

新年快樂，很快的 2014 年結束了，迎接 2015 年，我在 2008 年 8 月來到中正大學，只不過是一個剛完成學位的博士生，對於社會處事、如何當一個盡責適任的老師、主持實驗室的研究與發展，對我而言，也都是一種學習。回顧這幾年，很高興實驗室每年都有些成長與變化。我到中正也快六年半了，歷經了許多事情，包含研究、教學與行政，讓我在各方面也成長不少。你們上、下屆之間會有些交集，但對於前幾屆的學長，僅能由論文上去認識他的研究。實驗室網頁是你們互相瞭解的一個途徑，大多數實驗室網頁是由學生維護，而我們，則是由我自己維護，雖然我很希望你們可以幫忙，但我發現很多實驗室由學生維護時，常會有斷層，導致維護更新中斷。實驗室網頁中有你們每屆過去的生活照片與聚餐，以及畢業時的合拍照，這也是我過去這幾年，仍會跟你們一起找一個空檔拍畢業照，總希望在往後能有些影像紀錄回憶。實驗室網頁中也會有你們過去的海報、發表論文，也歡迎你們畢業後能看看實驗室網頁，瞭解實驗室現況。新進的同學對於實驗室的過去，可能不是很清楚，對於畢業的學長感覺也可能很模糊，因此以下我簡單說明各屆介紹與實驗室這幾年經歷，作為這幾年的回顧，也能讓你們彼此更加了解、熟悉，作為實驗室的經驗傳承，同時表達我對於每屆學生之努力與付出的由衷感謝之意。

由第一屆談起，包含顯鑫、俊毅、漢廷。猶記得顯鑫於 2008 年 6 月到清華化工系的 206 室來跟我談指導教授一事，而俊毅是在 7 月底到中正進入實驗室的，漢廷則是 9 月初最後一刻備取進來，原先實驗室有一位備取到其他學校而離開。顯鑫畢業於中央化材，天資聰穎與做事負責有條理，非常感謝他在 Sn-Zn/Ni 界面反應上的研究與建立 Ni 電鍍的基礎，讓實驗室延續進行了一連串的相關系統的研究與比較，能夠進行大量實驗與整理大量數據，對於 Sn-Zn/Ni 系統的反應相、成長動力學、相圖，都有非常完整與正確數據的探討，後來文章也有很多的引用。由於仔細的研究分析，發現此系統有線性成長，因此更進一步進行 cruciform pattern 的相關研究。另外，也進行高 Zn 鍍料之界面研究，其結果也同樣非常有趣。同時在矽晶圓上製備圖案，進行電遷移實驗，為實驗室架構了基本微影蝕刻製程與經驗。顯鑫負責實驗室的報帳雜務，建立實驗室的報帳資料整理的方法，也因此到現在，我們第一年的帳單仍保存著。

俊毅畢業於宜蘭化材，為人老實、謙和體貼，工作認真，實驗技巧很好，願意進行各種實驗嘗試，非常努力的完成我博士時未完成的實驗與想法，進行了一系列鍍料與 Co 基材之反應，由於買到不純的 Sn，含微量 Cu，導致 CoSn₃ 成長與我博士論文結果有所不同，意外發現 Cu 對於 CoSn₃ 成長之抑制，並且利用電鍍 Co、電鍍 Sn 的方式，製備很多特別樣品，完成了非常多研究議題，包含 Sn-Pb/Co、Sn-Ni/Co、Co 作為電遷移阻障之評估等，其中也包含近期發表基材長度對派鐵耳效應研究，為實驗室之 Co 基材相關反應奠定了良好開端，在口試後的暑假期間，也進行了矽之異向性蝕刻。同時俊毅也負責幫忙處理實驗室內的大小雜事。漢廷畢業於淡江化材，個性沉穩內斂，為實驗室開創了鋰離子電池研

究的領域，閱讀大量文獻，以 Sn 系統之介金屬相作為負極材料，每週均到南科的”能元科技”進行實驗，非常辛苦，逐步建立鋰電池之實驗流程與認識。同時也進行鍍料之電遷移研究，建立電鍍 Ag，進行 Ag 層阻抗電遷移之探討。

對於第一屆同學，有很多的回憶與情感，一起打掃剛接手、髒亂的實驗室，掃到半夜。初始完全沒有設備，跟我老師借了一台舊的 OM，於 12 月份時，勉強可以開始進行實驗觀察，帶著你們學習如何實驗，減少實驗失敗，經常討論研究與進行實驗到很晚，我每晚幾乎都是待到 10 點以後才會去吃晚餐，由於學生少，每天相處時間相對很長，每兩、三週就要上台報告一次，每天中午則幾乎都要陪老師一起到活動中心吃飯。你們碩二下學期 4 月時，開始繳交你們的論文初稿，我則是第一個字看到最後一字，你們直接給我檔案，我直接在檔案上改寫，希望建立好第一屆論文以作示範，改了兩、三個月，也補了很了實驗數據，甚至重新進行實驗確認。最重要的是感謝你們能夠將實驗技術、研究心得傳承給下一屆學弟，實驗室的傳承是非常重要的，尤其我們沒有博士生，在你們畢業前，願意為實驗室撰寫了一本”實驗室手冊”，針對各項儀器設備之使用方法、保養維護紀錄、實驗技巧、廠商資訊，這是我們實驗室能得以發展的最重要資產。同時也感謝俊毅特別撰寫實驗室碩士論文寫作與圖片整理部分，讓實驗室每屆的碩士論文格式一致。

第二屆同學，韋翰與聖恩。韋翰畢業於宜蘭化材，自行讀書、未參加補習，考上中正，在我看來是相當不容易的，有很好的天資、自我約束及歸納總整能力，極富行動力。韋翰主要進行熱遷移研究，這是想延續電遷移研究，並加入熱遷移的探討。然而熱遷移實驗相當困難，溫度差異不易控制，現象又不像電遷移明顯、容易觀察，不易控制操縱變因，且實驗所需時間很長，其中面臨了非常多的失敗與試驗，所幸韋翰能夠細心解決實驗上的問題，有系統的進行熱遷移的研究與討論。另外，韋翰也進行了 Sn-Co 系統的鋰離子電池研究，並建立多孔銅支架電鍍之實驗流程，後來實驗室的許多研究也都運用此多孔基板。韋翰同時也負責實驗室報帳事務，對於實驗室各項事務處理的很好。另外，在 FIB 上也貢獻非常多，後面會提到 FIB 事情，約在第二屆的碩二上時，FIB 開始裝機與訓練，韋翰協助撰寫 FIB 的操作手冊，經常和我試驗 FIB 的各項 TEM 切割參數與各項功能，才調整出目前實驗室 FIB 手冊的一些參數，並將 FIB 應用在熱遷移的研究中。

聖恩畢業於大同化工，為實驗室盡心盡力、默默耕耘，為人老實、但較不擅言語，做事謹慎但動作稍慢，曾讓我有些誤解，事實上到現在都讓我心裡總有些虧欠。聖恩延續顯鑫的 Sn-Zn 系統與俊毅的 Co 基材研究，並進行無電鍍 Co 的相關研究，在 Co(P)無電鍍上獲得了相當好的研究成果，同時也進行 Co-Ni-P 合金共鍍，另外，也進行 Sn-Zn-Co 系統之相圖研究，還記得我帶著聖恩至清華借用 arc-melter，由於 Zn 極易蒸發損耗，因此合金的配製相當困難。聖恩的研究成果非常多也非常好，論文撰寫方面則是慢工出細活，整理了複雜數據，且寫得非常好，成為實驗室往後碩士論文很好的示範。目前實驗室的許多研究想法與發展，都是建立在聖恩的成果上。

對於第二屆同學，老師相當的不好意思，在你們碩二這一年(2010.8~2011.07)時，因沒有國科會計畫，研究經費拮据，雖然研究持續進行，但不免受到一些影響，這也是為何我們後來(2012年初)會接一些產學合作計畫，希望實驗室在經費上不要完全受制於國科會。由於經費問題，也讓我們必須思考另一件事，除了研究計畫的爭取上要努力，也必須注意經費節約使用的問題，用適合的設備做出正確研究，注意各家廠商價格之差異。在耗材採購上，必須努力尋找、加以比價、節儉使用，例如：購買便宜的石英管、甚至以便宜的 pyrex 管代替石英管，使用便宜好用的鑽石刀片與冷埋樹脂，免費好用的切銷液。要注重儀器平日的保養維護，儀器維修更可自己來動手，還記得與韋翰一起替慢速切割機除銹，與聖恩一起拆組馬達，修好慢速切割機，同時我們也自行維修過拋光機，甚至由柏彥幫忙自行組裝溫控加熱器。自行維修設備後，大家會了解到事實上沒有那麼困難，讓你對儀器使用與原理也會更加清楚，雖然會花一些時間，但比找廠商快，可自行立即解決問題、建立信心，我認為是相當值得的。當然，若我們無法自行維修，還是會找廠商來。

再談第三屆之前，先談談 SEM。對我們研究而言，最重要的是 SEM 觀察，這你們再清楚不過。但來中正之前，我就到處看中正大學哪裡有 SEM 可以用，能夠進行研究。第一屆時，我們嘗試了李老師的 FE-SEM，但沒有 BEI，教老師的 SEM，費用與方便性也都有問題。另一方面，我希望學生能夠自行操作 SEM，而不是由他人操作，這是有很大不同意義的。唯有自行操作、仔細觀察，才能得到正確、詳細的豐富成果，也才能成為一位有 SEM 使用經驗的研究人員。事實上，在台灣需要使用 SEM 的研究生中，能自行操作的比例並不高。幸運的是南科“能元科技”劉文銓研發經理(我過去實驗室的學長)，在當時採購了一批儀器，包含全新的鎢絲 SEM、EDS、XRD、ICP...等，透過合作計畫方式，除了使用鋰電池的相關耗材與設備，也讓我們使用公司其他的儀器設備，因此那段時間每週約有兩、三天，實驗室同學都會到南科進行 SEM 拍攝，讓我們第一屆、第二屆(碩一時)的同學，能夠得以完成研究，在這方面，我們必須非常感謝劉文銓與能元科技的幫忙。沒有這兩年的研究基礎，我們無法順利後續的發展。

再來談談 FIB，我到中正快一年後，2009年5月，中正貴儀中心希望有老師提貴儀新購儀器計畫，化工系當時已有 FE-SEM、XPS，系上希望我也能提出一件申請案，在當時的氣氛，基本上就是犧牲打，因為當時中正已經連續三年沒有獲得國科會新儀器的補助。由於我們 SEM 使用上仍然不便，我常對第一屆學生說，很希望能讓實驗室有一台 SEM，大家研究才能順利、有效率。因此，當有貴儀申請機會時，雖知希望不大，但我還是很努力的去準備申請資料。為了有 SEM，但本校已有 FE-SEM，因此我不能再申請 SEM 之貴儀，因此能想到的就是 EPMA、FIB，在當時台灣有 EPMA 的貴儀，就是台大、清大、中山等，而 FIB 則只有交大有，因此我們選擇 FIB 是理所當然，也讓我們自己研究會更加豐富，因此在當時花了很多時間了解 FIB 與準備相關申請文件，事實上在購買前我對 FIB 並不太認識，委託過交大貴儀服務，但沒有真正自行操作使用過，因此在

申請計畫前，除了找儀器商業務做一些認識與了解，還到交大貴儀 FIB 再去看一次，看需要哪些附屬儀器，也跑到台積電 12 廠找張志鴻博士帶我看台積 FIB 運作與使用，讓我有些更完整的概念與想法以提出申請。

當時校內共有兩件貴儀申請案，另一件是生科系老師所提的儀器，在校內報告討論時，FIB 的採購案被排在第二，而生科儀器為第一優先，這等於宣判 FIB 是不可能得到貴儀補助，這也是我對於此決定很不能理解的地方，以生科儀器排序第一，很難拿到新購儀器補助，因為國科會貴儀中心屬於自然處，不太可能採購生科儀器(屬生科處)，另一方面，生科儀器只有生科領域使用，不像貴儀中心普遍使用的儀器，例如:SEM、TEM、XPS、XRD、NMR 等。在這過去三年中正未獲得新購儀器補助，我認為很可能是這個原因，因為提出的均為生科儀器。對此排序結果，我當然是很失望。當然校方將兩件申請案均送出。往年國科會僅對申請案進行文件審核，並不需申請人到國科會報告說明申購，但當年則是希望申請人能到國科會報告，因此 7 月時，我和很多其他申請人到國科會報告，報告 20 分鐘的申購理由。非常幸運的，國科會推翻學校對於儀器採購的排序，而只有 FIB 獲得補助，生科儀器未獲補助，這也是過去沒有的，通常國科會都是尊重學校的排序決定。我知道獲得 FIB 申購補助，是在 2009 年 12 月底。

第三屆(2010 年 7 月進入實驗室)共有四位同學，包含柏彥、凱琪、柏毅與修賢。經過幾個月的儀器廠牌、規格決定、校內補助款爭取、開標、找設置場地等工作，FIB 於 2010 年 9 月裝機，因此第二屆(碩二)、第三屆同學開始了負責 FIB 儀器的操作與運作的建立。因系上無法提供合適場地，因此決定將 FIB 放置在理二館貴儀中心，由於閒置場地未使用過，地板非常地髒，在裝機前一個月(8 月)，進行隔間工程與打掃，我帶著第三屆同學到 FIB 那間打掃，總共打掃了三次才能脫鞋進去，第一次、第二次打掃時，大家擦地板擦到快翻臉，認為根本無法打掃乾淨。國科會貴儀只給儀器費用，並沒有場地設置費用，如前所述，那時也沒有國科會計畫或其他經費，因此只好自己想辦法。為了省錢，我去裁切角鋼，拿實驗室電鑽鑽洞、打壁虎，做 FIB 的鋼瓶固定架，自己鑽洞打除濕機的排水孔，一開始 FIB 除濕機還是先用我家除濕機，幾個月後，才有經費購買現在這台。由於沒有場地經費，因此在購買 pick-up system 時，也包含一些附件設備，UPS、冷卻水機，場地設置費用在其中，但廠商並不會裝設門禁系統、影像監視系統，為了省下幾萬元，所以只好自己上網去找設備、自行裝設，由廠商付錢，當時韋翰也有幫忙，雖然辛苦，但現在想想其實是很不錯的經驗。9 月裝機測試時，是由 Daniel 負責，到了 10 月開始 FIB 的教育訓練，大約為期 1 週，由 Jason 教導，在那一週相當辛苦，第二、第三屆學生，白天學習 FIB 的操作、原理與練習，晚上回來整理筆記，寫成目前你們看到的 FIB 操作手冊初稿，此部份主要是韋翰、柏彥幫忙撰寫整理完成，後來凱琪負責管理 FIB 時，也再進行補充與修正。經過 1、2 個月的練習與運作制度的設計撰寫，12 月時辦了一場 FIB 儀器說明會，貴儀服務則是在 2011 年 1 月開始。

交代一下我個人，在 2010 年下半年此時，開始準備終身大事，雖然一切簡

單，但也要花一些時間準備，包含訂婚喜筵、喜餅、婚紗公司挑選、拍攝，清水與嘉義兩處的結婚喜宴訂席、邀請與人數統計、喜帖寄發、婚禮佈置、流程安排、婚禮影片、紅酒杯購買、婚禮小物挑選...等，而 2010 年的 12 月，則相當忙碌，撰寫兩個國科會計畫，還記得在最後一天 12/31 中午將計畫送出，趕快回到清水，準備隔日的婚禮，迎娶完後約 11 點，我躲在房間中花了三小時，趕緊製作晚上婚宴要用的婚禮影片，接著去餐廳佈置場地，當然也謝謝俊毅、柏彥、修賢過來給予祝福。

關於第三屆的研究部分，由於有 FIB 的加入，我開始思考要做些什麼不同的研究，且不能花費太多，因為此時實驗室依然拮据。既然有 FIB，就想到鐳料研究中 FIB 主要是用來探討錫鬚。凱琪畢業於文化化工，高中就讀台北名校，成熟穩重、聰明、做事有條理，具有領導風格，因此請他負責管理 FIB。對於運作初期，管理制度的建立是非常重要的。也就理所當然的由凱琪進行錫鬚之相關研究，同時可以鍛練 FIB 的技術。凱琪在研究方面作的非常好，邏輯清楚，觀察仔細，進行大量錫鬚成長測試實驗與數據比較處理，釐清錫鬚成長作用條件之關係。另外，對於 FIB 的管理、維護、清潔與貴儀服務，完全一肩扛下，盡心盡力，讓我有時間進行其他工作。事實上在服務初期，我們服務量非常的大，約是現在 3 倍左右，貴儀服務系統上的雜務又多，每週均針對不同 case 進行切割技巧、參數討論，凱琪總能處理的有條不紊，因這段時間的討論，讓我們對於 FIB 的各項性能更加了解。另外，FIB 操作有 FEI 公司作初步教導，而 pick-up 試片則是由我們實驗室自己摸索，凱琪在很短的兩個月內，自行建立起 pick-up 技巧，快速且高成功率，非常的不容易。在暑假期間也必須針對新進同學，進行 FIB 的教育訓練。凱琪在離開實驗室前，更拍攝 FIB 的操作訓練影片，實在是非常感謝他對於 FIB 的付出與幫忙。

另外，鐳料界面的研究工作則是由柏毅進行，柏毅畢業於中原化工，做事相當負責認真，盡心盡力，善良老實，對於我交代的研究工作與雜事，均努力去完成，我對他非常信任，因此由他負責實驗室報帳事務。研究主要是針對 ENEPIG 製程與鐳料之反應，比較不同 Pd 層厚度對界面反應的影響，同時進行 Pd、Ag 基材與 Sn-Zn 鐳料之界面反應與相平衡研究，也協助進行顯鑫的後續研究，利用 FIB 輕蝕刻觀察 Ni₅Zn₂₁ 相之微結構，探討成長機制。實驗室先前基材以 Cu、Ni、Co 為主，柏毅將基材部分的研究更加擴展，由於柏毅認真的進行了這些實驗，發現了非常多重要的實驗結果，讓研究能繼續延續下去。同時也協助整理實驗室鍍液之相關資料，方便大家使用。

在過去我沒有做過奈米材料的研究，然而奈米材料或結構是一個重要議題，不能不去接觸，又有 FIB 的加入，讓我們在研究時更加方便，因此由修賢進行奈米線的成長，我們選擇 Ga₂O₃ 系統，因為我們有一台管狀高溫爐，卻一直擺著沒有使用，經費有限，僅能勉強架設一吋石英管的裝置。修賢利用濺鍍金、無電鍍鎳、無電鍍鈷的方式在 Si 晶圓上製作反應觸媒，開啟了我們對奈米的觀察，在交大借用徐老師的 UV 光譜，研究 luminance。FIB 最重要是 TEM 樣品製作，由

於時空環境不同，我在博士階段對於 TEM 並沒有真正使用經驗，我當時對於 TEM 的了解，可能比不上現在實驗室的任何一個學生。但 TEM 的分析鑑定始終是一件重要的事，因此請修賢到新竹找張博士學習 TEM 繞射點解析技巧，並帶回一些軟體，也就是現在使用的一些軟體，他碩二時到有 TEM 的貴儀去進行很多 Ga_2O_3 之奈米線分析，包含中正、台大、清大、成大，作各種機台的了解與嘗試，為實驗室開始了 TEM 研究分析。在第三屆之前，實驗室學生相對較少，在環境打掃方面，不會有太大問題，但此時實驗室人數增加，因此開始安排值日生、每月大掃除，各儀器也希望有負責同學，由修賢負責安排。另外，修賢也幫忙彙整第三屆新增的實驗室手冊部分。

此屆最後要提的是柏彥，是中正化工考試上來的，我若沒記錯，他應該也沒有補習，靠自己準備。我常稱讚他非常聰明、思考反應敏捷，有研究熱忱、融會貫通，生性樂觀，非常適合當一位研究人員。他剛進實驗室時，跟我說想偉大的研究夢想，因此研究主題不會太簡單，他接下了實驗室鋰離子電池研究的任務，也考量到他住善化到南科能元實驗很近。AAO 是我當學生時就常聽到的奈米研究主題，因此我們希望結合 AAO 與 Sn 化合物來進行研究，當時世界上對於 Si、Sn 的負極材料研究相當多，並未像現在幾乎著重在 Si。因此向林老師、交大曾院介教授學習 AAO 的製備，並自己參考文獻進行研究。實驗室在有限的資源下，未直接購買商用 AAO，另一方面也是希望能有更多的學習。為了省錢未購買冰水機，而是以冷凍冰箱替代低溫控制，柏彥在缺乏設備的情況下，製作出 AAO 膜，設計了製備的整個流程，現今看來真的是很不容易，另外高純度鋁箔非常貴，因此以正極塗佈的鋁箔來實驗，作出 AAO，甚至我們都曾拿烤肉的鋁箔紙來實驗，同樣作出 AAO，我到其他學校演講，也經常講到這些事情。當然，柏彥對於鋰離子電池的研究也非常之好，進行了 Sn-Cu、Sn-Co 系統奈米核殼結構之電極研究，利用 TEM 觀察充放電過程中之活性物質微結構變化，其研究實驗程序之困難與複雜，應該是目前實驗室之最，同時完全獨立完成，也因為實驗困難以及柏彥研究已經非常完整，後來沒有繼續這方面研究的主題。柏彥相當熱心，對實驗室的大小事務都願意幫忙，參與實驗室其他研究主題的討論，並提出他的建議與想法，而他也最常與我閒聊與討論許多事情。

2011 年下半年，是第三屆碩二、第四屆碩一時，到中正已經三年，助理教授升等有六年條款，因此在此時我準備提升等，花很多時間整理資料與撰寫相關文件。雖然第三屆的研究主題不同於前兩屆，但每位均能自行研究，讓我輕鬆不少。在 2011 年 12 月，是我非常忙碌的一個月，也必須撰寫兩個國科會計畫，修改論文，準備升等文件，那時也正在與福懋科技洽談合作計畫。同時我兒子也出生了，剛開始並不好帶，幾乎每晚哭鬧到天明，要抱著哄一整晚。更早些時候，則是產檢時必須花很多時間等看診，常常從晚上 7 點多等到 11 點，因醫生常看診到一半去接生，因此常帶著筆電去寫論文、修改論文。不過辛苦也有些代價，2012 年 8 月升等，能稍微放慢腳步。

第四屆(2011 年 7 月進入實驗室)有建麟、創閔、偉豪與俊傑。由於實驗室有

一台恆電位儀，卻一直沒有用來研究，實在有點可惜，因此希望建麟能往超級電容方面研究，為實驗室開創一個新的研究領域。建麟畢業於文化化工，作事負責成熟，研究認真賣力，非常有研究實驗熱忱，是一個值得信賴的人，由於是實驗室的新領域，他在碩一時透過閱讀、整理相關文獻，很快地自我學習，不需要我太多擔心，亦因有專題經驗，所以 meeting 報告、投影片表現很好，且能根據論文之實驗，很快地自行擬定一些研究主題來進行試驗，比較我們實驗上的正確性，在這方面，我幫不上太多忙，因此建麟能夠獨立完成這些研究，實在是相當不容易。利用陰極電鍍沉積方式氫氧化鈷(鎳)系統，搭配多孔基板與 AAO 奈米線來進行研究，由於建麟在研究觀察上非常仔細，發現到許多文獻上數據錯誤問題與不合理之處，我們透過非常多實驗驗證，釐清這方面的問題，建立了實驗室對於超級電容研究之信心。同時也在研究過程中，為實驗室建立了 XPS 與 EIS 之相關分析的基礎，建麟的論文與文獻回顧花了非常多的時間完成，內容之精采無庸置疑，為實驗室在電容方面之研究，不僅啟了開端，更是盡他最大努力教導下屆的漢鵬，讓實驗室在這方面研究得以傳承。另外，建麟在剛進碩一暑假時，即完成了 Ni_3Sn_4 生成相形態之研究，此研究也非常好。在之前 FIB 是由凱琪一人包辦所有事務，但我認為實在是太辛苦，因此將 pick-up 的工作由建麟負責，而創閱則負責服務與維護。另外，建麟也負責實驗室的報帳事務，同樣為實驗室的運作付出相當多的心力，雖是僅僅數語，但其中辛苦溢於言表。

在 2011 年暑假，中油煉研所希望一起合作進行鋰離子電池之負極材料研究，雖然我們沒有矽/碳複合物研究經驗，但矽/碳複合物是一個重要的系統，此時我也希望研究往這方面發展。另外，中油煉研所離我們也近，也答應研究設備的使用，因此更沒有拒絕的理由。約在暑假不久後，劉文銓經理離開了能元科技，新主事者不再提供設備使用，這在當時對於柏彥的研究有非常大的影響，也所幸與中油煉研所之計畫，能讓鋰離子電池的研究得以延續。偉豪與柏彥是同學，也同是台南人，因此我希望偉豪與柏彥互相學習，負責此研究計畫，而計畫開始執行是在 2012 年 8 月，所以有一年的準備時間，同時柏彥與偉豪也開始到煉研所使用相關設備。研究擬定的主題是 Si/C 複合物，因此實驗室的鋰離子電池研究也由錫化合物轉為矽。在 2012 年 5、6 月，辛苦地讀文獻、撰寫計畫書，經過一連串的中油招標、各種文件程序與審查報告，7 月時，完成與中油的計畫合作契約。然而偉豪因故突然不想再念研究所，此事對我們實驗室是一件非常嚴重的事，或則說是危機，因為鋰電池的實驗、組裝是至少需要一段時間訓練，且計畫執行迫在眉睫，但問題總是要解決。

創閱畢業元智化材，反應靈敏、說話很快，也很健談，天資也相當不錯，附有想法，學習力很強，勇於各種嘗試。原先研究規劃是讓他跟著修賢學習奈米相關的研究，進行金屬奈米線之合成製作，這是相當不錯的熱門研究題目，由於半導體奈米線需要較多分析測試設備，因而我希望轉向金屬奈米線，經碩一這年的研究後，也有了許多不錯的初步研究成果，例如製備銅奈米線，同時創閱也學習 PS 奈米球之製備。在偉豪告知不再就讀時，在當天我立即詢問創閱的想法，創閱也隨即答應願意改變研究方向，接下中油研究計畫的重擔。同時創閱也負責

FIB 之維護與服務，至今我仍深深感謝創閔為實驗室的付出與辛苦。在負責 FIB 其間找尋到有效的防腐蝕液，避免冷卻水因馬達之鐵銹黃污，處理停電過久，後續 baking 之事，及更換 UPS 電池、更換 stage cable。創閔從 8 月才開始學習鋰離子電池的研究，同時也必須感謝柏彥幫忙教導與給予建議，讓此計劃得以進行。我原先的想法是只要創閔願意進行實驗即可，成果方面不要有太大壓力，即使無法完成計畫目標，最後沒有獲得計劃經費也沒有關係，另一方面，創閔家境不錯，所以我也擔心他是否能承擔這些辛苦。創閔在很短的時間內，學會如何組裝電池，與製作電池極片的流程，有很好的實驗技巧與細心，自行閱讀很多相關文獻，希望能為實驗室將計劃作好，他跟我說會努力做好，不能丟人，他也希望他在研究所，能在研究方面有成就感，因此他在很短的時間即進入狀況，以大量的實驗調整出較佳的製程與極片配方，以 PAA binder、KD-1 等分散劑，成功達到奈米矽/碳化合物之理論電容量，並進行了非常多的測試與分析，在短短一年內，能有這樣的表現，實在難能可貴。

另外，在 2011 年底，福懋科技主動找我談計畫之事，不久後便開始執行蝕刻液配方開發之計畫，由於此時僅俊傑從事鍍料相關研究，因此計畫由俊傑一手負責。俊傑畢業於宜蘭化材，實驗室前兩位宜蘭化材的同學表現相當好，我對俊傑當然也有很大的期待。俊傑在入學前，在補習班教書，口才不錯，腦袋也相當清楚、聰明，研究也相當認真，唯獨有晚睡習慣，無法配合實驗室作息，導致與我關係曾有些緊張。他在福懋計畫上投入很多時間，進行各種蝕刻液的測試，成功開發出銅打線與銀打線的蝕刻液配方，並為福懋分析了許多樣品、解決問題，撰寫研究計畫報告，與不定期的分析報告，充分展現他的研究工作能力。在研究方面，則是進行無電鍍鎳、無電鍍鈷之電遷移研究，希望將聖恩的無電鍍鈷研究再次延伸，以 TEM 分析複雜的界面反應相，承接實驗室在 TEM 方面之分析。由於有產學合作計畫的加入，讓實驗室的研究與產業更加接近，也得到許多實際經驗，也讓實驗室的經費稍加寬鬆。

第五屆(2012 年 7 月進入實驗室)有根廷、冠廷、俊暉與漢鵬。根廷畢業於嘉大微生物系，資質也很好，思考型，成熟穩重，英文不錯，為人謙虛內斂，也畢業於名校高中，碩一時便希望他能與創閔一起學習，進行 Si/C 負極材料之相關研究，並承接中油的第二年度產學計畫。在計畫方面，根廷進行亞微米級的矽/碳複合物研究，藉由配方的調控，同樣可以達到很好的電池性能。並以石油焦混合矽粉進行熱裂解，直接製備出矽/碳複合物，使矽粉均勻分散於碳材中。另外，根廷在碩一時也進行了許多嘗試性的研究，希望能利用蝕刻方式製備出奈米孔洞矽，但這方面實驗並不容易，且通常需要用到強酸，所以後來決定停止。為了讓中油第二年計畫有些不同，因此我們也決定進行矽氧化物的相關研究，事實上目前非常多已商用的矽碳電極是以矽氧化物進行混合，因此根廷進行一氧化矽之負極材料研究，然而一氧化矽穩定性雖佳，但不可逆電容量太高，為降低其不可逆電容量，以鋰金屬進行預鋰化，根廷進行了非常多實驗測試，更發展出一套以一氧化矽還原成多孔矽的製備方法，得到非常好的研究成果，這可說是無心插柳柳成蔭，做到了原先碩一時希望完成的奈米多孔矽結構，此部份之研究方法，目前

文獻上尚未有相關研究，希望實驗室未來能持續在此方面深入研究。

冠廷與俊暉則負責鍍料部分的研究與福懋科技的第二年計畫。俊暉畢業於逢甲化工，做事負責積極，很有行動力，反應快、理解力強，溝通良好、樂觀，因此我相當放心由他負責 FIB 管理，其間雖發生過 FIB 真空管爆管，幸好有驚無險，大多能遵照先前之作法進行日常維護與服務。俊暉起初負責 Co-W-P 之無電鍍研究，但材料本身特性不如預期，始終反應快速、反應相容易飄散，因此在碩一下時，改為 Bi_2Te_3 熱電模組之鍍點研究，俊暉完成了非常多且複雜的界面系統研究，分別以無電鍍鎳與無電鍍鈷進行熱電材料阻障層之研究，對於實驗技巧的掌握相當好，對於界面反應現象有很好的觀察。將實驗室在鍍料方面的研究延伸到熱電模組之應用上，對於熱電材料之原理與特性也有初步認識。同時也負責執行福懋科技的第二年計畫，幫忙進行了很多計畫中的研究工作與量測，與結案報告之撰寫，順利完成計畫。

冠廷畢業於東海化工，為人老實，刻苦耐勞不計較，對於交辦事務從不推托，因此請他負責實驗室報帳與大小事務。與俊暉一同負責福懋的計畫，冠廷主要是負責臨時交付樣品之分析，均能快速給予結果與回應，對福懋計畫有很大的幫忙。在研究方面，原先規劃希望能延續柏毅 ENEPIG 系統的相關研究，並以晶圓進行高電流密度之電遷移實驗，搭配 EBSD 與各種阻障層之相關研究，但樣品製備不易，因此一直不太順利。後來以傳統反應偶的方式製備電遷移樣品，探討 Pd 層導入生成之 PdSn_4 相對電遷移抑制作用，在這部份也有不錯的研究成果。由於矽晶圓樣品問題，後來改變研究方向，以微量添加鎳來針對各種基材進行研究，發現 Ga 能非常有效抑制 CoSn_4 與 PdSn_4 之成長。同時他也進行 Sn-Ga/Cu、Sn-Ga/Ni 的界面反應研究，建立 Sn-Ga-Co 相圖，同時也感謝冠廷幫忙柏毅論文補了一些數據，讓論文得以順利發表，並且也發現 Pd_2Zn_9 具有線性成長與 cruciform pattern。同樣的，其研究成果也非常豐碩與重要。

漢鵬與冠廷是同學，同樣畢業於東海化工，資質不錯，思路清晰，有自己的步調與想法，在軟體、美工、文字描述方面均表現很好，這些雖與研究成果沒有直接關係，但是對於研究成果的整理與表現有很大的幫助，也因此論文撰寫的很好，年會論文海報競賽也每每獲獎。在碩一上我未明確給予研究主題，只希望他能繼續往奈米結構材料進行研究，延續修賢的 Ga_2O_3 研究，並進行 ZnO 製備的相關研究，因此在碩一摸索階段時，大多進行一些嘗試性的實驗。由於建麟在超級電容上逐步有些心得與成果，因此後來漢鵬也開始往這方面研究進行。利用 ZnO 模板結合水解生成氫氧化鈷(鎳)，作為超級電容材料，以 TEM 分析證明水解過程中 Zn 伴隨溶入氫氧化物，同時利用 XRD、XPS、FIB 進行了非常完整的分析研究，並利用鹼處理將 ZnO 移除，得到更好的電容性能，研究水準非常高。同時，組裝非對稱式電容，為實驗室開發不錯的碳極材料。漢鵬除了負責 pick-up 工作，整理實驗室手冊，也負責實驗室環安工作。我在 2013 年 7 月接任環安中心組長，此時實驗室的環安工作更加重要，他幫忙整理實驗室所有藥品之 SDS、安全衛生教育訓練文件、環安中心的毒化物資料整理。同時也找了許多軟

體輔助，例如: Jade、Solidwork、XPS 分析軟體，對實驗室後續研究分析上有大的幫助。

在先前三屆，均是碩一暑假進入實驗室即開始研究，題目明確，也盯緊研究進度與作息，也清楚在系上學生傳言中的負評。如前述，2011 年下半年，兒子出生後，必須花更多時間在家庭上，晚上必須更早回去。接著 2012 年 8 月升等後，研究上的壓力稍微減緩，9 月時還去了一趟新加坡，因此對於第四、五屆同學，開始採取較放任的方式，在碩一階段有進行實驗、熟悉設備即可，讓學生自行去發展。另一方面，在 2012 年下半年，我新開”高等化工熱力學”，雖然清楚這些上課內容與觀念，但還是必須花費了不少時間準備筆記與閱讀資料，以及思考要如何教學，幾乎整個學期都在備課。另外，產學合作計畫雖讓實驗室多點經費，但非常耗費時間，經常要與廠商討論各種產線問題與解答，準備期中、期末報告。另外，在此時接下 TMS 的 phase stability 會議之議程安排，也必須花時間處理雜務。另外，在 2012 年 6 月左右，搬入學人宿舍公寓，花費很多時間挑選家具與購買電器。

2013 年由於產學合作計畫，因此花了很多時間，在 2 月完成與福懋的第一年計畫，接著開始第二年計畫，在 8 月創閃完成了中油的第一年計畫，接著由根延負責第二年計畫。此時我兒子已經一歲多，正值好玩可愛的年紀，週末經常帶他去出去玩。暑假期間，晚上經常在家忙到半夜，學會如何做各式麵包、甜點，研究發酵，對我是一種有趣的學習，此時剛好也爆發了胖達人事件。10 月時，花了兩個多月撰寫材料分析的熱分析一章。也因此 2014 年 9 月(此學期)，新開”材料分析”課程，讓實驗室同學能更瞭解 XRD、SEM、FIB、DSC 等儀器之原理與運用。

第六屆學生(2013 年 7 月進入實驗室)有三位，念慈、柏諺與美樺。念慈為本系的畢業生，天資、反應也不錯，腦袋清楚，雖個性較散，但做事倒也負責、不推託，因此負責實驗室的報帳與大小雜務，也經常幫忙維修實驗室的儀器設備。經常對他說，若個性能稍改，他會有更好的表現。目前是進行鋰離子電池負極材料研究，燒除稻殼以獲得二氧化矽，再還原成奈米結構矽粉作為活性材料，再進行表面披覆改質，預期應該會有不錯的研究成果。另外，也幫忙補了俊毅之 Sn-Pb-Co 相圖的一些數據。偉豪於 2012 年 7 月離開實驗室，服了一年替代役，於 2013 年 7 月回來找我，希望能再回到實驗室完成研究所，我也答應了，希望他經過一年的思考，能更加成熟，目前負責鋰鈦氧材料之研究。

柏諺畢業於中興化工，為人老實可靠，做事細心，英文說的比中文好。負責 FIB 之管理維護，盡心盡力，在 2014 年這一年，FIB 發生影像處理板損壞更換，stage 接地線接點斷裂，更換 I-beam source、aperture，E-tip 也在年底更換，真是難養的機台，大小事不斷。為了省錢，柏諺訂購了 pump 的 tip-seal，我們自行拆 pump 更換。研究方面，柏諺主要是進行 Zn_4Sb_3 中溫熱電材料之阻障層開發。美樺畢業於聯合大學，是實驗室的第一位女生，負責 FIB 的 pick-up 工作與實驗室

的環安，由於環安中心在推行本校的教育部環安認證，因此實驗室的各項環安工作增加不少。同樣進行碲化鉍熱電材料界面研究工作，進行俊暉研究以外的相關界面系統。

第七屆學生(2014年7月進入實驗室)，目前碩一，共有四位，宣毓、哲揚、霈文與明軒。宣毓畢業於聯合化工，目前規劃電容方面研究。哲揚則是高應大畢業，目前進行鋅料與無電鍍之界面研究，未來規劃進行熱電系統之研究。霈文也是聯合化工，將延續根延之相關研究，負責與中油的深耕計畫。明軒則是成大化工畢業，規劃進行鋅料之相關研究。

我對於研究成果、論文撰寫有一定的要求，不夠好就是做到好，有時需要時間來磨，你有90分的能力，就至少要做到85分，所以在我們實驗室沒有一位是混畢業的，都是真材實料的。也因如此，我不是一位熱門老師，這幾年來經常都是收最後幾位備取，也沒有挑學生的機會，即使有學生找我討論指導，我通常還是會如實以告，實驗室並不輕鬆，有一定的要求與研究工作，也因此讓很多學生退避三舍。我認為考試成績並不那麼重要，重要的是有研究的熱忱與態度，我常說收到系上備取最後一刻進來的，往往都是撿到寶，因為最珍惜研究所的學習機會，包含漢廷、韋翰、凱琪、俊暉等。中正無法像台清交成給你們鍍金的學歷，我唯一能做的就是用心指導，盡我所能，將璞玉研磨成瑰寶。研究生不是我的一雙手，而是必須能夠自行研究思考，希望畢業時能成為真正有解決能力的工程師，能夠運用化工、材料基礎知識、工作經驗、邏輯思考，去面對、解決工作上的問題。前幾屆畢業的也工作了幾年，希望你們也能秉持在實驗室時認真進取的態度，自我學習、充實自己。

每間實驗室都有自己的風氣、制度、傳統，每一屆學生都必須肩負起實驗室的傳承，包含研究工作、實驗技巧、儀器保養操作，方能讓實驗室持續發展下去。我身為實驗室負責人，總籌管理實驗室的大小事務，很多事情必須分擔給各位協助完成，我無法一人做所有事情，因此希望每個人在實驗室都能找到自己的定位，發揮個人長處，由研究工作中獲得成就感，同學間相互合作、討論、幫忙，每個人都能成為實驗室重要的一份子，是我最樂見的。

結語，原先在1月3日(六)早上，只是想在新年寫一封簡短的问候信給大家，但不覺中勾起我的一些回憶，索性寫下實驗室這幾年同學、研究的往事，作為一個紀錄也相當不錯。或許以後每兩年就更新一次，讓此文章延續下去。文章內容、時間，若有出入，或有任何建議、補充，也歡迎讓我知道，我再進行修正，此文章我會放在實驗室網頁中，可以讓不同屆之間相互認識，也讓畢業同學了解實驗室目前研究狀況。

祝福大家在新的一年，一切順利、平安。

王朝弘敬上 104.01.07