

出國報告（出國類別：其他）

赴大陸參加「第五屆世界氫能技術大會」出國報告

服務機關：核能研究所

姓名職稱：劉建國 工程師

派赴國家：中國大陸

出國期間：102年9月24日~102年9月29日

報告日期：102年10月24日

摘 要

核能研究所物理組工程師劉建國博士奉派於 102.09.24~29 赴中國大陸上海市光大會展中心，參加「第五屆世界氫能技術大會」並進行口頭論文“High-Temperature Electrical and Microstructural Properties of $\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{MnO}_3$ Coated Ferritic Stainless Steels Using Pulsed DC Magnetron Sputtering”發表。本屆大會議程計分五大主題，包括：氫製造、氫儲存、燃料電池、運輸應用及其他、標準與安全，分為 18 個分組，總共發表超過 680 餘篇論文。其中高溫固態氧化物燃料電池(SOFC)會議分組，探討主題包括電池堆材料組件及設計測試、模擬、燃料處理、BoP 及系統整合，以及 SOFC 應用與商業化等，計發表 75 篇論文，為會議論文占比最大分組之一。本屆會議分 4 日進行，包括首日之註冊及氫能講座，第二日為開幕式及氫能論壇，第三、四日為口頭及海報論文發表，第四日為閉幕式及參觀安亭加氫站，會議期間同時進行廠商之氫能產品展覽。

目 次

	頁次
摘要	i
一、目的	1
二、過程	2
三、心得	8
四、建議事項	13
五、附錄	14
附錄(一)會議邀請函	14
附錄(二)投稿論文摘要	15
附錄(三)投稿論文摘要接受函	16
附錄(四)論文“High-Temperature Electrical and Microstructural Properties of La _{0.67} Sr _{0.33} MnO ₃ Coated Ferritic Stainless Steels Using Pulsed DC Magnetron Sputtering”口頭發表簡報檔	17

圖目次

頁次

圖 1	中華航空班機。	2
圖 2	WHTC2013 會場(上海市光大會展中心)。	2
圖 3	WHTC2013 展商名錄。	3
圖 4	安亭加氫站。	3
圖 5	大會註冊。	3
圖 6	氫能安全標準講座。	4
圖 7	WHTC2013 大會盛況。	4
圖 8	WHTC2013 開幕式。	4
圖 9	Prof. Kevin Kendall 講解 SOFC。	5
圖 10	台灣燃料電池聯盟參展 PEMFC Stack (2.5 kW)。	5
圖 11	家用型 PEMFC 發電系統。	5
圖 12	基地台備援電力系統(PEMFC)。	6
圖 13	燃料電池汽車。	6
圖 14	燃料電池汽車。	6
圖 15	燃料電池汽車。	6
圖 16	電池堆(250 W)及電池片展示。	7
圖 17	系統(3 kW)模型展示。	7
圖 18	電池堆(1 kW)展示。	7
圖 19	電池片(ESC & ASC)展示。	7
圖 20	中國礦業大學(北京)參展攤位。	7
圖 21	參觀安亭加氫站。	7

一、目的

由於化石能源的日漸耗竭，以及溫室氣體排放日增所造成全球暖化的憂慮，尋求替代或可再生能源為全世界人類所共同面對之課題。其中，氫為能量之載體，氫原子又為宇宙中最廣泛存在之元素，且為水分子之組成元素之一，而地球表面 75% 為廣大之海水所包覆，因此氫可謂是取之不盡，用之不竭，因此被思考用做為潔淨能源選項之一。自 2001 年起，產生所謂氫能經濟之倡議，期使氫能做為未來重要之能源利用，尤以產氫、儲氫、氫能應用等，均為國際各國所列為重要且致力研究開發之重大計劃項目。然而氫能之利用面對包括生產轉換、輸送、儲存、安全、成本等問題，以及牽涉相關的關鍵技術，因此所謂的氫能經濟成功之目標遠訂於 2030 年之後。

世界氫能技術大會(World Hydrogen Technologies Convention, WHTC)為國際氫能協會(International Association for Hydrogen Energy, IAHE)所組織召開，每逢西元奇數年舉辦一次，本屆(第五屆)會議由中國大陸氫能學會(China Association for Hydrogen Energy, CAHE)主辦，舉辦地點為上海市。會議包括來自國際氫能領域之專家學者，進行專題演講及學術研究論文發表，以及廠商及研究機構之產品與研究成果展覽。本屆會議之目的為結合理論與應用，以及促進學術與產業聯結互動，並藉由參與會議的科學家及工程師共同努力，以期為朝向氫能經濟加速轉型之里程碑做出卓越的貢獻。

本所研發固態氧化物燃料電池(Solid Oxide Fuel Cell, SOFC)之高效率分散型能源系統卓有成效，研究成果已受到國際產、學、研界之肯定。因此，派員參加第五屆世界氫能技術大會並以“High-Temperature Electrical and Microstructural Properties of $\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{MnO}_3$ Coated Ferritic Stainless Steels Using Pulsed DC Magnetron Sputtering”為題發表論文。除為彰顯本所高溫燃料電池研發成果之外，並期藉由會議專題之討論瞭解國際氫能技術及大陸研發 SOFC 之現況，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，裨利於本所相關計畫工作之加速推動。

二、過程

筆者本次奉派於 102.09.24~29 赴中國大陸上海市，參加於上海市光大會展中心舉辦之「五屆世界氫能技術大會」。上海市位於中國大陸江蘇省南方長江出海口，名列國際著名都會且為中國大陸第一大城市。本次前往之交通行程循兩岸直飛航班往返，單趟航程約 90 分鐘。

(一) 去程：

09/24(二)搭乘 12:30 由台北松山機場直飛上海市之中華航空 CI201 班機(圖 1)，並於 14:10 抵達上海市之虹橋國際機場。隨即出海關乘出租車抵達光大會展中心之光大國際酒店辦理入住。



圖 1 中華航空班機。

(二) 大會議程：

世界氫能技術大會依例由國際氫能協會(IAHE)所組織召開，本屆(第五屆)由中國可再生能源學會(CAHE)氫能專業委員會爭取得主辦權，並於 2013.09.25~28 期間在上海市舉辦，會場設於上海光大會展中心(圖 2)，與本屆會議合併舉行者尚包括第十四屆全國氫能會議暨第六屆兩岸三地氫能研討會。大會議程包括氫能講



圖 2 WHTC2013 會場(上海市光大會展中心)。

座、氫能論壇、口頭及海報論文發表、氫能產品展覽(圖 3)，以及安亭加氫站(圖 4)參觀等。依大會資料，本屆會議計發表 685 篇論文，共分為 18 個論文分組，其中包括口頭論文發表 377 篇。以下分述各日議程大要：(詳細之議程表參見大會網站 <http://www.whtc2013.com/>)

1.9 月 25 日：會議註冊(圖 5)及氫能講座等。是日下午進行之氫能安全標準講座，

由中國氫能標準委員會 ACS/TC309 主持，並分別由加拿大魁北克大學 Prof. Pierre Benard，以及國際氫安全會主席 Dr. Andrei V. Tchoulev 主講(圖 6)。

2. 9月26日：大會開幕、氫能論壇及氫能產品展覽等。本屆會議開幕式於光大宴會廳舉行(圖 7)，大會口號為「讓清(氫)風吹遍世界」，開幕式由國際氫能學會副主席主持，貴賓致辭採中、英文同步傳譯(圖 8)。早上議程並包括國際氫能與燃料電池合作夥伴 (IPHE)論壇，分別由 IPHE 主席，同時亦為日本 NEDO 之總經理橋本博士、美國能源部燃料電池辦公室技術顧問 Dr. Will James，以及德國 NOW(註)之國家科學首席顧問 Dr. Jürgen Garche 闡述對於國際氫能及燃料電池發展之願景(註：NOW 為 Nationale Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie 之縮寫，英譯即為 National Organization Hydrogen and Fuel Cell Technology)。是日下午之燃料電池論壇，包括英國皇家科學



圖 3 WHTC2013 展商名錄。



圖 4 安亭加氫站。



圖 5 大會註冊。

院院士及 Birmingham 大學之 Prof. Kevin Kendall 講述固態氧化物燃料電池(圖 9); 以及北京七星華創公司之首席工程師 Dr. Nelson Urdaneta 講述流量計在 SOFC 中之作用。

3. 9 月 27 日: 口頭及海報論文發表, 以及氫能產品展覽等。論文共分五大類, 包括: 製氫、儲氫、燃料電池、運輸應用及其他、標準與安全等, 其中燃料電池類又分為 PEMFC, Catalysts for PEMFC, SOFC, SOEC, Bio-Fuel Cells, PEMFC 論文 79 篇及 SOFC 論文 75 篇, 為大會論文占比最多的 2 個項目。本屆會議來自國內之與會者及參展廠商相當踴躍, 論文發表計 44 篇, 包括 21 篇口頭論文及 23 篇海報論文發表。筆者之口頭論文發表安排於是日之 “Characterization and Modeling of Hydrogen Energy Materials” session, 會議邀請函、論文摘要、接受函及論文發表簡報參見附錄。

4. 9 月 28 日: 口頭及海報論文發表、氫能產品展覽、閉幕式及安亭加氫站參觀等。筆者於是日主



圖 6 氫能安全標準講座。



圖 7 WHTC2013 大會盛況。



圖 8 WHTC2013 開幕式。

要對於本屆會議之氫能產品的參展攤位進行瀏覽，以及參與了安亭加氫站的參觀行程。

依大會所提供資料，本屆會議參展氫能產品廠商計 52 家，中國大陸之廠商占多數，且絕大部分為質子交換膜燃料電池 (PEMFC)，國內參展之攤位有台灣燃料電池夥伴聯盟(圖 10)及上海群羿能源設備有限公司。圖 11, 12 分別為家用型及備援用電力系統之 PEMFC 參展商品。圖 13~15 為本屆會議參展之燃料電池汽車。SOFC 相關之參展品僅有 4 攤位，分別為中國大陸中科院上海硅酸鹽研究所，展出 SOFC 電池堆(250 W)及系統(3 kW)模型(圖 16, 17)；中科院寧波材料技術與工程研究所，展出電池堆(1 kW)及電池片(圖 18, 19)；中國礦業大學(北京)亦設攤位參展(圖 20)；德商 Sunfire 公司亦展出 SOFC 電池堆。

燃料電池汽車高壓氫氣加氫站及供氫技術研發列為中國大陸十五及 863 重點項目，安亭加氫站(圖 21)始建於 2007 年，為由同濟大學及上海舜華新能源系統有



圖 9 Prof. Kevin Kendall 講解 SOFC。



圖 10 台灣燃料電池聯盟參展 PEMFC Stack (2.5 kW)。



圖 11 家用型 PEMFC 發電系統。

限公司共同建設，是上海第一座固定式加氫站。加氫站之加注壓力為 35 MPa，儲存壓力則為 43 MPa，據其公開資料顯示，已安全加注氫氣數千公斤，並於 2010 年上海世博會及 2011 年深圳大運會期間加注燃料電池汽車及巴士，惟氫氣仍須仰賴他處製得並經運輸而來。

(三) 回程：

09/29(日) 本屆會議於 102.09.28 下午結束，筆者於 09/29 返程，於上海市虹橋國際機場搭乘 16:15 之中華航空 CI202 班機，於 18:25 抵達台北松山機場。

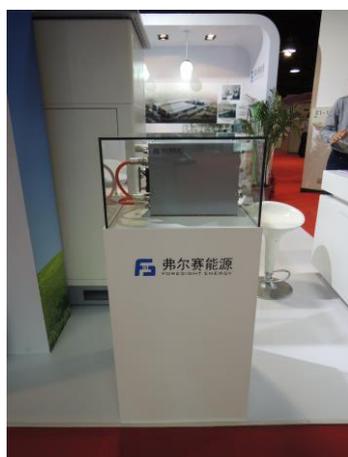


圖 12 基地台備援電力系統(PEMFC)。



圖 13 燃料電池汽車。



圖 14 燃料電池汽車。



圖 15 燃料電池汽車。



圖 16 電池堆(250 W)及電池片展示。



圖 17 系統(3 kW)模型展示。



圖 18 電池堆(1 kW)展示。



圖 19 電池片(ESC & ASC)展示。



圖 20 中國礦業大學(北京)參展攤位。



圖 21 參觀安亭加氫站。

三、心得

- (一) 本屆會議為中國大陸爭取得主辦權，論文發表雖仍統一以英語為發表語言，大會開幕之貴賓發言則採同步翻譯形式。國際氫能學會副主席致辭中提及 2011 及 2012 年，中國分別生產了 1,407 和 1,600 萬噸氫氣，為世界產氫量最大的國家。其中神華集團建造世界最大的煤製氫廠、國新集團建成世界最大氫/天然氣混合燃料加注站、洛克希德-馬丁公司計劃將在南海建造 10 兆瓦海洋能發電製氫，顯示中國在氫能應用的世界舞台上，積極展現主要角色。
- (二) 本屆會議參與人數估計千人，總計發表 685 篇論文，包括口頭論文 377 篇，以及海報論文 308 篇，會議並包括 52 家氫能產品廠商參展。其中來自我國之與會者及參展單位相當踴躍，總計貢獻論文 44 篇(21 篇口頭論文及 23 篇海報論文)，參展單位則包括台灣燃料電池聯盟、工研院、上海群羿、亞太燃料電池、揚志能源科技等。本屆會議論文發表共分五大類，包括：製氫、儲氫、燃料電池、運輸應用及其他、標準與安全等，其中燃料電池類又分為 PEMFC, Catalysts for PEMFC, SOFC, SOEC, Bio-Fuel Cells，PEMFC 論文 79 篇及 SOFC 論文 75 篇，為大會論文占比最多的 2 個項目，SOFC 相關之參展單位包括中科院上海硅酸鹽研究所、浙江寧波材料技術與工程研究所、中國礦業大學(北京)、sunfire GmbH 等，顯示 SOFC 於氫能應用仍具相當大之潛力。
- (三) 國際氫能學會副主席於開幕式時提及，氫能做為能源載體，具有來源廣泛、可再生、可儲存等優點，並可透過將不穩定的電力用以製氫，達到儲能的目的。中國大陸國務院能源參事致辭時亦特別提及，中國大陸每年的風力發電有 200 億度，因無法進入電網而被浪費，如能用以製氫，可大力推動氫能的發展，同時強調未來氫能發電系統將是朝向分佈式、小型化，再與大電網結合。
- (四) 國際氫能與燃料電池夥伴(International Partnership for Hydrogen and Fuel Cells in the Economy, IPHE)主席，亦為日本新能源產業技術總和開發機構(New Energy and Industrial Technology Development Organization, NEDO)總經理之 Dr. M. Hashimoto (橋本)點出了日本邁向氫經濟(Hydrogen Economy)願景的 3 個步驟：
第 1 步是 Residential FC co-generation system (Ene-Farm);

第 2 步是 Fuel Cell Vehicle + H₂ supply infrastructure;

第 3 步則是 Broader use of H₂ in Energy system.

而 NEDO 在發展燃料電池車所扮演的角色則是：

1. Developing common evaluation method for fuel cell;
2. R&D for reducing the use of platinum;
3. Developing international standards, fostering international harmonization;
4. Support to the demonstration of FCV fleets and H₂ station through JHFC projects。

(五) 美國能源部(DOE)燃料電池辦公室技術顧問 Dr. Will James 提及美國之氫能與燃料電池計畫所發展氫能及燃料電池技術之關鍵短、中、長程目標，包括：

1. Early markets such as stationary power (prime and back up), lift trucks, and portable power;
2. Mid-term markets such as residential combined-heat-and-power systems, auxiliary power units, fleets and buses;
3. Long-term markets including mainstream transportation applications with a focus on light duty vehicles, in the 2015 to 2020 timeframe.

並提出未來 10~20 年內之全球燃料電池市場潛力產值，定置型發電系統每年 14~31 billion 美金，可攜式發電系統每年 11 billion 美金，運輸用發電系統每年 18~97 billion 美金；同時預測相關市場並可提供 180,000 個工作機會(2020 年)，675,000 個工作機會(2035 年)。

就現況而言，氫燃料電池仍存在之技術挑戰在於：

1. 燃料電池之成本及耐久性。包括車用之成本\$30/kW、耐久性 5,000 小時；定置型系統成本\$1,000~1,500/kW、耐久性 60,000~80,000 小時。
2. 氫成本。目標值\$2~4/gge。(註：gge 為 gasoline gallon equivalent 簡稱，相當於一加侖汽油之能量，便於與油價作比較。)
3. 儲氫容量。車用目標值為大於 300 英哩。

至於經濟及廣泛使用的障礙則包括了：

1. 發展安全規範及標準；
2. 國內製造及供應基礎；

3. 大眾認知與接受；
4. 氫供應與運送之基礎建設。

Dr. Will James 最後引用 Henry Ford 的“Coming together is a beginning, staying together is progress, and working together is success.”做為結語發人深省。人類因面臨共同問題而必須面對的挑戰，仍需要共同合作方能克服，這也是本屆大會一再強調的目的。

- (六) 德國 NOW 之國家科學首席顧問 Dr. Jürgen Garche 在本屆會議中介紹了德國的氫能計畫-NIP (National Innovation Program)，NIP 計畫自 2007 年至 2016 年，經費計 1.4 billion 歐元，主要目標將置於運輸及定置型氫能燃料電池之早期市場推動，計劃將使用再生能源產氫，並將於 2015 年前，將現有 15 座加氫站擴充至 50 座。此外，Dr. Jürgen Garche 指出未來能源供給的要求在於：

1. 避免或減少碳排放；
2. 提升效率；
3. 燃料安全及能源供給多元化。

而氫能與燃料電池技術對於上述要求提供了極大的潛力。

- (七) 本屆參與大會之大陸華中科技大學(HUST)之 Y. Dong 等人發表“Progress in SOFC Development at Huazhong University of Science and Technology”，指出 HUST 於 2004 年成立燃料電池創新中心，主要在 SOFC 關鍵材料及電池片製程，以及電池堆、系統組裝等進行研究。文中提及其單片電池堆測試進展為經過 5 個熱循環後，電池堆之工作電壓及開路電位均為衰減，長時間之測試則已完成近 4,000 小時。長電池堆部份則已完成 1-kW 外部歧管式(external manifold)之電池堆，每組電池堆包含 30 片單元電池。另渠等目前之進展為進行 5-kW 之 SOFC 發電系統設計及組裝。

- (八) 中國科學院之寧波材料技術與工程研究所為大陸發展 SOFC 之重點機構，渠等目前成立燃料電池與能源事業技術部，負責研發、推廣及銷售產品。本屆會議 G L. Wang 等人發表之“Effect of conductivity and adhesive property of cathode current collecting layer on cell performance in SOFC stack”論文，述及渠等以鈣鈦礦結構之摻鋇錳酸鏷(LSM)混攪少量氧化鋁(Al_2O_3)，做為 SOFC 電池堆陰極與

金屬連接板之間之電流收集層，其結果顯示雖然 LSM/Al₂O₃ 複合物的導電率僅為純 LSM 之 1/5，然而 LSM/Al₂O₃ 與 SUS430 不銹鋼及 LSM/YSZ 陰極層之接著強度，相較於純 LSM 可分別提升 2.5 及 1.8 倍。另面積比電阻(ASR)的量測結果顯示 SUS430 連接板/LSM-Al₂O₃ 複合物/LSM-YSZ 陰極試樣，其 ASR 值較 SUS430 連接板/LSM/LSM-YSZ 陰極試樣減少 2.5 倍。渠等觀察並推估原因為少量之 Al₂O₃ 摻加入 LSM，可提昇 LSM/Al₂O₃ 複合物之燒結性質，除了提昇接著強度，並增強界面接觸，因此降低了界面阻抗。

SOFC 的劣化機制複雜，咸信其中原因之一為界面接合材料於高溫長時的穩定性變差，例如金屬連接板與陶瓷電池單元之界面接觸變化，因而造成界面電阻升高。電流收集層介於電池陰極與連接板之間，如何有效接著並增強電子收集效果，以及降低阻抗並同時於高溫長時環境中保持穩定性，均為材料選擇及開發之重點。LSM 為陰極材料，Al₂O₃ 於高溫穩定性足夠，此類混摻互補效能之複合物，或可利用為電流收集層材料開發設計時之考量。

- (九) 氫為能量之載體，因此儲氫即是儲能。傳統之儲氫方式為高壓儲氫，利用耐高壓容器將壓縮後之氫氣儲於其中，欲利用時則釋放壓力將氫排出。另種儲氫方式為固態儲氫，利用氫與物質之物理吸附或化學結合作用，將氫固定於物質中，欲使用時再以熱或釋放壓力等形式將氫放出。此類儲氫方式之儲氫密度甚至超越高壓鋼瓶儲氫的方式，而此等材料的開發，如金屬儲氫合金、氫化物、有機碳材等，均廣為研究探討。上海同濟大學 Z. Geng 等人於本屆會議中發表“Spillover Enhanced Hydrogen Uptake of Pt/Pd-doped Corncob-Derived Activated Carbon with Ultra-high Surface Area at High Pressure”論文，渠等發現摻雜 Pt 及 Pd 之 Corncob-Derived 活性碳(CAC)(論文中所使用之 CAC 來源為由玉米軸製得)，具有增強儲氫量之效果。渠等觀察結果顯示，Pd 奈米顆粒較 Pt 大，因此 Pd 分散為碳材表面，而較小之 Pt 奈米顆粒則可進入碳材微細孔道結構中，此一結構增強了碳材吸附氫之總有效表面積。渠等實驗結果顯示以 2.5 wt% Pt/2.5 wt% Pd/CAC 具最佳之儲氫增強效果，於 298K 及 180 Bar 之儲氫條件，其氫溢效應(Spillover effect)可達 1.65 wt%，即其吸氫量約可達 3.45 %。

目前儲氫應用仍以高壓儲氫技術較為熟習，金屬儲氫或是碳材儲氫仍待克

服儲氫密度低及充放氫溫度、壓力條件之實用瓶頸，然而倘如有機碳材儲氫之研發，能達較大之儲氫能力，例如 6 wt% 以上或更高，一者由於成本大幅降低，一者由於儲氫量及操作條件可達應用要求，則氫能經濟來臨之時程或能更為縮短，氫能經濟亦更為近乎實現。

- (十) 本屆會議中 SOFC 相關論文篇數仍占總論文篇數約 1/9 的比例，顯示高溫型燃料電池深具研發潛力。尤其中國大陸將 SOFC 列入重點發展項目，投入龐大資源，相對地，中國大陸幾個重點研發 SOFC 機構，近年來亦獲得相當程度的進展。例如，中國科學院上海硅酸鹽研究所於去年已完成 3 kW 之 SOFC 系統，電池片 (13×13 cm²) 產能可達每年 3,000 片，平均輸出額定功率 20 W/片；寧波材料技術與工程研究所生產之 ESC 及 ASC 電池片 (10×10 cm²)，單價僅人民幣 60 元/片，另於會議中參展之 1 kW SOFC 電池堆，售價為 6,000 元人民幣，並宣稱近期將推出 2 kW SOFC 電池堆售價為 1,500 美金。中國大陸於 SOFC 的整體發展實值得我們了解及關注。

四、建議事項

此次參加第五屆世界氫能技術大會，無論就汲取報告內容或參觀參展氫能產品，他山之石，可以攻玉，亦覺頗有收穫。幾點淺見建議如下：

- (一) 氫能或燃料電池等應用領域，多需使用稀土元素作為元件之材料，而大陸無論在於稀土資源之儲藏或開發，均具先天優勢，兩岸在氫能領域及相關技術之開發或可互相合作互補短長。
- (二) 中國大陸投入相當龐大的資源，致力發展固態氧化物燃料電池(SOFC)，並挾其稀土原料及相對低廉之研發成本，近年展現了十分快速的研發進展。包括華中科技大學、礦業大學(北京)及上海硅酸鹽研究所等等，其中中國科學院寧波材料技術與工程研究所為大陸研發 SOFC 之重點機構，本次於會議中展出之 SOFC 電池堆，售價可達 US\$1.0/W。大陸於 SOFC 的整體發展值得我們持續關注。



第五届世界氢能技术大会 (WHTC2013) 会议通知 (中文版)

世界氢能技术大会 (WHTC) 是国际氢能协会的官方会议, 旨在交流国际氢能技术的进展, 推动世界能源、环境、经济可持续发展。前四届WHTC会议分别在2005年新加坡、2007年意大利、2009年印度和2011年英国举办。经上级批准、由中国可再生能源学会氢能专业委员会承办的“第五届世界氢能技术大会 (WHTC2013)”定于2013年9月25日-28日在上海光大会展中心举办。

氢能在飞速发展, 许多国际大公司都着手布置氢能未来格局。如2013年1月24日, 丰田和BMW结成氢燃料电池汽车同盟, 1月28日, 奔驰、福特等也组成氢燃料电池汽车同盟, 2013年7月初通用汽车和本田宣布结成氢燃料电池汽车同盟。世界氢燃料电池汽车多极竞争格局已经雏形! 氢燃料电池备用电源和氢燃料电池分布式电站已经开始进入市场, 国际知名公司如BALLARD、HYUNDAI / HYSCO、AIRLIQUIDE等将在本会展示其技术。PTG (电力制氢气) 已经成为投资热点, 由于其可以解决太阳能、风能的不稳定而备受瞩目、发展前景非常宽广。国际唯一的有关氢能的政府组织——国际氢能与燃料电池合作伙伴联盟 (IPHE) 主席将在本会做重要报告、不少国际大公司、研究机构代表将介绍他们最新的技术及投资热点。

为驾驭国际氢能技术潮流, 为发挥氢能在我国可持续发展中作用, 鉴于您在我国科技界、投资界和产业界的重要地位, 特邀请您参加WHTC2013会议。会议注册、日程、展览信息请见会议网站<http://www.whtc2013.com>, 我们殷切期待您的出席, 共襄盛举。

中国可再生能源学会氢能专业委员会

主任委员 毛宗强

2013年9月8日

High-Temperature Electrical and Microstructural Properties of $\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{MnO}_3$ Coated Ferritic Stainless Steels Using Pulsed DC Magnetron Sputtering

Chien-Kuo Liu,* Peng Yang, Ruey-Yi Lee, Wei-Ja Shong, Jin-Yu Wu

Physics Division, Institute of Nuclear Energy Research, Longtan township, Taoyuan county 32546, Taiwan.

*E-mail: ckliu2@iner.gov.tw

The Sr-doped LaMnO_3 (LSM) is commonly used as a protective layer on the metallic interconnects of solid oxide fuel cells (SOFCs) to prevent surface oxidation and chromium poisoning.^{1,2} In this study, the $\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{MnO}_3$ protective films with a thickness of 3~4 μm were successfully deposited on the surface of four commercial ferritic stainless steels, Crofer22APU, Crofer22H, ss441, and ZMG232L, respectively, by pulsed DC magnetron sputtering. The evolution of high-temperature electrical and microstructural properties of the four LSM coated ferritic stainless steels aged in an air atmosphere at 800°C for 10,000 hours has been investigated. Area specific resistance (ASR) measurement showed that the LSM coated specimens were 38.49, 205.39, 30.00, and 49.92 $\text{m}\Omega\cdot\text{cm}^2$ for Crofer22APU, Crofer22H, ss441, and ZMG232L, respectively, after aging at 800°C for 10,000 hours in an air atmosphere. After the long-term aging, the thickness of LSM protective film reduced from 3~4 μm to 2~3 μm . It was attributed to the Mn content of LSM film interacting with the neighboring $(\text{Mn}, \text{Cr})_3\text{O}_4$ spinel oxide layer at elevated temperatures.³ In addition, the volume shrinkage at elevated temperatures usually causes the LSM coatings to crack, resulting in chromium diffusion. However, it can be effectively mitigated by introducing a two-step coating process while the protective layer deposition using the same pulsed DC magnetron sputtering.

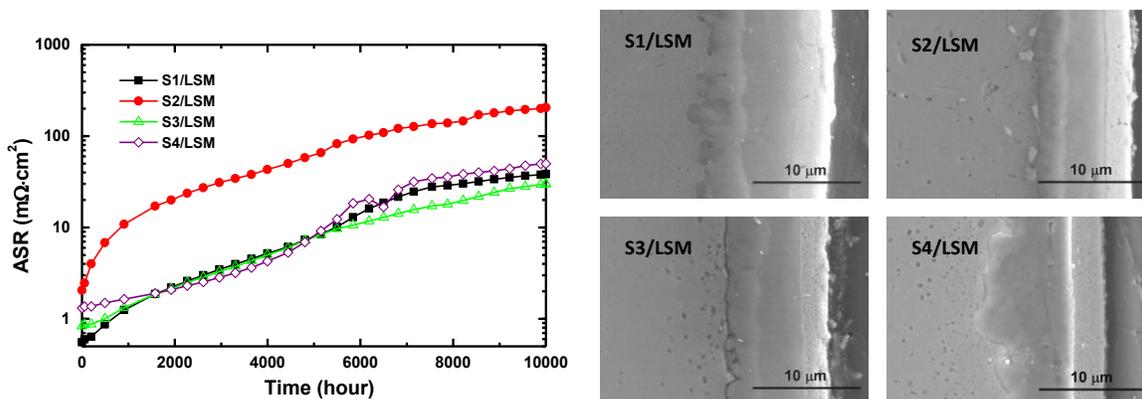


Fig. 1 (left) The evolution of ASR for the four LSM coated ferritic stainless steels, S1, S2, S3, and S4, respectively, aged at 800°C in an air atmosphere. (right) Cross-section SEM micrographs of LSM coated ferritic stainless steels, S1, S2, S3, and S4, respectively, after aging at 800°C for 10,000 hours in air.

Keywords: Sr-doped LaMnO_3 ; metallic interconnects; solid oxide fuel cells; pulsed DC magnetron sputtering; area specific resistance

References

- [1] D. -J. Jan, C. -T. Lin, C. -F. Ai, *Thin Solid Films*, **2008**, *516*, 6300-6304.
- [2] P. Yang, C. -K. Liu, J. -Y. Wu, W. -J. Shong, R. -Y. Lee, C. -C. Sung, *J. Power Sources*, **2012**, *213*, 63-68.
- [3] W. -J. Shong, C. -K. Liu, C. -Y. Chen, C. -C. Peng, H. -J. Tu, G. T. -K. Fey, R. -Y. Lee, H. -M. Kao, *Mater. Chem. Phys.*, **2011**, *127*, 45-50.

Abstract letter of acceptance

JUNE 7, 2013

Dear *Author*:

We are pleased to inform you that your abstract has been accepted for presentation at the 5th World Hydrogen Technologies Convention (WHTC2013) in Shanghai, China, 25th-28th, September 2013.

Please find your abstract number in website <http://www.whtc2013.com/abstract>. Please use your abstract number during WHTC2013.

Please register now and pay your registration fee before July 31 for early bird price. Abstract will be removed if author do not register.

If you wish to publish your paper in the special issue of the International Journal of Hydrogen Energy (IJHE), you have to submit your full paper to us before 20th, September 2013.

WHTC2013 suggests author reserve your hotel in advance.

Please fill the follows table and send back now for your abstract wished published form and IP. The final decision of published form is made by WHTC2013.

Abstract number	Author wish published form and session			Agree abstract IP to WHTC2013	Disagree abstract IP to WHTC2013*
	oral	poster	session		

*In this case your abstract will be not published in WHTC2013 abstract proceedings and WANFANGDATA disc.

Thank you for your cooperating and look forward to your participation in the WHTC2013.

Best wishes,

WHTC2013 committee

Email: Whtc2013@gmail.com