

# 國家同步輻射研究中心

## 出國報告書

**出國人姓名：**

材料小組 助理研究員 劉維仁

**出國日期：**

2012/12/7~2012/12/15

**目的地：**

日本兵庫縣

**參加會議名稱或考察、研究訓練地點：**

赴日本 SPring-8 大型放射光研究施設，於 BL12XU 實驗站學習時間解析 X 光繞射實驗以及協助高精度單光儀晶體量測

## 一、目的

前往位於日本兵庫縣的 SPring-8 同步輻射設施，參與張石麟教授團隊之時間解析 pump-probe X 光繞射實驗；並同時參觀 Yoshihito Tanaka 的 BL19LXU 時間解析 X 光繞射實驗站；協助高精度單光儀晶體量測。

## 二、行程

SPring-8 BL12XU 光束線時間為 12/10 上午 10 時開始至 12/15 上午 10 時結束，於台灣時間 12/7 早上 8 時半出發，日本時間 12/7 中午 12 時抵達大阪。同日下午 2 時搭乘日本新幹線前往姬路市，再轉乘公車，於 5 時許到達 SPring-8 用戶宿舍。

12/8~12/10 在 BL12XU 進行飛秒鈦藍寶石脈衝雷射、光學元件、偵測器(APD) 以及 electronic gating 電子設備架設。

12/10 至 12/15 光束線時間，於 BL12XU 進行實驗。

12/15 早上離開 SPring-8，由相生站搭乘新幹線經大阪市，直接前往機場，於日本時間下午 1 時 10 分搭機回程，同日台灣時間 3 時許返抵桃園機場。

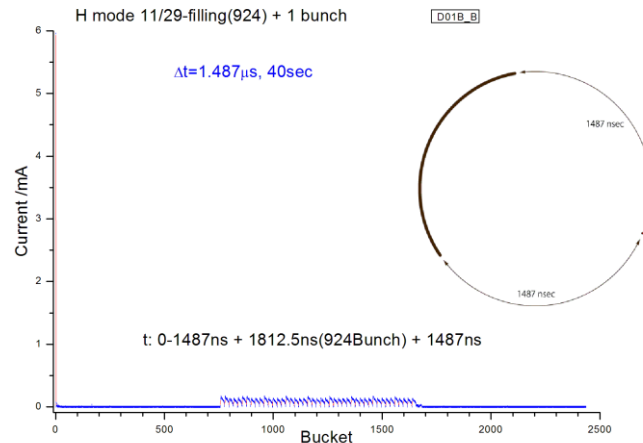
## 三、內容摘要

### 1. 時間解析 XRD (TR-XRD)實驗

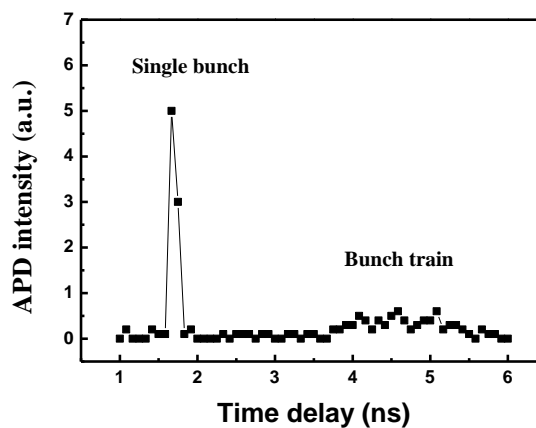
SPring-8 擁有世界上最大的第三代同步輻射研究設施，而同步輻射光源的脈衝特性結合超快脈衝雷射的時間同調技術，使的我們可以進行數十皮秒(picosecond)時間解析的激發與探測技術(pump-probe)實驗。BL12XU 以及 BL12B2 為中心出資自行建造的合約光束線。其中 BL12XU 光束線以 Undulator 為光源，具有三座個別的實驗站可分別進行 X-ray angle resolve photoemission spectroscopy、時間同調暨一般 X 光繞射以及 X 光非彈性散射。

此次 Pump-probe 實驗的前置作業，主要可分為幾個部分(1)飛秒(femtosecond)鈦藍寶石脈衝雷射系統(含 modelocked Ti:sapphire laser and the regenerative amplifier)的重複頻率(repetition rate)，以高頻共振腔訊號 RF frequency 為參考時間(reference clock)訊號經由除頻器(frequency divider)、調整雷射共振腔長及 Electro-optic modulator，讓重複頻率降至~1kHz 並使得脈衝雷射、儲存環之高頻共振腔訊號及光偵測器時間同步(synchronization)。(2)調準雷射光經由光學元件至繞射儀環心，利用刀口法來量測雷射光強度於橫面分佈，求的 laser beam 的橫向半徑，以此計算 laser 激發能量通量(fluence)；並與 X-ray beam 光點重合。(3)測試雪崩光電二極體(APD)訊號觸發數位延遲數位產生器(SRS,DG-645)及前緣辨識器(leading edge discriminator, Phillips Scientific, type 708 )所組成 electronic gate。這次飛秒脈衝雷射光點大小約為 1.6 毫米，脈衝時寬約 42 飛秒(femtosecond)，波長 790nm。

此次配合實驗測量，在排定時程時選擇 Filling pattern 為 11/29train + 1bunch 的時段，單一電子團(1 bunch)產生的 X 光為主要的量測光，時寬約 100 皮秒(picosecond)，前後有 1.4 微秒的空檔，較易於偵測(如圖一)。圖二則為利用儲存環之高頻共振腔訊號與脈衝雷射同步化後，量測到量測光 X-ray 的 Filling pattern，由此測試可得知 detector gating 可行。



圖一: Spring-8 所提供的 Filling pattern



圖二: 量測到量測光 X-ray 的 Filling pattern

藉由這次機會，我們也於 12/13 參觀 Tanaka 博士位於 Spring-8 的 BL19LXU TR-XRD 實驗光束線(圖三)，礙於實驗進行中，很可惜沒有進去參觀 end station 實驗設備；不過我們也針對實驗過程中所遭遇一些問題，詢問了 Tanaka 博士，如(1) 脈衝雷射與 X-ray 的同步化問題，他建議可以利用 evolution bunch signal 做為同步化時間原點；而 pump 與 probe 光的 time delay(原利用 laser 系統，laser 光程差造成 time delay) 可以藉由電子式 phase shift 來調整，laser 系統與 RF frequency 的 jitter 及 undulator 與 electron bunch 的 jitter 可以藉由 trigger clock delay system (CANDOX System, SN: 84DgR5A02) (如圖四)來補償 phase 並做 time delay.

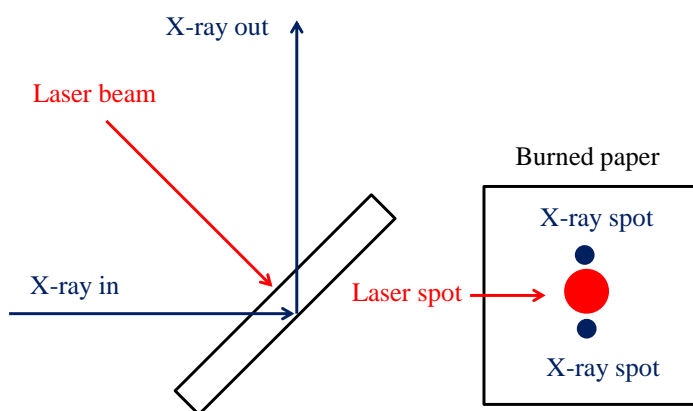


圖三：實驗團隊與 Tanaka 博士合照



圖四：Trigger clock delay system (CANDOX System, SN: 84DgR5A02)

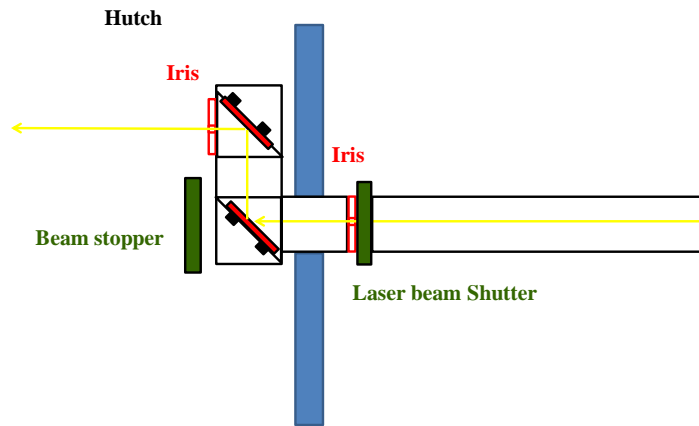
(2) laser 與 X-ray 光點的 alignment，由於他的量測機制，laser 光沿著試片法線方向(如圖五左)，因此他利用 burned paper 先量 X-ray 的 footprint，再將 laser align 到 footprint 的中點(如圖五右)。



圖五：Alignment of a femtosecond laser beam onto the sample.

(3) 由於行程安排不克前往 Photon Factory 參觀，順便我們也跟 Tanaka 博士

討論了 laser hutch 如何引光至實驗站，他認為用 mirror 反射兩次引光至實驗站(如圖六)，應可避免輻射游離至實驗站外；而我也參觀了 Spring-8 laser hutch(如圖七)，未來 laser 在 hutch 內，應將熱源屏除在 hutch 外(因 laser 共振腔受熱膨脹而改變腔長)，維持超快雷射恆溫恆濕環境，以延長雷射穩定度及壽命。



圖六: Laser 引光至實驗站示意圖



圖七: Laser hutch in Spring 8

## 2. 高精度單光儀

為 TPS 周邊計畫之高精度單光儀(High Resolution Monochromator, HRM)所採購之晶體，也協助朱家弘博士於 12/14 傍晚測試，測試結果如晶體晶向、品質與光路設置上已測驗完成。

## 四、心得概述與建議

這次實驗是初次進行，儘管特意提前出發來設定雷射系統與架設光路，仍然是遇到了一些困難；起初超快雷射無法 mode lock、water chiller 故障、電力問題、雷射功率過強以至於損害到透鏡與反射鏡等光學元件，偵測器訊號 polarity 與電子儀器不符以及 APD 光偵測器因 X-ray 強度太強造成損壞等問題，經過 Coherent 工程師、SPring-8 staff 以及台灣光束線的工作人

員的大力協助均順利排除。目前已能夠觀察到儲存環電子團的時間結構資訊。

這次實驗的寶貴的經驗將作為未來 TPS 光束線及實驗站設計與規劃上的重要參考。感謝 SPring-8 台灣光束線的工作人員大力幫忙，特別是 Hiraoka 與廖彥發博士對光束線的調整與故障排除提供極大的幫助，BL19 的 Tanaka 博士提供 pump-probe 實驗儀器及方法上的建議，以及李英裕博士在雷射系統與偵測器操作上的幫助。

### 參考文獻

1. Y. Tanaka, T. Hara, H. Kitamura, and T. Ishikawa, *Rev. Sci. Instrum.* **71**, 1268 (2000).
2. Y. Fukuyama, N. Yasuda, J. Kim, H. Murayama, T. Ohshima, Y. Tanaka, S. Kimura, H. Kamioka, Y. Moritomo, K. Toriumi, H. Tanaka, K. Kato, T. Ishikawa and M. Takata: *Rev. Sci. Instrum.*, **79**, 045107 (2008).
3. T. Ishikawa, K. Tamasaku, M. Yabashi, *Nucl. Instr. and Meth. A*, **547**, 42 (2005).