

出國報告（出國類別：其他）

赴上海參加 2014 年能源與環境電化學 大會出國報告

服務機關：核能研究所

姓名職稱：黃振興 研究員

蘇棋翹 助理研發師

高維欣 助理工程師

派赴國家：大陸

出國期間：103 年 3 月 12 日~103 年 3 月 17 日

報告日期：103 年 4 月 16 日

摘要

本屆2014年能源與環境電化學大會(Electrochemical Conference on Energy & the Environment, ECEE 2014)由國際電化學學會(Electrochemical Society, ECS)和中國電化學學會(Chinese Electrochemical Society, CES)聯合舉辦並於中國大陸上海市舉行。本次會議主題以能源及環境的電化學基礎和應用技術進行討論，並有大會報告、分會特邀報告、口頭報告、壁報和展覽等多種形式，為不同領域的與會者提供一個學術交流平台。本屆ECEE大會分成四大分會同步舉行，分別是電化學技術在能源儲存(E1- Electrochemical Energy Storage)、電化學能源轉換(E2- Electrochemical Energy Conversion)、電化學基礎原理(E3-Electrochemical fundamental)與環境電化學(E4-Enviriomental Electrochemistry)等領域，其中的電化學能源轉換(E2- Electrochemical Energy Conversion)分會議程重點包含燃料電池(包含低溫及固態氧化物燃料電池(SOFC))及太陽能電池技術等議題，其中固態氧化物燃料電池(SOFC)部分，總共有19篇SOFC相關論文進行發表，其探討內容包含陰極及電解質材料開發、電極(陰極及陽極)製作、管式SOFC製作、奈米結構觸媒、陰極Cr毒害及結合CO₂轉化之IGFC(Integrated Gasification Fuel Cell)等議題。太陽能電池方面報導了很多與光伏技術相關的研究例如銅銦鎵硒CIGS(Copper Indium Gallium Selenide) 薄膜太陽能電池，或是提高TiO₂的光電化學效應所做的修飾與研究，例如金屬與非金屬參雜技術等等。鋰電池技術方面以各式不同奈米結構所組成的電極材料或是複合材料等等，都是未來的鋰離子電池電極材料發展的重要方向。本屆會議分4日進行，包括註冊、開幕式、大會主題演講與口頭、海報論文發表以及廠商之產品展覽等。本屆會議計收到有561篇論文摘要，以及12家廠商參展，藉由參與本次會議，展現本所過去幾年於SOFC及鋰電池領域的研發成果，並且加強本所與國際間之資訊交流與人脈關係拓展，有益於後續國內SOFC研發策略及方向之擬訂及研發工作的推展。

目次

摘要	i
目次	ii
一、目的	1
二、過程	3
三、心得	8
四、建議事項	17
五、附錄	19
附錄 1. 會議論文	19
附錄 2. ECEE-2014 會議議程	22

一、目的

高溫固態氧化物燃料電池(SOFC)，藉由電化學的反應及固態電解質傳導氧離子的功能，產生電流。SOFC具有高能源轉換效率、低污染氣體排放、多元化靈活燃料使用之優點，可結合渦輪機發電系統及生質燃料，提供分散式發電系統之基載電力，及紓解能源使用對環境所造成的影響。SOFC技術研發現況是屬於市場發展之初期，其產品商業化所面臨之挑戰包括：高的製造成本、複雜的製造技術、零組件工業之投資、產品效能的衰減、使用期限的延長及可靠度提升。太陽能電池是一種將太陽光轉成電能的裝置。依照光電效應，當光線照射在導體或半導體上時，光子與導體或半導體中的電子作用，會造成電子的流動，只有頻率超越可產生光電效應的閾值時，電流才能產生這種現象又被稱為太陽能光伏現象。鋰離子二次電池則是藉由鋰離子由正極遷出(Extraction)經由電解液後再嵌入(Intercalation)負極；同樣的在電池進行放電時，鋰離子由負極遷出，經由電解液後回到正極。藉由鋰離子反覆在正負極間嵌入與遷出，達到一個可反覆進行充放電的可逆機制，藉此達到儲存電能的效果。核能研究所積極推動SOFC發電系統市場商品化及太陽能電池與鋰離子二次電池之研發，亟思積極瞭解先進國家技術開發現況與未來展望，

由國際電化學學會(Electrochemical Society, ECS)和中國電化學學會(Chinese Electrochemical Society, CES)聯合舉辦之「2014年能源與環境電化學大會(Electrochemical Conference on Energy & the Environment, ECEE 2014)」，於103年3月13日至3月16日在中國大陸上海市舉行，大會分為四大分會同步舉行，分別為電化學技術在能源儲存(E1- Electrochemical Energy Storage)、電化學能源轉換(E2-Electrochemical Energy Conversion)、電化學基礎原理(E3-Electrochemical Fundamental)與環境電化學(E4-Enviriomental Electrochemistry)，會議議題及內容廣泛，其中電化學能源轉換研討會(E2-Electrochemical Energy Conversion)，其內容包含燃料電池(包含低溫及固態氧化物燃料電池(SOFC))及太陽能電池與鋰離

子二次電池議題，與本所積極研發之SOFC 關鍵材料與系統及太陽能發電技術有密切之相關聯性，顯見本次會議之重要性。因此，為有效掌握國際間固態氧化物燃料電池、太陽能電池與鋰離子二次電池之發展趨勢，並拓展與國際間SOFC、太陽能電池與鋰離子二次電池主要發展機構成員之交流，派員參加本屆會議，除能彰顯本所固態氧化物燃料電池(SOFC)領域研發成果外，並可藉由會議平台之討論瞭解國際最新之SOFC、太陽能電池與鋰離子二次電池研發現況，尋求可能之應用市場及合作機會，強化合作關係及增益本所研發技術，以利於本所相關計畫工作之加速推動。本所研發高效率固態氧化物燃料電池相關技術，卓有成效，成果受到國際肯定。此次出國報告作者們亦在本屆會議發表本所研發論文成果“Fabrication and Characterization of a $Gd_{0.2}Ce_{0.8}O_{2-\delta}-Sm_{0.5}Sr_{0.5}CoO_{3-\delta}$ Composite Cathode for an Intermediate-temperature Solid Oxide Fuel Cell”、“The Preparation of Perovskite Oxide Powders Adopted in ITSOFC via Inductively Coupled Plasma Technique”及“Development of Flexible Lithium-ion Battery on a Stainless Steel Substrate by Radio Frequency Magnetron Sputtering”共3篇。

二、過程

3月12日：(星期三)

12:30由台北松山機場搭乘中華航空CI-201班機起飛前往中國大陸上海市，於14:15抵達上海虹橋國際機場，並轉搭地鐵前往住宿地點，辦理住宿等相關事宜，本日主要行程為飛行航程與住宿確認。

3月13日：(星期四)

本日行程主要為完成大會報到註冊及熟悉會場附近環境，搭地鐵前往會議舉辦地點：InterContinental Puxi, Shanghai (上海浦西洲際酒店)並完成大會報到註冊，如圖1-2所示，於當日18:00參與ECEE-2014所舉辦之大會歡迎茶會。

3月14日：(星期五)

本日上午參與ECEE-2014 Plenary Speak，並前往電化學儲能及電化學能源轉換論壇聽取簡報，於傍晚(17:20~19:20)張貼本所發表論文“Fabrication and Characterization of a $Gd_{0.2}Ce_{0.8}O_{2-\delta}-Sm_{0.5}Sr_{0.5}CoO_{3-\delta}$ Composite Cathode for an Intermediate-temperature Solid Oxide Fuel Cell”及”The Preparation of Perovskite Oxide Powders Adopted in ITSOFC via Inductively Coupled Plasma Technique” 2篇海報，展現本所於陶瓷基板支撐型固態氧化物燃料電池之新穎陰極材料及金屬支撐型燃料電池之電漿噴塗技術之研發成果現況，並參觀廠商展覽，相關照片如圖3~5所示。本屆會議計收到有561篇論文摘要，以及12家廠商參與產品(SOFC與鋰離子電池量測設備及週邊、SOFC電極材料及元件等)展示。

3月15日：(六)

本日前往電化學儲能及電化學能源轉換論壇聽取簡報，於傍晚(17:20~19:20)張貼本所發表有關鋰電池開發技術海報論文“Development of Flexible Lithium-ion Battery on a Stainless Steel Substrate by Radio Frequency Magnetron Sputtering”1篇，展現本所在薄膜鋰離子電池開發技術之研發成果現況，並參觀廠商展覽。本屆會議之海報論文發表於今日完全結束。

3月16日：(日)

本屆ECEE-2014會議之電化學能源轉換研討會上午議程主題為SOFC，計有9篇口頭論文發表(根據Program Book)以及參觀廠商展覽，論文發表主要探討內容包含陰極及電解質材料開發、電極(陰極及陽極)製作、管式SOFC製作、奈米結構觸媒、陰極Cr毒害及結合CO₂轉化之IGFC(Integrated Gasification Fuel Cell)等議題。本屆會議之議程及廠商展覽，皆於今日結束，本屆會議於今日圓滿完成。

3月17日：(一)

16:15於上海虹橋國際機場辦理完成出境手續，並搭乘中華航空CI-202班機回台北松山機場，本次航班因故延遲50分鐘起飛，並於19:00抵達台北松山機場，順利完成本次公差任務。



圖1.ECEE-2014會議舉辦地點



圖2. 報到註冊

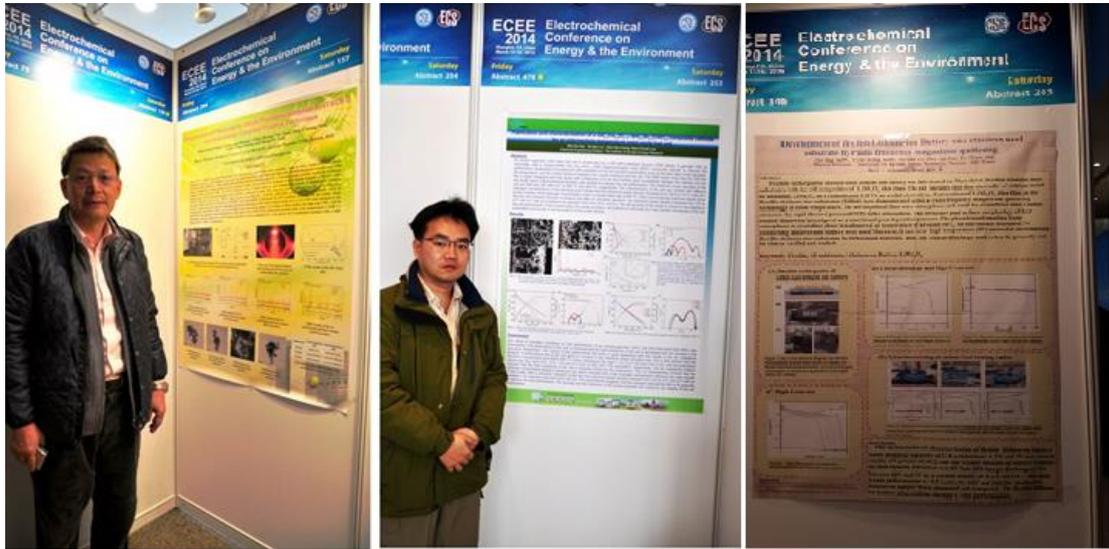


圖3.海報論文發表

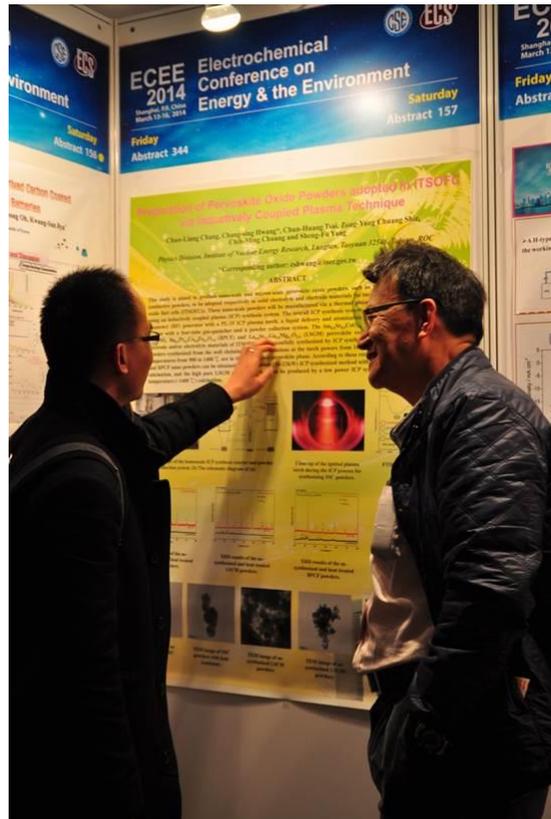


圖4. 黃振興博士在海報論文張貼現場與其他專家學者討論



圖5. 廠商展覽會場

三、心得

因作者主要著眼於電化學能源轉換(E2- Electrochemical Energy Conversion)及電化學技術在能源儲存(E1- Electrochemical Energy Storage)，以下心得僅就本研討會進行當中所簡略記錄的內容加以說明。

(一) 本屆2014年能源與環境電化學大會(Electrochemical Conference on Energy & the Environment, ECEE 2014)由國際電化學學會(Electrochemical Society, ECS)和中國電化學學會(Chinese Electrochemical Society, CES)聯合舉辦並於中國大陸上海市舉行。本次會議計收到有561篇論文摘要，其中固態氧化物燃料電池(SOFC)部分，分別有來自中國礦業大學(北京)、山東科技大學、上海交通大學、天津工業大學、重慶大學、韓國昌原大學、KTH Royal Institute of Technology, Sweden、Institute of Ceramic Engineering & Technology, Seoul, South Korea、Institute of High Temperature Electrochemistry of Russian Academy of Sciences, Russia、中華民國海洋大學及中華民國核能研究所等單位參與，太陽能電池與鋰離子二次電池部分相關論文方面共近500篇發表，分別為上海交通大學，清華大學，中山大學，日本岩口大學，Uppsala University，Sejong University，Yokohama National University，Shanghai Jiao Tong University，Toyota Central R&D Labs等單位參與。SOFC相關論文方面共有19篇發表，其探討內容包含陰極及電解質材料開發、電極(陰極及陽極)製作、管式SOFC製作、奈米結構觸媒、陰極Cr毒害及結合CO₂轉化之IGFC(Integrated Gasification Fuel Cell)等議題。

(二) 此次大會共12家廠商參展，其中群羿能源設備有限公司有代理Fuel Cell Material公司之SOFC粉體及單元電池片、Nextech Material和H.C. Starck的SOFC粉體、Sunfire SOFC電池堆、系統部件及系統、e1TM的甲醇重組器和天然氣重組器，及Elcogen電池片。另AMETEK Commercial Enterprise Co., Ltd.及ESL ElectroScience有出售SOFC電極及電解質生胚帶(如圖6所示)，對本所

SOFC研發有密切相關，可作為往後SOFC研發相關材料採購參考。

(三) 群翌能源設備有限公司(上海分公司叫上海群翌能源設備有限公司)陳致源先生解說，燃料使用率高達80~85%的固態氧化物燃料電池應為電解質支撐型電池片，因其陰陽二極都為薄層之緣故;在熱震盪(Thermal Shock)方面，電解質支撐型電池片因有強度高的電解質，比較可以承受操作溫度劇烈變化的衝擊，此意見可作為往後SOFC製備方向的參考。

(四) 本次電化學能源轉換研討會共有7篇SOFC相關論文進行口頭報告(2報告人缺席)，包含陰極及電解質材料開發、管式SOFC製作及CO₂轉化等議題做專題報告，展現SOFC研發應用的多元性。在CO₂轉化方面，因大陸主要能源來自煤礦，燃煤造成空氣污染，中國礦業大學(北京)韓敏芳教授提出結合SOFC (Solid Oxide Fuel Cell)、SOEC (Solid Oxide Electrolysis Cell)及OTM(Oxygen Transport Membrane)之低CO₂排放量的燃煤IGFC (Integrated Gasification Fuel Cell) 發電構想，以電化學方法減低燃煤造成之空氣污染為重要議題，期待解決燃煤造成空氣污染之問題，相關圖片如圖7所示。韓敏芳教授指出SOFC衰減的來源有(a)電解質方面: 結構改變及跟電極或介面層作用，(b)陰極方面: Cr毒化、粒徑粗化、與接觸層作用、接觸面積減少及外來元素加入陰極，(c)陽極方面: 硫毒化、積碳、其他元素污染、燒結聚集、潛變(Creep)、高低溫度變化及氧化，(d)金屬連接板方面: 雙重氣體(H₂/O₂) 氧化和腐蝕及膜層剝離，(e)密封方面: B, K, Na或其他元素之揮發及玻璃結晶化，(f)電池堆方面: 零件災難性失效及異常溫度不均勻分佈及(g) 系統方面: 組件災難性失效。韓敏芳教授也列舉SOFC的關鍵材料如圖8所示。

(五) 針對管型固態氧化物燃料電池技術，山東科技大學楊乃濤教授發表以相反轉/燒結製程(Phase Inversion/Sintering Process)製備陰極、電解質及陽極支撐型等之微管式SOFC，此技術在SOFC相關應用，如氣體傳導膜方面有參考價值，相關圖片如圖9所示。微管式SOFC具有(a)較大的質量傳輸面積及較高的體積

功率密度，(b)較大的熱傳面積及快速啓動和關機，(c)較高的機械強度，及(d)適合小型、低溫、可攜式或移動式功率單元等優點。楊乃濤教授已開發陽極支撐、陰極支撐及電解質支撐三種結構的微管式SOFC，尚未開發金屬支撐的微管式SOFC。

(六) 會中也報導了很多與光伏技術相關的研究例如銅銦鎵硒CIGS(Copper Indium Gallium Selenide) 薄膜太陽能電池，或是提高TiO₂的光電化學效應所做的修飾與研究。例如金屬與非金屬參雜技術等等，其中大陸復旦大學利用非金屬的參雜，像是C, N, 及 Si等。有效的將TiO₂ 薄膜的能帶空隙從3.4伏特降到到3.1伏特，提升TiO₂的光電化學效應。韓國首爾大學則是利用奈米金粒子附著在SrTiO₃上面增加太陽電池的光電化學效應。

(七) 另外 Uppsala University 的 W. Wei 也提出的一種 Binder-Free Nanotube Electrode 的電極模式，因為沒有黏著劑及導電劑的添加所以可以擁有很高的能量密度與功率密度。另外作者強調此種電極結構為三維結構因此更有利於電解液發生反映，有效提升鋰離子二次電池的電化學特性。相關圖片如圖10所示。

(八) 鋰離子二次電池中較為重要的是各式不同奈米結構所組成的電極材料或是複合材料等等，都是未來的鋰離子電池電極材料發展的重要方向。其中日本 Iwate University 的 Rongbin Ye 利用雷射修飾薄膜鋰離子電池LiMn₂O₄正極材料上，運用雷射退火技術將可以有效地把非晶相的LiMn₂O₄正極材料轉換成晶相的LiMn₂O₄，且不會破壞LiMn₂O₄正極材料與基材之間的附著力有效提升薄膜鋰離子電池LiMn₂O₄正極材料的電化學特性。相關圖片如圖11所示。

(九) 另外一個重點就是鋰離子電池電極材料應用在光伏技術中，運用光伏技術的特性將光轉換成電，再利用鋰離子電池來做儲存電能以利於在沒有陽光的時候使用。因此提出了一個新的設計，將Solar Cell 連結在 Lithium-ion Battery 上面，Solar Cell會開始對鋰離子電池進行充電，有效增加鋰離子電池使用的

庫倫效率及生活便利性。

(十) 基於一面為氧化及另一面為還原之應用環境、高強度和抗氧化腐蝕及膨脹係數搭配等要求，在SOFC電池堆中使用含Cr連接板已相當普遍，與西交利物浦大學（西安交通大學和英國利物浦大學合作創立）的 Elena Yu Konyshena在會議中討論使用 $\text{Cr}_5\text{FeY}_2\text{O}_3$ 連接板對SOFC電池片陰極的Cr Poisoning問題，得知Cr Poisoning機制與陰極材料有關，以含Mn的陰極材料例如LSM($\text{La}_{0.65}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$)及含Co的陰極材料例如LSCF($\text{La}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{Co}_{0.2}\text{Fe}_{0.8}\text{O}_3$)為例，如果使用LSM陰極，固態的氧化鉻 Cr_2O_3 會集中沈積在LSM陰極與電池電解質的介面，導致陰極反應三相位置(導氧離子材料、導電子材料及氧氣共存位置)嚴重變少而有顯著的電池性能衰減；如果使用LSCF陰極材料，固態的氧化鉻 Cr_2O_3 除了會沈積在LSCF陰極與電池電解質的介面外，整個LSCF陰極之孔洞也會有固態氧化鉻 Cr_2O_3 的沈積，另外在LSCF陰極表面還會有 SrCrO_4 不導電相形成。電池輸出電流大小也會影響因Cr Poisoning而導致的電池性能衰減程度，Elena Yu Konyshena實驗數據顯示電池輸出電流愈大，電池性能衰減也愈大。

(十一) 在KTH Royal Institute of Technology, Sweden攻讀博士的布先生(Junfu Bu)對於如何使用電感電漿研製高純度LSGM($\text{La}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{Mg}_{0.2}\text{O}_3$)特別有興趣，他知道以其他常用的方法例如固態反應法或凝膠法很容易產生不要的雜相，而且Ga鎵很容易在高溫揮發而減少。依據壁報內容向他解釋電感電漿具有瞬間加熱及快速淬火冷卻的特質，有助於抑低不要的雜相產生。當下雙方交換名片，保留會議結束後繼續尋找國際合作所機會。

(十二) 有關於薄膜鋰離子二次電池的相關研究中，和中國暨南大學的 Peihua Yang 和中國中山大學的Minghao Yu等人在會議中討論關於薄膜鋰離子二次電池的電極製作及其結構。在討論中都認為在薄膜鋰離子二次電池中如何有效的將提高電極與電解液之間的接觸問題非常重要，因為薄膜鋰離子二次

電池的電極通常沒有任何的添加劑，都只有活性材料組成，這類的電極則稱為Binder-Free Electrode，而一般的活性材料的是氧化物，氧化物本身的導電率並不是很高，如果不在電極上做些不一樣的結構，用一般的鋰離子二次電池的電極製成方法將無法有效展現出薄膜鋰離子二次電池的特性。因此都是建議做成奈米結構，不論是奈米線，奈米管或是Nanorod Arrays 都可以增加電極本身和電解液之間的接觸，因此像是中國暨南大學的 Peihua Yang 就是用電化學沉積的方式將 MnO_2 金屬氧化物沉積在碳纖維上面，並控制溶液的濃度製成奈米線狀的 MnO_2 金屬氧化物。



圖6. AMETEK Commercial Enterprise Co., Ltd. 出售之SOFC電極生胚帶

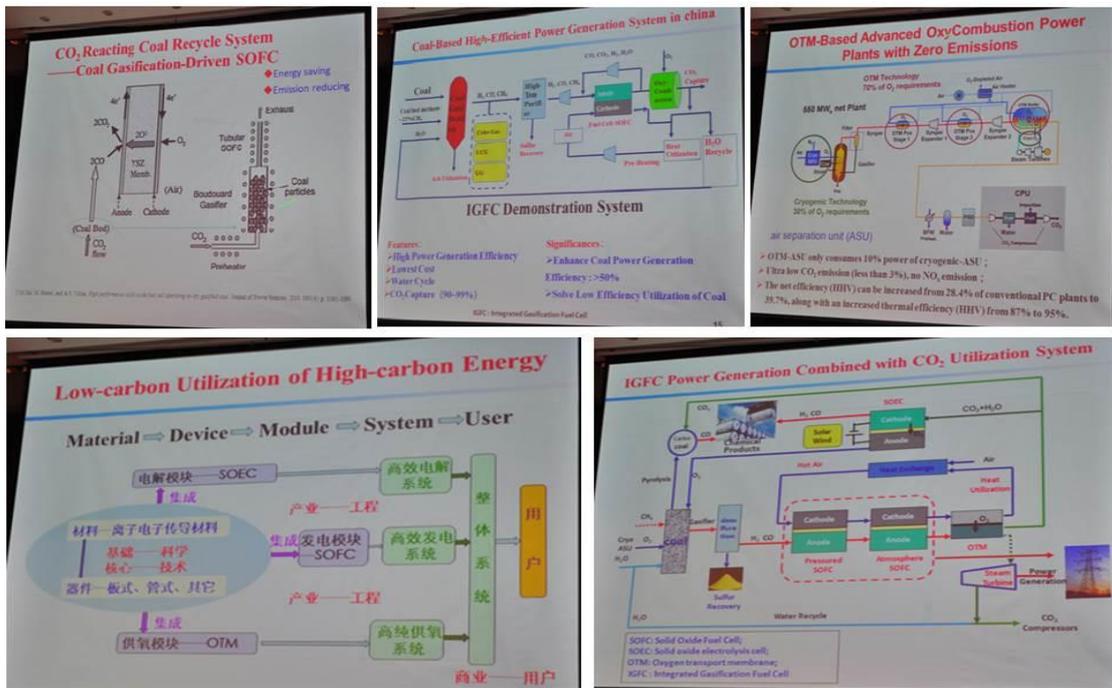


圖7. 中國礦業大學(北京)韓敏芳教授提出結合SOFC (Solid Oxide Fuel Cell)、SOEC (Solid Oxide Electrolysis Cell)及OTM(Oxygen Transport Membrane)低CO₂排放量的燃煤發電構想相關圖片

出處: M. Han, ECEE 2014, March 13-16, 2014, Shanghai, China

Key Materials in SOFC

Anode Electrolyte Cathode
Porous Dense Porous

Electrolyte	Anode	Cathode	Interconnect	Sealant
Ionic Conductor	Mixed-Conductor	Mixed-Conductor	Electric-Conductor	Insulator
Dense	Porous	Porous	Dense	Dense
Stabilized ZrO ₂ YSZ ScSZ Doped CeO ₂ GDC SDC Doped LaGaO ₃ (La,Sr)(Ga,Mg)O ₃ Doped BaCeO ₃ Ba(Zr,Ce,Y)O ₃	Metal-Ceramic Ni-YSZ Cu-CeO ₂ -YSZ Ni-GDC Ni-BZCY Ceramic (La,Sr)(Cr,Mn)O ₃ LaTiO ₃ SrTiO ₃ Pr _{0.5} Sr _{1.2} (Co,Fe) _{0.8} Nb _{0.2} O _{4.5} -CoFe	(La,Sr)MnO ₃ LSM/YSZ (La,Sr)(Co,Fe)O ₃ (Ba,Sr)(Co,Fe)O ₃ (Sm,Sr)CoO ₃ Ba ₁₋₂ Co _{0.9-x} Fe _x Nb _{0.1} O ₃₋₅	Doped-LaCrO₃ Ni-Based Alloy Inconel718 Hastelloy X APM-Kanthal Cr-Based Alloy Cr5Fe1Y ₂ O ₃ Fe-Cr Ferritic Alloy Crofer22 APU SUS430	Brazed ceramic/metal joints Ag based brazing Glass sealants BaO-MgO-SiO ₂ BaO-B ₂ O ₃ - Al ₂ O ₃ -SiO ₂ Compressive seals mica thermiculite

Composition—Structure—Performance

圖8. 中國礦業大學(北京)韓敏芳教授提出的關鍵SOFC材料

出處: M. Han, ECEE 2014, March 13-16, 2014, Shanghai, China

Dual-layer spinning

Process: Powder (P205, NiO) → Mixed 728 → Casting solution → Co-spinning → Green membrane → Calcination → Ceramic hollow fiber

Design of dual-layer spinneret

Components: Internal coagulant, Outer coagulant, Membrane layer, Support layer, Bore liquid, Bore liquid (water)

Preparation of Ceramic Hollow Fiber

- YSZ and SDC hollow fiber (1600°C)
- NOYSZ hollow fiber (1350°C)
- LSCF hollow fiber (1200°C)

Fabricating MT-SOFC by coating electrodes

Steps: Electrolyte tube → Coating anode → sintered at 1300°C → Coating cathode → sintered at 1200°C

Coating electrodes on YSZ hollow fiber

Performance graph: Cell voltage (V) vs. Current density (A/cm²) for Fuel (H₂) and Oxidant (O₂). Shows power density up to 1.0 W/cm².

圖9. 山東科技大學楊教授發表以相反轉法製備微管式SOFC相關圖片

出處: N. Yang, X. Meng, X. Tan, Z.F. Ma, ECEE 2014, March 13-16, 2014, Shanghai, China.

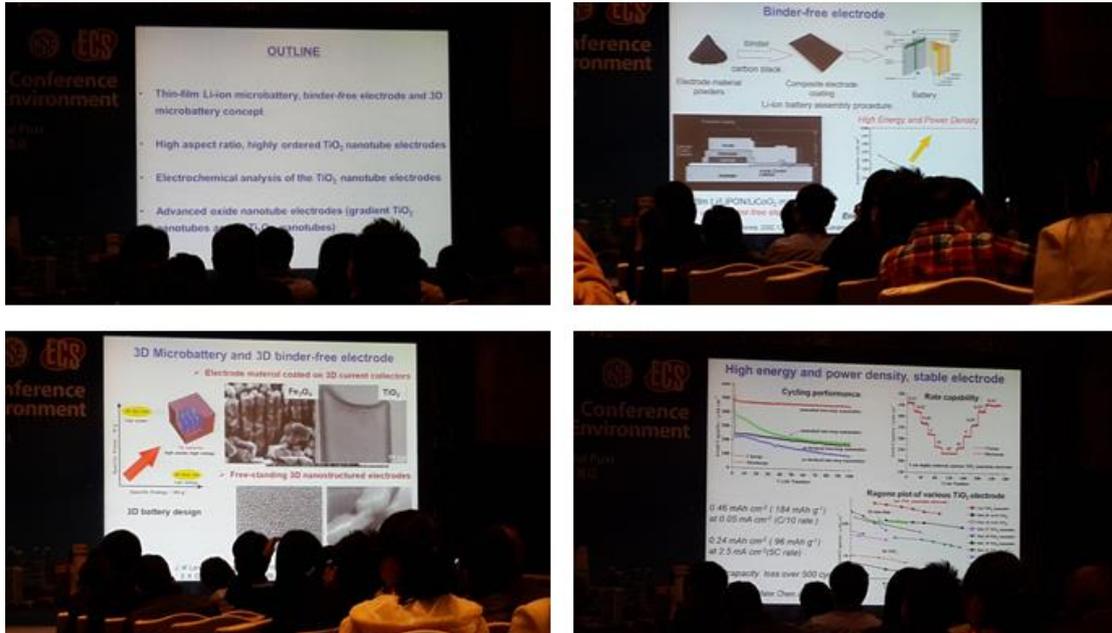


圖10.Uppsala University的W. Wei也提出的一種Binder-Free Nanotube Electrode

出處: W Wei, G Oltean, K Edstron, ECEE 2014, March 13-16, 2014, Shanghai, China.

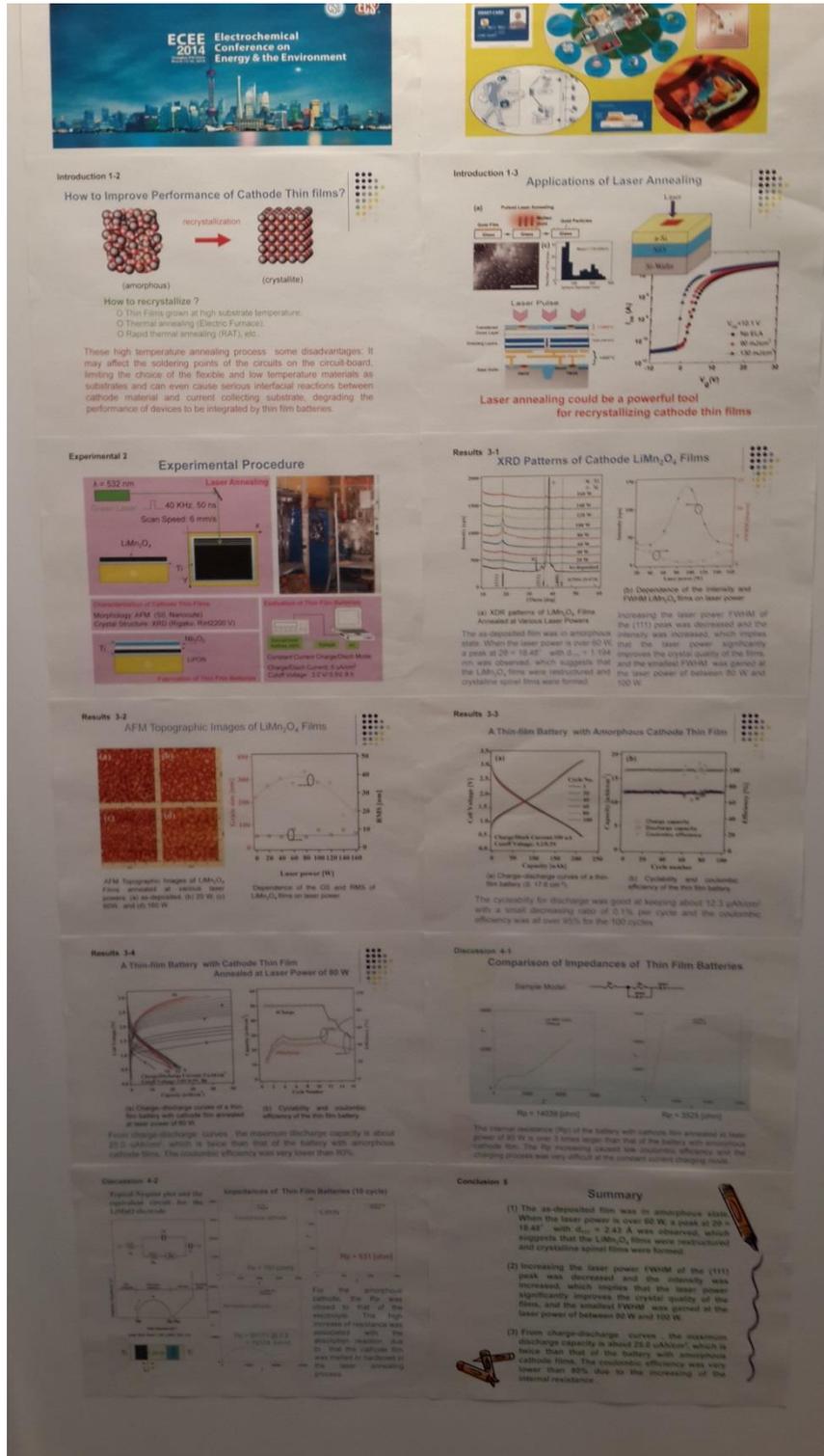


圖11. 日本Iwate University 的Rongbin Ye利用雷射修飾薄膜鋰離子電池LiMn₂O₄正極材料上，運用雷射退火技術將可以有效地把非晶相的LiMn₂O₄正極材料轉換成晶相的LiMn₂O₄技術

出處: R Ye, ECEE 2014, March 13-16, 2014, Shanghai, China.

四、建議事項

本次出國公差前往中國大陸上海市參加由國際電化學學會(Electrochemical Society, ECS)和中國電化學學會(Chinese Electrochemical Society, CES)聯合舉辦之「2014年能源與環境電化學大會(Electrochemical Conference on Energy & the Environment, ECEE 2014)」之建議如下:

- (一) 參加本次會議在能源轉換論壇上(E2-Electrochemical Energy Conversion)，除發表論文外，可進一步了解國際或大陸SOFC開發及應用的現況，例如大陸目前主要能源來源為煤，但以目前使用煤的方法，造成大陸空氣污染或霾害，也增加全球溫室氣體CO₂的排放量，導致大陸也需要新的燃煤技術，以求降低使用煤燃料對環境的衝擊。中國礦業大學(北京)韓敏芳教授提出結合SOFC及SOEC的 IGFC (Integrated Gasification Fuel Cell)發電構想值得上級規劃及推動新能源技術的參考。
- (二) 山東科技大學楊乃濤教授開發以相反轉/燒結製程(Phase Inversion/Sintering Process)製備陰極、電解質及陽極支撐型等之微管式SOFC發電元件的技術，相當實用且具量產潛力，此技術在開發管型SOFC之相關應用，如氣體傳導膜方面等，值得參考，也有助於SOFC未來相關工作之規劃及推動。
- (三) 本次會議在電化學技術在能源儲存(E1- Electrochemical Energy Storage)之太陽能電池、電化學觸媒材料，鋰電池電極材料或超級電容電極材料均強調奈米尺度、奈米結構功能機制組件或奈米功能羣(Functional Group)。SOFC電池材料亦離不開使用稀土元素，大陸稀土資源豐富，具先天競爭優勢，而且中國大陸投入相當龐大的資源，致力發展能源工程，並挾其稀土原料及相對低廉之研發成本之優勢，展現了十分快速且多元的研發進展，值得我們注意。
- (四) 日本Iwate University 的Rongbin Ye運用雷射退火技術將薄膜的鋰離子電池正極材料進行結晶的動作，值得我們來參考，因為大部分的製作方式都是整個樣品一起進行退火處理，容易造成電極材料與基材之間阻抗的增加，導致

薄膜鋰離子電池的電化學特性不佳。

- (五) 參加國際學術研討會常常碰到有興趣者提到國際合作，想知道本所國際合作的辦法。因為當下沒有相關資料，不利繼續談國際合作。建議本所在人員出國前進行出國程序作業時，如果本所有相關辦法，請研支單位能提供本所的國際合作辦法給申請出國的人員。

五、附錄

附錄一、會議論文摘要

Fabrication and characterization of a $Gd_{0.2}Ce_{0.8}O_{2-\delta}$ - $Sm_{0.5}Sr_{0.5}CoO_{3-\delta}$ composite cathode for an intermediate-temperature solid oxide fuel cell

Wei-Xin Kao, Tai-Nan Lin, Shih-Wei Cheng, Maw-Chwain Lee*

Chemical Engineering Division, Institute of Nuclear Energy Research

No. 1000, Wunhua Rd., Jiaan Village, Longtan Township, Taoyuan County 32546, Taiwan (R.O.C)

Abstract

An anode supported unit cell is constructed by a NiO-yttria-stabilized zirconia (YSZ) anode, a gas-tight YSZ as electrolyte, and a screen-printed $Sm_{0.5}Sr_{0.5}CoO_{3-\delta}$ (SSC)-Gadolinia-doped ceria (GDC) composite cathode to improve the performance of a solid oxide fuel cell (SOFC). The influences of the cell operation parameters of the feed rates of the reactants, the temperature, and the contact pressure between the current collectors and the unit cell on cell performance are systematically investigated. The SEM results show that the YSZ thin film is highly integrated and fully dense with a thickness of 5 μm and exhibits the good compatibility between the cathode and the electrolyte layers. The maximum power densities of the cell are 608.4 and 103.6 mW cm^{-2} at the temperatures of 800 $^{\circ}\text{C}$ and 600 $^{\circ}\text{C}$, respectively. The tests of cell activation, long term operation for the cell durability of power density and the cell open circuit voltage (OCV) are executed. The results show that the cell activation behavior is obvious and the porosity of the anode is critical for the stability of the cell performance. The anode porosity of this cell is not sufficient to eliminate the mass transfer resistances of the cell polarization and results in the fluctuations of the power density, which has been studied and the result will be published shortly. Hence, the intermediate-temperature (600~800 $^{\circ}\text{C}$) is nearly developed in this work. The results from the sensitivity analysis of the variation of the contact pressure between the current collectors and the cell show that its effect on the performance efficiency is intensively enhanced at the region of the high current density.

The Preparation of Perovskite Oxide Powders Adopted in ITSOFCs via Inductively Coupled Plasma Technique

Chun-Liang Chang, Chang-Sing Hwang*, Chun-Huang Tsai, Zong-Yang Chuang Shie, Chih-Ming Chuang, Sheng-Fu Yang

Physics Division, Institute of Nuclear Energy Research
Lungtan, Taoyuan County 32546, Taiwan, ROC

This study is aimed to produce nano-scale and micron-scale perovskite oxide powders, such as ionic conductive and mixed conductive powders, to be adopted respectively as solid electrolyte and electrode materials for intermediated temperature solid oxide fuel cells (ITSOFCs). These nano-scale powders will be manufactured via a thermal plasma powder synthesis technique using an inductively coupled plasma (ICP) synthesis system. In the application of fabricating the SOFC membrane electrode assembly (MEA), the use of raw powders with nano-scale sizes can dramatically reduce the sintering temperature and hence the cost of MEA fabrication could be decreased; moreover, the resultant nano-structured electrodes tend to provide more triple phase boundaries (TPB) and reaction sites. Consequently, more facile electrode kinetics can be obtained and the cell performance can be enhanced.

The overall ICP synthesis system mainly includes a 30 kW radio-frequency (RF) generator with a PL-35 ICP plasma torch, a liquid delivery and atomization system, a double-wall synthesis reactor with a four-tube gas quencher and a powder collection system. The 30 kW RF generator with a PL-35 ICP plasma torch is manufactured by Tekna Plasma System Inc. The ICP synthesis reactor with a four-tube gas quencher, the liquid delivery and atomization system as well as the powder collection system have been constructed or assembled by Institute of Nuclear Energy Research (INER). They are integrated well with the 30 kW RF generator and the PL-35 ICP plasma torch. The photograph of these main components of the ICP powder synthesis system is shown in Figure 1. The powder collection system consists of a cyclone, two nano-powder collectors, a sampling filter and an automatic program to do switching between the nano-powder collectors. A human friendly interface is established to control system vacuum as well as gases for plasma forming, quenching and atomizing processes.

The $\text{Sm}_{0.5}\text{Sr}_{0.5}\text{CoO}_{3-\delta}$ (SSC), $\text{La}_{0.75}\text{Sr}_{0.25}\text{Cr}_{0.5}\text{Mn}_{0.5}\text{O}_{3-\delta}$ (LSCM) and $\text{La}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{Mg}_{0.2}\text{O}_{3-\delta}$ (LSGM) perovskite oxide powders commonly used as electrode and electrolyte materials of ITSOFCs are successfully synthesized by ICP synthesis technique in this study. These powders synthesized from the well chelating precursor solutions at the torch powers from 16.2 to 22.2 kW and calcined at the temperatures from 900 to 1400 °C are in a highly pure phase. As shown in Figure 2, the XRD results of these calcined powders indicate the S/P ratios (the ratio of the mostly intense diffraction intensity of secondary phase to that of primary phase) are both less than 6%. In order to check the chemical composition of these powders, the ICP-OES analyses were performed for these powders. The results are reported in Table 1 and showed a good agreement between the theoretical and experimental stoichiometric indexes. The morphology and

particle sizes of synthesized oxide powders were observed by SEM and TEM. The results show that the primary particle sizes of as-synthesized powders in approximately spherical shapes are less than 50nm. The typical LSCM primary particle size as shown in Figure 3 is around 20 nm.

According to these results, high pure SSC and LSCM nano powders can be obtained by low power (16~23kW) ICP synthesized method with low temperature (<1000 °C) calcination, and the high pure LSGM micron powders can be produced by low power ICP synthesized method with a high temperature (~1400 °C) calcination.

Table 1. The ICP-OES results of the synthesized oxide powders.

Synthetic method	Theoretical stoichiometry, mol%	Experimental stoichiometry, mol%
ICP method	$\text{Sm}_{0.5}\text{Sr}_{0.5}\text{CoO}_{3-\delta}$	$\text{Sm}_{0.492}\text{Sr}_{0.492}\text{Co}_{1.016}\text{O}_{3-\delta}$
ICP method	$\text{La}_{0.75}\text{Sr}_{0.25}\text{Cr}_{0.5}\text{Mn}_{0.5}\text{O}_{3-\delta}$	$\text{La}_{0.761}\text{Sr}_{0.248}\text{Cr}_{0.498}\text{Mn}_{0.498}\text{O}_{3-\delta}$
ICP method	$\text{La}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{Mg}_{0.2}\text{O}_{3-\delta}$	$\text{La}_{0.742}\text{Sr}_{0.192}\text{Cr}_{0.796}\text{Mn}_{0.27}\text{O}_{3-\delta}$



Figure 1. The photograph of the homemade ICP synthesis reactor and powder collection system.

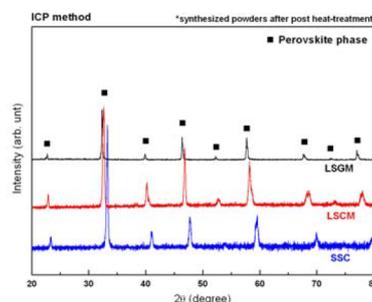


Figure 2. The XRD results of the calcined SSC, LSCM and LSGM powders.

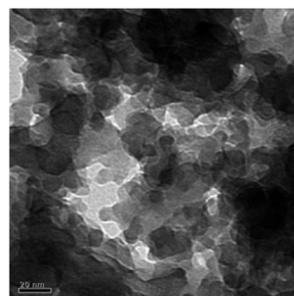


Figure 3. The TEM image of the as-synthesized LSCM powders.

Development of flexible Lithium-Ion Battery on a stainless steel substrate by radio frequency magnetron sputtering .

Chi-Hung Su¹, Tien-Hsiang Hsieh, Yu-Chen Li, Der-Jun Jan, Min-Chuan Wang .
Physics Division, Institute of Nuclear Energy Research, Taoyuan, 325 Taiwan .
Email: chihung0927@iner.gov.tw .

Abstract .

Flexible rechargeable all solid-state lithium ion battery was fabricated on 70µm thick flexible stainless steel substrates with the cell composition of LiMn₂O₄ thin films. The cell includes thin film electrode of Lithium metal as an anode, LiMn₂O₄ as a cathode and LiPON as a solid electrolyte. Fabrications of LiMn₂O₄ thin film on the flexible stainless steel substrates (SS304) were demonstrated using a radio frequency magnetron sputtering technology in room temperature. The as-deposited films were amorphous and could be crystallized into a spinel structure by rapid thermal process (RTP) in the atmosphere. The structure and surface morphology of heat-treated films were investigated as a function of post-deposition process. The phase transformation from amorphous to crystalline phase was observed at temperature of around 700°C for one-minute anneal. No conducting additives and binders were used. Moreover, it can form high-temperature (HT) annealed electrodes on flexible stainless steel substrates for lithium ion batteries. Thus, the charge-discharge and cycles life property can be clearly verified and studied .

The performances of flexible lithium-ion battery shows discharge capacity of 17 µAh/cm² between 4.3V and 3V at a current density of 1 µA/cm². And the flexible lithium-ion battery exhibits the best capacity retention over 90% at 200 charge-discharge cycles between 4.2V and 3V at a current density of 3 µA/cm² .

Keyword: Flexible, All solid state, Lithium- ion Battery, LiMn₂O₄ .

Reference .

- [1] M Koo, K-I Park, S-H Lee, M Suh, D-Y Jang, *Nano Lett.*, 12 (9) (2012) 4810-4816 .
- [2] S-H Lee, P Liu, C-E Tracy, D-K Benson, *Electrochem. Solid-State Lett.*, 2(9) (1999) 425-427 .
- [3] L Hu, H Wu, F-L Mantia, Y Yang, Y Cui, *ACS Nano*, 4 (10) (2010) 5843-5848 .

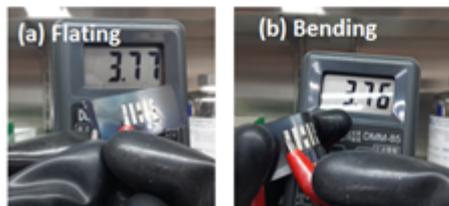


Figure 1. Demonstration of 1 cycle fatigue test: (a) flat and (b) bent state of the flexible rechargeable all solid-state lithium ion battery.

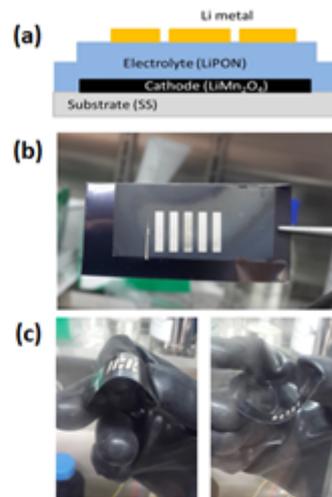


Figure 2. (a) Cross-sectional diagram of a flexible rechargeable all solid-state lithium ion battery on a flexible stainless steel substrate. (b), (c) a photograph showing a flexible rechargeable all solid-state lithium ion battery.

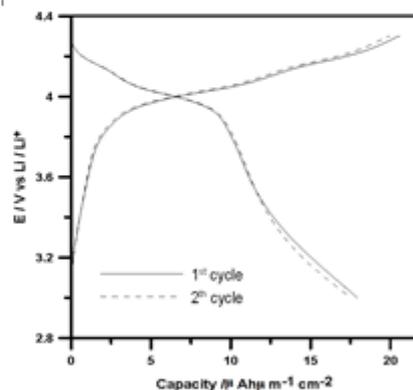


Figure 3. Charge and discharge behavior of a flexible rechargeable all solid-state lithium ion battery at the first three cycles .

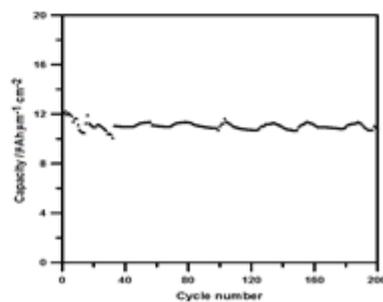


Figure 4. Cycle-life performance of the flexible rechargeable all solid-state lithium ion battery.

附錄二、ECEE-2014會議議程

ECEE 2014 Electrochemical Conference on Energy & the Environment Shanghai, P.R. China March 13-16, 2014		 
2014 Electrochemical Conference on Energy & the Environment (ECEE - March 13-16, 2014)		
Friday, 14 March 2014		
08:15-09:30	E0: ECEE Plenary Session <u>ECEE Plenary Session</u> Grand Ballroom, Third Floor Chair(s): Paul A Kohl and Shigang Sun	Friday Saturday Sunday top
10:10-12:20	E2: Electrochemical Energy Conversion <u>Fuel Cell and Electrocatalysis I</u> Grand Ballroom 2, Third Floor Chair(s): Zi-Feng Ma and Vijay K. Ramani	
10:10-17:00	E1: Electrochemical Energy Storage <u>Electrochemical Energy Storage I</u> Coral Room 1-2, Second Floor Chair(s): Haoshen Zhou and Yu-Guo Guo E1: Electrochemical Energy Storage <u>Electrochemical Energy Storage II</u> Grand Ballroom 1, Third Floor Chair(s): Jun Chen and Toshiyuki Momma	
10:10-17:20	E4: Environmental Electrochemistry <u>Environmental Electrochemistry I</u> Coral Room 3, Second Floor Chair(s): Giovanni Zangari, Dihua Wang and Alessandro Lavacchi	
13:30-17:30	E2: Electrochemical Energy Conversion <u>Fuel Cell and Electrocatalysis II</u> Grand Ballroom 2, Third Floor Chair(s): Raghu Nath Bhattacharya and Pei Kang Shen	
17:20-19:20	E2: Electrochemical Energy Conversion <u>Electrochemical Energy Conversion Poster Session</u> Foyer, Second and Third Floors E1: Electrochemical Energy Storage <u>Electrochemical Energy Storage Poster Session III</u> Foyer, Second and Third Floors E3: Electrochemical Fundamentals <u>Electrochemical Fundamentals: I - Poster Session</u> Foyer, Second and Third Floors E4: Environmental Electrochemistry <u>Environmental Electrochemistry II Poster Session</u> Foyer, Second and Third Floors E2: Electrochemical Energy Conversion <u>Fuel Cells Poster Session</u> Foyer, Second and Third Floors E5: ECEE Late Posters <u>Recent ECEE Posters</u> Foyer, Second and Third Floors E2: Electrochemical Energy Conversion <u>Solar Energy Conversion I Poster Session</u> Foyer, Second and Third Floors	
Saturday, 15 March 2014		
08:30-12:20	E2: Electrochemical Energy Conversion <u>Fuel Cell and Electrocatalysis III</u> Grand Ballroom 2, Third Floor Chair(s): Nick Wu	Friday Saturday Sunday top

08:30-17:20	<p>E1: Electrochemical Energy Storage <u>Electrochemical Energy Storage IV</u> <i>Coral Room 1-2, Second Floor</i> Chair(s): Harry E. Hoster and JiuJun Zhang</p> <p>E1: Electrochemical Energy Storage <u>Electrochemical Energy Storage V</u> <i>Grand Ballroom 1, Third Floor</i> Chair(s): Lynden A. Archer and Bor Yann Liaw</p>
08:30-17:30	<p>E3: Electrochemical Fundamentals <u>Electrochemical Fundamentals: II</u> <i>Coral Room 3, Second Floor</i> Chair(s): Shelley D. Minteer, Plamen Atanasov and Rongrong Chen</p>
13:30-17:20	<p>E2: Electrochemical Energy Conversion <u>Solar Energy Conversion II</u> <i>Grand Ballroom 2, Third Floor</i> Chair(s): Raghu Nath Bhattacharya, Yongfang Li, Nick Wu, Peng Diao, Ho Won Jang, Peng Wang and Khaled Habib</p>
17:20-19:20	<p>E1: Electrochemical Energy Storage <u>Electrochemical Energy Storage Poster Session VI</u> <i>Foyer, Second and Third Floors</i></p>
Sunday, 16 March 2014	
Friday Saturday Sunday top	
08:30-12:00	<p>E2: Electrochemical Energy Conversion <u>SOFC</u> <i>Grand Ballroom 2, Third Floor</i> Chair(s): Minfang Han, Junfu Bu, Naitao Yang and Yueping Xiong</p>
08:30-12:10	<p>E4: Environmental Electrochemistry <u>Environmental Electrochemistry III</u> <i>Coral Room 3, Second Floor</i> Chair(s): Radoslav Adzic</p>
08:30-16:10	<p>E1: Electrochemical Energy Storage <u>Electrochemical Energy Storage VII</u> <i>Coral Room 1-2, Second Floor</i> Chair(s): Dan Li</p> <p>E1: Electrochemical Energy Storage <u>Electrochemical Energy Storage VIII</u> <i>Grand Ballroom 1, Third Floor</i> Chair(s): Duncan Gregory</p>
13:30-16:20	<p>E2: Electrochemical Energy Conversion <u>Solar Energy Conversion III</u> <i>Grand Ballroom 2, Third Floor</i> Chair(s): Adam Z. Weber</p>
13:40-16:20	<p>E3: Electrochemical Fundamentals <u>Electrochemical Fundamentals: III</u> <i>Coral Room 3, Second Floor</i> Chair(s): Keith J. Stevenson, Enrico Traversa and Scott Calabrese Barton</p>

[Search](#)

[Browse](#)

[Browse by Symposium](#)

[At-A-Glance](#)

[Author Index](#)

Meeting Information

When:
 March 13 - 16, 2014