

國立交通大學
National Chiao Tung University

出國報告（出國類別：出國短期研究）

晶圓級全像蝕刻研究計畫

服務機關：光電工程學系
姓名職稱：謝美莉 副教授
前往國家：美國 Troy 以色列理工學院
出國期間：102/01/19 ~ 102/02/18
報告日期：102/02/27

一、摘要

本實驗室與美國以色列理工學院林尚佑教授自 2008 年迄今一直有國際合作研究議題持續進行中。此次赴美進行的研究工作將著重在晶圓級全像蝕刻研究方向，預計進行大尺寸實驗系統架設與測試，評估大尺寸系統特性與穩定度等相關參數，作為日後發展晶圓級全像蝕刻技術與應用之基礎。此外，也將進行光子晶體元件的光學量測與理論分析之研究，作為未來利用全像蝕刻系統所製作之光電元件實驗量測與理論分析之重要基礎。

此次預定之研究工作均按預定目標完成，已投稿一篇國際期刊論文(Optics Letters)與兩篇國際會議論文(SPIE 光電年會)，並完成全像蝕刻光學系統參數測試，供後續在交大實驗室進行光學實驗系統架設之重要參考依據。

二、目次

一、摘要.....	2
二、目次.....	3
三、本文.....	4
(一) 目的.....	4
(二) 過程.....	4
(三) 心得及建議.....	8

三、本文

（一）目的

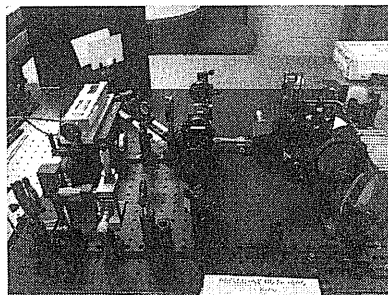
本實驗室與美國王色列理工學院林尚佑教授進行國際合作研究，在晶圓級全像蝕刻研究方向，預計進行大尺寸實驗系統架設與測試，評估大尺寸系統特性與穩定度等相關參數，作為日後發展晶圓級全像蝕刻技術與應用之基礎。同時也將進行光子晶體元件的光學量測與理論分析之研究，作為未來利用全像蝕刻系統所製作之光電元件實驗量測與理論分析之重要基礎。

（二）過程

為增進研究品質與國際接軌，擴大國際視野，本人至美國王色列理工學院進行合作研究等相關實驗與討論交流。此次出國研究期間為 102 年 1 月 19 日至 102 年 2 月 18 日，主要目的為研究在進行兩項研究工作，一為設計全像蝕刻系統來製作錐形結構的光子晶體元件，另一為光子晶體元件的光譜特性量測與建立理論分析模型。

吾人於 102 年 1 月 19 日搭機前往美國，隔日轉乘火車到王色列理工學院附近的旅館下榻，21 日即到學校與林教授及其實驗室成員碰面，對此行的研究工作進行討論與時程規劃，隨即開始著手進行研究工作，其詳細過程如下：

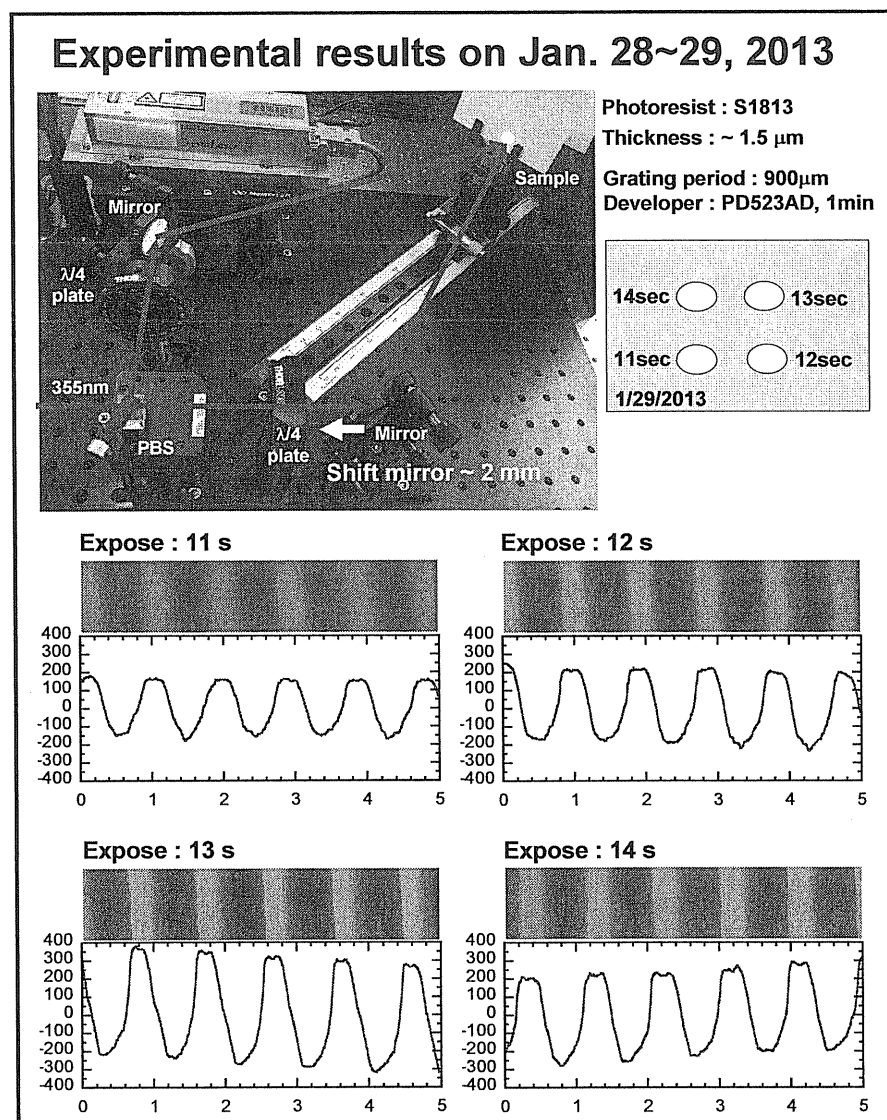
1 月 22 ~ 25 日為抵美第一週，針對由合作研究對象加拿大 Sajeev John 教授 2012 年發表於 Journal of Applied Physics 的論文所提出的光子晶體結構進行全像蝕刻研究之光學系統設計與實驗架設。



圖一 光學實驗架設系統

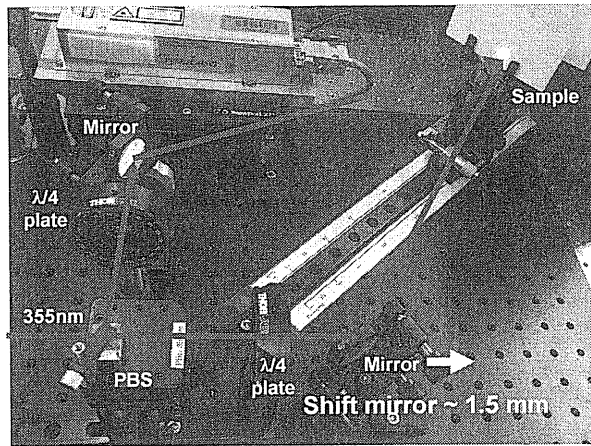
1 月 28 日至 2 月 1 日為第二週，吾人利用第一週所架設之光學系統進行全像曝光與顯影實驗測試，先在透明玻璃上鍍上厚度約為 $1.5\ \mu\text{m}$ 的光阻(S1813)，然後進行曝光實驗以測試光阻材料及光學系統的曝光參數，利用原子力顯微鏡與電子束掃描顯微鏡來量測所製作之光子晶體結構，再重新調整曝光時間與光學系統的光路位置，以期得到全像蝕刻系統參數，作為日後回台架設實驗系統之重要參考依據。

在經過不同的曝光條件與光路位置調整後，我們可以得到一個最佳的光路位置與曝光條件為曝光時間為 13 秒，曝光總強度為 $1.5\text{mW}/\text{cm}^2$ ，各道光束強度接近相等、光波偏振態均為圓偏極化、光路位置在光程相等的情況下，我們可以得到曝光顯影後的深度約為 $1\ \mu\text{m}$ 左右，且形狀為錐形之結構。

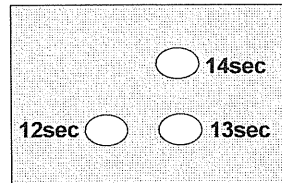


圖二 1 月 28 日至 2 月 1 日光學測試之實驗過程

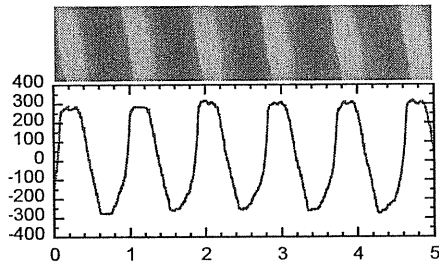
Experimental results on Jan. 30~31, 2013



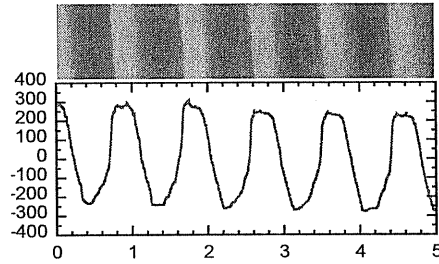
Photoresist : S1813
Thickness : $\sim 1.5 \mu\text{m}$
Grating period : $900 \mu\text{m}$
Developer : PD523AD, 1min



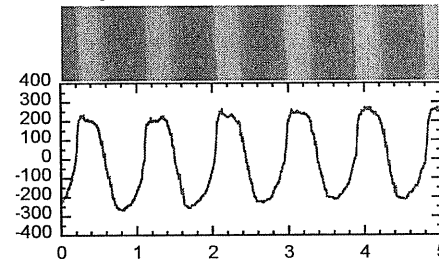
Expose : 12 s



Expose : 13 s



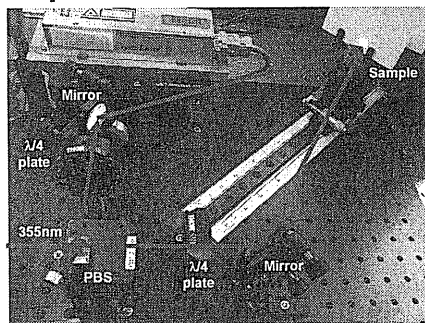
Expose : 14 s



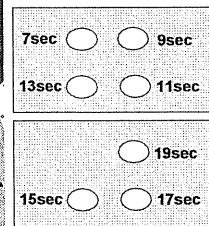
圖二 1月28日至2月1日光學測試之實驗過程

2月4日至2月8日為第三週，於4日至6日吾人延續上週實驗，繼續利用進行全像曝光與顯影實驗測試。

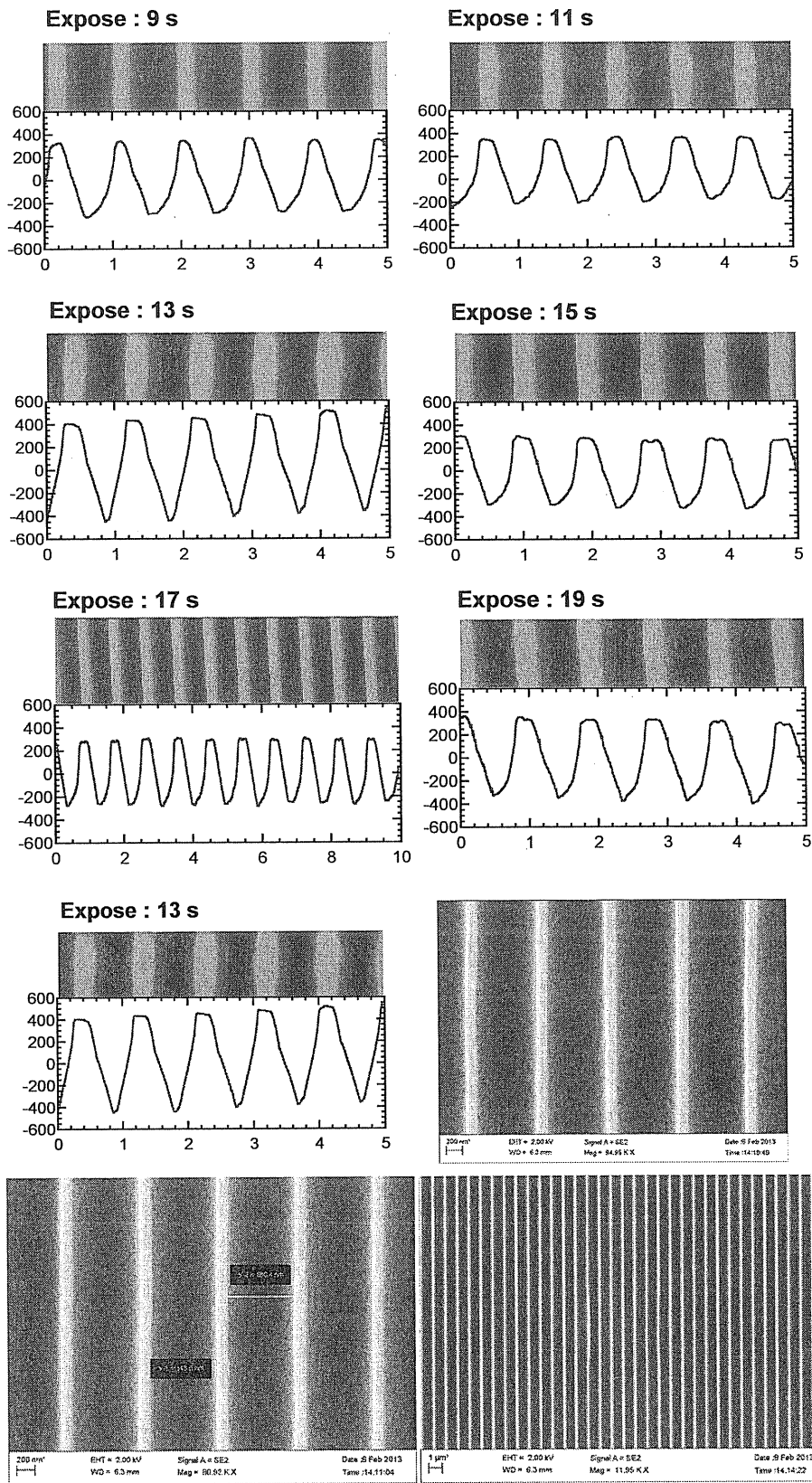
Experimental results on Feb. 01~ 06, 2013



Photoresist : S1813
Thickness : $\sim 1.5 \mu\text{m}$
Grating period : $900 \mu\text{m}$
Developer : PD523AD, 1min



Experimental results on Feb. 01~ 06, 2013



圖三 2月4日至2月8日全像曝光與顯影實驗測試

由初步的實驗量測結果可知，我們已經在光阻上成功製作出一維的錐形結

構，接著由林教授實驗室的博士後將樣品拿到康乃爾大學的實驗室進行蝕刻條件測試，以期能將光阻的結構成功轉換至矽薄膜上，目前後續實驗仍持續在進行中。於2月7日至8日吾人針對林教授實驗室的技術員所量測的三維光子晶體結構之光譜特性進行光學理論模型之建立與分析，並自行撰寫理論分析程式。

2月11日至2月15日為第四週，吾人利用自行建立的理論分析模型與程式，進行實驗與理論結果的擬合與分析，成功地模擬出三維結構光子晶體的光譜分佈與光波的同調特性，並與實驗量測結果相映證，在完成此理論分析後，林教授與吾人已將此成果撰寫成論文“A Direct Observation of Quasi-Coherent Thermal Emission by a Three-Dimensional Metallic Photonic Crystal”且投稿至國際知名期刊Optics Letters上，並已獲得接受，預計將於今年出刊。此外，吾人與林教授亦撰寫兩篇國際會議論文，並投稿至今年八月在美國聖地牙哥舉行的SPIE年會中。

2月16日為吾人此次在美國研究行程的最後一天，中午前打包行李後，下午搭火車前往紐約搭乘半夜的飛機回台，於2月18日上午六點抵台，結束此次出國研究的行程。

（三）心得及建議

林尚佑教授為美國王色列理工學院的講座教授，其在光子晶體領域的研究位居世界級的領導地位，此次能到其實驗室進行為期一個月的短期研究，實屬難得的機會。此次赴美進行研究工作，除了使用林教授實驗室的各項儀器設備與材料外，美國王色列理工學院更提供無塵室給全校師生進行研究，包含各種製程用的儀器設備，如：通風櫥、光罩機、光阻塗佈機、光學顯微鏡、蝕刻機台、烤箱等等，以及各種量測儀器，如：折射率橢圓儀、電子束顯微鏡、原子力顯微鏡等等，設備相當齊全，每項儀器均有專人管理與維護，對公用貴重儀器設備的使用管理上相當完善，讓有需要的人都能方便使用，不需額外自行採購相同儀器設備，造成資源浪費。吾人此次也有機會可進入此公用無塵室，進行相關的實驗研究工作，此無塵室內無論是空間規劃、儀器設備管理與專業管理人員都令人印象

深刻，值得國內各公用貴重儀器設備中心作為借鏡。

本次短期出國研究得以順利完成預定之工作內容，除了因過去吾人曾到林教授實驗室進行一年的短期研究，對其實驗室的人員與研究設備已有所瞭解，再加上林教授在這兩年來持續與本實驗室有合作研究工作在持續進行中，且出國前林教授剛好來台訪問，與吾人進行當面討論並積極安排相關事宜，做好事前的準備，故能在為其僅僅一個月這麼短的期間，順利推動各項實驗與理論等研究工作之進行。合作研究其實是需要長期的經營與累積，研究成果更非短期內可完成的，短期研究訪問往往無法在當下就能得到具體的研究成果與績效，尤其需進行實驗的研究題目，需經一年半載且持續交流合作方能有所成果。雖然在短期看不出明顯的績效，但學術研究為長期的工作，故應多鼓勵國內學者出國進修或參與國際會議，以促進國際交流與提升國內研究素質。

此次在美進行研究期間，吾人相當感謝林教授的熱心幫助，除提供辦公室與實驗室等儀器設備給吾人自由使用，且協助安排住宿與交通等事宜，讓吾人能專心於研究工作，使預定的研究工作能順利進行，吾人深表感謝。建立國際合作研究關係著實不易，除了要有研究人員的共識外，尚須時間、空間與研究儀器設備等的配合，往往需要長期交流討論方能真正落實合作關係，也期望未來此國際合作研究工作能長期持續進行。