest (liquid-surface) contact angle of 114.7 degrees. In addition, only small quantity of fluorosilane is sufficient to produce large amount of product, making this method feasible and cost-effective. More importantly, this procedure overcome the four major difficulty of sol-gel processing and application, namely mechanical toughness, adhesion with substrate, transparency, and consolidation.

Using the nano-sol-gel developed in this study, we have successfully coated the sol-gel onto fabric, glass, ceramic grazing surface, and powder, which allow one to make self-cleaning breathable clothes, life jacket, snow cloth, futon and self-cleaning glass and tiles, as well as water-proof powder (contact angle > 140 degrees) which is brand new on market. We therefore believe that there is a great potential for the application of sol-gel developed in this study.

壹、研究動機：

在看過被朝露所附著的蓮葉一塵不染，如此晶瑩，因此聯想到國中學過植物的角質層是由臘組成。爲了證明，於是就拿了石臘，將水滴於石臘表面，果真如同蓮葉一樣。而後由資料得知，水在一般石臘的接觸角約 110 度，而在蓮葉的接觸角竟然高達 160 度，於是想到除了臘以外，應該還有其他因素可造成此種現象。

由電子顯微鏡觀察植物表面，發現接觸角小於 100 度的葉子，表面較爲平坦，而接觸角大於 130 度的葉子，葉面上除了大的突出物外，還有一些類似纖毛的結構，由尺規來看，這些纖毛結構的尺寸約 100 奈米左右。

因此在了解「蓮花效應」後，試想如果其他物質表面能如同蓮葉一塵不染，那將會是人類生活便利的一大貢獻。

表一 高中教材於本研究的相關性

教材內容	與本研究相關性
表面張力	接觸角的測量
化學劑量	藥品的配製，成品的製作
有機化學	聚合物的基本知識
膠體溶液	奈米膠體的性質
奈米科技	奈米材料的運用

貳、研究目的：

嘗試研究出一種奈米塗料，可用於物體表面的自淨去汙，以達潑水效果，就像蓮葉一樣，類似現有的奈米孔洞塗裝技術，用簡單的方法，製成相同的效果。

例：1.用於玻璃、瓷磚，使其表面自淨防霉。

2.用於棉花，運用其潑水效果浮於水上，以製成救生衣。

3.用於衣料，使其自淨，也因表面潑水，或許可製成雨衣。

4.用於油漆塗料—二氧化鈦 TiO_2 ，塗於牆面，或許可以防潮。

參、研究問題：

尋找出能做成蓮花效應的奈米塗料及其運用。

肆、研究方法及步驟：

一、資料彙整及研究方向思考：

(一) Lotus effect 原理介紹

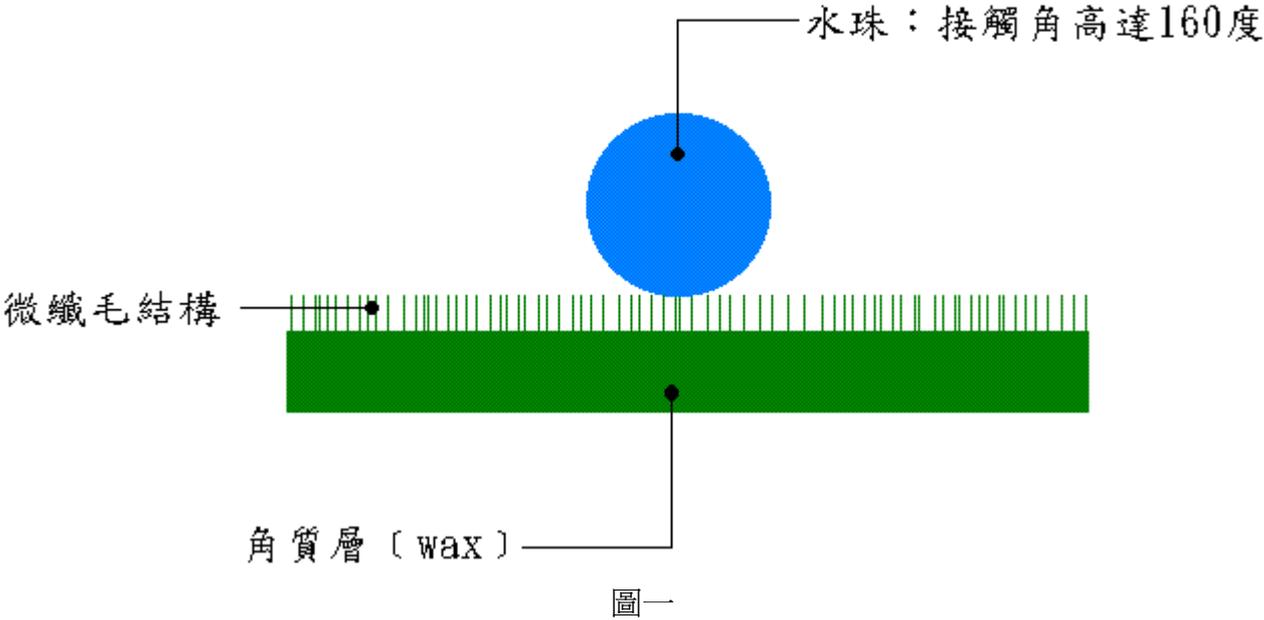
蓮花效應，主要是指蓮葉表面具有超疏水 (superhydrophobicity) 以及自潔 (self-cleaning) 的特性。當水滴落入蓮葉表面，便會因表面張力的作用而形成水珠，換言之，水於蓮葉表面的接觸角 (contact angle) 會大於 140 度，甚至接近 160 度。

超疏水表面原理

在一暴露的表面具有分散的物質，其分散物質間距在 $5\sim 200\ \mu\text{m}$ ，高度在 $5\sim 100\ \mu\text{m}$ ，此表面含有疏水性高分子或永久疏水材料，此表面並不會因水或含水清潔劑沖洗含掉落。由於物理性質的表面細微結構，加上化學性質於細微結構上的疏水性高分子材料，以

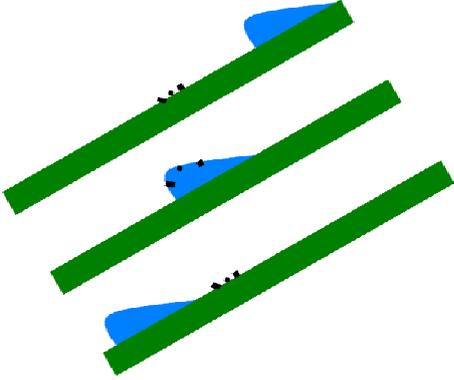
致於水珠與表面接觸的面積大約只佔總面積的 2~3%，例如蓮葉。

蓮葉表面示意圖



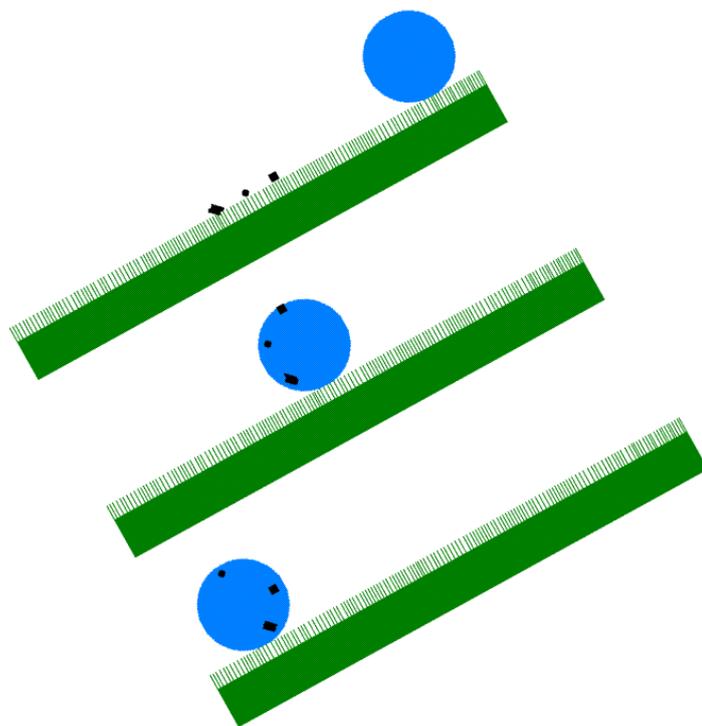
自潔原理

一般表面



(圖三) 表面無物理結構(微纖毛結構), 且無附著疏水性高分子或永久疏水材料。水滴滑落, 無法將表面的灰塵粒子順流帶走。

超低表面能表面



圖四

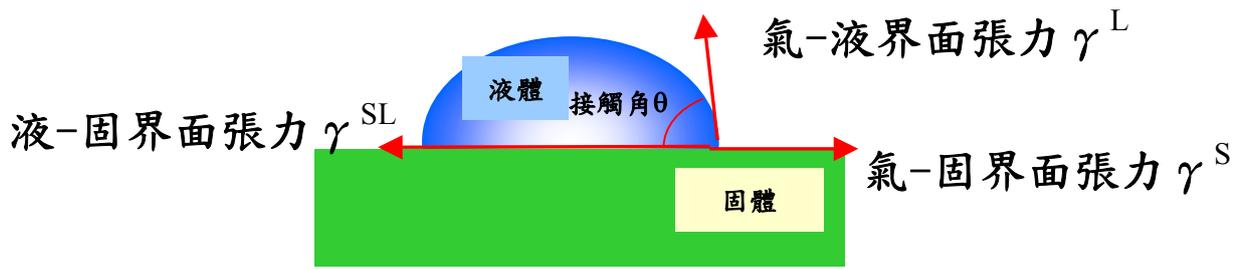
(圖四) 表面有物理結構(微纖毛結構), 纖毛上又有一層疏水性高分子或永久疏水材料。利用水珠與接觸面的超低表面能, 使水珠維持最大表面張力(水珠內聚力 $>$ 附著力), 形成高接觸角的水珠, 將灰塵粒子吸附, 並順流而下帶走, 產生具有自潔性(self-cleaning)的效果。

✚ 超低表面能的必要條件



圖五

(二) 接觸角定義

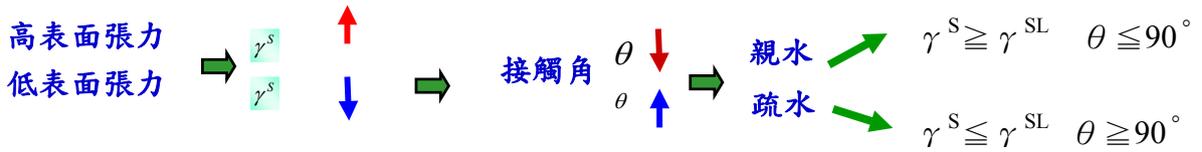


圖六：接觸角定義

Young's Equation

Young's Equation

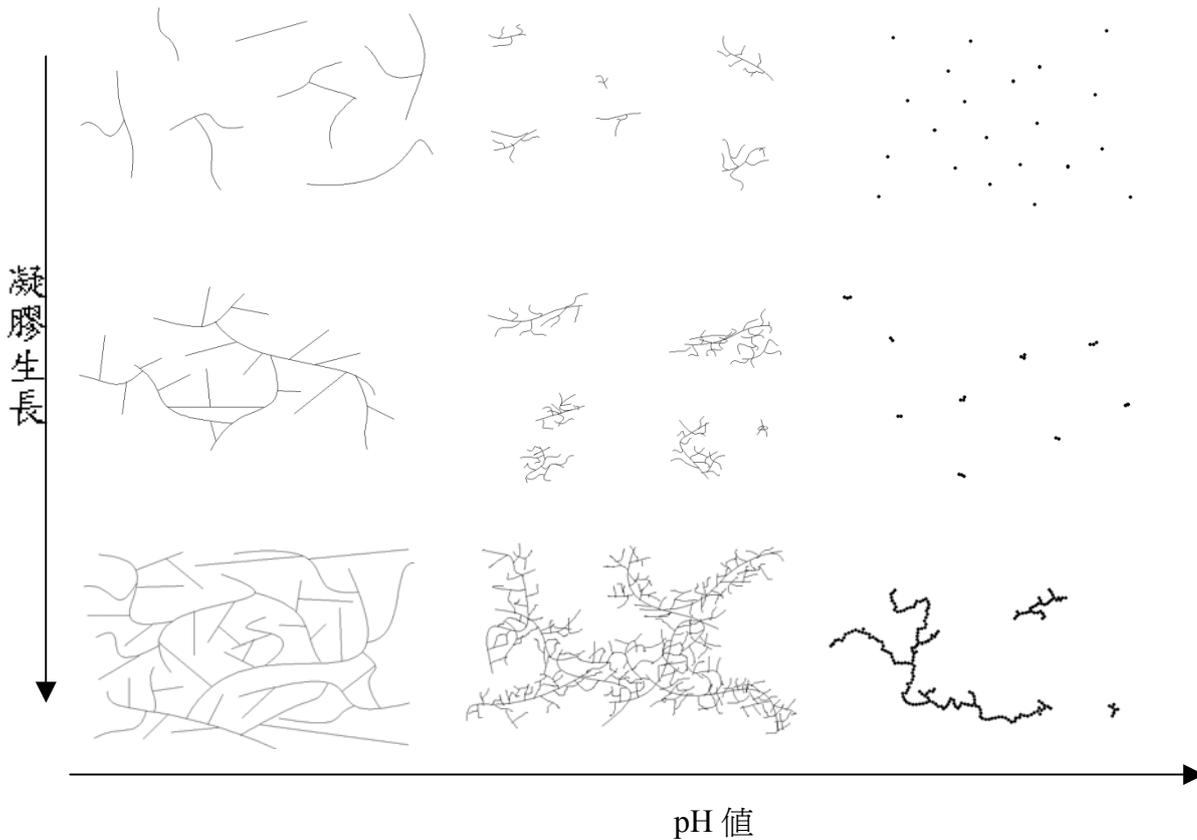
$$\gamma^S = \gamma^{SL} + \gamma^L \cos\theta \quad \Rightarrow \quad \cos\theta = \frac{\gamma^S - \gamma^{SL}}{\gamma^L}$$



本研究是利用比較接觸角的方式來得知表面張力的大小，進一步去研發超低表面能表面。

(三) sol-gel 製程

由氟化物類、矽氧烷類等有機化合物，在低溫 ($< 100^{\circ}\text{C}$) 及酸性或鹼性環境催化下，經 H^+ 或 OH^- 反應催化後經水解、縮合聚合形成透明膠體溶液 (sol)。(圖七)，可以看到不同的時間內，在 pH 值不同地催化下，凝膠【註一】形成情形。



pH 值對凝膠形成的影響 (圖七)

在低 pH 值的條件下，溶膠中的分散質分子具有較長的主鏈及支鏈結構，隨著時間的推移，原先獨立存在的分子鏈彼此之間逐漸相互交聯，形成凝膠 (gel)，最終體系失去流動性，故這是一種典型的 sol-gel 過程；在中等 pH 值的條件下，sol-gel 過程與在低 pH 值環境下的過程基本相同，只不過此時的分散質分子主鏈及支鏈長度已明顯降低；在高 pH 值的條件下，分散質分子的主鏈及支鏈結構已不存在，在 sol-gel 過程的早期就已開始形成特徵明顯的膠體粒子，隨著時間的推移，這些膠體粒子彼此之間逐漸相互交聯，最終體系也可能失去流動性，從而形成凝膠。

常用於製成蓮花效應的原料為氟化物類和矽氧烷類，二者皆能在物體表面形成超低表面能的優點，但通常二者在物體表面的附著效果不佳。

【註一】由溶膠 (sol) 逐漸凝固 (gelation) 而形成凝膠 (gel) 的狀態，凝固後形成為具有多孔性、高比表面積的網狀聚合結構。

(四) 膠體溶液的介紹

1. 溶液種類的辨析

溶液由於溶質粒子大小不同，可以分成下列三大類別：

第一類為真溶液，簡稱為溶液，溶質粒子直徑在 10^{-10} m左右，真溶液不分散光線，非常安定，不發生沉澱，且極易透過濾紙。

第二類為膠體溶液，膠體溶液並不是真溶液，像膠質這麼大的粒子（ 10^{-9} ~ 10^{-7} 公尺），與其說它「溶於」溶劑，不如說它「分散於」溶劑來得恰當。而存在於「分散媒」溶劑的膠體微粒就叫「分散質」，整體液體就叫「分散系」。分散系的種類又分為二：

- (1) 膠質溶液（膠溶或膠液）：具有流動性。
- (2) 膠凝體（膠凍）：不具流動性，呈凝固狀。

第三類為懸浮液，溶質粒子最大，和溶劑混合生成不均勻的混合物，分散質直徑在 10^{-6} m以上，可以分散光線，溶質暫時懸浮於溶液中且極不穩定，靜置一段時間發生沉澱，可用濾紙分離懸浮物質。

2.膠體溶液的特性

(1) 廷得耳效應（Tyndall effect）：

現象：光線通過膠體溶液，則顯現一條光亮的通路。

原因：因為膠體粒子較大，足以散射光線的緣故。

(2) 布朗運動（Brownian movement）：

現象：膠體粒子不停地作急速運動。

原因：尚未得知。

膠體溶液是由一些較大多數分子大，而在光學顯微鏡下看不見的粒子，溶於溶劑中所形成的，膠體粒子的大小介於1至200nm之間。一膠體溶液以一強烈光束於視線垂直照射，以光學顯微鏡下觀察，個別膠體粒子難以被觀察，但卻能看見眾多的分散粒子因快速分子的撞擊產生布朗運動。由於分散粒子的關係，使得這道光線更清楚可見，即所謂廷得耳效應，廷得耳效應是被運用於判別溶液或液體的重要指標，此外當膠體粒子彼此碰撞會形成較大的粒子，在底部沉澱，但一般膠體粒子帶有同性電荷，當粒子進行布朗運動時，由於同性電荷互斥使其不能接觸凝結，這就是膠體穩定原因。

(五) 奈米溶膠的發展與運用

目前國內現況

中山科學研究院化學所於1995年參與經濟部科技專案，開發溶膠凝膠技術（sol-gel）。有別於十幾年前的學術研究，當時大都引進國外研究法、方向，進行溶膠材料的合成與材料測試。中科院利用先前的研究成果加以運用至產品的開發，進年來才引起產業界的重視，並加以運用至一般生活及工業上。

主要的運用如下：

- 1.親水防霧鍍膜。
- 2.半導體製程用溶膠材料。
- 3.光觸媒溶膠及鍍膜製品。
- 4.電致色變鍍膜溶膠及製品。
- 5.光觸媒鍍膜製品。
- 6.混成溶膠撥水鍍膜玻璃。
- 7.有機色素混成溶膠鍍膜。
- 8.溶膠光學鍍膜玻璃製品。

- 9.溶膠鍍膜汽車後視藍鏡。
- 10.混成溶膠抗反射鍍模塑膠。
- 11.溶膠透明導電鍍膜。
- 12.光觸媒還原金屬鍍膜布。

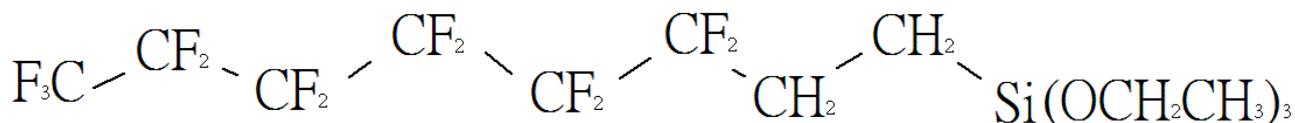
二、藥品器材

(一)、藥品

表一：藥品規格

	藥品名稱	分子量	廠商	等級
催化劑	1.HSO ₃ 2.HNO ₃ 3.HCl 4.NaOH	81.07 63.02 36.46 40	島久製葯	試葯一級
溶劑	1.C ₂ H ₅ OH 2.CH ₃ CHOHCH ₃ 3.(CH ₃) ₂ CO 4.CH ₃ CH ₂ OCH ₂ CH ₃	46.07 50.09 58.08 74.12	島久製葯	試葯一級
sol-gel 溶質 原料	F ₁₃ C ₈ H ₄ Si(OCH ₂ CH ₃) ₃ 【註二】	510.382	艾祈應用材料	
其他	CH ₃ (CH ₂) ₁₆ CH ₂ Br 【註三】	333.4	艾祈應用材料	
	1.TiO ₂	79.88	艾祈應用材料	

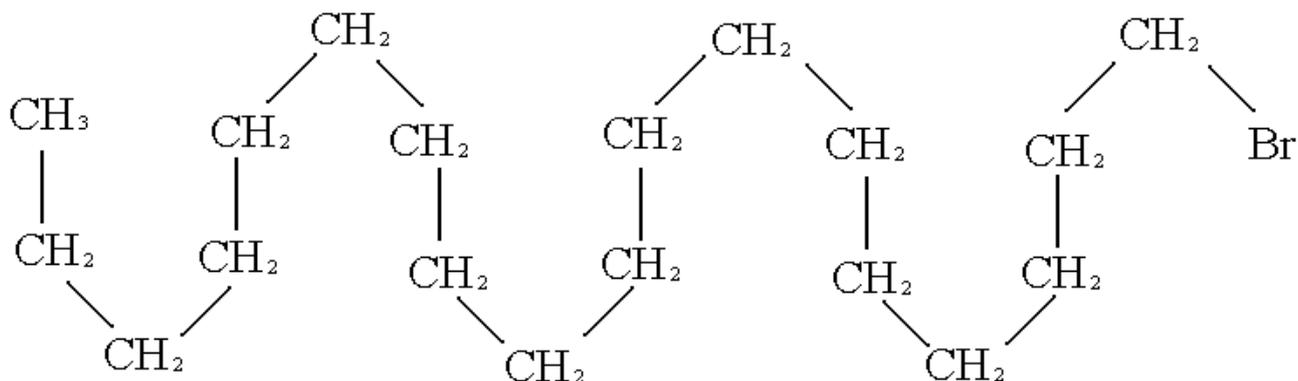
【註二】氟化矽結構



特性表

性質	數值(大約)	單位	解析法
密度(20°C/68°F)	1.33	g/ml	DIN 51757
溶化點	<-38	°C/°F	DIN ISO 3841
沸點	220/428	°C/°F	DIN 51751
黏度(20°C/68°F)	3.5/	mPa.s/cSi	DIM 53015
PH(20°C,1:1 in H ₂ O)	5.5		DIM 19268
閃光點	85/185	°C/°F	EN 22719

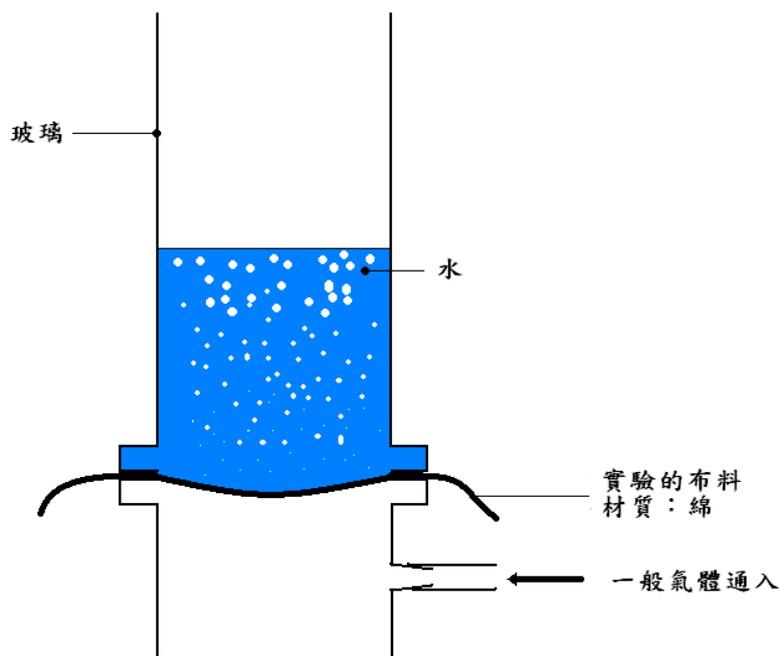
【註三】溴代十八烷結構式



產品名稱：	溴代十八烷
CAS：	112-89-0
產品規格：	<p>分子式：$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{CH}_2\text{Br}$</p> <p>分子量:333.4</p> <p>外觀：低溶點結晶</p> <p>熔點：28.5°C</p> <p>沸點：210°C(13.3kPa)</p> <p>168~169°C(0.2kPa)</p> <p>相對密度：0.9848(20°C)</p> <p>折射率：1.4631</p> <p>含量：≥99%</p> <p>水分：≤0.05%</p> <p>pH 值：6.0~8.0</p> <p>不揮發物：≤50PPM</p>
產品說明：	<p>溶解性：不容於水，溶於乙醇、乙醚、乙酸乙酯和石油醚。</p> <p>其他性質：見光分解。</p> <p><u>用途：本品可用於藥物和其他精細化學品的合成。</u></p> <p>包裝：200KG/桶</p>

(二) 實驗器材

布料透氣測試、防水測試裝置



圖八

如圖八所示裝置，為兩個玻璃製的直立長筒，直徑大小 13.3cm，上筒高 20cm，下筒高 9.5cm 且側邊有通氣口，通氣口可接 0.9cm 的橡皮管後接打氣機，兩筒中間夾有一張後約 0.1cm 實驗的綿質布料。透氣測試時將打氣機開啓，並在上筒注入約一半的水，用肉眼觀察冒出的氣體量；防水測試時，下筒的打氣機關閉，用肉眼觀察漏下的水量。最後將所觀察到的結果中，選出最好的一組，委託艾祈應用材料公司做更精細的測量。

粒徑分析是採用高濃度超微粒徑分布分析儀 (LB-500)，乃是根據布朗運動所設計，由長庚大學提供檢測服務。

接觸角分析是交由工研院化工所檢測，所用儀器為協和介面化學型號 FACE，測量經溶膠處理過的載玻片。

載玻片厚度 1.3mm 長寬 76mm×26mm，水緣磨。

✚其他實驗器材

器皿：燒杯、試管、錐形瓶。

測量工具：量瓶 (50ml、100ml、200ml)、移液管 (最小刻度 0.1ml)、溫度計 (1~100°C)、電子天秤 (最小測量單位 10mg)。

拍攝工具：數位照相機、電腦。

其他：廣用試紙、橡皮管、滴管、表玻璃、磁磚、布料 (90% polyester 10% cotton)、打氣機、保鮮膜、人造纖維 (100% polyester)、油性筆、美工刀、計算機、量角器、通風櫥等。

三、研究架構：

爲了找出最適合氟化矽的理想 sol-gel 製程，首先就必須了解 sol-gel 製程中的困難與定義何謂理想 sol-gel 製程：

✚目前仿製 Lotus effect 及 Sol-gel 製程可能遇到的關鍵挑戰

1. 機械強度：

- roughness surface 的強度小於 flat surface 的強度。
- 若表面粗糙結構遭到破壞，亦使自潔效果消失。

2. 與基材接著問題：

- 氟化物類和矽氧烷類的材料皆有附著性不佳的缺點。
- 重塗性差。

3. 透明度：

- 不透明的低表面能（高接觸角）材料，所能運用的範圍將大幅縮小。

4. 溶膠凝固問題：

- 將氟化物類和矽氧烷類以 sol-gel 製程製成奈米膠體，有可能隨時間的推移，而形成凝膠，無法用於物體表面的附著。

有了對目前科技程度的發展限制的認識，因此在進行 sol-gel 製程、仿製 Lotus effect 的實驗和應用研發出來的成品做實際的運用，都必須注意到前述的四大問題，儘量克服。

✚最適合氟矽烷的理想 sol-gel 製程定義

1. 成品必須要是液態的溶膠液體，而非凝固的凝膠，否則對本研究無實用價值。
2. 成品溶質顆粒必須為奈米大小（1~20nm）。
3. 成品必須為透明的膠體溶液，不能有任何沉澱和顏色等不透明的膠體溶液形成。
4. 成品在仿製 Lotus effect，必須始表面有最高的接觸角。

尋找理想 sol-gel 製程、仿製 Lotus effect 及成品的運用皆使用一次一因子的方式進行，每一階段僅改變一項因子，先由對實驗的直接觀察，尋找最佳的條件，再送由相關單位進行精密儀器的分析。進行的方式如下：

（一）找出適合氟化矽的理想 sol-gel 製程

1. sol-gel 製程的研究（實驗一）

常溫常壓下，使用奈米工業常用氟化矽 $F_{13}C_8H_4Si(OCH_2CH_3)_3$ 為主體 3ml，並與異丙醇 200ml 和催化劑〈硝酸 1ml〉相混合，觀察三種物質隨加入的順序不同的各種變化，並找出最佳的 sol-gel 製程順序。假設選出的最佳製程順序為 M。

2. 溶劑、溶質種類（實驗二）（2.3.因子同時討論）

常溫常壓下，使用 M 製程順序，同時改變催化劑的種類與溶劑的種類，並配合棋盤格的方法（如表一配置），各種溶劑的量取 50ml，有醚類、醇類和酮類等；各種催化劑的量取 0.1ml，有各類酸類和鹼類，找出最符合理想 sol-gel 製程的一組。假設為 S 組。

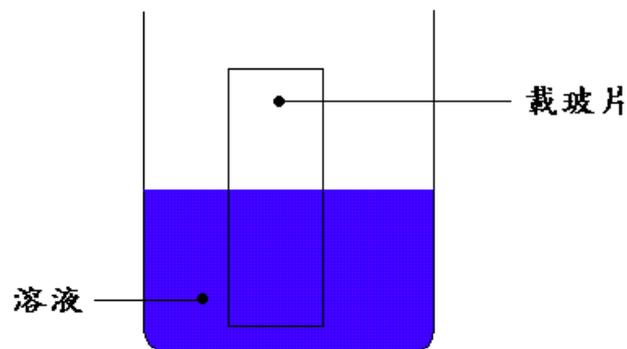
溶劑 催化劑	乙醚 50ml	乙醇 50ml	異丙醇 50ml	丙酮 50ml
濃鹽酸 (aq) 12M 取 0.1ml	A	忠	心	1
濃硫酸 (aq) 18M 取 0.1ml	B	孝	聖	2
氫氧化鈉 (aq) 1M 取 0.1ml	C	仁	多	3
硝酸 (aq) 6M 取 0.1ml	D	愛	維	4
不加催化劑	E	信	福	5

3. 利用理想 sol-gel 製程仿製 Lotus effect (實驗三) (2.3. 因子同時討論)

在完整了解蓮花效應的形成原理，即化學組成 (wax) 與物理組成 (微纖維結構)。首先我們選定載玻片作為仿製蓮葉表面的基材，因考慮到載玻片較容易取得，最重要的是載玻片表面上經水緣磨地處理，有較均勻的微細結構，故以載玻片作為實驗基材。

常溫常壓下，使用 M 製程順序，同時改變催化劑的種類與溶劑的種類，並配合棋盤格的方法 (如表一配置)，各種溶劑的量取 50ml，有醚類、醇類和酮類等；各種催化劑的量取 0.1ml，有各類酸類和鹼類。

接著使用浸泡的方式 (如圖九)，在藥品配置完成的一小時後，各組同時放置載玻片浸泡三分鐘，放置於不銹鋼架上，並詳實記錄各個時間點的塗裝情形。方法：先在載玻片上滴一滴 0.05ml 的水滴，直接用肉眼觀察接觸角在各時間點有無明顯變化。



圖九

最後將塗裝一小時過後的載玻片，滴上一滴 0.05ml 的水滴，使用數位照相機近距離水平拍攝，所得的照片放在電腦上，放大倍率，以量角器測量其接觸角，並記錄。將所得的理想 sol-gel 製程 (造成的 Lotus effect 接觸角最高) 的一組設為 X。

總結一、二、三項的實驗，常溫常壓下，使用 M 製程順序，並且在 S 和 X 間找交集 Y，即可得理想 sol-gel 製程，並可仿製出效果最好的 Lotus effect。設此成品為 P。

4. 成品的檢測與濃度等基本物理量：

常溫常壓下，使用 M 製程順序和 Y 組配方而成的理想 sol-gel 製程，取 3ml sol-gel 原料 $F_{13}C_8H_4Si(OCH_2CH_3)_3$ ，200ml 溶劑，1ml 催化劑，配成成品 P。

- 將成品 P 送由長庚大學檢測，用以了解膠體粒子是否在（1~20nm）間。
- 將載玻片浸泡成品 P 三分鐘，放置自然乾燥，並交由工研院化工所檢測，用以了解精確的接觸角數值。

◆由密度公式 $D=m/V$ 計算 3ml 的 $F_{13}C_8H_4Si(OCH_2CH_3)_3$ 所含的質量
 經藥品資料得知氟化矽在 20°C 時的密度 $D=1.33$ (g/ml)， $V=3$ ml
 $D=m/V \rightarrow m=DV$ 代入 $D=1.33$ (g/ml)， $V=3$ ml
 $\rightarrow m=3.99$ (g)

◆利用求得的質量 $m=3.99$ (g) 求氟化矽的莫耳數
 經藥品資料得知氟化矽的分子量為 510.382
 $\rightarrow \text{mole}=3.99/510.382 \approx 7.82 \times 10^{-3}$

◆利用 $\text{mole} \approx 7.82 \times 10^{-3}$ 求體積莫耳濃度 (M)
 由體積莫耳濃度 $M=\text{mole}/L$ 且溶劑=200ml=0.2L
 $\rightarrow M=7.82 \times 10^{-3}/0.2 \approx 0.04$

(二) 利用理想 sol-gel 製程仿製 Lotus effect 之產品開發

1. 玻璃、磁磚表面的自潔防黴 (實驗四)

- 塗裝方法：使用噴霧的方式，將成品 P 塗布於玻璃、磁磚表面。
- 預期效果：將可形成 Lotus effect，達到自潔防黴。

本研究將利用此產品實驗膠體溶液塗布的機械強度、是否疏水且同時疏油，和是否具有重塗性。

✚機械強度的實驗

使用美工刀於塗裝完成的玻璃或磁磚表面刮上數刀，並以 0.05ml 的水珠滴於表面，拍下照片，放入電腦量接觸角，看是否還保留其低表面能的效果。

✚疏油的實驗

使用油性筆於塗裝完成的玻璃或磁磚表面畫上數筆，觀察是否能使油性顏料塗抹上去。

✚重塗性的實驗

將玻璃、磁磚表面重複使用噴霧塗裝。以塗裝一次與二次，比較接觸角的差異。

2. 布料的塗裝 (實驗五)

- 塗裝方法：
 使用浸泡法，將布料浸泡於成品 P 中三分鐘之後拿起，放置於不鏽鋼自然乾燥。
- 預期效果：

考慮到氟化物類和矽氧烷類的材料皆有附著性不佳的缺點，和布料本身具有厚度，因此預計將有兩個結果。1.成品 P 將無法對於布料有任何影響 2.成品 P 直接可以塗布上去，使表面產生 Lotus effect 自潔效果。如結果是 1.，則進行下列實驗。

✚接著劑有無對組裝影響的實驗

然而到目前為止，尚無對於 sol-gel 製程中加入其它化學藥品的相關文獻，所以我們大膽地以用於精細化學品的合成的 $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{CH}_2\text{Br}$ 溴代十八烷作為接著劑(按在實驗中扮演的角色)，並設計以下實驗：

由於無法準確的得知，成品 P 中有多少的膠體粒子（縮合聚合的大小不一），但可知成品 P 中含有 7.82×10^{-3} mole 的氟矽烷分子，故假設所有的氟化矽分子均未發生聚合且一個氟化矽分子僅與一個溴代十八烷接著，則最少須取 7.82×10^{-3} mole 的溴代十八烷（分子量 333.4），經推算：

$$7.82 \times 10^{-3} \times 333.4 \doteq 2.60 \text{ (g)}$$

$$\rightarrow 2.60 / 0.9848 \doteq 2.65 \text{ (ml)} \dots\dots\dots (\text{V}=\text{m}/\text{D})$$

即最少須取 2.65ml 的溴代十八烷。

- 配製實驗組 Q

常溫常壓下，使用成品 P 加入 2.65ml 的溴代十八烷，並混合均勻。

- 設定對照組成品 P。

- 測試方法：

使用浸泡法，將兩塊布料浸泡於成品 P 與實驗組 Q 中三分鐘之後拿起，放置於不鏽鋼自然乾燥，滴入 0.05ml 的水滴，並以肉眼觀察，比較是否有 Lotus effect 的產生，接著用自製的布料透氣測試、防水測試裝置檢驗，將最好的成果委託材料公司檢測。

✚重塗性的實驗

使用浸泡法，將布料浸泡於實驗組 Q 中三分鐘之後拿起，放置於不鏽鋼自然乾燥。以塗裝一次和二次，個別滴入 0.05ml 的水滴，並以肉眼觀察，比較個別的 Lotus effect 的效果程度。

3. 防水透氣纖維（實驗六）

- 塗裝方法：

將人造纖維浸泡於成品 P 三分鐘，拿到不鏽鋼架自然乾燥。

- 預期效果：

可使原本遇水就立即發生毛細現象而沉入水中的纖維因表面防水，利用水的表面張力而浮於水中，並將結果交由材料公司委託檢測。

用途：

高緯度及高山下雪地區之防寒、防水，各型船隻的救身衣。

4.超自然粉體（實驗七）

●說明：

粉體原本是溶於水中（係指溶於水的粉體而言），但經處理的粉體已不溶於水且防水，已不具原來物理特性，故稱超自然粉體，此次實驗以二氧化鈦為例。

●塗裝方法：

將可溶於水的粉體置於錶玻璃，以滴管滴上數滴成品 P，使其自然乾燥。

●預期效果：

經處理過的粉體，可能浮於水面，因眾多粉體粒子形成的表面粗糙，塗於紙上將可造成媲美滴於荷花水珠的接觸角。並以拍照後於電腦上測量其接觸角，求平均值。

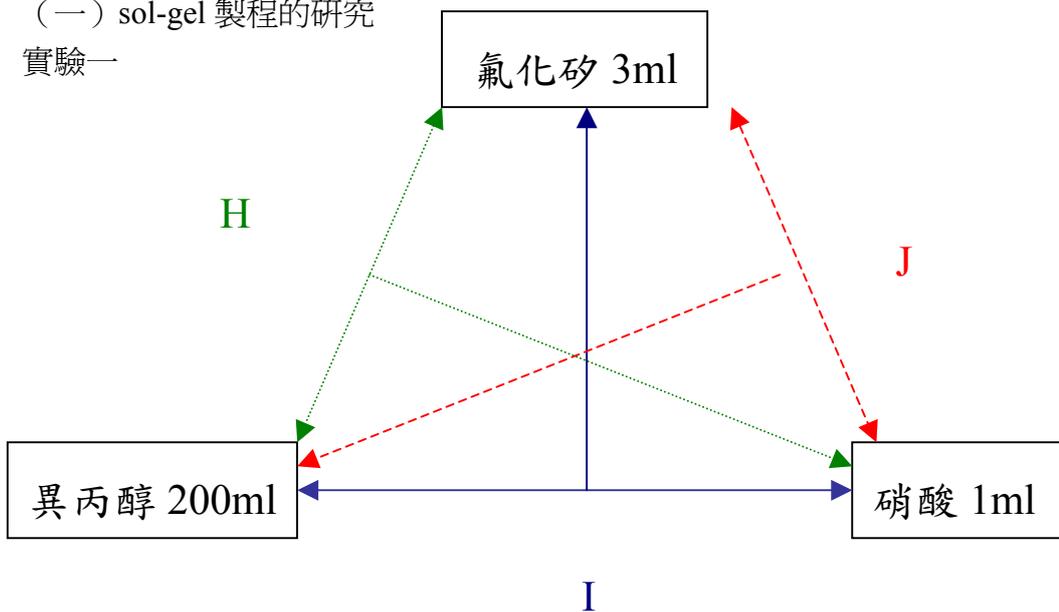
伍、結果與討論

在此將對於前面的實驗部分進行結果分析，分析的方式將以假設的因子，配合上實際操作的結果，進行論述。

一、找出適合氟化矽的理想 sol-gel 製程

（一）sol-gel 製程的研究

實驗一



圖十

由圖十所示，可知 M 製程有 H、I、J 三種可能途徑：

H：氟化矽 3ml 與異丙醇 200ml 先互相混合，最後再滴入硝酸 1ml。

I：異丙醇 200ml 與硝酸 1ml 先相互混合，最後再滴入氟化矽 3ml。

J：硝酸 1ml 與氟化矽 3ml 先相互混合，最後再倒入異丙醇 200ml。

1.結果

藥品剛配製好時

●H組：

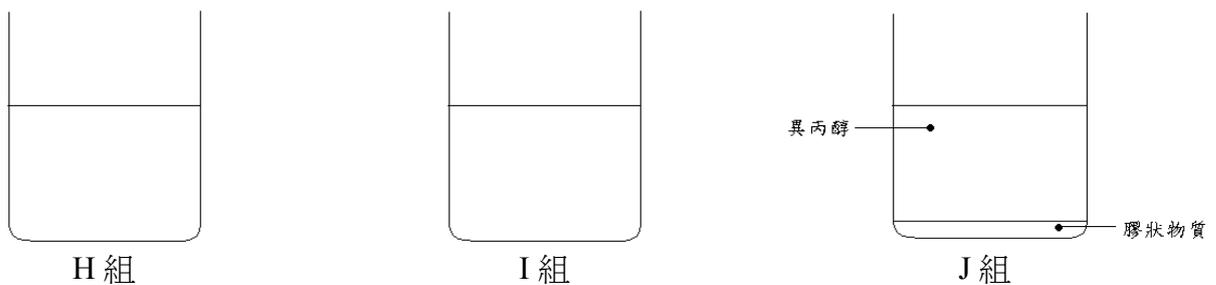
外觀上澄清透明，嘗試置於黑暗中以手電筒、雷射筆觀察粒子的布朗運動及廷得耳效應，皆無法以肉眼觀察，如同離子的水溶液一般，觀察不出任何膠體溶液的性質，為一均勻相。

●I組：

外觀上澄清透明，嘗試置於黑暗中以手電筒、雷射筆觀察粒子的布朗運動及廷得耳效應，皆無法以肉眼觀察，如同離子的水溶液一般，觀察不出任何膠體溶液的性質。

●J組：

在硝酸與氟化矽混合的同時，就可以明顯地觀察到透明膠狀物質的生成且無法流動，加入異丙醇也無法相互溶解，可以看到明顯地兩相，已非溶液狀態。



圖十一：3組藥品剛配好時的狀態

六小時後

●H組：

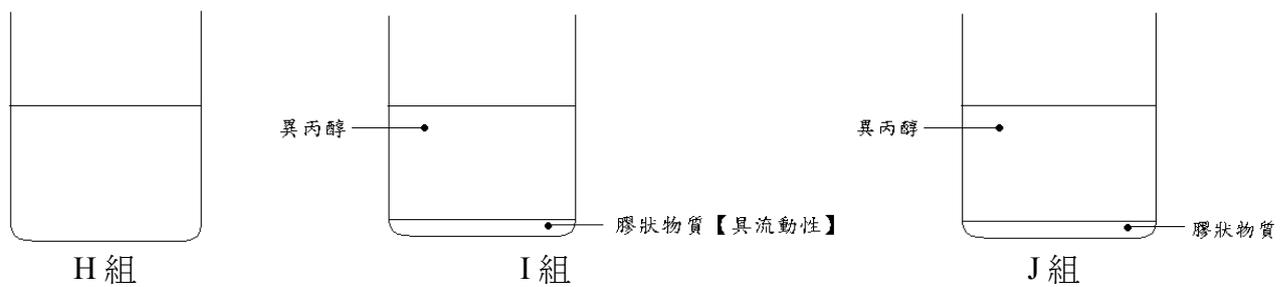
無變化

●I組：

始可觀察到不互溶的液體，明顯地分成兩相，我們將上方的物質進行蒸餾，發現沸點始終維持不變且與異丙醇（82.3°C）的沸點相同，推得上方應為異丙醇，下方應為氟化矽凝結的膠狀物質。

●J組：

無變化



圖十二：3 組藥品 6 小時後的狀態

2.討論

● H 組是否為奈米膠體

由 I、J 可知，異丙醇不會與膠態物質發生反應，在上面的相均為異丙醇，下方的向皆為氟化矽經 sol-gel 製程形成的凝膠，推得 H 組中必定含有如同 I、J 的膠體粒子存在。

經由 LB-500 高濃度超微粒徑分析儀的分析，結果如附件，可知 H 組所含的粒子粒徑在 1nm~20nm 之間，可知 H 組為奈米膠體。

- 由一個月內（30 天）與一年後（約 340 天）的檢測報告得知，團聚現象不嚴重，皆保持在 10nm 以內。

●H 組的布朗運動和廷得耳效應

H 組的布朗運動和廷得耳效應無法以肉眼觀察，但卻可以 LB-500 高濃度超微粒徑分析儀【註四】測出奈米膠體的存在，推測的原因有 1.膠體粒子粒徑太小（1~20nm）2.所形成的膠體溶液為透明溶膠（I、J 組得知）。

【註四】：LB-500 高濃度超微粒徑分析儀是根據布朗運動所設計而成。

●H、I、J 組氟矽烷所成形膠體比較

在各組皆在酸性的環境下情況下，可知所成的膠體粒子皆為網狀（由前述理論），然而因縮合聚合的條件不同，可分為：

H 組：氟化矽均勻分散後，經催化劑硝酸催化，形成明顯**膠體粒子**

I 組：氟化矽未均勻分散，即受催化劑硝酸作用，形成不與溶劑互溶的**液狀膠態溶液**，可知其膠體粒子有凝聚現象。

J 組：氟化矽直接受催化劑硝酸影響，形成由膠體粒子凝聚而成的高分子**聚合物**，且不容於溶劑。

3.結論

總結上述結果與討論，只有 H 組符合理想 sol-gel 製程，成功地克服了透明度與凝固的問題，故選定 H 組的製程為 M 製程。

表四：實驗一實驗結果

項目 \ 組別	H	I	J
布朗運動	有（儀器觀測）	無	無
延得耳效應	有（儀器觀測）	無	無
有無分相	無，唯一均勻相	有（上、下皆為液相）	有（上為液相，下為凝膠）
是否為理想 sol-gel 製程	是（透明度、凝結）	無	無
分子結合情況	膠體粒子	分散的聚合物	高分子聚合物

（二）找出適當的催化劑與溶劑

實驗二

✚ 找出適合氟化矽的理想 sol-gel 製程

使用先加氟化矽與溶劑再在加催化劑的製程 M，製得（表五）藥品。

1.結果

表五：合成藥品後一小時

溶劑 \ 催化劑	乙醚 50ml	乙醇 50ml	異丙醇 50ml	丙酮 50ml
濃鹽酸（aq） 12M 取 0.1ml	A 溶液透明分為二相，能有撥水效果的只有下層	忠 溶液為透明的均勻相	心 溶液為透明的均勻相	1 溶液為透明的均勻相
濃硫酸（aq） 18M 取 0.1ml	B 溶液分為透明二相，能有撥水效果的只有下層	孝 溶液為透明的均勻相	聖 溶液為透明的均勻相	2 溶液為透明的均勻相
氫氧化鈉（aq） 1M 取 0.1ml	C 溶液分為透明二相，能有撥水效果的只有下層	仁 溶液呈白色渾濁的均勻相	多 溶液呈白色渾濁的均勻相	3 溶液呈白色渾濁的均勻相
硝酸（aq）	D	愛	維	4

溶劑 催化劑	乙醚 50ml	乙醇 50ml	異丙醇 50ml	丙酮 50ml
6M 取 0.1ml	溶液分為透明二相，能有撥水效果的只有下層	溶液為透明的均勻相	溶液為透明的均勻相	溶液為透明的均勻相
不加催化劑	E 溶液為透明的均勻相	信 溶液為透明的均勻相	福 溶液為透明的均勻相	5 溶液為透明的均勻相

•以乙醚為溶劑的一欄，所合成出來的藥品皆非常容易揮發，產生刺鼻的乙醚蒸氣，故在通風櫥合成。此外，乙醚為溶劑由於易揮發，所合成的藥品保存不易，在溶液揮發的同時，可看見膠體粒子漸漸凝結沉澱，揮發殆盡後，在底部可清楚看見透明膠體凝結。

2.討論.

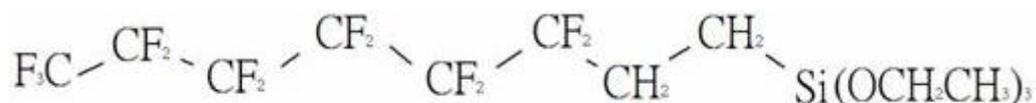
•乙醚欄之 A、B、C、D 組分成二相的原因探討

眾多的膠體粒子，原本因該是均勻的分布於乙醚當中，但由於乙醚於常溫常壓下揮發性強，在溶劑迅速減少的情況下使膠體粒子的距離縮短，以致膠體粒子因布朗運動的碰撞次數增加，產生團聚現象，最後形成更大的膠體粒子團，沉澱底部。

•仁、多、3 三組呈白色渾濁的原因探討

孝、聖、2 三組皆以氫氧化鈉（鹼性環境）作為催化劑，因此形成球狀的聚合體溶膠（依據前述的理論），但是否因如此而造成旋光度的改變，有待進一步研究。

•關於氟化矽聚合的機制討論



觀察氟化矽結構式後我們發現氟化碳類的一端是一穩定化合物，很難與其他物質反應，故推論聚合反應應由 $\text{Si}(\text{OCH}_2\text{CH}_3)_3$ 官能基所完成。

由前人對於 sol-gel 製程的研究發現， H^+ 或 OH^- 的催化下， $\text{Si}(\text{OCH}_2\text{CH}_3)_3$ 官能基通常會釋出有機醇類，再者由於單鍵 $\text{Si}-\text{O}$ 之結合力甚強，其鍵能較單鍵 $\text{Si}-\text{C}$ 大 36kcal/mole ，故推論氟化矽彼此的鍵結應為矽氧鍵 $\text{Si}-\text{O}-\text{Si}$ 。

藉由矽氧鍵 $\text{Si}-\text{O}-\text{Si}$ 的聚合，氟化矽經二聚體、一維鏈、二維環、三維網路，隨時間推移逐漸形成複雜的立體網狀多聚合體結構，而達到奈米粒子的大小。

此部份推論的參考文獻

汪信、劉孝恒編注，馬振基校訂。奈米材料化學。初版一刷，臺北市，五南圖書出版股份有限公司，中華民國九十五年九月。

秦道堅著作。大學叢書 實用高等 有機化學。二版，臺灣商務印書館，中華民國七十年九月

3.結論

●S 組的篩選

考慮到以乙醚為溶劑的 sol-gel 成品都有刺鼻氣味及分成二相的缺點，以及仁、多、3 三組會有球狀的聚合體溶膠形成，且呈白色混濁，故只有忠、孝、愛、信、心、聖、維、福、1、2、4、5 共十二組符合 S 組要求。

實驗三

✚利用理想 sol-gel 製程仿製 Lotus effect

1.結果

表六

時間 \ 組別	A	B	C	D	E
一分鐘					
二分鐘	V	V	V		
三分鐘	V	V	V		
四分鐘	V	V	V		
五分鐘	V	V	V	V	
十分鐘	V	V	V	V	
三十分鐘	V	V	V	V	
一小時	V	V	V	V	

表七

時間 \ 組別	忠	孝	仁	愛	信
一分鐘			V		
二分鐘			V		
三分鐘			V		
四分鐘			V		
五分鐘			V		
十分鐘		V	V	V	
三十分鐘	V	V	V	V	
一小時	V	V	V	V	V

表八

時間 \ 組別	心	聖	多	維	福
一分鐘					
二分鐘					

三分鐘		V			
四分鐘	V	V		V	
五分鐘	V	V		V	
十分鐘	V	V	V	V	
三十分鐘	V	V	V	V	
一小時	V	V	V	V	

表九

時間 \ 組別	1	2	3	4	5
一分鐘		V	V		
二分鐘		V	V		
三分鐘		V	V		
四分鐘		V	V		
五分鐘		V	V		
十分鐘		V	V		
三十分鐘	V	V	V	V	V
一小時	V	V	V	V	V

註：打勾（V）代表以肉眼觀察有明顯的接觸角變化。

表十：接觸角測試

溶劑 \ 催化劑	乙醚 50ml	乙醇 50ml	異丙醇 50ml	丙酮 50ml
濃鹽酸（aq） 12M 取 0.1ml	A 90°~126°	忠 90°	心 102°	1 83°
濃硫酸（aq） 18M 取 0.1ml	B 80°	孝 100°	聖 80°	2 100°
氫氧化鈉（aq） 1M 取 0.1ml	C 68°	仁 110°	多 90°	3 108°
硝酸（aq） 6M 取 0.1ml	D 110°~115°	愛 115°	維 115°	4 105°
不加催化劑	E 62°	信 70°~47°	福 60°~45°	5 96°

註：未處理的載玻片接觸角為 0°~5°。

2.討論

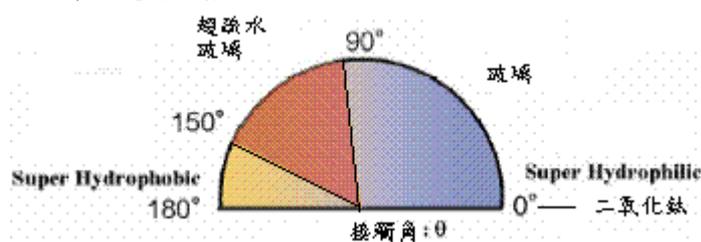
●催化劑和溶劑對於氟化矽塗裝玻璃的影響

由表四至表八，可知催化劑種類或溶劑種類，對於氟化矽塗裝於玻璃上的時間無一定關係。

3.結論

●X 組的篩選

由圖十三可知，氟化矽塗裝玻璃所造成的接觸角最少在大約 110° 以上，才算符合 X 組。故 X 組可定義為 A、D、仁、愛、維。



圖十三

●理想 sol-gel 製程的篩選（成品 P 的發現）

統合實驗一、二、三，我們發現以 H 組之製程程序，並且在 S（忠、孝、愛、信、心、聖、維、福、1、2、4、5）和 X（A、D、仁、愛、維）間找交集，符合的有愛組和維組。

表九進一步的分析此兩組差別：

表十一：愛組與維組比較

性質	組別	愛組	維組
溶劑		乙醇	異丙醇
接觸角		115 度	115 度
外觀		溶液為透明的均勻相	溶液為透明的均勻相
是否凝結		不會	不會
成本		稍高	較便宜

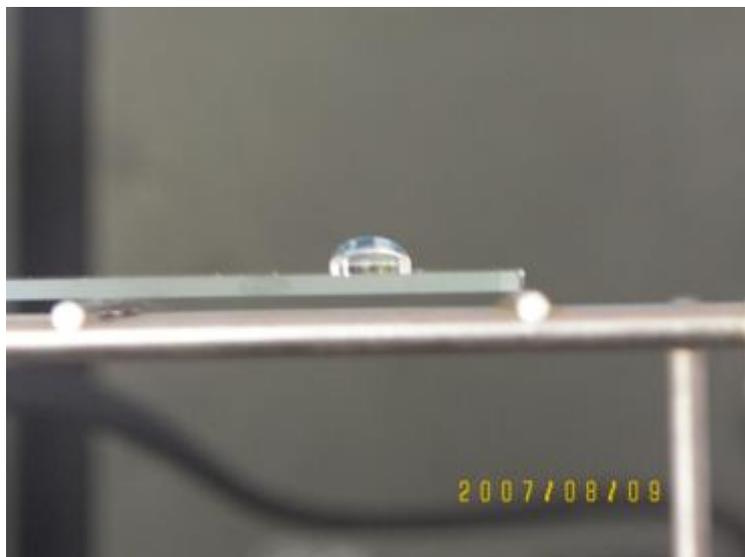
由上表整理可知，維組因以異丙醇為溶劑，故成本稍低於乙醇，所以我們選定維組為成品 P，繼續進行產品開發與應用。

(三) 利用理想 sol-gel 製程仿製 Lotus effect

實驗四

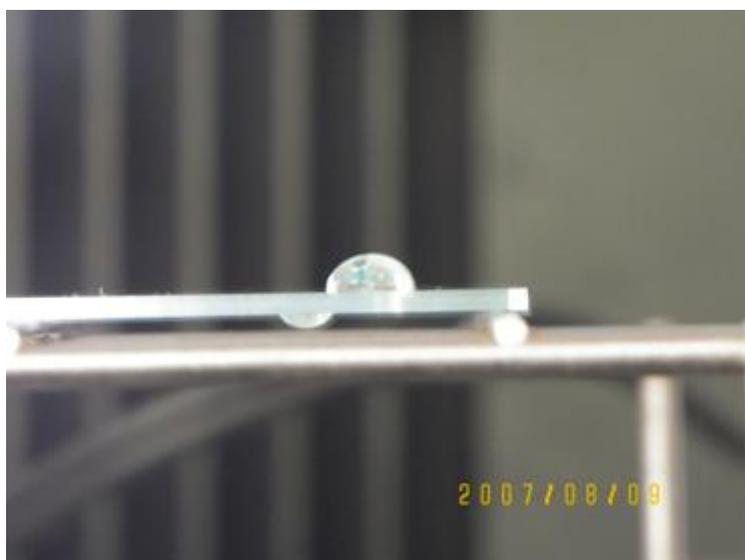
1. 結果

由圖十四照片可知，我們已成功的做出預期效果，具有高接觸角。



圖十四

●機械強度的實驗



圖十五：經美工刀劃過 10000 次的結果，由照片可知變化不大。

●疏油的實驗

使用油性筆於玻璃表面畫上幾筆，我們發現油性筆的顏料無法附著，因此證明經成品 P 處理的玻璃表面具有疏油又疏水的效果。

- 重塗性的實驗

再一次的使用實驗四的塗裝方法，我們比較重塗後的載玻片與只塗裝一次的載玻片，發現兩者的接觸角幾乎相同（115 度）。

2.討論

- 機械強度的實驗分析

由實驗可知，經由成品 P 處理過的玻璃具有超強的機械強度，很難以外力破壞其 Lotus effect，而繼續保有其自潔效果。因此我們推論，所研究出來的產品，已克服機械強度的問題。

- 疏油的實驗分析

可能是由於玻璃表面具有 CF_3 的緣故。 CF_3 表面能非常小，以致油脂無法附著。此現象可知，我們所開發出來的產品，具有疏水又同時疏油的雙疏效果。

- 重塗性實驗的分析

造成二次附著性非常差的原因可能是表面具有 CF_3 的緣故。 CF_3 非常安定，不易與其他物質鍵結，故造成產品的重塗性差。

3.結論

本產品成功克服機械強度差的問題，並有疏水疏油的雙疏效果，已具有實際運用的價值，可以運用於衛浴設備的防污防黴、玻璃和磁磚的防污、汽車擋風玻璃及安全帽鏡片的自潔撥水等等，用途甚廣。

實驗五

1.結果

- 成品 P 無法附著於布料，故進行實驗組 Q 的實驗

表十二：P、Q 組實驗結果比較

組別	實驗組 Q	對照組 P
觀察特性		
防水性	好	差
透氣性	能透氣	能透氣

並將 Q、P 兩組經由精密儀器的檢測如附件

- Q 組的重塗性實驗

表十三：Q 組重塗次數與 Lotus effect 效果

重塗次數	Lotus effect 效果
一次	水會滲入布料纖維
二次	水可停留布料纖維呈球狀

2.討論

●使用溴代十八烷當接著劑的原因

會選用溴代十八烷當接著劑完全屬於偶然，是我們在採買藥品時看到了藥品用途簡介中的介紹（[本品可用於藥物和其他精細化學品的合成。](#)）這一行字再加上材料行老闆的建議，才拿來實驗，果真可行，實屬意外的收穫。

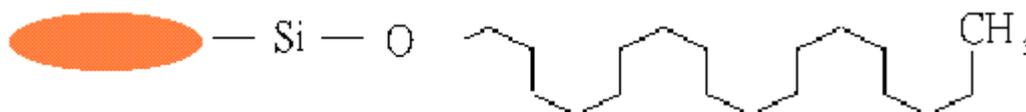
● 為何使用氟化矽與溴代十八烷以 1：1（mole）的方式混合

以下為我們當初設計實驗的推論：

溴代十八烷為一種碳氫化合物的鹵素衍生物，官能基的鹵原子 Br 很容易以鹵離子形態移去，官能基的碳原子也易被陰離子或擁有未鍵結電子對的分子所攻擊（親核的試劑）。

由實驗二對於氟化矽聚合的推論如正確無誤，由單鍵 Si—O 中 Si 的正電度較 O 大，故電子偏向 O 的方向，恰好符合親核試劑的標準，推得氟化矽聚合物應當能與溴代十八烷進行反應，產生如圖十六的形式。

故我們設計 mole 比為 1：1 的實驗。



圖十六

當然，這只是一個推論，我們希望未來能有更進一步的研究探討溴烷類對於氟化矽真正的反應變化，了解兩者真正的結合的結構式以及附著於布料的機制。

●儀器分析結果討論（見附件）

表十四：儀器分析結果

項目	對照組 P	實驗組 Q
噴霧測試（水）	使全部布料表層部分潮濕（有毛細現象產生）	位噴霧點的布料表層會潮濕（無毛細現象產生）
透氣情形	89.2 [cm ³ /cm ² /sec]	84.3 [cm ³ /cm ² /sec]
導熱情形	0.09 (clo)	0.11 (clo)

註：保溫的標準表達單位是 clo（依 ASTM 的定義，在環境溫度 21℃，風速 0.1m/s 的情況下，讓在休息狀態下的人，保持膚溫 33℃，且其生理代謝值也保持在 58w/m²，此舒適狀態稱為 1 clo）。

由噴霧測試，我們可知水珠不會滲入 Q 組織維內部，只要稍微傾斜，即可將水珠排除，具有低表面能表面，而 P 組的水珠，因有毛細現象的作用，水珠被吸附於表面，無法以傾斜方式排除，具高表面能表面。

透氣方面，由測試可知 Q 組透氣稍微差了一點，但又不像塑膠布一樣完全不透氣，推測應是 Q 組表面具有 CF₃的結果，又由於透氣量較少的緣故，以致 Q 組經由氣體的導熱程度較 P 組差，故 Q 組 col 值高 P 組 0.02。

●重塗性研究討論

由觀察到的現象得知應有兩方向的解答：

- 一、可能是第一次附著不完全，在第二次附著時只附著第一次未附著的部分，故推得應為單層結構，造成低表面能的結果。
- 二、可能是第一次附著完全，第二次附著時在表面造成雙層、多層結構，使表面微細結構增加，造成低表面能的結果。

但真實情形仍須藉由原子力顯微鏡 AFM 分析，這也是我們希望未來能繼續研究的方向。

3.結論

就我們所了解目前國內沒有以 sol-gel 製程應用於布料自潔，我們算是首開先例。我們不但克服了附著性不佳的問題，且本產品具有一般防水布料所缺乏的透氣性，運用於一般衣物不會令人悶熱不適，且製程和施工簡單、成本不高，未來發展潛力無限。

實驗六

1.結果



圖十七

如圖十七所示，塗裝後每一個纖維結構都會在與水接觸的界面上形成向下凹陷的情形，而浮於水面；未塗裝的纖維則沉入水底。

由於纖維緊密程度不及布料，故在塗裝時並無附著性差的問題。

粗略估量假設 1g 的人造纖維完全平均分布於水表面，大概可以浮起 100 克（保守估計）的載重物。

將塗裝後（實驗組）及未塗裝（對照組）的纖維利用直立式偏光顯微鏡所拍得的表面細微結構，如附件。

2.討論

●塗裝後纖維浮於水表面的原因

因纖維結構都會在與水接觸的界面上形成向下凹陷的情形，推得其原理應該與水黽浮於水面原理相符，透過浮力原理 $B = V \times D$ ，了解塗裝後纖維浸入水中，所能造成的浮力必為本身重量的 10~100 倍。

●纖維防水的機制

參考前面的實驗，應該是纖維表面具有 CF₃ 的一端，造成纖維表面有超低表面能。

●粗略估量所能造成最大浮力而未精密測量的原因

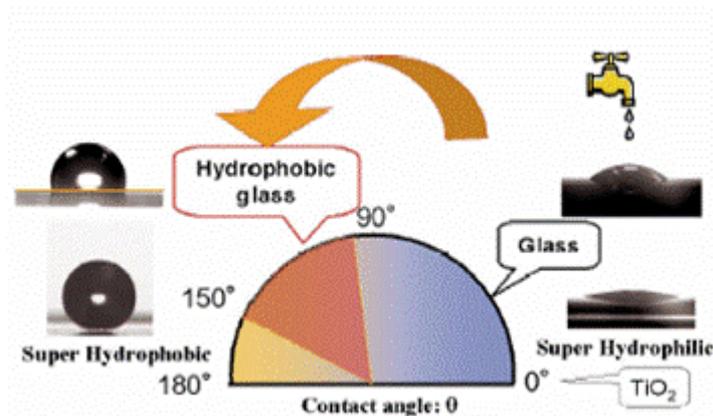
因為纖維本身的形狀並不固定，每一團纖維所造成的平均密度也不一樣，推得每一團纖維的最大浮力必不相同，故未做更進一步的測量。

3.總結

此項產品可與實驗五所研發出來的產品做運用：

- 一、 高山的防寒防水衣料運用（防水的運用）。
- 二、 各形船隻的防水、防寒衣料運用（防水的運用）。
- 三、 可製成救生衣（超大浮力的運用）。
- 四、 運用於棉被的保暖、自潔、防止微生物及細菌滋長（水分子不易附著的運用）
舒緩對棉被過敏的症狀。

實驗七



圖十八

本實驗顛覆傳統對於二氧化鈦 TiO₂ 的認識。

如圖十八所示，具有二氧化鈦的表面的接觸角接近為 0 度（超低接觸角），然而透過成品 P 處理後，我們量得其接觸角如下表：

表十五：二氧化鈦表面上水滴的接觸角

我們非常驚奇的發現具二氧化鈦表面的紙上，水滴所能造成的接觸角竟然接近 150 度

次數	角度
一	145.2°
二	148.3°
三	150.6°
平均值	148.03°

（超高接觸角），且能浮在水上，完完全全地改變二氧化鈦表面物理性質，故稱之為「超自然粉體」，同時也是本研究中最接近蓮葉表面接觸角的一組。

2.討論

●造成 TiO₂ 的超高接觸角成因：

- 一、氟化矽在 TiO₂ 粒子上附著的結果
- 二、TiO₂ 粉體顆粒仍保有其凝聚緻密的特性，但較載玻片表面粗糙，故 TiO₂ 粉體有較多的物理組成（微細結構），造成附有 TiO₂ 的紙張表面具有接近 150 度的超高接觸角。

3.結論

這項產品是國內最新的研發，目前尚無人研究，是現代科學一大創舉，同時也會讓世界各國科學家，掀起對於超自然粉體研究風潮，相信世界各國科學家一定會往，三氧化二鋁、氧化鋯、氧化鋁等……粉體研究，太空材料用超自然粉體奈米技術製造出材料。

未來主要的運用：

- 一、 螢光粉末做到超自然粉體，不但能夠防止水氣進入粉體內，且持續發光壽命增加。當粒徑密度一樣時，發出亮度增強色澤更漂亮。
- 二、 **【建築】** 使用超自然粉體塗料的房屋內外牆的防潮、防黴、防壁癌。
- 三、 **【建築】** 水管內徑運用超自然粉體技術，能夠使水垢無法附著於水管內壁，及附著細菌。
- 四、 **【生化科技】** 運用於各式化妝品超自然粉體，有保濕功能及防止化妝遇水後再補裝。

陸、總結

經過對於蓮花表面的深入了解、sol-gel 的反應機制及 sol-gel 製成的膠體附著型態的認識，首要的研究就是尋找適當的原料和配合原料之適當的 sol-gel 製程。我們選定奈米工業常用的氟化物類（氟化矽）並配合了「（氟化矽 + 溶劑）^{先加} + 催化劑^{後加} → 氟化矽膠體」的製程順序，成功地合成了非凝結的液態溶膠。

接著我們透過棋盤格的方法配成 20 組以不同的催化劑和溶劑合成的膠體溶液，一方面觀察各組對製程結果的影響，一方面比較各組塗裝於玻璃後的接觸角大小，再配合成本的考量，三者的交集，我們成功地找出以硝酸為催化劑，以異丙醇為溶劑所合成膠體溶液是透明且具流動性。經儀器檢測出來的結果，在玻璃表面所能形成的最高接觸角為 114.71 度，並克服仿製 Lotus effect 及 sol-gel 製程的關鍵挑戰中透明度以及凝結問題。

在一次偶然的實驗當中，我們藉由加入溴代十八烷，將氟化矽成功地附著於布料，對於目前 sol-gel 製程中所遇到的附著性、重塗性差的問題露出一道曙光。並藉由對塗裝後的載玻片用美工刀劃過 10000 次的結果證明，我們所合成的氟化矽溶液並物機械強度差的問題。

總結上述，我們完完全全克服了所有 sol-gel 製程成敗於否的關鍵性問題，並成功地以簡單的 sol-gel 製程仿製 Lotus effect 表面的化學組成及物理組成，並已具有實際運用的價值。

透過氟化矽的 sol-gel 研究，我們也成功的開發出四種產品，當中除了廣為人知的玻璃表面運用以外，還有自行研發的布料用奈米塗料、防水透氣纖維和超自然粉體。就目前我們所知，這三種產品的開發是目前國內前所未見的。

然而在研究的過程及產品研發中，像是氟化矽的聚合物真實結構、氟化矽 sol-gel 製程中加入溴代十八烷的反應機制以及氟化矽聚合物與各種物體表面附著的機制等等，礙於我們目前所擁有的設備、經費的限制以及貴重儀器的使用費用昂貴，我們非常希望未來能有機會持續研究，找出合理的解答。

柒、參考書目：

楊日昌總編輯。台灣奈米科技—從 2004 到嚮往的大未來。初版第一刷，新竹縣，工業技術研究院 奈米科技研發中心 中華民國九十二年十二月三十一日。

趙承琛編著。界面科學基礎。十九版三刷。復文書局。中華民國九十五年三月。

曾國輝編譯。化學（上）（下）冊。第二版再刷。台北市。藝軒圖書出版社。中華民國九十四年十月

廖元正撰。中華民國九十三年七月。台灣大學博士論文 香豆素寡聚合物、二氧化矽及金奈米粒子應用在糖受體的感測器開發。P.175~190。

王應瓊編著。儀器分析。增訂五版。台北市。中央圖書出版社。中華民國九十一年七月。

汪信、劉孝恒編注，馬振基校訂。奈米材料化學。初版一刷，臺北市，五南圖書出版股份有限公司，中華民國九十五年九月。

秦道堅著作。大學叢書 實用高等 有機化學（上）（下）冊。二版，臺灣商務印書館，中華民國七十年九月。

附件：

粒徑檢測報告

一個月內

MAY-30-2005 14:09 FROM:

TO: 834116209

P: 1/1

HORIBA LB-500 for Windows(TM) Ver.3.24
LB-500 system for Windows
Sampling Times

2004/8/2 AM 11:42

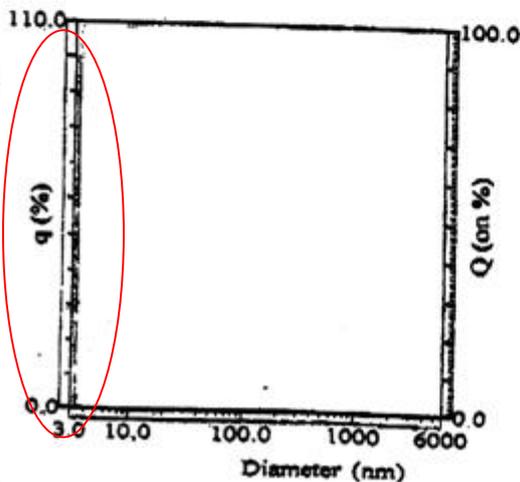
r190

Filename : 抗污 抗菌奈米溶液
ID# : 200408021142668
Form of Distribution : Standard
Sampling Times : 100
Calc. Level : 50
Distribution Base : Volume
Particle Refractive Index : 1.600 - 0.000i
Dispersant Refractive Index : 1.378
Dispersant Viscosity : 2.1874(mPa·s)
Sample Concentration : 0.023(V)
Measurement Temperature : 22.6(22.5- 22.7)(°C)
Temperature Sensor : Liquid Sensor
Axis Selection : LogX-LnY
Sample Name : 抗污 抗菌奈米溶液

Form of Distribution : Standard
Calc. Level : 50
Distribution Base : Volume
Axis Type : Bar
Particle Refractive Index : 1.600 - 0.000i
Dispersant Refractive Index : 1.378
Dispersant Viscosity : Y = 7.4206192E-6X4 - 1.016846E-5.2484012E-2X2 - 12.106889X = 1054.8468
Cumulative Distribution Graph : On
Size Class : Passing
Density Distribution Graph : Standard

S.P. Area : 1.8889E+7(cm² /cm³)
Median : 3.2(nm)
Diameter on % : (2)10.00 (%) - 3.0(nm)
(5)50.00 (%) - 3.2(nm)
(9)90.00 (%) - 3.3(nm)
% on Diameter : 10.0 (nm) - 100.000(%)
Mean : 3.2(nm)
Variance : 7.4233E-4(nm²)
S.D. : 0.0(nm)
CV : 0.8577
Mode : 3.2(nm)
Geo. Mean : 3.2(nm)
Diffusion Coefficient : 6.2371E-11 (m² /s)
R Parameter : 2.7072E-1
Validation :

No.	Diameter(nm)	q (%)	Upper %	No.	Diameter(nm)	q (%)	Upper %
1	3.4	99.579	99.579	35	339.3	0.000	100.00
2	3.8	0.421	100.000	36	388.6	0.000	100.00
3	4.4	0.000	100.000	37	445.1	0.000	100.00
4	5.0	0.000	100.000	38	509.8	0.000	100.00
5	5.8	0.000	100.000	39	583.9	0.000	100.00
6	6.6	0.000	100.000	40	668.7	0.000	100.00
7	7.6	0.000	100.000	41	766.0	0.000	100.00
8	8.7	0.000	100.000	42	877.3	0.000	100.00
9	10.0	0.000	100.000	43	1004.8	0.000	100.00
10	11.4	0.000	100.000	44	1150.9	0.000	100.00
11	13.1	0.000	100.000	45	1318.2	0.000	100.00
12	15.0	0.000	100.000	46	1509.9	0.000	100.00
13	17.1	0.000	100.000	47	1729.4	0.000	100.00
14	19.6	0.000	100.000	48	1980.8	0.000	100.00
15	22.5	0.000	100.000	49	2268.7	0.000	100.00
16	25.7	0.000	100.000	50	2598.5	0.000	100.00
17	29.3	0.000	100.000	51	2976.3	0.000	100.00
18	33.8	0.000	100.000	52	3409.0	0.000	100.00
19	38.7	0.000	100.000	53	3904.5	0.000	100.00
20	44.3	0.000	100.000	54	4472.1	0.000	100.00
21	50.7	0.000	100.000	55	5122.3	0.000	100.00
22	58.1	0.000	100.000	56	6000.0	0.000	100.00
23	66.6	0.000	100.000				
24	76.2	0.000	100.000				
25	87.3	0.000	100.000				
26	100.0	0.000	100.000				
27	114.9	0.000	100.000				
28	131.3	0.000	100.000				
29	150.3	0.000	100.000				
30	172.1	0.000	100.000				
31	197.1	0.000	100.000				
32	225.8	0.000	100.000				
33	258.6	0.000	100.000				
34	296.2	0.000	100.000				

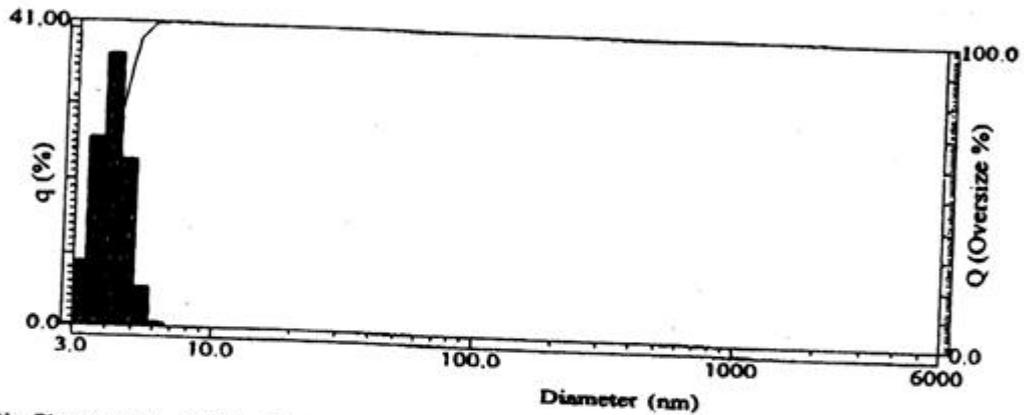


紅色部分為數值分佈區域，接近 3nm。

HORIBA LB-500 for Windows(TM) Ver.3.36
 LB-500 system for Windows

```

Filename       : Sample AB
ID#           : 20040617152206
Form of Distribution : Standard
Sampling Times : 100
Calc. Level   : 50
Distribution Base : Volume
Dispersant Viscosity : 1.1000 (mPa·s)
Sample Concentration : 0.007 (V)
pH in Bath   : ---
Conductivity in Bath : ---
Source       :
S.P. Area    : 1.4867E+7 (cm²)
Median       : 4.1 (nm)
Mean         : 4.1 (nm)
Mode         : 4.1 (nm)
R Parameter  : 1.4621E-1
Validation   :
    
```



No.	Diameter(nm)	q (%)	Over %	No.	Diameter(nm)	q (%)	Over %	No.	Diameter(nm)	q (%)	Over %
1	3.4	8.978	8.978	21	50.7	0.000	100.000	41	766.0	0.000	100.00
2	3.8	25.572	34.551	22	58.1	0.000	100.000	42	877.3	0.000	100.00
3	4.4	36.778	71.329	23	66.6	0.000	100.000	43	1004.8	0.000	100.00
4	5.0	22.773	94.102	24	76.2	0.000	100.000	44	1150.9	0.000	100.00
5	5.8	5.430	99.532	25	87.3	0.000	100.000	45	1318.2	0.000	100.00
6	6.6	0.488	100.000	26	100.0	0.000	100.000	46	1509.9	0.000	100.00
7	7.6	0.000	100.000	27	114.5	0.000	100.000	47	1729.4	0.000	100.00
8	8.7	0.000	100.000	28	131.2	0.000	100.000	48	1980.8	0.000	100.00
9	10.0	0.000	100.000	29	150.3	0.000	100.000	49	2268.7	0.000	100.00
10	11.4	0.000	100.000	30	172.1	0.000	100.000	50	2598.5	0.000	100.00
11	13.1	0.000	100.000	31	197.1	0.000	100.000	51	2978.3	0.000	100.00
12	15.0	0.000	100.000	32	225.8	0.000	100.000	52	3409.0	0.000	100.00
13	17.1	0.000	100.000	33	258.6	0.000	100.000	53	3904.5	0.000	100.00
14	19.6	0.000	100.000	34	296.2	0.000	100.000	54	4472.1	0.000	100.00
15	22.5	0.000	100.000	35	339.3	0.000	100.000	55	5122.3	0.000	100.00
16	25.7	0.000	100.000	36	388.6	0.000	100.000	56	6000.0	0.000	100.00
17	29.5	0.000	100.000	37	445.1	0.000	100.000				
18	33.8	0.000	100.000	38	509.8	0.000	100.000				
19	38.7	0.000	100.000	39	583.9	0.000	100.000				
20	44.3	0.000	100.000	40	668.7	0.000	100.000				

由此圖可知，團聚現象不嚴重，保持在 10nm 以內。

紅色部分為數值分佈區域，接近 3nm。

布料檢測報告

Intertek Labtest

TEST REPORT

Number: TTJ0140885

Date: SEP 08, 2006

Applicant: UNIPHEX APPLIED MATERIAL CORPORATION
NO.8-2, SHGU,
GAOPING, LUNGTAN, TAOYUAN,
TAIWAN 325, R.O.C.

Sample Description :
Two (2) Pieces Of Submitted Sample Said To Be 90% Polyester 10% Cotton In White, Marked As (A) Original Fabric And (B) Uniphex Fabric.

Applicant's Provided Care Instruction/Label : -

Date Received/Date Test Started : AUG 18, 2006

Standard : -
Style /Article No. : -
Order No. : -
Buyer's Name : -
Manufacturer's Name : -
Agent's Name : -
Ref. : -

Conclusion:

Spray Test As Received	(A) F	(B) F
Air Permeability As Received	#	#
Thermal Transmittance	#	#

Note : M = Commercially Acceptable
N/A = Not Applicable

F = Fail
= No Comment

Authorized By:
On Behalf Of Intertek Testing Services
Taiwan Limited



Carol Peng
Director
Textile And Footwear Division

Anna/Sakura

Intertek Testing Services Taiwan Ltd.
8F., No. 423, Ruiguang Rd., Neihu District, Taipei 114, Taiwan, R.O.C.
全國公證檢驗股份有限公司
114台北市內湖區瑞光路423號8樓
Tel: (+886-2) 6602-2888 · 2797-8885 Fax: (+886-2) 6602-2400 · 6602-2401

Page 1 Of 2

TEST REPORT

Number: TTJ0140885

Tests Conducted (As Requested By The Applicant)

1 Spray Test As Received (AATCC 22-2001):

	(A)	Individual Reading	(B)
Rating			
Specimen 1	70		80
Specimen 2	70		80
Specimen 3	70		80

Remark : Tested On The Face Side.

Remark : Rating 100 - No Sticking Or Wetting Of Upper Surface.

Rating 90 - Slight Random Sticking Or Wetting Of Upper Surface.

Rating 80 - Wetting Of Upper Surface At Spray Points.

Rating 70 - Partial Wetting Of Whole Of Upper Surface.

Rating 50 - Complete Wetting Of Whole Of Upper Surface.

Rating 0 - Complete Wetting Of Whole Upper And Lower Surfaces.

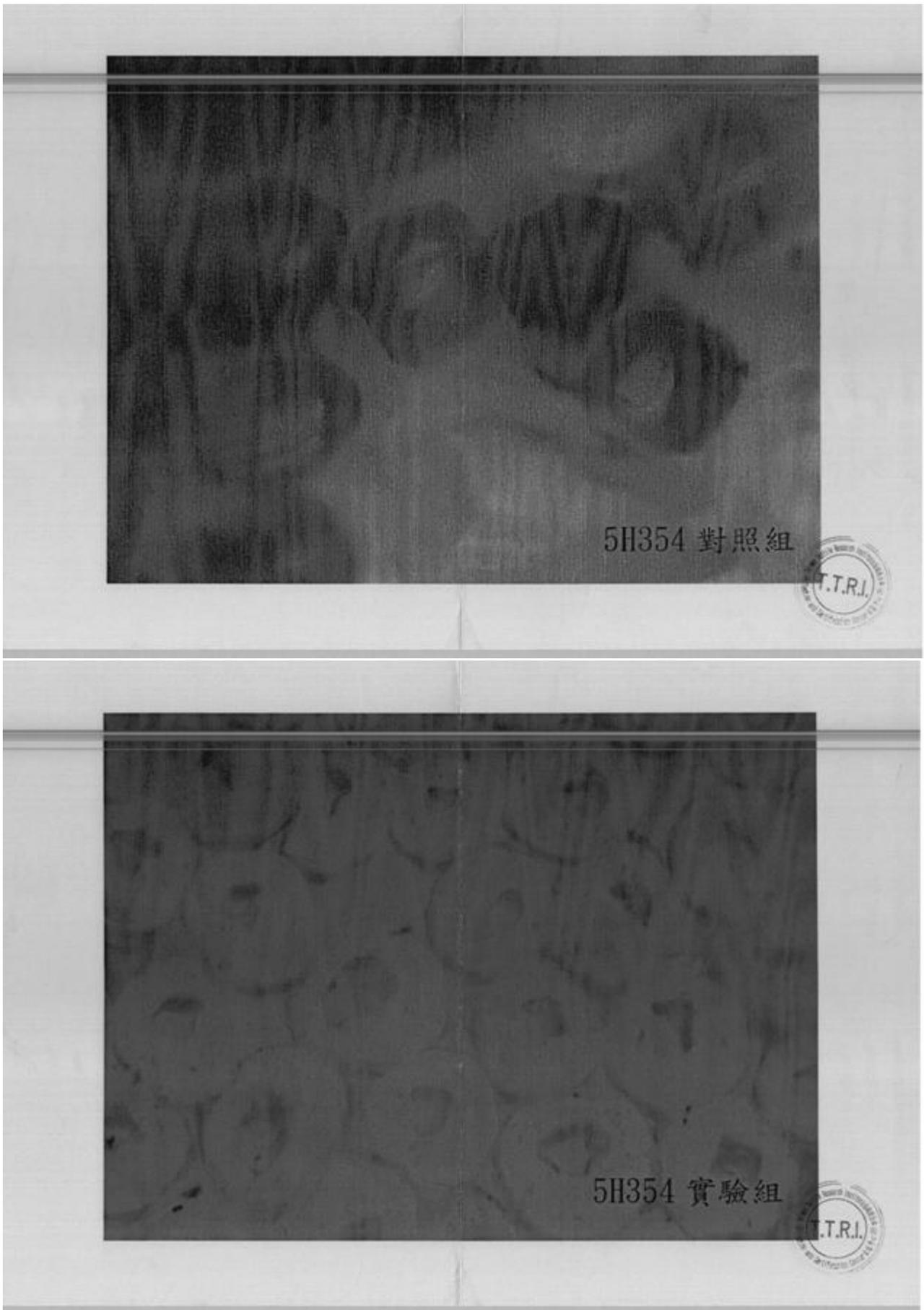
2 Air Permeability As Received (ASTM D737-1996):

(A)	(B)
89.2 cm ³ /cm ² /SEC	84.3 cm ³ /cm ² /SEC

Remark: Test Pressure = 125 Pa
Test Area = 38cm²

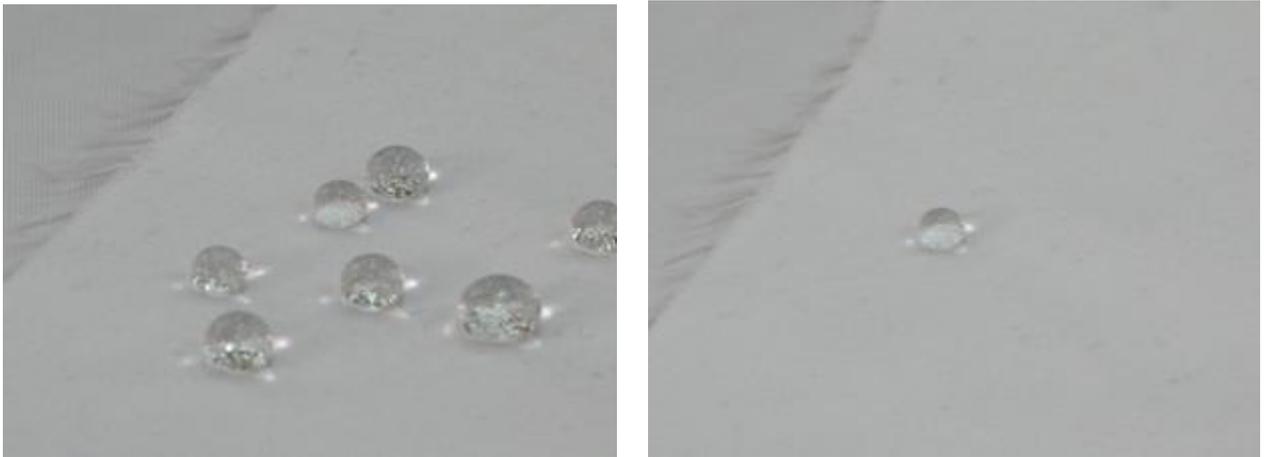
3 Thermal Transmittance Of Textile Fabric And Batting Between Guarded Hot-Plate And Cool Atmosphere (ASTM D1518):

	(A)	(B)
Clo	0.09	0.11

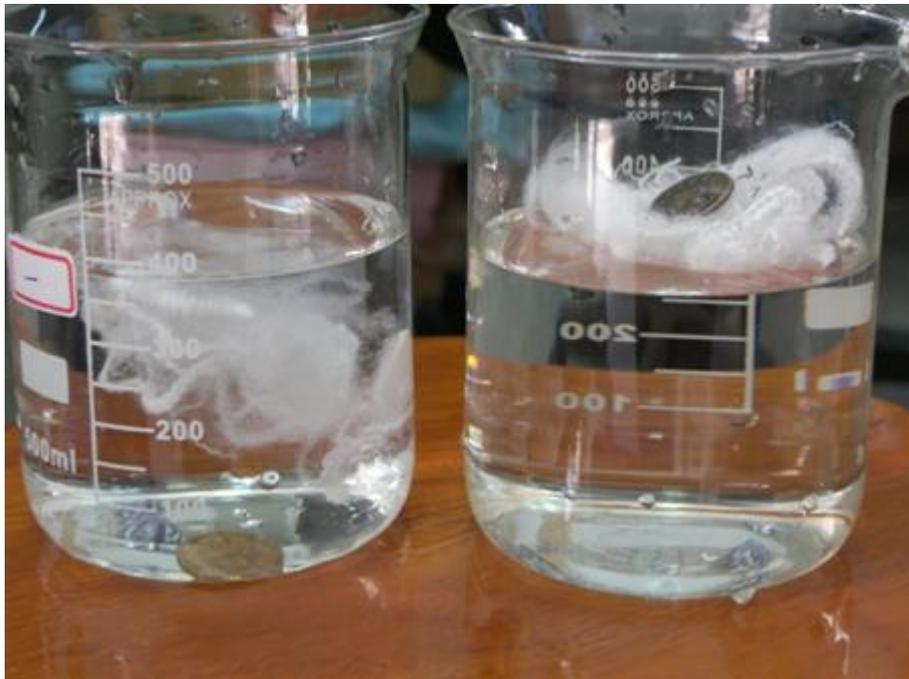


上圖為偏光式顯微鏡拍照纖維表面的結果

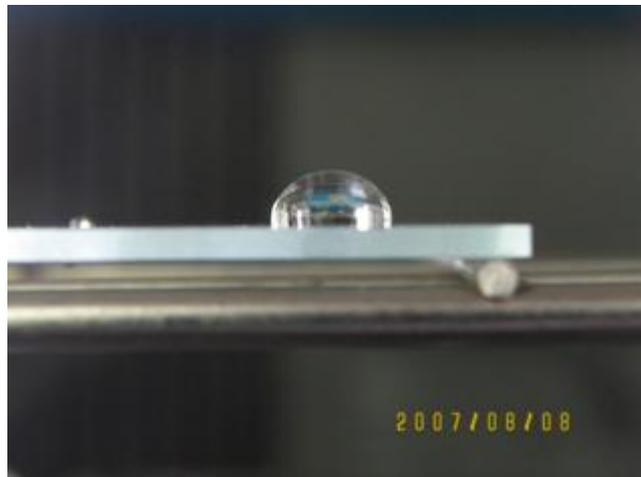
照片集



上面兩張照片為處理後的布料表面，可清楚看見超高接觸角的水珠。



右邊是處理過的纖維，左邊是未處理的，照片中的一元是測試浮力用。



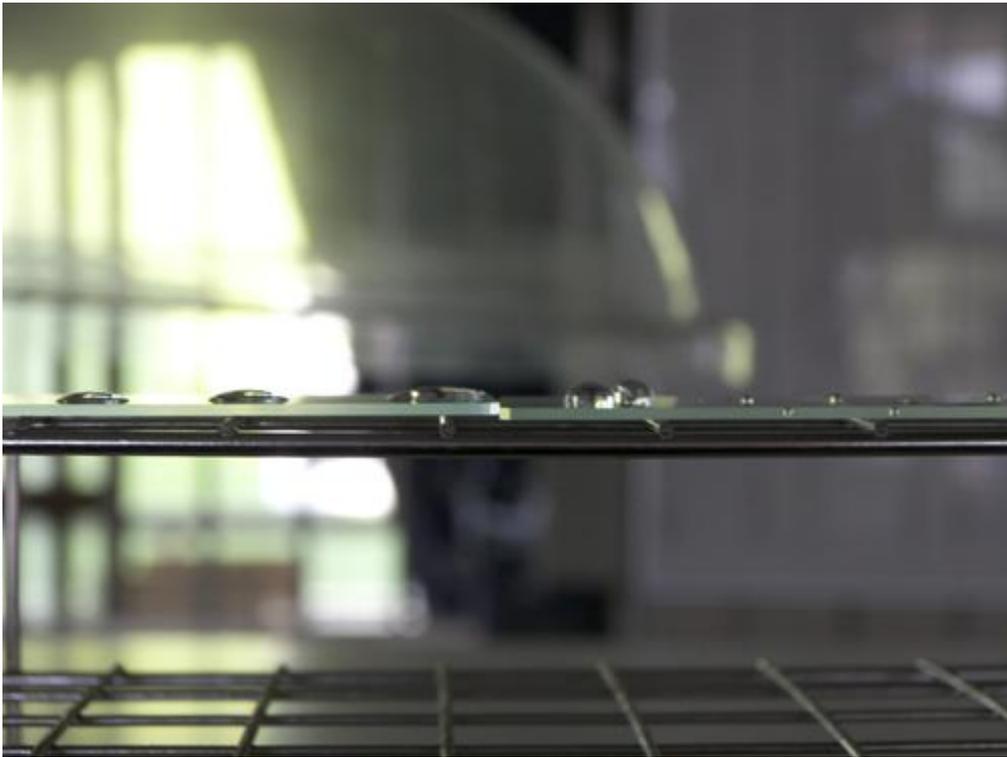
維組有 114.71 度高的接觸角



右邊是未處理的載玻片，左邊是處理過的，以油性筆測試，可知處理過的玻璃不易附著顏料。



左方為超自然粉體處理過的 A4 紙表面，可知具有超高接觸角。



左方的載玻片為未處理，右方的載玻片為處理過，接觸角明顯不同。

評語

李同學的研究是利用溶膠法製備氟化矽奈米膠體，並塗覆於不同的基材上達到防水的效果，研究成果具有實用價值，但仍有許多學理的部分有待證實與確認，且李同學對所選用的氟化矽動機並不是很瞭解。