

國立雲林科技大學工程學院第 158 次教師評審委員會議紀錄 (112 學年度第 2 學期 第 3 次)

時 間：113 年 5 月 28 日 (星期二) 中午 12 時 10 分

地 點：工程學院會議室 (工程六館 EN205)

主 持 人：陳院長維東

紀錄：吳筱玟

出席委員：張委員世穎、黃委員順發、許委員立傑、翁委員萬德、紀委員光輝、
吳委員先晃、薛委員雅馨、許委員智傑、賴委員志賢、林委員啟文、
楊委員茱方、粘委員譽薰、王委員健聰、黃委員盈樺、郭委員文中

列席人員：陳聖化特助

請假委員：毛委員偉龍、劉委員述舜

壹、主席致詞(略)

貳、報告案(略)

參、討論事項

案由九、審議教授休假研究案。

說 明：依據「本校教授休假研究要點」辦理，申請教師計有 8 名，詳如附件九：

系所	教師	休假期間	人事室審核資格	備註
機械系	吳	113 學年第 1 學期 (113 年 8 月至 114 年 1 月)	符合申請休假研究 1 學期之資格	業經 113 年 4 月 10 日 112 學年度第 8 次系教評會審 議通過。(9-B-1)
	黃	113 學年第 1 學期 (113 年 8 月至 114 年 1 月)	符合申請休假研究 1 學期之資格	業經 113 年 5 月 8 日 112 學年度第 9 次系教評會審 議通過。(9-B-2)
化材系	王	113 學年第 1 學期 (113 年 8 月至 114 年 1 月)	符合申請休假研究 1 學期之資格	業經 113 年 3 月 6 日 112 學年度第 2 學期第 1 次系 教評會審議通過。(9-F-1)
營建系	劉	113 學年第 2 學期 (114 年 2 月至 114 年 7 月)	符合申請休假研究 1 學期之資格	業經 113 年 3 月 13 日 112 學年度第 6 次系教評會審 議通過。(9-G-1、9-G-2、 9-G-3)
	吳	114 學年第 1 學期 (114 年 8 月至 115 年 1 月)	符合申請休假研究 1 學期之資格	
	黃	114 學年第 2 學期 (115 年 2 月至 115 年 7 月)	符合申請休假研究 1 學期之資格	
資工系	郭	113 學年第 1 學期 (113 年 8 月至 114 年 1 月)	符合申請休假研究 1 學期之資格	業經 113 年 4 月 25 日 112 學年度第 6 次系教評會審 議通過。(9-H-1)
	張	113 學年第 1 學期 (113 年 8 月至 114 年 1 月)	符合申請休假研究 1 學期之資格	業經 113 年 4 月 25 日 112 學年度第 6 次系教評會審 議通過。(9-H-2)

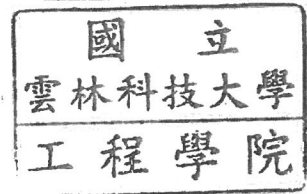
決 議：照案通過。

(餘略)

112-7 摘錄-教授休假研究案

肆、臨時動議(無)

伍、散會(14:00)



國立雲林科技大學化學工程與材料工程系
112 學年度第二學期第一次系教評會議紀錄(摘錄)

時間：中華民國 113 年 3 月 6 日 (星期三) 下午 13 時 00 分

地點：化工館會議室(EC302)

主席：粘譽薰 主任

記錄：蘇筱玲

出席人員：王健聰老師、王詩涵老師、吳知易老師、周宗翰老師、陳國裕老師、
劉博滔老師、鄭宇伸老師(按姓氏筆劃排列)

請假人員：王怡仁老師

壹、討論事項：

案由一~三：<略>

案由四：[REDACTED] 老師休假案。

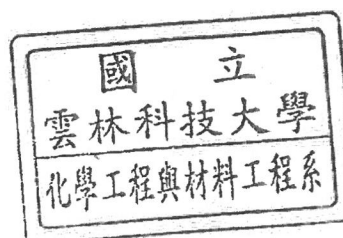
說明：

- 一、[REDACTED] 老師申請 113 學年第 1 學期休假研究，申請表如附件 6。
- 二、休假時間為 113 年 8 月 1 日至 114 年 1 月 31 日。

決議：照案通過。

參、臨時動議：無

肆、散會：13 時 30 分。



國立雲林科技大學教授休假研究申請表 (115020/退休)

單位	化材系	姓名	●●●●	性別	●	生日	●年●月●日
擔任教授年資	17年 0月 (96/8)			到校年月	84年 8月		
學歷	畢業學校名稱	系所	授予學位	起迄年月			
	台灣大學	材料	博士	79年 9月至 83年 3月			
經歷 (含現職)	服務機關名稱	職別	擔任工作	起迄年月			
	雲林科技大學	教授	教學、研究、輔導	96年 8月至 113年 8月			
	雲林科技大學	副教授	教學、研究、輔導	84年 8月至 96年 7月			
				年 月至 年 月			
				年 月至 年 月			
對系校務之參與服務	單位	職別	擔任工作或專案計畫	起迄年月			
	雲林科技大學	副主任	輔佐主任推動系務	102年 8月至 104年 7月			
	雲林科技大學	組長	輔佐研發長推動研發業務	95年 8月至 102年 7月			
	雲林科技大學	工污中心主任	爭取公私單位專案計畫	85年 8月至 90年 7月			
				年 月至 年 月			
				年 月至 年 月			
				年 月至 年 月			
				年 月至 年 月			
目前教授學科	1. 化學		2. 材導		3. 材料分析實驗		4. 有機化學實驗
擬休假研究國別/機關學校	中華民國/本校	休假研究起迄預定年月			1. 113年 8月至 114年 1月 2. 年 月至 年 月		
以往曾否獲准休假研究? <input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否 (「是」則續填下欄)							
獲准學校	雲林科技大學	起迄年月	110年 8月至 111年 7月	OK			
獲准學校	雲林科技大學	起迄年月	110年 8月至 111年 8月 112年 2月至 112年 7月	OK			
以往曾否獲准國內外進修、考察、講學、研究 (因公務奉派出國者, 則免填入)? <input type="checkbox"/> 是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 (「是」則續填下欄)							
獲准學校		起迄年月	年 月至 年 月				
獲准學校		起迄年月	年 月至 年 月				

(本欄如不敷填寫, 得另加紙張黏貼)

申請人簽章: ●●●●●●●●

人事室審核是否符合申請休假研究資格

1. 服務年資：第一次申請者，審查意見如類別一；第二次以上申請者，審查意見如類別二。
 類別二：案內王師自84年8月到校任職，於96年8月取得教授資格，自上次申請休假研究結束至本次申請休假研究起日，返校服務年資滿1年，符合再次申請休假研究1學期之資格。。
不符合

2. 員額比例：
 查該系目前專任教師14人，目前進修、講學、研究、出國考察0人。未逾15%之申請人數限制。

3. 上次休假研究報告情形：第一次申請 已如期繳交 未如期繳交

4. 本案審查結果：

依本校112年12月20日總第118次校教評會決議：「因應教育部規範師資質量條件，嗣後教師提出休假研究申請，系所應考量師資質量因素，避免以整學年辦理休假研究，致該名師資員額不列計，影響師資質量計算。」敬請併同考量，另加會教務處協助檢視該系所師資質量事宜，以利併同提會審議。

- 符合規定，擬請依序提系、院教評會審議後，提校教評會報告。
初審結果不符，原件歸還；如有疑義，請檢附其他證件送人事室重審。

系所教評會議審議情形

人事室組長 劉慧貞

人事室主任 廖雪霞

本案經提本系所113年3月6日教師評審委員會審議，會議決議如下：

- 同意：
 不同意：

系所主管意見

主任 粘譽薰

院教評會議審議情形

本案經提本學院113年5月8日教師評審委員會審議，會議決議如下：

- 同意：
 不同意：

院長意見

工程學院院長 陳維東

校教評會意見

本案經提本校 年 月 日教師評審委員會報告。

校長核示

教務處意見：

- 一、依據專科以上學校總量發展規模與資源條件標準」第 5 條之規定：「專科以上學校各院、所、系、科與學位學程之師資質量，應符合附表五所定基準規定」；另查附表五就「學系」師資質量基準之規定：「設博士班者，專任師資應達 11 人以上」。
- 二、承前，如以化材系 112 學年度第 1 學期之學生數計算，該系需於專任教師達 19 人之條件下，生師比值始低於 35；又該系於 112 學年度第 1 學期之生師比試算結果為 36.91，尚不符合師資質量考核之規定。
- 三、本案██████老師申請休假研究之期間為 113 年 8 月至 114 年 1 月（即 113 學年度第 1 學期），倘其於 113 學年度第 2 學期於主聘單位確有授課事實且符合師資質量考核列計原則相關規定，該名師資於師資質量考核時將列入計算。
- 四、另查化材系仍有部分專任教師員額未聘足，建請化材系務於 113 年 8 月（即 113 學年度第 1 學期）前，補足所需教師員額，避免教育部進行 113 學年度師資質量考核時，衍生考核未通過之情形；倘連續 2 學年度考核未通過，教育部將扣減招生名額總量，扣減後不再回復。

組員林家瑩

04 MAR 2024

教務處 陳逸君
綜合業務組組長
0304

教務處 李傳豪
教務長

附件: 休假研究計畫--內容包括下列諸要點:

(一) 研究主題(項目)及必要性。(二) 研究程序(過程)及方法。(三) 預期效益及與將來教學研究之關係。並請填列(四) 學術著作目錄。

一、研究主題(項目)及必要性

(A) 研究主題: 以靜電紡絲法製備主鏈含苯並咪唑聚醯亞胺超級電容器的研究

(B) 必要性: 本研究旨在製備主鏈含苯並咪唑芳香族聚醯亞胺(Polyimide, PI), 並藉由靜電紡絲(Electrospun) 加工程序, 將聚醯亞胺製成奈米纖維薄膜, 隨後進行熱醯亞胺化, 製作出奈米纖維, 此奈米纖維沉積成不織布薄膜。利用其分子間(內)氫鍵作用力來增加機械性質、熱性質及電解質潤濕性, 高孔隙度及連續孔道的特性來降低離子擴散的阻力, 降低隔離膜電阻, 有助於增強快速充放電性能, 預期可作為較高溫使用的鋰離子電池(Lithium-ion battery, LIB)隔離膜。主鏈含苯並咪唑芳香族聚醯亞胺的合成, 首先是合成含苯並咪唑的 PI 二胺單體 6,6'-雙[2-(4-氨基苯基)苯並咪唑] (6,6'-bis[2-(4-aminophenyl)benzimidazole], BAPBI), BAPBI 的製備係由胺基苯甲酸(4-Aminobenzoic acid, PABA)與 3,3'-二胺基聯苯胺(3,3'-Diaminobenzidine, DAB) 在多聚磷酸環境下進行縮合聚合, 經由核磁共振光譜及紅外光譜鑑定, 確認是否成功合成 BAPBI, 所合成 BAPBI 再與 4,4'-氧基二酞酸酐(4,4'-Oxydiphthalic anhydride, ODPA) 經由二步法合成主鏈含苯並咪唑 PI。其熱穩定性及熱性質可藉由 DSC 與 TGA 量測分析; PI 奈米纖維的微結構可由場發射掃描式顯微鏡(FE-SEM)觀測; 接觸角量測可作為 PI 隔膜電解質親和力的評估指標; 線性掃描伏安可評估 PI 電化學安定性; 電化學阻抗譜可量測 PI 的離子電導度; 循環測試可評估在多次循環後 LIB 容量。綜合上述各項量測的性能, 並以 Celgard H1612 隔離膜為參考基準, 探討本研究所製備的 PI 作為較高溫使用鋰離子電池隔離膜的適用性。本計畫的執行, 學術上提出新的奈米層質子交換複合膜製備方法, 此質子交換膜有 (1) 基材為網狀結構體, 有優異高溫保水、機械與耐熱性、POSS 分散性 (2) 建立雙重阻醇結構(含 POSS 及聚多巴胺奈米層)更有效抑制甲醇滲透 (3) 透過正電子湮滅壽命光譜(PALS)可分析 NLPECM 自由體積, 建構 NLPECM 微結構、阻醇與質子傳導的關聯性 (4) 化學與物理修飾方法, 提供多樣化 NLPECM 等優點, 在經濟上, 有助於提高其商品化的機會與競爭力。對社會而言, 由於燃料電池為綠色能源之一, 有助於環境永續發展。

二、研究程序(過程)及方法

(A) 研究程序(過程): 目前商用鋰離子電池隔離膜大多由聚烯烴類所製成, 如 PE、PP 等。聚烯烴系列商用隔離膜常見以下幾個缺點 (1) 耐熱性不佳, 電池過熱時, 隔離膜會產生嚴重收縮甚至熔化的現象, 導致兩極間易互相接觸造成短路, 電池中電解液與電極材料將發生劇烈的化學放熱反應, 使電池內部溫度快速上升導致電池燃燒甚至爆炸 (2) 商用隔膜使用雙軸拉伸來製作多孔膜, 其孔隙度不足 (3) 主鏈上缺乏極性官能基, 導致商用隔膜電解質吸收率低及潤濕性低, 這是其較大的缺點。因應這些缺點, 透過適合的 PI 單體選擇與製造技術的改進, 應可有效解決聚烯烴類鋰離子電池隔離膜遭遇的難題。PI 單體選擇考量: (1) 選擇高極性的二酞與二胺單體以增加電解質潤濕性 (2) 不使用具有反應性官能基的單體, 如 BTDA... 等 (3) 在主鏈中引入苯並咪唑基團, 可藉由強烈的分子間氫鍵, 增加聚合物的耐熱性與機械性能 (4) 在主鏈中引入熱穩定但靈活或不對稱的鏈, 如 PI 主鏈

中引入較易轉動的鍵結如 -O-，可增加聚合物的延伸率。在同時優化鋰離子電池隔離膜不同性質的前提下，本研究將合成主鏈含苯並咪唑聚醯亞胺，來改善目前商用隔離膜的熱性質及電解質潤濕性，並使用靜電紡絲程序，製作高孔隙度的隔膜，使電解質吸收率能夠提高，降低電解質層的離子傳導阻力，進而降低電池的內阻，使電池的容量能夠提升。會選用 PI 是因為其單體的選擇性非常多樣，可依用途來設計主鏈結構；而在主鏈上引入苯並咪唑是為了增強其機械性質、熱性質及電解質潤濕性，因咪唑基團的 N-H 會與亞醯胺環上的羰基產生氫鍵，使分子間作用力增加。在二酐的選擇上選用芳香族二酐，但在兩芳香環間引入柔性醚鍵，使 PI 增加可加工性，避免在亞醯胺化後無法進行熱加工，以及增加 PI 的延伸率避免隔膜在低應變率的情況下斷裂。靜電紡絲所製成的亞微米級纖維薄膜，可提升隔膜的比表面積，使電解液吸收率提高；通常透過靜電紡絲纖維所製作的薄膜，孔隙度大約介於 70~90 % 之間，這相對於商用隔膜 40 % 的孔隙率來說，可明顯改善隔膜孔隙度過低的問題。且因為具有高的孔隙度，電解質吸收率也會提高，可以降低離子傳輸的阻力，降低內阻。未來還具有可含浸其他無機材料或塗布其他功能性材料的改質的空間，可進一步增加隔離膜性能。

(B) 研究方法: 進行步驟及執行進度管控

本計畫採用之研究方法與進行步驟 以下分述推動本計畫期程的研究方法與進行步驟:

A. 藥品

- 4-Aminobenzoic acid; 等級: 試藥級; 廠商: Sigma-Aldrich ($\geq 99\%$); 分子式: $C_7H_7NO_2$ (Mw: 137.14 g/mol); 簡稱: PABA
- 3,3'-Diaminobenzidine; 等級: 試藥級; 廠商: Sigma-Aldrich ($\geq 99\%$); 分子式: $C_{12}H_{14}N_4$ (Mw: 214.27 g/mol); 簡稱: DAB
- Polyphosphoric acid; 等級: 試藥級; 廠商: Across organics ($>84\%$); 分子式: $H(n+2)PnO(3n+1)$; 簡稱: PPA
- Phosphorus pentoxide; 等級: 試藥級; 廠商: Across organics ($\geq 98\%$); 分子式: P_2O_5 (Mw: 141.94 g/mol)
- 4,4'-Oxydiphthalic anhydride; 等級: 試藥級; 廠商: Alfa aesar (97 %); 分子式: $C_{16}H_6O_7$ (Mw: 310.22 g/mol); 簡稱: ODPA
- Methanol; 等級: 試藥級; 廠商: Macron fine chemicals; 分子式: CH_4O (Mw: 32.04 g/mol)
- Dimethyl sulfoxide; 等級: 試藥級; 廠商: Across organics (99.7 %); 分子式: C_2H_6OS (Mw: 78.13 g/mol)
- Dimethylacetamide; 等級: HPLC; 廠商: DUKSAN; 分子式: C_4H_9NO (Mw: 87.12 g/mol)
- Sodium carbonate 等級: 試藥級; 廠商: DUKSAN (99.9 %); 分子式: Na_2CO_3 (Mw: 105.99 g/mol)
- 碳酸乙烯酯/碳酸甲乙酯/碳酸二甲酯/六氟磷鎂/碳酸亞乙烯酯電解液 (Ethylene carbonate/ Ethyl methyl carbonate/ Dimethyl carbonate/ Lithium hexafluorophosphate/ Vinylene Carbonate) 混合比例: 1 M LiPF₆/EC/EMC/DMC(1:1:1wt%) + 1%VC 混合比例: 1 M LiPF₆ in EC/EMC/DMC; 廠商: 優必克

3-2 實驗步驟

3-2-1 6,6'-雙[2-(4-氨基苯基)苯並咪唑]的合成, BAPBI PPA (40.0 g) 和 P2O5 (5.0 g) 在 100 mL 完全乾燥的反應瓶中, 配備有機機械攪拌器 (RCT digital, IKA®-Werke GmbH & CO. KG, Staufen, 德國) 和氮氣入口、攪拌混合形成濃稠的糊狀物。此混合物在 150°C 下, 加熱攪拌直到 P2O5 完全溶解, 然後冷卻至室溫。3,3'-二氨基聯苯胺 (2.1427g, 10mmol) 和 4-氨基苯甲酸 (3.0171g, 22mmol) 添加到燒瓶中, 在 200°C 下攪拌 12 小時, 溫度再冷卻至室溫後, 將產物倒入冰冷的 10wt.% 碳酸鈉水溶液中, 並迅速攪拌形成深綠色沉澱物。固體沉澱物收集起來, 用水洗滌, 然後乾燥。再將乾燥的沉澱溶解於甲醇, 收集濾液, 真空乾燥除去多餘的甲醇, 得黃色產物 BAPBI (3.79 g, 90%)。

3-2-2 BI-PI 膜的製作 BI-PI 使用圖 8 所示的兩步法合成。將 BAPBI (1.8758 g, 4.5 mmol) 和 ODPA (1.3980g, 4.5mmol) 在 17.5mL 無水 DMSO 和 DMAc (體積比 = 1:1) 溶液中混合。將混合物在室溫攪拌 12 小時, 得到均質粘稠的

PAA 液，固含量為 15.4 重量 %。然後使用帶有噴絲頭的注射器進行靜電紡絲，其噴絲頭內徑為 0.686mm(19 G)，施加電壓為 20kV。PAA 以 0.01mL/min 的速度進樣，針尖和收集器之間的距離為 20cm。不織布 PAA 奈米纖維系在大氣環境下，經分段連續加熱程序 (120、200、250、300°C 各 2 小時，350、400 °C 各 1 小時)。最後，將不織布 PAA 在 200°C、50 kgf/cm² 壓力下熱壓 30min 亞胺化為 BI-PI 膜。

3-2-3 直流高壓靜電紡絲製作隔離膜 將聚醯胺酸溶液利用靜電作用力，製成纖維直徑達到亞微米級的不織布 (Nonwoven mat) 此加工程序稱為靜電紡絲。此步驟的變數多，且會相互影響最終 不織布的型態，將找出最優化鋰離子電池隔離膜加工參數。

(1)高壓直流靜電紡絲：將配製好的高分子溶液吸入注射筒中，並將組裝好的靜電紡絲配件接上注射筒，裝上不鏽鋼針頭 (19 號針頭，內徑：0.70mm，外徑：1.06mm)。將收集板或收集液筒包上鋁箔紙，並將整個系統維持在相對濕度 60±5 %間，以去除環境溼度變因。

(2)改變不同濃度的高分子溶液：將事先除水完成的溶劑，加入合成好的聚醯胺酸溶液，並加入磁石攪拌均勻配製成 10wt%、12.5wt%及 15wt% 的聚醯胺酸溶液。如果配製好的溶液不馬上進行加工，需放置在冰箱中保存。使用平板收集器，設定針頭與收集器間距離 20 cm，電壓為 20KV，紡絲流速為 0.01mLmin⁻¹，觀察所收集的纖維形貌，以確認適合的溶液濃度。

(3)改變收集器距離：使用平板收集器，並設定針頭與收集器間距離 10cm 及 20cm，電壓為 20KV，以步驟 2 所得的合適濃度 15wt% 溶液濃度為紡絲濃度，紡絲流速為 0.01mLmin⁻¹，觀察所收集的纖維形貌，以確認適合的紡絲距離。

(4.)改變收集器種類：使用平板及滾筒兩種不同的收集器，並設定步驟 3 所得的適合的收集器距離參數 20cm 為紡絲距離，電壓為 20KV，溶液濃度為 15wt%，紡絲液流速為 0.01 mL min⁻¹，觀察所收集的纖維形貌，以確認適合的紡絲收集器。

(5)以步驟 4 所得適合紡絲條件，調整紡絲液量，來得到較適當的隔膜厚度。

(6)將步驟 5 製備的隔膜裁剪成 5cmx5cm 大小正方形，使用熱壓機來將隔膜壓密，增加纖維密度防止鋰枝晶穿透造成短路。壓力為 50Kgfcm⁻²，溫度為 200°C，熱壓時間 30 分鐘。

3-3 製備材料鑑定及隔離膜性能檢測方法 3-3-1 製備材料結構鑑定 (1)使用核磁共振光譜(NMR) ¹H, ¹³C, DEPT90, DEPT135 分析分子中特定原子的化學位移(Chemical shift)及其強度(Intensity)，來鑑定分子結構是否有成功合成。在送測前需要將樣品純化，送測時使用 DMSO-d₆ 溶解試樣，放入 NMR 試樣管中。使用 BRUKER AV-500 檢測，數據處理軟體使用 Topspin 3.6。

(2)使用 FTIR 觀察分子中特定官能基振動吸收頻率，來輔助判斷分子結構是否與核磁共振光譜所鑑定的結構相符。使用 iS50-FT-IR 檢測，解析度為 2cm⁻¹，掃描次數 32 次。檢測前樣品及打錠用 KBr，需用烘箱 110°C 下烘乾 12 小時。

3-3-2 電紡纖維的熱性質分析 使用熱重分析儀(TGA)來判斷纖維的熱穩定性。將纖維膜放入真空烘箱中使用 100°C 乾燥 12 小時，以去除可能殘留在纖維中的溶劑，及大氣中吸附於纖維表面的水。將纖維秤重並放入陶瓷盤中，分別在氮氣流與空氣流中升溫，氣體流速均為 20 mL min⁻¹，升溫速率以每分鐘 10°C，從 30°C 升溫至 800°C。藉由熱重分析曲線可得 5%重量損失(Td5%)及殘餘率(yield%)等訊息。使用 TGA 4000 檢測。使用微分掃描熱卡計(DSC)來觀察纖維的玻璃轉移溫度(Tg)及熔點(Tm)，以確認高分子的熱性質。在測試前將纖維膜放入真空烘箱中以 100°C 下乾燥 12 小時，以去除可能殘留在纖維中的溶劑。秤取適當重量後使用鋁盤壓錠，尋找適合的升溫速率，並在氮氣流下從室溫升溫至 400°C。使用 DSC6000 檢測。使用動態機械分析儀(DMA)，可利用機械性質隨溫度與時間的差異來量測高分子的黏彈性 (Viscoelastic property)特徵或稱流變行為(Rheology)。在分子熱分析中屬於重要儀器，能量測多種高分子特性如 Tg、Tm、相分離、共聚物組成...等。動態機械分析包括對樣品施加小的循環應變並測量產生的應力響應，或者等效地對樣品施加循

環應力並測量產生的應變響應。DMA 既可用於研究聚合物中的分子弛豫 (Relaxation)過程，也可用於確定隨時間和溫度變化的固有機械或流動特性[94]。使用 TA Inc. 的 Q 800 測量，薄膜厚度 10 μm 使用拉伸夾具，掃描溫度範圍 100 °C~ 450°C，升溫速率 5°Cmin⁻¹，頻率 1 Hz，氬氣環境下測量。

3-3-3 電紡纖維及其隔離膜的特性檢測 (1)使用掃描式電子顯微鏡(SEM)觀察電紡後纖維型態，並使用比例尺與像素格之關係，計算纖維平均直徑及隔膜厚度，纖維取樣數 30 根。使用 JSM-6701F 檢測。(2)使用接觸角(Contact angle)測量儀來觀察電解液與隔膜間親和力，接觸角越 小代表電解液與隔膜潤濕性好、親和力佳、離子傳導的阻力小、電解質電阻小。測試用的電解液與組裝成鈕扣電池時用的相同 (1MLiPF₆ in EC/EMC/DMC(1:1:1wt.%) + 1%VC)。將薄膜泡入 1MLiPF₆ in EC/EMC/DMC(1:1:1wt.%) + 1%VC 的電解液中，並拭去表面多餘的液體，利用五位數天秤測量吸液前後薄膜的重量差，利用下式計算電解質吸收率 $Electrolyte\ uptake = \frac{W1 - W0}{W0} \times 100\%$ W0: 薄膜空重；W1: 薄膜吸收電解液後重 (3)使用廣角 X 射線散射儀(WAXS)檢測薄膜是否結晶。使用 NANOSTAR U SYSTEM 測量，X 射線為 Cu Kα(λ=0.154 nm)，輻射源產生器 30W 50KV 600μA，掃描角度：5 ° ~40°。(4)使用壓汞法(Mercury intrusion method)，利用汞不潤濕任何固體的高表面張力特性，來量測電紡絲薄膜的孔隙率及孔徑分佈。

3-3-4 機械性質測試 (1)使用拉力試驗機測量薄膜機械性質，測試規範依據 ASTM D882。將試片裁切成長 150mm 寬 5mm 的長條試片，拉伸速率為 12.5mm min⁻¹，測試時使用游標卡尺測量樣品厚度，並在試片上標示斷裂區間，在區間內斷裂才判定為有效測試。(2)使用熱風循環烘箱，將裁切好的隔膜放入烘箱內，在升溫至指定溫度後持溫 30 分鐘，取出後利用下式計算熱收縮率。 $Shrinkage = \frac{Li - Lf}{Li} \times 100\%$ Li=原始長度；Lf = 高溫受熱後長度

3-3-5 鈕扣電池組裝 秤取重量比 93.5 : 3 : 2.5 : 1 的磷酸鋰鐵粉末、PVDF、Super P 與奈米碳管。先將 PVDF 以 NMP 溶解，再依序加入奈米碳管、Super P 及磷酸鋰鐵。攪拌均勻後塗佈至鋁箔上，乾燥後進行滾壓。將滾壓後的電極片與鋰金屬裁切成直徑 12.50 mm 的電極片，將 Celgard H1612 及實驗製作的隔膜利用裁刀裁切成直徑 17.00 mm 的隔離膜。在氬氣氣氛的手套箱中將隔膜含浸到 1M LiPF₆ in EC/EMC/DMC(1:1:1wt.%) + 1%VC 中，鋰金屬作為負極，磷酸鋰鐵作為正極，使用 CR2032 的電池組件組裝成鈕扣電池。

3-3-6 電化學測試 (1)使用線性掃描伏安法(Linear sweep voltammetry)控制電位的掃描速率來觀察電流的變化，當掃描到一定電位時，電流量明顯增加，代表有氧化還原反應發生。此檢測用來判斷材料在鋰離子電池的電位窗口內，是否會發生氧化還原反應，驗證材料是否適合此應用。在氬氣氣氛的手套箱中將隔膜含浸到 1M LiPF₆ in EC/EMC/DMC(1:1:1wt.%) + 1%VC 中，並使用鋰金屬作為參考電極(負極)，不鏽鋼板作為工作電極(正極)。使用 CR2032 的電池組件組裝成鈕扣電池，測試電壓範圍為 3.0~5.0V，掃描速率 0.01 V s⁻¹，使用 CHI 600 E 檢測。(2)使用交流阻抗分析(Electrochemical impedance spectroscopy, EIS)，交流阻抗是現代電化學測量方法的一種，藉由電路學的分析技巧，提供動力學及反應機構資料，包括電荷轉移(Charge transfer)、擴散(Diffusion)、吸附(Adsorption)、電化學結晶(Electro crystallization)以及鈍化(Passivation)等現象。交流阻抗法又稱為電化學阻抗圖譜，利用交流電理論得以將電流、電位表示為頻率的函數，進而得到電阻與直流電所無法分析的電容與電感阻抗。阻抗的物理意義代表電流或電子流的抵抗能力，包括電阻(Resistance)、電容(Capacitance)、電感(Conductance)等效應。電化學系統中，電阻、電容、電感三元件經常用以模擬、反映電極與電解質界面間的電化學性質。在電池系統中，電荷轉移所需要的阻抗，可以用電荷轉移電阻(Charge transfer resistance, R_{ct})來表示。

電極表面的電雙層(Helmholtz model)，可以用電雙層電容(Double layer capacitance, Cd)來模擬。而電解質對於離子傳導的阻抗可用總阻抗(Bulk resistance, R Ω)來等效處理。利用上述三種電路元件，即可利用等效電路的方式來模擬電解質與電極界面間的電化學現象。隔離膜在一定程度上阻礙離子的傳輸，為了確認電解質層的離子傳導度，可用下式計算，測試條件為電池的開路電壓(OCV)，掃描頻率從 1×10^{-2} Hz \sim 1×10^6 Hz。 $\sigma = L R \times A$ σ =離子傳導度(S cm⁻¹)；R=為電解質電阻(Ω) A=為不鏽鋼片面積(cm²)；L=為薄膜厚度(cm) (3)使用電池循環測試(藍電，電池測試機台廠商)來觀察，電池經過給定條件的充放電循環之後，其各種電性質表現，用來確認隔膜實際應用到電池中的效果是否與預期相同。所有電池在組裝完成後均靜置 2 天，讓電極材料及隔離膜與電解液充分潤濕。進行 0.1 C 及 0.5C 進行循環穩定測試，以 0.1C 為例，將電池以 0.1C 的電流恆流充電至 3.8V，接著進行恆壓 3.8 V 充電至電流小於 0.01mA；接著進行恆流 0.1C 放電至電壓 2.5V。進行不同電流密度的倍率性能測試，將電池以 0.1C、0.2C、0.5C、1C 及 2C 的電流，恆流充電至 3.8V，接著使用與充電時相同的電流密度進行恆流放電至 2.5V 為止。

(三) 預期效益及與將來教學研究之關係

(A) 預期效益

本計畫完成後，預期將可完成如下工作項目及具體成果：1. 主鏈含苯並咪唑 PI 的合成鑑定 2. 靜電紡絲法製作主鏈含苯並咪唑 PI 隔離膜 3. 電紡纖維及其隔離膜的特性檢測(纖維型態、接觸角、WAXS 檢測結晶、壓汞法孔隙率及孔徑分佈) 4. 電池組件組裝成鈕扣電池 5. 隔離膜電化學測試(線性掃描伏安法、交流阻抗與電池循環測試分析)。當完成以上之預期工作項目，在學術上將可了解多元化、多樣化的 PI 合成技術及其在鋰離子電池隔離膜的用途、機械性能與熱性能特性，電紡纖維及其隔離膜的特性檢測(纖維型態、接觸角、WAXS 檢測結晶、壓汞法孔隙率及孔徑分佈)、電池組件組裝成鈕扣電池及隔離膜電化學測試(線性掃描伏安法、交流阻抗與電池循環測試分析)。參與人員將可獲得材料改質、NMR、TEM、TGA、DSC、DMA、SEM、PALS、接觸角、WAXS、壓汞法、線性掃描伏安法、交流阻抗與電池循環測試等量測技術的訓練，更可在材料分子設計與鋰離子電池隔離膜的研究上得到相加相成的效果。

(B) 與將來教學研究之關係

上述研究的探討有助於現今及推展未來結構特性對材料特性的相關性，並對現有模模式作修正。對我在任課的化學與材導有相當大的助益。此研究成果有助於我在綠色能源與綠色材料及材導課程的需要。

(四) 學術著作目錄(近五年)

1. Y.Z. Wang Y.C. Huang, X.Y. Fu, K.S. Ho (2023, Nov). Thermally degraded polyurea as cathode catalyst of an anion exchange membrane fuel cell. Polymer Degradation and Stability, 217,110540(2023). 本人為第一作者.
2. Y..C.Huang,Y.Z.Wang,T.H.Hsieh , K.S. Ho (2023, Sep). Co(II)-Chelated Polyimines as Oxygen Reduction Reaction Catalysts in Anion Exchange Membrane Fuel Cells. Membranes, 13(9), 769(2023,).
3. Y.H.Lu,Y.Z.Wang, Y.H.Lu , K.S.Ho (2023, Apr). Studies on the Application of Polyimidobenzimidazole Based Nanofiber Material as the Separation Membrane of Lithium-Ion Battery. Polymers, 15(8), 1954;(2023). 本人為通訊作者.
4. Yen-Zen Wang, Tar-Hwa Hsieh , Yu-Chang Huang and Ko-Shan Ho (2023, Feb). 2,6-Diaminopyridine-Based Polyurea as an ORR Electrocatalyst of an Anion Exchange Membrane Fuel Cell. polymers, 15, 915. . 本人為第一作者.
5. Yu-Hsiang Lu , Yen-Zen Wang , Ming-Ying Tsai , Hong-Ping Lin and ChunHan Hsu (2022, Aug). Electrospun Benzimidazole-Based Polyimide Membrane for Supercapacitor Applications .Membranes, 12, 961.. 本人為通訊作者.
6. Tar-Hwa Hsieh , Yen-Zen Wang and Ko-Shan Ho (2022, May). Cobalt-Based Cathode Catalysts for Oxygen-Reduction Reaction in an Anion Exchange Membrane Fuel Cell. Membranes. 本人為通訊作者.
7. Yu-Wei Cheng , TarHwa Hsieh , Yu-Chang Huang , Po-Hao Tseng , Yen-Zen Wang, Ko-Shan Ho and Yue-Jie Huang 2 (2022, May). Calcined Co(II)-Chelated Polyazomethine as Cathode Catalyst of Anion Exchange Membrane Fuel Cells . Polymers, 14, 1784.. 本人為通訊作者.
8. Tar Hwa Hsieh , Sin Nan Chen , Yen Zen Wang., Ko Shan Ho , Jung Kuan - - - - - Chuang and Lin Chia Ho (2022, Jan). Cobalt Doped Carbon Nitride - - Frameworks Obtained from Calcined Aromatic Polyimines as Cathode Catalyst of Anion Exchange Membrane Fuel Cells. Membranes, 2022, 12, 74本人為通訊作者.
9. Tar-Hwa Hsieh , Lin-Chia Ho , Yen-Zen Wang , Ko-Shan Ho , Cheng-Hsien Tsai , Li-Fan Hung (2021, Sep). New Inverse Emulsion-Polymerized Iron/Polyaniline Composites for Permanent, Highly Magnetic Iron Compounds via Calcination. Polymers, 13, 3240.. 本人為通訊作者.
10. Yen-Zen Wang , Yu-Wei Cheng , Lin-Chia Ho , Wen-Yao Huang , Ko-Shan Ho, Yu-Ting Syu (2021, May). Superparamagnetic, High Magnetic α -Fe & α' -Fe₁₆N₂ Mixture Prepared from Inverse Suspension-Polymerized Fe₃O₄@polyaniline Composite. polymers, 13, 2380. 本人為第一作者.
11. Wen-Yao Huang, Li-Cheng Jheng, Tar-Hwa Hsieh, Ko-Shan Ho, Yen-Zen Wang, Yi-Jhun Gao and Po-Hao Tseng (2020, Dec). Calcined Co(II)-Triethylenetetramine, Co(II)- Polyaniline-Thiourea as the Cathode Catalyst of Proton Exchanged Membrane Fuel Cell. Polymers, 12, pp.3070-3085. (SCI,