

# 明志科技大學

## 材料工程系

### 頂石專題報告

#### 【製備雙層氧化石墨烯致動器】

學 年 111 學年

學 制 四技日間部

學號 / 姓名 U08187004 吳東諺、U08187019 洪楷歆

指 導 老 師 林孟芳 教授



# 目錄

一、簡介 .....	1
二、實驗步驟 .....	2
(一) GO/PDMS+ILs .....	2
(二) GO/Polypyrrole/CNFs .....	2
三、實驗原理與量測 .....	3
(一) 實驗原理 .....	3
(二) 量測方法 .....	3
四、實驗數據 .....	4
(一) SEM 分析 .....	4
(二) Contact angle .....	4
(三) 特性分析 .....	5
五、結果與討論 .....	6
(一) PDMS + ionic/GO .....	6
(二) Ppy + CNFs/GO .....	6
六、結論 .....	7
七、參考文獻 .....	8

## 一、簡介

現今研究對於可以利用各種外界刺激來轉換成動能產生致動的致動器具有極大的熱度。其中 Graphene Oxide (GO, 氧化石墨烯)、PDMS(聚二甲基矽氧烷)、 $\text{Fe}_3\text{O}_4$ (四氧化三鐵)為目前常見的材料。

2018 年 Wen Wang 等人製作了一種採用氧化石墨烯 (GO) / 聚二甲基矽氧烷 (PDMS) 雙層結構的雙層致動器[1]。通過施加光、電或其他刺激，使其發生變化或彎曲，我們將參考文獻提供的製作方法，製作出雙層致動器。

透過 Wang Yu[4]等人的研究，證實了 GO 具有靈活的調控性能，其能適用於複合材料和功能性應用，另外，RGO 則具有高導電性、機械強度和可調節的能帶結構等優勢，適用於電子器件、能源儲存和光電相關應用。PDMS 則是為一種透明的高分子有機矽化合物，具有優異的生物相容性、高彈性、疏水性和低成本。此外，PDMS 具有較高的熱膨脹係數(291.2 ppm/°C)，在常溫下與材料易結合。Wang, Jin 等人的實驗[2]，證實了離子液體是具有多功能的溶解能力、低揮發性、高熱穩定性、良好的導電性和相對無害性，廣泛應用於材料科學等領域。

Cellulose(纖維素)是一種綠色生質材料，2021 年 Yan Liu 等人[3]在文獻中提到纖維素因有低成本、重量輕、機械可變形等特性，所以在致動器領域上已有多種應用。我們希望透過纖維素之機械可變形之特性來提升此次研究中合成致動器之性能，並同時兼顧環境友善。

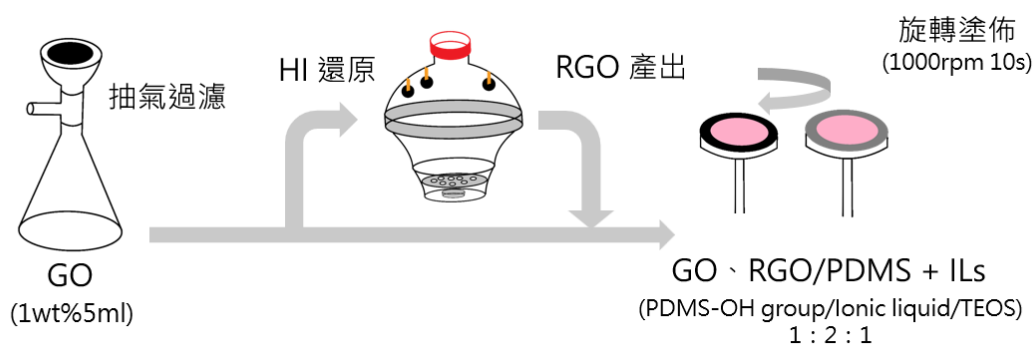
Polypyrrole (聚吡咯)則是有優質的熱吸收性能以及導電性質，此次實驗透過 2022 年 Prompong Khamwongsa 等人[5]的研究，調配出 Ppy + CNFs 之液體，而我們合成的結果也與此篇研究相似。我們希望能夠將 Ppy 與 CNFs 的優點結合，提升致動器之反應性能。

本次研究在欲在 PDMS 中加入 ionic liquid (離子液體)以及透過 Cellulose 與 Ppy + CNFs 結合，再分別搭配 GO 製造出雙層結構致動器，使其能對光、濕度、電等外在刺激做出良好致動反應。

## 二、實驗步驟

(一) GO/PDMS+ILs 雙層結構致動器實驗流程圖如圖一所示

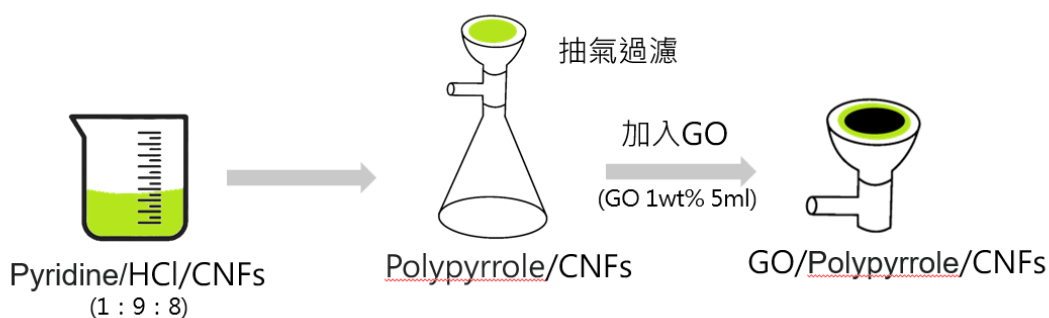
1. 將 GO 粉跟 DI Water 調配出 1% 的 GO 水溶液。
2. 將 GO 水溶液以 5ml 的量進行抽氣過濾成 GO 片狀層。
3. 拿一部分 GO 試片去進行 HI 還原成 RGO 試片。
4. 調配 PDMS+ILs(PDMS-OH group/Ionic liquid/TEOS 以 1:2:1 調配再加入 PDMS AB 劑)。
5. 分別把 PDMS 旋塗(1000rpm 10s)在 GO/RGO 上。



圖一、PDMS + ionic/GO 實驗流程圖

(二) GO/Polypyrrole/CNFs

1. 使用 GO 及 DI Water 調配出 1% 的 GO 水溶液。
2. 調配 Pyridine+HCl+CNFs(Pyridine/HCL/CNFs 以 1:9:8 比例調配)
3. 將 5ml Pyridine+HCl+CNFs 溶液量進行抽氣過濾。
4. 加入 5ml GO 水溶液進行抽氣，製備 GO/Polypyrrole/CNFs 片狀試片



圖二、Ppy+CNFs/GO 製作流程

### 三、實驗原理與量測

#### (一) 實驗原理

致動器之致動方式大致分為光、電、濕度三種。

##### 1. 光致動：

當試片受到光照時，會將接收到的光強度換成熱能，而因致動器兩層材料的膨脹係數不同，而使得試片朝向膨脹係數大的那面致動，在過程中，試片會隨著溫度的上升且有明顯彎曲。

##### 2. 濕度致動：

濕度致動是當空氣中的溼度上升時，水分子進入試片表面空隙，引發致動。

##### 3. 電致動：

試片將電能換成熱能，使其膨脹係數大的那面致動，試片會隨著電壓的上升，試片有明顯的彎曲致動。

我們選用了二種不同特性的材料製作出了雙層結構的致動器，我們選用材料會從他的特性下手，例如: GO 擁有優異的熱學、電學、機械和光學性能。PDMS 為一種透明的高分子有機矽化合物，具有優異的生物相容性、高彈性、疏水性和低成本以外，也有較高的熱膨脹係數( $291.2 \text{ ppm}/^{\circ}\text{C}$ )，在常溫下與材料易結合。Cellulose (纖維素)則是一種綠色生質材料，有高強度及低密度的特性；Polypyrrole (聚吡咯)則是有優質的熱吸收性能以及導電性質。我們會利用 2 種材料不同的熱膨脹係數和材質本身的特性來使其產生致動或彎曲。



圖三、試片彎曲示意圖

#### (二) 量測方法

##### 1. 光強度：

以 175w 燈泡照射試片，分別調整試片到燈泡的距離，使試片有不同的溫度，然而測量每個溫度會造成的彎曲量。

##### 2. 濕度致動：

使用一個封閉空間，裡面放置加濕器，將其內部空間的溼度增加，量測濕度區間為 60%~90%，分別測量在不同濕度下致動器之彎曲量。

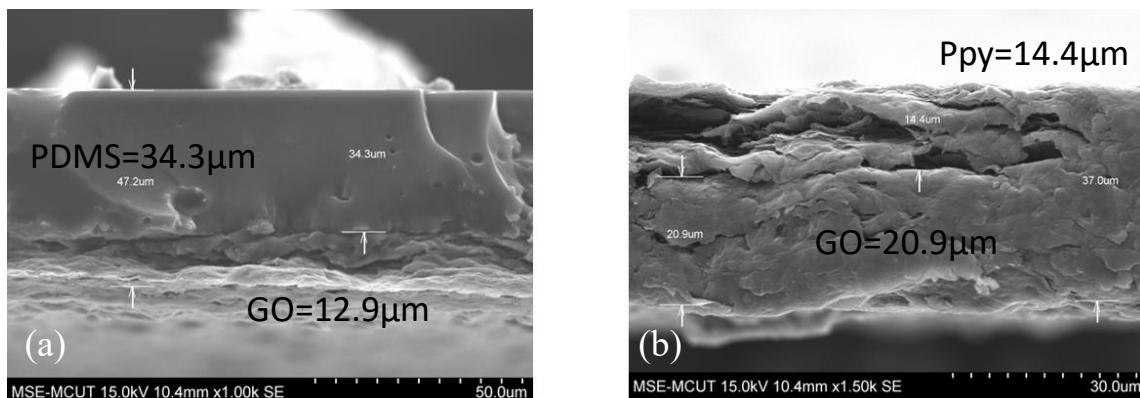
電致動：

使用電源供應器與試片連接，施加電壓 0V~30V，測量隨著電壓的上升所造成的彎曲量。

#### 四、實驗數據

##### (一) SEM 分析

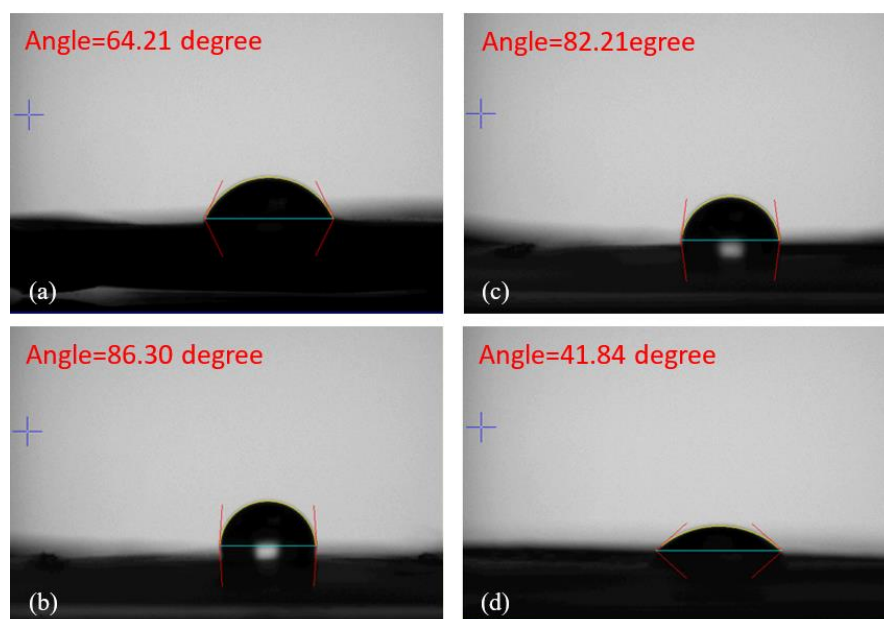
圖四(a)及圖四(b)分別為 PDMS + ionic liquid/GO、Ppy + CNFs/GO 觀測圖，可以看到二者皆為分層結構。從圖四(a)我們可以觀測到試片上層為 PDMS 材料，其厚度為  $34.3\mu\text{m}$ ，總試片厚度為  $47.2\mu\text{m}$ ，以此可以計算出下層 GO 之厚度為  $12.9\mu\text{m}$ 。另外從圖四(b)中可以看出試片下層 GO 部分厚度為  $20.9\mu\text{m}$ ，上方之 Ppy + CNFs 厚度為  $14.4\mu\text{m}$ 。我們推測圖四(b)相較於圖四(a)GO 厚度較厚是由於在進行抽氣過濾製程步驟時，部分 GO 與 Ppy + CNFs 結合，導致其厚度在 SEM 截面觀測上有明顯的差異。



圖四、SEM 分析(a)PDMS + ionic liquid(上層)/GO 試片截面(下層)(b)Ppy + CNFs(上層)/GO(下層)截面

##### (二) Contact angle

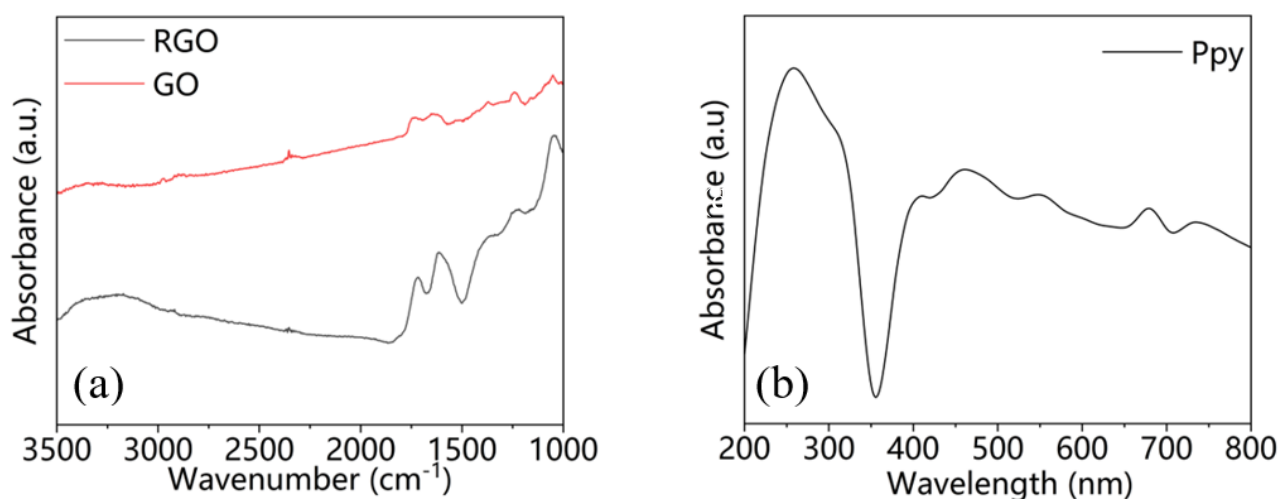
下圖為水接觸角量測之結果，圖五(a)為 GO 水接觸角量測，圖五(b)為 RGO 量測結果，圖五(c)及圖五(d)分別為 PDMS + ionic liquid 及 Ppy 測量結果。我們可以比較 GO 及 RGO 之水接觸角結果，來可以發現 RGO 水接觸角有明顯上升，證實了 GO 之還原成功。另外從圖五(c)及圖五(d)中可以發現 PDMS + ionic 及 Ppy 皆為親水性。



圖五、Contact angle 量測結果(a) GO(b) RGO(c) PDMS + ionic liquid(d) Ppy

### (三) 特性分析

圖六(a)及圖六(b)分別為 PDMS + ionic liquid FTIR 分析及 Ppy + CNFs 之 UV-vis 特徵分析。可以從圖 中看出在 RGO 曲線上  $3300\text{cm}^{-1}$  O-H 基團消失，其代表了 GO 有成功還原為 RGO。另外，從圖 可以觀察到在  $353\text{nm}$  有  $\pi \rightarrow \pi^*$ 躍遷，這個峰值代表了 Ppy 之導電及導電性能。

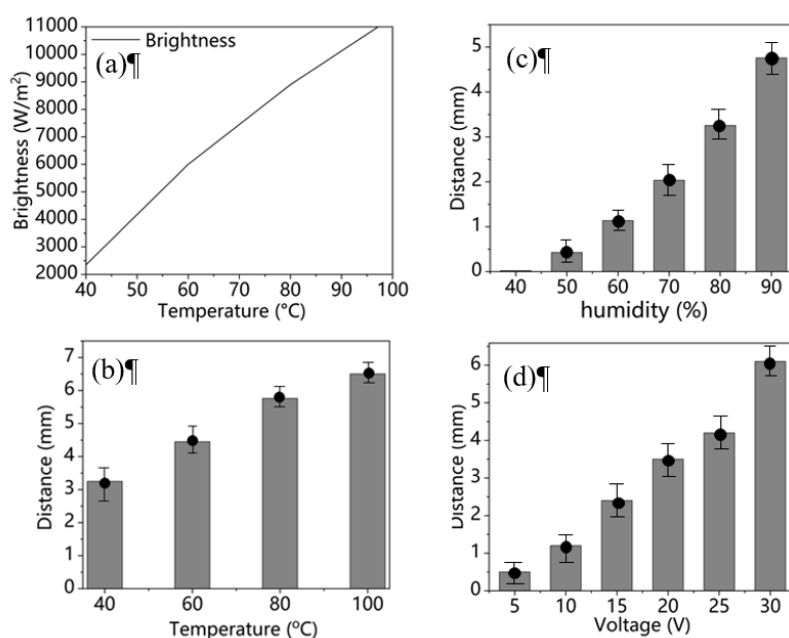


圖六、特性分析量測結果(a) GO、RGO FTIR 量測(b) Ppy Uv-vis 量測

## 五、結果與討論

### (一) PDMS + ionic/GO

此試片分別量測了試片對於光、濕度、電之致動反應，其結果如下圖七所示。圖七(a)表示了在不同光強度下對應之試片溫度。我們可以從圖七(b)光強度量測結果中發現，試片的致動性能會隨著溫度升高而提升，試片在 100°C 下可得光強度最大致動值 6.324 mm。從圖七(c)濕度之致動結果可以得出當空氣中的濕度上升時，試片之致動也會隨之提升，在空氣中濕度達 90%時，量測出最大致動量 4.678 nm。於圖七(d)中我們也能發現試片的致動能力會隨著輸入電壓提升而升高，在 30V 時得以量測到最大致動量 5.732 nm。

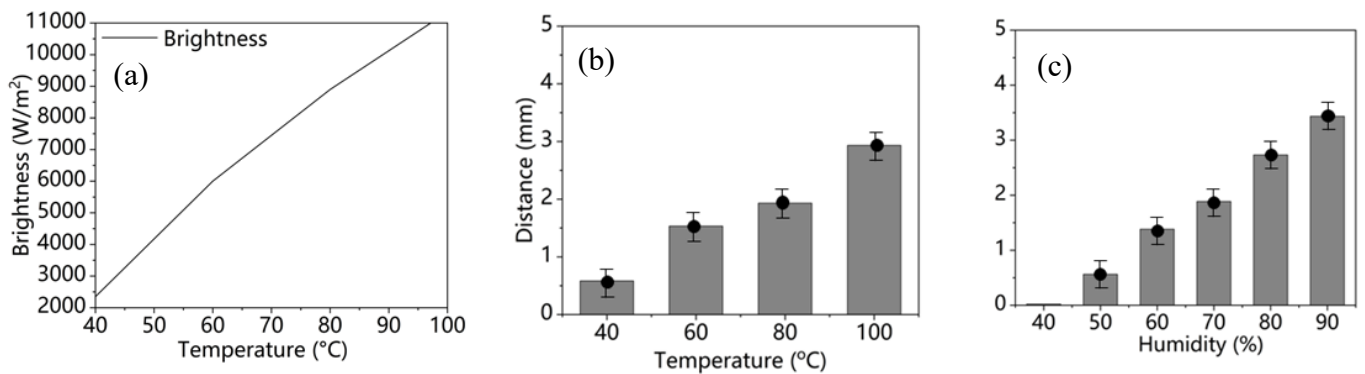


圖七、PDMS + ionic liquid / GO 試片量測結果(a)光強度對應溫度(b)光強度致動(c)濕度致動(d)電致動

### (二) Ppy + CNFs/GO

此試片分別量測光及濕度致動，電致動由於調配之 Ppy + CNFs 溶液中之 Ppy 比例問題，導致此試片無法經由導電引發致動，故無法量測得出。圖八(a)表示了在不同光強度下對應之試片溫度。圖八(b)為光致動量測結果，我們可以從此圖看出，在光的照射下試片的致動能力會隨著溫度提升而提升，在 100°C 時此試片最高致動量 2.932mm。而透過濕度致動量測結果(圖八(c))我們也能發現此試片的致動量會隨著空氣中濕度提升而提升，在濕度達 90%時濕度致動最高可達 3.23nm。





圖八、Ppy + CNFs/GO 試片量測結果(a)光強度對應溫度(b)光強度致動(c)濕度致動

可以從上述之結果得出 PDMS + ionic liquid / GO 試片較 Ppy + CNF/GO 致動量較高，這是由於 Ppy + CNFs/GO 試片在達到最高致動量時，無法透過雷射位移量測器量測，這使得 Ppy + CNFs/GO 試片之量測數值明顯低於 PDMS + ionic liquid/GO。

## 六、結論

現今研究對於可以利用各種外界刺激來轉換成動能產生致動的致動器具有極大的熱度。GO 擁有優異的熱學、電學、機械和光學性能，為製造致動器的優質材料之一。PDMS 為一種透明的高分子有機矽化合物，具有優異的生物相容性、高彈性、疏水性和低成本。Cellulose(纖維素)是一種綠色生質材料，有高強度及低密度的特性；Polypyrrole(聚吡咯)則是有優質的熱吸收性能以及導電性質。本次研究在 PDMS 中加入 ionic liquid(離子體)以及透過 Cellulose 與 Ppy 結合，再搭配 GO 製造出雙層結構之試片。

從我們的量測結果可以發現，出 PDMS + ionic liquid / GO 試片較 Ppy + CNFs/GO 致動能優異，這是由於 Ppy + CNFs/GO 試片在達到最高致動量時，無法透過雷射位移量測器量測，這使得 Ppy + CNFs/GO 試片之量測數值明顯低於 PDMS + ionic liquid /GO。另外再經由數次的量測後，我們發現 Ppy + CNFs / GO 之機械性質較差，無法多次以相同試片進行反應，而 PDMS + ionic liquid / GO 機械性質較為穩定，能以相同試片進行多次反應。

## 七、參考文獻

1. Wang, Wen, et al. "Multistimulus responsive actuator with GO and carbon nanotube/PDMS bilayer structure for flexible and smart devices." *ACS applied materials & interfaces* 10.32 (2018): 27215-27223 .
2. Wang, Jin, et al. "A Flenion-based actuator with ionic liquid as solvent." *Smart Materials and Structures* 16.2 (2007): S214 .
3. Liu, Yan, et al. "Soft actuators built from cellulose paper: A review on actuation, material, fabrication, and applications." *Journal of Science: Advanced Materials and Devices* 6.3 (2021): 321-337 .
4. Yu, Wang, et al. "Progress in the functional modification of graphene/graphene oxide: A review." *RSC advaes* 10.26 (2020): 15328-15345 .
5. Khamwongsa, P., Wongjom, P., Cheng, H., Lin, C. C., & Ummartyotin, S. (2022). Significant enhancement of electrical conductivity of conductive cellulose derived from bamboo and polypyrrole. *Composites Part C: Open Access*, 9, 100314 .