

國立交通大學

National Chiao Tung University

出國報告（出國類別：學術實驗技術交流）

氟離子電漿植入技術應用在氮化鎵 元件製作

服務機關：交大材料所

姓名職稱：吳佳勳 博士生

林彥谷 博士生

前往國家：中國 香港

出國期間：101/12/26~101/12/31

報告日期：102/03/03

一、摘要

交通大學材料所化合物半導體實驗室（以下簡稱 CSD Lab），與香港科技大學電子與計算機工程學系陳敬教授實驗室為長期合作夥伴，陳敬教授實驗室擁有三五族半導體的尖端技術，特別是在氮化鎵元件領域具有相當程度的技術領先地位，其所發明之氟離子電漿製程，為世界最早提出此構想之學者，並已建立此方面之製程。這次陳敬教授邀請張翼教授指導學生(吳佳勳、林彥谷)於 101 年 12 月 26 日至 101 年 12 月 31 日，前往香港科大學習氟離子電漿製程，並與其實驗室學生開會討論 GaN-based 太陽能電池相關尖端技術，共同開發次世代三五族半導體製程技術。

二、目次

摘要.....	2
目次.....	3
本文.....	4
(一) 目的	4
(二) 過程	5
(三) 心得及建議.....	7

三、本文

(一) 目的

香港科大陳敬教授實驗室，擁有三五族半導體的尖端技術，特別是在氮化鎵元件領域具有相當程度的術領先地位，其所發明之氟離子電漿製程，為世界最早提出此構想之學者。本次由張翼教授指導學生吳佳勳和林彥谷於 101 年 12 月 26 日至 101 年 12 月 31 日，前往香港科技大學學習氟離子電漿技術之目的主要是將氟離子電漿技術整合與應用在三五族元件上，可以降低元件的漏電流並改善其高頻特性，以及形成常關型(Normally Off)的增強型(E-mode)元件，為極具潛力的前瞻性元件技術應用。

此次參訪除了學習氟離子電漿技術，也相互討論了解許多其他關於 GaN-based 太陽能電池元件相關尖端技術和前瞻性模組架構，提供交大開發新穎高效率三五族太陽能電池結構許多新的思維，除此之外也深入了解該實驗室現今發展的其他相關尖端技術研究領域，以增進彼此學術交流之機會，擴展雙方合作計畫之範圍，建立更長遠的合作夥伴關係。

(二) 過程

12 月 26 日：我們搭乘香港航空班機前往香港科技大學進行為期 5 天的技術學習交流，我們於 26 號上午抵達香港，入住香港 Best Western Hotel Harbour View 後，隨即前往香港科技大學拜訪 Prof. Kevien Chen，並且與 Prof. Kevin Chen 進行討論，內容包含了目前我們 fluorine treatment(氟處理)遇到的問題，像是：

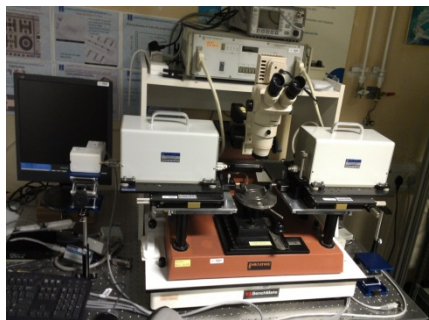
(1)試片經過高溫退火後， V_{th} shift 現象

(2)利用 ICP-RIE 進行的 fluorine treatment 所需的功率大小

(3) fluorine treatment 後，電流下降等問題

Prof. Kevin Chen 一一與我們討論。

12 月 27 日：陳敬教授將我們介紹給他們的博士班學生 Zhikai Tang 學長，再由 Zhikai Tang 學長帶領我們參觀他們的量測室，在量測室中有著不少機台，像是高頻 RF 量測方面有 S 參數的量測、load pull 量測(圖一)等，另一方面 breakdown voltage 的量測也有專門的機台。



圖一 load pull 機台

12 月 28 日：Zhikai Tang 學長帶領我們參觀無塵室，而無塵室裡的參觀就像是我們交通大學的無塵室一樣，我們也看到了無塵室裡的 RIE 機台，此 RIE 機台是用來進行 fluorine treatment 的實驗，與我們的 ICP-RIE 不同，看得出香港科技大學的實驗儀器也相當的齊全與先進。而無塵室中和我們交大不同的是放了一台相當好的 DC 量測儀器，這方便

於在做 fluorine treatment 時，可以隨時監測電流下降的程度，來調整 Fluorine treatment 的時間與 DC power 的能量，這點對於 fluorine treatment 的實驗來說，是相當方便的。從此中可以發現香港科技大學的儀器擺設方式與場所都是有相當規劃的。

12 月 29 日：Zhikai Tang 學長準備試片帶我們進去做 fluorine treatment，並且藉由 DC 量測監控電流下降的程度。

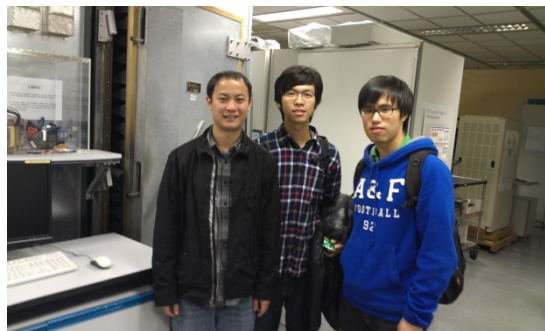
12月30日：我們與陳敬教授進行了更深入的探討，和陳敬教授討論後，發現電漿功率的控制和電漿離子所處電場之方向，這兩項因素是決定氟離子處理後穩定性的關鍵。由於元件處在高強度電漿環境下，會導致通道層晶格嚴重受損，因此如何以較低電漿功率進行氟離子植入是後續提升元件穩定性的解決方案之一。另一方面，為了確保植入通道層的離子是氟離子，機台的電漿加速偏壓必須是直流電並且電場方向必須是由下到上。進行氟離子電漿時，通入的 CF_4 氣體將會被解離成 CF_3^+ 和 F^- 兩種離子，正確的偏壓電場可專一性的誘導 F^- 離子進入元件通道層。如果使用RF形式的加速偏壓，由於電場方向會隨時間不斷改變方向，會造成植入一定量 CF_3^+ 的含碳離子，將造成後續高溫退火後元件穩定性不佳的問題，另外，陳敬教授也和我們分享許多他們團隊近幾年發表氮化鎵元件相關的paper，像是近三年發表在著名期刊IEEE ELECTRON DEVICE LETTERS 上關於 DCL-FET(VOL. 31, NO. 1, JANUARY 2010)、TJ-FET(VOL. 32, NO. 3, MARCH 2011)、Vertical Leakage/Breakdown Mechanisms GaN-on-Si Devices(VOL. 33, NO. 8, AUGUST 2012)等方面傑出研究表現，讓我們了解他們在氮化鎵元件領域上擁有許多尖端技術和卓越研究成果。

12月31日：中午搭乘香港航空班機回台。在香港科技大學這5天裡，我們也認識了香港科技大學的環境，與他們學生的互動也讓我們了解他們的學習精神與態度。

（三）心得及建議

我們很榮幸能有機會到香港科技大學進行為期 5 天的技術交流，Prof. Kevin Chen 指導我們最新三五族半導體之理論，製程與應用課程，並且對於我們 fluorine treatment 的製程提出看法與指導，而我們所做的元件也獲得陳敬教授的肯定，可以說我們促進了國立交通大學與香港科技大學在頂尖學術上的交流，展現了交通大學在世界三五族半導體產業的研發企圖心，更能鼓舞國內學界士氣，提昇競爭水平。並且也將本實驗室最新的 E-mode 元件技術進一步做改善與增進，期待未來在這塊領域中能夠繼續努力有更好的學術成果，作為未來世界半導體產業的範本。

台灣過去幾年在科技產業上聞名全球，尤其在半導體晶圓代工方面，但近年來我們一直受到其他各國的挑戰與威脅，因此如何持續的創新開發將是台灣未來持續領先的關鍵，希望政府能多關注與改善政策，在研發投資上給於學術界更多資助，讓台灣與國外知名學府多有學術交流，另外也邀請各國在各個領域的專家來台演說，讓國內學界業界可以獲取最新科技趨勢，以便做為產業的先鋒。



圖二 與博士生 Zhikai Tang 的合照