

出國報告（出國類別：進修）

美國維吉尼亞大學
博士進修報告

服務機關：國防大學理工學院

姓名職稱：俞勝為少校

派赴國家：美國

出國期間：108年7月5日至112年8月12日

報告日期：112年11月01日

摘要

筆者於 108 年 7 月 5 日奉國防部令派赴美國維吉尼亞大學 (University of Virginia) 化學系 (Department of Chemistry) 進修博士。此次進修旨在培養國防大學理工學院化學及材料工程學系未來師資人員。筆者於 112 年 8 月 12 日修業期滿返國，並於 8 月 14 日返院報到。本報告係依據「行政院及所屬各機關出國報告綜合處理要點」，針對目的、過程、心得及建議和參考資料等要項進行撰寫。

為了配合政府節能減碳及達到永續發展，放棄傳統石化燃料並降低其對環境影響，發展綠色可再生替代能源絕對是長期經營永續能源的當務之急，其中觸媒催化更扮演著重要角色。本博士研究關注研發高效能觸媒，運用於生物質轉化及產製乾淨氫氣能源，以減少碳足跡。研究內容主要針對兩個的化學反應進行探討：呋喃醛的電化學還原及水的電化學分解產氫，並提供了有關乾淨氫氣生產和生物質轉化的異質電催化寶貴的見解。研究結果有助於高效催化劑的開發，及強調了界面和協同效應提高電解水之效率，並探討以晶體及結構依賴性為基礎，分別可生成 2-甲基呋喃和呋喃醇作為主要產物的重要性。

目次

壹、目的	1
貳、過程	1
參、心得及建議	8
肆、參考資料	10

壹、目的

本次進修奉國防部 108 年 7 月 2 日國人培育字第 1080010465 號令核定，赴美國維吉尼亞大學化學系攻讀博士學位。筆者於 108 年 7 月 5 日啟程前往美國，於 112 年 8 月 11 日被授予博士學位，並於 8 月 12 日返國。此次進修目的在於培養國防大學理工學院化學及材料工程系師資及充實國軍幹部學能，並吸取他國經驗以提升本國科技能量，故筆者在求學四年期間，除了累積專業領域知識及技能外，更在美國文化大熔爐的衝擊下，充分拓展視野。具備在高活性新穎催化劑的設計與合成的專業知識技能，為學校注入新血，補足師資人才，為國防科技研究發展及國防科技人才培育貢獻一己之力。

貳、過程

一、學校簡介

維吉尼亞大學（以下稱維校），University of Virginia 通常縮寫為 UVA，是位於美國維吉尼亞州夏律第鎮著名的公立研究型大學。維校由美國第三任總統湯瑪斯·傑弗遜於 1819 年創辦，擁有悠久的歷史，並一直名列美國頂尖的公立大學之一。維校美麗的校園，由湯瑪斯·傑弗遜親自設計，更被列為聯合國教科文組織世界遺產 [1]。其中，又以圓石樓（Rotunda）為維校最著名之地標（如圖 1），其巨大的穹頂及帶有柱子的門廊，總能讓人有身處羅馬的感覺。另外，樓中除了長期展出維校歷史文物外，更設有小型圖書館及教室，時常舉辦研討會並提供學生安靜讀書及討論的場所。



圖 1. 維校著名 Rotunda

維校以其卓越的學術水平、創新精神和全面培養負責任的個人而著稱。學校提供多個不同學科的大學、研究生和專業學位課程，成為多元且嚴謹的知識追求的 centers。《Money Magazine》於 2023 年針對品質、可付擔性及成果，給予維校五星評價。《Princeton Review》評定維校為 2023 年全美最具價值之公立大學第二名。《Newsweek》評定維校為 2023 年維吉尼亞州內所有醫院第一名[2]。《Outside》更將夏律第鎮列為全美第五幸福的居住地，這亦是維校招攬全球頂尖人材其中最大的優勢之一[3]。

二、取得博士學位條件[4]

(一)成功完成 18 個學分的有關研究課程（通常為六門課程），以及 CHEM 7010-7031 專業發展課程，課程成績需達到 B-或更好。必修專業課程如下：

1. CHEM 7010: 研究導論 (Introduction to Research)
2. CHEM 7011: 高等教育中的科學教學 (Teaching Science in Higher Education)

3. CHEM 7020: 研究、創新、企業家精神和倫理 (Research, Innovation, Entrepreneurship, and Ethics)
4. CHEM 7021: 向不同觀眾傳遞研究 (Communicating Research to Diverse Audiences)
5. CHEM 7030: 博士候選資格考試準備 (Preparation for Ph.D. Candidacy Exam)
6. CHEM 7031: 科學寫作藝術 (The Art of Scientific Writing)

(二)總學分積累至少 72 學分 (這可能包括研究學分, 但必須包括至少 24 個有成績的課程學分), 並保持至少 B 的累積平均成績。

(三)成功通過候選資格考試。



圖 3. 疫情期間以線上視訊方式進行博士資格考

(四)在第三年海報展示會上介紹研究成果。

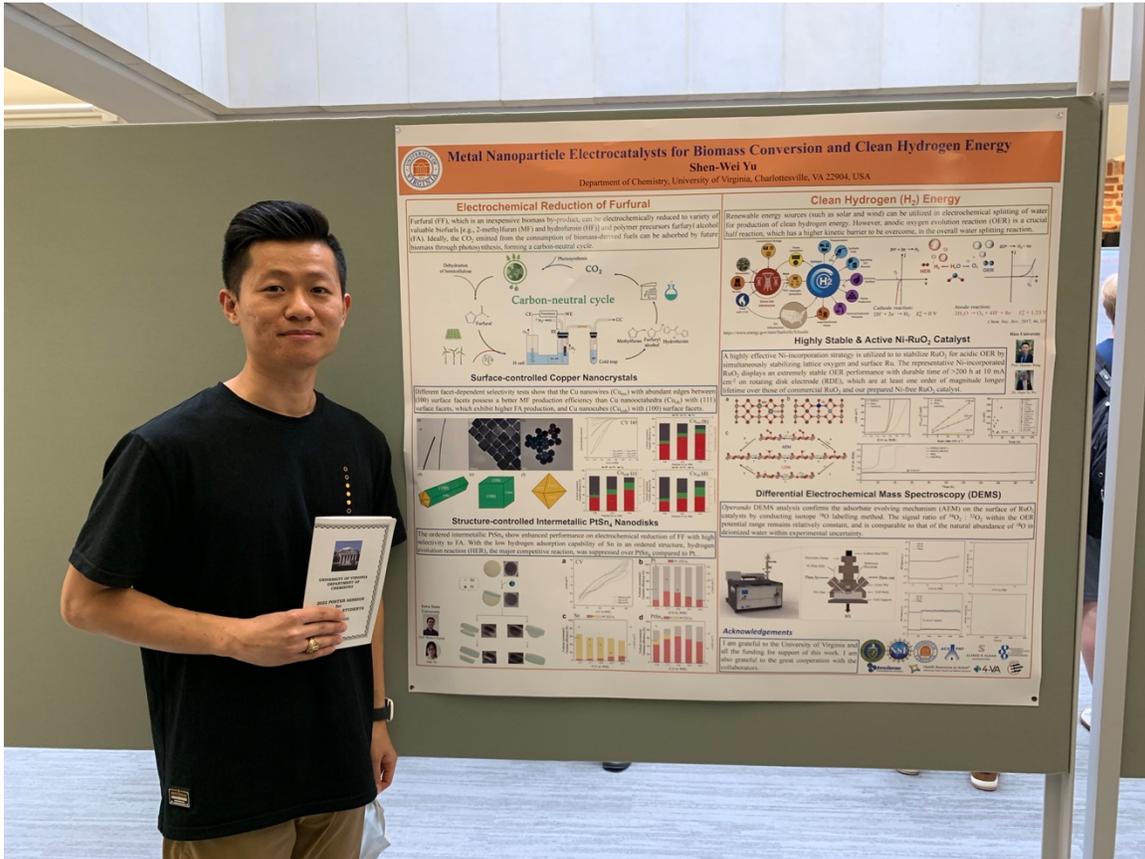


圖 4. 於在學第三年展示研究成果海報

(五)完成一篇關於研究內容的論文，並提供適合發表在科學文獻中的結果。

該論文必須經由由學生的指導委員會成員以及來自化學系以外的一名或多名教師組成的博士考試委員會批准。

(六)成功將論文工作在學術研討會上對教師和學生進行口頭報告。

(七)成功在博士考試委員會面前進行口頭答辯。



圖 5. 博士口試答辯場地



圖 6. 完成口試後著維校博士袍與 Rotunda 合影

三、研究內容[5]

在整個人類歷史上，科技的進步大大增加了我們對石化燃料的依賴。這種依賴不僅導致大氣中二氧化碳濃度顯著上升，亦造成許多有害的環境影響。為了消彌使用石化燃料對環境的影響，並為未來世代創造永存的環境，關注已經轉向研發可再生能源。隨著它們的價格變得更具吸引力，太陽能、風能、水能和熱能已經成為更具吸引力的研究領域。然而，這些能源通常受到與日照和地理位置有關的限制。因此，當我們努力改進石化燃料的利用並提高其效率時，亦需同時開發可減少碳足跡的再生能源轉換替代策略。

因此，在本研究中，討論了兩種將可再生能源轉化為其他材料或化學品的可能方法。第一種方法注重在水的電化學分解，可以獲得乾淨的氫氣燃料。第二種方法涉及生物質副產物呋喃醛的電化學還原。呋喃醛可以在可再生電力的驅動下轉化為有用的燃料和化學品。這兩個過程都需要克服重要的動力學障礙，而這就是表面和結構控制的金屬納米晶體發揮作用的地方。這些納米晶體可以通過電催化顯著提高呋喃醛還原和電解水的效率。本研究深入探討了這些方法，旨在推進我們對可再生能源轉換和儲存的理解和進一步發展。

氫氣是一種高能量密度的媒體，在燃燒時只產生水，因此是一個優秀的替代能源選項[6]。如圖 7 所示，乾淨的氫氣可以通過可再生能源供電的水分解來生產。這種氫氣可以用於多個領域，包括肥料生產、金屬精煉和運輸。通過研發高效能觸媒，提升效能及低成本來生產乾淨氫氣，我們將可以為實現可永續及低碳能源體系轉型作出顯著貢獻。

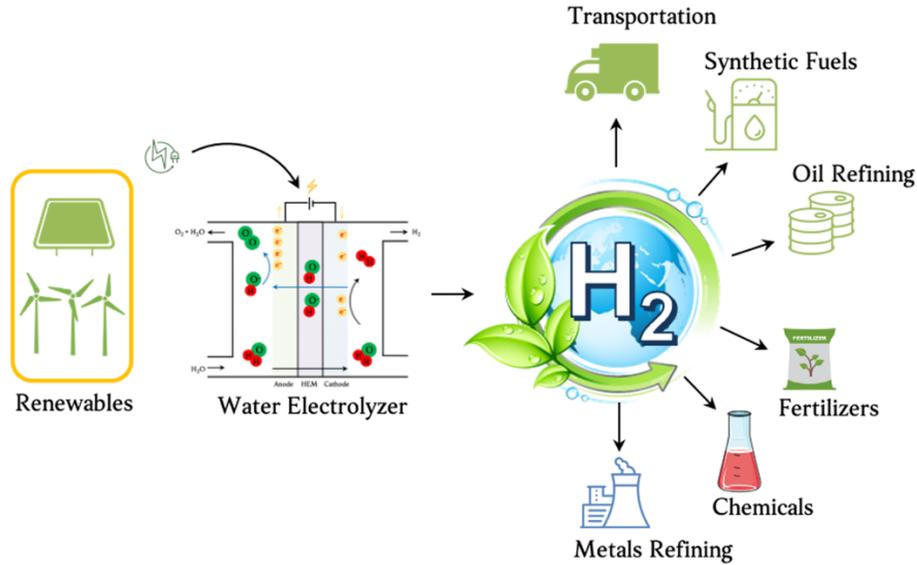


圖 7. 由可再生能源驅動電解水產氫氣及其應用之示意圖

在化工行業中，呋喃醛是一種來自農業廢棄物的低成本產品，商業生產量每年可達 30 萬噸[7]。呋喃醛可以通過使用高效能觸媒，並以電化學方式還原為多種有價值的生物燃料，如 2-甲基呋喃和水呋醇，亦可生成呋喃醇(聚合物生產的前驅物)。如圖 8 所示，該過程在溫和的條件下運作，與傳統化學合成方法相比，更環保。從使用這些有價值產品產生的二氧化碳可以隨後被生物質通過光合作用吸收，形成碳中和循環，減緩溫室效應。

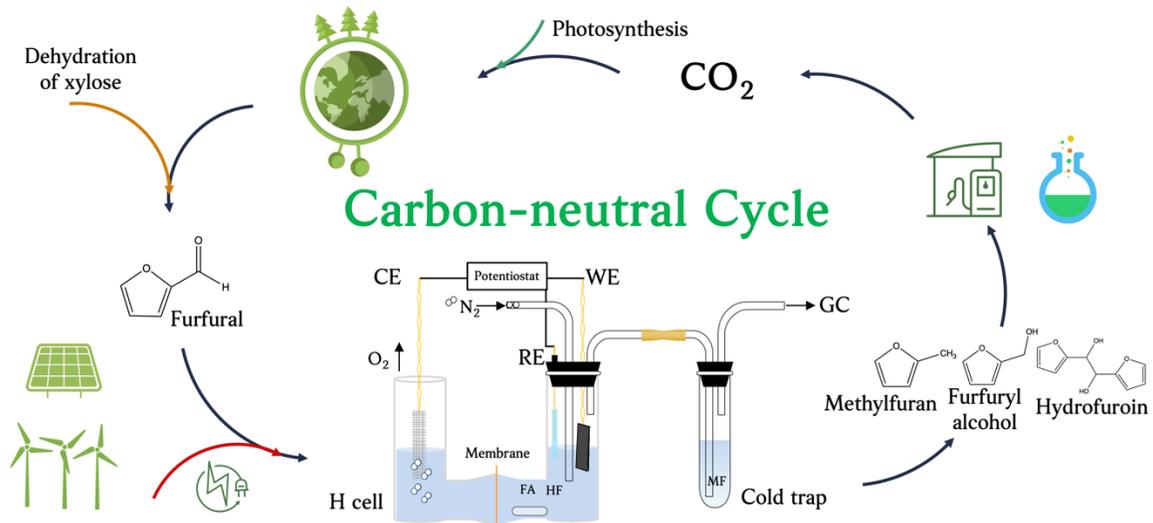


圖 8. 呋喃醛轉化為有價值產品之碳中和循環示意圖

參、心得及建議

筆者能於四年內取得美國博士學位實屬不易，除了自己的努力不懈外，這更要歸功於一路上協助筆者的師長及家人朋友們，感謝國內所有師長及駐美軍事代表團教參官之協助。

在美國取得博士學位的平均時間為五年，攻讀博士之學生通常是由大學畢業後直接就讀博士班，其中第一年注重於修課，需先俱備研究領域的專業知識，並為博士候選考試做準備。對筆者來說，只剩下三年的時間可全力進行研究，並於修業期限內產生足以畢業的研究成果。為順利取得學位，筆者每日至少在實驗室進行 12 小時之實驗、數據分析、撰寫報告及文獻探討，假日亦至實驗室報到。求學期間因在美新型冠狀病毒疫情嚴重，維校自 109 年 3 月 18 日起至 6 月 15 日止，採線上教學並關閉實驗室，導致延宕研究進度。感謝院部記錄事由，協助筆者因此不可抗拒情事致影響進修期限，辦理申請延長進修，並協助筆者因疫情無法於出境二年內返國，向內政部移民署辦申請戶籍不辦理出境遷登記事宜。

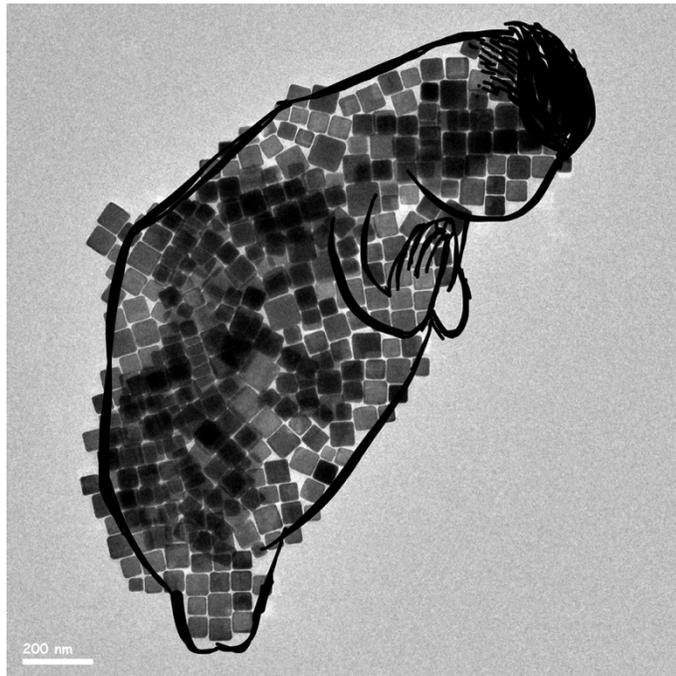


圖 9. 線上課程實況

理工學院院長疫情前、後均定期針對赴國內、外全時進修人員進行視訊慰問，關心大家的心體健康及課業進度，筆者非常感謝院內長官在百忙之中撥空關心，使我們即使遠在千里海外，也能充分感受到理工學院的關懷與溫暖，並保證一定會照顧自己、精進學業，待未來學成歸國後，成為國防科研的尖兵與人才。

現今筆者準備在軍中加入教師的行列，筆者意識到前方可能會有許多挑戰。然而，筆者將不斷以座右銘「Pain is the weakness leaving my body.」來激勵自己。相信面對每一道的難題後，都代表著成長和力量的獲得。筆者打算將這個口號帶在身邊，不斷激勵自己，並努力充分利用未來的每一天。

Thanks to my lovely family, Taiwan Armed Forces, and those who have ever facilitated me to finish.



肆、參考資料

- [1] United Nations Educational Scientific and Cultural Organization. Monticello and the University of Virginia in Charlottesville. 1987.
- [2] University of Virginia. About Us. 2023.
- [3] Outside Magazine. The 15 Happiest Places to Live in the U.S. 2023.
- [4] UVA Department of Chemistry. PhD Degree Requirements. 2023.
- [5] Shen-Wei Yu. Well-defined Nanoparticle Electrocatalysts for Clean Hydrogen Production and Biomass Conversion: University of Virginia; 2023.
- [6] Das D, Veziroğlu TN. Hydrogen production by biological processes: a survey of literature. International Journal of Hydrogen Energy. 2001;26:13-28.
- [7] Mariscal R, Maireles-Torres P, Ojeda M, Sádaba I, López Granados M. Furfural: a renewable and versatile platform molecule for the synthesis of chemicals and fuels. Energy & Environmental Science. 2016;9:1144-89.