

出國報告(出國類別:進修)

赴美國理海大學進修材料工程碩士 心得報告

服務機關：國防部軍備局第二〇二廠

級職姓名：上尉王國光

派赴國家：美國

出國日期：107年8月12日至109年8月16日

報告日期：109年9月9日

摘要

本次進修係奉國防部 107 年 8 月 2 日國人管理字 1070013222 號令核定赴美國理海大學(Lehigh University)進修材料工程碩士為期 2 年，進修期間自 107 年 8 月 12 日起至 109 年 8 月 16 日止(含交通往返路程 5 日)。職於美國時間 8 月 15 日完成碩士學業修業後，搭機返國，並於臺灣時間 8 月 16 日抵達臺灣，符合國防部核定之修業期限於 109 年 8 月 16 日前回國。另受限於全球新冠狀病毒(Coronavirus)影響，自美返臺後，即配合衛生福利部部頒規定實施居家檢疫及自主隔離，並於 109 年 9 月 7 日返回原建制單位軍備局第二 0 二廠報到。

本案所述心得報告均屬於公開性質，未涉及機敏資料，敘述內容主要為赴美國理海大學進修 2 年材料工程碩士期間之學習過程及研究成果，其報告內容區分為目的、進修過程、心得與建議及參考資料來源等項次。

碩士期間之研究主題在於探討碳酸氫鉀電解液(Potassium bicarbonate)中個別添加三種不同特性之添加物，並依其特性區分為會提高金屬導電活性之氯化鈉(Sodium chloride)；影響奈米結構生成及銅離子生長之乙二胺四乙酸(Ethylenediaminetetraacetic acid)以及提高表面黏性降低離子傳輸速率的丙三醇(Glycerol)，在 99.999%純銅金屬試片上施加不同程度電壓以完成陽極反應實驗，使其試片表面形成一氧化銅、二氧化銅及氫氧化銅等多層氧化層表面，後續再使用電子顯微鏡、X 光繞射儀及拉曼光譜儀等實驗儀器就試片表面氧化層進行氧化銅奈米結構組成、化學成分、拉曼光譜等實驗結果進行表徵研析與探討，前述表徵研析結果可供後續應用於再生能源收集、太陽能電池與光催化劑、觸媒、超級電容以及碳還原反應等領域。另在學期間共計發表 1 篇論文及 1 篇期刊，並就研究成果參與第二十八屆年度陽極處理學術研討會(Annual Anodizing Conference& Exposition(AAC))，榮獲學生組績優獎項。

目次

壹、目的.....	3
貳、進修過程.....	3
參、心得與建議事項.....	17
肆、參考資料來源.....	19
伍、附件.....	19

壹、目的

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」規定辦理撰擬，旨在提供職於進修期間之學習心得及研究成果給予相關人員參用，全案係奉國防部 107 年 8 月 2 日國人管理字 1070013222 號令辦理。

進修期間自 107 年 8 月 12 日起至 109 年 8 月 16 日止，赴美國理海大學進修材料工程(Material Science and Engineering)碩士 2 年，並於進修期間學習使用電子顯微鏡、X 光繞射儀及拉曼光譜儀等實驗儀器就研究項目碳酸氫鉀電解液及其添加物中製備的陽極氧化銅進行表徵研析。

貳、進修過程

一、進修學校簡介：

美國理海大學(Lehigh University)坐落於賓夕法尼亞州(Pennsylvania)伯利恆(Bethlehem)市，由初始創辦人 Asa Packer 於西元 1865 年投資所創建的私立研究型大學，早期學校以工科為發展重點，其工程學在全美享譽盛名，迄今為止，其中仍有超過 50%學生選擇主修工程學科，並且以男女合校共同實施教育而聞名。理海大學又區分為五大學院，依序分別為工程學院(P.C. Rossin College of Engineering and Applied Science)、藝術學院(College of Arts and Sciences)、商學院(College of Business)、教育學院(College of Education)以及在 2019 年新成立的健康醫療學院(College of Health)，而理海大學在大學聯盟裡屬於 NCAA Division One 愛國者(Patriot League)聯盟之一，大學本身依山而建，風景優美，大部分建築都位於綠樹成蔭的小山上，在 Mountain top 校區可以眺望整個伯利恆城市，並擁有超過 150 棟建築(含教學樓、實驗室、辦公大樓、學生宿舍及中、大型運動場地等)，學校共有兩個歷史悠久圖書館，擁有超過 120 萬冊藏書和 21500 冊期刊和雜誌，人均資源占有率在美國高校中處於一流水平，可以保證每一個學生獲取充裕的學習資源。

二、修業規定：

職進修於材料工程學系(Material Science and Engineering)碩士學位(Master of Science Degree)，依據理海大學工程學院及材料工程學系系所律定之研究生畢業規範要求，主要可概分課程學分取得、系所研究生要求及論文寫作等三大項目，說明概述如后：

(一)課程學分取得：

根據系所研究生手冊規定，材料工程碩士研究生課程畢業修業學分須滿足30學分要求，其中18學分須為系上研究生課程專業選修(400 level)，且材料系研究生要求完成必選修課程，必選修課程分別為材料熱力學及動力學(Thermodynamics and Kinetics)及材料結構與特性關係(Structure/Property relations)，另有撰擬論文需求以取得碩、博士學位者，可加選修論文課程(Thesis)，其餘12學分可選擇跨系選修或選修大學課程(300 level)，而在學期間因職從事之學術研究有涉及材料結構、物理及化學特性等相關知識，故課程選修多以材料本科專業為主，課程選修概述依序如后：材料熱力學及動力學(Thermodynamics and Kinetics)、材料結構與特性關係(Structure/Property relations)、奈米技術材料(Materials For Nanotechnology)、高分子科學導論(Introduction to Polymer science)、聚合物表徵與分析(Polymer Characterization and Analysis)、高分子聚合物塗料(polymer coating)、增材製造及粉末冶金(Additive Manufacturing and Powder Metallurgy)、增材製造導論(Additive Manufacturing Science)及論文(Thesis)共9門課程，合計31學分。

參照美國大學選課課程難易度分級，課程名稱代號第一個開頭數字顯示為「0」既為大學一年級通識基礎課程，依此類堆往上遞增，若數字開頭分別為「1」、「2」及「3」則相對應大二、大三以及大四課程選修，研究生課程則為開頭數字「4」及「5」系列，以材料熱力學及動力學為例，課程代碼為「MAT401」，前面英文「MAT」為材料(Material)縮寫，泛指材料專業選修課

程，「401」則為研究生課程，另由於部分研究生課程會同時開放給大學部大四學生進行選修，授課教授對於課程規劃就研究生而言，相對較大學部學生嚴格，通常學期末總評時研究生會多被要求完成一次性學術簡報(Oral presentation)、期刊總結(Term paper summary)或實作研究報告(Research report)等額外事項，並納入該課課程學期總成績內。

(二)材料系所研究生要求:

第一學期材料系學生須義務參加系上辦理實驗室安全導覽及儀器操作說明、通識材料基礎測驗以及新生歡迎會後，始得與指導教授見面會談，根據學生相關背景及能力提供專業見解，並建議後續選課及研究方向，另職所進修之材料工程系亦額外要求選修課程皆不得低於B成績以及GPA總成績不得低於2.75分為標準，倘落在學期間若有發現期中考成績不佳，恐學期成績無法通過系上要求時，可與指導教授協議退掉該科課程選修，成績上不會顯示該科退選修課紀錄。

另材料應用極其廣泛及各學校材料系研究項目有所不同，為使教授、學生及研究員廣泛理解現今材料研究發展及著重方向，系上於每學期均妥善規劃於每週週二邀集從事材料研究相關領域之教授、學者、碩、博士生以及業界工作者進行演講，並規定研究生如無特殊事故，皆須列席參加研討會，並適時提出發問，每次參與研討會皆須完成簽到，未達出席率80%者，得另繳交學期心得一篇或參與其他系研討會以補足出席率不足部分，另材料系系上規定碩士研究生得於畢業前完成乙次研究成果報告並由系上安排擇期於週二進行演講，博士生則為至少完成兩次研究成果報告及演講。

另囿於從事材料研究項目往往要求不間斷、長時間往返實驗室進行反覆研究，系上為避免研究生因課程繁重，致使研究有延宕或無法如期完成之情事發生，軟性規範要求碩、博士生於每學期不得選修超過三門課程選修，如確有必要，得經過指導教授完成評估及同意後由系上辦理超修申請書，待核准後始得加選修第四門課程。

(三)論文寫作:

論文寫作部分，職進修材料工程碩士初期即與指導教授安排見面並開會討論，規劃採階段性完成研究項目及論文撰寫，碩士第一年階段性規劃主要以完成課程學分要求及執行研究為主，並規劃碩士第二年開始撰寫論文，而在美國傳統教育體制倡導下，學生應自行培養自我時間管理及獨立完成研究之能力，指導教授則從旁擔任輔助腳色，根據學生想法與意見提供專業建議及協調相關實驗儀器調配等需求。

畢業論文標準由評審委員進行審核，評審委員由指導教授及兩位指定教授所共同組成，其中一位指定教授通常會委由該系系主任擔任，另一位指定教授則不受限制，評審委員負責審查論文內容、格式及判斷實驗結果正當性，審查完成後由委員簽署姓名即完成畢業論文要求。

三、碩士論文研究:

職碩士論文研究可分為理論假設、文獻彙整、問題探討及實作驗證等項，理論假設係經與指導教授完成開會後確認後，即著手蒐集相關學術期刊、文章以及研究報告等資料，並利用學校授權提供之電子郵件帳戶登入學術網站，免費下載前述等項期刊與研究報告，另書籍部分可由圖書館申請閱讀借用，亦可申請電子書進行閱讀使用，若圖書館並無該類藏書，可透過圖書館管理系統申請借調他校圖書館典藏，以協助學生進行學術研究，俟完成文獻彙整後，將彙整完後資料進行總結，提出相關問題探討，針對探討問題施行實作驗證，以取得縝密實驗數據結果，研究內容略述如后:

(一)研究目的:

陽極氧化處理在製造及學術研究業上已發展數十年之久，早期以陽極氧化鋁(Anodic aluminum oxide)製備應用廣泛與研究發展為眾所皆知而聞名，氧化鋁因其具備高密度、六角幾何排列特性，以多孔型及屏障型等兩種奈米結構型態尤為研究發展重點(圖 1)，並成功應用於業界如蘋果電腦、手機、微軟筆

電、航太業飛機以及汽車工業零組件等產品，成功地在市場上佔據一席之地。

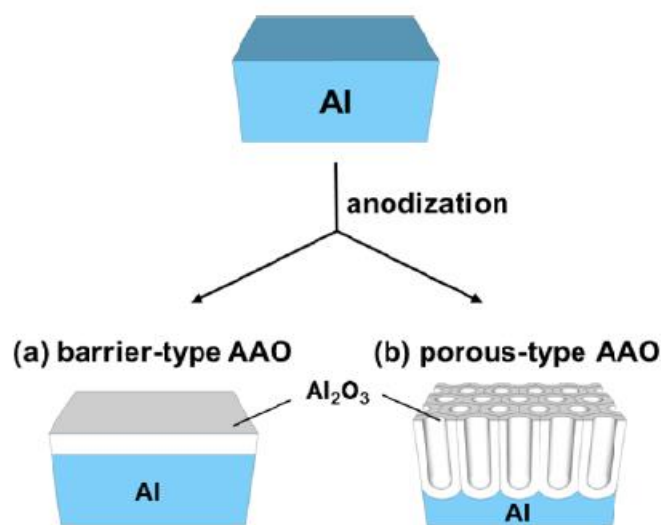


圖 1: 圖片顯示出兩種氧化鋁奈米結構主要構成型態。

在近年陽極處理發展領域裡，除氧化鋁持續受到關注外，其他過渡金屬研究亦持續進行發展，而其中又以陽極處理氧化銅製成方式、同質均勻組成結構、電學及光學特性以及未來發展性受到學者高度新奇及關注目光，以組成結構為例，陽極氧化銅在使用各種電解液反應過程裡，產生組成結構皆有所不同(圖 2)，研究結果與應用亦隨著結構差異性而有所不同。

因此陽極氧化銅發展在學術領域中仍屬新興議題，並於於再生能源收集、太陽能電池與光催化劑、觸媒、超級電容及碳還原反應等領域之中具有廣泛的應用成效，故基於上述原因，本研究內容係以陽極氧化銅製備與表徵研析為研究重點。

本研究以碳酸氫鉀 (Potassium bicarbonate) 作為基礎電解液，另依據三種不同物理、化學特性之添加劑添加入電解液作為變化，添加劑的選擇分別為提高金屬導電活性之氯化鈉 (Sodium chloride)；影響奈米結構生成及銅離子生長之乙二胺四乙酸 (Ethylenediaminetetraacetic acid) 以及提高表面黏性，以降低離子傳輸速率的丙三醇 (Glycerol)，經施予不同程度電壓進行陽極反應，於純銅試片上形成氧化銅，再利用實驗儀器進行表徵研析，探討研究成果。

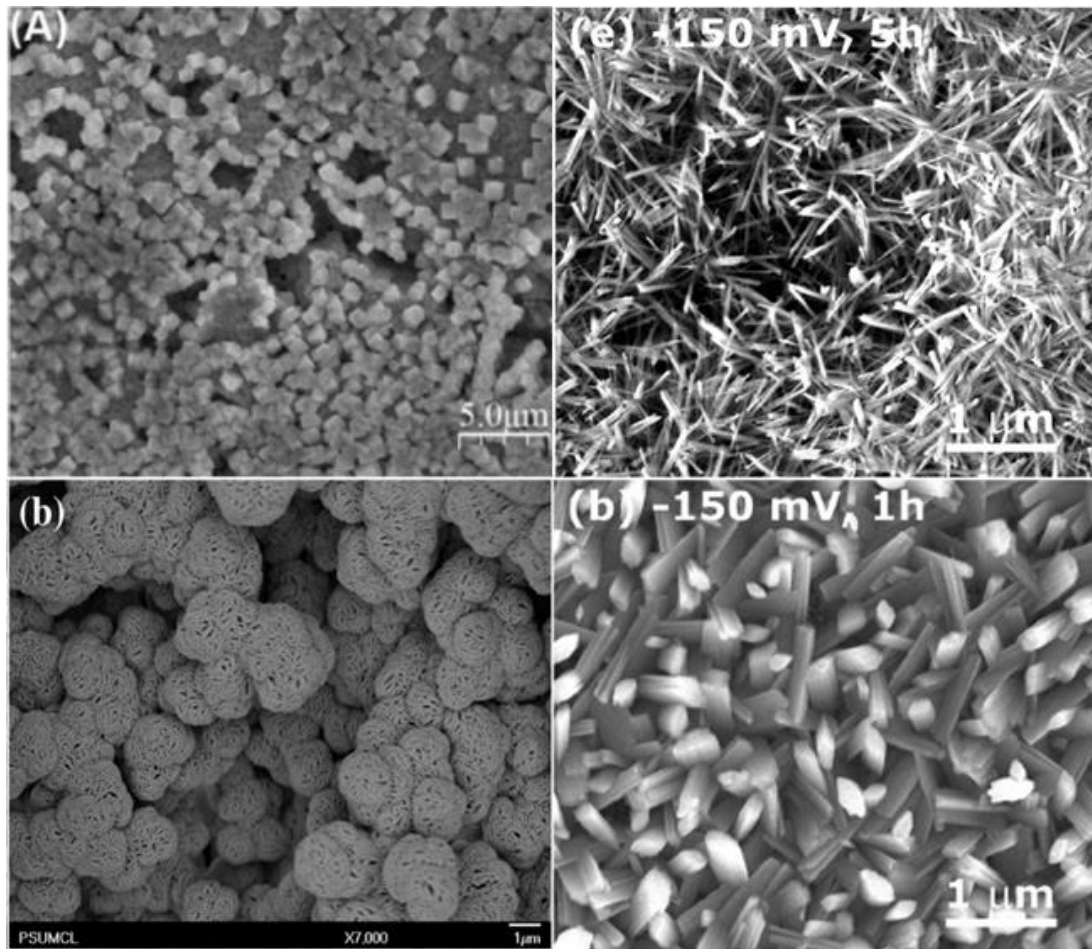


圖 2: 圖片顯示透過陽極反應過程呈現出多樣化奈米氧化銅結構。

(二) 實驗步驟:

首先將 99.9999% 純金屬銅片，大小為 100mm 長 x 100mm 寬 x 0.25mm 高，依實驗需求切割成每一片樣本試片為 10mm 長 x 25mm 寬面積尺寸後，浸入丙酮和甲醇數秒鐘進行脫脂反應，以除去試片表面殘留灰塵及細小微粒，再調配 10M 莫爾濃度磷酸溶液，將試片浸入磷酸溶液內，溫度維持 20 度並給予 30 伏特電壓情況下進行電拋光反應 30 秒，去除試片本身表面氧化層後，再反覆以去離子水(DI Water)清洗試片表面，並將其放置於乾燥箱進行乾燥，待乾燥完成後再將樣本試片正反兩面塗以保護層(圖 3)，僅保留 10mm 長 x 10mm 寬面積作為後續陽極反應氧化銅生長位置。

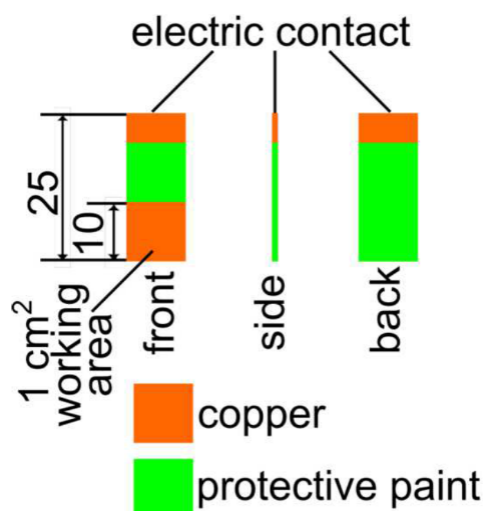


圖 3: 圖片顯示為純銅測試片經切割後詳面積尺寸資訊，並以公厘為計算單位。

前述步驟完成後，同時將碳酸氫鉀基礎電解液配置為 10^{-2} M 莫爾濃度，溫度控制在攝氏 20 度進行陽極反應，每次陽極反應實驗設定為 60 分鐘，電壓設定以 10 伏特起至 60 伏特止，每 10 伏特為間隔，另以鉑(Pt)金屬片作為陰極，銅樣本試片作為陽極進行陽極處理，每次實驗完成後將已使用過電解液回收，並以去離子水反覆清洗實驗儀器及容器及置換新電解液再進行實驗，以確保電解液中無殘留之銅離子進而影響新實驗結果。

依前項實驗步驟所述，分別將氯化鈉、乙二胺四乙酸與丙三醇等化學藥品添加至基礎電解液碳酸氫鉀溶液內作為研究變化，以相同電壓、時間以及溫度控制設定條件下進行陽極實驗，實驗完成後再分別操作 X 光繞射儀、拉曼光譜儀、電子顯微鏡等實驗儀器就銅試片表面氧化層進行氧化銅奈米結構組成、化學成分、拉曼光譜強度等實驗結果表徵研析，進行後續研究結果探討。

(三)研究結果:

1. 陽極氧化銅結構組成分析結果

以碳酸氫鉀電解液進行陽極實驗，銅試片表面在電子顯微鏡仰視下，陽極氧化銅呈多元生長型態組成，圖 4A 至 4F 分別代表陽極過程中施加電壓從 10 伏特增至 60 伏特(圖 4)，其生長分布從奈米球狀集聚到線簇集聚發展，另外發現不同程度操作電壓並不直接影響奈米結構直徑大小變化(如表 1)。

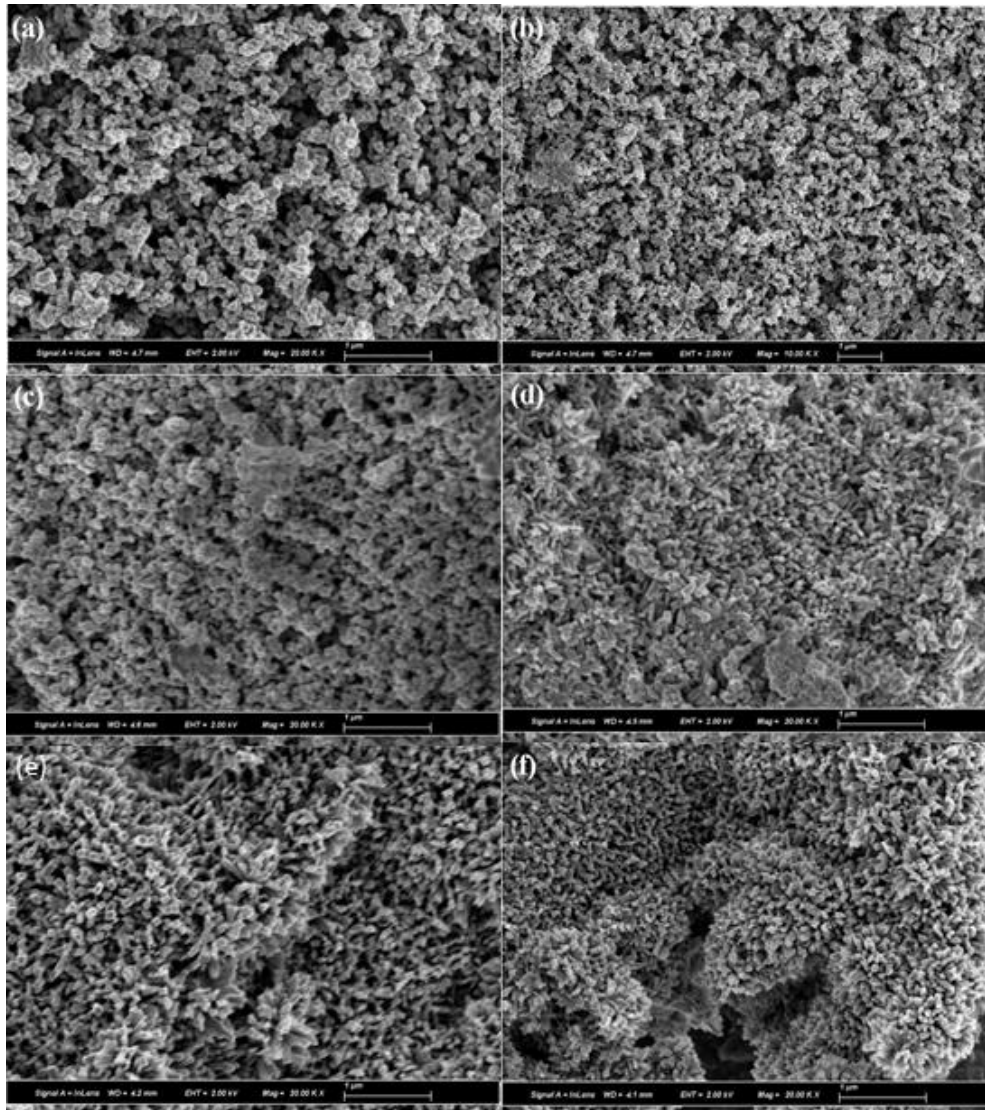


圖 4: 碳酸氫鉀電解液施加各種電壓後，銅試片在電子顯微鏡仰視下陽極氧化銅生長組成，施加電壓依序為(a)10V (b)20V (c)30V (d)40V (e)50V 及 (f)60V。

表 1:碳酸氫鉀電解液中施加各種電壓後的納米結構直徑(nm)

Concentration of potassium bicarbonate	Anodized voltage applied					
	10V	20V	30V	40V	50V	60V
10 ⁻² M	78nm ±10nm	75nm ±10nm	77nm ±14nm	74nm ±8nm	75nm ±15nm	73nm ±10nm

而在碳酸氫鉀電解液另添加氯化鈉後，銅試片表面在電子顯微鏡仰視下，圖 5A 及 5B 分別為添加 50 公克氯化鈉與施加 10 伏特及 30 伏特電壓時，陽極氧化銅生長同時存在三種奈米結構，包含球狀、線簇及粒子集聚型態組成，另圖 5C 及 5D 在施予相同操作電壓情形下，增加氯化鈉至 100 公克時，陽極氧化銅隻生長組成僅呈現奈米線簇存在，圖 5E 及 5F 為施予相同操作電壓之條件下，繼續增加氯化鈉總量達至 150 公克時，陽極氧化銅之生長組成從奈米線簇變化為奈米正方體集聚(圖 5)。

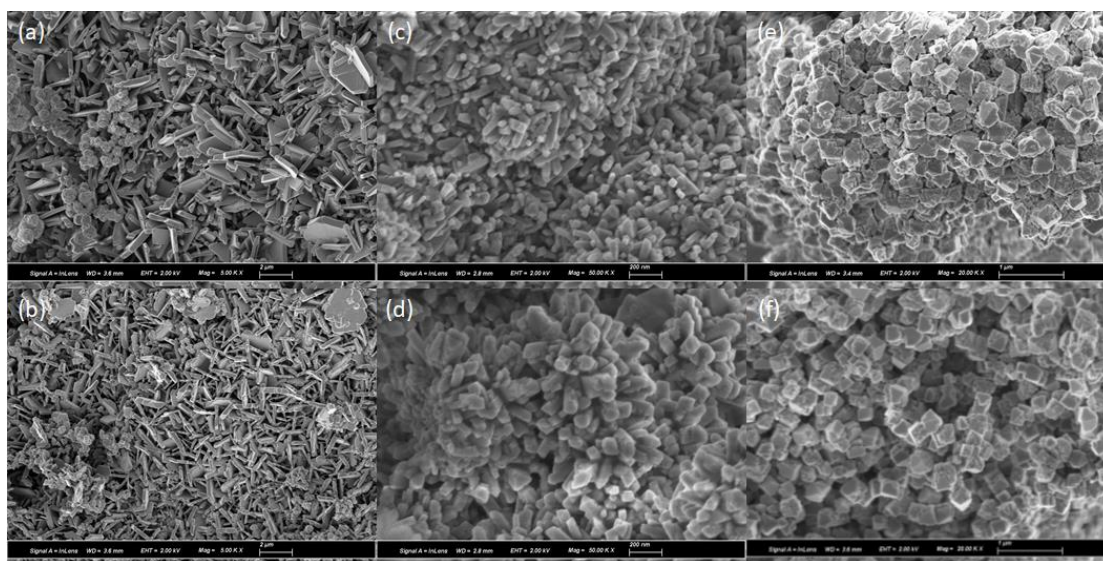


圖 5:碳酸氫鉀電解液添加氯化鈉後施加各種電壓後在電子顯微鏡下陽極氧化銅生長組成，施加電壓依序為(a)50g NaCl,10V (b)50g NaCl,30V (c)100g NaCl,10V (d)100g NaCl,30V (e)150g NaCl,10V 及(f)150g NaCl,30V。

另外在碳酸氫鉀電解液添加乙二胺四乙酸(EDTA)，分別給予操作電壓 10 伏特、30 伏特及 60 伏特情形，於 10^{-2} M 莫爾濃度(圖 6A 至 6C)與 10^{-3} M 莫爾濃度(圖 6D 至 6F) 下，陽極氧化銅之生長組成呈現奈米球狀及奈米粒子組成，且其生長形態呈現越密集集聚。

然而在相同操作電壓下，於 10^{-4} M 莫爾濃度則呈現不同陽極氧化銅組成結構，圖 6G 至 6I 發現陽極氧化銅組成為奈米線簇集聚存在。

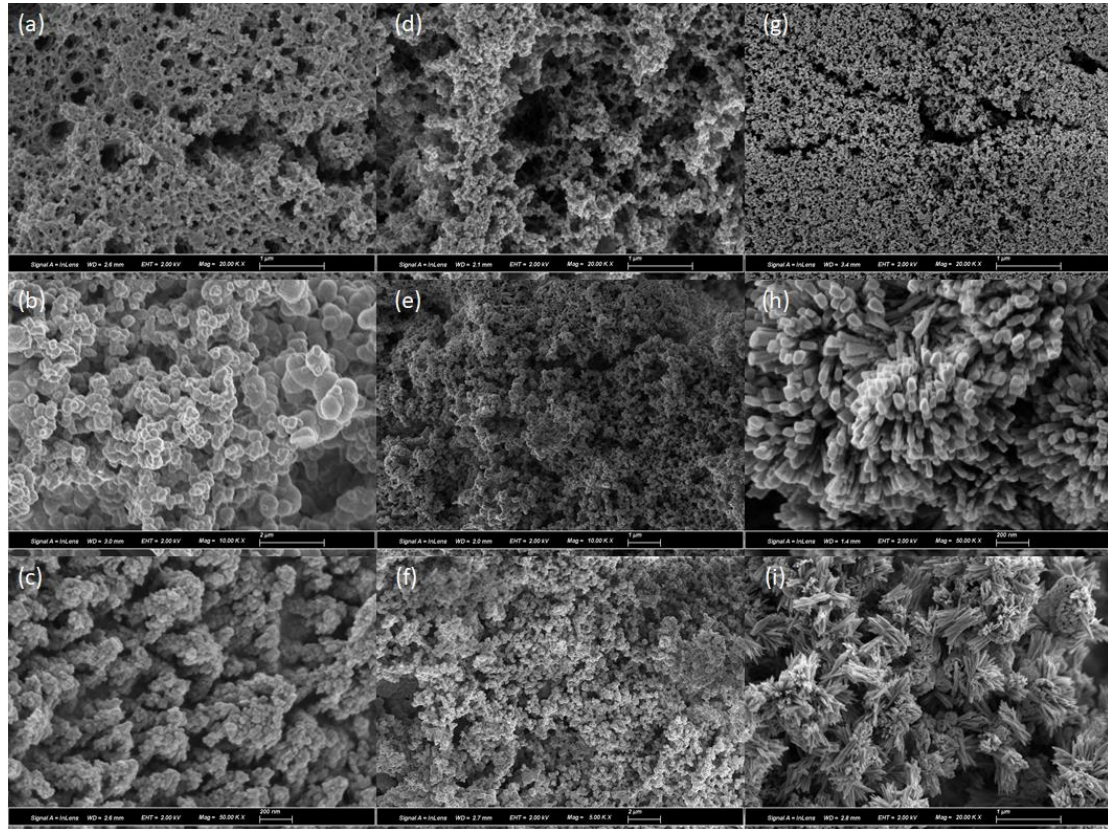


圖 6: 不同濃度下乙二胺四乙酸及施加各種電壓後陽極氧化銅生長組成，依序為(a) 10^{-2} M 10V, (b) 10^{-2} M 30V, (c) 10^{-2} M 60V, (d) 10^{-3} M 10V, (e) 10^{-3} M 30V, (f) 10^{-3} M 60V, (g) 10^{-4} M 10V, (h) 10^{-4} M 30V, (i) 10^{-4} M 60V。

另將各濃度之乙二胺四乙酸進行 10 次酸鹼值檢測後加總平均，其檢驗結果如表 2。

表 2: 乙二胺四乙酸鹼值檢測結果。

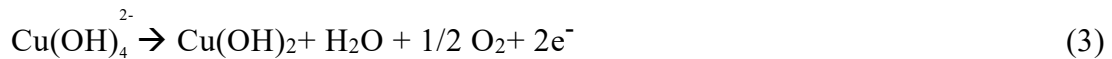
	10 ⁻² M KHCO ₃ With			
	No additive	10 ⁻² MEDTA	10 ⁻³ MEDTA	10 ⁻⁴ MEDTA
pH value	8.133 ±0.014	7.904 ±0.087	7.602 ±0.017	7.378 ±0.03

依據 Giri, S. D. 學者研究報告顯示，銅的陽極氧化在弱鹼性電解液反應過程中，易受銅離子(Cu⁺及 Cu²⁺)濃度影響促使 CuO, Cu₂O、Cu(OH)₂ 以及水溶性離子態 Cu(OH)₂⁻ 等氧化銅族同時沉積於試片表面，前述現象可以化學反

應式解釋如下：



然後， $\text{Cu}(\text{OH})_4^{2-}$ 可以再進行化學式反應分解：



反應過程中，CuO 在陽極端形成：



上述陽極氧化過程係解釋氧化銅族進行奈米結構形成時氧化銅再沉積現象，另因為乙二胺四乙酸(EDTA)具備高平衡常數($\log K = 18.8$)及螯合效應作用下：



因此本研究發現陽極實驗使用之電解液中乙二胺四乙酸濃度多寡會影響前述(2)至(4)反應過程，故在電解液內含乙二胺四乙酸越多，銅離子(Cu^{2+})受乙二胺四乙酸影響使陽極氧化銅形成奈米粒子集聚，而在低莫爾濃度(10^{-4}M)之乙二胺四乙酸下，銅離子不受其影響，陽極氧化銅形成奈米線簇集聚(圖 7)。

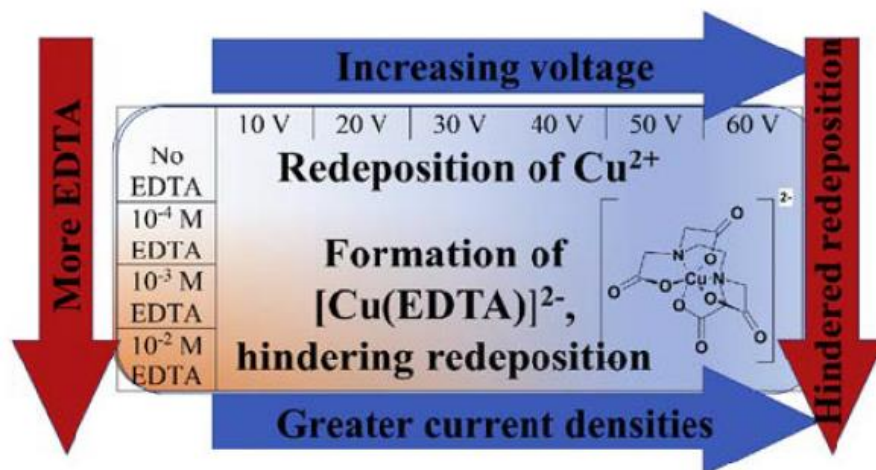


圖 7: 圖片顯示 $\text{Cu}(\text{OH})_4^{2-}$ 形成的影響。

2. 相態分析

X 光繞射儀係用來識別未知晶體材料及化學成分，根據使用其結果，圖 8 顯示在陽極氧化過程中用於生成陽極氧化銅的丙三醇(Glycerol)電解液溶劑各體積百分比，將實驗結果 X 射線光譜強度常態化後，研究發現氫氧化銅波峰強度於低體積百分比比於高體積百分比之丙三醇電解液溶劑強，另當電解液中含丙三醇濃度越高，X 射線光譜強度顯示波峰越趨於平緩，意味著銅試片在陽極實驗時，形成陽極氧化銅結晶度較低或者結晶度相同，且氧化銅形成比例減少，故由此證明當越多丙三醇溶液添加入電解液中，電解液黏度相對增加導致陽極實驗內離子遷移率下降，陽極氧化物生長反應速率降低，另外圖 8 顯示出所有體積百分比丙三醇電解液溶劑均顯示氧化亞銅(Cu_2O)存在於銅試片表面上，代表不論增加多少量丙三醇溶液進去電解液裡，仍有少量氧化銅會形成於銅試片表面上。

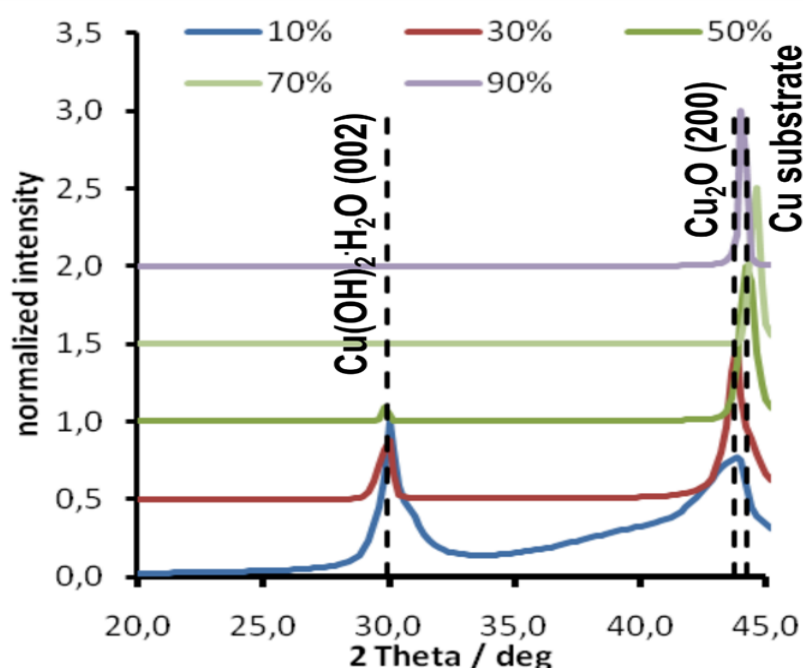


圖 8: 丙三醇(Glycerol)電解液溶劑各體積百分比與常態化 X 射線光譜強度波峰比較。

3. 拉曼光譜結果

根據先前在陽極氧化銅結構組成分析探討中，當越多銅離子(Cu^{2+})存在於電解液裡，再沉積現象會取代原有陽極實驗結果。圖 10 顯示為三種不同濃度乙二胺四乙酸(EDTA)拉曼光譜強度比較，可以很明顯地發現所有濃度的乙二胺四乙酸電解液溶劑均檢測出氧化銅存在於特定範圍之拉曼光譜(255cm^{-1} to 300cm^{-1})，且有小幅波峰強度顯示氧化亞銅存在。

承上，圖 11A 結合電壓變化與拉曼光譜實驗結果進行比較，研究發現當乙二胺四乙酸電解液溶劑中施加操作電壓越高，銅試片上氧化銅(CuO)納米結構生成越少，因此合理地推斷陽極氧化銅生長受陽極氧化、再沉積反應及高操作電壓影響下而生成氧化亞銅(Cu_2O)而非生成氧化銅(CuO)。此外，可以從圖 11B 發現當越多的乙二胺四乙酸濃度添加入電解液中，越少氧化銅生長，因此陽極氧化電壓和乙二胺四乙酸確實阻礙陽極氧化銅(CuO)的形成過程。

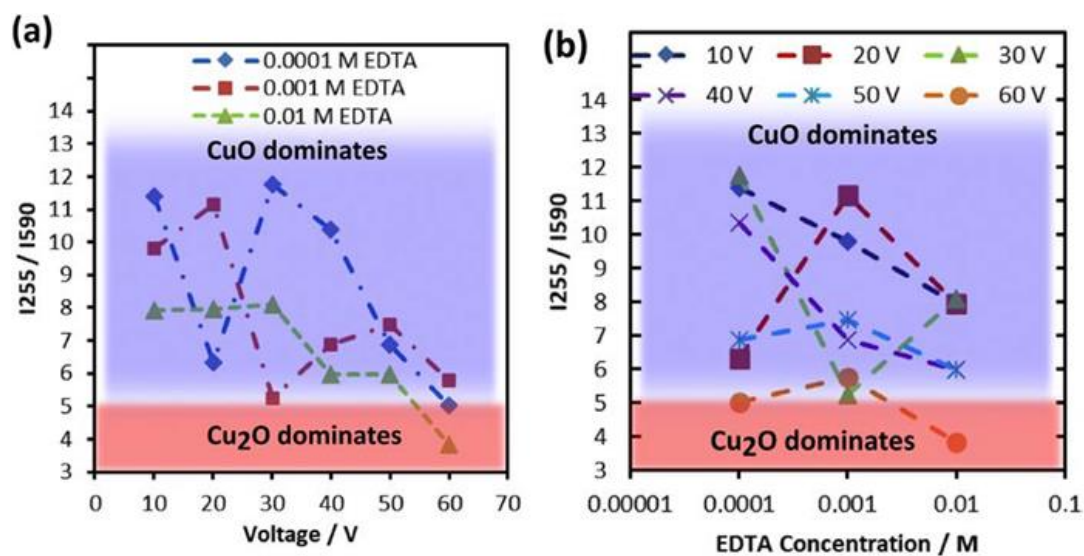


圖 11: 特定範圍(255cm^{-1} 及 590cm^{-1})拉曼光譜、EDTA 莫耳濃度及操作電壓比較

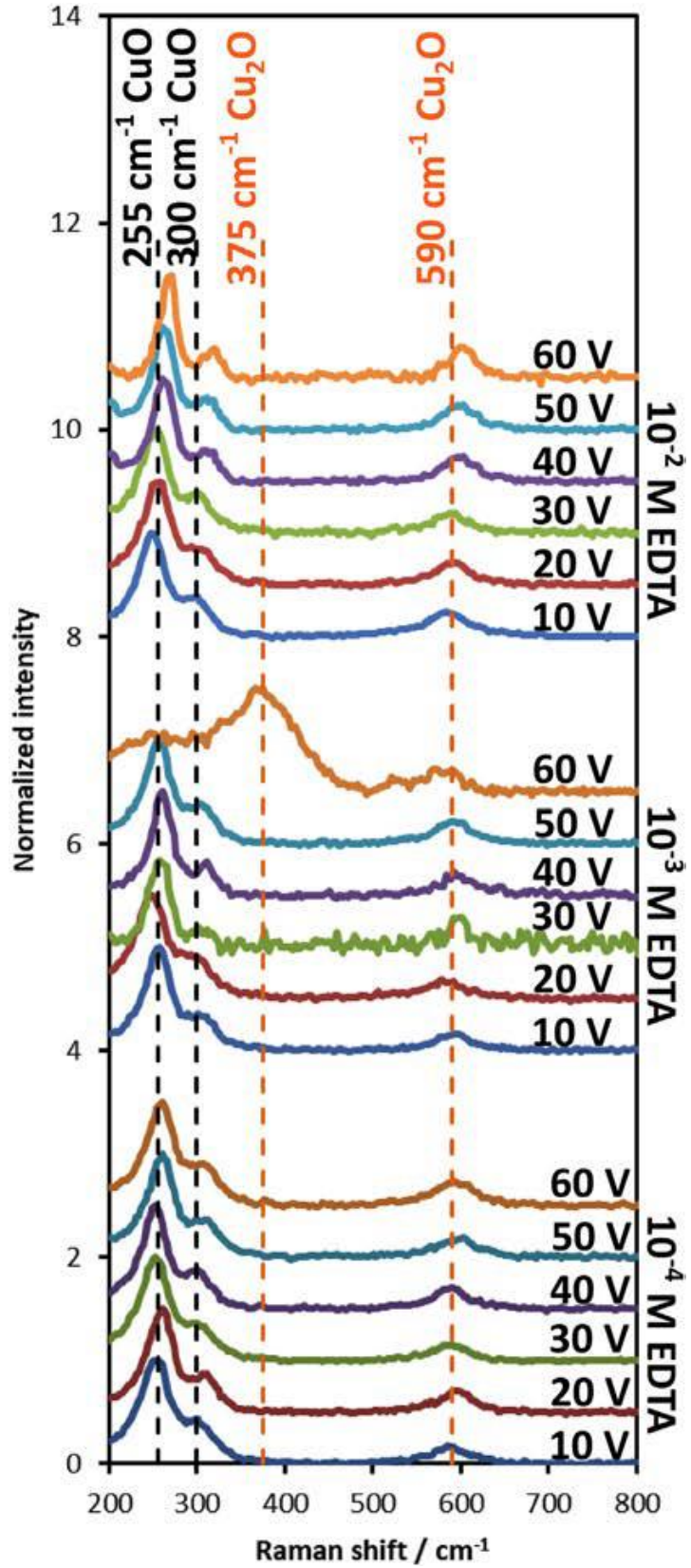


圖 10:三種不同莫耳濃度乙二胺四乙酸和不同操作電壓地拉曼光譜比較

參、心得與建議

一、心得

(一)美式教育

美國教育理念倡導學生應自主學習與研究，與台灣教育有所不同，師生之間互動方式有如朋友交談，關係密切，在學習風氣上更較為自由，且容許學生多提問、多犯錯、多嘗試與多挑戰教授授課內容，另美式教育極度重視學生參與實際研究操作，以理海大學為例，每學期均有安排一堂至少 8 小時實作課程，要求學生自主完成個人或團隊實驗並分析探討實驗結果。

而在研究小組內，教授會定期要求學生輪流上台進行當前研究簡報報告，小組成員輪流提出問題或給予建議，以此精進該學生簡報內容，訓練語言表達及反應能力，在討論過程中教授相當重視個人意見表達，無論提出問題是否困難或簡單，都會以鼓勵方式來引導學生勇於發言、積極參與互動。

(二)培養獨立自主能力

從台灣遠赴美國進修碩士兩年，到了一個陌生環境，生活一切重新開始，諸如尋找住宿、租房與房東溝通協調，簽訂合約，銀行開戶，申辦駕照及身分證明文件、洗烘衣服、生活用品採購及烹飪等食、衣、住、行皆需要自行打理解決，且由於美國物價相比較台灣而言，生活用品售價皆高出台灣許多，故學習如何精打細算、妥善規劃財務及應用變成是一個很重要的課題。

(三)學習多元文化

在美國生活會接觸來自其他世界各國的人，而在理海大學學習期間，國際學生辦公室會不定期舉辦各國風俗文化活動，如 Celts Festival、Indian disco、Taiwan night market 及 Taco Festival 等，可以讓學生有機會體驗不同國家文化風情，品嚐美食以及瞭解各國文化差異，而在美國重大節日更是會有大型慶祝瘋狂活動，如在萬聖節期間，居民會將整棟房屋裝飾成鬼屋、扮裝成恐怖生物進行遊街遊行，以及黑色星期五(Black Friday)萬人湧入商場血拚等驚人活動。

(四)外語能力精進

出國前，托福考試須符合規範要求，方可申請美國大學碩士研究課程，然而赴美國進修初期，實際面對面與人直接使用英語進行溝通仍然是一項艱鉅的挑戰，也許是亞洲環境關係，東方人在聽與說方面不甚擅長，往往都會經歷乙次文化衝擊，並經歷過數月適應調整期後，外語表達能力將會有顯著的進步，尤其在口語表達上面，以往與人交談時可能會有單詞卡住情形，而現在則具備能連貫地使用英語與人進行正常會話、課堂上發問，進行研究報告，甚至是購買汽車時談殺價等英文說話能力。

二、建議

(一)學校額外資源

美國百大學校除如前所述擁有廣大校園及歷史悠久圖書館藏書外，另有提供額外論文寫作 1 對 1 輔導，心理諮詢、動物醫生、開心農場、冥想靜坐及瑜珈等豐富資源使用，以全方位提供教職員、學校工作者、學生等身、心靈照顧，並定期舉辦說明會，吸納多方意見以提供未來應用，值得我方學習與應用於建置員工福利。

(二)駐紐約台北經濟文化辦事處

台灣學生若有機會赴美國東部進修，可以透過駐紐約台北經濟文化辦事處協助安排落地接機、參訪、申辦駕照認證及協助聯繫當地台灣留學生或華僑提供協助，另各縣市不定期提供優秀學生教育補助亦可透過駐紐辦事處協助申請，建議未來有規劃赴美進修地學生可先行上網登入駐紐辦事處官方網站，以獲取相關資訊。

肆、參考資料來源

1. 理海大學維基百科，https://en.wikipedia.org/wiki/Lehigh_University#Campus
2. 理海大學，<https://www1.lehigh.edu/>
3. Stępniewski, W. J., Wang, K. K., Chandrasekar, S., Paliwoda, D., Nowak-Stępniewska, A., & Misiolek, W. Z. (2020). The impact of ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA) additive on anodization of copper in KHCO_3 -hindering Cu^{2+} re-deposition by EDTA influences morphology and composition of the nanostructures. *Journal of Electroanalytical Chemistry*, 114245.
4. 畢業論文

伍、附件

1. Stępniewski, W. J., Wang, K. K., Chandrasekar, S., Paliwoda, D., Nowak-Stępniewska, A., & Misiolek, W. Z. (2020). The impact of ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA) additive on anodization of copper in KHCO_3 -hindering Cu^{2+} re-deposition by EDTA influences morphology and composition of the nanostructures. *Journal of Electroanalytical Chemistry*, 114245.