SPring-8 (IU22 磁場驗收及業務參訪)

IU22 磁場驗收,插件磁鐵控制系統,真空磁場量測系統暨真空偏踢磁鐵設計

服務機關：財團法人國家同步輻射研究中心

出國人員
陳秀珍
黃睿哲
楊智勝
吳俊億
楊謹綱

出國地點：Spring-8, Japan
出國時間：2011/12/11-2011/12/17
報告日期：2011/12/20

摘要

本文為撰寫 IU22 2m 插件磁鐵的磁場校正與驗收及參訪真空磁場量測系統、In-situ Kicker design、插件磁鐵控制系統及等相關資訊紀錄報告。

目錄

壹、　行程 1
貳、　內容摘要 2
參、　心得概述暨建議 4
肆、　參考資料 7

壹、行程

表 1 參訪行程

編號	日期	行程
Day 1	12 月 11 日(日)	05:30 am.新竹-> 06:30am.大溪->07:30am.桃園機場 (08:30am. EVAAIR BR2312)->11:50am 關西機場 11:50am.關西機場->2:40pm.新大阪->4:07pm.相生->5:10pm.Spring8
Day 2	12 月 12 日(一)	09:00 安全教育訓練 13:00 IU22 磁場驗收會議 14:30 參觀 IU 組裝量測實驗室(IU22 磁場量測, 磁場量測系統及 IU 控制系統)
Day 3	12 月 13 日(二)	09:00 與田中博士討論 IU22 磁場量測相關問題 10:00 參觀 XFEL(XFEL 介紹、參觀 400 m LINAC) 13:00 資料整理、IU22 磁場量測
Day 4	12 月 14 日(三)	09:00 參觀插件磁鐵控制系統 11:00 參觀真空磁場量測系統 13:00 資料整理、IU22 磁場量測
Day 5	12 月 15 日(四)	09:00 資料整理、IU22 磁場量測 13:30 Kicker 討論
Day 6	12 月 16 日(五)	資料整理
Day 7	12 月 17 日(六)	回國

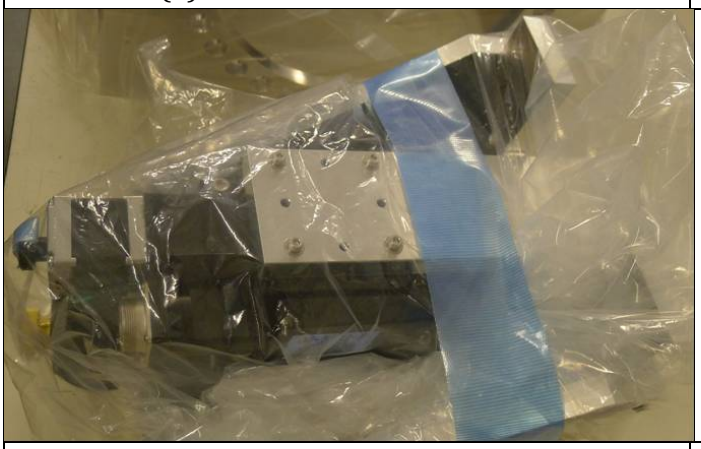
貳、內容摘要

真空磁場量測系統

對於真空聚頻磁鐵、低溫聚頻磁鐵(Cryogenic Permanent Magnet Undulators, CPMUs)及 H type 機械結構之插件磁鐵而言，於整機組裝完成後，使用傳統的霍爾量測系統進行磁場的驗證及量測是有困難的。真空磁場量測系統可實際驗證此類插件磁鐵組裝完成後的磁場，且量測時不需要對於插件磁鐵之機械主體結構進行拆解或變動。Spring-8 在建造 XFEL 真空聚頻磁鐵已發展出一套驗證磁場的量測系統。此系統應用於一般大氣環境下量測但其霍爾元件及軌道都置於插件磁鐵的真空腔內。本次參訪主要是觀看此系統的實體元件(如圖一)及討論實際量測時所遇到之困難及解決的方法。

(a) Position sensitive device

(b) 光學定位系統



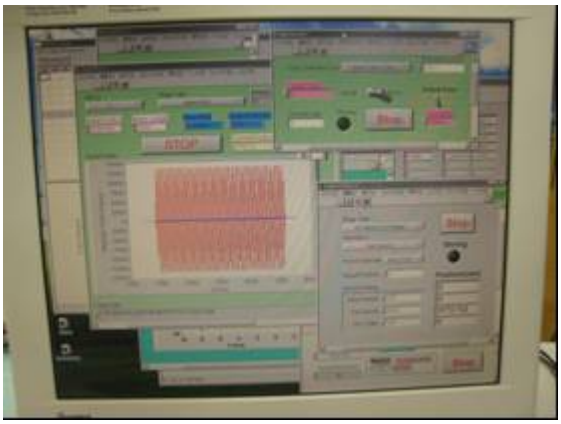
(c) 步進馬達平台

(d) 訊號線收線器

圖一 真空磁場量測系統儀器介紹

IU22 運動控制系統

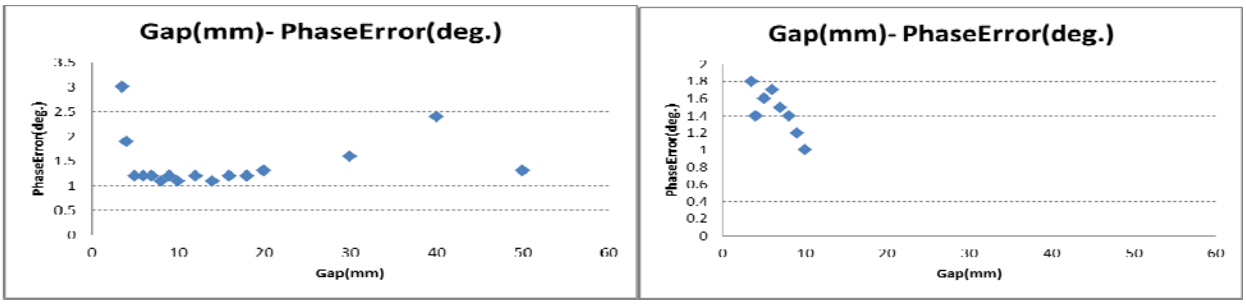
此行主要為確認 IU22 本體接線盒(Junction Box)接頭規格與接腳定義，以及了解 IU22 現有運動控制系統的架構．IU22 本體上安裝了一個步進馬達、三個旋轉式絕對光學尺、4 個極限開關(limit switch)與 2 個緊急按鈕．在 IU 組裝量測實驗室的 IU22 運動控制系統，為兩個 19 吋的小機箱．一個機箱內放置步進馬達驅動器，接受控制系號與輸出推動電流至步進馬達．另一個機箱為讀取旋轉式絕對光學尺、極限開關(limit switch)、緊急按鈕的信號與輸出步進馬達驅動器的控制信號．遠端控制介面為 GPIB，透過遠端 PC 上的 GPIB 卡進行連線控制．控制操作軟體界面為 Labview．此行也順道參觀 Spring 8 與 XFEL 插件磁鐵的控制系統，獲益良多．

<table>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>(a) IU22 運動控制系統 19 吋機箱</td><td>(b) IU22 運動控制系統 19 吋機箱背面接線</td></tr>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>(c) IU22 本體上緊急按鈕</td><td>(d) IU22 本體上極限開關</td></tr>
<tr><td> </td><td>  </td></tr>
<tr><td>(e) IU22 本體上接線盒</td><td>(f) IU22 運動控制與磁場量測 Labview 操控頁面</td></tr>
</table>

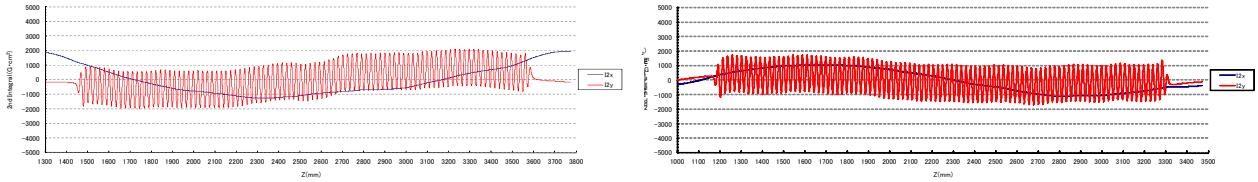
圖二 IU22 運動控制系統簡介

真空聚頻插件磁鐵磁場量測

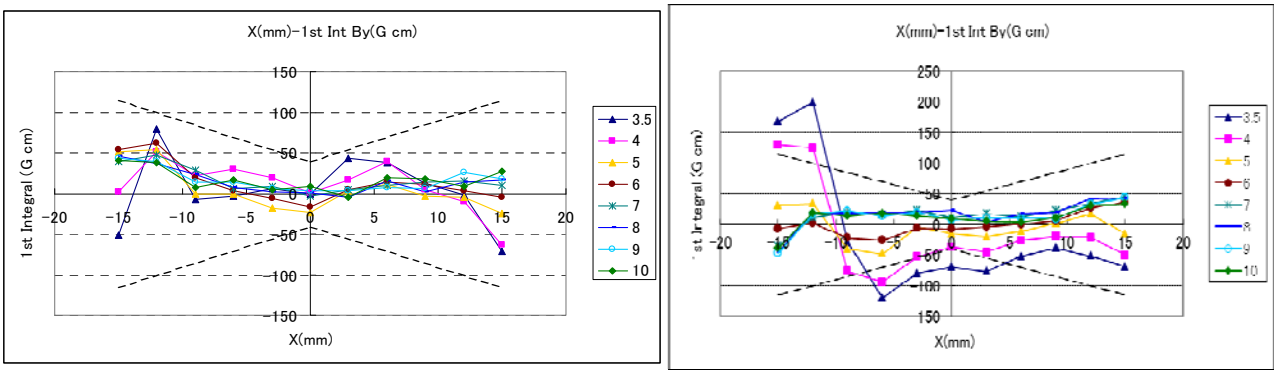
目前兩台真空插件磁鐵的 Phase error 都符合規範的 3 度內。在磁列開度 5mm 時，會有最大的軌跡變化，+/- 2000Gauss-cm 經換算在+/- 2micrometer。也符合合約內的規範。其餘的量測結果在廠商的量測報告書內。



(a) IU22#1 IU22#2 Phase error 的量測結果



(b) IU22#1 IU22#2 磁場二次積分的量測結果



(c) IU22#1 IU22#2 磁場 1 次積分的量測結果(規範書定義 GAP7mm 以上為驗收標準)

圖二 IU22 兩台量測的結果

在檢驗的項目共有:

Magnetic field +2nd integral distribution

Phase Error

Peak Field

1st Bx and By integral

2nd Bx and By integral

Multipole order table

Uniformity (at Gap=7mm)

Brightness of harmonic spectrum (ideal case and real case)

B Deviation value

目前各項檢驗都已符合規範，已在做最後的 Full mapping 量測。要求廠商除了 Hall probe 量測外，還需要有 Stretch wire 的量測結果。

脈衝磁鐵議題討論

一) 與會人員：Dr. Fukami(SPring8)、Dr. Mitsuda (SPring8).黃睿哲、楊智勝、楊謹綱、陳秀珍、吳俊憶(NSRRC)、

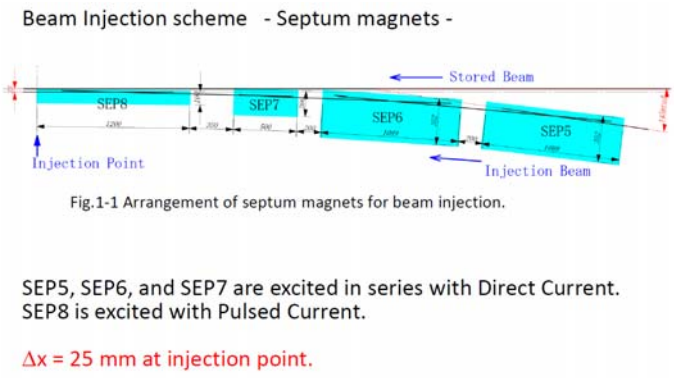
二) 參訪內容：

首先，進行與會人員介紹，然後由 Mr. Fukami 和 Mr. Mitsuda 與楊智勝分別各自報告，最後再總結問題討論。

Dr. Fukami 報告主題是 Injection Magnet System in SPring-8 Storage Ring.

Dr. Mitsuda 報告主題是 BMP injection scheme in SPring-8.

楊智勝報告主題是 The pulsed magnets of TPS status.



(a) SPring-8 注射段脈衝磁鐵設計

Name	Current Shape	Air gap [mm]	Flux [AT]	Field [Tesla]	Length [m]	Angle [mrad]
SEP5,6	DC	17	2460x8	1.29	1.089	53.0
SEP7	DC	15	2460x4	0.73	0.5	13.8
SEP8	Pulse*	8	4000x1	0.55	1.2	24.7
BP1,4	Pulse*	56	8100x2	0.36	0.32	2.4
BP2,3	Pulse*	56	5600x2	0.25	0.17	0.7

Name	Load	Current	Stability	Width	Voltage
PS-SEP-DC	SEP5+6+7	2460A-DC	<0.01%	-	45V
PS-SEP-pulse	SEP8	4kA-Peak	<0.1%	48μsec	2.4kV
PS-BP1,4	BP1,4**	6.2kA-Peak	<1%	8μsec	29kV
PS-BP2,3	BP2,3**	5.6kA-Peak	<1%	8μsec	15kV

* Pulse shape : Half-sinusoidal figure
** dummy loads added to main loads near the magnets

SPring-8 注射段磁鐵與電源參數

We installed a remote-controlled tilt adjustment system to enable smooth realignment. (Target accuracy = 0.17 mrad)

Movable stages were prepared for all the bump magnets.

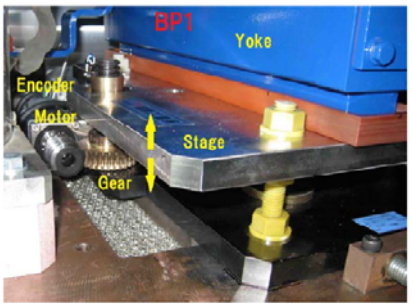


Fig.3-1 Power machinery used for the movable stage for BP1.
Stepper motor adjusts the tilt of stages.

Table.3-1 Precision of the movable stages.

Parameter	BP1	BP2	BP3	BP4
Repeatability [μrad]	12	19	16	34
Absolute accuracy [%]	-1.3	-0.9	-0.6	-1.9
Coupling to pitch [%]	1.5	2.3	2.7	0.7

Repeatability << Target accuracy

SPring-8 Kicker tilt 調整系統

一) 議題討論：

1.Spring-8 AC Septum 磁鐵量測方式：

使用 Hall probe 和 long coil 方式，基本上與 NSRRC 相似。

2.Spring-8 Septum 使用 0.1mm iron core 的製造方式：

Spring-8 的磁鐵都是由協力廠商製造，如 Hitachi Metals，製造方式仍直接使用長條 pin 於鐵芯疊片上貫穿，並於兩端鎖緊。

3.Spring-8 DC Septum Shielding 方法：

Spring-8 是將矽鋼片直接安裝在磁鐵鐵芯與 SR-beam 真空 chamber 的中間，並依需求使用不同厚度，厚度愈厚可減少更多漏磁。

4.討論 NSRRC BR-Kicker 在真空內高壓絕緣問題、線圈固定問題、線圈到 feedthrough 連結問題...等。

因為 Spring-8 所有 Kicker 都是真空外，所以他們並沒有真空內設計 Kicker 的相關經驗可以分享。

參、心得概述暨建議

目前兩台真空插件磁鐵的量測結果都符合規範。已同意廠商做最後的量測工作，已建立此台的磁場資料參考。在本次出差之前，雖然已從本組同仁的報告及論文等文獻上得到許多關於真空磁場量測系統的相關資訊，然而，透過此次的實地參訪行程及田中博士的經驗技術分享，對於此系統有更進一步的了解，對於未來磁場量測系統的發展有很大的幫助。

透過此次的參訪，已大致了解實際 IU22 硬體接線部分與目前廠商現有的控制系統架構，

有助於後續 IU22 控制系統機櫃內部儀器裝配和硬體配線規劃。至於控制軟體相關部份, TPS 控制系統採用 EPICS, 馬達控制雖與之相同為步進式, 但廠商方面使用獨立系統, 作為量測與測試用, 參考性質不大. 將來移機至 NSRRC 後, 即需展開建立於 EPICS 上之控制系統.

肆、參考資料

[1] T. Tanaka et al., “Measurement of SPring-8 XFEL Undulator Prototype with the SAFALI System,” Proceedings of FEL08, Korea (2008)

[2] T. Tanaka et al., “In-situ Undulator Field Measurement with the SAFALI System,” Proceedings of FEL 2007, Russia (2007)