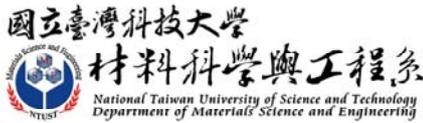
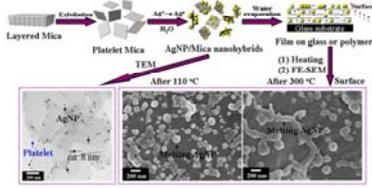


# 邱智璋教授-奈米材料與高分子加工實驗室

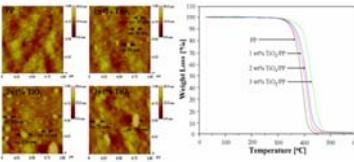
(Nanoscale Materials and Polymer Processing Laboratory)



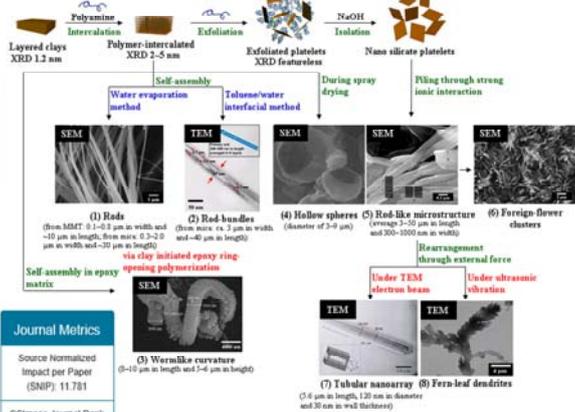
邱智璋 助理教授  
2011~2015 奈米科技學術成果摘要



Langmuir **2011**, 27, 11690  
(Low melting of clay/AgNPs)

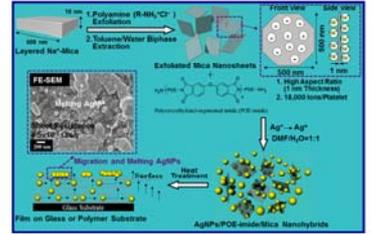


J. Polym. Res. **2011**, 18, 367  
(Nanocomposite fibers)



Journal Metrics	
Source Normalized Impact per Paper (SNIP):	11.781
SCImago Journal Rank (SJR):	10.736
Impact Factor:	26.854
5-Year Impact Factor:	34.000

Progress in Polymer Science **2012**, 37, 406  
(Invited review article) (代表著作)  
(Self-assembly behavior of polymer-assisted clays)

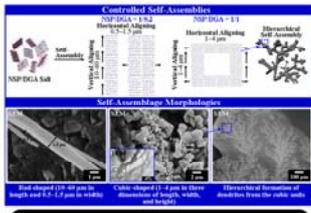


Nanotechnology, **2015**, 26, 465702  
(Highly electrically conductive films)

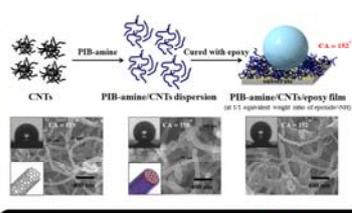


ACS Macro Lett., **2015**, 4, 1184  
(Supramolecular assembly)

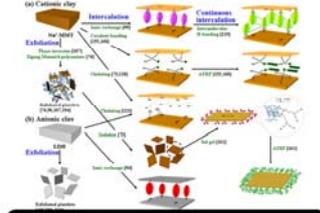
## 2011 2012 2013 2014 2015



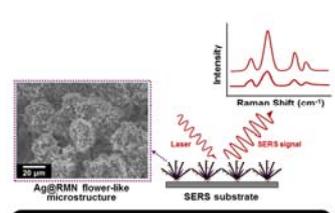
RSC Advances **2012**, 2, 8410  
(Controlled self-assemblies)



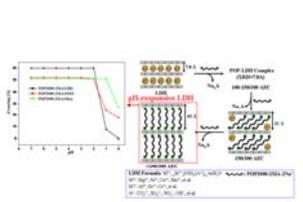
ACS Appl. Mater. Interfaces **2013**, 5, 538  
(Superhydrophobic CNTs)



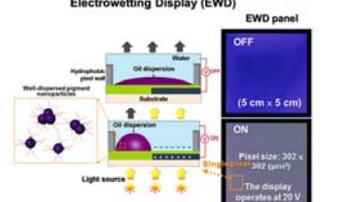
Prog. Polym. Sci. **2014**, 39, 443  
(Clay/polymer hybrids)



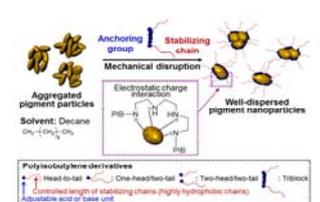
RSC Advances, **2015**, 5, 86522  
(Highly sensitive SERS substrates)



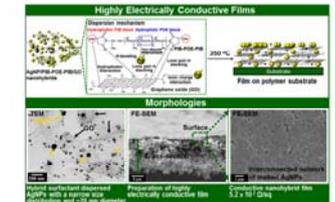
Ind. Eng. Chem. Res. **2012**, 51, 581  
(pH-responsive LDH)



ACS Appl. Mater. Interfaces **2013**, 5, 5914  
(Electrowetting Display, EWD)



ACS Appl. Mater. Interfaces **2014**, 6, 14345  
(Highly hydrophobic dispersants)



RSC Advances, **2015**, 5, 102462  
(Highly electrically conductive films)

December 20, 2015



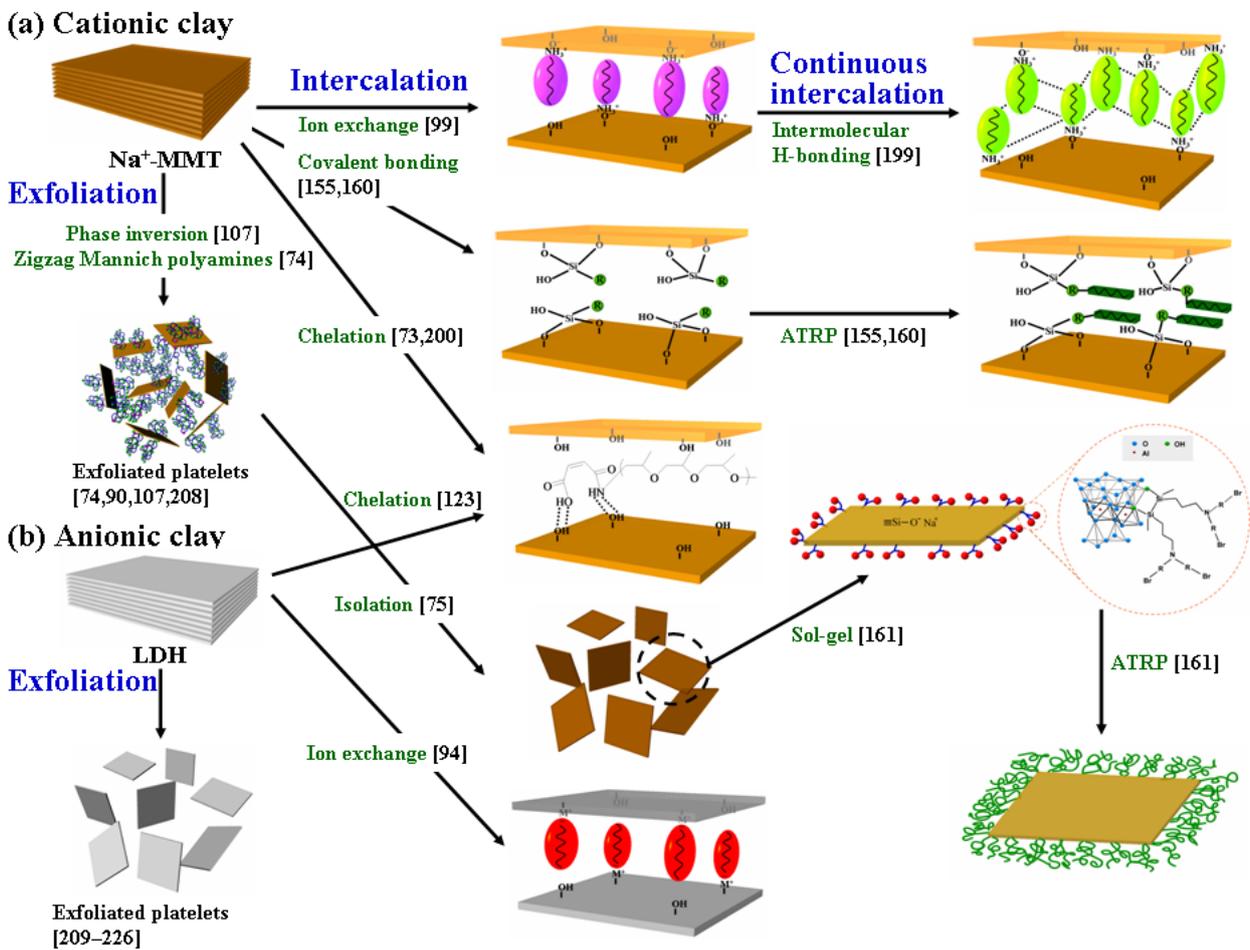
本實驗室主要從事的研究內容概述如下:

- ◆ 多功能性奈米材料合成與應用
- ◆ 高分子型分散劑合成與應用
- ◆ 有機/無機奈米混成材料
- ◆ 高分子加工
- ◆ 高分子奈米複合材料
- ◆ 靜電紡絲奈米纖維技術
- ◆ 電濕潤顯示器
- ◆ 表面增強拉曼散射基板
- ◆ 染料敏化太陽能電池
- ◆ 智慧衣

詳細說明近年的研究成果，並茲列舉創新研究如下：

### 1、高分子型分散劑設計及奈米材料分散技術 (奈米黏土改質技術、高插層及完全脫層)

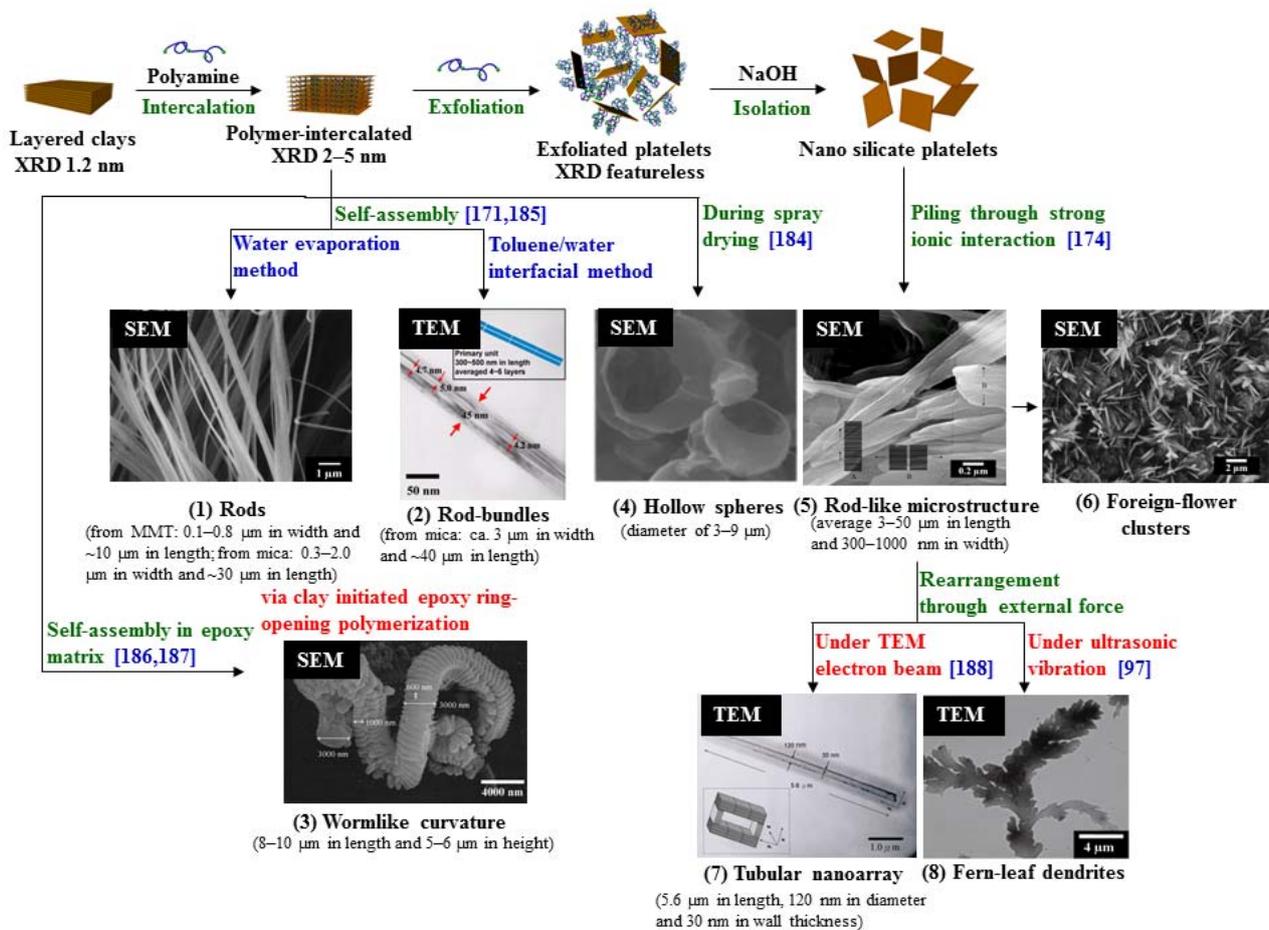
過去，實驗室主持人在高分子材料合成及奈米材料分散技術的研究，累積將近有十年的經驗，首先介紹研究的主題是以天然黏土的有機化改質技術。蘊藏於大自然的奈米材料 "黏土"，其微觀結構為 $100 \times 100 \times 1 \text{ nm}^3$  的片狀結構，每一片黏土表面約有兩萬個負電荷，黏土之間藉由凡得瓦吸引力及離子力緊密相吸。大自然所賜予黏土的親水性質，使其可均勻的分散在水溶液，但此特性導致黏土無法分散在親油性高分子材料。黏土表面改質技術，可克服黏土與高分子材料的相容性。一般商業化產品層間距離只達2~4 nm，主持人在2005年開發出 "一步脫層" 之發明技術，可以將天然蒙托土及合成雲母達到完全脫層的結構型態 (層間距大於10 nm以上或呈現散亂結構)，此高層間距黏土創造一個奈米空間，此空間可視為一個奈米級的容器。此脫層黏土 "奈米矽片" 直接分散於高分子基材中，不需憑藉機器之剪切力，可快速的將黏土形成獨立之片狀結構。此一步直接脫層黏土之發明，已申請獲得14篇美國及台灣專利，相關的論文已發表於Progress in Polymer Science、The Journal of Physical Chemistry C、Langmuir、Solar Energy Materials and Solar Cells、European Polymer Journal及Industrial & Engineering Chemistry Research。此奈米黏土改質技術也已經技轉給公司，並已達到量產階段，且陸續開發出應用產品。



圖一、傳統黏土插層(兩步插層製程)與創新"一步脫層"技術之差異，黏土層間可視為一個奈米級空間( $100 \times 100 \times 1 \text{ nm}^3$ )，可作為生物分子如蛋白質的保護材料及各種奈米粒子的穩定劑應用，預測未來可以做為生醫或光電領域之應用。(成果發表於: C.W. Chiu et al., Industrial & Engineering Chemistry Research, 2007, 46, 7384-7388; The Journal of Physical Chemistry C, 2008, 112, 17940-17944; European Polymer Journal, 2008, 44, 628-636; Progress in Polymer Science, 2012, 37, 406-444; Progress in Polymer Science, 2014, 39, 443-485.)

## 2、操控奈米黏土之自行排列(self-assembly)及黏土結晶體(clay crystal)之發現

層狀天然黏土，一般主要改質後應用在有機/無機的混成材料。而天然黏土的改質是將高分子與黏土進行離子交換反應，得到插層或是脫層的結構。利用天然黏土的高長徑比以及無機的本質，可以大大提升有機材料的物性。在一些文獻的報告中，發現由於黏土的片狀結構，在插層的情況下，有重新排列的現象，而這些排列可能是雜亂的或是無法控制的。在 2012 年，主持人發表一篇具指標性的代表著作，很榮幸地刊登至高分子科學研究領域最頂尖之期刊 Progress in Polymer Science (SCI Impact Factor 26.932)，論文題目"Self-Assembly Behavior of Polymer-Assisted Clays"。此篇論文是關於黏土自組裝特性的研究，並深入探討高分子對黏土間的作用力關係及延伸至成膜加工之條件等等。爾後，第二篇的論文"Intercalation strategies in clay/polymer hybrids" 也順利發表至 Progress in Polymer Science，這篇論文主要是報導黏土改質加工的各種策略方法，相信此兩篇論文能給予有機/無機混成材料領域之研究者很大的參考價值。在短短幾年的時間，此兩篇論文的 SCI/SSCI Cited Number 總數已累積 100 次以上。

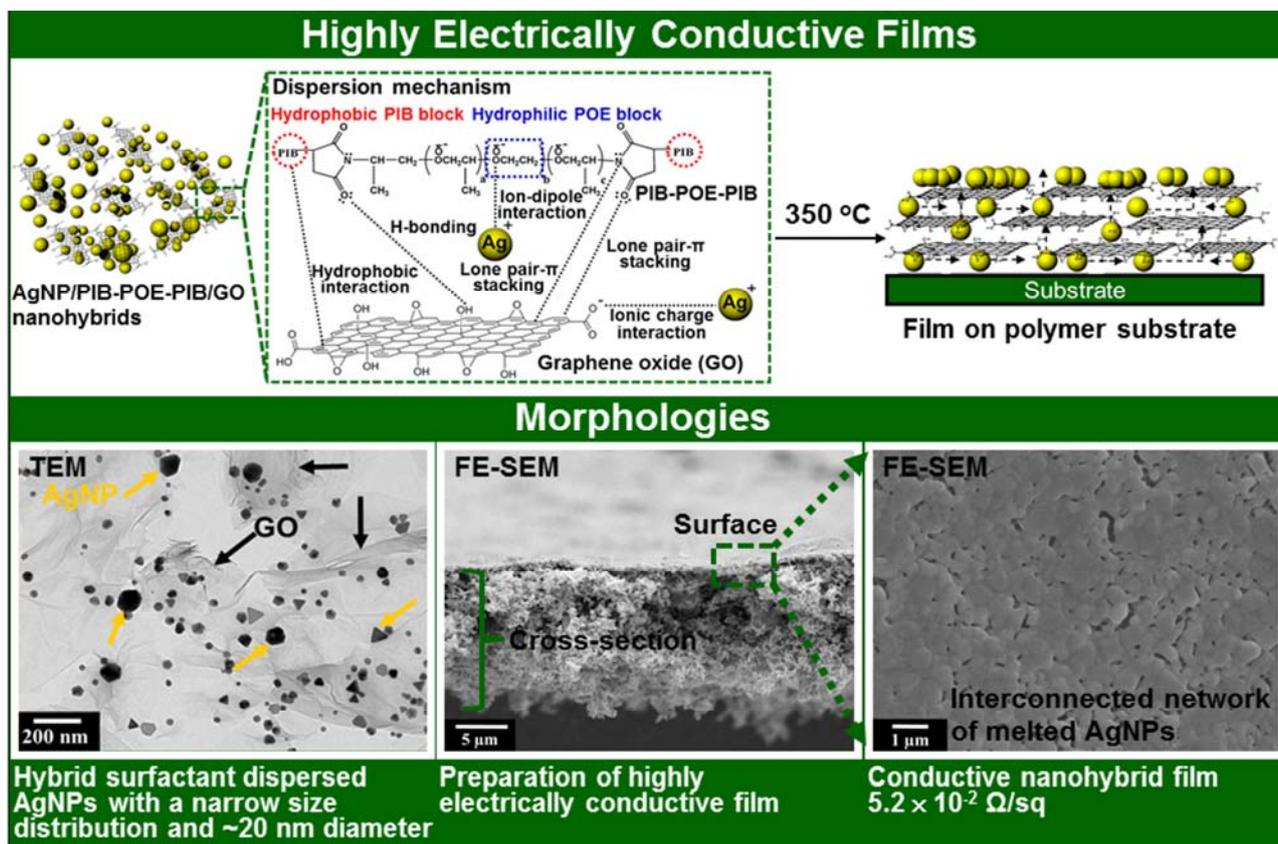


圖二、黏土自組裝機制探討。(成果發表於: C.W. Chiu et al., Progress in Polymer Science, 2012, 37, 406-444; RSC Advance, 2012, 2, 8410-8415; Journal of Physical Chemistry C, 2008, 112, 17940-17944; Progress in Polymer Science, 2014, 39, 443-485.)

### 3、新穎有機/無機分散劑穩定奈米銀展現極低熔點、高導電性及其應用

主持人利用各種奈米材料(如奈米雲母、石墨烯)作為銀奈米粒子的分散劑取代傳統的有機分散劑，分散機制主要是利用無機黏土的幾何性質的差異性與表面電荷將還原的奈米銀粒子彼此隔開，可避免互相吸引而聚集，達成均勻分散的目的，並且維持奈米銀本身小粒子的特性。由研究顯示可以控制奈米銀粒子粒徑大小約為8 nm以下，並且首位提出奈米銀粒子具有極低的熔融溫度約為110 °C及高的導電度約  $5.2 \times 10^{-2} \Omega/\text{sq}$ ，此極低熔點的結果為文獻上首次發表，主持人預測此新的複合式奈米材料未來將可應用於導電性相關之光電材料或生醫材料領域。

近年來，為了實現理論與實務面的結合，已與業界廠商進行產學合作計畫，主要的研究主題以”智慧衣”及”抗氧化性PCB導電油墨”開發。智慧服飾在未來的需求及市場相當龐大，但是，目前的智慧服飾的傳遞訊息方式都是以金屬纖維為材料，如銀纖維、銅纖維，其服飾的設計普遍以伸縮織帶為主，穿著上給消費者的感覺不佳。故，本”智慧衣”研究計畫期望以過去的研究專長在於紡織及奈米材料領域，此研究開發案將以織物上的導電材料為主，最終的目標是開發出穿著舒適、訊號穩定及耐水洗的智慧服飾用的導電素材。另外，有關”抗氧化性PCB導電油墨”開發，奈米粒子在合成及後續元件加工製程中，所面臨的最大問題既是材料在室溫環境下，極易氧化的現象。目前的文獻報導中提到，欲解決此問題不外乎就是避免金屬表面直接與氧接觸。此保護層材料大致上可以分為碳材保護、高分子分散劑保護及第二種抗氧化性佳之金屬表面披覆保護。除了導電油墨的開發外，再結合其先進的印刷技術也至關重要，如金屬網格(Metal Mesh)技術製備、噴墨印刷(Ink-jet Printing)及3D列印(3D Printing)製備PCB電子線路等。

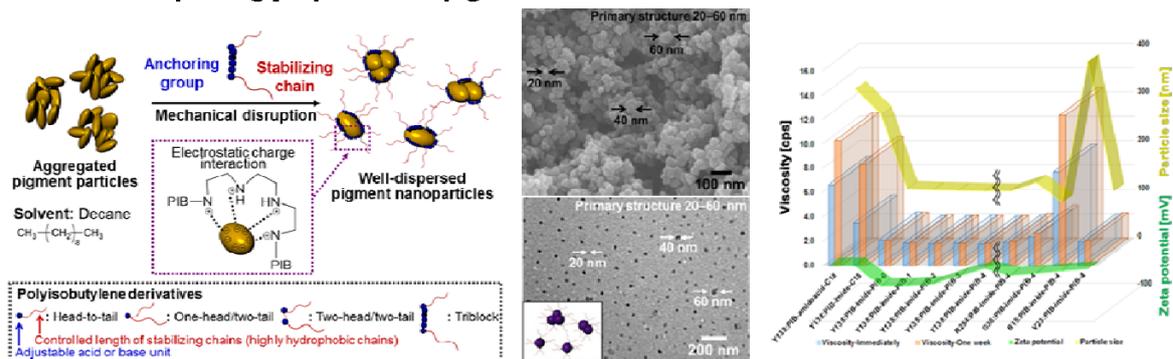


圖三、低熔點及高導電性奈米銀複合材料之應用。(成果發表於: C.W. Chiu et al., Langmuir, 2011, 27, 11690–11696; Nanotechnology 2015, 26, 465702; RSC Advances 2015, 5, 102462–102468.)

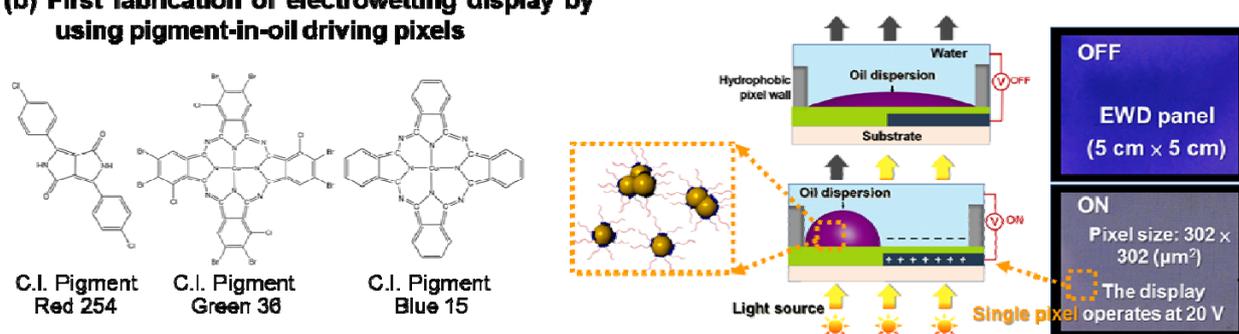
#### 4、油溶性高分子分散劑設計及電濕潤顯示器之顯色材料分散應用

有別於傳統的液晶顯示器，電濕潤顯示器主要是利用極性液體和非極性液體的界面張力與靜電作用力為基礎，利用電壓的施加來達到非極性液體的收縮，藉此做為顯示的最小像素單元。此一技術因具備快速反應、低耗電的特性，十分適合作為可動態顯示的新一代節能顯示產品，其中的關鍵材料之一就是顯色材料，傳統上都是使用油溶性染料(Dye)為顯色材料但其耐日光堅牢度不佳及色飽和度偏低等缺點，並使用前必須經過繁複的純化過程才能使用。2013年，我們首次發表以油溶性聚異丁烯高分子分散顏料奈米粒子，首次以顏料顯色材料應用於電濕潤顯示器之研究論文，對於使用油相顏料系之顯色介質的電濕潤顯示器，是未來作為透明顯示具有前景的新選項，亦可作為發展下世代先進顯示應用的關鍵技術基礎。

##### (a) Tailoring highly hydrophobic dispersants with polyisobutylene tails and their dispersing properties for pigments in decane



##### (b) First fabrication of electrowetting display by using pigment-in-oil driving pixels

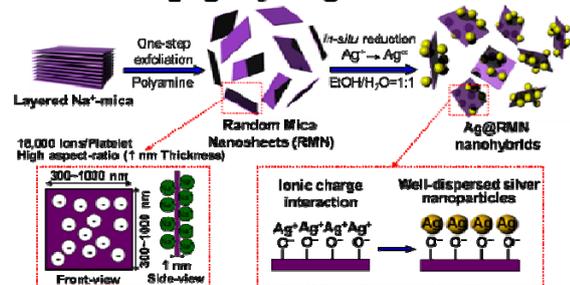


圖四、電濕潤顯示器之顯色材料開發，(a) 以油溶性高分子分散奈米顏料粒子之研究，(b) 電濕潤顯示器驅動顯示之工作原理。(成果發表於: C.W. Chiu et al., ACS Applied Materials & Interfaces, 2013, 5, 5914–5920; ACS Applied Materials & Interfaces, 6, 14345–14352.)

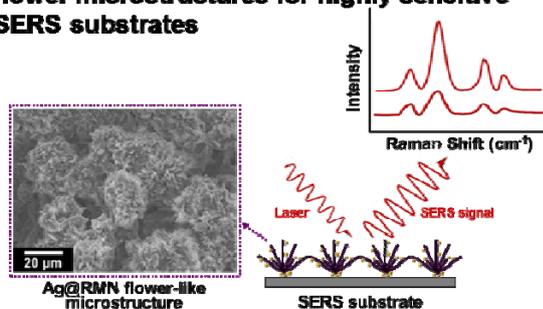
## 5、高靈敏度表面增強拉曼散射基板

有別於傳統的陽極氧化鋁表面增強拉曼散射基板，主持人利用高分子/石墨烯混成分散劑或無機奈米黏土分散劑分散奈米銀粒子，銀粒子可穩定分散至 10 nm 左右。並進一步應用至生物感測器表面增加拉曼散射基板，由於奈米銀/高分子/石墨烯混成之三維熱點效應，可以使腺嘌呤生物分子的 SERS 增強因子提升至  $1.2 \times 10^5$ ，我們預測此奈米銀/高分子/石墨烯混成材料未來可做為生物抗菌感測及氣體感測器上。

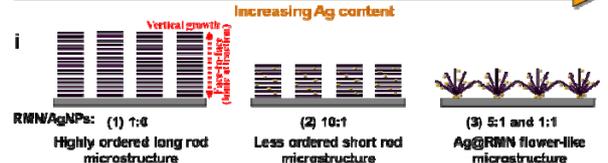
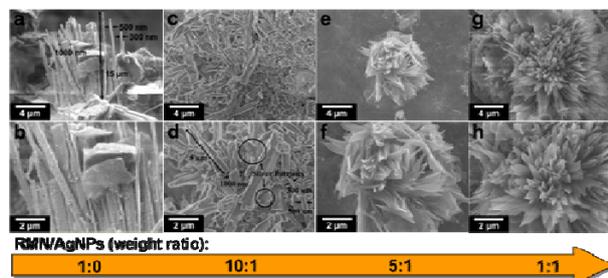
### (a) Synthesis of AgNPs by the associated RMN for converting $\text{AgNO}_3$ to AgNPs



### (c) Hierarchical self-assembly of random mica nanosheet-stabilized silver nanoparticles into flower microstructures for highly sensitive SERS substrates



### (b) Self-assembly into rod- and flower-like microstructures



- The use of self-assembled novel flower-like microstructures as SERS substrates allowed high-efficiency detection of adenine molecules from DNA.
- The AgNP@RMN substrates significantly contributed to the high SERS sensitivity to adenine molecules with an SERS enhancement factor (EF) of  $1.5 \times 10^5$ .

圖五、高靈敏度表面增強拉曼散射基板開發。(成果發表於: C.W. Chiu et al., RSC Advances 2015, 5, 86522–86528; RSC Advances 2016, 6, 67204–67211.)