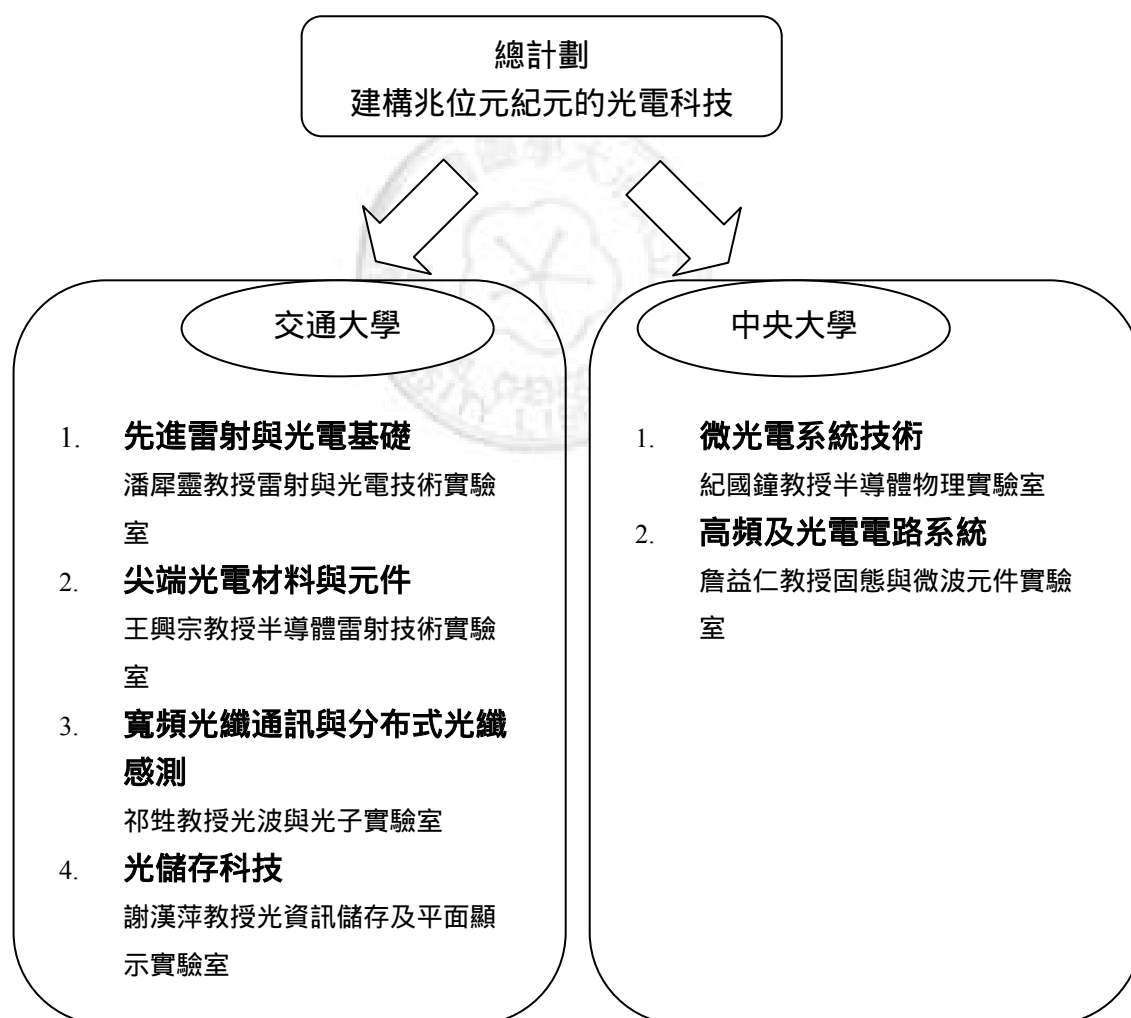


第四章 個案描述

第一節 個案導讀

在前六個個案實驗室分別為執行卓越計劃之六項子計劃主持人所負責，而其中四間實驗室位於國立交通大學光電工程研究所，分別是由潘犀靈教授所領導之「雷射與光電技術實驗室」；王興宗教授所領導之「半導體雷射技術實驗室」；祁姓教授所領導之「光波與光子實驗室」以及謝漢萍教授所領導之「光資訊儲存及平面顯示實驗室」。另外兩間位於國立中央大學物理所及電機所，分別是由紀國鐘教授所領導之「半導體物理實驗室」以及詹益仁教授所領導之「固態與微波元件實驗室」。各實驗室在卓越計劃中所研究的計劃關聯為下圖所示：



資料來源：整理自教育部卓越計劃

【圖 4-1-1】「建構兆位元紀元的光電科技」

另外位於中興大學精密工程研究所的是由洪瑞華教授所領導之「半導體微加工實驗室」，洪老師為教育部九十年度大專校院教師產學合作獎光電領域得主。位於中央大學電機工程研究所的是綦振瀛教授所領導之「光電與微波元件實驗室」，綦振瀛主任是負責經濟部的「有線/無線通訊整合界面關鍵元件技術開發四年計畫」的主持人。

這一節先介紹各實驗室研究領域與人員組成，待所有個案詳盡報導後，將於第十節討論其詳細的分析。

【表 4-1-1】個案實驗室簡介

| 實驗室名稱 | 指導老師 | 研究領域 | 人員組成 (在學) |
|-----------------------|-------|--|----------------------------------|
| 交大 《雷射與光電技術實驗室》 | 潘犀靈教授 | <ul style="list-style-type: none"> ■ Ultra-fast and Tunable Lasers ■ Ultra-fast Optoelectronics ■ THz Science and Technology ■ Optical and Millimeter wave interactions ■ Fiber and Liquid Crystal Optics | 博士後研究：3 人 博士班：6 人 碩士班：11 人 |
| 交大 《半導體雷射技術實驗室》 | 王興宗教授 | <ul style="list-style-type: none"> ■ 藍光半導體雷射 ■ 二極體激發式固態雷射之研發 ■ 半導體雷射 ■ 藍光紫外光雷射 ■ 量子侷限光電結構 ■ 光電材料 | 博士後研究：3 人 博士班：9 人 碩士班：11 人 |
| 交大 《光波與光子實驗室》 | 祁姓教授 | <ul style="list-style-type: none"> ■ 光纖傳輸及光纖通訊 ■ 光固子傳輸 ■ 光纖放大器 ■ 非線性光學 | 博士班：15 人 碩士班：15 人 |
| 交大 《光資訊儲存及平面顯示實驗室》 | 謝漢萍教授 | <ul style="list-style-type: none"> ■ 顯示技術 ■ 高密度光碟儲存 ■ 微型光學元件 ■ 光機投影系統 | 助理教授：1 人 博士後研究：1 人 |

| | | | |
|--------------------|-------|---|-----------------------------------|
| | | <ul style="list-style-type: none"> ■ 薄膜應用 ■ 微積光元件 ■ 高密度光碟儲存機制 ■ Optical MEMS ■ 顯示成像技術 | 博士班：11 人 碩士班：11 人 在職博士班：6 人 |
| 中央 《半導體物理實驗室》 | 紀國鐘教授 | <ul style="list-style-type: none"> ■ 氮化鎵材料成長 ■ 製程及物性之應用物理研究 ■ 離子佈值在半導體元件上的應用與機制研究 ■ 微結構及奈米微粒之研究 ■ 光偵測器之暗電流機制研究 | 博士後研究：2 人 博士班：6 人 碩士班：7 人 |
| 中央 《固態與微波元件實驗室》 | 詹益仁教授 | <ul style="list-style-type: none"> ■ 高速半導體元件 ■ 次微米技術 ■ 半導體製成技術 ■ 微波電路製程及模組技術開發 ■ 活性離子蝕刻技術之應用 ■ C 頻段射頻元件及模組技術開發 ■ 電晶體特性量測及元件模型之建立 | 博士班：6 人 碩士班：15 人 |
| 中興 《半導體微加工實驗室》 | 洪瑞華教授 | <ul style="list-style-type: none"> ■ 光電元件設計 ■ 微製造技術 ■ 微機電製程技術開發 ■ 半導體製程技術開發 | 博士班：2 人 碩士班：9 人 |
| 中央 《光電與微波元件實驗室》 | 綦振瀛教授 | <ul style="list-style-type: none"> ■ 微機電工程 ■ 量子點光電工程 ■ 氮化鎵光電元件 ■ 半導體材料與元件 ■ 高速元件 | 博士班：8 人 碩士班：10 人 |

資料來源：本研究整理

按照行政院國家科學委員會資料中心所編印的科技分類典中所述，光電包含有雷射工程、光電材料、光積體電路、光纖、光資訊工程等。並依據光電科技協進會所分類，光電產品界定範圍如下表：

【表 4-1-2】光電產品界定範圍

| 大分類 | 中分類 | 項目 |
|-----------|--|------------------------------------|
| 光電元件 | 發光元件 | 雷射二極體、發光二極體 |
| | 受光元件 | 光二極體與光電晶體、電荷耦元件、接觸式影像感測器、太陽電池 |
| | 複合元件 | 光耦合器、光斷續器 |
| 光電顯示器 | 液晶顯示器(LCD)、發光二極體顯示器(LED Display)、真空螢光顯示器(VFD)、電漿顯示器(PDP)、有機電激發光顯示器(OLED)、場發射顯示器(FED) | |
| 光輸出 | 影像掃描器、條碼掃描器、雷射印表機、傳真機、影印機、數位相機 | |
| 光儲存 | 裝置 | 消費用途、資訊用唯讀型、資訊用可讀寫型 |
| | 媒體 | 唯讀型、可寫一次型、可讀寫型 |
| 光通訊 | 光通訊零組件 | 光纖、光纜、光主動元件、光被動元件 |
| | 光通訊設備 | 光纖區域網路設備、電信光傳輸設備、有線電視光傳輸設備、光通訊量測設備 |
| 雷射及其他光學應用 | 雷射本體 | |
| | 工業雷射 | |
| | 醫療雷射 | |
| | 光感測器 | |

資料來源：PIDA(2000)

而各實驗室研究方向以 PIDA 之分類歸納成下表：

【表 4-1-3】個案實驗室所研究方向之分類

| | 光電 元件 | 光電 顯示 器 | 光輸 出/輸 入 | 光儲 存 | 光通 訊 | 雷射 及其 他光 學應 用 |
|---------------------------|----------|---------------|----------------|---------|---------|---------------------------|
| 交大 《雷射與光電技術實驗室》 | | | | | ◎ | ◎ |
| 交大 《半導體雷射技術實驗室》 | ◎ | | | | | ◎ |
| 交大 《光波與光子實驗室》 | | | | | ◎ | |
| 交大 《光資訊儲存及平面顯示實 驗室》 | ◎ | ◎ | | ◎ | | |
| 中央 《半導體物理實驗室》 | ◎ | | | ◎ | ◎ | ◎ |
| 中央 《固態與微波元件實驗室》 | ◎ | | | | ◎ | |
| 中興 《半導體微加工實驗室》 | ◎ | | | | | |
| 中央 《光電與微波元件實驗室》 | ◎ | | | | ◎ | |

資料來源：本研究整理

第二節 交大光電工程研究所 雷射與光電技術實驗室

基本資料

| | | |
|-----------------|--|--|
| 指導老師 | 姓名 | 潘犀靈教授 |
| | 學歷 | 美國科羅拉多州立大學物理學博士(1979) 美國科羅拉多州立大學物理學碩士(1975) 私立東海大學物理學學士(1971) |
| | 研究領域 | Ultra-fast and Tunable Lasers Ultra-fast Optoelectronics THz Science and Technology Optical and Millimeter wave interactions Fiber and Liquid Crystal Optics |
| 實驗室人員規模 (在學) | 博士後研究：3 人 博士班：6 人 碩士班：11 人 | |
| 經歷與榮譽 | Member, the Phi Tau Phi Honor Society, elected 1991. Distinguished Research Award, NSC, 90 through 96. Special Research Scientist of the NSC, 96 through 2002. Distinguished Special Research Scientist of the NSC, 2003. Fellow, Photonic Society of Chinese Americans (PSC), elected 1998 電機暨電子工程師學會及台灣區美國光子協會主席 行政院國科會研究獎勵傑出(83)(81)(79) 行政院國科會研究獎勵優等(78)(77)(76) | |
| 任教科目 | 雷射導論 飛秒科技導論 量子電子學與光物理專題討論（一、二） | |
| 實驗室網址 | http://www.ieo.nctu.edu.tw/~leo/index.htm | |

研究計畫(2000~2003)

| 類別 | 名稱 | 補助機構 |
|------|---|------|
| 學術計畫 | 建構兆位元時代的光電科技：先進雷射與光電基礎研究（分項計畫一） | 教育部 |
| | 新穎元件架構實驗型高密度多段波長多工通訊網路系統整合研究—子計畫二：DWDM 用多波長雷射之研究(2/3) | 國科會 |

| | |
|---|-----|
| 光電式同調連續波 THz 輻射束及其應用之研究(1/3) | 國科會 |
| THz 時析光譜學之研究 (I)：液晶材料之遠紅外光電特性 | 國科會 |
| 新穎元件架構實驗型高密度波長多工通訊網路系統整合研究—子計畫二：DWDM 用多波長雷射之研究(1/3) | 國科會 |
| 超快光學及超快光電子學之基礎與應用研究(3/3) | 國科會 |
| 超快光學及超快光電子學之基礎與應用研究(2/3) | 國科會 |
| 超快光學及超快光電子學之基礎與應用研究(1/3) | 國科會 |
| 用時間閘 FROG 法研究鎖模雷射脈衝形成動力學 | 國科會 |

專利(台灣/已核准/發明人)

| 申請案號 | 發明名稱 |
|-----------|----------------------|
| 078204010 | 比例積微分控制後光束拍頻式基曼穩頻雷射. |
| 085103696 | 一種磁場轉換元件之製造方法. |
| 085110882 | 含有螺旋形反射面鏡的掃描式光學延遲裝置. |

壹、組織平台與情境

一、領導者角色

(一)老師的研究風格與角色

■ 研究風格

一般人做學問最難做到的「無所為而為」的境界，正是潘犀靈教授從事研究工作所抱持的態度。或許是潘老師的資歷深厚，也或許是老師過去的傑出成果，因此潘老師目前所經手的研究主題，必定是老師自己所興趣的、心裡想做的東西，絕不是為了想獲得某種報酬，或是爭取某種名利而去做；所以做或不做，只基於兩個原則，那就是“想”，或“不想”。研究的動機必須要強烈，更要簡單而明朗，潘犀靈教授認為：依照著自己心中的感覺去找尋研究的方向，便能時時保有對研究的熱情，也才能享受做學問的樂趣。

在研究上，潘犀靈教授的態度相當嚴謹，對學生的訓練也非常紮實，往往碩士班學生在兩年的碩士生涯中的經歷是其他實驗室碩士班學生的兩倍，甚至以上。這樣子的要求，使得雷射與光電技術實驗室的學生在畢業之前都有能力在國外的專業期刊上發表自己的研究成果，因為要發表論文在國外期刊上並不是一件容易的事，如果學生有這個能力，那表示學生已經在各個細微的部分都下了很多功夫，並且有一定的程度，而學生優秀的表現加上老師的指導，潘犀靈教授也於1990至1996年間獲得三次國科會的傑出研究獎，並於1996年被約聘為國科會特約研究員。

■ 角色

「才華在逆境中展現，在順境中被掩藏」。在研究生涯中，遇到挫折似乎是每位研究者均會遇到的狀況，而如何在短時間內從困頓中爬出，就是傑出研究者與一般研究者的差別了。在雷射與光電技術實驗室中，成員們若是有很長一段時間研究進度上發生遲滯的話，潘老師會去由側面資訊去了解一下到底是什麼原因，進而給予幫助，「學生他們大概的進度我都會知道，但是如果說是學生個人感情因素的話，其實外人也很難幫當事人解決，當事人最終還是要靠自己領悟，自己要想辦法做適當的處理；那如果是實驗上或是論文上碰到什麼瓶頸的話，我們一定會在可以幫忙的地方出力。」潘老師表示。

或許正因為「美麗有許多種形式」，所以潘老師在行動上可能對學生表現出採取放逐式的態度，由學生們從中去摸索、體悟，但是只要

學生能夠在這其中有所獲得、成長，從困頓的泥沼中走出，那麼，對學生的人生經歷來說，應該也算是一種加值的體驗吧！因為行動是實現希望的唯一途徑。

(二)願景與研究方向

航海家哥倫布曾說：「勇於追求新的地平線就是冒險家」。而潘犀靈教授是一位研究型的傑出冒險家，老師甫自進入雷射以及光電領域，即不斷地為自己累積研究經驗，從博士後研究到升等為教授，一路走來均是以尋求卓越的學術成就而努力，以期待自己能成為學術研究界的領導或先趨為目標。

因為國科會計劃的彈性大，讓研究者有自由發揮的空間，對於學術的研究不會加以制式的束縛，而潘老師為了讓自己能專注在學術的研究上，所以承接的計劃大多是專注在國科會上，潘老師也表示：「實際上，我幾乎沒有做跟產業界合作的計畫，目前手上就是跟國科會計劃及卓越計劃而已，當然是有跟產業界互動啦！不過不是主要的program。卓越計畫也是如此，雖經審查通過，那其中的內容也大概是自己想要去研究的東西，而不是去為了爭取什麼而去做的。」

潘犀靈教授目前的研究主題大多鎖訂在加強先進雷射與光電科技方面的研究架構，以因應未來科技發展的需求。而目前實驗室著手在進行的計劃有：卓越計劃的先進雷射與光電基礎研究、DWDM用波長雷射之研究、光電式同調連續波 THz 輻射束及其應用之研究。

二、教育訓練

(一)基礎的教育訓練

光電所的學生大多來自於與光電領域相關的系所，但也有少數學生的背景比較沒那麼濃厚，例如機械系或材料系，像這些學生，潘犀靈教授會要求他要修習一些光電相關的基本課程，譬如說：電磁學、近代物理，或是電子學等。如果學生在唸研究所時沒有這些背景，通常會很吃力，基礎沒有打好，就妄想蓋高樓大廈，簡直就是天方夜譚。一旦學生確定被錄取，老師會要求碩士班新生先將光電基礎課程再複習一下，並且推薦一至兩本書，讓學生在暑假時可以閱讀。由於光電所對碩士班學生的訓練主要是以做實驗為主，因此熟悉基礎課程，即是希望學生在正式進入實驗室前，都能先做好暖身的準備。

讀書會的形式：由博士班的學長帶領，研讀一些光電領域或是實驗室未來研究必備的專業課程，雖然這些課程有大部分學校也有開

課，但可能不是很深入，而潘老師又沒有時間親自指導，潘老師就把一些專業課程依章節分配給博士班的學生來帶學弟妹。在暑假時，一周舉行一次至兩次聚會，新成員必須跟著進度研讀，而博士班學生則負責在每次聚會時做較深入的講解，以及幫忙解惑。

熟悉光電基礎課程後，緊接著就是要練習看論文，從論文中可以觀摩前輩的思考邏輯，學習怎樣構思出一個實驗的架構，以及如何收集材料資源，最後將問題解決而達成目的。同時，藉由多看論文，也可以增加學生閱讀英文的能力。潘犀靈教授說：「在暑假的讀書會之後，學生們大致會對實驗室在光電領域內研究的範疇有了些基礎的認識，接著在開學後就是要開始練習看論文，不但要看，也要練習去搜尋、篩選。這種訓練在一年級這個階段進行的速度端看學生所下的功夫，有的學生很積極，進度就會比較快，可能在一年級時就開始做跟他論文有關的工作；那有的學生進度比較緩慢，屬於晚熱型的，這點也是因人而異啦！不過基本上，學生在一年級下學期的時候就必須要很進入狀況，也就是要很積極的吸收實驗室的東西，再準備放進你的論文裡面。」

對於博士班學生，除了延續碩士生的訓練課程，更要向深部拓展，特別是強化思考邏輯及延伸理論空間，因此要讀的書就更多了。在訓練上，博士生和碩士生最大的不同是：博士生有個論文計畫口試，所以老師會要求博士生練習寫計畫、申請計畫。由於目前實驗室申請的計畫多是以國科會計畫為主，這和產業界的小型計畫不太一樣，博士生在提計畫時須先和老師做討論，並且取得其他實驗室成員的認同，當大家都同意提出的 proposal 是個值得研究的題目，而且是目前實驗室的設備、資源可以支持的，那麼就可以開始進行計畫的申請。但原則上，博士生提出的計畫，事先都會經過老師一定幅度的修改。

(二)促進成員感情的機制

實驗室成員會利用不固定的聚餐活動時，或是以平時一同用餐的方式進行互動以及增進感情。

三、激勵制度

(一)研究津貼的分配方式

研究津貼的分配往往是依照每個老師的觀念不同而有所區別，不同的老師對合理的待遇標準也就不一樣。在雷射與光電技術實驗室中，同學們所被分配的經費是固定的：碩一時每個月領四千，而碩二

每個月是六千，並不會因為承接案子的數目不一而有所不同，因為案子有重有輕，老師在將案子交付學生時就會先衡量其輕重，所以每位成員的負擔都不會相差太多，自然經費給予就不會有差別。除非學生都不來實驗室，老師才會對其研究津貼做些限制。並且，因為光電研究所還是以做實驗為主，有些機台必須要靠學生來保養，也許並不是每一個學生的研究都和每一機台有絕對的關聯性，但潘老師還是希望學生能常跑實驗室，來執行機台 maintain 的動作，並維護實驗室的工作環境。

(二)其他

一般來說，博士生在實驗室大概會停留四到五年的時間，至於博士後研究員則因承接的案子不同而有所差異，有的約一年左右，有的則比較久。而服國防役的成員也會停留比較長的時間。博士生和其他研究員待在實驗室的期間內，老師會持續觀察他們的動態及表現，大部分到了後期，約第三年到第四年的時候，對於表現優異的學生，老師會考慮聘請他為研究助理教授。這樣提拔學生的動作，也是希望實驗室建立起來的研究精神能夠傳承、延續下去。

四、團隊溝通與合作

(一)meeting 的頻率與方式

雷射與光電技術實驗室中的 meeting 可以說是交大光電所中次數最頻繁的，目前實驗室 meeting 的方式主要分為 group meeting 和私下 meeting 兩種。group meeting 是每個星期都會舉行一次的會議，所有的實驗室成員都要參加，形式類似所謂的 seminar，每次通常是由兩位學生做報告，分別是一位博士班學生及一位碩士班學生，報告的時間大概是半個小時到一個小時左右，內容則必須是最近的期刊及和實驗室研究取向相關的 paper。

基本上博士生上台報告時，必須要以英文做 presentation，對於碩士班的學生，老師則是採取鼓勵的態度，並不會特別限定，但仍然希望碩士生能把握強化英文表達能力的機會，甚至以英文來撰寫碩士論文。group meeting 的目的主要是讓學生有上台報告的機會，這是一個很重要的訓練，潘犀靈教授認為：「站在台上，除了要有穩健的台風，更要具備有系統的表達能力及足夠的自信心，如此才能讓他人信服，同時也替自己報告的內容加分。」，因此，group meeting 比較不會著眼於當前研究上的問題、瓶頸，通常是報告實驗室目前新的研究主題，或是論文研讀的心得，也可能是某個學生剛好完成一個 project，就會

藉著 group meeting 的機會報告一下，讓其他實驗室成員了解。

另外，當博士班學生欲提案計畫的時候，也會在 group meeting 進行討論，雖然碩士班學生停留在實驗室的時間較短，可能沒有辦法完全進入狀況而提出自己的看法，但老師相信，這對每一位成員而言，是一個很好的學習機會，只要有心，在任何場合、任何討論的過程都可以學到很多，如果學生能經由多看、多聽、多問的過程，做到「見賢而思齊，見不賢而內自省」的功夫，那麼進步的成效將是難以預料的。當然，其他的成員也可以給提案計畫的人一些當時想到的建議，所謂「三個臭皮匠，勝過一個諸葛亮」，綜合眾人的思維，必能克服許多難題。

至於私底下的 meeting，就是針對個別成員的研究內容以及其進度的討論，通常都是學生私下主動找老師討論，有時也會與同組的學長一起去，因此平均一個禮拜每個人至少都會去找老師一次，而經由直接面對面的對談，也較能單刀直入的切入問題的核心，深入了解學生研究、實驗的進度和問題。

(二)其他的溝通管道

負責同一專案的學生如果在研究上遇到了問題或是瓶頸，潘老師也歡迎同組的學生一起去找他進行 sub-group meeting，老師平時有固定的時間會待在辦公室，潘老師強調：只要學生有疑惑，他的辦公室大門是隨時為學生而開的。通常博士班學生還是會比較大方，找老師的次數相對碩士班而言比較多。另外，因為實驗室中的成員眾多，老師會藉由博士班學生的報告來控制整個實驗室的進度。一個禮拜會安排一天，由博士班學生向老師另外做口頭報告，這時候會順便報告碩士班的研究進度。

(三)經驗分享的方式

因為有共同的 seminar 時間，因此實驗室成員可藉由這個機會，聽取報告的同學所整理出來的論文摘要，或是實驗成果，來快速的吸收別類题目的精華及最新期刊上的新知；另外，學生們經過一段時間的訓練之後，對於自己要做的研究方向，通常會先有個底案，因此學生自己會清楚應該跟著哪幾位較資深的博士班學長來接受指導，或和研二的同學一起學習，一但大目標確定了，實驗室中的學生便會自己找時間儘早開始學習。當然，潘犀靈教授的費心督導，更是成員們積極進行研究的動力。

潘犀靈教授一直由衷的希望，在實驗室嚴謹的訓練之下，所有的成員將來踏出實驗室後，都能具備在期刊上、甚至在研討會上發表論

文的能力，因此研討會的參與，是整個學習過程中相當重要的環節。對於國內的光電研討會，潘犀靈教授要求學生一定要全員參加，學生們回來之後必須要寫一個心得報告，讓學生們把吸收的東西加以整理，如此方能徹底吸取他人的經驗，進而提升自己的戰力。畢竟學問與知識絕不是垂手可得的東西，若沒有實事求是的功夫，是無法追求到手的。

五、實驗室團隊之組成

(一)實驗室成員的選擇

潘犀靈教授表示：「我會先看學生們的推薦函，參考學生在大學或是碩士班時的修課的成績，不過碩士班的學生我會希望他有跟過專題，這樣會比較了解研究是怎麼回事，也比較知道進入研究所後在課業上或是生活上會有什麼差異、或是要求，因為碩士生不比大學生，假如學生沒有一些認知就來念研究所的話，那麼接踵而來的要求可能會讓學生遭受到一些意想不到的挫折。至於課程方面就是要有一些很基本的背景，光電所進來的學生大多是物理系和電機系的吧！不過我們也有來自於材料系、機械系，以及一些少數的其他學系。而博士班學生除了推薦函外，我也會看他之前所做的論文水準來決定。」

「當然，我們從推薦信可以得到很多資訊，不過基本上，重要的還是學生要有學習的意願、有動機來唸研究所，通常老師都會希望學生能夠主動，除此之外，因為總是要跟別的老師或是別同學合作，很多事情需要別人幫忙，所以我會要求學生要有團隊的精神。如果說這位學生的大學成績不錯，當然不一定要第一名，然後又有一些社團的經驗，有當幹部之類的，那麼在這種狀況下便能夠很均衡的發展，我會比較傾向收這種類型的學生。譬如說學生有參加社團活動，然後可能也有些特別的興趣或專長，我指非學業方面的，這樣的學生會更有發展潛力，我比較不希望學生是書呆子，但是本身的基礎一定要夠紮實。」

目前在實驗室中，碩士生由甄試進來的與由考試進來的人數上比例大約是一比一，一般來說，碩士班學生的招收是基於整個所上的考慮，並不是由老師單方面決定，而潘犀靈教授給學生評分就是根據這些標準：亦即潘老師不會特別希望學生一定是第一名的學生，儘管那是第一名的學生，可是其它方面都表現平平，那麼潘老師還是比較有可能把成績中上，但具有社團經驗的學生評得比較高分；但如果學生成績相當突出，其他方面卻不是那麼優秀的話，或許將來在研究上也

可能有特殊的潛力，因此潘老師也不會說不錄取，只是老師評給那種學生的分數可能不會比上述的那種那麼高。

而在選擇博士生上，老師除了透過當面跟他們對談外，通常同學們都會在考試之前先到學校了解情形，可能會找很多老師談一談了解一下，潘犀靈教授認為這樣對雙方面都很有幫助。尤其在博士班，學生的推薦信是非常重要的，如果一般看起來還不錯，可是推薦信卻說學生沒有唸 P.H.D. 的 potential，那潘老師是不太會考慮的。

博士後研究員與博士班的定位是否有些許不同？在雷射與光電技術實驗室中，資深的博士班學生跟博士後研究員的地位大概是差不多的。通常博士後研究員可能原來的專長跟實驗室鎖定研究的方向並不完全相同，但是或許是相輔相成，而且他們來做博士後研究員的目的也是為了學習新的東西，那麼實驗室就可以妥善的利用這些博士後研究員原來的專長，如此所有成員都可以相互學習。這是博士後研究員與博士班學生相比下比較不同的地方。

(二)研究室的空間規劃

研究室就像是孕育學生的搖籃，因為學生們在實驗室停留的時間比較長，潘老師為了讓學生有比較多自由的空間，所以在研究室空間的規劃上，潘老師全權交由成員自行負責。因此，研究室對學生而言，就是在做實驗之餘最好的休憩、讀書場所，以及聯絡感情的實體平台。在實驗室中，有許多管理的規則是從以往就傳承至今，例如環境的打掃或是電腦伺服器的管理等，都有規劃專人各司其職，而老師平時除了非常要緊的事外，老師也是盡量以不打擾學生為原則，因此老師不太會去研究室突擊。

貳、組織的知識流通

一、知識取得

(一)專業知識

國際期刊論文是每個研究領域傳達新資訊的載體，也是每位學者互相競爭的兵家之地，因此能刊登在上面的文章必定有相當的水準。在實驗室中，學生所研讀的專業期刊論文都是由學生自己去尋找，並且依老師訂定的標準自行做好篩選的動作。另外，潘老師閱讀到不錯

的文章時，也會轉交給學生們詳讀，然後進行報告。所以在 seminar 時的報告內容也就是學生自己所搜尋到的 paper，而潘老師要求的重點有二：

1. 學生自己一定要有能去分辨好壞的能力，專業的文章首重於有新穎的論調及系統的表達，若只是陳腔濫調、拾人牙慧，那麼就沒有報告的價值了。
2. 做學問要實事求是，在每次的報告之前，一定要做好充分的準備，清楚地將這些期刊論文的精髓表達給同學，並且針對大家有可能質疑的地方做詳細地闡述。

知識取得的另一個來源就是研討會，每次的研討會都可能會有該主題頂尖的學者與會出席，因此參加研討會除了能吸取新知、了解別人的研究方法、研究成果，若是還能因此請益到該專家學者，也是收穫一件。在台灣每年有一次光電領域的盛會，「光電年會」，全國光電領域相關的研究者會在該場合競相發表論文，學生也有機會在台上一表自己研究的小小成果，因此，潘犀靈教授每年均會要求學生盡量全程參與，並且嘗試爭取上台 present 的機會，如此，除了可以增加自己的實戰經驗，同時也為將來在國際舞台上發表論文先做暖身的動作。

二、知識創造

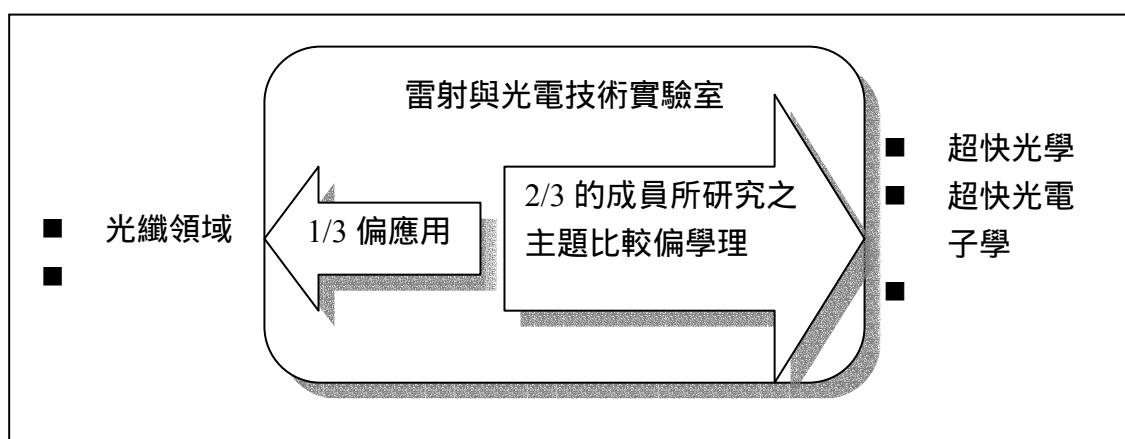
(一)解決問題的方式

雷射與光電技術實驗室中，有三位博士後研究員，其中包括一位來自俄羅斯的國際訪客，其下尚包括六位博士班學生以及十一位碩士班學生。一般來說，博士後研究員或博士班學生所做的題目通常都有一定的困難度且需要長期執行，因此可能要一、兩年的時間才能達到研究的豐收期。至於碩士班則是因為有時間的壓力，在短短兩年的時間必須有一小點的研究成果。原則上潘老師是不會讓碩士生延畢的，因此兩年之後要把碩士論文結束，所以碩士生均是執行時程較短、重要性較小的計劃，但是通常仍會跟大主題有相關性，也就是說與博士班學生或是博士後研究員做的東西有關，不過儘管在同一學長的題目下研究，不同的題目之間還是有一定的範疇、界線，並不會出現重複的情況。因此，碩士生一方面可以從這邊來學習，另一方面，研究出來的成果對整個計劃的進展也是有幫助的！而且，在實驗室中的碩士生，做到最後都會有能力在國際期刊上發表 paper。

目前實驗室裡大概有三分之二的人做的是比較偏學術的東西，三

分之一則是比較偏應用方面，成員們可以根據自己的興趣去選擇，不過不管是哪個領域，基本上學生們覺得都是很值得研究的。潘犀靈教授表示：「這在分配上一般還是有個彈性的，要看實驗室現有的資源，就是人力跟設備，所以這在不同的時間點上是不一樣的。目前進行的有三、四個主要的課題，均是以博士後研究員或是資深的博士班為主，並且在各個階段會有不同的計劃。不過基本上，這幾個計劃還是會依循一個共同的主題。」

資料來源：本研究整理



【圖 4-2-1】雷射與光電技術實驗室組織分工圖

在卓越計劃中，潘老師負責的子計劃一這個部分尚有兩個共同主持人，另外還有兩位是主要的合作者，所以基本上有四、五位成員共同合作。在雷射與光電技術實驗室中，卓越計劃配置一位博士後研究員，然後兩、三位博士班學生共同參與，那碩士班學生的話就不一定，因為其流動性較高。

(二)執行與整合新技術程序與工具

潘犀靈老師說：「在與業界的合作上，我們並不採取主動，不過因為很多學生他們自己開公司，有時候多多少少會碰到一些問題，他們就會回來找我談談，我會盡可能看看是否能幫上學生一些忙，大概就是類似這樣子的性質。我並沒有特別排斥跟產業界合作，不過現在不是大部分，只佔了很小的一部分。另外一點，因為我們所研究的東西有些是產業界當前最需要的，通常都是產業界自己會主動到學校來尋求幫助。不過我們與業界合作的計劃大多還是跟之前畢業學生的公司合作為主。」

在實驗室有引進博士後研究員來輔助現有實驗室的一些技術或特質的長期規劃嗎？潘老師表示：「基本上在我們實驗室中，博士班學生

還是我們的主力，博士後研究員雖然很優秀，執行研究也相當有能力，不過相對的也不太容易請，像這些高科技的人才現在很容易就可以找到好的工作，除非他們有心要求學術上的發展，否則不是那麼容易聘請到合適的博士後研究員，因此實驗室的研究還是以博士生為主體。可能是因為台灣社會的風氣所致，國內的博士後研究員比較少，但是在國外來說，可能他們有著不同的文化、不同的認知，所以國外的博士後研究員反而比較多。」

(三)成員題目概念的生成

對於博士班學生，潘犀靈教授會希望他們在論文計劃口試時，能夠提個完整的 proposal。因為國科會計劃跟產業界的計劃是有區別的，在雷射與光電技術實驗室中所承接的產業界計畫都屬於小型的、小計劃，不過不論哪種計劃，實驗室成員在提計劃之前都會先與老師以及所有博士班以上的成員有個討論，潘老師藉由這種群體思考，來激盪成員的想法，找出比較值得研究的課題。

潘犀靈教授說：『就是說他如果想要做些什麼的話，他必須首先要讓我們大家都同意這是值得做的題目，然後是可行的，就是說目前的設備是做的到的，然後他才能去進行。』

就個就有點類似去讓學生們練習去寫計劃，不過在實際上提出的計劃案中，潘老師會做好嚴謹的守門員角色，將成員的構想做一個完整的編繪，去蕪存菁，雖說可能與學生最初所提的計劃大相逕庭，不過也因為老師的把關，將經驗與見識融入當中，讓研究品質又更提高一層。

對於碩士班學生的研究題目，通常就是由老師來指定題目交由學生去研究，因為潘老師對於研究的經驗相當深厚，因此由老師發想的題目往往都較具有前瞻性，對於學生來說，完成這份題目就是一項加值的挑戰。因為學生眾多，潘老師不會同時給予所有學生研究題目，不過前後相差不會超過半個月，大概碩一下六月底、七月初就會有確定的題目，學生就可以開始執行。

三、知識蓄積

(一)留才

企業界常說：「員工是知識經濟時代下，企業最重要的資產」，那麼對實驗室來說，研究生就是實驗室的最大資產。在潘老師的實驗室中，博士班有相當高的比例是原本在這邊唸碩士班的學生升上來的，或許是這些學生在唸碩士班時比較順利，所以就留下來延續原來碩

士班的研究，因此通常也可以比較快完成學業。因為如果原來的背景非光電本科的話，那學生自己讀起來會比較吃力，也就是說結束學業的時間可能會比較久。

(二) 資料庫的建置

在潘犀靈教授的實驗室中，設置一台公用的伺服器，是給成員們作為資料庫使用的，成員們每個禮拜 seminar 的投影片，或是同學自己搜尋到的相關主題原文均會被存放在該資料庫中。所以實驗室的成員如果有找到值得閱讀的 paper 以及相關的文獻就都會存放在那裡，讓大家都登入去 search，而一些老師教學需要用到的資料、課程講義也會放在上面，提供給有選修潘老師課程的學生下載，另外，畢業的學生會留一片紀錄自己論文研究的光碟放在實驗室中，之後會編號後上架，以供底下接手計劃的學弟妹能進入狀況。

(三) 師徒制

碩士班學生進入實驗室後，博士班的學長就扮演著引領學弟妹進入研究領域的角色。碩士班學生必須跟著學長們，學習往後做研究可能會用到的儀器、技術，或是某種軟體，並且在一年級的時候，就把實驗室的所有硬體、軟體設備弄熟練，為往後論文的撰寫做準備。潘犀靈教授表示：「這就像古時候的學徒一樣，必須要跟較資深的成員一起工作，從最簡單的事開始學起，當基礎穩固了，才能更上層樓，進而獨當一面。」

另外，老師相當鼓勵博士生練習當一個 group leader，藉由他跟碩士班或是比較資淺的博士生之間的互動，試著練習做統籌、分配，及人力資源調度的工作，老師認為：這是一個相當重要的能力，因為博士生將來畢業之後，也可能要靠自己組織一個 group，所以要怎樣跟其他的 group member 互動？如何將角色拿捏到恰到好處？並且督促整個 project 順利進行，這些都是需要練習的。

(四) 專利的申請

對於實驗室的產出是著重在學術發表還是申請專利呢？在以往，雷射與光電技術實驗室主要仍是以論文發表為主，雖說在產出的過程中多少會伴隨著一些可申請專利的技術，不過因為申請專利是要耗費時間跟金錢的，並且在申請專利抑或是要追求快速的論文發表，這兩樣在時間上會有些許衝突，很難兩樣均能兼得。所以在實驗室的立場，多半還是以學術論文的發表為主，不過因為現在科技的進步大幅超越以往，因此潘老師也慢慢有在專利這塊施力，畢竟這社會已逐漸轉入無形資產當道的時代。

第三節 交大光電工程研究所 半導體雷射技術實驗室

基本資料

| | | |
|-----------------|---|--|
| 指導老師 | 姓名 | 王興宗教授 |
| | 學歷 | 美國史丹佛大學電機工程博士(1971) 日本東北大學電機工程碩士(1965) 國立台灣大學電機工程學士(1957) |
| | 研究領域 | 藍光半導體雷射 二極體激發式固態雷射之研發 半導體雷射 藍光紫外光雷射 量子侷限光電結構 光電材料 |
| 實驗室人員規模 (在學) | 博士後研究：3 人 博士班：9 人 碩士班：11 人 | |
| 經歷與榮譽 | Xerox Corporation 資深科學家 洛克希德馬丁公司顧問科學家 史丹福大學副研究員 美國光學協會會士 86 年度傑出人才講座得獎人 行政院國科會精儀中心顧問 | |
| 任教科目 | 光電子學專題 半導體雷射 | |
| 實驗室網址 | http://www.ieo.nctu.edu.tw/~sclab/ | |

研究計畫(2000~2003)

| 類別 | 名稱 | 補助機構 |
|------|---|------|
| 學術計畫 | 建構兆位元時代的光電科技：尖端光電材料與元件 (分項計畫二) | 教育部 |
| | 新穎元件架構實驗型高密度多段波長多工通訊網路 系統整合研究—子計畫三：DWDM 長波長面射型雷 射之研發(2/3) | 國科會 |
| | 氮化鎵材料製程開發及元件製作(2/3) | 國科會 |

《大學實驗室組織平台與知識流通之研究》

| | | |
|--------|---|--------------|
| | 新穎元件架構實驗型高密度多段波長多工通訊網路系統整合研究—子計畫三：DWDM 長波長面射型雷射之研發(1/3) | 國科會 |
| | 氮化鎵材料製程開發及元件製作(1/3) | 國科會 |
| | 氮化鎵族光電材料與元件之研發(2/3)—子計畫二：氮化鎵族光電元件製程之開發 | 國科會 |
| | 氮化鎵族光電材料與元件之研發(2/3)—總計畫 | 國科會 |
| | 氮化鎵族光電材料與元件之研發(3/3)—子計畫二：氮化鎵族光電元件製程之開發 | 國科會 |
| | 質子佈植應用於長波長 1.3um VCSEL 之研製 1/2 委託計畫 | 核能所 |
| | 質子佈植應用於長波長 1.3um VCSEL 之研製 2/2 委託計畫 | 核能所 |
| | 氮化鎵族光電材料與元件之研發(3/3)—氮化鎵族光電材料與元件之研發(3/3)-總計畫 | 國科會 |
| 產學合作計畫 | 850nm 砷化鋁鎵面發光式雷射磊晶技術開發之 VCSEL failure analysis | 全新光電科技股份有限公司 |

壹、組織平台與情境

一、領導者角色

(一)老師的研究風格與角色

■ 研究風格

王興宗教授曾於一九六五年時在交大電子所擔任教職，當時交大正好自美國聘請了一位雷射專家王兆振博士回國指導雷射研究，於是王興宗教授當時就與這位王博士共同研究。

這合作的過程中還有一段小插曲。LASER 是「利用激發輻射將光放大」五個字的英文字母縮寫，但是國內並沒有正式的中文譯名。當時交大李熙謀校長建議譯為「雷撒」，但王興宗教授認為應該把「撒」改為「射」，將更具代表性，因為「雷射」有光輻射的意思。就這樣「雷射」一詞便流傳下來。

當時交大的研究環境並不理想，但是在研究團隊戮力克服萬難下，隔年就成功的研發出可發射紅光的「氦氖氣體雷射」。王興宗教授在交大的研究受到美國史丹福大學雷射專家薛格曼教授(Prof. Siegman)的注意，於是邀請王老師到他的研究室研究，並攻讀博士學位，因此王教授欣然的進入另一階段的雷射研究生涯。原本計劃唸完博士後，立刻返回交大繼續研究雷射，沒想到卻隔了將近三十年之久，王老師才回到交大。

在史丹福大學的博士論文是以雷射穩頻為主，王興宗教授必須要自行研製一套新的氣體雷射架構，當時在市面上是買不到現成的，因此這無疑又是一個新的挑戰。不過過去在交大的研究經驗讓王老師深具信心，從理論設計、元件製作乃至於最後的實驗結果，都能於兩、三年內順利完成，這不僅讓王老師獲得博士學位，也得到指導教授的肯定，而被留在史丹福大學原研究室擔任博士後研究員。

接踵而至的新計劃是需要研發一種多波長雷射，同樣對王興宗教授來說也是全新的挑戰，但也因此讓王老師發明出同時能發出紅、綠、藍三原色的「白光雷射」，並獲得四個國家的專利。一九七四年，美國著名的影印機公司「全錄」(Xerox)公司，邀請王老師從事「白光雷射」應用於彩色影印的研發工作。這是一項與學術研究全然不同的挑戰，必須將白光雷射改進成功，成為一種可用於高解析度彩色影印機的雷射產品。當王興宗教授看到自己的發明變成實際有用的成果，心中的喜悅難以形容。因此，王興宗教授也獲得了「白光雷射之父」

的雅號。

『回想與雷射共舞的研究生涯，從一個完全不認識雷射的大學生，後來變成一個雷射發明家，像是童話故事中的情節一般，但除了緣分，我對新事物的好奇心，願意不斷接受新挑戰的刺激，還有對學術研究的迷戀，應該才是真正的原因』—王興宗教授寫於「傑出學者給年輕學子的 67 封信」¹

在對學生研究指導上，王興宗教授除了要求一定要自動自發、積極主動外，也希望學生要對自己的研究負責，不能對自己做的東西隨便呼攏過去、交代不清，王老師要學生去思考所做的東西到底有什麼用、如此的實驗方法是否正確、實驗結果出來能不能有效地說服別人，假若不能說服別人的話，就必須需要再繼續做相關的實驗來佐證。

■ 角色

碩二學生盧哲偉回憶老師在 meeting 時的態度：「我覺得老師扮演的角色有點綜合啦！基本上他會站在一個指導者的立場，聽聽看學生什麼地方講錯，老師會不斷地詢問“是這樣子嗎？你確定是這樣子的？”來確定學生是否真的對自己報告的東西有把握；老師如果覺得這個問題是出於學生自己不認真，他也會故意不跟學生講，待學生自己去發現進而自我反省，因為老師會覺得態度不夠認真是做實驗最嚴重的根本問題！有時候老師也會主動地提問題，當他覺得這東西很好玩、很有趣，但大家仍未清楚，只在猜測階段，那老師就會提出他的看法；有時候如果老師覺得學生根本就弄錯了研究方向，卻還在台上一直天花亂墜，他當然就會在下面唸說“這根本就不是這樣子阿，你還一直...”。老師基本上是不會用很嚴苛的語氣來罵你，他只會稍微的諷刺你一下“啊...你這樣子不行喔，都已經學了這麼久，怎麼都還不會呢...”藉由這樣不斷地從旁點醒、刺激，促使學生往正確的研究方向推進，且鼓舞學生對研究的熱情。」

王興宗教授平時較少來實驗室，是因為不希望讓學生感到研究的壓力，不過在用餐時間或是老師回家之前，老師會進來實驗室跟學生話家常，拉近師生關係。王興宗教授平時也相當關心學生的健康，對長時間從事學術研究的人來說，有好的體力才能長時間的投入在研究室中，老師偶爾會提醒實驗室的成員們要多運動，維持良好的體力，而老師本身也會有早起去爬十八尖山的習慣。

在生活上，老師並沒有嚴格要求實驗室成員在幾點到幾點之間一

¹傑出學者給年輕學子的 67 封信，天下文化出版，作者：李遠哲...等。簡介：本書集結了 67 位「傑出人才講座」得獎人寫給年輕學子的箴言，有對學者生涯的回顧，也有對學術領域自身的反思，對年輕學子極有參考價值。

定要出現在實驗室，不過王興宗教授會希望學生們每個禮拜均能完成規定的進度。而在半導體雷射技術實驗室中，碩士班的學生是由博士班的學長以直屬的方式個別指導，所以就是由博士班掌控碩士班的進度，王老師再來掌控博士班的進度。這樣制度下，老師會不會跟碩士班的距離比較大一些呢？因為實驗室裡大概有十位博士生及十幾位碩士生，王興宗教授為了避免沒有辦法 handle 每位碩士生的詳細進度及狀況，於是演變成當碩士班有問題時就先跟直屬的博士班學長討論，若博士班學長覺得自己解決不了，有必要通知老師的，就會再去請教老師。譬如碩士班學生在採買金額比較大的案件上，就必須先跟博士班學長討論，之後再呈報上去給老師，看看是否有重大的問題。

(二)願景及研究方向

「如果人與人的相識是一種緣分，對我而言，三十幾年來的學術研究生涯，與雷射研究似乎也是有了不解之緣，一如它的亮眼，雷射也使我的學術研究生涯添增了不少光彩與榮耀」—王興宗教授寫於「傑出學者給年輕學子的 67 封信」

與雷射共舞，王興宗教授認為僅有「緣份」二字可以形容。當年王老師從台大電機畢業時，雷射僅止於理論的探討與研究，還未有實際的雷射出現(第一個紅寶石雷射是在一九六〇年問世)。在第一個雷射發明後的第三年，王老師考上了日本政府公費獎助金，前往日本東北大學電子工程研究所攻讀碩士，老師生平第一次聽到 LASER 這個名詞也是在那時(當時尚無正式中文譯名)。雖然王老師在日本求學時主攻光電子領域，與雷射並無直接相關，但也對雷射的理論有了初步的了解。之後，王興宗教授因為機遇巧合而獻身於雷射研究領域，然而這一研究下來，王老師不但對雷射有了全盤通徹的了解，同時也有許多傑出的貢獻。

繼「白光雷射」之後，王興宗教授目前的願景是希望做出藍光的 VCSEL²，這也是半導體雷射技術實驗室明確的目標，甫自實驗室成立以來的三、四年間，方向就是朝著藍光的 VCSEL 出發，而卓越計

² VCSEL, Vertical Cavity Surface Emitting Laser, 垂直腔表面發射雷射器。倍受贊譽的優點就是低功耗，但恰因為輸出功率低，不太適用於電訊網路中的遠程傳輸要求。可應用於晶圓上進行測試，因此製造商能夠在封裝之前發現次品，這一點是傳統的邊緣發射雷射器所沒有的。因為 VCSEL 在支援廣域網路要求的 1,310nm 和 1,550nm 波段方面還處於起步階段，不太可能取代遠距離傳輸用雷射器，僅適用於短距離連接的場合，包括相距小於 300 米的機箱之間的連接，或稱為「超短距離連接」(VSR)。VCSEL 還構成了 10Gbps VSR 連接標準的一部份。

劃也是以做出藍光的 VCSEL 為整個計劃的最終標的，現在全世界還沒有人做出來。半導體雷射技術實驗室的成員表示，因為這目標的達成需要相當多嚴苛的條件，目前在實驗室中僅部分可達到要求，可是另外尚有一部分仍需要再做些調整，所以整個目標的達成還需要一段時間的醞釀。

二、教育訓練

(一)基礎的訓練課程

■ 內部

對於新加入半導體雷射技術實驗室的成員，王興宗教授要求他們先去找每一個學長，看看那些學長們分別在做些什麼，然後給新生大概一、兩個禮拜的時間去了解，此階段尚未進入正式的學習。之後，老師希望學生們之間自行去做協調，看誰要先跟哪位學長，以暫定而非輪流的方式，過一陣子要是真的覺得不適合的話再來換。此時，學生會自行先衡量自己最想學的是什麼、而要跟哪位學長來學習，如果出現太多人想要跟同一個學長的狀況的話，這時候老師就會以協調者的角色居中協調。

學長除了要帶學弟熟悉自己在做的專題外，還需負責引導學弟、妹們進入狀況，因此，當學弟、妹找好直屬學長時，學長就會開始執行訓練的活動：包含開書單(中英文專業書目以及國內外期刊)給學弟研讀、訂定學弟每個禮拜讀 paper 的進度，教導實驗室基本機台的操作。或許每一位學長的風格不盡相同，不過這些基本功夫是一定會傳授下去的。而在選課方面，王老師並不會強迫實驗室成員一定要修什麼課，不過當學生安排好課表拿給老師簽名時，王老師通常會給些自己的意見，例如：有些比較高層次的課可以考慮加選？或是哪些基礎的課程修過了沒？但是老師也不會強迫！通常問問之後也就簽名了。

■ 外部

除了實驗室本身的教育訓練外，基本上半導體雷射技術實驗室的成員大多會從交大的半導體中心接受操作特殊機台的訓練，另外還有一些 NDL³以及精密儀器中心⁴的訓練課程，包含無塵室的儀器操作，成員會視需要而選擇參與。在經費的補助上，實驗室會幫忙負擔訓練完畢後檢測考試的部分，而書籍通常也是可以申請的，但大家會覺得

³ NDL, Nano Device Laboratories, 國家奈米元件實驗室, <http://www.ndl.gov.tw/index.asp>

⁴ 行政院國科會精密儀器發展中心, 參照網頁 <http://www.pidc.gov.tw/>

終究是自己獲益，所以還是會由自己出資，這似乎已形成了實驗室中一個不成文的規定。對於實驗室成員去接受訓練，王興宗教授的態度是很鼓勵的，王老師覺得每一位成員既然都已經很努力的擠進交大光電所，若有學習的機會就要好好把握，而且絕大部分實驗室的研究題目都免不了要用到製程設備、量測儀器，多去接觸對將來都是會有好處的。

(二)促進成員感情的機制

在實驗室成員之間的關係上，平時例行的打球、吃飯、週末出遊這些都是一定會有的，在這些活動中，實驗室的成員也會彼此交流私人的生活點滴，使彼此的互動更加緊密。在男性成員居多的半導體雷射技術實驗室中，一些與外校的連誼活動也受到大家的歡迎；另外也有些同學喜歡玩 LAN-Game，利用研究之餘的時間相互對戰。這些活動都能促使實驗室成員之間感情的提升。

再者，每年一到暑假，實驗室會有趟「充電之旅」，整個實驗室的成員、包括老師都會參加，像是去年的墾丁四天三夜遊，大夥們開著三、四台車子就浩浩蕩蕩的出發了。在經費方面，實驗室會補助一些，王老師也會幫忙出一點，如此的補助機制下，同學們要自行負擔的部分就不會太沉重。一趟充電之旅下來，新生不但可以很快地與舊成員打成一片，同學與老師的距離也拉近許多。

三、激勵制度

(一)研究津貼的分配方式

如何將獎勵金分配給學生？盧哲偉說：「因為實驗室在執行計畫上並沒有跟業界有合作，我們都專注在國科會的計畫，以及目前教育部的卓越計畫上，所以我們是很純粹的依照級別來領獎勵金。獎勵金的分配就是按照以前博士班學長所排定的，有時候碩一新生不一定有，不過這種狀況不多，一般來說碩一的時候是領兩千塊啦！碩二的话是六千，那博士班就是依級別八千、一萬、一萬二這樣子跳上去。因為我們沒有跟業界合作，所以就沒有因為身兼數個案子而獎勵金分配較高的問題。」

(二)其他

王老師在學生研究低潮時，如何激發學生的熱情呢？做實驗不如意事十有八九，在學生遇到實驗瓶頸時，王老師會適時地扮演溫暖的角色，跟學生說：「我知道這東西很難做，但你要努力去克服它，研

究就是這樣子，遇到困難是一定會有的，若是你能克服它，那就是你成功的地方！」王興宗教授常會以類似的話語來鼓勵成員。對於學生的私生活，老師則是採取比較美國式的作風，並不會介入太多。有時王老師也會語帶幽默的諷刺學生：「你最近好像都蠻累的喔！是在實驗室待太久還是女朋友放假？」。學生聽了通常能會心一笑。

對於表現優秀的學生，王興宗教授也不會吝嗇口頭的讚賞，在 meeting 時給予鼓勵，或是在學弟面前稱讚學長：要跟這位學長多多學習喔！如此的方式，學生表示相當受用。

四、團隊溝通與合作

(一)meeting 的頻率與方式

實驗室一個禮拜固定會有一次所有成員均須出席的大 meeting，包括博士後研究員以及博士班、碩士班學生。除此之外，至少還有一次的小組 meeting，目前是分長晶組及製程組。所以對學生而言，一個禮拜至少是兩次，老師則是三次。而地點通常都是在王興宗教授的辦公室中，meeting 時，學生們自己要去準備椅子，大家會盡量排排坐，就如以前小學時搬椅子到禮堂看電影一般。

大 meeting 的簡報者是由兩組的同學輪流上台；至於小組 meeting 的話就，王興宗教授會要求每位成員均要報告自己上禮拜的進度，並以英文來做投影片，在表達上老師鼓勵同學盡量也是使用英文！「不過或許目前英文能力大家還是有限，因為有時候回答問題，講著講著用英文就不知道該怎麼答了，又自然地轉回中文去了。」盧哲偉靦腆的回答。

(二)其他的溝通管道

在經過「充電之旅」後，老師與學生之間的垂直權力距離縮短不少。在研究上，學生若有問題欲與老師請教，會先打老師辦公室的分機，確定老師是否在，若有，就直接到老師辦公室去；而以電話聯絡的方式是相當少的，因為王老師的個性是不喜外人打擾，所以手機不常開機，老師也不太會用電話來緊迫釘著學生；另外，老師和學生間也常用 E-mail 的方式溝通，不過因為老師都會用英文回，有時候看完老師的回信，學生可能會誤解老師的意思，所以學生們覺得寫信還不如直接去找老師方便，至少老師不會刻意用英文與學生對談。

每逢老師生日的日子將近，王興宗教授會邀請實驗室的成員去他家烤肉、吃飯，型式有點像美國電影中的那樣，大家聊聊天，地方雖

然不大，因為那邊是學校的教職願宿舍，但是大夥仍然相當盡興，成員們也會邀請畢業生回來一起熱鬧熱鬧。

(三)經驗分享的方式

在半導體雷射技術實驗室中，每週一次的大型 meeting 可以說是實驗室成員的知識流通平台，所有成員在學期初時會各自安排上台的順序，之後訂定一張 meeting 的上台輪值表，除了當年度的應屆畢業生一定会上台外，兩個小組的成員也會輪流上台報告，每個禮拜一至二人。博士班則是視個人的狀況來由老師安排，大多是請有新進展的博士班學生報告。所以在這種輪流的機制下，每週除了準備畢業的成員是報告自己的論文進度，其他實驗室的成員也能藉由這個機會一窺別組研究的方向與內容。

五、實驗室團隊之組成

(一)實驗室成員的選擇

目前實驗室中有三位博士後研究員，林佳鋒、賴利弘、余長治。其中兩位之前都不是王老師的博士生，像林佳鋒博士之前是從交大電子所拿到博士學位，交大校長張俊彥跟他有些長晶方面的研究合作案，之後王興宗教授再把他聘過來實驗室裡當博士後研究；賴利弘博士之前是在中華電信研究所，對於雷射的製程技術相當熟稔，也是由老師聘過來的。不過這兩位相比下，林博士來的時間比較久，將近四年，而賴博士只來一年左右而已。至於余長治博士本身是王老師的博士班學生，畢業後被老師延請來做博士後研究。

當王興宗教授出差或去美國時，實驗室的大局是由一位比較年輕的郭浩中老師來主持，大概三十四、五歲，之前在安捷倫⁵服務，從事雷射的相關研究，王老師也有意願在退休之後由郭老師來接手半導體雷射技術實驗室。

對於選取新成員時的判斷標準或篩選方法？最重要的還是要有顆願意學習的心。剛考上的學生來找王老師時，王老師通常會先問：「你既然對我們實驗室有興趣，那你知道我們實驗室從事的研究領域與方向為何嗎？」，希望學生先對實驗室的方向有個大致了解後再做決定，不過王老師仍會問：「你先別急著進來，別問實驗室有沒有看過？」，要學生先把其他實驗室都看過了，給予三個禮拜到一個月的

⁵ 安捷倫科技，是惠普科技企業組織重整後所獨立出來的新公司。營運主軸：電子量測、半導體產品和生命科學/化學分析。

時間來讓學生去思考、想清楚，然後老師才會決定要不要收你。所以當王興宗教授點頭答允的時候，時間都差不多到暑假或是暑假中了。

盧哲偉表示：「老師會希望你要有半導體物理的背景，最好大學修過半導體元件的課程，若有光學的背景也不錯，不過若是以前沒學的人也不用太擔心，因為直屬學長會就你不足的地方幫你加強。因此，我們這邊物理背景的占大多數，再來是電機，另外我們實驗室做的東西跟材料其實很有關係，所以我們現在也有材料背景的學生進來。」

此外，今年實驗室還有位來自瑞典 Chalmers University of Technology 的國外交換學生，從去年的十月來到今年的四月中回去，目前實驗室中並沒有人當國外交換學生。

(二)實體環境的規劃

王興宗教授對於專屬於學生的環境空間的安排上給予相當大的自由，希望成員們不但能夠在研究室中心無旁騖的鑽研學問，並能在舒適的環境下發揮研究的創意。因此，這部分是由博士班學長來規劃，配置完成之後再請老師給予建議，看是否妥善。盧哲偉說：「老師會給一些經驗上的建議，像是有些儀器應該要放置在哪邊會比較妥當，或是有毒的、有機的東西該擺在哪邊...，反正會危害身體的絕對要很小心處理。至於位子的安排，只要看起來夠舒服，人塞的下，應該就 OK 了。其實我們之前的研究室是在電資大樓，大概一年前，有位新老師進來，原來的研究室就被用於擺放儀器，我們才搬過來，這裡位子算是很大，以前不是這樣的，有些同學想搶還搶不到耶！不過因為空間大座位就少，其實我們在電資大樓還有空間，但是大家都想來這邊，就當過渡時期囉，因此兩個人擠一個位子的情況也是有的。」正因為如此，實驗室的成員們也特別喜歡待在研究室中，不管是 K 書或是找朋友連絡感情。

(三)實驗室資源的配置

原則上，實驗室對於碩士生、博士生在軟、硬體的資源分配上並沒有差別，但由於博士生在實驗室停留的時間較久，與機器相處的時間長，所以對各項精密儀器的了解較為透徹，能清楚儀器本身的狀況或是脾氣，及儀器在使用時應注意的細節。因此，王興宗教授認為長晶的儀器或是較為貴重的儀器，應由博士班來 handle 較為妥當。當然，王興宗教授也相當鼓勵碩士班學生採主動學習的姿態去認識各項精密儀器，但前提是一掉要把自己份內的任務或是研究工作完成。

貳、組織的知識流通

一、知識取得

(一)專業知識

當新成員進入實驗室後，學長會先介紹幾本書給學弟們作為入門，譬如像著名學者史光國編寫的「現代半導體發光及雷射二極體材料技術」，除此之外主要都是原文書，讓學弟自行去領略、感覺，找尋在實驗室所研究的領域中是否有自己比較感興趣的。所以實驗室內的知识來源可以說就是直屬學長跟 paper 了。當然，學長也有責任教導學弟如何有效地搜尋所要的期刊論文，之後學長就會幫學弟訂進度，一、兩個禮拜必須讀完一篇，看完之後再跟學長討論。至於相關的研討會則是選擇性的參加，不過像較大型的光電年會，是光電領域研究者的重點，半導體雷射技術實驗室是全員參與。

(二)外部機構

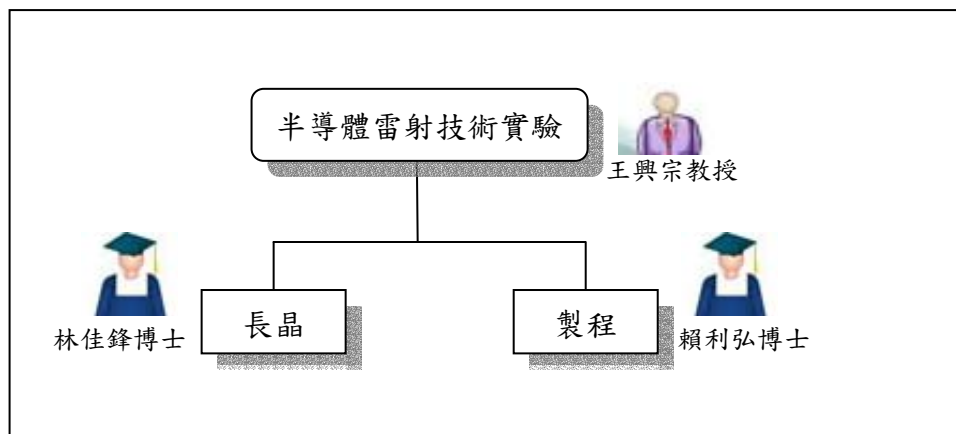
實驗室本身要執行的實驗相當多，從長晶、製程到分析，所有的東西其實可廣可深，就端看研究者本身想要做到哪種程度。並且，王老師在雷射領域專研數十年，其功夫之深厚，要在兩、三年內全部教給學生並不是那麼容易，因此，王興宗教授通常並不會將學生派去外部去做其餘的雜務。

二、知識創造

(一)解決問題的方式

在半導體雷射技術實驗室的組織架構圖下，目前區分為兩組，一組是專門做長晶的部分，另一組就專門負責製程的部分。在剛開始時，長晶組這邊的人數略少於製程組，但是當今年的碩一學生進來後，在比例上調整為近乎一比一。而且實驗室中訂有一個工作列表，每位成員有專職負責的項目，譬如某一位學生今天要做光量測，那就可以找負責該機台的那位同學幫忙。

資料來源：本資料整理



【圖 4-3-1】半導體雷射技術實驗室組織分工圖

【表 4-3-1】半導體雷射技術實驗室各機台負責表

| 碩一 | 預定目標 | 負責機臺 | Project 負責人 |
|------|--|---|-------------|
| 歐陽妙佳 | GaN nano-LED | SNOM、AFM | 余長治、張亞銜、薛道鴻 |
| 高志強 | GaN EEL | PECVD、ICP、SEM | 余長治 |
| 呂俊毅 | ITO(oxidized VCSEL)、high-speed measurement | E-Gun、network analyzer | 賴利弘、賴芳儀、張亞銜 |
| 彭偉倫 | Single mode、oxidized GaAs VCSEL | Oxidation furnace、STS ICP | 賴利弘、薛道鴻 |
| 陳威佑 | LLO、oxidized and wet-etching GaN | AFM、GaN oxidation system、bonding system、E-Gun | 朱振甫、賴利弘、賴芳儀 |
| 謝永龍 | GaN optical measurement and process | PL | 林佳鋒、賴利弘、姚忻宏 |

資料來源：半導體雷射技術實驗室內部資料

教育部卓越計劃應該算是目前實驗室中最大的計劃，由兩位博士後研究員執行規劃，分別是林佳鋒博士與賴利弘博士。在計劃中，一

位執行長晶方面的研究、另一位則執行製程方面的研究，由他們兩位直接對王興宗教授負責。而這兩位博士後研究員也分別擔任實驗室組織架構下兩個小組的領導，在小組開會時就由這兩位博士後研究員分別主持會議的進行，若老師因事而不能出席討論，那麼在進度方面就由他們兩位再去向老師報告。

實驗室對不同計劃是如何分配給底下的成員去執行？基本上，王老師會依成員是否對該研究較為拿手為分配標準，譬如說是製程的計劃，那就會盡量分配給製程組的同學來執行。當然，若長晶組成員的研究告一段落，在製程組又剛好無法抽出人力來執行，那麼老師可能就會跨組來詢問博士班學生是否有承接的意願。其實依據每位成員所研究的題目不同，可能同時會有一位以上的博士後研究員給予指導！也就是會彼此重複，如：碩二生盧哲偉所做的論文題目為「氮化鎵面射型發光元件之研究」，就同時接受三位博士後研究員的指導。

【表 4-3-2】各博士後研究員執行專案名稱暨參與成員數目

| 博士後研究員 | 研究方向 | 參與成員數目 | |
|--------|-------------------|--------|-----|
| | | 博士班 | 碩士班 |
| 林佳鋒 博士 | 氮化鎵磊晶 | 2 位 | 2 位 |
| 賴利弘 博士 | 面射型雷射與相關製程與雷射量測分析 | 3 位 | 8 位 |
| 余長治 博士 | 氮化鎵製程與離子蝕刻製程 | 1 位 | 4 位 |

資料來源：整理自半導體技術實驗室內部資料

(二)執行與整合新技術程序及工具

若某些儀器、機台實驗室內沒有，需要外部技術時，就必須去請教別的實驗室，或是尋求人脈資源，不然就是拜託人家幫忙量測，或是去別的實驗室學習操作方法。

通常學生的畢業論文完成後，王興宗教授會希望在 meeting 的時候，由該名學生先跟所有成員 present 一次，俗話說：「三個臭皮匠勝過一個諸葛亮」，讓大家看看是否有環節比較 weak 的、薄弱的、什麼地方比較不妥，成員們會就他們各自所見提出來與該位同學分享，通過實驗室內部所有人的考驗之後，才有資格去接受口試老師的審核。如此的做法，就是要避免一個人的想法過於單純，當出發觀點不同時，或許會有不同的激盪。這樣的做法，除了能讓報告的準畢業生有練習的機會外，也能讓其他的成員對研究有更深一層的體認與觸發。

(三)成員題目概念的生成

一般來說，碩士班學生的研究題目幾乎就是博士班研究題目下面的小題目，但是也不盡然，因為有時候題目是複合的。「譬如說我跟的那個學長是做長材料的，但是我的題目是做元件，因為我是藉由學長的材料來長元件。因此在博班學長的計劃報告中，他也會將做出的元件略提一下，不過主要目的還是在長晶方面。也就是說我已經從長晶組涉及到製程那一組的研究，有點 cover 的感覺。」盧哲偉對他的研究題目稍做說明。

在半導體雷射技術實驗室中，碩士論文題目的形成並不是由王老師硬性規定，而是讓碩士生在碩一這段時間內跟著博士班學長學習，王老師會在碩一升碩二的時候問學生：「有沒有想要做的題目？」，老師希望學生自己有一個確定的方向。不過基本上，碩士班學生會先將自己想做的題目條列出來，與直屬的博士班學長或是其他學長討論，推測預設的題目是否有做大的可能、要做的話能做到什麼地步，然後再呈報給老師知道。此時老師會就自己的觀感做些評論，如：外界已經做過太多類似的題目，那可能換個方向會比較好；不然就是已經有太多人投入，這題目沒 potential... 等。

至於博士班的題目，基本上博士班學生是沿著老師設定的大目標前進，在大目標下做自己有興趣的研究。因為實驗室整體目標就是要做出藍光的 VCSEL，因此學生就在此範圍內各自找方向研究，有些人做長晶、長材料，有些就專門做製程之類的研究。王興宗教授也會要求博士班學生練習計畫的撰寫與提報，嘗試規劃整個計畫中所需的人員分配、預計達成的目標、進度、與所需要的儀器與物品。

總而言之，博士班的論文素材，一則來自於計畫的目標，另一則是囊擴所指導的碩士班學弟的題目。

三、知識蓄積

(一)留才

王老師有特別規劃留住優秀學生的計劃或是方法嗎？盧哲偉說：「會阿，老師一定會問博士班學生，看他們有沒意願來讀博士後研究；碩士班大概就是二年級下學期中的時候，老師會問問我們是不是有讀博士班的意願，每年五月是博士班口試的時間，那在這學期初老師就有稍微探探同學的想法。就我所知，由碩一直升博一的人不多，可是有意願想要繼續留下來讀的人不少。」

(二)實驗成果的文件化

在實驗室中，有專人負責將外界發表的材料值，做一個蒐集、整理的動作，因為成員在實驗時或多或少會利用到那些數值，用來比較實驗室自行執行的磊晶結果與理論模擬計算，甚至拓展到實驗結果分析。成員也會分別將實驗資料、畢業論文電子檔、meeting 時所報告的 PowerPoint 檔案做成電子檔，並做成光碟備份，所有資料開放供給實驗室所需要的人使用。學長們畢業後所留下的書本，以及研討會發的書面資料，實驗室中也有設專櫃放置，編排整理，提供成員們自行取閱。另外，王老師也希望成員們在實驗完成後確實填寫實驗紀錄簿，也算是為實驗室中的研究軌跡留下一個見證。

(三)師徒制

因為研究上的繁忙，王老師沒有辦法對碩士班一一的指導，所以交由博士班的學長來帶領學弟，但是不論是研究方向與進度，都還是由老師監控，博士班學長只是負責小組的運作，並且在與遇到問題時擔任初步解決問題的角色。通常一個博士班學長帶一個碩士班學弟，最多兩個。如果學弟覺得不適合的話可以要求換跑道，當然學長也有選擇的權力，不過這兩者目前都尚未發生過。然而，在研究上往往不能僅靠一樣技術闖天下，有時候也需要學習其它技術，此時成員可以去向非直屬的學長請教。

再者，碩士班的研究進度通常都是由直屬學長幫忙建議、規劃。因此，在半導體雷射技術實驗室裡，學長在學弟的研究生涯中，所扮演的角色可說是舉足輕重。包括：帶領學弟進入狀況、補強學弟專業上的不足、教導如何有效的搜尋資料...等。

(四)專利的申請

王興宗教授從業界退休後轉任教職，由於業界的經歷，王老師覺得申請專利是很不錯，但目前老師希望成員們著重在學術上的突破，以學術單位自居。因為學術的成果要落實到產業面，變成能夠商品化的實體仍有一段距離，因此實驗室目前尚以學術期刊的發表為主要的目標。

第四節 交大光電工程研究所 光波與光子實驗室

基本資料

| | | |
|-----------------|---|---|
| 指導老師 | 姓名 | 祁姓教授 |
| | 學歷 | 美國布魯克林理工學院電子物理學博士(1971) 國立交通大學電機工程碩士(1961) 國立台灣大學電機工程學士(1959) |
| | 研究領域 | 光纖傳輸及光纖通訊 光固子傳輸 光纖放大器 非線性光學 |
| 實驗室人員規模 (在學) | 博士班：15 人 碩士班：15 人 | |
| 經歷與榮譽 | 國立交通大學副校長 國際電腦光電傳輸與控制研討會主席 特殊成就獎學金基金會首席教授 華榮電線電纜公司總顧問 財團法人傑出人才獎(90)(85) 教育部學術獎(89) 東元科技獎(88) 行政院國科會研究獎勵傑出(84)(82) 行政院國科會研究獎勵優等(81~78) | |
| 任教科目 | 非線性光纖光學 光纖通訊 光纖放大器 光纖光學專題討論(一)(二) | |

研究計畫(2000~2003)

| 類別 | 名稱 | 補助機構 |
|------|---|------|
| 學術計畫 | 建構兆位元時代的光電科技：寬頻光纖通訊及分布式 纖感測技術(分項計畫三) | 教育部 |
| | 新穎元件架構實驗型高密度波長多工通訊網路系統 整合研究—子計畫一：高密度分波多工技術應用於全 光網路的光交換與波長繞徑之研究(2/3) | 國科會 |
| | 新穎全光纖型主被動元件之研究(1/2) | 國科會 |

| | |
|---|-----|
| 新穎元件架構實驗型高密度波長多工通訊網路系統 整合研究—子計畫一：高密度分波多工技術應用於全 光網路的光交換與波長繞徑之研究(1/3) | 國科會 |
| 不同色散補償光固子通訊系統之研究 | 國科會 |
| 多半是正色散光纖和波長多工的色散補償光固子通 信系統之研究 | 國科會 |
| 應用不同反射率之光纖光柵作功率等化多波道光 源及增益等化摻鉕光纖放大器的分析與研究 | 國科會 |
| 不使用緩慢波包近似下自感應透明一布拉格光固子 在摻有二階共振原子的非線性光纖光柵之研究 | 國科會 |
| 結合特殊光纖及光纖光柵群同時作色散補償及多波 道功率等化之光纖放大器的分析與研製 | 國科會 |

專利(台灣/已核准/發明人)

| 申請案號 | 發明名稱 |
|-----------|-----------------------|
| 087120557 | 多波道光纖色散補償器. |
| 088201341 | 在分波多工系統中之兩種光信號交換模組架構. |
| 089207480 | 功率等化多波道光纖雷射陣列. |
| 090129693 | 可同時感測光纖之應變與溫度分佈的方法. |

壹、組織平台與情境

一、領導者角色

(一) 老師的研究風格與角色

■ 研究風格

祁老師的個性非常溫文儒雅，對於研究室的管理也是給於成員很高的自由度，當學生未達要求時，老師也不會當面斥責，而是透過暗示的方式讓學生自我反省。而這樣的個性與人格特質也反映在祁老師對於研究所持的態度與研究方向上，老師比較喜歡具有創新性的研究，尤其對於理論的探究更是具有深厚的興趣，所以老師專注的方向主要是學術領域，相對的對於承接工業界的計畫與合作案，老師反而就比較少接觸。

祁老師說：『工業界的計劃其學術性比較差，尤其在台灣，往往工業界會要求短期之內就要有成果出來。我覺得在這樣的方式下學術型態會比較少，因為業界的公司計劃多半是發展一些現有的東西，這樣之下的成果其創新性會比較少。』

如此對於創新性的高昂熱情也可於祁老師對於學生的期望中體現出來，在老師的觀念中認為，一篇好論文的價值不在於自己本身是否做的比過去好，而是在於之前是否有人研究過該領域。老師所抱持的想法中，總是認為單純的 modify improvement 並不屬於真正的創新，研究中最核心的核心是在於研究者本身是否擁有原創性的想法，如果做的是過去沒有人研究的領域，就算研究的深度雖然比較粗淺，但是價值絕對較發展別人已做過的研究來的高，所以祁老師一直堅持創新的研究絕對會比做 improvement 更加重要與更具價值。

■ 角色

在學生與其他老師的眼中，祁老師一直是位具有學者風範的老師，在與人相處的過程中，老師給予他人的感覺非常的風流倜儻，學生在老師的指導下有如沐春風之感。也許是因為在這樣的個性影響下，老師對於研究室成員的管理也是放有相當大的彈性。學生向祁老師提出想要對感興趣的題目深入研究時，祁老師認為只要是有意義的研究，都會很鼓勵學生去進行；而針對生活面上的事項，老師對於學生的要求也是採取自由的態度，並不會對學生有過多的約束與干涉，盡量給予學生相當大的空間。

自由卻不代表放任，祁老師在帶領學生進行實驗的過程中，雖然

不會在學生背後拿著鞭子驅策著學生向前跑，但是其所散發出來的學者風範與對於研究的嚴謹態度其實也深深影響著學生，在老師的影響下，研究室的學生也會因為此無形的壓力而努力向前邁進，不敢隨意鬆懈。所以光波與光子實驗室的研究生都能夠在這樣的環境下養成自動自發且積極的研究態度。

在這樣的實驗風氣下，研究室的學生會自動自發、積極地做好份內的工作，不會有任何的怠慢；相對的在實驗的進行過程中，祁老師也不會強硬設定學生的研究方向，老師是採取自由的方式，允許學生從事自己有興趣的領域，值得一提的是，在雙方的互動過程中，祁老師始終都與學生站在同一條線上、肩並著肩共同鑽研，所以學生始終都能感覺到老師的支持與協助，進而對於學生的研究與團隊的問題解決也有莫大的助益。

董正成說：『在過程中，老師會給予學生一個適度的解釋或是適度的指導，或許說老師自己也不見的全盤瞭解，但是老師他會跟你站在同樣是鑽研的立場共同研究。而老師並不會限定一定要做些什麼，或是要做非常細微的東西，老師會先說出一個方向，然後在這個方向中一起去設定一些題目，一起去完成，這就是祁老師的作風。』

（二）願景與研究方向

祁老師剛開始擔任教職時是在交大電子所，後來到了電路所，之後又再創立了光電所，老師算是交大光電所開創的老師之一，若不是祁老師的全心投入，光電所也許就不會有今日的傑出成就。在這三十年的教學生涯中，祁老師秉持著十年樹木、百年樹人的理念，除了在其專注的研究領域中持續投入外，也對於光電領域中人才的培育貢獻良多，足可作為教育界的表率。

除了於光電領域的卓越表現外，老師於交大擔任副校長的期間也做了許多對於交大有重要影響的決策，其中又以成立科技法律研究所最為影響深遠。祁老師回憶這件往事：「當時在交大申請新系所的排序中，為了要達到理工人文均衡發展，所以均以人文的為優先，在這樣的情況下，科技法律所的排序相對就較後面。但是在當時，我認為就算是要求均衡發展，也必須要站在新穎的、適合交大發展的立足點來思考，所以我就大力提倡建立科法所。因為交大的校友遍佈工業界、企業界，那麼會遇到的企業專利訴訟的情況相對地也會特別多，因此我認為交大具有設立科技法律研究所的條件，剛好學校內又正好有一個教授對這個有興趣。所以在校務會議中，也因為我講了這一番話，後來科技法律研究所的成立案就通過，之後科法所的教授對我也特別感謝。回想起來，這也算是我這任內比較重要的成就之一。」

雖將年屆七十，但是祁老師對於研究的熱情卻是有增無減，就好像源源不絕的泉水般，持續灌溉著台灣光電領域的發展。

『做研究的人必須耐得住寂寞，才能心無旁騖的琢磨鑽研，從研究工作中發掘樂趣，繼而產生優良的研究成果，而從研究成果當中，得到極大的滿足，這才是從事學術研究者應有的人生觀。』—祁姓教授寫於「傑出學者給年輕學子的 67 封信」⁶

在祁老師的教學與研究生涯中，到美國貝爾實驗室訪問的經驗是一個重要的轉折點，在那之後，老師的教學與研究開始以光纖通訊為重心，將過去所研究的非線性光學與光纖通訊兩者結合在一起，所以祁老師近十年的研究重心主要是在光纖通訊領域，這期間的研究成果對於學術界或是產業界都有深厚的影響，而祁老師所堅持的使命感與理想，也就是希望能將光纖通訊這技術領域的研究在台灣深耕並使之茁壯。

董正成⁷對老師在研究上的熱情有以下的描述：「老師現在的年齡已經六十八了，那一般學校的規定教授年紀在六十五到七十歲是年一聘，然後報請教育部通過，七十歲以上那通常是不行的。但是祁老師是特別的，祁老師曾得過國家級的講座這個榮譽，所以祁老師要幾歲退休是由老師自己決定的，在國內大概也只有少數幾位教授有這樣的殊榮。不過有點要特別說的是，因為老師現在辦退休每個月可以領到的薪俸跟不辦退休所領到的薪俸相差無幾，所以說老師沒退休這樣的感覺像是在做義工。那有很多像祁老師這種情況的人，搞不好是選擇退休然後去私立學校兼差。所以老師對這領域的投入真的是非常深，而且是持續不斷。」

也許正如前面所提及老師的人格特質：偏向自由的風格，所以老師的研究方向是以理論為主，主要還是將心力置於學術的研究上，對於產學互動的方面就不太觸及。

祁老師表示：『因為我覺得研究計劃沒跟產業在跑的話會比較自由，想做什麼就可以做什麼。』

⁶傑出學者給年輕學子的 67 封信，天下文化出版，作者：李遠哲...等。簡介：本書集結了 67 位「傑出人才講座」得獎人寫給年輕學子的箴言，有對學者生涯的回顧，也有對學術領域自身的反思，對年輕學子極有參考價值。

⁷董正成，之前祁姓教授的學生，目前因卓越計劃被聘回交大擔任助理教授。

二、教育訓練

(一) 基礎的訓練課程

■ 內部

沒有堅固的基礎，怎能築起高樓大廈，所以為了建立好基礎，祁老師對於研究室新進的碩士班學生會建議其去選修相關的課程，例如：光電工程概論、光電子學、光電實驗、光電物理中數值方法導論，光纖通訊。老師認為如果學生沒有具備這些基礎，對於進行後續的研究是有困難的，所以每位加入老師實驗室的碩士班新生都需要選修上述的課程。

在早期因為實驗室的組織規模尚屬小型，所以祁老師管理的方式是採取直接管理的模式，親自帶著學生做實驗，但是近期實驗室的成員與日俱增，實驗室的規模也持續成長，老師感到對學生的指導上可能會力有未逮，所以便逐漸將碩士班學生交由博士班的學生來帶領。碩士班學生主要的任務是在幫忙博士班進行實驗操做，所做的也就是博士班學生的論文，當完成後東西再交由博士生進行整理與發表。

實驗室在平時的運作上，博士班學生與碩士班學生的配對與合作模式上是採取隨機配對的方式；此外博士班學生也可以主動跟老師提出人力的需求，規劃出在某個研究領域中需要多少位碩士班學弟妹的協助，透過這樣的合作過程也能對於碩士班的學生進行訓練。

實驗室內部訓練的內容主要還是環繞在光通訊領域，在細分的話，由於光通訊與系統有關連性，所以系統上面的一些傳輸方式也是一個重要的訓練內容；而如果是理論的部分則就需要進行模擬分析，當然最後仍是以研發出新的 device 為目標。

針對學生所屬的層級不同，祁老師會採取相異的訓練方式，如果是博士班的學生，老師會希望學生具備自動自發的態度，由其自行去形成研究的方向與概念，而祁老師只是扮演協助的角色，並不會主導博士班學生的研究方向；而如果是碩士班的學生，老師則是會交待其一個研究題目或是讓其協助博士班的學長去完成題目。同樣的，在要求的水準上也會因層級而異，碩士生只要將所賦予的工作完成，通常兩年就可以畢業，所以要求其實並不嚴；相較於碩士生，因為光電所內部對於博士生的畢業要求已經有明文的規定，至少要有兩份國際的 journal 發表，此外老師也訂立了一個 program，也就是在光電所裡面，博士生如果不經過資格考試，則其畢業需要發表五篇到六篇論文以上，才可以抵調資格考這一關。

■ 外部

光波與光子實驗室的學生，除了平日於課堂的學習或是實驗室的操作外，祁老師也會鼓勵學生到外部的組織去學習，例如電信研究所或是工研院光電所，尤其交通大學與工研院之間距離很近，所以是以這兩個地方為主；雖然也有到中山科學院，但是因為交通比較不方便，所以比率並不沒有很高。同時因為祁老師所收的博士生中，有一半的比率是在職進修的學生，而這些學生服務的地點就是在工研院或是電信研究所，也間接的促進了實驗室與其之間的互動與連結關係。

(二) 促進成員感情的機制

縱然面對的是光電領域的大師級人物，但是光波與光子實驗室的學生皆認為，與老師相處時並不會存在有任何的距離感，當研究中遭遇問題時，學生也都會直接與老師進行討論，祁老師會竭盡所能的給予指導與意見。經由這樣零距離的互動模式，對於實驗室內部在進行知識創新與共同解決問題時有莫大的助益。

實驗室內學生與學生之間的感情也很融洽，除了在課業與實驗上的互相提攜外，平時也會透過吃飯與唱歌來增加彼此的情誼，利用此機會彼此可以進行心得與生活經驗的分享。在老師每年過生日時，實驗室也會邀請已畢業的學長姐共聚一堂，共同為老師過生日，像去年是在老爺飯店舉辦，有高達五六十位在學生與畢業學長姐一同參與。

三、激勵制度

(一) 研究津貼的分配方式

光波與光子實驗室內部，對於研究津貼的分配方式主要是依照國科會或教育部的規定，與其他實驗室相比是差不多的水準。研究室的研究津貼最基本的分類是依據博士、碩士不同而有相異的分配方式：

- 對於碩士班學生而言，一視同仁，都是領取相同的金額。
- 對於博士班就會有多寡的問題，老師會依據績效的表現來調整研究津貼的分配。

除了實質的津貼外，對於表現較為優秀的學生，老師會透過以參加國外研討會做為一種激勵的手段，對於學生而言，因為國內的研討會大都常常參加，也比較司空見慣了，所以國外的研討會對於學生而言是一個難得的機會也是一個很好的激勵標的。這幾年由於計畫經費較為充裕，所以祁老師如果出國就會帶著較優秀的學生同行，參加如

光通訊的 OSC、OECC⁸ 此類的研討會，這樣的方式除了可以激勵學生有傑出的表現外，透過與國際的交流，也間接的開闊了學生的視野與增強其和國際接軌的能力。

（二）其他

祁老師對於剛進入光波與光子實驗室的學生，會透過比較暗示性的言語與無形的壓力來激發學生在研究上的熱情，比較少用嚴厲的字眼或是實質的懲罰；遇到學生有表現不錯時，老師也不會吝於給予稱讚，一句「你做的不錯，繼續努力」，代表的是老師對於學生的肯定，往往能夠激發出學生繼續堅持努力下去的動力。

學生在實驗的過程中，老師並不會苛責學生，但是遇到學生的進度與表現失常時，老師則會開始盯緊該學生的進度，此時學生便會感覺到背後有一股無形的壓力在推動著其往前進，助理教授董正成博士表示：「像我博士班那時在做一個 SIC 的東西，那個東西不是很好算，不過老師認為那應該是個可以很快算出來的東西，那時我甚至一個禮拜只睡十個鐘頭，因為我有一個很大的壓力在。可能是那時候學生人數沒有這麼多，這幾年老師的學生人數慢慢的膨脹起來，這種情況之下，祁老師督促學生可能就沒有像以前那麼緊。對於博士班學生而言，他們可能就很需要自動自發，不然在祁老師這種自由放任的風格之下，因為博士班有點數的標準才能畢業，那一般來說差不多是三篇論文左右，不積極點的話也有可能在博士修業年限中無法累積到規定的點數。所以你就是會感覺到一股無形的壓力。」

四、團隊溝通與合作

（一）meeting 的頻率與方式

光波與光子實驗室每個星期都會舉行一個例行性的 group meeting，在早期因為實驗室成員較少，所以對於 group meeting 就比較沒有特定制式的規範，但是隨著組織規模擴大，老師為掌握大方向的概況，因此會要求每禮拜約兩位至三位的成員，輪流針對自己負責的專案進度上台報告。

在 meeting 的進行過程中，老師主要是擔任聆聽者的角色，當同學報告比較不理想的時候，老師並不會當面斥責，而是站在建議的角度，告訴同學該怎麼報告會比較好，採取循序的方式一步一步跟學生講。

⁸ OECC：日本光電子與通訊會議

(二) 其他的溝通管道

除了上述所提及的例行性 meeting 外，在其餘的非正式溝通部分，實驗室的博士班學生私下面臨問題時均會找老師直接討論。而碩士班的學生話，就會先找直屬的博士班學長先進行討論，如果不能解決的話會再去找老師。

(三) 經驗分享的方式

光波與光子實驗室在進行知識擴散的方式除了正式的 group meeting 外，私底下的人員互動也是一個重要的知識擴散管道。

博士班學生葉建宏說：『因為負責同個案子的成員位子都不會離太遠。如果今天有需要，我可以直接找那個負責的人面談；如果博士班認為有需要的話，也可以隨時跟底下的碩士班來個小型 meeting。』

祁老師所屬的研究室包括有電資中心的 LAB 與工程五館的研究室，此外還有一些學生在外部的電信研究所進行實驗，有時這兩個小組間會進行知識交流，對於實驗室的知識分享也具有正向的影響。

五、實驗室成員之組成

(一) 實驗室成員的選擇

本著有教無類的教學理念，所以祁老師對於學生的選擇上並沒有預設太多的限制，如果說真正有的話就是數量的限制，因為慕祁老師之名而來的學生太多了，但是礙於人數的限制，老師還是會有人數上的考量。不過，祁老師還是希望該學生過去的學習經驗能與實驗室目前的研究方向適切，此外更重要的是，學生要有自動自發態度與對研究的積極度，因為祁老師對於學生的指導是比較採取自由的方式，給予學生的自主性與發揮空間也相當大，所以如果是比較被動的學生在電子與電波實驗室可能會比較不適合的。

『其實肯不肯學習、肯不肯投入才是老師要求學生的重點，所以老師是不會選學生。』葉建宏如是說。

對於碩士班學生的選擇，祁老師是採取先來先收的制度，而對於博士班學生的挑選，老師表示：「如果是博士生的話，我就要看他在碩士時候做的東西，還有他的研究潛力，我會大概的評估一下，看是不是適合，不過要是學生意願很強的話，我大概都會接受。當然有時候也有 quota 的影響有不能收的情況。不過我認為博士生會來就讀，往往是因為某個老師、或是外在資源，所以這個情況還好，不會是說一

來就拒絕的，這情況很不太會發生。」

祁老師所指導的學生，其過去的背景主要是以物理與電機為主，雖然也有一兩位機械背景的學生，但是也許是因為領域的差異性，所以這幾位學生所遭遇的困難與所需付出的努力相對的較多。

（二）實體環境的規劃

目前祁老師所屬的研究室包括有研究小間共有三間，此外還有工程五館作為上研究理論的教室一間。針對研究室的空間規劃，祁老師會授權給負責的人去進行規劃，老師並不會對於過程有太多的干涉與過問，也再次的顯示出祁老師的自由度。

貳、組織的知識流通

一、知識取得

（一）專業知識

由於身處在全台灣電子資訊光電領域的重點學校，所以研究室的成員在相關知識的吸收上是非常方便且完整的，不論是到圖書館借閱書籍或是期刊，抑或是透過網際網路獲得相關的資訊。針對期刊的部分，主要是以國外期刊為主，例如 SCI⁹、ER¹⁰等。除了上述的方式外，研討會也是實驗室成員在吸收專業知識的另一項管道；此外祁老師如果對於某個學者的研究領域或是題目有興趣的話，也會邀請其舉行一個公開的演講，促進實驗室的知識吸收。

（二）外部機構

當學生向老師提出到外部進修的需求時，祁老師也是採取很彈性且自由的作法，如果實驗室還有經費或是所需的金額不是很高的情況之下，祁老師都會讓學生參加外部的課程；老師並不會強迫學生必須參加某個課程，因為對於研究室成員的管理，祁老師始終秉持著以自由的態度去看待。

光波與光子實驗室的學生，除了平日於課堂的學習或是實驗室的操作外，學生也被鼓勵到外部的組織去學習，例如電信研究所或是工

⁹ SCI, Science Citation Index

¹⁰ ER, Engineering Index

研院光電所，尤其交通大學與工研院之間距離很近，所以是以這兩個地方為主；雖然也有到中山科學院，但是因為交通比較不方便，所以比率並不沒有很高。同時因為祁老師所收的博士生中，有近半數的比率是在職進修的學生，而這些學生服務的地點就是在工研院或是電信研究所，也間接的促進了實驗室與其之間的互動與連結關係。

二、知識創造

(一) 解決問題的方式

專案的進行過程中，祁老師對於團隊成員賦權的程度相當高，老師主要的工作是訂定大方向，而實際的執行內容則是給予成員高度的自主性。針對計畫的人員規劃，祁老師是委派博士班與碩士班學生共同參與，對於人員的調度上也是由祁老師決定，依據學生的能力與計畫的需求來做分配。在整個計畫團隊的運作上還是遵循著祁老師實驗室的原則，由博士生帶領著碩士生進行。

由於祁老師所負責的子計畫是包含 setup 所有的 test bed，也就是建構一個測試平台，其他分項子計畫都必須經由此平台進行一些基礎的測試，此外因為台灣並沒有傳輸測試回路的 setup，所以此項子計畫扮演著相當重要的角色，第一年度所佔的研究經費也高達一億兩千萬。因為擁有充沛的資源與最完善的設備，所以參與該計畫的成員，都可以於執行計畫的過程中學習到一些新機台的操作或藉由這些機台做出一些比較好的研究成果。

『光纖通訊需要一些關鍵性的技術，那我相信從這邊出去的學生，不管他是做元件還是傳輸系統...，都可以藉由這些設備得到一些比較好的訓練。』董正成說。

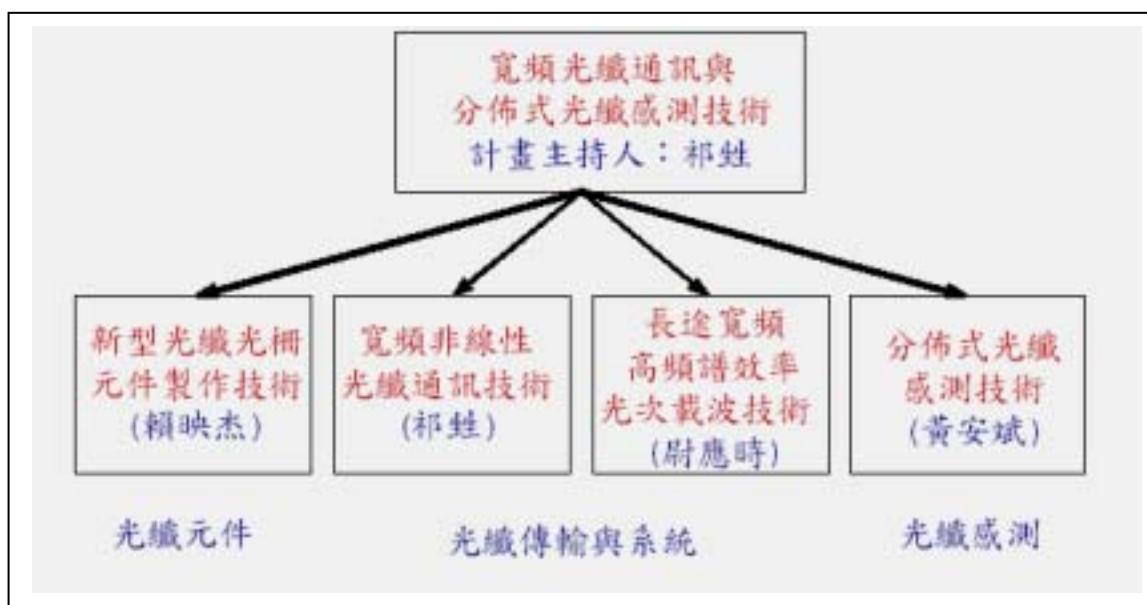
(二) 執行與整合新技術程序及工具

當初交通大學在爭取教育部的卓越計畫時是全校動員去爭取該計畫，在過程中祁老師是擔任整個小組的總主持人，老師必須要去 form 整個 group，也是因為祁老師的全心投入，當教育部的核定結果出來，交大也順利的爭取到「建構兆位元紀元的光電科技」此計畫的主導地位，因為該計畫是一項大型的計畫，參與的師生眾多，因此在該計畫之下又劃分了四個子計畫，祁老師是負責光纖通訊的子計畫，除了執行該計畫之外，祁老師還同時持續扮演的總主持人的角色，必須時常與其他三個子計畫的負責人進行 connection，並提供相關的支援。

透過指導在職組的學生，老師認為如此也可以進而擴大實驗室研

究的領域，例如電信所、電通所或是光電所的人員也常會找祁老師進行指導，也加強了實驗室與外部機構的連結。

資料來源：整理自卓越計劃網站



【圖 4-4-1】卓越計劃光纖通訊專案團隊組織架構圖

可是除了以上之外，祁老師並沒有與產業界有比較密切的互動，在卓越計畫之前祁老師主要是將重心置於理論研究上，也是基於這樣的因素，畢竟理論的東西要與業界進行合作總是比較困難的。雖然與業界合作比率不高，但是並不代表祁老師排斥與業界合作，老師在七、八年前的時候，曾經擔任業界的“華榮公司”的顧問，老師利用一年的休假，到華榮電線電纜公司，主持光纖生產部門的研發工作，這一段的經歷，讓老師過去在光纖方面所累積的專業知識，實際運用到光纖的生產上，也讓老師心中產生了於學術研究之外的成就感，而這種將知識加以應用的成就感，與老師過去於傳授知識與創造知識(研究)的成就是相得益彰的；前一陣子祁老師跟中華電信研究所也有進行一些產學計劃，另外四、五年前，祁老師跟尉應時老師也有承接一些結合產、官、學的研究計劃。

實際上而言，祁老師跟業界的關係還不錯，例如有一家做光通訊相關產品的公司，祁老師與該公司也有一些 interaction。此外在這一段時間內，陸陸續續的有一些廠商也是透過祁老師跟學校的一些實驗室進行合作，而且祁老師在學校或是學術界的光電領域內算是一個代表人物，所以很多廠商直接找上祁老師，此時老師會認為這個東西比較適合哪個老師做，再把這些案子推薦出去。

(三) 成員題目概念的生成

針對學生所屬的層級不同，祁老師會採取相異的訓練方式，如果是博士班的學生，老師會希望學生具備自動自發的態度，由其自行去形成研究的方向與概念，祁老師只是扮演協助的角色，並不會主導博士班學生的研究方向；而如果是碩士班的學生，老師則是會交待其一個研究題目或是讓其協助博士班的學長去完成題目。

【表 4-4-1】光波與光子實驗室成員的概念生成方式

| 實驗室的成員概念生成方式 | | |
|--------------|------|------|
| 對象 | 博士生 | 碩士生 |
| 概念生成模式 | 由下而上 | 由上而下 |

資料來源：本研究整理

針對研究題目的形成，在光波與光子實驗中，成員具有很大的自主權與發揮空間，受訪的博士班學長葉建宏表示：「老師不會刻意去限定學生要做什麼。要是今天有成員想要做有關奈米或是微機電的研究，那只要能跟光通訊沾上邊的都無妨，因為做科學研究，不能老是墨守成規，局限在同一種地方嘛！如果說某些不同領域能夠激發成員的研究創意的話，那去常是到也沒什麼不好，所以老師不會排斥。」

三、知識蓄積

(一) 留才

對於研究室內部的優秀碩士班學生，祁老師並不會特別鼓勵其要繼續留下來進修博士班，而是採取自由的態度讓學生自己去發展，因為每個人都有不同的可能，祁老師會覺得如果什麼事都幫學生安排好的話，可能會抹煞掉學生自己的想法。

但是如果學生有想要念博士班的意願時，老師會給予學生相當多的建議，例如之前研究室內有一位學生要去國外念博士班，祁老師此時則會站在建議者的立場，將選擇博士班所需考量的因素跟該名學生講，後來該名學生考量到實驗室的設備、與是否有學長等等因素而決定留下來念博士班。

(二) 技術化文件

光波與光子實驗室對於組織內部的知識蓄積會採取下列的幾種形式，首先當學生進入實驗室時要先簽名，並將操作儀器過程中的資訊加以記錄，例如儀器是否正常運作或是哪裡出了故障等。

如果針對的是比較內隱的知識，因為這些部分比較難以透過文字的形式敘述，例如像是架設備的技巧跟秘訣、或是量測的方法，這些可能都只有實際在做的人才會知道，如果該人員走了可能這些知識也就跟著離開，所以此時會透過人員之間的互動來進行傳承，進而也能讓後面進來的學生能夠繼續 follow 過去的這些知識。祁老師本身也擔任了組織內部一個重要的知識蓄積載體，當學生與老師的討論過程中，老師也可以將這些技術與經驗轉化到老師的腦中。

祁老師說：『其實我也陸續從學生當中教學相長，有些特別好的學生，他們對研究的獨特的做法，可能連我之前也沒想到，透過跟學生的交流，等於說這些獨特的方法會綜合在我將來的研究中。』

針對組織內部知識蓄積的管理，祁老師認為要完全將過去的技術經驗百分百傳承給下一位承接者，在執行上是會有困難的。

祁老師說：『像工研院他們做的，譬如一個技術你要傳給底下的人，你要做很詳細的 documentation。可是如果是做研究的話，就很難把你一個人的經驗寫出來影響到別人，別人只能從發表的論文當中去揣測。』

（三）師徒制

實驗室在平時的運作上，博士班學生與碩士班學生的配對與合作模式上是採隨機配對的方式；此外博士班學生也可以主動跟老師提出人力的需求，規劃出在某個研究領域中需要多少位碩士班學弟妹的協助，透過這樣的合作過程也能對於碩士班的學生進行訓練。受訪的博士生葉建宏說：「因為碩士班通常都還是由我們博士班在帶，所以老師會看現在做的狀況怎麼樣，再給予不同的意見。而且因為目前實驗室有分幾個不同的 group！學弟妹一進來就會先選、先分 group。像我在帶學弟妹時會有我自己的要求。」

博士班學長在帶碩士班學弟妹的過程中，會親自帶著他們做實驗，告訴碩士班學弟妹一些做實驗中要注意的技巧跟細節，這段時間可能是幾個禮拜左右。那一般來說，碩士班等於是在幫博士班在進行操做，碩士生所做的應該就是那些博士班的論文，一切完成後然後將東西再交由博士生整理、發表。

（四）專利的申請

祁老師十分鼓勵學生將研究的成果去申請專利，但是因為申請專利必須付出申請費，此外每年還需要繳交維護費，這些對於實驗室來說仍算是蠻重的負擔，而目前所採取的機制是由國科會 support 一部分的錢，然後由學校協助申請。

第五節 交大光電工程研究所光資訊儲存及平面顯示實驗室

基本資料

| | | |
|-----------------|---|---|
| 指導老師 | 姓名 | 謝漢萍教授 |
| | 學歷 | 美國卡內基美隆大學電機及電腦工程博士(1986) 美國俄亥俄州立大學電機系碩士(1979) 國立台灣大學物理系學士(1975) |
| | 研究領域 | 顯示成像技術 高密度光碟儲存機制 微型光學元件 光機投影系統 薄膜應用 微積光元件 |
| 實驗室人員規模 (在學) | 助理教授：1人 博士後研究：1人 在職博士班：6人 | 博士班：11人 碩士班：11人 |
| 經歷與榮譽 | GE. 奇異電氣設計研發工程師 Carnegie Mellon Univ. 助教授 IBM pre-doctoral Fellowship(1985~1987) IBM post-doctoral Fellowship(1987~1988) 中央研究院應用科學及工程中心研究員 擔任多項光訊處理及顯示研討會主席或委員，如：光學儲存技術、MORIS、intermag、磁性技術研討會、國際資訊顯示學會、IDRC、ASID、FDP Expo 等 行政院國科會研究獎勵優等(民 82~81) 行政院國科會研究獎勵甲種(民 89~84) | |
| 任教科目 | 平面顯示器技術 光資訊儲存技術 微光機電元件及系統 | |
| 實驗室網址 | http://osdlab.eic.nctu.edu.tw/OSLAB/INDEX.HTML | |

研究計畫(2000~2003)

| 類別 | 名稱 | 補助機構 |
|------|---------------------------|------|
| 學術計畫 | 建構兆位元時代的光電科技：光儲存技術(分項計畫四) | 教育部 |

| | | |
|--------|---|------------------|
| | 重點產業科技人才培訓計劃 | 國科會 |
| | 平面顯示器種子教師培育計劃 | 國科會 |
| | 漸變式光罩技術開發(I) | 國科會 |
| | 以次波長表面浮雕微結構進行微型光學元件的分析設計及製作(3/3) | 國科會 |
| | 應用多元非對稱微透鏡陣列光控制薄膜以提昇反射式快速多穩態膽固醇液晶顯示器之影像品質 | 國科會 |
| | 以次波長表面浮雕微結構進行微型光學元件的分析設計及製作(2/3) | 國科會 |
| | 以嚴格向量繞射理論設計分析與製作次波長微型光學元件 | 國科會 |
| | 以次波長表面浮雕微結構進行微型光學元件的分析設計及製作(1/3) | 國科會 |
| 產學合作計劃 | 微光電系統晶片研發計畫—經濟部學界科專計畫 | 經濟部 |
| | 主動式全彩有機發光顯示器 AMOLED,AMPLED 之開發及光反射影像增強層半穿透半反射式液晶顯示器研究 | 統寶光電股份有限公司 |
| | 新型半穿透半反射式液晶顯示器 | 劍度股份有限公司 |
| | 平面顯示前瞻技術開發先期研究計畫專利分析 | 台灣薄膜電晶體液晶顯示器產業協會 |
| | 高均勻性的 LTPS-TFT/OLED 的 Pixel.array 及驅動技術的開發 | 統寶光電股份有限公司 |
| | 前光板光學模組的設計及製作 | 勝華科技股份有限公司 |
| | 軍、民通用的微型光學系統的設計與製作(II) | 國防工業發展基金會,達基科技 |
| | 前光板光學模組開發專案 | 勝華科技股份有限公司 |

| | | |
|----|-----------------------|--------------|
| | 高密度可擦拭型光碟關鍵技術 | 達信科技股份有限公司 |
| 其他 | Half-tone 微光件製程開發 | 中山科學研究院 |
| | 相位光柵雷射轉寫技術研究 | 中山科學研究院 |
| | 漸變式光罩技術開發(I) | 國防科技學術合作協調小組 |
| | 積光元件製程設計及開發 | 中山科學研究院 |
| | 反射式液晶顯示器白色色彩改善研究 | 工研院電子所 |
| | 奈米加工技術 | 工研院機械所 |
| | LC 顯示器驅動方式最佳化研究 | 工研院電子所 |
| | 顯示系統工程參數與影像品質之相關性量化研究 | 工研院電子所 |
| | 半色調光罩微光件製程開發之研究 | 中山科學研究院 |

專利(台灣/已核准/發明人)

| 申請案號 | 發明名稱 |
|-----------|----------------------------------|
| 083217195 | 高效率的薄膜彩色濾光器. |
| 083217450 | 利用脈衝雷射照射於光資訊儲存的檢讀. |
| 085104337 | 液晶光學投射顯像系統. |
| 085209623 | 微小稜鏡陣列製作的彩色濾光器. |
| 086210691 | 變倍光學掃描器. |
| 087114588 | 投影顯示裝置. |
| 087203552 | 提昇電子顯示系統成像品質的光柵元件. |
| 088114668 | 應用於反射式液晶顯示器的光分佈控制元件及使用該元件之液晶顯示器. |
| 088204577 | 發光二極體交通號誌燈之高效率折射式透鏡. |
| 088206223 | 用於投影顯示裝置的高效率照明光學系統. |
| 088222575 | 交通號誌光學燈組. |
| 090100816 | 以熱致超解析法製作光碟母模. |

壹、組織平台與情境

一、領導者角色

(一)老師的研究風格與角色

■ 研究風格

有句廣告詞說：「科技始終來自於人性！」由這句話幾乎就可以窺探出謝漢萍教授對於“研究”所抱持的信念。謝漢萍教授認為：科技一定要能融入生活為生活所用，因此謝漢萍教授除了著重於指導、監督學生的研究方向，他最終的目的是希望培養出將研究及產業結合的尖兵。謝漢萍教授在交通大學任教之前曾經在國外的 Seagate、IBM 等機關任職過，做一些和光儲存相關的東西，因為這樣的背景及本身的研究理念，使得謝漢萍教授對於現今的科技潮流及未來的科技趨勢有相當敏銳的觀察力，因此常常能非常準確的切入潮流，將研發成果和產業結合在一起，以供市場的需求，從之前的光儲存到現在的顯示器，就是最好的例子。碩二學生吳孟諭說：「謝老師最大的特色，就是除了他本身具備豐富研發能力的背景外，還擁有像企業家一般幹練的頭腦，這可能也是老師何以成功並把實驗室經營得有聲有色的最大原因吧！」

■ 角色

謝漢萍教授對學生敞開一扇相當大的窗口，他希望藉由暢通的溝通管道，助長學生對研究、實驗的熱情，否則熱情一旦消失，做研究是很痛苦的，當然也就不會有成果出現，即使有，也不會是一個好的作品。所以除了每週例行的 meeting 之外，只要有任何問題、疑惑，都可以隨時去敲老師的門，找老師商談。

在生活上，謝漢萍教授採用的就是這樣 open 的管理態度，但對於研究方面，老師則認為要有一定制式的規範。謝老師相當重視實驗室內的氣氛，實驗的精神是一個做研究的學者應該具備的特質，因此在謝漢萍教授的實驗室裡有一個不成文的規定，他希望學生從早上九點半到晚上九點半之間，都能盡量待在實驗室裡，如果因為有事不在，必須要在實驗室的白板上註明去向。而在這種嚴謹的治學風氣下，在實驗室裡，成員得以專心致力的唸 paper、讀書、做實驗，或做一些和研究相關的事情，也因此，實驗室成員在論文的品質上也屢次的獲得外界的肯定，如黃玟焜博士及劉家瑞博士分別得到第十一屆及第十三屆的龍騰論文博士論文優等獎及博士論文金質獎，以及黃乙

白博士於民國 91 年獲得的 SID¹¹ 所頒發的最佳學生論文獎。

謝漢萍教授算是跑實驗室跑得很勤快的老師，他常常在課堂或研究的閒暇之餘到實驗室走走，看看學生在實驗室中的動態、學習狀況，並了解學生的工作進度。

在每週例行的 group meeting 中，老師也會藉此監督學生的研究進度，若發現學生的研究方向偏離主題，老師會給予適當的意見，使其修正研究方向，只要報告時不是不知所云，有進度可以呈現出來，老師大多是扮演傾聽者的角色，給予自己的建議，並不會嚴詞指正，給學生太多的壓力。所以，碩士班研究生只要能將當初選擇的題目做完，並達到老師覺得 ok 的程度，就可以順利畢業。但博士班就沒有這麼容易了，老師對博士班的要求比較高，因為博士班的學生承接的專案計畫會比較大、比較複雜，這對博士生的組織手腕以及將理論推向實踐的能力，是種訓練，也是種考驗，而且博士生在實驗室待的時間比較久，對各個專案計畫的主題比較有深入的研究，因此必須把專案計畫完整地結束後才可以畢業，不論其論文點數是否到達一定的門檻，即使博士生的論文點數達到了一定的程度，如果專案計畫沒有完成，還是不算到達可以畢業的門檻。

(二)願景與研究方向

謝漢萍教授一直以來的理念，就是把實驗室中研發出來的光資訊儲存與平面顯示術和產業脈動做結合，因此他相當樂於把自己的知識種子散佈出去，只要畢業的學生有興趣、有意願，老師便會把業界的機會介紹給學生，這樣穿針引線的動作，無非也是希望藉由提拔學生進而對產業界有所貢獻。像今年即將畢業的其中兩個碩士生，之前曾經參加與「友達光電」合作的產學計畫案，所以畢業後就順利的申請到「友達光電」去服國防役；另外有一位碩士生也是經由老師的推薦，於今年畢業後將進入「明基電通」服務。

將自身研究領域中所研發出來的技術推向更高一層的應用境界，並培養出能為產業界所用的優秀專業人才，以扶植國內產業，促進產業蓬勃發展，是謝漢萍教授自執教以來即持續努力的方向。老師對於專案計畫的承接並沒有一定的順序性，不過由於專案計畫大部分都有與產業界合作，所以目前取得的資源和經費都很豐富。謝漢萍教授選擇專案題目主要基於兩個重點：一是專案計畫的成果必須能塑造出一個具備潛力的商品；二是專案計畫的主題要能切合未來科技的趨勢。通常第一類的專案計畫在完成後，可以取得許多關鍵性的專利，

¹¹ SID, Society for Information Display, 顯示器資訊協會

或是塑造出的商品能衍生出優厚的利潤；而第二類計畫必須對未來有相當的前瞻性。諸如此二類的計畫案老師就會比較感興趣。

二、教育訓練

(一)基礎的訓練課程

通常碩士班新生進入實驗室後，大概在半年的時間內，謝漢萍教授會要求碩士生先多讀一些 paper，將專業知識及英文能力提升，並接受基礎的訓練課程及研究相關的課程，諸如：光學模擬軟體、製程...等，接受這些課程所需的花費都是由實驗室依級別來補助，如：博士班補助全額，碩士班補助九成，只要學生有學習的熱情，老師認為這些都是應該且值得的。授課的單位從學校到業界，或是一般的訓練單位都有，如果有意願到工研院打工，或到工研院學習和研究相關的知識、機台，老師也會鼓勵學生主動去參加，甚至樂意替學生安排。謝老師還希望學生在自行研究之餘能多多參閱別人發表的論文，觀摩別人如何進行實驗，並訓練自己做好歸納的功夫，以及找出解決問題的方法。另外，謝漢萍教授本身的英文能力相當扎實，所以他也很要求學生的英文能力，包括碩士論文也一定要用英文來完成，藉由如此的訓練促使學生的研究登上國際舞台的大雅之堂。

(二)促進成員感情的機制

光資訊儲存與平面顯示實驗室成員之間的感情十分融洽，團隊向心力也不錯，大家平日在實驗室就會談論彼此的研究內容，互相加油、打氣，若在某部分遇到困難，可向專長於該部分的同學請求協助，同學間都會樂於提供資料及技術上的指導。雖然做研究必須要用很嚴謹的心態去著手，但大家私底下都很活潑，經常會辦一些活動來增進大家的感情，例如：旅遊。平常的聚餐更是頻繁，另外大家還會相約在研究的閒暇之餘一起打籃球、棒球、玩線上遊戲，甚至畢業校友也經常回來和大家一起聚會、活動。

三、激勵制度

(一)研究津貼的分配方式

在光資訊儲存與平面顯示實驗室中，藉由專案計畫所取得的經費並不會直接的分配給學生，而是將其用於購買實驗室所需耗材及實驗室周邊設備，目的是希望學生能在充沛的資源下，無後顧之憂地進行

研究，讓研究工作能順利而有效的進行，進而也強化實驗室的實體資產。至於分配給學生的獎勵金、研究津貼，老師則是根據級別、表現和專案等三個原則來分配：

- **級別**：指的就是博士班和碩士班的區別，一般來說，碩士班的獎勵金每個月最多六千元，而且是從碩一就開始領取；博士班則是最少一萬六千元。
- **表現**：對於博士班學生，除了基本津貼外，每週一晚上博士班 meeting 時，博士生需向老師報告上星期的工作內容及進度，若有學生表現優良，老師會根據自己主觀的認定，追加獎勵金予以鼓勵，最多每個月可領得兩萬八千元，但以此為上限，因為這是國科會的規定。
- **專案**：若和產業界合作大型的專案計畫，相對的經費也會比較豐富，有的公司會直接撥一些額外的經費給負責承接計畫的學生，並不會透過老師。所以如果運氣好，承接到願意多給一些經費的公司的案子，領到的錢可能就多出許多。因而同一級別的學生之間，領到的獎勵金有可能因專案的不同而相差很大。

(二)其他

謝漢萍教授雖然對學生在研究工作上要求很嚴格，但對於表現優良的學生也絕不吝於讚美。在氣氛頗令人緊張的 meeting 中，若有學生表現出色，老師會在所有實驗室成員面前予以褒獎、嘉勉，要大家向優秀的學生學習。吳姓學生表示：「這對我們學生來說是一種相當大的鼓勵，因為自己的能力與努力能在其他同學面前得到老師的肯定，之後幾天的心情都會比較愉快。」，這讓學生胸中頓時燃起一股熱情，最終化為研究的動力。

另外，若博士班的學生投稿國外的論文期刊有被錄用、刊登，老師便會將參加該研討會的機會安排給學生，讓學生能夠在國際的研討會上嶄露頭角。

四、團隊溝通與合作

(一)meeting 的頻率與方式

每個星期一晚上，實驗室內部會在資電大樓五樓的會議室內舉行大型的 group meeting，實驗室所有的成員都要參加，博士班和碩士班

的學生加起來大概有二十幾個之多，這二十幾個人又分成兩組，分別是顯示器組和光儲存組，其中顯示器組除了液晶之外還包含很多不同的類別，所以在一個組別下，其實尚可區分成幾個分別具有獨立性的部分。由於老師相當重視學生的英文能力，所以報告時一律使用英文，一組每個禮拜是由一個人負責報告，時間大概是四十分鐘。每個人一個學期至少會輪到一次上台報告的機會，老師會在這個時候針對學生的工作方式、進度，給予自己的意見，並點醒學生應該改進、修正的地方。其他與會的學生也可以就同學報告的內容提出問題，藉著 meeting 的機會，大家可以做討論及平行的交流，但老師希望大家儘可能以英文發問，報告者也需以英文回答，謝漢萍教授認為這是一個很好的訓練方式，增加學生使用英文表達的機會，便能降低對英文的恐懼，這是老師對學生訓練的堅持，也算是為將來可能參加的國際研討會做暖身。

(二)其他的溝通管道

「我們平時在研究室中，不論是正事或私事，我們在座位或是實驗室裡面就可以當面談，直接又有效。」碩二學生吳孟諭表示。「譬如說你今天在實驗上遇到什麼困難，有哪個地方不懂，而我知道實驗室有別人對這個領域比較懂得，那麼我就會去問他。不過我們平常並不會隨便亂逛，到處看看人家做些什麼事情，不會耶。」實驗室各成員的研究方向，彼此都會有所了解，因此，當成員本身遇到研究瓶頸時，就可以最有效率的找到適合的人選來諮詢或協助。

(三)經驗分享的方式

在禮拜一晚間舉行的 group meeting 是實驗室成員分享彼此知識最好的管道之一，並且有老師的親自指導，以本身的研究經驗來指點學生們的迷思，使學生們的觀念得以更加清晰，並且讓鑽研其他方向的學生也能一覽在光資訊儲存領域或是平面顯示領域裡，各個分門別類中奧妙之處，讓學生對該領域有更完整的輪廓。

五、實驗室成員之組成

(一)實驗室成員的選擇

普遍來說，光電所的學生之中具有物理及電機背景的人占大部分，另外還有來自於電信及材料、機械、化學等，不過一般而言，大都會挑選一些之前已學過相關基礎課程的學生。在光資訊儲存與平面顯示實驗室內有一個共通的巧合，就是成員清一色都是國立大學畢業

的。雖然先前的科系背景多少會影響老師對學生的選擇，但最重要的還是取決於老師當前承接的專案計畫，謝漢萍教授會視專案計畫需要哪方面的人才，來取捨當年度會收什麼樣背景的學生。例如：實驗室目前有一個計畫叫做 PSOC¹²，這個計畫是用微電機的技术來做一些 device，像是讀取頭或是光波導元件等，在這個計畫之中，老師就會想要找出身機械系的學生，因為台灣的微機電領域就是從機械領域衍生出來的。

另外，在研究所考試放榜後，謝老師也相當歡迎對他的實驗室有興趣的學生來找他聊一聊，老師會經由一對一的面談，讓學生了解這個實驗室的研究大方向在哪裡，在做些什麼，風氣是怎麼樣，但如果該學生想研究的東西和實驗室的領域有出入，老師亦會建議那個學生或許應該再多尋求其他實驗室，因為在研究上若彼此的需求和期望不能配合，那麼在執行計畫時對雙方來說都是相當痛苦的。

(二)實驗室資源的配置

謝漢萍教授在實驗室中扮演著指導者、監督者和資源搜尋者的角色，他會盡力建立一個密集而暢通的資源網路，讓學生都能多所學習，並放手去執行手上的研究計畫。既然要做，就一定要做最好的，只要是研究上需要，老師便會儘可能的網羅所需要的資源，決不會以退而求其次的心態犧牲掉研究的品質。例如：實驗室之前購入的液晶模擬軟體，一套就標價三十幾萬，但因為是基於實驗的必須性，所以即使花費不貲，老師也在所不惜。一般而言，博士班的資源分配比碩士班稍多，可歸納出以下幾點：

- **獎勵金**：碩士生每個月最多可領得六千元，博士生則至少一萬六千元。
- **報帳額度**：碩士生購買相關耗材，報帳若超過五百元，就必須知會老師，徵求同意，而博士生的額度是一千元。
- **研究空間**：博士生的座位比碩士生大一倍半左右，因此幾乎每個博士生都有屬於自己的研究空間，不需要和別人共用桌面或走道。
- **相關課程的學習**：若學生想要修習某些額外的課程，可以直接找老師商詳談，只要課程與研究相關，或是對實驗室有幫助，老師都會力挺學生去學習。當然，老師會根據所需經費的多少及這門課的重要性來做一個衡量，如果這門課很重要，那

¹² PSOC, Photonics System on Chip, 經濟部學界科專計畫—微光電系統晶片研發計畫

麼即使學費很貴，老師仍然會支持學生去學習。但對於碩士班的學生，學費大多只補助九成，博士班則是全額補助，百分之百的支持。

貳、組織的知識流通

一、知識取得

(一)專業知識

在計畫進行的過程中，若遇到了瓶頸，無法突破，學生們會先和同組的成員互相討論，或是請教學長；再者，從網路和期刊上也能搜尋到相當豐富的資料，已補足知識背景之不足。藉由閱讀期刊論文，不但可以學習別人解決問題的方法，同時也能了解世界上相同領域的實驗室，做到了什麼樣的程度。知己知彼，雖不一定百戰百勝，但清楚自己和別人的距離，就是一種智慧。這也是謝漢萍教授希望學生多看期刊、論文的主要原因之一。

在光電的領域中，可以參考的期刊有很多，比較 Top 的有 ISOM¹³、SID¹⁴和 JJAP¹⁵等三種，這些都是全球性的研討會所衍生的期刊，其中 ISOM 是探討一些相關於光儲存技術的資訊，包括碟片和讀寫頭等；而 SID 則是有關於顯示器的最大一個研討會。另外，像國內比較盛大的光電年會，謝老師也會鼓勵實驗室的成員試著發表自己的論文，看看是否能夠上台發表，增加自己在眾議場合內 present 的機會。

(二)外部機構

謝漢萍教授和國外的實驗室有相當密切的合作關係，博士班的學生從進來實驗室到畢業這段期間，老師會安排學生半年的時間到國外做研究，這是一個相當好的歷練機會，除了能拓展視野，也能看看別人怎麼做，以增廣見聞。大部分的博士生都是去美國亞利桑那州的光學中心，除了這間學校之外，也有學生去荷蘭的飛利浦總公司做研究，另外在德國也有與當地學校有合作關係。

¹³ ISOM, International Symposium on Optical Memory, 前瞻光資訊儲存技術研討會

¹⁴ SID, Society for Information Display, 顯示器資訊協會

¹⁵ JJAP, Japanese Journal of Applied Physics, 日本應用物理學期刊

二、知識創造

(一)解決問題的方式

謝漢萍教授所承接的計劃相當多元，從國科會、學界科專、卓越計劃到業界的案子都有，一開始幾乎都是先拿給博士班的學生來執行，老師會視每個人的工作量來平均分配，博士班的可能一個人接一個比較大的題目，而碩一剛進實驗室時要先找個博士班學長帶，然後學長會告訴學弟該做些做什麼、該怎麼做，以及將來這計劃要往哪個方向發展。大致上來說，每個博士班學生都身兼兩個計畫以上。目前謝漢萍教授承接的計畫主要是相關於光儲存和顯示器兩個領域，所以在接計畫前，老師會根據題目的範疇先行篩選，再者，還會考慮實驗室的設備和人力是否足以完成這個案子，或是由哪個學生來負責主導，除非每個點都思考過、安排周詳了，否則老師不會輕易承接計畫讓學生做。

一旦實驗室決定接下了某個計畫案，謝漢萍教授就會將該計畫案交給某個博士班學生全權負責。而在計畫進行的過程中，可以隨時、大方地和老師談論經費的問題，例如：實驗做到某個地方可能需要量測某種特殊的特質，如果實驗室中沒有機器或工具可以執行，就可以跟老師商量。倘若實驗室確實不能提供這樣的 source，老師就會考慮購買，使專案計畫在資源充足的情況下順利進行。

(二)執行與整合新技術程序及工具

若承接的計畫中概括了實驗室領域較陌生的部分，或是實驗室內部之前沒有做過相似的東西，實驗室的成員會先尋求校內其他實驗室的幫助或是與較有經驗的人一起合作，並且由於謝老師與業界有長期良好的互動關係，所以也有可能尋求產業界共同合作。至於製程方面也是會去找相關領域的資源共同合作，不太可能從外部購買技術，所有製程相關的知識都要靠自己來發掘，參數要自己 try。合作的實驗室除了交大校內的之外，還包括清大、工研院等相關領域的科系，例如：在 PSOC 的計劃中，謝老師就分別與交大機械所的徐文祥¹⁶老師、清大動機所的方維倫¹⁷老師以及清大工科所的曾藩根¹⁸老師多有合作。

¹⁶ 徐文祥教授，研究專長：微機電系統、機械設計，<http://memslab1.me.nctu.edu.tw/%7Ememslab/>

¹⁷ 方維倫副教授，研究專長：光纖通訊微元件、光學微機電系統、微機械結構設計與製造...等，<http://mdl.pme.nthu.edu.tw/>

¹⁸ 曾藩根副教授，研究專長：微機電系統設計、製造、分析、及應用；能源及生醫系統上的應用、微加工方法...等，http://www.ess.nthu.edu.tw/%7Efangang//NEW_WEB_2002/index.htm

三、知識蓄積

(一)留才

老師有特別規劃留住優秀學生的計劃或是方法嗎？大多的教授當然都會希望實驗室內優秀成員能夠繼續留下來做研究，而謝漢萍教授也不例外。謝老師覺得碩士班尚只是在扎根的階段，直到接受了博士班的訓練後，才有能力獨立的去承接案子，拓展實驗室研究上的廣度。「可是你要先有心理準備，而且你底子要夠好，不然老師對博士班的要求是更嚴格，遠超過對碩士班」預計今年畢業的碩士班學生吳孟諭說，「因為老師對研究上的嚴謹，壓力一定會相對較大的。但是老師對博班可能會特別表示，譬如說今天博班學生要畢業了，老師如果覺得這位學生很優秀、很棒，而該學生也有心繼續做研究的話，老師就會非常希望該學生能留在這實驗室繼續當博士後研究員，因為博士後研究員只要再發幾篇論文就可以進來交大當助理教授。老師會一方面想要提拔他，一方面也希望他在攻讀博士時所做的努力可以做一個延續。目前有兩個即將畢業的博士班學長，老師可能會希望他們來做他的博士後研究。」

(二)實驗成果的文件化

在實驗室做實驗的過程中，謝漢萍教授會要求學生確實的填寫實驗紀錄簿，除了可以讓學生回想實驗的過程是否精確無誤外，將來若有專利權上的問題也可以用到，特別是跟業界合作的計劃。此外，所有成員的實驗數據資料會留在自己的電腦裡，但是如果其他同學有需要，只需說一聲，都會互相流通！吳姓學生說：「畢竟是同一個實驗室，而且我們每個人做的幾乎都是不同的計劃，我們不會刻意把同一個東西或是一個配方故意扣住不跟別人說，不會啦！」因為實驗室成員所執行的各個專題還是有其獨立的特性。

而在畢業的論文中，謝老師會要求學生將這個計劃的所有 data、以及步驟都放進來，讓別人在讀該論文時，可以很清楚的知道這計劃做到什麼地步或是做到怎樣的程度。所以一些沒有必要的圖就不用放，但能放上去的就一定是必要且關鍵的資料。

(三)師徒制

當新進的成員接受完實驗室基礎的訓練課程後，緊接著就是要勤跑實驗室，熟悉實驗室的環境，並和學長學一些必要的儀器操作，例如計算和製程的部分，這時間大約會花去新生半年左右的時間。在多方學習及和學長談論之後，會由新生就自己所興趣的題目，去選擇跟在做相關研究的博士班學長學習，所以新進的碩士生多是由博士班學

長帶。在每位博士班學長手上幾乎都有一個以上的計畫，底下帶二到三個學弟妹，然後在 meeting 的時候，老師會一個個詢問學生們心中的研究方向，當方向確立了之後，在往後的 meeting 時，藉由每個學生上台報告的機會，老師也會指導學生將來有什麼地方要做，在什麼地方可能會發生問題，讓學生去思考、改進。

(三)專利的申請

謝漢萍教授視專利的申請也等同論文發表的價值，甚至認為其更具實用的意義。從實驗室的入口進去，在左面的牆上就掛有光資訊儲存與平面顯示實驗室歷年來申請獲得的專利表，從民國 84 年開始到民國 91 年間，光是申請成功的就多達十六件(包含台灣十一件及美國五件)，而目前在申請中的也有十三件。加上謝老師長期以來與業界的合作密切，因此有些具有機密性的技術也必須做些防護。謝老師也相當鼓勵學生練習專利解讀、撰寫的功夫，以備將來在業界工作時的不時之需。

第六節 中央物理研究所 半導體物理實驗室

基本資料

| | | |
|-------------------------|--|--|
| 指導老師 | 姓名 | 紀國鐘教授 |
| | 學歷 | 美國耶魯大學工程與應用科學博士(1976) 國立台灣師範大學物理學士(1970) |
| | 研究領域 | 氮化鎵材料成長、製程及物性之應用物理研究 離子佈值在半導體元件上的應用與機制研究 微結構及奈米微粒之研究 光偵測器之暗電流機制研究 |
| 實驗室人員規模 (在學) | 博士後研究：2 人 博士班：6 人 碩士班：7 人 | |
| 經歷與榮譽 | 行政院研究發展考核委員會副主任委員(2000.5.20-) 資策會常務董事(2000-) 工研院光電所材料與元件組組長(1990.3-1994.7) 國立中央大學物理所及光電所合聘教授(1994-) ISI 經典引文獎—應用物理學門(2001) 十大傑出工程師獎(1993) 美國 AT&T 貝爾實驗室(Bell Lab.)研究員(1977-1990) 美國貝爾實驗室傑出貢獻獎(1987) 登錄於美國科技名人錄(1981) 美國紐約科學院院士(1980) 經濟部科專計畫成果優良獎(1995) 行政院國科會研究獎勵甲種(民 88)(民 85~84) | |
| 任教科目 | 電子材料 材料物理 | |
| 實驗室網址 | http://140.115.30.93/semilab/index.html | |

研究計畫(2000~2003)

| 類別 | 名稱 | 補助機構 |
|-------------|---------------------------------|------|
| 學術計畫 | 建構兆位元時代的光電科技：微光電系統技術(中央大學協同計畫一) | 教育部 |
| | 氮化鎵繞射式微透鏡之設計與研製 | 國科會 |

| | |
|---|---------|
| 具有深次微米閘極長度之高頻氮化鋁鎵/氮化鎵 HEMT 元件及高靈敏度 PIN UV 檢測器之研製 | 國科會 |
| 不同晶格方向之氮化銦鎵/氮化鎵量子井結構與其光電特性之分析研究 | 國科會 |
| 赴日參加中日微電子國際專題研討會 | 國科會 |
| 高溫、高功率、高頻之氮化鋁鎵/氮化鎵 PHEMT 元件及高響應特性 PIN UV 檢測器之研製 | 國科會 |
| C-頻段 (5.1-5.8GHZ) 射頻元件及模組技術開發 (II)—子計畫一:離子佈植砷化鎵場效電晶體在 C-頻段射頻模組之應用 | 電信國家型計畫 |
| 氮化鎵藍光雷射二極體技術研究(2/3)—子計畫二:氮化鎵系列材料 P-N 界面之形成及其物性與結構之研究 | 國科會 |
| 氮化鎵藍光雷射二極體技術研究(3/3)—子計畫二:氮化鎵系列材料 P-N 界面之形成及其物性與結構之研究 | 國科會 |

實驗室的精神標語~~

認真研究創新，追求卓越突破！

實踐科學精神，體驗現代文明！

熱心服務人群，關懷社會公義！

壹、組織平台與情境

一、領導者角色

(一)老師的研究風格與角色

■ 研究風格

「實踐科學精神，體驗現代文明！」是半導體物理實驗室內重要的精神標語之一。紀國鐘老師，為中央大學物理系與光電所教授，曾任中央大學光電中心主任，其專長為半導體元件物理。因從事光纖通訊元件研發工作績效卓越，獲得 AT&T Bell Lab. 傑出貢獻獎，並登錄於美國科技名人錄中，是位相當傑出的科學家。如今紀老師奉獻於教職，始終想把科學的精神深耕於台灣的教育階層，原因就是台灣的社會似乎仍普遍缺乏這些精神跟體驗。紀老師細數當初於工研院任職時發生的情況：「我們的科學園區裡面的菁英，每逢初一、十五還要去拜土地公！？這些人雖然身分是工程師，跟科學家還有那麼一點差距！可是事實上工程師跟科學家的界限已沒有那麼清楚，尤其在高科技產業，不但需要工程師也需要科學家，因為需要不斷地創新嘛！我並不是說拜拜的風俗不好，但是那些工程師居然跟我說：『假如不拜拜，機器會當機、人員容易發生意外。』我對這種說法非常感冒！你要機器不當機就應該要去定時保養，你要人員不受傷教育訓練就要做好，這種靠拜拜來求心安的行為就是缺乏“科學的精神”、“實事求是的精神”！」。在製造業裡，其實每天都會有新的東西可以去探索、發現，那一定就需要有新的創見，這樣說來工程師跟科學家在現今高科技並沒有分的這麼清楚，紀老師始終認為台灣的科學界如果要真正能夠創新、能夠突破，一定要做到實踐科學的精神。

『研究，其實是培養一種生活習慣』

紀老師對學生的培育就如培育一位科學家一般，並且中央的光電所是被歸屬於理學院而非工學院，因此紀老師認為學生研究學問，具備科學家的精神是最基礎的，以“科學家的精神”來達成研究的卓越與突破，等到「追求卓越突破」後，再來「實踐科學精神」。

而科學的精神是什麼？紀老師簡單的表示，「就是要能夠觀察、分析、歸納然後要能夠得到結論，說起來其實每個行業都應該這樣子，但是在科學界應該更重要。作為一個科學家，一定是要在一個控制的環境下做實驗，這樣的數據才能引用到結論來，不是人云亦云，是要經過訓練的。」在半導體物理實驗室裡面，所有的研究、實驗，紀老師都會要求學生以科學的眼光去分析，這樣所得的結果才能夠去

接受；而對學生實驗所做出來的實驗數據，紀老師也對數據的精確度非常的要求，有正確的數據才有力量去說服別人，並且，若能以繪圖來輔助，將自己所要表達的資料更清楚的呈現，那別人會更容易接受此研究的論點。

『科學教育並不是盲從，科學教育是告訴你，你做了什麼實驗？這個實驗是不是獨立的？是不是 under control？假如是，那得到的數據到底誤差值會有多大？能得到的結論可能很有限，可能要很多實驗才能湊出一個結論來，不會像貿然就說你放了一個手機在胸口所以導致心律不整，這樣子推論是很危險的，這樣就沒有真正像來研究所讀書。』

貝爾實驗室的生活對紀老師而言是相當深刻地，紀老師回憶說：「我們在實驗室中常常聊天，因為貝爾實驗室給我們一個生活叫做『intellectual life』，是在描述知識份子的生活。台灣的知識份子似乎有一個定型了，可是 intellectual life 是一種在紐約生活的猶太人所發展出來的一種生活模式，意思是說已經提升到工作、生活都不是問題後，所有的問題都在於智慧的交流。所以我們在貝爾實驗室的時候一個中餐可以吃到三小時，一直在辯論，不見得是談論我們自己的工作，而是談天文、地理、社會現象，我們通常都是邊吃飯邊談，吃完飯就馬上出去走，貝爾實驗室走一圈大概是兩、三公里！所以這樣一頓飯下來至少兩小時，然後我們再各自回到自己的實驗室、辦公室去研究、做實驗，一直到三點多，又開始看到每個人拿一杯咖啡到處走動、逛來逛去、四處討論，然後談的主題又是像布希總統的執政、戰爭、或是有什麼新創意，甚至到炸彈丟下去有什麼心理的、文化的影響…等，就談這些東西。」在老師的特意的規範下，因此在半導體物理實驗室中常常可以看到同學們四處走動、互相交流，隨著這種分享模式，讓實驗室的成員可以輕易的交流自己所做的主題，並且也可伴隨別人的經驗來激盪自己研究的突破。

■ 角色

貼在實驗室門口的那六句話是紀老師常對實驗室成員所強調的！另外，老師也常對同學說兩句話，其中一句是：「join the winner」，老師會希望訓練學生進入一個團體或是團隊時，能清楚地看出誰擁有較多的資源，誰比較有智慧，誰比較會有前途，然後去學習他、親近他，學生被要求要常常思考這種事，不要盲從。另外一句就是：「do the right thing」。在半導體物理實驗室還有一個不成文的規定，紀老師非常強調「三不原則」：不抽煙、不喝酒、不賭博，這是這間實驗室的同學們共同堅守的原則。

紀老師云：『我的基本理念其實是有教無類，反對台灣看分數的這種教

育制度。雖然我通常也會要他們給我以前的成績，但是我只是用來了解他們的學習態度而已。只要學生有這個決心願意跟我談，大概我都收。我是認為有教無類是非常重要的；那另外一方面就是學生願意學，這才是比較重要的。」

紀老師於民國八十九年五月入閣行政院研考會，縱使身兼官職、時間緊湊，老師對學生的關心卻不曾減少。每個禮拜三晚上紀老師有一門課，老師通常會利用課前的一點時間去實驗室了解一下學生的進度；那在禮拜四的 group meeting 是所有學生一起參與的，是解決所上成員的問題最重要的時間；週末時，老師常會坐鎮實驗室，分別的了解各個學生的狀況。跟隨老師將近八年的博士班學生陳景宜說：「老師對進度的要求很嚴格，但也只是出於柔性的關心你、叮嚀你，像是拍拍你的肩膀問問你的狀況之類，而如此下來，我覺得最主要的壓力還是來自於自己。」

『我是希望說，學生千萬不要以為老師就一定比你懂，通常我會在 group meeting 裡面告訴學生說這一點你可能要去請教誰，因為你做研究，就是因為不懂才做研究啊！要是都已經弄懂了，那還研究它幹什麼？』

在實驗室的 meeting 中，常可以聽到紀老師告訴學生，很多東西老師也是沒有答案，但是老師會幫忙大家找資源。回過頭來，可能有些同學會覺得老師這樣子的做法有些靠不住，因為很多學生可能會覺得說，老師總是很有權威，學生只要照著老師所交代的去做就可以畢業。紀老師總是語重心長的對學生說：「你到我這裡來就是要有許多煩惱，因為是你學習你拿學位，不是我啊！我只是幫忙你阿！那我的大题目的方向在這裡，小题目是需要你自己沿著這個方向去尋找，到最後你研究的東西會變成什麼？我也不知道阿，但是我可以以經驗告訴你、給你一些 concept，哪個題目你應該可以做，讓你在兩年的時間內可以做完。」。

(二)願景與研究方向

■ 願景

把貝爾實驗室的研究方式、國外的研究制度與人才帶回台灣，是紀老師的理念。對紀老師而言，台灣是這麼一塊平靜、安和的土地，且剛好有這麼多的留學生，在國外磨練了二、三十年，如果能夠將這些人才招引回國，然後把這些不只是知識，而是生活方式、思考模式帶回來，再散佈出去，一定是很棒的。因為台灣非常努力走到現在這一步，如果能在上一層，變成第一流的，就必需要有這些知識、這些

思考模式。

『那這些我所被訓練到的模式，台灣現在可能尚未落實，這也是我為什麼要回來的理由，可以說是一種使命感。譬如說日本的明治維新，就是有一群研究生、留學生出去，然後回來時就帶回這種制度、法律，進而改革日本的社會，重要的是能夠將好的制度帶回國內並落實它。』

除此之外，培育英才也是老師自許的使命，老師認為之前國內多數的教授都還是個別的在所研究的領域內單打獨鬥，不如國外有研究社群的概念，並且以跨系所整合的方式來培育人才。目前國內的大學實驗室慢慢的有了研究群的概念，紀老師也以此整合了物理、光電、電機、機械以及化學五個領域的老師及學生，共同促成了現在的中央微光電實驗室。

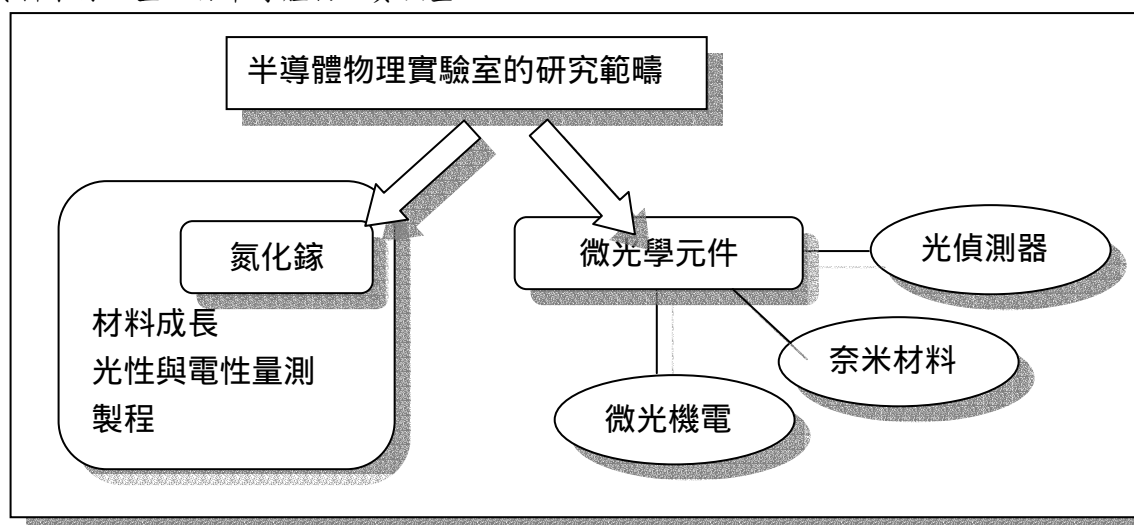
■ 研究方向

紀老師之前的研究專注於氮化鎵的應用，就是現在的藍光 LED 跟藍光雷射，以這兩者為主，那半導體物理實驗室的研究方向主要就是研究氮化鎵這個材料的所有特性。而那時曾考慮到藍光雷射在通訊上面的應用可能比較缺乏，但是藍光雷射的優點之一是可以將光聚成更小的點，所以很容易就讓實驗室的成員聯想到光儲存這方面的應用發展，再加上業界如晶元¹⁹、國聯²⁰的成功，更加讓老師覺得光儲存這方面或許可以嘗試去做做看。因此半導體物理實驗室首先以藍光雷射二極體去實驗，紀老師希望藉由卓越計畫幫助實驗室拓展這光儲存這方面的研究，長久以來實驗室具有深厚的半導體基礎，成員們也希望能把在半導體上獲得的寶貴經驗應用在光的機電設計上，以求更進一步的突破。

¹⁹ 晶圓光電股份有限公司，以 MOCVD(有機金屬氣相磊晶)的核心技術為平台，為光電、通訊的元件製造集團。晶元光電為全世界少數具備全光域超高亮度發光二極體磊晶量產技術的企業之一。

²⁰ 國聯光電科技股份有限公司，著重於光電元件材料的發展，核心技術為有機金屬氣相磊晶成長技術。另於 89 年 5 月購併原台灣光寶電子光電元件事業部成立台北分公司

資料來源：整理自半導體物理實驗室



【圖 4-6-1】半導體物理實驗室的研究範疇

二、教育訓練

(一)基礎訓練

進入半導體物理實驗室的新生，第一件事就是要先熟讀三本實驗安全的手冊，這三本讀完了，還要接受負責實驗安全的學長出題測試，通過後才可使用機台開始做實驗，因為實驗或多或少都會有些危險性，如同這類的安全守則，紀老師都會特別要求。而在group meeting時，紀老師常常會突如其來的丟出問題問在場的學生，就是希望學生能去思考老師所講的論點的真實性，老師希望同學能夠經過思考後隨即指出錯誤。紀老師總是對學生強調，老師不是權威、老師自己可能也會出錯，培養同學時時刻刻發揮科學家的精神，希望學生能用「懷疑」的態度去發現、去發覺，這就是紀老師一直希望同學們能一改以往「只要是老師說的就是對的」的觀念，發揮科學家的精神，去應證這所學的一切。

紀國鐘教授說：『對於我所說的或是所評論的，希望同學不只是聽，更要用心想。你們千萬不要習慣上去接受老師說什麼就是什麼！』

在半導體物理實驗室中，基本的訓練非常要求，經由非文件化的方式，由資深的成員(通常是博士班學生)當場示範給學弟、妹看，而不會光發一本講義，僅以書面的方式交代過去。譬如現在要學矽晶圓的清潔，學長親自將學弟、妹帶到機台旁操作示範，然後由學弟、妹做筆記，如此實驗的一些細節、技巧就由這種方式傳承下去，訓練更收其成效。紀老師鼓勵實驗室的成員們除了專業以外的東西外，還能

多些人文的素養，老師會將社會、政治、人文一些比較精采的文章印給同學，例如兩國論、實驗跟理論的距離與區別…等議題。雖然學生可能對這方面的興趣較不濃厚，但是老師還是會要成員們試著接觸這些東西。

(二)促進成員感情的機制

紀老師對成員們說：『我一直對學生說，這邊是你們的娘家，歡迎你們常回來，那如果需要用到什麼資源，不要客氣，那如果我們需要他幫忙的，希望也不要吝嗇。』

以前有實驗室有自組壘球隊，實驗室的同學們會一起打球或吃飯，不過當大多數喜好運動的同學畢業後，雖球隊沒能繼續運作，不過實驗室的同學們依舊保有團結力與向心力。現在實驗室會一起進行的活動是打 CS 或是其他的 LAN-GAME，不僅侷限於吃飯，隨著時代的不同，同學們聯絡感情的機制也有所不同。並且因為老師的關係，許多畢業的學生仍會回來找老師，看是否有可以與實驗室合作的地方。

三、激勵制度

(一)研究津貼的分配方式

『我對實驗室的每一位學生都是一視同仁，不因比較優秀所以我就會特別的獎勵你。當然，我想他們都曉得，這個是好 idea，那這個我馬上就會給他一個 response。』

在獎勵金方面，老師給予的辦法是依照國家的規定，但是會有級別上面的差別，碩一是四千，碩二則六千，博班有八千。因為一般來說，在實驗室中每個人做的量並沒有明顯的差異，所以如此的分配，在成員之間並沒有發生獎勵金分配不平均的情況，並在其他的資源分配上，讓碩、博士都享有相同的待遇。

(二)其他

老師的口頭上的嘉許對於半導體物理實驗室中學生非常受用，學生通常覺得能聽到老師嘉勉自己，不管是直接或是間接的，哪怕是只有「好，很好」都能達到鼓勵學生的效果。「研究就是要有好奇心！」紀老師表示，「要學生能夠願意非常積極自己去找題目，去找麻煩，找人家麻煩、找自己麻煩！這才是研究，可是對他們來說可能還是比較難一些，因為學生們就是很乖，你跟他講什麼他就做什麼，而且做得還不錯，可是往往在研究的表現上就不見得是最好。不過成績好還是會有一定的水準，這是毫無疑問的，只是我覺得成績好的學生應該要有更突出的表現，可惜這突出的表現跟成績似乎沒有成正比。」

『如果你的能力高卻只發揮一點點，那這就是教育的問題了，那我就會內疚，好像是我沒能讓你的潛能發揮出來，所以我不會認為說誰是優秀的學生而誰不是，我都會覺得每一個學生都是非常棒的，每一個人都有他自己的可能性，那我希望每一位學生都能發揮最大的可能。』

曾身為教育改革推動小組成員之一的紀老師，如今也持續地對台灣的教育改革奉獻心力。老師認為，教育學生絕對是有教無類，並對每一位學生應該是個別教育，雖說學生的能力或多或少有些高低之分，但是不論如何，只要能發揮到最高的能力，那就是最好的學生。所以老師心中對不同的學生會有不同的標準，紀老師靦腆的說：「我有時候會想想很不好意思，怎麼就偏偏找某位同學的麻煩，可是我找你麻煩並不是因為你對我不好、不尊敬我，而是因為我覺得學生沒有達到自己能力。」。

四、團隊溝通與合作

(一)meeting 的頻率與方式

半導體物理實驗室裡的每位成員(約十五位)在每週四晚上有一個固定的 group meeting，每個人都有機會上台報告自己的進度，一個人報告的時間大概是十五至二十分鐘，一般是經常性或例行性的報告，如果有其他較重要的，學生會與老師進行個別的 meeting。「我的學生還是不會花很多時間 talk back」紀老師如是說，「我當然曉得這不是學生們的責任，因為我們年紀差太多了，所以我的學生們大概不大能夠像我這樣子，經驗很多、看的很多、可以給予直接的論述！但是我總是鼓勵他們有問題就一定要去找答案。」因此，現在半導體實驗室中的 group meeting 是學生們先有一個 pre-group meeting，老師與博士後研究員都不在，全部都只有博士班以下的學生，並由博士班的學長主持，這樣子是為了建立一個沒有權威的環境，沒有權威就比較可以暢所欲言。此時學生可以隨意發問，甚至互相亂問，而在場同學若聽不懂時，應是發言同學的責任，因為是發言的同學沒有講清楚啊！這個 pre-group meeting 是紀老師最近建立的，由此可見，紀老師相當重視學生對學問了解的程度。

(二)其他的溝通管道

若有重要的事情不能等待 meeting 時在與老師提，老師會希望學生寫完整的 e-mail 給他，如果還是需要面對面談，那就在星期四 group meeting 結束後進行個別 meeting。

(三) 經驗分享的方式

在科學裡面最重要的就是要有好奇心，雖然別人做什麼可能跟自己無關，但自己還是必須對新事物有熱情。在半導體實驗室中，成員被鼓勵在閒暇之餘不忘去關心別人；到處去關心別人在從事什麼研究；別人有什麼新的發現、困難或 idea；因為別人的 idea 有一天可能會讓你也可以派上用場，這點也是讓紀老師對貝爾實驗室所感觸深刻的討論模式啊！

『在西方文明中，絕大多數的創意是來自於討論，很少是坐在辦公室裡面想到的。所以在西方我們一定會拿杯咖啡拿杯茶，到處走動看看別人在做些什麼，然後自己想一想，跟別人討論一下，不是很嚴肅的。』

這也是紀老師長久以來持續努力的，教育著學生一定要學會關懷別人！紀老師認為，關懷別人的時候才不會一天到晚覺得自己有很多壓力，一天到晚只想到自己會這樣、會那樣的；一定要去看別人，去關懷別人，而後對於自己的東西一定也多有幫助，因為在關懷別人之餘其實也在解決自己的問題，這樣子才能把頭浮出水面，真正看到一些東西。

在大型的 group meeting 時，紀老師一開始會先聽取同學報告工作的狀況和進度，接著看學生 presentation 的結論和所做的圖表，再和該學生當場對談，以求學生確實了解。老師也會詢問在場其他學生的看法，看大家是理解同學所報告的內容，因為各自做的研究仍存在些差距，所以老師希望大家能了解台上的人所報告的東西。

五、實驗室成員之組成

(一) 實驗室成員的選擇

研究所的考試本身就是一種嚴苛篩選，而學生通過考驗後，研究所的老師們就有責任去教育學生，因此，只要學生多願意跟指導老師談，表達自己的看法與及學習慾望，紀老師本著有教無類的精神，對於學生背景，不會做太多的限制。通常紀老師希望學生在確定進入半導體物理實驗室之前能多與其他幾位老師談談，因為學生要如何獲知自己有興趣的方法就是多比較。

博三學生陳景宜說：『老師看你的成績單，主要是看你是否修過固態物理或是半導體相關的課程，老師希望收進來的學生要有些基礎，但最重要的還是要有學習的意願。』

對紀老師而言，只要學生考進來了，老師都會一視同仁。「但是多多少少我會再分配一下，譬如說我會要求說至少要有一位女性成員，這樣實驗室才會有一些些的男女互動！男性跟女性的關係才會經由互動產生有一些學習！」紀老師打趣的說，「我認為以前在分那種男校、女校，那些都是錯的！你往往都不知道跟你同年齡的女性是怎麼生活？想法是什麼？所以我通常會保障一位名額給女孩子。」。那另外紀老師特別指出，會希望有一些外校的學生加入，創造一些異質性，因此實驗室的成員以中央、輔大、中原的學生為主，此外也有台大、彰師大的學生。

(二)實體環境的規劃

研究室中的空間規劃都是由學生自己設計佈置，之後位子的分配也是由同學們自己協調，不過老師唯一的原則是希望研究室空曠些，因為這研究室內含一間大家使用頻繁的實驗室，若能空曠些，當發生危險或意外的話，人員的逃離比較不會受影響，所以擺設的原則以不擁擠為主，所有的座位都是往牆壁靠。原本中間這地方只放一張讓學生擺 sample 的小桌子，所以研究室感覺相當大，然而之後是為了要 meeting 方便，所以擺了兩張約可坐十人左右的桌子在中間。

貳、組織的知識流通

一、知識取得

(一)專業知識

知識取得的來源有期刊以及研討會(如 OBC、EDMS²¹)，其中，又以期刊是最主要的，也較好取得，包括光、電、光電或是物理材料等方面相關的期刊，因為圖書館、電子資料庫，都可以找到相關的資訊，學生每一期都會去翻閱，看是否有新穎、相關的資訊。

(二)外部機構

「我不希望我的成員一直待在同一個 group 裡面，這樣會使他沒有機會去看到別的東西，尤其是國外的經驗、別的學校研究群的經驗」紀老師表示，「這樣學生感覺像是被限制住了，另外一方面，group 的

²¹ EDMS , Electronic Devices and Materials Symposium

精神可能會變的比較單一化。」因此，實驗室的成員中，有三位外派到工研院的學生，其中兩位是在光電所，做光電相關的材料成長以及資訊儲存技術，另外一位在奈米中心。由半導體物理實驗室與工研院的共同合作，工研院提供設備，紀老師主導方向，來對學生做有效的指導。雖是外派，但是在 meeting 時這些學生亦會出席，並與實驗室的其他同學分享自己的經驗。另外有一位博士班學生已經申請到國科會補助出國遊學的計劃。而在製程方面，實驗室是就現有的儀器自行製備，並無向外界購買。

二、知識創造

(一)解決問題的方式

半導體物理實驗室中的計劃來源還是以國科會的計劃為主，那其餘的譬如說是中科院的計劃、工研院的計劃都會有一些，但是那一些非國科會的計劃通常都是紀老師拿來培訓博士後研究員或是比較資深的博士班學生用的，因為老師希望訓練這些資深的研究員有能力去爭取經費，然後讓申請的學生自己付起這個責任：包括經費的使用、預算的編列以及機器的採購。所以，每個案子都是由博士後研究員做最主要的金錢分配，然後會徵詢博士班學生的意見，尤其是在占計劃主要經費的耗材以及儀器設備的費用上。基本上來說，紀老師對專案的授權程度很大，甚至也有些同學可能會不習慣，但是有著紀老師的保證及允諾，實驗室的成員們通常也能大膽的去嘗試，而不需去擔心畢業或是就業的問題。

『我先讓學生去 wondering around，去零零散散在那邊走，到最後若沒辦法，我會告訴你就如何去做！但是這個是最後的手段，起先還是應該自己去找出一個東西來，那出來的成果跟計劃不一樣沒有關係！』

紀老師也跟實驗室的成員強調：「研究雖然是沿著個計劃進行，但不要受到這個計劃的限制，只要你做的好的，沿著同一條線，結果跟這裡計劃當初所寫的不一樣是沒有關係的。」。老師不斷對成員灌輸「研究應該是有很大的彈性」的這個觀念，做自己想要做的。

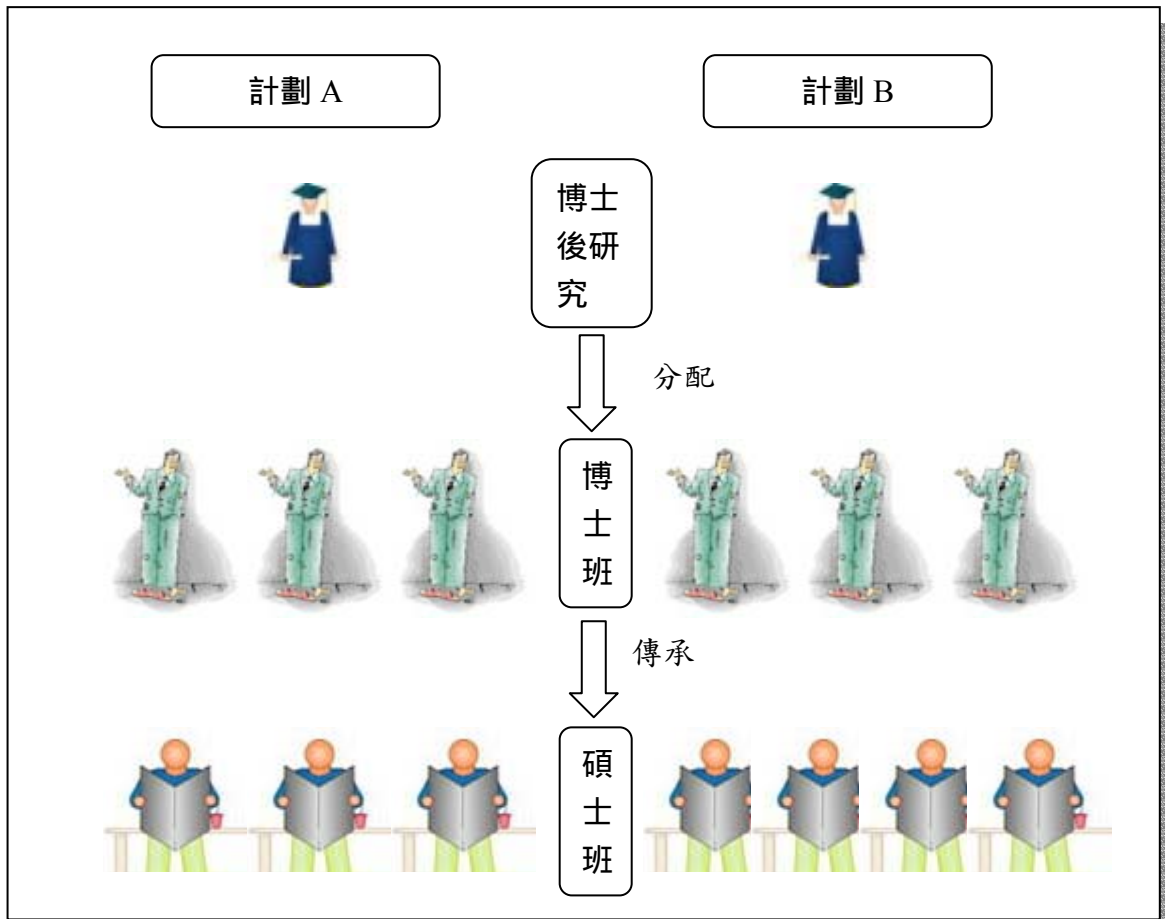
(二)執行與整合新技術程序及工具

工研院及核能研究所跟半導體物理實驗室多有合作，研究的領域也是在氮化鎵這材料方面的研究，方式就如同國科會一般：博士後研究員負責計劃的撰寫以及經費的規劃，而由博士班帶碩士班來執行。在工研院或是中科院來這方面，除了提供研究經費外，還會在實驗室缺乏的項目給予幫助，如：量測設備的租借、特殊技術的提供，大體

上還是由實驗室的成員來執行，再給補助機關最後的報告。

紀老師強調：『合作並不是一邊倒，而是雙方互惠的，所以這些我都會去做，而且我會去鼓勵。』

資料來源：整理自半導體物理研究室



【圖 4-6-2】半導體物理實驗室計畫執行方式

「我如果要把我的研究群的領域拓寬，我可以跟人家合作，現在我們的產業界要技術，不見得只能靠自己研究，而是去合作嘛！跟國內的廠商合作、跟國內的研究所合作，跟國外的廠商甚至國外的研究所合作，這是最容易的啊！」紀老師表示，「其實這並沒有什麼不好，只是說要與別人合作自己也要有點實力才行，那如果我懂得一些關鍵的東西，人家也才願意跟我們合作。因為合作並不是單方面的，不是去求人家的，而是人家認為跟你合作我也有好處。譬如說我們的 AFM²²、以及有些量測機台跟奈米的設備可以用到的，別人剛好沒有，或別人對這方面的知識也很缺乏，那麼合作的可能性就相對較高。」

²² AFM, Atomic Force Microscope, 原子力顯微鏡, <http://www-ermm.cbcu.cam.ac.uk/00001575h.htm>

所以目前在卓越計劃的研究上，紀老師也希望藉由此次的參與，能將半導體物理實驗室原本專注在“氮化鎵材料特性的研究”擴充到“光儲存的領域”。因此，此項微光電系統技術的計畫是由半導體物理實驗室中的博士班學生陳景宜與光電所的張正陽教授共同合作，另外尚有其他五位教授參與，所以這也是與外部實驗室激盪創意火花的管道之一。

(三) 成員題目概念的生成

碩士班的論文形成，一般來說，是當完成整個計劃中的一小部分東西之後，就用該部份的成果來寫成碩士論文，因為碩士班的重點比較偏向於有動手去實驗，並且實際做出一個成果出來；但博士班就沒這麼簡單，需綜合多個碩士班的部分，因為博士班較偏向於分析與量測，這有程度上的差別，必須要讀很多相關書籍，需要寫理論的東西，而在實驗上的東西大多是交由碩士班學弟來執行。

那博士班的論文是怎麼決定的？紀老師大多會給博士班學生一年的時間，讓學生去摸索、接觸，再加上之前會有尚在執行的計畫，那麼博士班學生進來之後，為了要延續前面的計畫，就必須要唸相當多的東西，在這之中，若有找到適合的題目想要再深入研究的，可以跟老師來討論。所以基本上，題目是由學生們自己提出，老師會幫學生做進一步的篩選，但老師並不會硬性規定一定要做某些特定的題目才能畢業。

三、知識蓄積

(一) 留才

紀老師希望碩士生能夠留下來唸博士班延續學習，兩年的訓練對一位科學家來說或許還是有點倉促，但畢竟每位成員都有自己的生涯規劃，所以老師還是站在一個傾聽、給予幫助的角色上，不論是要再進修或是選擇服國防役，老師都會支持學生的想法，不過似乎學生主動留下來的比例還是相當高的(目前九位博班有七位是自己碩士班的學生升上來的)。

(二) 技術化文件

在實驗室中的每一台機器，都一定會有各自的 logbook 附掛在機台旁邊，然後一定會有流程標注的看板置於上頭，包含：最佳的 condition 以及簡單的 flow path。另外，每位使用過儀器的人都必須要登記。

(三)實驗成果的文件化

從四、五年前開始，半導體物理實驗室就會要求每一屆的畢業學生必須留下自己的畢業論文，包括電子檔在內，一方面是配合學校的政策，另一方面是為了實驗室實體知識的保留。紀老師希望實驗室能夠落實知識管理！

『每位進來的同學都會有一本 notebook，希望他們把實驗做出來的成果、數據準確的紀錄，之後再將其電子化。那我也會希望他們的論文能掛在網站上，以方便後來成員的查詢，我們已經在建立了，但還是有可以加強的空間。』紀老師說。

所以實驗室開始有派專人再做網站維護的動作，那麼在網站的功能上，除了對外一些基本的介紹資料、參與研討會留下的投影片或是相關資料外，希望對內還能具備有資料庫的功能。老師的理想上是希望能將學生們完成的實驗結果透過網站，不僅對內與學弟妹傳承，也能夠對外分享自己的碩果，讓這方面的同好站在自己的肩膀上繼續往頂端邁進。

(四)師徒制

相較於其他實驗室，半導體物理實驗室中的執行方式也是由資深的學生帶資淺的學生，但是學生本身的自主性非常重要，老師會要求那些新進的學生在學期開始前要常來實驗室走動，但這並不是強迫的，因為這樣一方面可以在開學之前就能對實驗室的環境有所熟悉；另一方面也可以先與學長、姐們建立良好的互動關係。若在這段時間內，覺得某位學長所做的符合自己的興趣，那麼也可以暫時定下來與那位學長繼續學習。

紀老師說：『希望他們彼此用名字稱呼，而不是叫學長、學姊之類的，因為我希望他們是平等的，不管新生還是舊生，其實在知識的追求是位居同等地位！那學長可能比你懂，不過那只是在某些方面，在其他方面卻不見得！若是你速度快一點，說不定你都可以超越他。』

但老師基本上不喜歡實驗室的成員有學長、學弟這些形式上的稱謂，所謂「聞道有先後，術業有專攻」，研究的領域內沒有絕對的權威，不希望養成學生有官大學問大或是資深制的觀念，期望藉此方法更拉近學生與學生之間的垂直權力距離，如此在知識上、在合作上，讓學生不會感覺說學長們的學術地位比較高而難溝通。

第七節 中央電機工程研究所 固態與微波元件實驗室

基本資料

| | | |
|-----------------|---|---|
| 指導老師 | 姓名 | 詹益仁教授 |
| | 學歷 | 美國密西根大學電機工程博士(1992) 國立清華大學電機工程碩士(1984) 國立成功大學電機工程學士(1982) |
| | 研究領域 | 高速半導體元件 次微米技術 半導體製成技術 微波電路製程及模組技術開發 活性離子蝕刻技術之應用 C 頻段射頻元件及模組技術開發 電晶體特性量測及元件模型之建立 |
| 實驗室人員規模 (在學) | 博士班：6 人 碩士班：15 人 | |
| 經歷與榮譽 | 國立中央大學電機工程學系系主任 美國密西根大學電機工程學系研究助理 行政院國科會研究獎勵優等(83~81) 行政院國科會研究獎勵甲種(89~84) | |
| 任教科目 | 電子學 固態電子學導論 微波電路設計與製作 | |
| 實驗室網址 | http://www.ee.ncu.edu.tw/~yjchan/index.html | |

研究計畫(2000~2003)

| 類別 | 名稱 | 補助機構 |
|------|---------------------------------------|------|
| 學術計畫 | 建構兆位元時代的光電科技：高頻及光電電路系統 (中央大學協同計畫二) | 教育部 |
| | 利用感應耦合電漿蝕刻技術製作在磷化銦基板之上之毫米波積體電路 | 國科會 |
| | 毫米波(28~35GHz)元件及單晶毫米波功率放大器技術開發(1/2) | 國科會 |

| | | |
|--------|---|----------|
| | 通訊科技教育改進計劃第三階段先期規劃(通訊元件組) | 教育部顧問室 |
| | 91 年度 學術研發成果管理與推廣計畫－中央大學 | 國科會 |
| | C-頻段(5.1-5.8GHZ)射頻元件及模組技術開發—子計畫二：異質接面高速場效應電晶體在 C-頻段射頻放大器之應用(III) | 電信國家型計畫 |
| | 活性離子蝕刻技術在 AlGaInP/InGaAs 高速場效應電晶體之製作 | 國科會 |
| | 赴日參加中日微電子國際專題研討會 | 國科會 |
| | 參加第十屆加拿大半導體技術研討 | 國科會 |
| | C-頻段(5.1-5.8GHZ)射頻元件及模組技術開發—總計畫：C-頻段(5.1-5.8GHz)射頻元件及模組技術開發(III) | 電信國家型計畫 |
| | 微波電路(900MHZ-2.4GHZ)關鍵性製程及模組技術開發計畫 (III)—子計畫一：積體化微波混頻器及濾波器之製作 | 國科會 |
| | 微波電路(900MHZ-2.4GHZ)關鍵性製程及模組技術開發計畫 (III)—總計畫 | 國科會 |
| | C-頻段(5.1-5.8GHZ)射頻元件及模組技術開發(II)—C-頻段(5.1-5.8GHZ)射頻元件及模組技術開發(II)-總計畫 | 國科會 |
| | C-頻段(5.1-5.8GHZ)射頻元件及模組技術開發(II)—子計畫三：異質接面高速場效應電晶體在 C-頻段射頻放大器之應用 | 國科會 |
| 產學合作計畫 | 微波功率放大器設計量測及特性分析 | 致福股份有限公司 |
| | 有線/無線通訊整合介面關鍵元件技術開發四年計畫 | 經濟部 |
| | 高頻元件(pHEMT,HBT)特性測量、模型建立及微波積體電路設計 | 頻光半導體 |

| | | |
|----|--|-------------|
| | 延續 2.4GHz 射頻前端電路設計，並執行 Integration 電路設計 | 聯詠科技 |
| | 三維立體薄膜微波被動電路在無線通訊之應用 | 台達電子文教基金會 |
| | 深次微米增強型砷化鎵高速場效應電晶體之元件製作與高頻特性量測及模型之建立 | 穩懋半導體股份有限公司 |
| | 砷化鎵高速場效應電晶體(GaAs PHEMT)之次微米製程技術高頻特性量測與元件模擬 | 全球聯合通信 |
| | 砷化鎵高速場效應電晶體(GaAs PHEMT)之次高頻特性量測與元件模型之建立 | 頻光半導體 |
| | 0.18 微米 CMOS 高頻元件模型及微波電路元件庫技術合作開發 | 聯詠科技 |
| | 高頻矽雙載子電晶體及高功率 LDMOS 之高頻特性量測，元件模擬及電路設計 | 立生半導體 |
| 其他 | HBT 元件之高功率非線性模型建立技術 | 工研院電通所 |
| | 積體化 MSM TIA 設計技術 | 工研院光電所 |
| | CMOS PA 與 Linear PA 技術之研究 | 工研院電子所 |
| | 1.25Gbps LD Driver IC 設計開發 | 工研院光電所 |

專利(台灣/已核准/發明人)

| 申請案號 | 發明名稱 |
|-----------|--------------------------------|
| 086112231 | 活性離子蝕刻法之蝕刻源. |
| 088117107 | 利用電容使轉阻放大器產生極點頂起現象而增進其操作頻寬之方法. |

壹、組織平台與情境

一、領導者角色

(一)老師的研究風格與角色

■ 研究風格

詹益仁教授看起來只有四十出頭，外型斯文，相當有活力，喜歡打籃球，說話速度略快，但有條理。詹老師的辦公室內擺了一幅愛因斯坦的畫像，是詹老師景仰的科學家。詹老師也表示，一位大學教授，在升等前及升等後，所要研究的範圍是不同的，因為是不同的階段，所以在還沒有升等之前，老師的任務還是應該專注在學校的研究；之後，許多老師會慢慢地 involve 到很多訓練、教育或是政府的一些事務，於是老師們的時間不只是在訓練學生做研究，也會參與一些行政工作，因此原本專注於學術的貢獻就被分散了。在美國幾乎沒有一個學校的老師會參與到政府的行政，而台灣現在有很多政府官員都是出身於學校，這也是台灣獨特的一個地方。

詩人卡爾·桑得柏說：「除非先有夢，否則一切皆不成」。詹老師曾經在發表的文章中提及自己指導教授所說的“only the students make difference”，詹老師說：「因為以前在學校待這麼久了，從學生一直到教授，發現很多具有原創性的想法其實是來自於學生。那篇文章我最主要是談到不要太限制學生，並且特別強調，很多教授因為研究經驗很豐富，所以可能會在一開始就會告訴學生所有的不可能，所有可能會發生 no make sense 的情況，那無形中就會壓制到學生的創意。因為長久以來，老師可能都習慣以某一種形式或是某一種解決問題的方法，但年輕人可能心中有一些天馬行空的想法，若你不要去壓抑他的想法，並且當他的想法落實後，或許也會得到個不錯的成果。像在美國一些著名的大學，他們為什麼研究會弄得這麼好，其實就一部分而言並不是在於有好的老師，更重要的是有一群相當優秀的學生。很多的原創都是從學生那邊過來的。像我以前在美國唸書的經驗，當自己在做博士論文的時候，老師也很忙，怎麼可能每個東西都那麼清楚呢？所以我現在帶二十幾個研究生，我**一定要求學生要比我更清楚，要更有創造力，要更積極**，如果說每個學生都要靠指導教授一步一步來帶的話，那不僅沒有效率，成效一定也很差。」

實驗室成立至今，研究方向持續因應大環境做些修正，詹老師的個性是：要做就要做主流的研究，跟外面一流的實驗室競爭，當然競爭之外也包括之前成果的延續。詹老師說：「我們這種做法的確是比較

冒險，以我為例，我十年來一直適時的在 modify，但每一次修正都是很痛苦的。在資源上，因為關聯到必須建立一個新的資源，包括設備、人脈…等，並且假如這領域你不熟悉的話，就必須花時間去收集很多資訊，要去請教很多的前輩，並且一開始的成果可能都不會太理想，通常是要累積幾年之後的經驗才會有些成果出來，所以真的是很痛苦。但是我不是所有的東西都放在同一個籃子，也許我今天的 capacity 中的百分之六、七十還是 maintain 在我們原本的那個地方，然後每一段時間我只 modify 那百分之二、三十的部分，你不可能百分之百全部換掉，那太痛苦而且風險非常大。所以我會找幾位學生讓他們去從事新領域的研究，雖然新東西對我們來說可能要承擔一些風險，但是假若今天一個新的研究到最後發現它不合時宜了，我們並沒有太大的風險在，因為儘管沒有成果出來，但是對學生來講，也是一個很好的訓練。」

■ 角色

「別人會懷疑你的話，但是會相信你的行動」。在固態與微波元件實驗室中，詹老師並無對學生作息做出一個嚴格的規定，但是每一個 group 均有其的風氣在，如果這個風氣延續下去，那現在的成員都不太會去冒犯。所以雖然詹益仁教授並沒有很多的規定，但是詹老師會用自己的行為去規範，譬如說，如果詹老師晚上都在，那晚上十點鐘離開之後老師就會去研究室關心學生，如果多“關心”幾次，那些不在的學生也都自然而然地會出現，包括禮拜六、禮拜天的時間在內。

詹益仁老師說：『就連我們以前當學生的時候也一樣，我們很多行為也會受到指導教授的影響，那這影響並不只是老師嘴巴所講出來的，而是包括老師行為所表現出來的。』

有點類似身教的感覺，因為學生在研究所一定跟指導教授接觸最頻繁，所以包括老師對一些事情的想法，一些事情的判斷，學生或多或少都會受到老師影響。

『我跟我學生的關係事實上相當不錯，我的學生畢業十年還常跟我連絡，我們每年都有聚會，每次聚會大概都有六七十人，包括眷屬等等。我蠻 enjoy 跟學生那種關係。』

不過詹老師偶爾在 meeting 時也會適時的糾正學生。詹老師認為：「我覺得在學術上面不能夠有任何的模糊，當學生做不對或是需要檢討的地方，要明白地講清楚，或著你做錯事情，譬如學生在實驗室犯了個錯，你要確切地說明白，否則的話這會有隱藏問題在的。如果今天老師給學生一個錯誤的指導，讓學生養成壞的習慣、不對的行為以

後，對將來的影響會很大的，尤其像我們實驗室所做的可能都是有一些危險性的實驗。至於其他方面，其實我都很好講話，私底下你要怎樣我都很有彈性。所以當學生畢了業以後，我們的關係還能保持很好，學生們的家庭狀況、婚姻生活、女朋友…等，我都非常關心，尤其我非常關心學生們的就業。」

「在我那篇文章(指導教授與研究生的共生結構)當中也提到，學生最 care 的就是畢業跟就業這兩件事情，這我身受其害喔！因為我那時候在美國唸書時，老闆遲遲不跟你講你什麼時候畢業，故意把時間愈拖愈久，所以我很清楚知道學生需要的就是畢業跟就業。所以我的學生，尤其是博士班的學生，我會先清楚跟他們講說只要做到什麼地步就可以畢業，而且我覺得說學生跟我那麼久了，我覺得有責任幫他們找個好工作。」

(二)願景與研究方向

詹益仁教授的研究，早期是以學術為主。在學術研究的過程中，自然而然地會產出一些人才，因此訓練、培養這些人才也就變成實驗室除了研究外的另一項任務。詹老師意識到實驗室所培養出來的人才，絕大部分都是流向產業界，這時在研究方向上就必須考慮到學生所學是否適合產業目前的發展，於是乎詹老師就慢慢地在研究方向上做了一些修正。尤其工程系所培育出來的學生不像理學院或是自然科學這些領域，絕大部份可以去追求純粹的學術。

愛因斯坦曾說：「所有科技的努力，總以造福人類，關切人類的命運為主要鵠的」。詹老師體認到培養人才的重要性，尤其業界最需要的是學校培養好的人才。因為台灣的資源相對於歐美國家是比較少，所以研究工作中的一部分，例如比較應用性的研究……等等，諸如此類的任務是放在學校裡面，因此國內的學校相對國外來說，做了相當多的應用性研究。在國外，因為公司的規模都比較大，並且有很好的大型研究機構，學校就可以純粹的做學術研究。但是在國內資源有限的情形之下，而且國內的公司的研發單位都不是那麼大型，學術界因而必須做很多輔助的動作。

二、教育訓練

(一)基礎的訓練課程

對於剛加入固態與微波元件實驗室的學生，詹老師一定會跟學生仔細說明實驗室的要求。因為實驗室中的步調比較快，詹老師強調說，

在固態與微波實驗室中沒有所謂的周休二日。詹老師也覺得學生在找指導老師之前，一定要先了解老師的 style、風格，而且詹老師說：「在這邊很難去做到因材施教！因為我必須在兩年之內把學生訓練出來，包括把論文寫完，而且現在這個領域又要求要多收學生，因為需求量一直在增加。那為保持學生的品質一致，因此我只能給學生套裝的學習模式。以前我剛回國擔任教職時，的確是每一位學生都自己帶，包括帶學生去圖書館找資料在內，現在因人數的增加而沒有辦法了。我只能 monitor 學生們每個階段的情況，現在多是由學長們在帶。我目前大約有八位博士班、十五位碩士班學生，所以我們這邊就有一定的方式來做訓練，連我自己都感覺有點類似生產線的模式。」

「當學生進來之後，我會評估學生是屬於哪個領域範圍，那麼需要接受什麼樣的訓練，然後訓練到哪個階段，都會有學長來帶。之後，學生就會開始執行一些業界的題目。那我的態度就是說，我可以 monitor 這中間所有的過程，並且可以 guarantee 學生出來後有什麼樣的一個水準，並且這個水準我相信是至少是 above average 的，因為我這邊 push 的很厲害，包括晚上的時間。然而在該水準之上，學生能夠得到多少，事實上就因人而異了。我提供這樣的一個環境給同學，那在這環境之下，如果同學的自主學習的意願很強，他可以學的更多，而我可以給予的更多。」

在新生進來實驗室後會有一連串的訓練過程，一直到學生們能自主研究，前後大約需要半年左右的時間，並且依學生個別的學習情況而定，一般來說，大約是在暑假的剛開始時就要準備學習，包括修課。所以這半年的時間內，學生們要去學習、摸索，而在半年之後，詹老師會詢問學生們的意願，找出學生們想探究的題目為何，然後配合老師當下的一些計劃，大致就可以把學生的題目 define 下來。所以到了碩一下的寒假時，碩士班學生大概就有了一個方向，開始執行研究。

對於之前國科會補助博士生國外研究²³的計劃，詹老師也著手準備申請，希望學生們有機會出過增廣見識。在實驗室終，主要是對於博三快要畢業的成員，因為詹老師認為：「到博三時，學生的論文、paper 都有個底，不會因為出國而造成不連續；再者，因為時程多達半年，因此學生可以利用這半年去接受語言的訓練、觀摩國外的實驗室。」

(二)促進成員感情的機制

在團體中，成員們經過一段時間的磨合、相處後，自然會產生一種獨特的文化。在固態與微波元件實驗室也不例外，老師表示這股風

²³ 千里馬專案，參考網站 <http://www.ntnu.edu.tw/acad/flow/fl7.htm>

氣的形成，事實上是老師跟學生之間一步一步互動所造成的，所以當該風氣蔚為成型後，儼然就變成了一種機制，新加入的成員就會自然的融入在這種氣氛下。在詹老師地實驗室中，當每年新生一進來，舊成員們自然而然地會去舉辦迎新活動，不待老師提醒，成為實驗室中一項不成文的傳統。早期，詹老師也會主動的邀請學生吃宵夜、去打保齡球，藉由私下的活動來了解學生的學習狀況。現在可能因為成員數目漸多，所以暫停了好一陣子。

詹老師每年都會找一天，把之前畢業的學生都請回來，在詹老師家的院子裡舉辦烤肉活動或是外燴的活動，大家會在該場合聊聊工作的情況 or something，所以雖然不同屆，但與已經畢業的學長姐都還是會保持聯繫。另外，實驗室一到年底會舉辦尾牙聚餐，所有成員的都能融入這樣子的傳統，也頗受成員們的好評。

三、激勵制度

(一)研究津貼的分配方式

在固態與微波元件實驗室中，碩士生所領取的研究津貼是固定的，每個月約有六千元，主要是負責國科會的案子或與業界的建教合作案；至於博士生，原本的額度是八千元，詹老師最近做了一個調整，使博士班學生平均領有一萬元到一萬兩千元。因為對於博士生，詹老師有另外一項專屬的激勵制度，當學生發表一篇 paper 且能刊登於國際期刊上，例如：IEEE...等，詹老師就給予三千元的獎勵金作為鼓勵；其下，刊登於國際的 conference 的話，是兩千元；國內的期刊或是國內的 conference 是一千元。老師清楚地將規定列成一張表格發放給學生，並採一季一次的制度。據詹老師透漏，上一季老師因此機制撥款約一萬多元來獎勵學生，促使學生們多發表好的 paper。

四、團隊溝通與合作

(一)meeting 的頻率與方式

每個禮拜一早上八點半，實驗室會有個全員的 group meeting，詹老師希望所有的事情在禮拜一早上就能談清楚，讓學生能自動地去規劃這一個禮拜內的進度。雖然碩士班學生對於這麼早起床會有些許的不習慣，尤其是禮拜一的 meeting。在 meeting 前，詹益仁教授會要求學生們禮拜天晚上之前就要將自己所報告的投影片 mail 給老師，到時候 meeting 就直接放在公用的 NB 中，直接以投影機放出，而且老師要

求學生們用英文撰寫。

在實驗室中，所有的被成員區分成電路設計組以及製程組，而這兩組也各自有其 sub-group 的 meeting，分別是在禮拜三以及禮拜四，同樣是一個星期一次，討論主題主要是當下進行的研究，包含研究中較細節的部分。所以老師一星期有三次 meeting 要舉行，學生則是兩次。在每次的 meeting 前，學生們雖沒有很正式的預先開會，但因為大家在研究室碰面時，私底下就會先討論一下，大概都能抓住當週所要報告的重點，並且一位博士班的學生大概指導一至兩位碩士生，因此在 meeting 之前，學弟們也都先與學長推盤演練、討論內容。

(二)其他的溝通管道

對學生來說，除了每禮拜兩次的正式 meeting 外，詹老師也會主動去接觸學生，不過詹老師則感嘆的說，在台灣的教育體制下，差不多有三分之二的學生都屬於比較被動的。「事實上我也發現，常常來找我的學生，通常他們的研究成果也是比較好的，因為互動多。現在就是這樣子，因為我們事情都那麼多，要是學生不常來找我的話，我根本很難抽出時間去思考學生的事情，若學生當面來找我討論，就會把我 occupant 住，我會對學生應該如何執行下一部給予建議，但是學生要是都不來找我的話，我們之間一點 interaction 都沒有，那麼我就很難去花心思在學生的東西上。」

生活上，學生與老師的溝通管道除了 meeting 以及私下找老師討論外，e-mail、打電話也是最常使用的方式。

(三)經驗分享的方式

整個 group 每個星期會有一次共同的 meeting，於會議室中舉行。每位成員都會有上台報告的機會，每人大概三至五分鐘，雖然每個成員的領域不盡相同，但在同一個 group 中，詹老師仍希望學生們都能互相有所了解，所以要求每位成員人不論進度多寡，都需要上台做經驗分享，有時候不全然是成果的報告，僅和其他成員 share 一些新知也是被允許的。

除了實驗室內 group 的 meeting 是大家知識流通最好的管道外，另外在實驗室內某些實驗設備的使用上(有些機台是跨實驗室使用的)也會有相似的分享制度。譬如說固態與微波元件實驗室的學生所負責的某項實驗設備，不同實驗室的學生也都會有使用的機會，由於詹老師是該實驗室儀器負責的老師，於是詹老師每個禮拜會固定地 call 一次 meeting，只要有使用到該儀器的學生都必須出席，那時，所有學生就要輪流把這實驗操作的結果或是儀器的使用狀態，在該場合講述給

老師以及其他同學知曉，不能在其中 keep 住任何的秘密，因為使用同一機台就形同大家在同一條船上，今天不能說這個參數隨意地調變或是隨意變更配方，不讓其他成員知道。詹老師會一開始就講的很清楚，在相同的 group 裡面，成員當然是容易地隨時互通有無，但是對於不同 group 在使用同樣的設備時，詹老師堅持也必須要有分享的制度，前提當然是所有的老師也都有這樣的共識才行！沒有這樣的一個共識的話，每個人都帶一套配方去做，不僅沒有效率，而且都在做重複的事情，不僅是浪費時間也浪費經費。

五、實驗室成員之組成

(一)實驗室成員的選擇

也許會覺得意外，詹益仁教授是不挑學生的。詹老師跟想進來的學生講的第一件事情就是，必須要喜歡、並能接受老師的指導方式，那麼對於這些事情也必須先去詢問實驗室的舊成員們，因為由老師口中講述與由實驗室成員描述的感覺或許會有一個落差在。詹老師認為人跟人在一起做研究是一種難得的緣分，今天若是收一位優秀的學生進來，該學生表現好是理所當然的，老師並沒有需要做太多事情，那對老師而言，成就感或許就沒那麼大。詹老師覺得自己指導學生的經驗中，最有成就感的事情莫過於激發學生的潛質，譬如說該學生剛進來的時候可能搞不清楚狀況，什麼事情都不懂，然後經過實驗室的學習、訓練，兩年或三年後，發現學生開始有個樣子，且能有模有樣的畢業，在職場上也能有好的表現，那時候詹老師就會自覺相當有成就感。所以詹老師是不挑學生的，也不看學生之前的成績，一切端看緣分造化。

貳、組織的知識流通

一、知識取得

除了學校中的訓練外，詹老師也會讓學生去業界受訓。在實驗室的經費允許之下，通常是給予成員們全額補助，包括註冊費跟餐旅費，所以額外有訓練課程時，只要學生主動提出需求，詹老師大多會同意。尤其另外詹老師會要求博士班學生一定要出國開會，參加 international conference。這樣的機會每年大概幾次呢？詹老師說：「depends，通常

像我今年畢業的學生他就曾去過歐洲、日本、美國，光美國就去過兩趟，所以他大概出去過四、五趟。那我要求每位博士班學生至少都要出國一趟，去發表自己的論文，也親臨體驗世界舞台的面貌。」

詹老師常期勉學生，在實驗或是研究之餘可以試著接觸一些新領域的知識。「想要推動天下，先要發動自己」，詹老師也以身作則，以前老師還去補修過社會大學的一些課程，並且固定每個月都會買好幾本書回來看，有時在 meeting 的時候老師也會提到這些書中的內容，分享給同學。

二、知識創造

(一)解決問題的方式

幾乎所有老師一定都會承接國科會的計劃，詹老師也不例外，「我們當然很喜歡國科會的案子，因為國科會的案子最沒有壓力。當時間到了就結案，這種型態的案子大部分我都交予博士班學生來進行，因為它的彈性很大，並且也沒有明確的目標說一定 deliver 一個切確的成果出來，所以這件好事，意思就是希望鼓勵你做一些學術上的東西。學術上的研究通常是沒有定型的，如果說今天在寫計劃的時候就知道能做出什麼成果出來，那就不叫做學術研究，並且也不需要花時間研究了。正因為很多結果是當初沒有辦法預期的，所以對成果保佑相當大的彈性，但是這案子都有一定的額度限制，每年固定以兩件為上限。」

「那業界的案子就比較辛苦了，因為對業界來說，所花一塊錢就必須要有一塊錢的效果出現，所以執行這種案子會比較辛苦，也比較累，但這對我們的學生來講就是個很好的訓練，並且還能銜接到外面的社會、產業界的現況，讓學生、也讓我不會跟週遭脫節。所以我覺得一個比較理想的情況下，應該是業界的一些相關案子也不能偏廢，尤其是對碩士班的訓練上。所以碩士班在學期間，一定會接一個到兩個類似的案子來執行。」

在每一個案子執行之中，詹老師給予學生的權利多寡是相對的。如果這個案子是業界的，詹老師會先與業界協商的差不多後，再交由碩士班學生去執行，那執行上老師能賦予多少權力都是 depends，要看學生能夠 take 多少的責任，如果學生能夠從頭到尾全部負責，老師只需要檢視成果，對老師來說是最為輕鬆的，不過實際上這種情況不多。而國科會計劃有些是具延續性，大多是交由博士班學生在 handle，基本上包括計劃書的撰寫，詹老師大概只需交代學生適合的方向，自然而然博士班學生就能寫出來，因為他們有經驗了，所以博士班所 handle

的案子上，被授予的權利就很大，也包括最後結案和計畫執行，詹老師就只是在旁邊做一個 monitor 的角色而已。

目前固態與微波元件實驗室所執行的案子，國科會的計畫大概只占三分之一，那其他三分之二都是來自於業界。在這過程之中，詹老師也與業界培養良好的互動。所以目前詹老師的分配是：因為博士班學生畢業仍是得靠論文的發表，因此博士班學生都是執行那種以學術為主的題目；那碩士班學生甫進實驗室，詹老師就會詢問其是否具有攻讀博士班的規劃，如果學生只有念碩士班的打算，之後畢業要去業界去工作，那麼詹老師給予的訓練就會比較偏產業面，讓學生做一些產業界的計畫，經由這些兩年的訓練，將來學生畢業後也可以滿足產業的需要，及時融入大環境。

(二)執行與整合新技術程序與工具

業界的案子一來具有時效性，另外業界花錢也很小心，所以實驗室在這跟業界合作的計畫案上也並非那麼容易就促成，一般來說，業界的案子都需經過一段時間來磨合。在實驗室中，很多業界的案子都是已經執行了兩、三年，一直延續下去。因此，在與業界合作之前，必須要跟業界表達學校的特性在什麼地方，不能說廠商下一季要推出的產品仍讓學校來研究，這是不可能的事情，詹老師表示：「業界至少要先做規劃，像是未來兩年、三年想要看到的一些技術，在學校這邊才可以幫忙做一些先行性的研究，我們必須要很清楚我們學校能夠做的東西，我們的限制在什麼地方，畢竟學校不是廠商的直屬研發部門。」

「在促成與廠商的合作計畫上，多少也是要花些時間。」詹益仁老師說：「在一開始的時候坦白講，要促成業界的案子有點困難，像我剛回來的時候，人生地不熟的，沒有任何人脈也沒有任何的 channel，能有今天的互動都是一點一滴建構起來，是需要花時間累積的。等到慢慢的有這些能力，並且也做出來一些成果之後，人家自然而然會找上你，這種 society 互相會有一些資訊的交流，大家會知道要解決什麼問題可以到什麼地方找哪些人，所以不需要太常拋頭露面。」

另外，詹老師意識到國際化的重要性，也覺得這對實驗室的發展是有需要的。由於現今的資訊太發達了，外國實驗室研究些什麼主題，為什麼要這樣做，這些大家都能由網路或是其他管道獲知訊息，重點是自己做不做的出來，若做不出來去跟人家合作也沒有什麼太大的意思在，因此詹老師認為假如實驗室要跨出與國外實驗室合作的話，也會要求研究上有互補性，目前最好的合作就是送博士班學生去訓練，詹老師覺得這對一個學生的成長很重要，學生去國外國際的一個環境去歷練，不管是在語言或是世界觀都很有幫助，目前有計畫與詹老師

之前的母校密西根大學洽談中。

在國內，詹老師常與辦公室與其比鄰的綦振瀛老師、辛裕明老師、還有李佩雯老師一同提計劃案，詹老師表示，中央電機系做的計畫都比較類似是整合型的，提計畫幾乎是以多位老師為單位去爭取，包括現在的卓越計劃，這樣的優點就是獲得的資源會比較多。

(三)成員題目概念的生成

學生研究題目的形成分兩個階段，碩士班可能沒有自由發想的空間，因為碩士班的時間那麼短促，大多都是依計畫去執行，由於在計劃的執行之內能發揮的空間比較少，而且碩士班開始時也不太清楚到底要做什麼，如果很清楚那就不用讀研究所了。

那博士班就不一樣了，但博士班也有階段的分別，一開始的時候也多少像碩士班這樣，必須由詹老師提攜他們研究的主題，慢慢地，學生自己會有成果出現；到了快畢業的階段，老師要求學生們必須要展現他們新穎的成果，必須要 create 新的東西出來，而不再是做出老師交代的東西就可以畢業。博士班學生自己要 propose 一個想法，雖不用到提計劃的階段，但是在研究上面，要去 go through 一個題目，要能說服老師，通過老師的 challenge。

三、知識蓄積

(一)留才

對於留住人才的規劃，詹益仁教授很坦白說的確有，但是這還是要依學生的意願。詹老師認為，真正做研究能夠有成果都是在博士班，碩士班幾乎都是在付出，表現好的碩士班學生如果能夠繼續來念博士班，對老師來說是最大的 benefit，那也許以後能做出更好的研究成果出來，這也是詹老師最希望得到的。但是，在十年前，詹老師卻不太敢做這樣的奢望，因為當時博士班的出路並不好，那時候博士班的出路大概只有從事教職，可是名額也不多。但是最近五、六年來，台灣的業界對博士班的需求漸增，所以博士生出去也都能找到很好的工作，那麼在這種情況下，學生來念博士班的意願也比較強烈，且學校老師也比較有立場鼓勵學生來讀。因此，在固態與微波元件實驗室中的博士生，有六、七成是原碩士班學生直升的，詹老師也非常鼓勵，因為實驗室的傳承是很重要的，不管是機台的部分或是電路設計，一個新進的學生進來常常會有迷惘，不知道從何開始。

但是對於博士班學生留下來做博士後研究員，詹老師卻認為這種

機會不多。因為在光電領域，外面公司有很好的就業條件的話，學生要來做博士後研究的動機就更缺乏了，而且這領域如果學生想要到學校工作的話也不需要經過博士後研究員這個階段，不像物理、化學要經過博士後研究員的訓練才能夠去學校教書。所以要找博士後研究員實際上是有困難在的，而所招募到的博士後研究員通常是別的領域的人才，譬如說原來做物理實驗的、化學實驗的，想要轉來做比較偏應用的研究。

(二)技術化文件

詹益仁教授對於在卓越計劃之中所設立的微光電實驗室滿懷欣慰：「我個人對那實驗室蠻感到驕傲的。這實驗室參與的大概十六七位老師，將近九十位的碩博士生在這裡面，在國內大學裡面的無塵室幾乎也沒有這麼大的使用規模，而且像我辦公室對面的這間實驗室也 run 了將近十年，裡面都還維持一個很正常的運作，我們花了很多的精神在管理、維護上，相較其他大學的實驗室幾乎十年以上的都死掉，很多設備都不能用，那間實驗室是我們覺得相當驕傲的一間實驗室，因為實驗室要買設備還比較簡單，尤其現在政府對學術那麼支持，要添購設備都不是很困難的一件事情，但若要讓那設備能夠長久的維護下去、並且繼續發揮他的效果卻是很難的一件事。」

「我們這邊的風氣是提倡老師之間必須要互相合作，而且我們很強調，對於同一種設備只需要一套製程，我不會說今天我有一個自己的配方，別人又有另外一個配方，這樣不但不能夠交流，還造成浪費，我們沒有這種事情，大家共享這些技術以及設備，但是這個在其他學校是很少見的。」

(三)師徒制

新進來的學生通常是由博士班或碩二的學長來帶他們熟悉實驗室，端看新生想要從事哪種類型的 project，來決定是要跟博士班學長或是碩二學長，所以，若 project 屬於小型、且偏業界的，通常是由碩二學長帶。

「假如老師底下的學生眾多，那麼在同一個領域裡面，如果大家的題目都做很像的話，同學自己可能也會產生一些混淆，到時候在論文的區別上會有一些問題，所以一個老師假如帶的學生多的話，通常都會分幾個 topic，那一個 topic 大概都是二到三個學生在做。」由碩一直升博一的學生王文凱分析說：「在我們實驗室，一個博士班學生會帶一到兩個碩士班學生，形成一個小型的 team，做同一個 topic，那每個博士班在做的東西都會有區隔，這樣兩位博士班學生的畢業論文比

較不會有重複性。所以在這樣的前提之下，不同 team 的碩士班學生，他們的題目就已經不可能是一樣的。那在同一個 team 中的兩個碩士班學生，他們的論文題目大方向應該是一樣的，然後從那大方向中在去區分，而且要為碩士班去細分題目也比博士班容易些。如果說今天兩篇博士論文中發生有章節相同或是類似的問題，那可能就會有些麻煩，那碩士論文的話是還好，因為畢竟時間比較短。」

(四)專利的申請

『對於好的技術我會 prefer 去申請專利，這是件好事，因為有專利你就會有保障，那將來廠商要引用你的技術，你就更容易跟他談。』

實驗室內部的一些資訊、知識或每一個流程，成員們都會清楚地紀錄在實驗紀錄簿上，因為這相關到專利申請先後的問題。對於一些新穎且實用的技術，必定是實驗室成員努力之後的成果，所以也必須要有個機制來 protect，雖然學校沒有辦法對智慧財產權的管理像大公司一樣，有周全的配套還有專門的法務部門等，不過現在中央大學有專屬的智慧財產權這樣一個單位，學校也是站在鼓勵的立場，當教授自己覺得發展的近幾完整的技術，就盡量地去申請專利，用專利來保護自己的技術，學校會幫忙負擔這方面的經費！因為學校過去所擁有的專利比較少，現在則比較積極的在建構，所以現在有比較優惠的措施。事實上，我們發現實際有用的專利也不太多，如果一個專利三年中來都乏人問津的話，那也沒有再繼續維護的必要了。

第八節 中興精密工程研究所 半導體微加工實驗室

基本資料

| | | | |
|-----------------|---|---|--|
| 指導老師 | 姓名 | 洪瑞華教授 | |
| | 學歷 | 國立中山大學電機工程博士(1992) | |
| | 研究領域 | 光電元件設計 微製造技術 微機電製程技術開發 半導體製程技術開發 | |
| 實驗室人員規模 (在學) | 博士班：2 人 碩士班：9 人 | | |
| 經歷與榮譽 | 教育部 90 年度大專院校產學合作獎 行政院國科會研究獎勵甲種(89~86) | | |
| 任教科目 | 薄膜技術 微機電系統 微感測器與微致動器 | 微機電材料 微製造工程 晶片接合技術 | |
| 實驗室網址 | http://www.nchu.edu.tw/~acende/teachers/horng.htm | | |

研究計畫(2000~2003)

| 類別 | 名稱 | 補助機構 |
|------|--|------|
| 學術計畫 | 以靜電式懸浮鏡面研製可調波長之發光二極體與垂直共振腔面射型雷射(1/2) | 國科會 |
| | 參加第十屆加拿大半導體技術研討 | 國科會 |
| | 應用於長波長(1.3/1.55um)面射型雷射二極體之 2 吋晶圓熔合技術之開發 | 國科會 |
| | 應用於 1.3/1.55UM 面射型雷射之 2 吋晶圓晶片熔合技術之開發 (電信科技合作案) | 國科會 |
| | 動態記憶體中高介電鈦酸鋇鋇薄膜電容之研發 (III)-子計畫二:鈦酸鋇鋇濺鍍電極之研製 | 國科會 |
| | 以晶片熔合技術研製下發射型 850 NM 面射型雷射 | 國科會 |

《大學實驗室組織平台與知識流通之研究》

| | | |
|--------|--------------------------------------|-----------------|
| 產學合作計畫 | 應用於微型麥克風元件之低溫晶圓鍵合技術開發 | 國科會, 佳樂電子股份有限公司 |
| | 產學合作計畫: 以晶片黏貼技術開發具鏡面基板之高效率發光二極體(2/2) | 國科會 |
| | 產學合作計畫-以晶片黏貼技術開發具鏡面基板之高效率發光二極體(1/2) | 國科會 |
| 其他 | 電激發光元件之先期研究(90/10~91/07) | 勝華科技股份有限公司 |
| | 光電量測與元件製程驗證(90/08~91/07) | 勝園科技股份有限公司 |
| | 高晶度 LED 晶片黏貼技術之開發(87/04~88/03) | 全新光電科技股份有限公司 |
| | 金-半-金光感測製程技術 | 中山科學研究院 |
| | 氮化鎵材料電極特性研究 | 中山科學研究院 |

專利(台灣/已核准/發明人)

| 申請案號 | 發明名稱 |
|-----------|----------------------------|
| 082100013 | 光電元件. |
| 087108395 | 以透明玻璃或石英當做永久性基板之發光二極體及其製法. |
| 087112624 | 可抹除之光記憶裝置及其製造方法. |
| 088104548 | 熱阻層及含其之噴墨頭. |
| 089111836 | 一種鍍有金屬反射鏡膜基板之發光二極體及其製造方法. |
| 090119960 | 一種具金屬反射鏡之面射型雷射二極體之製作方法. |
| 090120167 | 多穩態光路開關及其製造方法. |
| 090121552 | 用於多對晶片黏貼的製造設備. |
| 090127823 | 高效率發光二極體及其製造方法. |
| 090210199 | 用於製作大面積氧化層之設備. |
| 090224560 | 電漿清洗機結構. |
| 090224561 | 高密度感應耦合電漿設備. |

壹、組織平台與情境

一、領導者角色

(一)老師的研究風格與角色

■ 研究風格

在群雄環俟、男老師居多的光電領域中，洪瑞華老師是這領域裡少數的女老師之一，相對於其他同樣承接卓越計劃的老師，洪老師算是相當年輕。老師於研究早期就已經有與業界做些初探性的研究，伴隨著經驗的增長，老師與業界的互動漸漸頻繁，因此，老師目前手邊進行的研究案中，與業界的產學合作案占相當大的比例。業界的需求講求的時效與價值，因此老師對學生專案的進度非常要求，以達計畫所需。洪老師所營造出來的是一間希望能夠刻苦耐勞的實驗室，老師對學生要求的不多，可是一定要肯努力，勤能補拙，藉由過程中累積經驗，慢慢思考出解決問題的方法，以達實驗的目的。

洪老師：『通常我會跟學生講，來老師的研究室裡要有個基本認知，因為會蠻辛苦的，所以要能刻苦耐勞，做製程的確不是那麼容易。』

研究並不只是沿著單一條線前進，當往繼定的目標邁進時，可能還會遇到其他的問題而衍生出其他的研究，因此對學生而言，達成老師交代的進度就成了他們最大的挑戰。

王怡蘋說說：『我們會盡力做到老師指定的要求，因為老師的想法蠻多的，常常會突發奇想或是靈機一動，就有有新的 idea 需要去執行，那老師就會希望學生能在時間內完成訂定的目標。』

老師的表達非常清晰明白，常能一針見血的點出問題所在，不會讓同學摸不著頭緒。因此學生也都樂於與老師討論，從中學得老師的許多實作經驗或是創意想法，進而於實驗中把想法完整的呈現出來。

■ 角色

洪老師對學生的態度和藹，對學生的生活管理也是相當有彈性，唯一不能妥協的就是研究進度的達成。實驗室中大部分都是進行製程的研究，而機台需要依照排定的時間來給予不同的學生使用，因此為了達到有效率且能善用時間的目的，除了大原則會要求學生每天都要到實驗室來，老師對於學生的作息相當尊重，並不會強制規範。但是，在實驗室的時間，老師希望學生不光是做實驗，更希望學生能利用實驗中等待的時間，多涉及些相關領域的書籍，對實驗會有許多的幫

助，更能充實自己的能力。

洪老師：『我不會強制要求學生的作息，我們給學生的彈性很大，反正學生只要能在每個禮拜趕上進度，或是在有困難時及時告訴老師就可以了。』

洪老師為了使學生投入研究計劃，每月會對學生的研究態度及成果打分數，而分數的高低也決定了學生每月研究津貼的多寡。相較於實驗津貼較少的學生，老師採取的策略是給予該學生適當的壓力刺激，加以每天的詢問與關心，讓學生都能達到預期的目標，而老師也認為這種方法對學生是管用的。老師會在申請計劃時，也會讓學生參與評估的角色，讓合作的專案計畫經過老師、學生與廠商三方面的評估、協商。讓學生參予其中的目的，除了讓學生有更多的機會學習，同時也尋求學生的支持以利專案進行，鼓勵學生完成專案，讓學生了解自己的能力和，並且更能對專案付出更多的精神與力量。

在 meeting 中，老師以柔性的鼓勵代替剛性的責罵，針對學生的報告來一一的做回應，一方面是希望能將知識完整的傳達給每位學生，另一方面則是希望學生能多點口試的臨場經驗，以備學生將來若有機會在研討會上發表論文的不時之需。

王怡蘋表示：『老師不會苛責學生，她會提出問題質詢學生只是想了解學生領悟到什麼樣的程度，要是遇到學生比較不清楚的地方，老師會請你回去查一查，之後再做一次補充報告。』

(二)願景與研究方向

洪老師自從事教職到升等為教授的期間，研究版圖一直持續在擴張，但研究主軸都是圍繞著「利用半導體的製程來做一些改善性的技術」；就產品而言則有「光電元件」與「微機電相關的成品」。大體而言，近五年的研究方向是「應用晶片黏貼技術開發高亮度二極體」，而未來的五年可能進行的方向為「應用微機電製程技術製作可調變波長光電元件」。目前老師也運用 wafer bonding²⁴ 的方式做一些高亮度的發光二極體，除此之外，同時進行的還有 tunable laser 與微型麥克風，這些都是老師當下有興趣的研究題目。

目前半導體微加工實驗室中的研究較趨近於一些具商業化、機密性質、對業界比較具有即時性的題目，因此實驗室的研究方向與業界相當的密切，由此也看出老師對於學生的訓練必定是相當的紮實，如此尚能符合業界對時效性的要求。

²⁴ wafer bonding，晶片黏著技術

洪老師說：『我希望能培養產業界及時可以錄用的學生，讓學生到了職場能馬上進入狀況；若是學生還有意繼續唸書，那麼經過這些訓練，學生也能順利地繼續深造攻讀博士班。』

二、教育訓練

(一)基礎的訓練課程

每位進入「半導體微加工實驗室」的新生都必須接受一個月左右的新生訓練，在暑假這段時間內見習一個月，這一個月讓新生自由地想看什麼就看什麼，因為就算是在暑假也是會有博士班與碩二的學生在進行著許多實驗。一個月之後，老師會指定這位新生跟著其中的學長來學習，此時算正式進入實驗室；若一個月結束之後新生覺得太累或是不合興趣，則可轉換其他跑道。

洪老師希望新生進來實驗室除了專業的知識外，還能夠多加強外語的訓練，同時藉由 meeting 的機會來磨練學生 presentation 的能力，增加同學臨場表現的經驗，讓學生能將資訊清楚而有系統地傳達給其他同學。在加強英文的訓練上，除了看 paper 外，老師更規定學生畢業前一定要寫一篇論文出來，但這裡所謂的論文並非畢業論文，而是期刊論文，先由國內的 conference 開始，這也是半導體微加工實驗室的學生畢業前要達到的標準之一。

在學生進度的要求上，老師幾乎每一個禮拜會追蹤一次，但是原則上老師每天會都進入實驗室了解學生當下的進度，看學生在實驗室尚是否有遇到困難或瓶頸，立刻共同尋求方法來解決。

洪老師：『因為我們做的研究是比較具體的，假設我們今天是在發展高亮度的 LED，那麼在這禮拜的進度中，學生需要克服的困難通常都有一些比較具體的東西，有問題可以馬上與學長、老師討論。』

半導體微加工實驗室執行建教案的機會相當多，由於之前洪老師與業界的產學合作案²⁵頗為成功，因此之後許多業界的相關研究案也會主動來尋求洪老師幫忙，如此老師一年平均下來會有三至五件業界的案子，而學生所執行的研究專題也有許多是從這方面去 initiate 出來的，所以打從學生一進入實驗室起，老師可能就有案子準備分配給學生來執行。

²⁵ 與全新科技股份有限公司共同執行的產學合作計畫-以晶片黏貼技術開發具鏡面基板之高效率發光二極體。

(二)促進成員感情的機制

實驗室於學期末，會幫準畢業生們舉辦送舊的聚餐，另外年底也會舉辦尾牙聚餐，然而隨機性的可能就不是那麼地頻繁，因為洪老師於學校教授的角色結束後，回到家中隨即著又必須扮演母親的角色，因此隨機性的聚會通常就會由洪老師的先生(武東興教授)代為出席。

學生跟學生之間的感情融洽，在實驗室中男女同學可以很容易地打成一片，在平常用餐時間，學生們也會利用此時分享、交流別人的實驗心得或是生活經驗等。

三、激勵制度

(一)研究津貼的分配方式

在半導體微加工實驗室中，每位學生都有實驗紀錄簿，因為老師的研究主題多與產業界有密切的關聯，而現在的發明獲申請專利，也都會需要看這些東西，所以老師會要求學生詳實紀錄每一過程及結果。

實驗紀錄簿另有一個重要的用意，因為每個學生都有實驗紀錄，洪老師只要端看學生的用功程度去追蹤，就可以知道哪些學生有進度，哪些學生比較不是那麼投入，這就可以很明顯的區隔學生們的努力多寡。而老師每個月也會依情況來調整學生們的研究津貼，像是研究題目的難易、成果的獲得…等，所以這津貼的額度是機動的，並非固定的，並且每位學生的研究經費也都會在學生分別來簽收時，同時獲知別人的津貼額度。藉由這種公開的方式，一方面鼓勵表現不錯的學生，另一方面也激勵到那些研究有待加強的同學。

洪老師表示：『工程領域的學問很多都是藉由經驗的累積，從 process 裡面去累積經驗，然後慢慢的思考出解決問題的方法，所以要是學生沒辦法刻苦耐勞、實際上去 run 一些實驗的話，學生們就沒辦法建立這樣的經驗，研究可能就做不下去。』

半導體微加工實驗室中每個人都會有特定的題目，但是在題目上也會有博士班或是碩一、碩二的差別，通常待較久的學生，其義務就會相對地越高，且老師所分派的題目就會比較大，因此學生不僅僅是要做自己的論文，此外還可能需要協助一些專案，老師也會從任務的分配上來區分研究津貼的高低。通常一般碩士可拿最高的是六千，最低是一千塊。例如，碩一新生雖有負責實驗室的工作，但仍處於實習階段，尚未開始做論文，那麼所被分配的津貼相對上會比較低。對於研究表現較優秀傑出的學生，老師則是給予正面的增強，每個月的研

究費用會較高。

四、團隊溝通與合作

(一)meeting 的頻率與方式

通常一個禮拜會舉行一次依主題區分的 sub-group meeting，針對個別研究主題，學生們會就實驗的進度、遇到的困難，跟老師做面對面的溝通。以目前在執行高亮度 LED 專案的學生來說，目前由三位學生共同執行，於是這三位學生就要在 sub-group meeting 中報告他們所完做的成果。而實驗室大型的 group meeting 則是兩個禮拜一次，由同學們花較多的時間準備投影片或 PowerPoint，整理出自己的實驗進度，並且跟整個實驗室的成員們分享，解答同學們對於報告中的疑惑，以增加每個同學對不同領域的認知，此外還可加強該報告同學對自己實驗的熟悉度。

除此之外，洪老師幾乎每天都會來實驗室主動詢問每個學生的工作進度，跟學生來討論下一步的實驗，因此正式的 meeting 一個禮拜或許一次到兩次，那非正式的可說是每天都有。

(二)其他的溝通管道

除 meeting 之外，尚有前述所提聚餐時間，老師會藉機與同學們分享過去自身的研究經驗，平常老師也會利用課餘的時間來實驗室走動，藉由直接的溝通來了解同學們實際的需求。另外，同學們也可以利用 E-mail 或是打電話的方式與老師聯絡，老師的手機二十四小時都開著，並且也會將家中電話號碼給予學生，為了就是要讓學生與老師之間保持良好的接觸，達到最有效的溝通。

(三)經驗分享的方式

對於做不同案子的學生，老師會藉由每兩個禮拜一次的 meeting 來讓學生報告自己研究主題的內容，由這個 presentation 來讓其他同學分享自己做的東西或是成果。此外，當學生結束外部的訓練課程後，老師會要求學生將一些新的資訊或是心得，藉由 meeting 的機會來傳達給其他同學。在研究室中放著一台實驗室成員公用的伺服器，目的是讓同學將自己實驗所做出的一些數據或是目前的資料可以做一個妥善的保存。

『因為老師的研究題目很多，原則上老師是希望每個學生除了自己的研究東西外，他還需要去了解別人的。』

每個製程的機台都會有各自的標準操作流程，即使新進的學生可以參照上面的步驟來摸索做實驗，但是原則上老師還是會分配學長姐來指導，因為洪老師相信，跟著人學往往會比跟著紙學容易進入狀況。

五、實驗室成員之組成

(一)實驗室成員的選擇

半導體微加工實驗室的研究領域大部分是以光電半導體為主，所以在成員的選擇上，洪老師會要求學生需要有一些半導體物理的知識，因此實驗室大部分的成員仍是以電機系背景的學生為主。基本上，洪老師會希望學生之前有修過半導體物理的相關課程，若無的話，在碩一開學前的暑假中，老師會先開書單給新生，要求將相關課程自修完成，然後持續跟老師報告自己的進度，以利開學時能馬上進入狀況、加入研究的行列。此外，除了學生從前的學習背景，老師也會評估學生的人格特質，洪老師會於學生找指導教授時，在談話的過程中對學生細微觀察，嘗試地來判斷該學生是否適合做製程。

『一開始學生來找老師的時候，因為老師會對題目有一些 *priority*，其中可能有某些題目的急迫性比較高，想進來的學生老師會先在心中評估是否適合，如果該學生也在一個月的測試期內沒有問題的話，多半就可以確定讓他跟哪位學長或是做哪個領域的題目。』洪老師表示。

洪老師會在學生進來之前把實驗室的狀況告訴學生，因為對一位大學剛畢業的學生而言，實驗室的生活或許還相當陌生，對研究生應該做些什麼事、應該用何種心態去面對研究生涯可能都尚未有所認知。此時，老師會與新生說明，將現在半導體微加工實驗室中的作息情況，以及進來後將會面臨何種壓力，全盤的讓學生了解。在與學生閒聊過程中，老師亦會注意到學生本身會不會害怕 *chemical*，因為在實驗中接觸到化學藥劑是非常頻繁的，有些人知道自己身體狀況不合適，接觸這種環境時就會有所顧慮，那麼老師就會轉問學生對 *simulation* 有無興趣，若皆無興趣，則建議或許可以試試其他教授的實驗室。

(二)實體的空間規劃

研究室基本上，洪老師希望讓學生感到舒適。研究室是讓同學休息或是看論文的地方，所以實驗室跟研究室是會不一樣的。在實驗室，老師是以傳承的方式，把經驗永續流傳，不斷給學生新的資訊，讓學

生除了傳承的經驗外，還能去創造一些新的技術。研究室基本上，每個人的位置都會設有屏風，洪老師負責提供舒服的空調、完善的硬體設備，還有公用的電腦，不過老師也希望同學能自備筆記型電腦，以方便資料資訊的流通，讓學生在學校、在家裡都能持續研究的進度。

『研究室就是讓學生休息或是讓他們看論文的地方，所以實驗室跟研究室基本上是不一樣的。在研究室中，能提供給學生的我們也會盡量做到。』

貳、組織的知識流通

一、知識取得

(一)專業知識

剛進半導體微加工實驗室時，除了閱讀畢業學長姐的論文外，IEEE的期刊以及一些相關的 journal paper 也是學生必須要去接觸的。在學生的研究室中設有放置期刊的架子，當期刊閱畢後均會完整地保存於架上，以方便學生將來再做查詢。隨著網際網路的普及，目前有一些期刊論文已電子化，而從在電子期刊資料庫中搜尋資料就更加方便了。另外，國內的研討會亦是主要的知識來源之一，如「光電年會」，這些研討會對於實驗室成員來說都是很好的充實知識管道。

(二)外部機構

在精密工程研究所外，老師也與材料所的老師有相關的合作，一方面可爭取多些資源，另一方面是為了結合異質的元素希望達到創意的激發，藉由多聽、多看別人做實驗的方法，再從中去學習、獲得。而在建教合作案中，通常於計劃前老師會先與廠商進行溝通，看廠商希望學校這邊提供何種資源，而相對地，廠商也會把一些相關的 process 或是一些資訊透露給學校，藉由諸如此類的合作，半導體微加工實驗室的成員們也間接學習到相當多的經驗。

洪老師說：『假設當我們在執行與外部廠商的檢測專案時，我們會探究所檢測的是什麼東西，而檢測這些東西是為了什麼，因此在與廠商的合作中，我們也從外部獲得一些不同的想法。』

半導體微加工實驗室雖然隸屬於精密工程研究所，但是研究的方向大致比較偏向光電以及微機電。因此，在知識的取得上，洪老師會

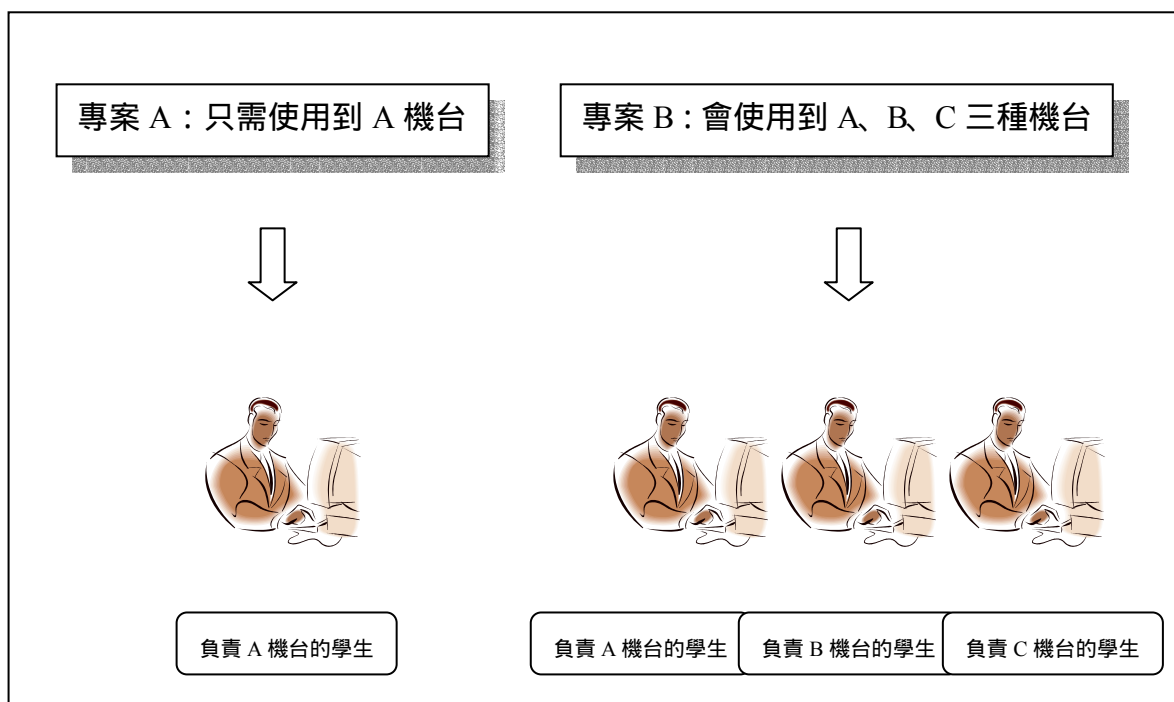
讓學生去參加 PIDA²⁶ 或是自強社²⁷ 所舉辦的一些相關課程的訓練，抑或是當學生主動要求去參加外部受訓時，若老師覺得議題不錯，也會願意讓學生申報經費；因為這些課程聽下來受惠最大的是學生自己，基於使用者付費的原則下，實驗室會在經費上幫忙補助總額的百分之五十，然後由學生自行負擔其餘的部分。

二、知識創造

(一) 解決問題的方式

半導體微加工實驗室的每位學生除了有特定的研究題目進行以外，每位成員也被賦予要維護一至兩台機台的責任(而每台機台也有可能有一至兩位同學來負責)，因此今天不管是執行比較具有學術研究性質的國科會計劃案，抑或是比較產品導向的產學合作案，在執行成員的選擇上，洪老師會依案子可能使用到的機台來分配。

資料來源：整理自半導體微加工實驗室內部資料



【圖 4-8-1】

然而，業界案子的時效性可能會比較急迫，對新進的學生而言，通常是無法一開始就能獨自執行，因此碩二的學長姐就要肩負幫助學

²⁶ PIDA，財團法人光電科技工業協進會

²⁷ 自強社，財團法人自強工業科學基金會

弟妹的責任，引領學弟妹上軌道。在合作案中，往往廠商對機台的需求會有重複性，如此，當同樣型態的案子再次承接時，碩一生經由學長姐的引領以及自己的學習效果發揮下，之後通常會執行的比較順利。此外，實驗室所承接的計畫分配上，能力較強的學生相對地會被要求負擔多些任務，且碩二的學長對實驗室所有的儀器也較碩一學弟熟悉，所以洪老師會把比較重的責任放在碩二同學身上。

若今天處理的案子是需要由特定某一位同學從頭到尾的負責，那在實驗室的資源的使用上，只要這位同學有需要就都可以去運用，基本上半導體微加工實驗室的儀器、設備，學生只需要登記就可在排定的時間內享有使用權。至於學生在執行案子中可得到的津貼還是以每月的研究津貼為主，因此還是需要看學生的態度以及績效來由老師評定；但是在材料費的部分就視學生需要而定。

(二)執行與整合新技術程序與工具

洪老師於中山電機工程研究所修讀博士班，修業期間時的指導老師李明達教授²⁸主要的研究方向是在磊晶製程。那時中山大學實驗室裡的設備不如現在的機台大多是採購自國外，而是幾乎是學生自己動手建構出來的系統，所以實驗做起來相當地艱苦，之後洪老師去中華電信所任職時也是做類似的工作。可是到了大葉大學之後，因為那是私立的學校，而且設備較為缺乏，所以當時給洪老師一個機會去思考繼往的研究方向是否要轉型。於是，洪老師開始使用物理性鍍膜來做一些平面顯示器，大約歷經一、兩年的鑽研，有個機會與那時剛成立的“全新光電”²⁹(VPEC)共同研究，全新光電算是國內的前幾家的磊晶廠，因此洪老師也就因緣際會的與開始與業界的廠商展開合作。從那時候開始，洪老師就開始以 wafer bounding 的方式來做一些高亮度的發光二極體，來做一些 tunable laser，甚至半導體微加工實驗室現行開發的微型麥克風，也是以同樣的技術來研究。

『那時他們(全新光電)的東西是想要模仿國外 HP 的用 wafer bounding 的方式來做 LED，那我們也很幸運的接到這個案子，可是在 repeat HP 的技術過程中發現，其實這之中尚有蠻多可以突破的地方。』

當然，剛開始進入學術研究領域時，除了學校的訓練、博士班的訓練外，洪老師謙虛的表示當時本身的研究實力尚屬資淺。經過多年

²⁸ 李明達教授，任職於中山大學電機研究所，被登錄於 1998 科技名人錄、1999 世界名人錄、1999 世界財工名人錄、以及 1999 年世界五百大影響人。

²⁹ 全新光電股份有限公司，專業磊晶代工廠，主要產品異質接面雙載子電晶體磊晶片、雷射二極體磊晶片、高速電子移動率電晶體以及超高亮度發光二極體磊晶片。

的訓練，執行了許多計劃後，洪老師從中也培養出對計畫整體宏觀的概念。在新的專案開始前，老師大致就能以經驗來預測執行時會有哪些困難點，有那些地方需要去克服、那些地方需要去尋求外部資源，能先做好完全的準備，並且從中 initiate 一些新的題目。

與全新光電的合作案也讓洪老師獲得了九十年度的教育部產學合作獎，老師表示：「該計畫，從八十六年開始，就在規劃此計畫，只是一開始的 funding 是來自業界，從八十六年到八十九年，業界每年花五十萬到一百萬的經費來執行此計畫，在這三年中，老師與業界覺得這個技術或許可以跟國科會申請產學合作，於是就著手申請產學合作計畫，前後國科會與業界一共投入了一千兩百萬，讓此技術量產，而這技術也伴隨大概總共十幾個專利，與十四篇的論文；專利分屬於國科會與業界。」

(三) 成員題目概念的生成

對於學生研究題目的形成，因為洪老師與業界的建教合作相當密集，所以大部分學生的題目都是從裡面去 initiate 的，因此，大多以老師分配題目給學生居多。

洪老師：「當學生一確定要加入實驗室後，其實就很多題目等著學生們來執行，因此當學生一進來就趕快的將題目分配給學生。」

三、知識蓄積

(一) 留才

洪老師曾在大葉大學的電機工程研究所執教兩年，期間老師也培養了許多優秀的人才，但對優秀研究生的慰留老師始終有些遺憾，不過畢竟研究環境以及可運用的資源對於學生是否願意再進修占了相當大的因素。

目前老師有兩位從中興精密工程研究所畢業的碩士班學生留於中興大學材料工程研究所繼續攻讀博士學位，依舊是由洪瑞華老師擔任兩位博士生的指導教授。對於半導體微加工實驗室中即將畢業的學生，老師會依其生涯規劃而給予不同的建議，若是有意繼續深造的同學，洪老師會傾向建議學生留在中興大學，因為老師與學生多少已培養了兩年的研究默契，而且老師認為中興也是蠻不錯的研究環境；當然學生若希望能有國外深造的機會，洪老師也決不吝惜地替學生寫推薦信，鼓勵學生在此領域能更有所獲。

(二)實驗成果的文件化

每位自半導體微加工實驗室畢業的學生，畢業後皆會留下該學生的畢業論文，作為實驗室經驗與知識的資產。自洪老師開始執教以來，慢慢地也參與機台的管理與訓練，從中體認到建立 SOP 以及資料備份的重要性，並且一些具有實務經驗的學生也帶了一些這樣的想法進來，讓洪老師漸漸地有一個建立專屬於實驗室資料庫的構想，不僅能方便往後學生的參閱使用，也大幅度減少學生在資訊海中搜尋的時間成本。此外，洪老師也鼓勵各個成員能將自己曾於業界所習得的經驗，或是外部受訓課程的一些電子資料放入資料庫中，豐富實驗室的無形資產。

(三)師徒制

學長姐會帶領新生來熟悉實驗室機台的操作，洪老師並以機台來區分學生研究的主題。所以在研究題目上，碩一做的可能會與碩二的類似。或是老師一開始就分配個新的題目給新生做，此時老師就會找適合的學長去引領，讓新生很快能進入這個領域。所以，對大部分新生而言，均是先跟著學長做一學期，到了碩一下學期之後，學生的題目會比較確定，因此，碩一上學期多半是學習製程、設備基礎的學問。

(四)專利的申請

因為洪老師與業界的合作案從相當早期就開始進行，累積至今，老師與業界都有非常好的默契在，因此實驗室對於專利的申請也是相當的注重，這其中不但牽扯到實驗室學術的研究成果，對業界廠商的營運更是有著關係成敗的影響。所以，實驗室只要有好的技術、好的成果，洪老師對於其的維護是不遺餘力的。不過，因為專利的維護金長期下來也是一筆不輕的負擔，因此洪老師將會更加注意評估該技術是否值得去申請專利、建構防護網。

第九節 中央電機工程研究所 光電與微波元件實驗室

基本資料

| | | |
|-----------------|---|---|
| 指導老師 | 姓名 | 綦振瀛教授 |
| | 學歷 | 美國伊利諾大學電機工程博士(1990) 國立清華大學電機工程碩士(1984) 國立清華大學電機工程學士(1982) |
| | 研究領域 | 光電元件 半導體材料與元件 高速元件 |
| 實驗室人員規模 (在學) | 博士班：8 人 碩士班：10 人 | |
| 經歷與榮譽 | 國立中央大學光電科學研究中心主任 美國伊利諾大學博士後研究員 行政院國科會研究獎勵傑出(91) 行政院國科會研究獎勵甲種(89~80) | |
| 任教科目 | 化合物半導體 真空技術 近代物理 | |
| 實驗室網址 | http://www.ee.ncu.edu.tw/chinese/teacher/chyi/index.htm | |

研究計畫(2000~2003)

| 類別 | 名稱 | 補助機構 |
|------|--------------------------|------|
| 學術計畫 | 化合物半導體自我組成量子點元件研究(2/3) | 國科會 |
| | 有線/無線通訊整合界面關鍵元件技術開發計畫(I) | 國科會 |
| | 氮化鎵藍紫光雷射二極體磊晶技術之研究(2/2) | 國科會 |
| | 化合物半導體自我組成量子點元件研究(1/3) | 國科會 |

| | | |
|--------|---|-----|
| | 氮化鎵藍紫光雷射二極體磊晶技術之研究(1/2) | 國科會 |
| | 量子點雷射與光偵測器之研製 | 國科會 |
| | 氮化鎵藍光雷射二極體技術研究(2/3)-子計畫一:氮化鎵系列材料磊晶技術之研究 | 國科會 |
| | 氮化鎵藍光雷射二極體技術研究(2/3)-總計畫 | 國科會 |
| | 氮化鎵藍光雷射二極體技術研究(3/3)-子計畫一:氮化鎵系列材料磊晶技術之研究 | 國科會 |
| | 氮化鎵藍光雷射二極體技術研究(3/3)-氮化鎵藍光雷射二極體技術研究(3/3)-總計畫 | 國科會 |
| 產學合作計畫 | 有線/無線通訊整合界面關鍵元件技術開發四年計畫(1/4) | 經濟部 |
| 其他 | 氮化鎵系列材料量子點結構之磊晶研究 | 工研院 |
| | GaN LD 元件 MOCVD 磊晶研究 | 工研院 |

專利(台灣/已核准/發明人)

| 申請案號 | 發明名稱 |
|-----------|--|
| 084105962 | 成長氮化鎵系列半導體之方法與裝置. |
| 087113486 | 混合濺鍍製作鈦酸鋁鋇薄膜之方法及其裝置. |
| 087117803 | 含有非晶態鐵電薄膜/多晶態鐵電薄膜的電容器及其製法及該非晶態鐵電薄膜的製法. |
| 089124964 | 具有非矩形基板之半導體光電裝置. |
| 090110239 | 發光半導體裝置之緩衝層及其製造方法. |

壹、組織平台與情境

一、領導者角色

(一)老師的研究風格與角色

■ 研究風格

綦振瀛教授對研究的執著與熱情，充分的反應在要求學生的研究態度上。因為綦老師對研究相當地嚴謹，因此在電子與微波元件實驗室中，成員們被要求有二：第一，研究或實驗上要能夠腳踏實地，做任何研究都要搞清楚，即是做一小點的東西；第二，要有創新的精神，或許研究的方式可能還在學習，但是在研究的主題範圍內，必須要知道世界的研究現況，然後用自己的智慧看看是否可以再去做一些別人還沒做到的，做一點突破。因為有這樣子的要求，綦老師也會希望成員們要有世界觀，如此才不會閉門造車或像是被關在象牙塔中一樣，蒙著頭在那邊做而不知道外面的情況。

綦老師說：『我希望學生來念碩士不是渾渾噩噩的過完這兩年，然後得一個學位去找工作；要覺得做研究是為了“格物致知”，對研究產生興趣，為了人類的福祉做貢獻，或是為了學問來探究這個事情。』

通常在與新生第一次見面時，綦振瀛教授就會說明自己帶學生的方式、對學生的要求、期望以及實驗室的研究重點，但是很重要的一點，學生一定要有「self motivation」，自己要有心，因為有心不管學什麼東西都很快，沒有心的話讀再多書也用。綦老師說：「有些人會很積極的自己給自己設立一個目標、對自己有一個期望，所以他會努力的去達成目標，因為這個樣子的話他會依他的希望來去學習，他會自己給自己動機，不需要別人去驅動他，不需要別人常在他旁邊說“你很好你很好”之類的話才會進步，所以我認為這種有 self motivation 的人才會有成就。」因此，綦老師對學生的生活並沒有拘束，由學生們自行去安排，但是會要學生們自行的設定目標，給自己要求，並且在時間內將進度達成。

光電與微波元件實驗室所承接的每件專案，綦老師在時程上均會不斷地 push 成員們達到階段目標，會希望成員依照計劃的進度來完成。綦振瀛教授說：「這不論實驗室做得到做不到，但是學生一定要有這種觀念跟做法。之所以研究案跟一般業界的買賣不太一樣的就是，業界買賣就是一定要照規定時程做好然後驗收；但是研究的話我們容許失敗的可能，所以它才需要研究。基本上我們是研究機構，而並不是研發承包商，但是我們的基本態度跟共識應該是說，必須要照

時間、照規劃來把我們的目標達成，我們不能因為實驗室有那種容許失敗的空間就可以比較放鬆，不行，所以我們接任何一個計畫都是一樣，因為這是一種 commitment，在建立一個這種 reputation 以後，人家就會覺得把經費交給你做開發是可以放心的，因為不管是成功或失敗，你都已經用了適當的方法、最大的力量去做。」

■ 角色

實驗室的成員可能都有被老師斥責過的經驗，博士班學生陳書涵說：「老師會直接點明學生的缺點，不管是做事情的方法、學習的態度，都會很直接，甚至於有時候都用罵的，但都是對事不對人。因為老師對研究所的學生要求很高，做事或做人一定要腳踏實地，老師不喜歡花俏的投影片卻沒有內容，除此外，在實驗室裡學做人做事的道理與學習團隊互動比做實驗還要來的更為重要。」，綦老師對這點也表示：「我的學生常被罵的很慘，女生甚至也會被罵到掉眼淚的，因為我覺得學生時期的可塑空間還很大，現在有做不對的地方若能馬上矯正，對他們將來不管是做事或是做研究都有幫助。」

在激發研究動機比較缺乏的學生上，綦老師謙虛的表示自己也尚在學習。人與人的溝通是一門學問，也是一種藝術，不同的人似乎需要用不同的方式；有些人你一直講他也沒有效果，想去激發他，他可能也只是一分鐘的熱情，回家以後第二天就沒了；那有些學生你就需要讓他意識到這是很嚴重的問題，所以就要先把自我放逐一下，讓他覺得說他這樣子在這種狀況之下的話，他將沒有任何資助、資源，他畢業或是未來會有問題，去用這種方式，然後等他自己想清楚後回來在好好靜下心來好好的談一下，慢慢的把他們帶回來。

為了要將實驗室所有的資源能夠完整地發展成一些學術或是技術上的成果，因此，當實驗室與外界合作時，老師會先做一個守門員的角色。綦老師說：「第一個，就是我們彼此都對這題目有興趣，並跟我們實驗室所研究的主題有相關性；第二個，就是我覺得我們能力上、人力上都可以負擔的；第三個，就是對方有相當大的誠意，也給我們足夠的空間，如果他壓著我們壓的非常緊的話，那我們會覺得負擔太重了，因為我們不是企業裡面的一個部門，我們還是必須保留學術的空間。」

(二)願景與研究方向

於中央大學執教的十幾年來，綦振瀛教授回想著過去：「我從回國的時候就在中央大學，那時候我們中央大學的校長非常希望我能留在中央大學，並且也願意提供相當不錯的經費，所以我們在這邊從無

到有，從開始建立實驗室然後到培養學生，很幸運地，歷年來我們也得到相當不錯的成果。那有這個環境絕對不是單靠我一個人，自從我過來以後，陸續地邀請了一些優秀的老師加入這個行列，共同合作，一起將完善的研究環境建立起來。過程之中我也覺得相當愉快，因為可以在這個地方訓練一些人，然後專心的從事一些研究的工作。我之所以會在中央大學這麼久，或是說我之所以會來中央大學最主要的原因還是中央大學給了我們這些老師一個很好的機會跟舞台，因此我也希望能夠把中央大學各方面的研究做好，我們的目標 always 放在世界一流的水準，所以如果不是有這樣一個使命感的話，是完全沒有辦法支撐下去的。目前我們已經有一些研究結果已經是世界級水準，那我們還是希望維持這個 position 或是提升到更高的 position。」

目前實驗室所承接的案子都一定會跟老師或是成員有興趣的研究有關係，因為綦老師自許以做一流的學術研究為目標，因此不可能把成員的時間花在跟研究主流不太相關的問題上面，不能只是為了接計劃而接計劃。

二、教育訓練

(一)基礎的訓練課程

實驗室新進的成員在暑假結束前就有機會實際體驗研究生的生活，綦振瀛教授認為那段時間對學生來說是最 free 的，沒有任何考試、上課的問題，若能好好待在實驗室裡面跟著學長做實驗，從頭到尾紮實的學習一遍，至少對於某些基礎的機台一定要學會操作，這樣在學期初時，通常就能對實驗室地生活有了基本的認知，對於往後的研究生涯也能比較快適應。在基本的機台操作外，對於研究的態度以及應有的觀念，也是建立在碩一進來的那個暑假。

其他像是國科會晶片中心所舉辦的一系列相關課程，或是國家奈米實驗室(NDL)舉辦的一些訓練活動，如：在晶片設計的時候會用到的軟體，或是一些無塵室機台的基本操作，綦老師也會希望做相關研究或是有興趣的同學都能去參加，並且實驗室會在經費方面全額補助。

(二)促進成員感情的機制

綦老師每年會針對在校的實驗室成員舉辦一次至兩次的出遊，偶爾會邀請與實驗室仍有聯絡的畢業生參加，經費幾乎是由實驗室全額贊助，譬如說到拉拉山住一個晚上之類的；另外，實驗室成員也有不定期的聚餐，再加上送舊以及尾牙或春酒，而這些聚餐就單純是在

學的學生為主。

之前，有幾間實驗室的成員也聯合起來計劃組成支壘球隊，如此不但促進的各成員間的感情，也拓展了研究生涯中的人脈關係。

三、激勵制度

(一)研究津貼的分配方式

■ **博士班**：博士班會以承接專案數目的多寡來區分，因為綦老師對博士班的要求相對地會比較多，事情也較多，所負的責任也比較大，因此，綦老師的博士班學生通常會領取較高的金額，譬如說國科會一般的標準獎助是八千塊的話，光電與微波元件實驗室的博士生們常常可以拿到一萬六或是更多，就是以博士生所承接的案子來區分。

綦振瀛教授認為對於博士班的學生來說，他們的同學可能沒念博士班就出去社會上工作，這些留下來博士班學生的薪水相對於在工作的朋友可能就會比較吃虧，綦老師希望公平起見，在經濟上面盡量不要讓這些博士班學生覺得跟外面的比相較太差，而另一方面也是為了網羅優秀的學生，讓優秀的碩士班學生繼續留下來攻讀博士班。

■ **碩士班**：以往綦老師對每個碩士班學生的補助津貼上來說，都是齊頭式的平分，但是這項機制從一年以前開始改變，綦老師開始根據學生的 performance 而定，像是有些學生常找不到人、不來讓老師了解進度、也不定期交報告的話，綦老師就會將其的獎助津貼降為只有兩千塊，那甚至於還有些學生對自己所做的事情一點也不在乎的，那綦老師就會以更嚴苛的條件給予這些散漫的學生。

為什麼綦老師在一年前會有這個想法要把這個機制做一個調整呢？綦老師說：「最主要的是我意識到每位學生負責任的心態跟認真做研究的心意差距愈來愈大，跟我理想中愈來愈大，因此我必須要做一些區分，我希望讓好好做研究的學生在這邊做研究不會說受到不平等的待遇。所以我們的用意就是說，用功的學生做的那麼辛苦，而且要接受我嚴格的要求，學生零零總總地為了這些計畫要做那麼多事情，為什麼這些人跟其他人拿的一樣多；那有些學生就是渾渾噩噩的過日子，然後領到的津貼跟用功的學生一樣，這是非常非常不公平的。以前的話這種人還比較少一點，但是最近幾年讓我覺得必須要做這樣子的一個調整。」

(三)其他

在光電與微波元件實驗室中，表現較為優秀的碩士班學生研究經

費額度上會領的較為多；至於博士班學生，綦老師會提供一些出國開會的機會，假如說某位博士班學生在碩士時表現就很不錯而直升上來，那麼他在博一的時候可能就有這個機會，享有在實驗室能夠提供的經費額度內出國見識，表現好的話一年至少會有一次這樣的機會。

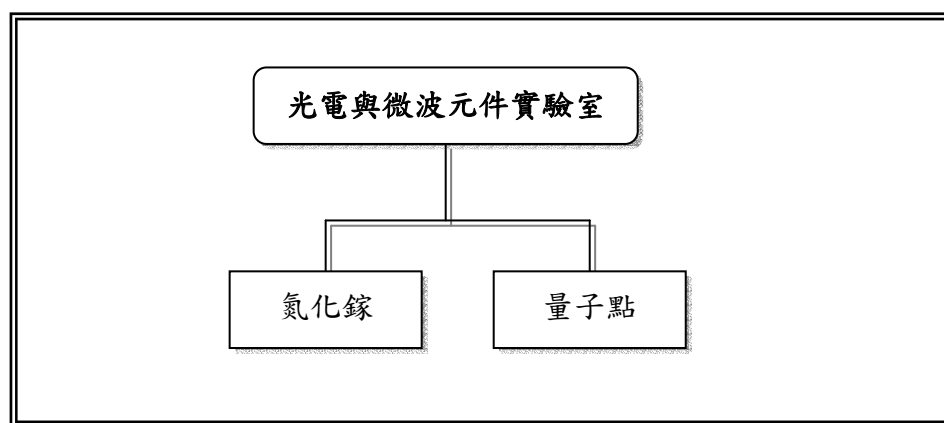
綦老師對於畢業的學生也會幫忙安排工作的機會，但是有一個條件，就是這個學生的品格跟能力是必須綦老師覺得不錯，不見得會每一個人都安排，但是如果是學生主動提出要求的話，綦老師都會義不容辭的幫忙。「但是現在的問題是我介紹不出學生，因為我們業界跟我要學生的太多了」，綦老師說：「我們這邊絕對不會有找不到工作的問題，只要有好的學生，我都樂於引薦。」

四、團隊溝通與合作

(一)meeting 的頻率與方式

在 meeting 的形式上，因為實驗室的研究題目相當多，學生人數也多，因此綦振瀛教授先將所有成員分成兩個 group，綦老師自己是一個禮拜一次，但是這兩個 group 是輪流的，所以對學生來講的會是兩個禮拜一次。那區分的方式是以研究的主題來做分組，研究相同主題的成員，不管是博士生或是碩士生都要參與。那只要是輪到該 group 的話，每位學生都要上台去報告。

資料來源：整理自光電與微波元件實驗室



【圖 4-9-1】光電與微波元件實驗室組織分工圖

實驗室的成員固定會找間會議室，每個禮拜一的晚上八點半開始，通常大概都花差不多兩個半鐘頭到三個鐘頭左右，約是六七位同學上台報告，用中文來說明，而報告的主題，則是依成員各自的進度而定，但是綦老師對於報告的內容有基本的 format：有哪些東西要做，

做出來的情況怎樣，接下來的實驗要怎麼做。綦老師希望學生在每次報告時也為自己設定一些目標，而不是由老師來規範，老師只需對實驗的結果或是進度的安排做建議。

【表 4-9-1】光電與微波元件實驗室每週上台報告格式

| Weekly Report | | | | | Name: Chen Shu-Han | |
|---------------|--|--|---|--|--------------------|-----------|
| | Plan | Do | Check | Act Item | Due Date | Owner |
| 1. | InP DHBT Direction 1. Trends of BC structure 2. Full paper writing. | 1. Material design | 1. InAlGaAs quaternary design and lower current blocking design. | 1. InAlGaAs grading calibration. | 1.5/10 | Chen |
| 2. | MBE maintain 1. Calibration 2. Device growth. | 1. GaAs based material cal. 2. InP based material cal | 1. Al ₅ ,Al ₆ ,Ga-cell calibrated 2. Indium cell calibrated [done] 3. Doping cell calibration run | 1. done 2. done 3. Hall sample prepared on May 6. 4. C-V sample will be measured on May 6 | 1. 5/6 2. 5/6 | Chen Wang |

資料來源：光電與微波元件實驗室

(二)其他的溝通管道

實驗室成員跟老師溝通的管道除了有 meeting 之外，通常也會藉由打電話的方式來與老師溝通，學生如果想到有什麼事情就直接撥個電話，老師也會藉由這個方法來交代學生一些重要的事情。

(三)經驗分享的方式

其實現在實驗室雖劃分為兩大主題，但是這兩個主題還尚屬是大範圍的，裡面的每一位成員所做的研究還是不盡相同，只能說同個主題下的成員是 focus 同樣一類的東西，那也正好藉由 meeting 時每位同學都會上台的機會，所以其他成員也能知道其他分支的知識。除此之外，同學私底下的網路會談與小組討論，以及共同做實驗的時候也會彼此地互相流通討論這些知識。

那對於另一主題所研究的內容是否就較少接觸呢？綦老師非常鼓勵成員在不同主題同學 meeting 時，成員們也都能來參加，因為老師在 meeting 時會給予報告的同學們一些指正或是指導，告訴同學哪裡做的不完善，哪裡需要在改進，那這些與會同學除了專業知識的獲取外，對於實驗的方法上會有更深一層的體認。

五、實驗室成員之組成

(一)實驗室成員的選擇

對於實驗室新成員的選擇，綦老師總是會以最單純的方式，就是同學在聽了老師介紹完實驗室風格與老師指導學生的方式後，若尚有意願加入的，老師多半都會答允。綦老師並不會看學生以前的成績或是是否有些過哪幾門課，因為老師很重視學生的自我動機(self motivation)，因為只要動機夠強，不論學什麼都能很快上手；動機不足的話，就算老師開了再多的書單也毫無益處。

但是往往在綦老師將嚴格的要求表達給學生後，學生很難當下立刻做出決定，那麼綦老師就會建議這些學生能多找看看其他老師，否則假若成員的個人習慣、個人的想法、做事的方式…等，沒辦法與指導老師做配合的話，大家在一起走研究這條路是很辛苦的。所以只要學生有第二次敲實驗室門的決心，綦老師就會 support 這位學生是思考過並且同意老師開出的條件，因此歡迎新成員的加入。

(二)實體環境的規劃

走進綦振瀛教授的辦公室，裡頭的擺設相當簡單，兩張辦公桌呈 L 型靠置在最裡面的牆邊，其中一張放置了許多文件資料，另一張則較為整齊；此外還有一張電腦桌，一個大型的玻璃窗書櫃，裡面放置些書籍以及獎狀。不過特別的是，老師辦公室內的所有大型的物品均是靠牆擺設，所以辦公室中間呈一個空曠的小空間。

或許是老師本身的風格所致，在實驗室的空間安排上老師也給了成員相當大的自由度，因為會朝夕使用的都是以學生為主，但是老師還是會著重在效率以及整潔上，登記使用、定期維護、進出方便謂之效率；地無雜物、淨鞋而入謂之整潔。

(三)實驗室資源的配置

實驗室上大家所擁有的資源都一樣，至少沒有差太多，但是實驗室裡的很多設備都是交給博士班在維護與管理，所以博士班擁有的管理權可能會比較大一點，不過基本上大家都可以去使用。

貳、組織的知識流通

一、知識取得

(一)專業知識

「除了一些專業期刊會要讀、相關研討會要參加之外，那學生們也可以去修一些外系所的課，這都沒有問題。像我們學校有一些管科的課程，或是實驗室現在從事光電材料或是量子點這方面的研究，我就會希望學生們去修一些相關的通識課，甚至物理及光學的東西也需要學生去涉略一點。基本上是希望成員們能 cover 多一點領域的知識，引領自己的創新思維，不過我不會硬性規定學生一定要去修哪些課程。學生選完課之後找我簽名時，我都會稍微看一下，可是我不會去主導或是規範他們，還是以同學們的興趣為主。其次，我也鼓勵我們學生能去修習一些目前較為有競爭力的技術與產業相關的課程，了解這產業的未來，知道這行業的前景，如此在做實驗時會比較有動機，並且可以知道什麼樣的題目適合去研究，什麼樣的題目則否。」

(二)外部機構

綦振瀛教授也會鼓勵成員們除了專業知識外，空閒之餘也能多去吸收一些管理領域或是人文領域的書籍，綦老師偶爾再 meeting 時也會稍加推薦，例如：誰搬走了我的乳酪³⁰...等，希望由這些不是那麼硬梆梆的書來將一些新知灌輸給學生，老師也會在 meeting 的時候做心得分享。

二、知識創造

(一)解決問題的方法

綦振瀛教授對光電與微波元件實驗室研究方向的設定上，始終希望整個實驗室能隨著時代的潮流一直往前走，不死守以前的東西，對於以前的成果也要想辦法尋求進步，踏出舊有的框架，做一些之前沒有的嘗試。所以目前在這種研究路線的設定下，實驗室的成員中約有三分之一是做基礎的 research，另外三分之二做比較應用性的研究，但是綦老師認為比較理想的狀況應是調整至一比一。目前實驗室有部分成員正從事量子點的基礎研究，這些均仍未具任何商品雛型，其他國家的研究也都還在一些物理特性上，因此這課題算是非常具有前瞻性；有另外也有一些成員是在做比較 critical 的，跟業界有直接相關性

³⁰ 誰搬走了我的乳酪，奧林文化事業有限公司出版，作者：史賓賽·強，譯者：游羽泰

的題目。雖說有基礎與應用的程度之分，但是綦老師堅持，任何執行的題目都應該是實驗室成員有興趣的，因此實驗室所研究的領域雖是有多 cover 出來，但是基本上還是在一些光電半導體方面，從這個主題下去發揮，找出這些半導體材料的相異點或是新的做法。

那對於國科會的案子或業界的案子，在實驗室中，綦老師並沒有一個特定的模式來分配給底下的學生執行，而是完全根據計劃的內容去做分配。那對於計劃的執行方式，並不一定是博士班學生帶底下碩士班來執行，不過幾乎所有的案子中，博士生及碩士生都會一起參與，「因為碩士生了解的東西畢竟有限，如果是較小的案子或較簡單的案子的話，有可能一個碩士生就把它解決了嘛！就不一定要麻煩到博士生；但是如果是比較長期的案子的話，我們都是會有博士生來負責。」綦老師說，「那就經費來講，如果就做實驗上，學生們需要不管是材料費還是什麼相關的費用，只要提出來他們的需求，我大概都是會核准。我們沒有自由到學生用了我不知道，但是學生如果需要他可以提出來，那提出來幾乎都是會核准。」

(二)執行與整合新技術程序及工具

光電與微波實驗室與國外研究機構多有合作，就實驗室所做出的實驗結果與國外研究單位意見交流，如：在光電材料的成長分析研究上，實驗室會將一些最新的 data 分享給合作的國外研究單位，國外單位若有什麼創新或是新穎的想法，可以立即給實驗室 feedback，那麼實驗室就會將他們所提供的建議實做出來，然後再將實驗產出的數據或成果寄給他們。這種跨國的合作模式，分別是與日本的上智大學以及美國佛羅里達大學中的兩個研發單位來執行。實驗室和日本上智大學電子系的 K. Kishino 教授合作，研究之主題是 GaN/AlN 共振穿隧二極體(RTDs)，實驗室提供高品質的 GaN 基底材料，而上智大學以分子束磊晶法成長此 RTD 結構，首次成功地做出 GaN/AlN RTD，其室溫之 PVR 為 32，研究成果也已發表於 Applied Physics Letter；在量子點的研究方面，實驗室和美國佛羅里達大學電機系的 S. S. Li 教授亦有傑出的研究成果，除了利用 InGaP barrier 得以達到低暗電流的遠紅外線 InAs 量子點偵測器外，實驗室亦以 InGaAs 量子點結構獲得了高性能的正向入射中紅外線量子點偵測器 (QDIP)，其操作溫度可高至接近室溫的 260 K，是世界一流的水準，成果也已投稿於 Applied Physics Letter。

而在目前實驗室所執行的學界科專，從計劃的生成到執行是怎麼樣的一個狀況呢？「學界科專的定位就是說，我們所準備做的一些研究、一些技術是業界已經知道怎麼應用了，但是我們國內業界可能尚

未獨自擁有這種技術。如果說有些東西我們做的太前瞻的話，可能連自己都還不知道怎麼去應用，那就有點偏學術了；不過有些題目屬於比較應用性的研究，就是說別人已經證實它是可以如何來被應用，但是這技術可能還不成熟，那我們可以經由這學界科專的計劃將它發展出來，那我們學界科專就是要做這樣的研究。」綦老師談起對於學界科專的起始，「我們對於學界科專籌畫了好幾個月，是我跟其他的老師一起共同籌畫，那學生在規劃上參與的程度比較少，因為畢竟他們還是在學習的階段。所以基本上的構想還是由老師們來作，規劃出要研究哪個領域，我們幾位相關的教授一起來談一談，然後大概可以做哪些東西，把它整合起來一起去提計劃。我們前後大概花了三到四個月的時間把這東西做個統整，從申請計劃到今年到這個月(民 92 年 5 月)剛好是滿一年。我們固定每兩個禮拜舉行一次會議，那也是一樣，大家持續不斷的去追、去定短期的進度。」

其實學界科專合作的人員相當廣，計劃中總共有十位老師參與，這十位老師每個人底下又都有帶幾位學生，所以加起來人數相當多。因此，在學界科專的人力投入上，博、碩士合起來大概有四、五十位。那兩個禮拜一次跨實驗室的 meeting，是所有參與的相關人員都要來參加，包括老師及學生，整個計畫下分有三個分項，就由每個分項的老師或同學輪流報告，在場地上會固定借一間大教室，所有計劃的成員都要簽到，在每個分項裡面可能又有兩個到三個計劃，所以這個計劃算是相當大的。

另外，實驗室積極地欲與國科會申請去國外做交換學生的機會，綦老師也非常希望學生能夠有這種機會，因為這不但可以落實老師所謂的「世界觀」的觀念，也可以將一些國外好的研究方式引進實驗室內部，造成創意的激盪。那麼國外也會有研究生過來，曾經有外國的博士後研究以及碩士生來拜訪過，為時約兩個禮拜，一起做一些研究。

(三)成員題目概念的生成

『給學生一個題目，不如讓學生去探索自己想要研究的方向，做研究不應只是一味的接受，必須要化被動為主動，化思索為行動，向外拓展才能豐富自己的知識版圖。』綦振瀛老師表示。

關於論文的題目，碩士班學生普遍都還是不會主動去創造。在光電與為波實驗室中，綦振瀛教授很少是一開始就給學生一個確定的題目。實驗室在接計劃的時候會朝著一個大主題前進，通常碩士班新生一進來，綦老師會讓新生跟著學長們一起做研究，一方面學習實驗室裡面的一些規矩跟設備的使用方式，一方面了解學長在做些什麼、有什麼用、為什麼是這樣做的。綦老師會刻意讓新生去多嘗試一點東

西，讓他們自己去發覺對哪方面比較有興趣，所以綦振瀛教授不會在一開始的時候就規定 topic，而是希望過一段時間以後讓學生自己判斷。一般較積極主動的學生多半碩一下的時候就有確定的題目，那有些學生也甚至到了碩一學期結束的時候才做決定。

至於博士生的題目的話，因為博士班要做的題目比較深入，所以通常會先從研究主題中選定其下的子題去研究。隨著鑽研的投入，功夫也較深，那慢慢地，博士生就有機會從子題中擴展出來，而且博士班學生比較容許長時程的題目，所以有些博士班的研究題目剛開始的時候並不會很 well defined，剛開始只是從一個小地方去做，然後慢慢的從中發展出來，很少有人能從研究的剛開始就 well defined 了，因為一般人很難去預料兩年或三年之後的科技會發展成什麼情況。所以博士班學生通常是從最急迫的一點開始做起，然後隨時跟世界的先進來比較、做調整，看看還有哪些可以去發展，實驗室總是會保持最敏銳的狀態來因應世界潮流的變化。。

三、知識蓄積

(一)留才

「特別的規劃我想是有的，我希望他們的碩士論文可以寫好一點，若有機會得到國科會的碩士論文獎的話，在他們來念博士班的時候，國科會會 support 他們每個月兩萬八千塊的獎學金，那他念博士班至少就有兩萬八千塊，在加上我們還有其他的計劃案，這樣加一加至少有三萬多塊，如此就跟其他外面工作的同學相差沒有多少，可以讓博士班學生好好的安心來做研究。我們也有跟國外的一些單位有合作，常有機會把他們送到國外做些研究、讓他們見見世面，雖然說仍不算是遊學，但是有機會能夠到日本或是美國做短期的研究，對於語言或是思維應該都有幫助。那另外是學生如果是對產業比較感興趣的話，我們也可以跟產業界有些比較密切的交流活動，那學生可以做一些產業界有興趣的題目，將來未來的工作出路都已經安排好了，學生就不需要太擔心一些事情。」綦老師對於人才培養有自己的一套見解，「對於研究相當有興趣的博士班學生，我也會希望他們留下來做博士後研究，但是可能是因為我太嚴格的關係，會繼續留下來的博士班學生往往不多。不過除非是特別優秀，不然我也希望是引進一些外部的人，這樣實驗室的人流才會像活水一樣，帶進一些新鮮的研究風氣，對於整個實驗室組織也會有幫助，而不會說是近親繁衍。」

(二)資料庫建置/技術化文件

綦振瀛教授有感於實驗室許多流通的文件、報告繁雜，因此很想建置一個專屬於光電與微波元件實驗室的資料庫，將每一位學生每個禮拜做的報告，設定固定的格式，包括：實驗的目的、實驗的數據以及實驗後的結果，有系統的分類整理，然後架置一台 server，讓成員報告的資料可以 upload 在這台 server 上，放置在實驗室中。而且如果有一個比較好的一個 commercial 的分類機制的話，還可以幫實驗室做搜尋的動作，要找什麼主題用個 key word 進去找就可以找的到。可惜目前礙於人力的缺乏，綦老師認為：「所謂的 knowledge management 最重要的，就是要把這制度架構建立起來，然後要有專人負責 maintain，可惜學生幾乎都是過客，頂多待個兩年或是幾年就走了，對於這種制度的建構可能不會有那麼重要性的體認。」，因此之前老師只能自己動手分類收集，在討論時老師會將既有的資料提供給成員們參考。

(三)師徒制

詩人賀伯特說：「唯有穿鞋的人，才知道鞋的哪一處擠腳。」在求學的過程中，也唯有學生才知道自己的苦悶、需求與方向。因此，綦振瀛教授把訓練新成員的重任交付給較資深的學長們，由學長一步一步地帶領學弟們熟悉實驗室的生活。不過綦老師會稍微先跟新生們談一下，譬如說有些學生比較喜歡做實驗的，那老師就會分配手邊正在做實驗的學長，讓新生陪著學長一起 run 整個過程；另外有些比較喜歡做量測的、或是進無塵室的，就會被分配給另外一型的學長。「基本儀器的使用上，如果要學弟盡快上手，就必須由學長來帶學弟妹，不過做研究的態度與方法常常只能讓學弟妹自行體會、領悟了，或是報告的台風...等等，有些事情也蠻難說教了就會的，況且我們自己也常常需要學習。」陳書涵謙虛地說。

(四)專利的申請

綦振瀛教授並非對所有技術均認為有申請專利的必要性，而技術中又區分為與業界的產學合作案以及國科會的學術計劃案。在產學合作案上，只要實驗室做的成果是與廠商利益相關的話，那麼綦老師就會希望實驗室的成員同學去做維護的一個動作，老師最近也積極鼓勵實驗室同學寫專利，最主要一方面是維護廠商的權益，算是實驗室的貢獻之一。那在如國科會一般的學術研究上，實驗室講求的是發表的速度，強調要如何才能盡速發表、跑到世界第一，讓世界其他相同領域的學者知道實驗室所做的研究成果，所以這一類的學術計劃實驗室就不會把重心放在專利申請上。

第十節 個案彙總整理與分析

以下將針對上述各研究個案加以整理，並依組織平台與情境及組織知識流通等研究變項，來進行分析彙整。

壹、組織平台與情境

一、領導者角色

【表 4-10-1】實驗室之領導者角色彙整表

| 領導者 | 研究風格 | 角色 | 願景 | 研究方向 |
|--------|---------------------------------|---|---|---------------------------------------|
| 潘犀靈 教授 | 謹慎、嚴格、動機強烈、簡單明朗 | 給予學生困頓時期，採取放逐式的態度，再從旁進而扶助 | 在所執行雷射與光纖領域尋求卓越的學術成就 | 加強先進雷射與光電科技方面的研究基礎 |
| 王興宗 教授 | 對新事物的好奇心，願意不斷接受新挑戰的刺激以及對學術研究的迷戀 | 以詢問的方式讓學生思考研究問題，對於成員的管理採取相當大的彈性 | 研發出藍光之 VCSEL | 藍光半導體雷射與藍光紫外光雷射之研究 |
| 祁 姓 教授 | 自由、彈性、喜歡具有創新性的研究 | 對於成員的管理採取相當大的彈性，與學生共同鑽研，讓學生能感覺到老師的支持與協助 | 將光纖通訊這技術領域的研究在台灣深耕並使之茁壯，培育英才 | 以光纖通訊為重心，將非線性光學與光纖通訊兩者結合為一 |
| 謝漢萍 教授 | 研究與實務結合，對於產業趨勢有敏銳的觀察力 | 於研究上老師是一位嚴謹的規範者，監督學生進度，對於學生的研究方向給予意見與修正 | 將研究領域中的技術推向更高一層，並培養出能為產業界所用專業人才，扶植國內產業，促進產業蓬勃發展 | 顯示技術、高密度光碟儲存、微型光學元件、薄膜應用、Optical MEMS |

資料來源：本研究整理

【表 4-10-1】實驗室之領導者角色彙整表(續)

| 領導者 | 研究風格 | 角色 | 願景 | 研究方向 |
|--------|---|--|---|--|
| 紀國鐘 教授 | 視研究為一種生活習慣，強調科學家的精神，重視實驗數據，鼓勵成員走動觀察 | 期勉學生自我思考不要盲從，引導學生發揮潛在的可能，對學生進度的要求相當關心，建立學生在研究領域的自信心 | 將國外值得借鏡的研究方式及思考模式落實於台灣的教育體制中，培養專業人才 | 氮化鎵材料的應用，藍光 LED 跟藍光雷射，光儲存及光的機電設計 |
| 詹益仁 教授 | 容許天馬行空的想法，再進而化為研究的成果，偏好主流的研究，適時地修正研究方向 | 以身作則，以身教代替言教，關心學生的生活狀況，給學生明確的畢業標準，幫學生尋覓合適的職業 | 在微波電路及射頻領域的研究中追求突破，為台灣產業界培育合適的人才 | 微波電路製程及模組技術開發以及 C 頻段射頻元件及模組技術開發 |
| 洪瑞華 教授 | 強調勤能補拙，對研究主題之衍生性子題常有豐富的創意 | 對於成員生活上的管理採取相當大的彈性，主動與學生進行面對面的討論來了解問題，鼓勵學生多涉獵相關領域的知識，評定學生每月的表現 | 藉由與業界的密切合作，期能研發出促使產業升級的產品，培育可及時投入產業界的專業人才 | 應用晶片黏貼技術開發高亮度二極體以及應用微機電製程技術製作可調變波長光電元件 |
| 蔡振瀛 教授 | 對研究相當地嚴謹，講求腳踏實地，追求創新的精神，不論任何案子都需盡最大的努力去完成 | 認為學生在實驗室裡學做人做事的道理與學習團隊互動比做實驗還要來的更為重要，對於學生的錯誤給予直接的指正 | 希望能夠把中大電機所各方面的研究做好，目標是做到世界一流的水準 | 量子點光電工程與氮化鎵光電元件 |

資料來源：本研究整理

二、教育訓練

【表 4-10-2】實驗室之教育訓練彙整表

| 實驗室名稱 | 訓練方式 | 促進成員感情的機制 |
|---------------|--|---|
| 雷射與光電技術實驗室 | <ul style="list-style-type: none"> ● 練習看論文：從論文中可以觀摩前輩的思考邏輯，學習怎樣構思出一個實驗的架構，以及如何收集材料資源，最後將問題解決而達成目的，並且也能加強閱讀英文的能力 ● 基礎科目的補強：對於非電機、物理背景的學生，老師會要求修習一些光電相關的基本課程。 ● 讀書會：由博士班的學長帶領，研讀一些光電領域或是實驗室未來研究必備的專業課程，書目由老師指定 ● 論文計畫口試：博士生有個論文計畫口試，所以老師會要求博士生練習寫計畫、申請計畫 | <p>聚餐：學生間的聚餐</p> <p>LAN-game：CS</p> |
| 半導體雷射技術實驗室 | <ul style="list-style-type: none"> ● 練習看論文：博士班學長會協助碩士班訂定中英文書目與國內外期刊的研讀的進度 ● 基本機台的操作：採取博士生指導碩士生的方式來學習研究方法、實驗室機台的操作，至交大的半導體中心接受特殊機台的操作訓練，至NDL與精密儀器中心接受如無塵室儀器操作的訓練 | <p>聚餐</p> <p>球敘：例行的球類活動、LAN-game</p> <p>出遊：週末出遊、每年暑假實驗室舉辦的『充電之旅』</p> <p>LAN-game：AOC、CS</p> |
| 光波與光子實驗室 | <ul style="list-style-type: none"> ● 基礎科目的補強：對於新進的學生會建議其去選修光電、光通訊以及光纖理論相關的課程 ● 基本機台的操作：透過與博士班學生的實做來學習研究的方法，鼓勵學生到電信研究所或是工研院之類的外部組織學習 ● 練習看論文：閱讀專業期刊與論文 | <p>聚餐：學生間的聚餐、老師的生日聚會</p> <p>球敘：打籃球</p> <p>LAN-game</p> <p>唱歌</p> |
| 光資訊儲存與平面顯示實驗室 | <ul style="list-style-type: none"> ● 練習看論文：相關期刊論文的閱讀，加強英文能力 ● 基本機台的操作：接受校內外所提供的基礎的訓練課程與研究相關的課程，至工研院實習與學習相關知識與機台操作 | <p>聚餐</p> <p>球敘：籃球，實驗室的壘球對</p> <p>LAN-game：AOE、AOC、CS、RO、天堂</p> |

資料來源：本研究整理

【表 4-10-2】實驗室之教育訓練彙整表(續)

| 實驗室名稱 | 訓練方式 | 促進成員感情的機制 |
|------------|--|---|
| 半導體物理實驗室 | <ul style="list-style-type: none"> ● 練習看論文 ● 安全手冊的研讀：熟讀實驗安全手冊，接受測試後才可得以使用機台 ● 基本機台的操作：經由資深的成員當場傳授實驗方法給學弟妹，如此實驗的一些細節、技巧就由這種方式傳承下去 ● 增進人文素養：研究之餘多培養人文的素養 | <p>聚餐：學生間的聚餐</p> <p>球敘：跨實驗室自組壘球隊</p> <p>LAN-game：CS</p> |
| 固態與微波元件實驗室 | <ul style="list-style-type: none"> ● 練習看論文 ● 基本機台的操作：給予學生已制定的訓練模式加以教育，老師監督整個學習的狀況，加入實驗室前半年的時間內，讓學生做扎根的學習，包括修課及做實驗 ● 執行業界題目：從實做中累積經驗 | <p>聚餐：年底尾牙、學生間的聚餐、老師每年會邀請歷屆畢業生舉辦烤肉活動</p> <p>迎新活動</p> <p>球敘</p> |
| 半導體微加工實驗室 | <ul style="list-style-type: none"> ● 練習看論文 ● 基本機台的操作 ● 訓練表達能力：以便在報告時能清楚且有系統的傳達資訊 ● 英文論文發表：畢業前必須以英文撰寫一篇論文，並於期刊上刊出 | <p>聚餐：實驗室的送舊聚餐，年底的尾牙，學生間私下的聚餐</p> |
| 光電與微波元件實驗室 | <ul style="list-style-type: none"> ● 練習看論文 ● 基本機台的操作：利用碩一進入實驗室的那個暑假，跟學長一起做實驗以了解實驗室生活以及實驗方法，進而建立正確的研究態度以及在實驗中應有的態度 ● 增進人文素養：除了專業知識外，空閒之餘也能多去吸收一些管理領域或是人文領域的書籍 | <p>聚餐：實驗室送舊聚餐以及尾牙或是春酒(擇一)的聚餐</p> <p>出遊：實驗室每學期老師會舉辦一至二次的全員出遊</p> |

資料來源：本研究整理

三、激勵制度

【表 4-10-3】實驗室之激勵制度彙整表

| 實驗室名稱 | 研究津貼的分配方式 | 其他激勵方式 |
|---------------|---|---|
| 雷射與光電技術實驗室 | 碩一：4000 元/月 碩二：6000 元/月 博士班：N/A | 老師的口頭勉勵 幫助學生就業 ：對於表現優異的博士生，老師會考慮聘請為研究助理教授 培養成功經驗 ：嚴格的要求論文品質，使學生對於自己的論文有一定的自信 |
| 半導體雷射技術實驗室 | 碩一：2000 元/月 碩二：6000 元/月 博士班：依照級別 8000、10000、12000 增加 | 老師的口頭勉勵 代表出席研討會 ：表現優秀的博士班學生給予參加國外研討會的機會 |
| 光波與光子實驗室 | 碩士班：固定金額 博士班：依研究績效調整 | 代表出席研討會 ：隊表現優秀的博士班學生給予參加國外研討會的機會 老師的口頭嘉勉 |
| 光資訊儲存與平面顯示實驗室 | 碩士班：6000 元/月 博士班：16000 元/月，另加上研究表現以及所承接專案給予的 bonus | 老師的口頭嘉勉 代表出席研討會 ：博士班學生的論文被刊登於國外的論文期刊上，老師便會安排學生參加該研討會 |
| 半導體物理實驗室 | 碩一：4000 元/月 碩二：6000 元/月 博士班：8000 元/月 | 老師的口頭嘉勉 培養成功經驗 ：依老師對學生的期望的不同，給予不同的指導及標準 代表出席研討會 |
| 固態與微波元件實驗室 | 碩士班：6000/月 博士班：8000/月，另加上激勵獎金 | 培養成功經驗 ：對學生專案的要求，幫助學生順利完成，使外界肯定成果 幫助學生就業 ： |
| 半導體微加工實驗室 | 碩士班：1000 元~6000 元/月，以老師主觀的判定學生努力與否來區分高低 | 由公開發放獎助津貼的方式，一方面鼓勵表現不錯的學生，另一方面也激勵那些研究有待加強的同學 |
| 光電與微波元件實驗室 | 碩士班：2000 元~6000 元，根據學生的績效表現而定 博士班：16000 元，另加上以學生承接的案子給予不同額度的津貼 | 代表出席研討會 ：若博士生表現優秀，老師會提供出國參加研討會的機會 幫助學生就業 ：老師願意幫忙尋找合適的工作機會給品格跟能力有相當水準的學生 |

四、團隊溝通與合作

【表 4-10-4】實驗室之團隊溝通與合作彙整表

| 實驗室名稱 | Meeting 的頻率與方式 | 其他溝通管道 | 經驗分享 |
|---------------|--|--|---|
| 雷射與光電技術實驗室 | <p>Group meeting：每星期會舉行一次，全員參與，每次分別由一位博士班學生及一位碩士班學生報告，每人報告的時間約 0.5~1 個小時左右，內容是最近的期刊及和實驗室研究取向相關的 paper</p> <p>私下 meeting：依個別狀況而定，經由與老師面對面的對談，了解個別成員的研究內容以及其進度的討論。</p> | E-mail、電話 老師藉由博士班學生的報告來控制整個實驗室的進度 直接與老師面對面討論 | 藉由 group meeting 的機會進行知識分享 成員私下的互動 |
| 半導體雷射技術實驗室 | <p>Group meeting：一星期一次，全員參與，由長晶組與製程組的成員輪流上台。</p> <p>小組 meeting：一星期一次，分為兩組，每位成員以英文簡報上星期的進度。</p> | 與老師直接的面對面非正式溝通 師生之間的 E-mail 互動 | 每週一次的 group meeting 研究有進展的博士生報告研究進度與發現 準備畢業的成員報告其論文進度 |
| 光波與光子實驗室 | Group meeting ：全員參與，每星期一次，約兩位至三位的成員輪流針對自己負責的專案進度上台報告。 | E-mail、電話 直接與老師面對面討論 | 藉由 group meeting 的機會進行知識分享 成員私下的互動 |
| 光資訊儲存與平面顯示實驗室 | Group meeting ：一星期一次。分為顯示器和光儲存兩個組，兩組人員分開舉行，一組由一人負責以英文方式報告，每人報告時間約為 40 分鐘 | 直接且面對面的溝通方式 | 每星期一次的 group meeting 成員間的直接互動 |

資料來源：本研究整理

【表 4-10-4】實驗室之團隊溝通與合作彙整表(續)

| 實驗室名稱 | Meeting 的頻率與方式 | 其他溝通管道 | 經驗分享 |
|------------|---|--|---|
| 半導體物理實驗室 | <p>Group meeting：一星期一次，全員參與，每人均要上台報告當周進度，每人報告時間約為 15~20 分鐘</p> <p>Pre-group meeting：不定期舉行，參與人員為博士班以下的學生，並由博士班的學長主持</p> | <p>亦可寫完整的 E-mail 給與老師溝通，與老師進行個別 meeting</p> | <p>藉由主動關心其他成員的方式，進而了解他人的研究內容</p> <p>藉由 group meeting 的機會進行知識分享</p> |
| 固態與微波元件實驗室 | <p>Group meeting：一星期一次，時間約在早上八點，全員參與，每人均要準備英文的投影片上台報告</p> <p>Sub-group meeting：一星期一次，所有成員區分成設計組及製程組，討論所進行的研究中較細微的部份</p> | <p>老師會主動去接觸學生，注意進度的快慢</p> <p>學生亦會找私下找老師討論、以打電話、寫 E-mail 的方式與老師溝通</p> | <p>藉由 group meeting 的機會進行知識分享</p> <p>跨實驗室的機台操作會議</p> |
| 半導體微加工實驗室 | <p>Group meeting：兩星期一次，全員參與，每人均須準備投影片上台報告</p> <p>Sub-group meeting：一星期一次，以小組成員為主，任一形式的報告均可</p> | <p>老師每天會親臨實驗室關心學生的狀況或進度</p> <p>老師電話 24 小時待機，以 E-mail 的方式</p> | <p>藉由兩禮拜一次的 group meeting 的機會進行知識分享</p> <p>實驗室有公用的伺服器，供學生互相參閱</p> |
| 光電與微波元件實驗室 | <p>Sub-group meeting：兩星期一次，該小組成員全員參與，每位成員需依老師指定的格式簡報自己的進度</p> | <p>老師會藉由電話來與學生聯絡</p> | <p>藉由兩禮拜一次的 sub-group meeting 的機會進行知識分享</p> <p>鼓勵成員在另一組別 meeting 時亦能來旁聽</p> |

資料來源：本研究整理

五、實驗室成員之組成

【表 4-10-5】實驗室之成員組成彙整表

| 實驗室名稱 | 實驗室成員的選擇 | 資源的配置 |
|---------------|---|--|
| 雷射與光電技術實驗室 | <ul style="list-style-type: none"> ● 學生的推薦函 ● 學習的意願與動機的強烈與否 ● 團隊精神 ● 博士生還需評估其研究潛力 | 環境規劃： 全權交由成員自行負責 |
| 半導體雷射技術實驗室 | <ul style="list-style-type: none"> ● 學生是否具有積極學習的態度 ● 學生的大學背景（以具半導體物理、光學背景者為佳） | 資源配置： 較貴重的儀器與長晶的儀器由博士班成員 handle，除此之外無差異 環境規劃： 學生對於環境空間的安排有很大的自由程度 |
| 光波與光子實驗室 | <ul style="list-style-type: none"> ● 學生過去的學習經驗是否能與實驗室目前的研究方向適切 ● 學習的自主性與積極性 | 環境規劃： 授權予負責的博士班學生規劃 |
| 光資訊儲存與平面顯示實驗室 | <ul style="list-style-type: none"> ● 學生的大學背景（以物理、電機背景為主） ● 視各專案計畫對於人才的需求而定 | 資源配置： 碩士生：報帳額度為五百元，座位較小，訓練課程經費的補助為九成 博士生：報帳額度為一千元，博士生的座位比碩士生大一倍半左右，訓練課程經費全額補助 |

資料來源：本研究整理

【表 4-10-5】實驗室之成員組成彙整表(續)

| 實驗室名稱 | 實驗室成員的選擇 | 資源的配置 |
|------------|--|---|
| 半導體物理實驗室 | <ul style="list-style-type: none"> ● 沒有太大的限制，若有半導體相關的基礎較佳 ● 學生主動學習的意願 | <p>環境規劃：以空曠不為及實驗安全為主，讓學生自行規劃</p> |
| 固態與微波元件實驗室 | <ul style="list-style-type: none"> ● 沒有太大限制，以先來先收為原則 | <p>資源配置：對於學生所受之外部訓練的經費給予全額補助</p> |
| 半導體微加工實驗室 | <ul style="list-style-type: none"> ● 要求學生需要有一些半導體物理的相關知識 ● 不排斥接觸到化學藥劑 ● 有興趣做模擬分析的學生 | <p>環境規劃：以讓學生休息、能放鬆、感覺到舒適為主</p> <p>資源配置：對於學生所受之外部訓練的經費給予總額一半的補助</p> |
| 光電與微波元件實驗室 | <ul style="list-style-type: none"> ● 沒有太大的限制，希望學生要有「self motivation」，有決心 | <p>環境規劃：在效率與整潔的前提下讓成員自行規劃</p> <p>資源配置：實驗設備多交由博士班學生管理，其餘資源博碩士均無差別，對於學生所受之外部訓練的經費給予全額補助</p> |

資料來源：本研究整理

貳、組織的知識流通

一、知識取得

【表 4-10-6】實驗室之知識取得彙整表

| 實驗室名稱 | 知識取得的管道 |
|---------------|---|
| 雷射與光電技術實驗室 | 原文書籍、期刊論文、電子資料庫、研討會 外部機構：N/A |
| 半導體雷射技術實驗室 | 原文書籍與國內外期刊論文、研討會 外部機構：N/A |
| 光波與光子實驗室 | 原文書籍、期刊論文、電子資料庫、研討會 外部機構：電信研究所、工研院、中科院 |
| 光資訊儲存與平面顯示實驗室 | 原文書籍與國內外期刊、論文、研討會、電子資料庫 外部機構：國外的實驗室（如美國亞利桑那州的光學中心、荷蘭的飛利浦總公司） |
| 半導體物理實驗室 | 原文書籍與國內外期刊、論文、研討會、電子資料庫 外部機構：工研院、奈米中心 |
| 固態與微波元件實驗室 | 原文書籍與國內外期刊、論文、研討會、電子資料庫 外部機構：業界，要求博士班學生要出國參加國際研討會 |
| 半導體微加工實驗室 | 原文書籍與國內外期刊、學長姐的論文、研討會、電子資料庫 外部機構：光電科技工業協進會、自強工業科學基金會 |
| 光電與微波元件實驗室 | 原文書籍與國內外期刊、論文、研討會、電子資料庫、學校的通識課程 外部機構：NDL、晶片中心 |

資料來源：本研究整理

二、知識創造

【表 4-10-7】實驗室之知識創造彙整表

| 實驗室名稱 | 解決問題的方式 | 執行與整合新技術程序與工具 | 成員題目概念的生成 |
|---------------|--|--|---|
| 雷射與光電技術實驗室 | 以博士後研究員或是資深博士班為主 博士生：時程較長、有一定困難度 碩士生：時程較短、重要性較小 | 引進博士後研究員來輔助現有實驗室的一些技術或特質 國外的博士後研究員會讓實驗室有不同的視野 | 博士班學生需要在論文計劃口試時提個完整的 proposal 碩士班學生的研究題目通常是由老師來指定 |
| 半導體雷射技術實驗室 | 實驗室內部分為長晶組與製程組，每一位成員有專職負責的項目 兩位資深的博士後研究員執行計畫案的規劃與擔任兩個小組的領導者 | 面臨實驗室內部所沒有的儀器與機台，則是請教其他實驗室或是尋求人脈資源 學生的畢業論文完成後必須在 meeting 時由該學生先行與所有成員報告，避免一個人的想法過於單純 | 博士班：沿著實驗室的大目標，在其下做自己有興趣的題目 碩士班：研究題目幾乎就是博士班研究題目下面的小題目 |
| 光波與光子實驗室 | 委派博士生帶領著碩士生進行，由祁老師決定人員的調度上，依據學生的能力與計畫的需求來做分配 | 祁老師扮演著卓越計劃總主持人的角色，必須時常與其子計畫的負責人進行溝通，並提供相關的支援 透過指導在職組的學生，老師認為如此也可以進而擴大實驗室研究的領域 藉由在業界擔任研發部門顧問的經驗，累積光纖方面的專業知識 | 博士班：老師扮演協助的角色，由學生自行去形成研究的方向與概念 碩士班：交待其一個研究題目或是讓其協助博士班的學長去完成題目。 |
| 光資訊儲存與平面顯示實驗室 | 計畫案會交由博士生全權負責與執行計畫，再由其帶領碩士生進行。如果面臨儀器購置的問題時則交由老師決定 | 如果計畫案屬於與組織過去研究相依程度較低的案子時，會尋求校內其他實驗室協助或是與較有經驗的人一起合作 | 博士班：由老師指定分配 碩士班：由老師指定分配 |

資料來源：本研究整理

【表 4-10-7】實驗室之知識創造彙整表(續)

| 實驗室名稱 | 解決問題的方式 | 執行與整合新技術程序與工具 | 成員題目概念的生成 |
|------------|---|---|---|
| 半導體物理實驗室 | 計劃的提出是由博士後研究員或是比較資深的博士班學生，計劃的執行就是由博士班學長帶碩士班學弟 | 藉由卓越計劃的執行，將研究領域拓展制光儲存相關的研究對外的合作強調雙方均能互惠為原則 與外界機關的計劃案上，外界機關提供經費及必要的支援，實驗室負責執行及提供報告 | 博士班：讓學生去摸索、接觸，從中找尋合適的題目 碩士班：執行博士後研究員或是博士班學長之計劃下的子題 |
| 固態與微波元件實驗室 | 國科會之類的學術研究案大部分都交予博士班學生執行，包含計劃書的撰寫，與業界的建教合作案多做為訓練碩士班學生所用 | 在與業界合作展開之前，必清楚與業界說明案子中所能執行的程度 與國外實驗室合作案會要求在研究方向上具有互補性，因此目前就是送博士班學生去受訓練 | 博士班：開始由老師點出主題，之後必須自己提出一個完整性的想法 碩士班：大多都是依計畫去執行 |
| 半導體微加工實驗室 | 不論是國科會計劃案或是產學合作案，洪老師會依案子可能使用到的機台來分配期執行人員 碩二學生肩負引領學弟妹上軌道的責任 | 執行案子時，老師會在已開發的技術中或是研究的大方向內尋求是否有可再加以突破的地方 | 由老師對計畫所排定的優先順序來分配給底下成員執行 |
| 光電與微波元件實驗室 | 計劃的分配是根據計劃的難易度而定，執行方式不一定是博士班學生帶底下碩士班來執行，不過幾乎博碩士生都會一起參與 | 實驗室會將一些最新的數據資料分享給合作的國外研究單位 積極推動學生申請國科會交換學生的機會，將國外好的研究方式帶回實驗室 在學界科專上，兩個禮拜一次跨實驗室的 meeting，是所有參與的相關人員都要來參加，由每個分項的老師或同學輪流報告 | 博士班：題目比較深入，時程較長，通常會先從實驗室的研究主題中選定其下的子題去研究，進而找尋自己的題目 碩士班：老師一開始並無規定的題目，在碩一下時讓學生自行選擇 |

資料來源：本研究整理

三、知識蓄積

【表 4-10-8】實驗室之知識蓄積彙整表

| 實驗室名稱 | 知識蓄積 |
|---------------|---|
| 雷射與光電技術實驗室 | <ul style="list-style-type: none"> ● 留才(依學生意願) ● 資料庫建置 ● 師徒制 ● 專利的申請(逐漸趨向強調) |
| 半導體雷射技術實驗室 | <ul style="list-style-type: none"> ● 留才(主動鼓勵) ● 實驗成果的文件化 ● 師徒制 |
| 光波與光子實驗室 | <ul style="list-style-type: none"> ● 留才(依學生意願給予支持) ● 技術化文件 ● 教授為主要知識蓄積載體 ● 師徒制 ● 專利的申請(主要由外界主動來洽詢) |
| 光資訊儲存與平面顯示實驗室 | <ul style="list-style-type: none"> ● 留才(對優秀的博士班學生加以鼓勵) ● 實驗成果的文件化(詳細的論文) ● 師徒制 ● 專利的申請(積極主動) |
| 半導體物理實驗室 | <ul style="list-style-type: none"> ● 留才(依學生意願給予支持) ● 技術化文件(SOP) ● 實驗成果的文件化 ● 師徒制 |
| 固態與微波元件實驗室 | <ul style="list-style-type: none"> ● 留才(主動鼓勵後再依學生意願) ● 技術化文件(SOP) ● 師徒制 ● 專利的申請(對於完整且有效用的技術積極主動) |
| 半導體微加工實驗室 | <ul style="list-style-type: none"> ● 留才(依學生意願給予支持) ● 技術化文件(SOP) ● 實驗成果的文件化 ● 師徒制 ● 專利的申請(主動積極) |
| 光電與微波元件實驗室 | <ul style="list-style-type: none"> ● 留才(主動積極) ● 資料庫建置 ● 技術化文件(每週報告的格式化文件) ● 師徒制 ● 專利的申請(主動積極) |

資料來源：本研究整理