

行政院所屬各機關因公出國人員出國報告書

(出國類別：實習)

赴瑞士 PSI、瑞士 SWISSNEUTRONIC 公司及德國 FRM-II
中子散射中心實習報告

服務機關：行政院原子能委員會核能研究所

出國人 職 稱：簡任副研究員

姓 名：黃振興

出國地區：瑞士、德國

出國期間：89 年 10 月 2 日至 89 年 11 月 30 日

報告日期：90 年 2 月 1 日

摘 要

為配合核能研究所台灣研究用反應器系統改善及應用推廣計畫(簡稱 TRR-II)之工作需要，赴瑞士保羅雪若研究所(Paul Scherrer Institute, 簡稱 PSI)及德國慕尼黑大學新蓋的第二研究用反應爐(Munich Research Reactor-II, 簡稱 FRM-II)等中子散射研究中心實習二個月。瑞士 PSI 為歐洲主要的中子散射研究中心之一，此行對該中心中子散射實驗設施之了解增進不少，又該研究機構技轉成立之瑞士中子公司(SwissNeutronics, Inc)，可提供中子導管與部份儀器組件，可能成為 TRR-II 計畫之主要供應商，所以也進一步了解其能力、產品及時程配合等情形。德國慕尼黑大學 FRM-II 中子散射研究中心已完成整個反應器結構體並進入中子束管及其他組件之安裝階段，這次實習另一個主要的目的就是參與其中子束管建立活動及研習中子能譜儀 McStas 程式模擬方法，累積中子束管在安裝過程中之界面工程經驗與中子能譜儀 Monte Carlo 模擬技術，以配合核能研究所 TRR-II 中子束管及中子能譜儀之設計與建造工作。

關鍵詞：中子束管、中子能譜儀及中子散射

目 次

摘 要	(頁碼)
一、目 的	1
二、過 程	2
三、心 得	10
四、建 議	12
五、附 錄	60
(A) FRM-II 之儀控資訊	
(B) FRM-II SR-9 結構之橫切面	
(C) FRM-II 三軸能譜儀 PUMA 之中子單能器 (Monochromator)屏蔽結構圖	

一、目的：

此次實習之目的有四：

- (1) 參訪瑞士 PSI 研究所，以便現場瞭解其中子散射儀之特性、特殊結構設計及如何增加鍺(Germanium)中子單能儀反射平面馬賽度(Mosaicity)之製程。
- (2) 了解瑞士中子公司(SwissNeutronic, Inc) 對於中子導管設計製造與中子散射儀組件供應之能力為何，是否能配合 TRR-II 的規劃，以確定其可行性。瑞士中子公司為 PSI 之技轉成立的公司，其生產的中子導管品質優良且價格低。
- (3) 研習以蒙地卡羅(Monte Carlo)方法寫成之 McStas 中子光學模擬程式，以分析核研所 TRR-II 計畫之冷中子反射儀及 FRM-II 規畫中使用高溫中子源(Hot Neutron Source) 之三軸能譜儀在樣品處之中子通量率及中子聚焦特性。McStas 為歐洲重要中子散射機構如法國之落爾-蘭吉韻研究所(Institut Laue Langevin, 簡稱 ILL) 及位於丹麥之 RISO 國家實驗室所採用，作為模擬中子導管及中子能譜儀中子光學特性的主要工具。
- (4) 參與 FRM-II 現階段中子束管之建立活動，了解其安裝方法、安裝過程中所需的輔助機器及該注意的事項，以便累積中子束管在安裝過程之工程經驗，可減少日後建造工程界面之紛擾。

二、過程：

實習人員：簡任副研究員黃振興。

主要行程：

日期			公差 地點	主要工作內容
月	日	星期		
10	2	一	瑞士 蘇黎士	去程
10	3-6	二~五	瑞士 蘇黎士	討論中子導管與能譜儀規格(瑞士 PSI 及其技 轉成立的瑞士中子公司)
10	7	六	瑞士 蘇黎士	假日，整理資料
10	8	日	德國 慕尼黑	假日，路程
10	9~31	一~二	德國 慕尼黑	參與 FRM-II 中子束管建立工作與 McStas 蒙地 卡羅模擬中子能譜儀工作
11	1~28	三~二	德國 慕尼黑	參與 FRM-II 中子束管建立工作與 McStas 蒙地 卡羅模擬中子能譜儀工作
11	29~30	三~四	德國 慕尼黑	回程

行前準備：

在出國前已著手收集瑞士 PSI 研究所、瑞士中子公司及德國 FRM-II 的相關資訊並積極與相關人員聯絡，以便安排行程及實習內容。相關國外人員名單及其 e-mail 地址示於表一。表二為瑞士 PSI 研究所、瑞士中子公司及德國 FRM-II 的 WWW 網址，從上述各機構的網址內容中可以了解目前每一個機構的位置、組織架構、研究內容及人員狀況等。對於達成實習之目的有很多的幫助。

10/2 啟程：桃園中正機場起飛。

10/3~6 抵達瑞士 PSI 及瑞士中子公司，並與相關人員討論中子導管與能譜儀規格：

10月3日星期二到達 PSI 已過下午2點，首先見到 Dr. Peter Allenspach，他接替 Dr. Peter Boni 的位置，成為 PSI 濺裂中子源中子研究中心(Swiss Spallation Neutron Source 簡稱 SINQ)內中子散射實驗室(Laboratory of Neutron Scattering)的副主管。他帶我們從 PSI 的西側門進入 PSI，首先為我們申請劑量徽章，然後辦理招待所宿舍登記，最後讓我們了解他的辦公大樓、PSI 招待所及飯廳的位置。當我們把行李搬進宿舍後，已近黃昏。圖一為瑞士 SINQ 中子研究中心之中子散射儀器配置圖。

根據 Dr. Peter Allenspach 的安排，10月4日星期三早上先見 Dr. B. Roessli，他是偏極化冷中子三軸能譜儀(Triple Axis Spectrometer for Polarized Neutrons 簡稱 TASP)的儀器科學家，需實際操作該儀器做相關實驗。圖二為 TASP 儀器的平面配置圖，圖三為 TASP 儀器的實體照像圖。TASP 儀器的三支軸即中子單能器軸(Axis of Monochromator)、樣品軸(Axis of Sample)及能量分析晶体軸(Axis of Analyzer)。根據 Dr. B. Roessli 的解說，該儀器於 1997 年九月底在 SINQ 完成全機試車，具備很高的動量及能量解析度，主要用來探討群性磁振動現象(Collective Magnetic Excitations)。TASP 的主要特性及參數示於表三。

當日下午安排與負責水平中子飛行式反射儀(Apparatus for Multi-optional Reflectometry, 簡稱 AMOR) 的儀器科學家 Dr. Daniel Clemens 見面並討論設計反射儀應注意的事項。Dr. Daniel Clemens 認為他比較在乎(1)樣品中心中子通量率(2)背景雜訊干擾及(3)空間位置與大小等三因素。他的儀器主要受限於上述三個因素。他認為反射儀要離中子源遠一點，不要夾在兩條中子導管中間，週邊要有樣品準備室。圖四為 AMOR 的組件佈置圖，其中的畫面重疊鏡片用來濾除波長過長之中子，使得由斬取器(Chopper)產生之中子脈波其間之干擾降至最低。另外 AMOR 使用反射式偏極化超鏡片，來達成中子偏極化的目的。因為 AMOR 的樣品台也可上下升降，所以 AMOR 除了可以以中子飛行模式取得實驗數據外，也可以依 $\theta \sim 2\theta$

掃描模式取得實驗數據。AMOR 的中子散射平面垂直於地面，藉改變入射角 θ (同時改變 Deflecting Mirror 角度 及樣品高度)，可達成改變 Q 範圍之目的。AMOR 的重要特性及參數示於表四。

10 月 5 日星期四早上與 Dr. Peter Fischer 見面討論高解析度粉末繞射儀問題。Dr. Peter Fischer 帶我們至實驗室現場觀看熱中子高解析度粉末繞射儀 (High Resolution Powder Diffractometer - Thermal Neutron 簡稱 HRPT) 這台儀器的實體。圖五為 SINQ 高解析度粉末繞射儀 HRPT 之組件配置圖。根據 Dr. Peter Fischer 的解說，HRPT 使用熱中子束，實驗樣品可大可小，很有彈性，使用鍺晶中子單能器 (Monochromator)，中子散射角度相當大 (120° to 165°)，計算的最高解析度可達 9×10^{-4} 。)，經由調整主準直器 (Collimator)、次狹縫器 (Secondary Slit System) 及選擇合適的樣品尺寸，可將解析度最佳化。該儀器的另一特徵為採用含蓋 160° 的大型位置敏感偵檢器 (Position Sensitive Detector)，可同時量測許多中子散射脈峰，HRPT 也使用振盪式徑向準直器 (Oscillating Radial Collimator)，可減低來自非樣品物件之中子布勒格脈峰 (Bragg Peak) 的干擾。法國 Cerca 公司提供這大型位置敏感偵檢器及相關電路組件。HRPT 的實體照像分別示於圖六及圖七。振盪式徑向準直器之實體照像示於圖八。表五說明 HRPT 的重要參數及特性。

當天下午安排與小角度中子散射儀 (Small Angle Neutron Scattering, 簡稱 SANS) 負責人 Dr. J. Kohlbrecher 討論問題。Dr. J. Kohlbrecher 首先帶我們去看他的 SANS，根據他的解說 SANS 儀器最適合研究大小介於 1nm ~ 400nm 物質的結構，特別對於磁性材料或由重輕元素混合組成的材料，尤其探討氫元素在物質內的結構，SANS 比其他儀器如穿透式電子顯微鏡 (Transmission Electron Microscope 簡稱 TEM) 或小角度 X 射線散射儀 (X-ray Small Angle Scattering) 更好。Dr. J. Kohlbrecher 指出幾點應注意的事項，例如在樣品後頭之大型真空閥所使用的材料需考慮避免磁化問題，一般採用鋁材或低導磁性不銹鋼材料。在 SANS 偵測器真空室內壁需貼上一層吸收中子的材料，例如樹脂與 B_4C 的混合物，以降低不要的背景雜訊。貼上述材料的時候，需注意樹脂固化時所產生的氣體

排放問題，避免這層吸收中子材料因表面凸出而脫落。他建議少用鎘(Cd)材，因為鎘有毒。另外也要考慮樹脂中氫元素所產生的不相干散射(Incoherent Scattering)問題。他認為樣品附件或樣品內氫元素的不相干散射應更注意。SANS 的應用領域示於表六。表七說明 SINQ 小角度中子散射儀 SANS 的特性及重要參數。圖九及圖十為該 SANS 使用之樣品夾。圖十一及圖十二為該 SANS 使用之電磁鐵和樣品台。

10月6日星期五早上安排與 Dr. Peter Boni 見面並討論反射儀及中子偏極化超鏡片等問題。Dr. Peter Boni 首先帶我們去看 TOPSI 儀器。這台儀器的全名叫二軸中子光學繞射儀(Two-axis & Neutron Optics Diffractometer)，是 Dr. Peter Boni 自己設計的儀器，目前把它充當反射儀使用，可量測超鏡片的中子反射率，探討多層膜的結構及介面。TOPSI 的應用領域示於表八，其實體照像示於圖十三及圖十四。表九為 TOPSI 的重要特性及參數。在中子偏極化超鏡片之研究領域中 Dr. Peter Boni 為國際著名專家。根據他的解說，目前較常用的中子偏極化超鏡片有兩種，一種為單片長條型，例如鍍在 Si 底材之 Fe/Si 多層膜中子偏極化超鏡片，另一種為由多片 Fe/Si 多層膜中子偏極化超鏡片相疊而成彎狀之 Bender 型。前一種適合窄中子束(例如中子束寬度小於~0.5cm)，後一種適合寬中子束(例如中子束寬度大於~0.5cm)。就材料組成而言，除了 Fe/Si 多層膜外，PSI 也成功研發出 Fe-Co-V/Ti 多層膜。由 Fe-Co-V/Ti 多層膜組成之中子偏極化超鏡片不需要外加導引磁場(Guide Magnetic Field)，使用上更方便。Dr. Peter Boni 也建議在反應器廳的熱中子導管可裝入 $m=2\sim3$ 超鏡片，以增加導引出來之熱中子通量率(Flux)。在參觀 TOPSI 的路途中，看到了 PSI 如何控制鍍晶片(Wafer)馬賽克度(Mosaicity)的製程說明，詳情示於表十。PSI 認為由多片鍍晶片相疊組成之合成鍍晶(Germanium Composite)中子單能器比塊狀(Block)鍍晶中子單能器好用。

當天我們也參觀瑞士中子公司，有幾位工程人員正在組裝一段長約一米的中子導管。據說這條導管的買主為德國 FRM-II。同行的楊村農博士向 Dr. Peter Allenspach 及 Dr. Peter Boni 說明 TRR-II 中子導管的建造時程，我們跟 Dr. Peter Allenspach 討論有關基本設計、細部設計及工程設計內容及時程配合問題。基本上，瑞士中子公司可適時提供我們需要的

中子導管。根據瑞士中子公司之解說，其所生產的中子導管由於週邊四片超鏡片膠連結構之不同，比法國 Cilas 公司的中子導管更容易做中子導管的對準工作，對準的精確度也比較高，而且瑞士中子公司使用的玻璃是透明的，易於觀察導管內部多層膜有無裂縫情形。至於使用多少硼含量之玻璃，瑞士中子公司的做法是在反應器內的中子導管使用一般窗戶玻璃，其硼含量低於 1%，而在反應器外的中子導管使用 Boronflow 玻璃，其硼含量約為 12%。我們也實地參觀位於 PSI 的超鏡片鍍膜設施，這套設施每年預估可生產 $m=2$ 超鏡片約在 200~300 米之間。

10/7 例假日:整理資料。

10/8 例假日:旅程，由瑞士蘇黎士飛往德國慕尼黑，整理資料。

10/9~11/28 抵達德國慕尼黑大學並參與 FRM-II McStas Monte Carlo 程式模擬工作及中子束管建造活動:

到達德國慕尼黑大學後，首先先解決住的問題。我們在 Dietersheim 找到住的地方，然後熟悉一下週邊環境，特別是要知道購買食物的地方。10月9日早上 09:00 見了 Dr. Juergen Neuhaus，接著見了 Dr. Erich Steichele，然後就回到自己的辦公室，在辦公室內有自己的辦公桌及一台電腦。我的工作地點位於 FRM-II 反應器圍牆外的 ZBE-FRM-II 建築內。FRM-II 負責建立中子束管的人，包括 Dr. Erich Steichele，他們的辦公室都在 FRM-II 反應器圍牆內之舊反應器大樓，而在 ZBE-FRM-II 建築內辦公的人，大部與建造中子能譜儀有關。

Dr. Juergen Neuhaus 及 Prof. Dr. Winfried Petry 的辦公室均位於 ZBE-FRM-II 建築內。Dr. Juergen Neuhaus 為 FRM-II 的聯絡協調人 (Coordinator)，負責 FRM-II 與外界之聯絡與協調。Dr. Juergen Neuhaus 也是 FRM-II 能譜儀儀控負責人，他帶領約 5~7 個人的工作團隊，負責 FRM-II 儀控的標準化工作，有關儀控軟硬體資訊請至網址 http://tacogate.frm2.tu-muenchen.de/index_e.html 參考。Prof. Dr. Winfried Petry 為 FRM-II 有關中子應用及研究領域的總負責人。圖十五為我們剛到 FRM-II 第一次看到的 FRM-II 反應器廳之實景，到處可見屏蔽

塊，沒有任何一台中子能譜儀。在中子導管大廳裏，情形雷同，空蕩蕩的，也沒有任何一條中子導管及任何一台中子能譜儀已就緒。在一次偶然的機會於 ZBE-FRM-II 建築地下室實驗室看到一具如圖十六所示的鍺晶中子單能器。

(1) McStas Monte Carlo 程式模擬工作

McStas (Monte Carlo Simulation of Triple-Axis Spectrometer) 原由丹麥 RISO 國家實驗室發展出來，用來模擬三軸能譜儀的中子光學特性，包括儀器解析度、中子強度及中子束軌跡模擬 (Neutron Ray-tracing Simulation) 等。目前這套程式已廣為國際著名散射機構 (例如 ILL) 使用，作為設計中子能譜儀的利器。藉由 McStas 之計算可以先由程式模擬中發現需要修正的參數及組件，加以修正後重新做模擬計算以求得整體能譜儀系統的最佳化設計。使用者首先需要詳讀 McStas 使用手冊，了解其物理、數學模式、程式架構及使用方法後，再經實地的使用磨練，便能發揮 McStas 的優點。

McStas 為了讓廣泛的使用者便於使用，即使使用者不了解 C 語言也能使用，McStas 程式結構裏設計了很多由 C 或 C++ 寫成的元件檔 (Component File)，這些元件檔都是原始檔 (Source Files)，依其功能分類，有 (1) 源元件檔 (Source Files)，(2) 光學元件檔 (Optics Files)，(3) 樣品元件檔，(4) 偵測器元件檔 (Detector Files) 及其他雜項元件檔 (Miscellaneous Files)。每一類元件檔的詳細內容，請看 McStas 使用手冊。表十一列出一些常用元件檔名稱、出處及說明。同時，McStas 也設計讓使用者以很容易看懂且易寫的 Meta Language 來寫使用者必須親自寫的儀器檔 (Instrument File)。此儀器檔仍使用者依使用者儀器之幾何、組成元件、偵測器種類、入射中子源特性及一些程式規定與指令而寫成的。如果使用者在寫儀器檔時無法在 McStas 裏找到適合自己儀器的元件檔，McStas 也允許使用者寫自己的元件檔並將此元件檔依 McStas 分類類別放入適當的類別中。

McStas 的工作平台是 Linux，所以想要使用 McStas，需有一台裝

有 Linux 的電腦並將 McStas 依表十二的步驟裝入電腦內，安裝成功後便可以使用 McStas 了。執行 McStas 的方法有兩種，一種是執行 mcgui 指令，利用已建在 McStas 裏面的圖形介面軟體，便可開啟對應的對話視窗，利用選取視窗內建之 File 及 Simulation 表單中合適的指令，便可完成執行 McStas 的工作。另一種是在 Linux 終端機視窗內執行 mcrun 指令，有關 mcrun 指令之說明請看 McStas 使用手冊。

在德國 FRM-II 實習期間，花很大部份的時間看 McStas 使用手冊及與 FRM-II Dr. Peter Link 討論模擬計算過程中遭遇到的問題，也花了一部份時間在裝設電腦、灌入 Linux 及熟悉 Linux。由於國內同仁大部份使用 Redhat Linux，所以在 FRM-II 實習期間也以使用 Redhat Linux 為主，有時候也使用 Suse Linux。讀完手冊後，再按照網站 <http://www.ill.fr/tas/mcstas/tutorial.html> 及 <http://neutron.risoe.dk/mcstas/tutorial/> 所提供的教學例子先練習一下，一方面可以熟悉一些指令及模擬步驟，也可以做比對的工作，驗證程式的可靠度。最後便著手模擬 TRR-II CG-1 冷中子導管及與其相接的反射儀。在臨走前一個禮拜，應 FRM-II Dr. Juergen Neuhaus 之要求，幫 FRM-II 計算 SR-9 高溫中子束管引至樣品處的中子通量率，此中子通量率將被用來評估是否在 SR-9 出口端裝設三軸能譜儀的依據。SR-9 是 FRM-II 唯一從高溫中子源(Hot Source)引出中子束的中子束管。

圖十七為由 McStas 模擬程式計算 CG-1 冷中子導管內中子軌跡的結果，此次模擬計算的冷中子導管由一截長 2.9 米距冷中子源 1.5 米的直式導管、一條彎曲導管(由 20 截每截 86.7 公分之直式導管形成的)及一截長 15 米直式導管聯結在一起而成的。CG-1 冷中子導管的內部尺寸為 6 公分寬 20 公分高，彎曲部份的特性波長為 4 \AA 。圖十八說明模擬計算所放置的中子偵檢器種類與位置，各中子偵檢器的特性說明示於表十三。圖十八中除了 Monitor 偵檢器之結果無法以圖形表示外(McStas 本身的設定)，其餘的偵檢器都具備圖形的結果。圖十八特將冷中子導管和反射儀聯結在一起做整體模擬計算，以求更完整的模擬計算結果。圖十九為 McStas 整體模擬 CG-1 冷中子導管及反射儀的結果，但不含粗及細狹縫(Coarse and Fine

Slits), 此圖可以明顯看出垂直聚焦的效應。圖二十為 McStas 整體模擬 CG-1 冷中子導管及反射儀的結果, 但含粗及細狹縫, 結果分冷中子導管特性波長為(a) 4 \AA , (b) 3 \AA 及(c) 2 \AA 三種情形表示。當導管特性波長為 4 \AA 時, 模擬結果顯示在曲段導管出口處的中子束其角度分佈已有明顯不均勻現象。

圖二十一為 FRM-II Dr. Juergen Neuhaus 請我計算的問題, 結構上有一個 10 公分 x 10 公分的方形高溫中子源、一條長 2.53 米、寬 8 公分及高 12 公分的中子束管(編號 SR-9)及一具寬約 16 公分高約 26 公分之雙聚焦中子單能器。中子單能器與中子源之距離 L_1 為 9.2 米, 中子單能器與樣品位置之間的距離 L_2 為 1.7 米。模擬計算中所放置的偵檢器其說明示於表十四。圖二十二為 McStas 的模擬結果, 依照引至樣品處中子束的波長分 $\lambda=1 \text{ \AA}$, 0.8 \AA 及 0.5 \AA 表示之。圖二十二很明顯地說明雙聚焦中子單能器聚焦中子束的功能, 可有效提升樣品處的中子通量率。

(2) 參與 FRM-II 中子束管建造活動

除了主要負責實習如何使用 McStas 模擬程式外, 在有機會之情形下也進入 FRM-II 反應器大廳內觀察 FRM-II Dr. Erich Steichele 帶領的團隊如何安裝 SR-1 冷中子束管。有時候有機會也可以看到西門子公司如何安裝熱中子束管, 也可以將現場實景照下來供為日後參考。經整理後之現場實景照片示於圖二十三。從第 1 張到第 10 張都是 Dr. Erich Steichele 帶領的團隊在安裝 SR-1 冷中子束管時的實景, 總共有六支超鏡片導管。由於超鏡片導管很脆弱, 安裝時需先將 6 支超鏡片導管插入預先做好的金屬外殼(Housing, 第 9 及 10 張), 然後一齊推入 SR-1 預留的空間內。由於重量及對準的關係, 安裝時需要有一台可移動可升降的工作台(第 11、12 及 13 張)。第 14 張是安裝完 6 支超鏡片導管後 SR-1 之實景。第十五張為導管大廳與導管隧道之間介面牆的實景, 此介面牆留有三個大洞, 每個大洞準備放兩支導管, 然後塞入屏蔽磚把空隙補實。圖片編號 16 到編號 20 都是 FRM-II 反應器大廳的實景, 第 16 張中間兩個白色圓形物為 FRM-II SR-9 及 SR-8 中子束口(Beam Port)。第 17 張為 SR-6 中子束口的近照, 由此圖可以明顯地看到左右兩側的長方形洞, 中子將由這兩個洞引出, 此

圖中間的圓形凸出物為位於其後之轉動式中子遮斷器(Shutter)的轉動銜接機構。所有在 FRM-II 反應器大廳的中子束口均採用類似的中子遮斷器結構。第 18 張圖的桌上有兩支長方形截面的金屬管，分別將有兩支超鏡片導管(玻璃材質)插入這兩支金屬管內，然後含超鏡片導管的金屬管再插入第 17 張的長方形洞內。第 19 及 20 張照片為 PUMA 三軸能譜儀的屏蔽塊，最重的一塊其重量約在 10 噸左右。在回國前，這些屏蔽塊尚未組裝在一起。

10/29 回程:從慕尼黑機場起飛(早上 10:10)，荷蘭阿姆斯特丹轉機。

10/30 回程:抵達桃園中正機場(下午 13:00)。

三、心得：

1. 行前準備之待解決問題，經過此次實習已有大部份獲得討論及交換意見，所擁有的專家意見及參考資訊對往後的工作會有很大的幫助。
2. 至國外實習自己必須先已有相當的能力及準備，在互利的情形下實習的安排及過程會比較順利愉快，實習所獲得的成果也會比較好。
3. 瑞士 PSI 研究所中子散射實驗室擁有世界級的設施及人材，對於中子散射儀器之應用研究、組件研製及系統製造均有相當能力，值得前往學習。由該研究所技轉成立的瑞士中子公司可提供品質優良的中子超鏡片、偏極化超鏡片及中子單能器等組件。
4. 瑞士 PSI 研究所中子散射實驗室旁邊正在興建一部同步輻射設施，研究儀器、研究人員、研究成果與資訊之交流均相當方便。
5. 利用提高反應器的功率來提升中子束強度是相當昂貴的方法，但如果利用中子超鏡片來提升中子束強度則相對便宜。因此無論瑞士 PSI 研究所及德國 FRM-II 均使用高反射率高 m 值超鏡片來提升導引熱或冷中子束的效率。
6. 雖然 FRM-II 反應器爐心的中子通量比 ILL 低，但因冷中子導管鼻端部上下兩面採用以鋁為基材的超鏡片($m=3$) 且拉近導管鼻端部與冷中子

源之間的距離，使得由導管引出之中子通量率有可能比 ILL 高。

7. 欲提升實驗樣品處的中子通量率，除了使用中子超鏡片導管或束管外，如能配合使用具聚焦功能的大面積中子單能器，對於樣品處中子通量率之提升將更為顯著。
8. 德國 FRM-II 對於廠房的設計都有為將來發展之實驗設施做預留的準備，值得深思與學習。如在舊 FRM-II 圍阻體牆上預留開口，將來可將中子導管引伸至舊 FRM-II 圍阻體內，提供中子給實驗用。或者是在目前欲建立的實驗設施之正對建築牆上預留開口，不用時可先堵住，要用時可打開，有助於實驗空間之往外拓展。
9. 對於冷中子導管隧道間(Guide Tunnel) 靠近反應器兩側隔牆之作法，德國 FRM-II 採用活動屏蔽塊組合而成的方式，如此方便安裝及維護機具之進出。
10. 瑞士 PSI 及德國 FRM-II 均將中子能譜儀設施放置於磨平的堅硬岩石(類似花岡岩) 上，便於使用空氣墊子(Air Pads) 來操控移動甚重的能譜儀。FRM-II 特別從南非買進低輻射背景的堅硬黑色岩石，以求降低實驗環境的背景雜訊。
11. 瑞士 PSI 及德國 FRM-II 都有自己發展的儀控軟硬體。每一個單位均力求進一步標準化自己的儀控軟硬體種類，以方便日後的使用及維護。
12. 此次實習觀察到欲建立一台能譜儀除了需要一位有經驗的儀器科學家外，也必須及早有電子儀控及機械工程人員加入工作團隊。
13. 瑞士 PSI 及德國 FRM-II 在建造能譜儀之前都做過模擬計算，一方面可降低製作成本，另一方面也能以經濟有效的方式做最佳化的設計。
14. 學習如何使用 McStas 模擬程式就如同學習如何使用 MCNP 模擬軟體一樣需要首先將近兩百頁的手冊看完，了解 McStas 基本架構、物理原理及方法與相關操作指令外，還要對 Linux 的架構及指令有基本的了解。如能具備 C 及 C++ 程式語言的基礎，對於模擬程式之錯誤診斷將有幫助。再加上實際使用模擬例子的經驗，就可說有了使用 McStas 的入門資格。要真正完全成為 McStas 的有經驗使用者，需真正有充分使用 McStas 每個元件的經驗。

四、建議：

1. 國內有待培養建造能譜儀所需之人材及技術，而歐洲的中子散射研究機構相當多，能提供重要組件的廠商也不少，應增加與這些單位及廠商接觸的機會，建立交流管道，以便獲取我們需要的技術與資訊。
2. 欲建立一台能譜儀除了需要一位有經驗的儀器科學家外，也必須及早有電子儀控及機械工程人員加入工作團隊。能譜儀之儀控為相當專業及複雜的軟硬體工作，應及早請些專家來指導儀控工作，以求儀控組件之標準化。
3. 研究設施之興建應兼顧未來發展之需要。例如實驗大廳牆之設計應考慮未來向外拓展之需要，及實驗大廳內屏蔽之設計應多採活動式，能譜儀之設計應考慮未來研究之需要等。
4. 人材之培養應老少兼顧。TRR-II 計畫固然需要培養年輕儀器科學家及使用者，但現有參與人員之能力提升以求完成預定目標亦不可輕視。

表一、國外聯絡人員相關資訊

人名	單位名稱	電子信箱
Dr. Peter Allenspach	瑞士 PSI 及瑞士中子公司	admin@swissneutronics.ch 及 Peter.Allenspach@psi.ch
Dr. Peter Boni	瑞士中子公司及 Physics Department of Technische Universität München	admin@swissneutronics.ch 及 Peter_Boeni@Physik.TU-Muenchen.DE
Dr. Daniel Clemens	PSI	Daniel.Clemens@psi.ch
Dr. Juergen Neuhaus	FRM-II	Juergen_Neuhaus@Physik.TU-Muenchen.DE
Dr. Erich Steichele	FRM-II	Erich_Steichele@ph.tum.de
Prof. Dr. Winfried Petry	FRM-II	Winfried_Petry@Physik.TU-Muenchen.DE

表二、此行前往之國外機構名稱及 WWW 網址

國外機構名稱	WWW 網址
瑞士 Paul Scherrer Institute	http://www.psi.ch/
瑞士中子公司	http://www.swissneutronics.ch/
德國 FRM-II	http://www.frm2.tu-muenchen.de/

表三、TASP 的主要特性及參數

Neutron Guide	1RNR14, $\lambda_c = 1.7 \text{ \AA}$
Distance Cold Source - TASP	54 m
Monochromator	PG(002) vertically focusing scattering angle: $31^\circ < 2 \theta_M < 135^\circ$
Analyser Scattering Angle	$-145^\circ < 2 \theta_A < 145^\circ$
Neutron Energy (PG 002)	$2.1 \text{ meV} < E_M < 25 \text{ meV}$ $6.24 \text{ \AA} > \lambda_M > 1.81 \text{ \AA}$ $1.0 \text{ \AA}^{-1} < k_M < 3.8 \text{ \AA}^{-1}$
Sample Scattering Angle	$2 \theta_s < 135^\circ$
Sample Environment	load: maximum load 500 kg temperature: $^3\text{He}/^4\text{He}$ dilution cryostat, ^4He (orange) cryostat, ^4He (orange) cryofurnace (1.5 K - 600 K), closed cycle refrigerator, furnaces $300 \text{ K} < T < 2100 \text{ K}$ magnetic field: superconducting magnet: 5T vertical, electromagnet 1T horizontal, guide fields: 30mT vertical, 2mT horizontal pressure: uniaxial pressure device
Inpile Collimation	10', 20', 40', 80', open
External Collimation	5', 10', 20', 40', 80', open
Detector	^3He
Typical Spectrometer Resolution (FWHM) (for 20'-20'-20'-20')	$\Delta E = 10 \text{ \mu eV}$ ($E_M = 2.1 \text{ meV}$) $\Delta E = 0.5 \text{ meV}$ ($E_M = 14.7 \text{ meV}$)
Filters	cooled Be, pyrolytic graphite
Analyser	Horizontally Focusing
Polarization Capability	using HOPG combined with polarising Benders
Focusing Anti-trumpet	supermirror m~4, 1160mm length

表四、AMOR 的重要特性及參數

Neutron Guide	coating Ni-Ti-supermirrors $m=2$, cross section 50mm x 50mm, λ_c (from simulation) = 0.1 nm, $\lambda_{peak} = 0.4$ nm, mean flux (Au activation) = $1.38 \times 10^8 \text{ ns}^{-1} \text{ cm}^{-2} \text{ mA}^{-1}$
Chopper	2 Disks, side by side, phase coupled gating frequency 20...100 Hz
Frame Overlapping Mirror	cut off wavelength ~ 1.3 nm
Deflecting Mirrors/Polarizers	supermirrors and multilayer monochromators, double HOPG monochromator, exchangeable
Collimation Slits	slit dimensions (0.05 ... 20 mm, horizontally) * (5 ... 55 mm, vertically)
Sample Manipulation Table	rotations 2 circles (ω : ± 10 deg, χ : ± 7 deg) translations 2 directions
Sample Environment	electromagnet $B_{max} = 1.5$ T
Alignment Aids	laser, (electronical inclinometer)
Analyzer (spin)	FeCo-Si or FeCoV/Ti:N-supermirrors
Detectors	^3He x-y (EMBL wire) 172 mm * 190 mm, < 2mm resolution, not available yet, 2 ^3He single detectors
Maximum Sample Size	150 mm * 500 mm
Resolution	1.5% ... 10%
Total Length Chopper – Detector L	3.5 ... 10 m

表五、SINQ 高解析度粉末繞射儀 HRPT 的重要參數及特性

Neutrons	thermal beam 1RNS41 from a water scatterer close to the SINQ target
Primary Collimation	Gd-0 Soller collimators with $a_1 = 6'$, $12'$ (high resolution), with $a_1 =$ approx. $40'$ (high intensity)
Liquid N ₂ Cooled Si Filter:	20 cm length
Monochromator	Ge (511) of wafer type, 28 cm high, variable vertical focusing, $\lambda(2\theta_M = 90^\circ) = 1.539 \text{ \AA}$, $\lambda(2\theta_M = 120^\circ) = 1.886 \text{ \AA}$,
Filter	pyrolytic graphite
Secondary Collimation	Variable slit system
Radial Collimator: (from JJ X-Ray, Risø, Denmark)	mylar foils coated with Gd-0
PSD Detector: (LCP1600 from Cerca, F-26104 Romans)	³ He (3.6 bar + 1.1 bar CF ₄), 25 x 64 = 1600 counters, step 0.1°, 15 cm high, radius 1.5 m, effective detection length 3.5 cm
Sample Containers, Sample Space:	cylindrical, normally V tubes (also double cylinders), diameters 5 to 10 mm, usable height up to 50 mm, sample under He gas atmosphere for good thermal contact, sealed by In wire on the top flange of 25 mm diameter, M6 screw to fix the sample container diameter of sample table = 40 cm, height sample table to neutron beam center = 270 (400) mm
Sample Temperature:	100 mK - 2100 K
Magnetic field:	superconducting magnet, field H vertical to scattering plane, H up to 4 T
Zero Matrix Pressure Cell:	up to 8 kbar for full scattering angle range

表六、SINQ 小角度中子散射儀 SANS 的應用領域

- Biological molecules: proteins, ribosomes, DNA, etc.
- Polymers: molecules, chains, blends and mixtures
- Surface properties of catalysts
- Colloidal suspensions
- Metal physics: phase stability of alloys, precipitates, interfaces, grain boundaries
- Materials science: structural tailoring and testing, stability under load
- Nanocrystalline materials: grain size, interface, porosity, magnetic nanostructures
- Long range spin correlation
- Flux lines in superconductors

表七、SINQ 小角度中子散射儀的持性及重要參數(2 之 1)

Neutron Guide	cold neutron guide "1RNR16", curved, Ni-coated, 50x50 mm ² , $l > 0.42 \text{ nm}$
Monochromator	helical slot velocity selector
Wavelength	$0.45 \text{ nm} < l < 4 \text{ nm}$, resolution $\Delta l / l = 10 \%$ (FWHM), variation by tilting possible
Q-range	$6 \times 10^{-3} \text{ nm}^{-1} < Q < 10.5 \text{ nm}^{-1}$
Detector	2D ³ He-detector with 128 x 128 elements of 7.5 x 7.5 mm ²
Distances Collimators	1 m, 1.4 m, 2 m, 3 m, 4.5 m, 6 m, 8 m, 11 m, 15 m 18 m, at 1m canonical neutron guide
Sample-Detector Distances	1 to 20 m continuously
Lateral Displacement	0 to 0.5 m
Future Options	(1) polarized neutrons: transmission polarizer in first collimator drum behind selector, (2) TOF-mode for wavelength calibration, flexible wavelength resolution and cyclic experiments

表七、SINQ 小角度中子散射儀的持性及重要參數(2 之 2)

<p>Sample Environments</p>	<p>sample table: x-y-z-w positioning plus an optional (f,q)-goniometer , all axes are remote controlled,</p> <p>vacuum chamber: operation at about 5×10^{-2} mbar in a single vacuum system without windows, at 10^{-6} mbar or ambient pressure it is possible to insert thin aluminum or sapphire windows at the entrance and exit of the chamber, chamber is large enough to carry an electromagnet</p> <p>sample holder for working in air: can be mounted on the sample table sample table but also a support for installing it inside the vacuum chamber at ambient pressure is available</p> <p>temperature range between -40°C and $+150^{\circ}\text{C}$, remote controlled</p> <p>available sample holders:</p> <p>(1) solid samples (max diameter: 30 mm)</p> <p>(2) standard spectroscopy cuvettes</p> <p>(a)100-QS of 1 mm, 2 mm, or 5 mm thickness</p> <p>(b)110-QS of 1 mm, 2 mm, or 5 mm thickness</p> <p>(c)120-QX of 1 mm or 2 mm thickness</p> <p>(d)404.000-QX 1 mm or 2 mm thickness</p>
<p>Electromagnet</p>	<p>electromagnet matches into vacuum chamber and can operate either under vacuum condition or at ambient pressure</p> <p>flexible pole gap , pole gap width between 30 mm and 145 mm Pole diameter of 205 mm (tapered pole caps available soon)</p>
<p>Sample Changer for Vacuum Chamber</p>	<p>vertical translation and rotation</p> <p>optional heated sample position up to 750°C</p> <p>vacuum cuvettes</p> <p>can be used in combination with electromagnet</p> <p>temperature, translation and rotation are remotely controlled</p>

表八、SINO 二軸中子光學繞射儀 TOPSI 之應用領域

<ul style="list-style-type: none"> ● The development of supermirror coatings for neutron guides ● Quality control of multilayer coatings and polarizers produced at PSI and elsewhere ● Test of polarizing equipment ● Sample alignment ● Testing of detectors ● The implementation and test of electronic components for neutron spectrometers

表九、SINQ 二軸中子光學繞射儀之重要特性及參數

Neutron Guide	cold source: liquid D ₂ , λ_{peak} : 0.4 nm, mean flux at monochromator: $3.18 \cdot 10^8 \text{ ns}^{-1} \text{cm}^{-2} \text{mA}^{-1}$, coating: Ni/Ti-supermirrors, m=2, cross section: 35 mm x 120 mm λ_c : 0.17 nm
Monochromator	graphite (HOPG) mosaic: 0.5deg, $2\theta_M = 33.2 \dots 129\text{deg}$
Polarizer	FeCo/Si supermirror: ($2 \times \theta_c(\text{Ni})$), acceptance: 4 mm in width from HMI Berlin full height, polarization with 0.5 mm slits: >93%
Collimation Slits	slit dimensions: (0.05 ... 35 mm) · (0.05 ... 55 mm)
Sample Manipulation Table	rotations (ω): 0 ... 360deg, ($\pm 0.002\text{deg}$), tilt: -20deg ... 20deg translation: -2.0 ... 2.0 mm
Sample Holder	yoke to pick up vertically oriented samples
Detectors	³ He single detector
Maximum Sample Size	500 mm · 150 mm · 100 mm
Future Improvements:	1000 G sample magnet for large mirrors, focusing HOPG monochromator (type TASP) (2000)

表十、增加合成鍺晶中子單能器馬賽克度之製程說明

Cleaning (mechanical)
Bending (9 times at 850°C)
Flattening (9 times at 850°C)
Flattening between ceramic plates (1~2 times)
Last cleaning (mechanical and ultrasound)
Sputtering with tin (3.4µm)

表十一、McStas 元件說明(1/6)

Samples:

Name	Origin/Authors	Description
Powder0	ILL (Dif/D20)/ Thomas C Hansen	general powder sample in incoherent scattering cylindrical can
Powder1	McStas release/ E.M.Lauridsen, N.B.Christensen, A.B.Abrahamsen	general powder sample with a single scattering vector
Res_sample	McStas release/ KN	sample for resolution function calculation
Single_crystal	McStas release/ KN	mosaic single crystal with multiple scattering vectors
V_sample	McStas release /KL, KN	vanadium sample

表十一、McStas 元件說明(2/6)

Source:

Name	Origin/Authors	Description
------	----------------	-------------

Adapt_check	McStas release/ Kristian Nielsen	optimization specifier for the Source_adapt component.
Convert_FlatE_2_Maxwell	ILL (Dif/D20)/ Thomas C Hansen	conversion from flat energy distribution to Maxwellian neutron spectra
Flux_adapter	(Unknown)/ EF, Oct 14, 1999, Rev Nov 17, 1999	seeing manual
Moderator	McStas release/ KN, M.Hagen	a simple pulsed source for time-of-flight.
Monitor_Optimizer	ILL (France)/ Emmanuel Farhi	to be used after the Source_Optimizer component
Source_Optimizer	ILL (France)/ Emmanuel Farhi	a component that optimizes the neutron flux passing through the Source_Optimizer in order to have the maximum flux at the Monitor_Optimizer position(s).
Source_adapt	McStas release/ Kristian Nielsen	neutron source with adaptive importance sampling
Source_div	McStas release/ KL	neutron source with Gaussian divergence
Source_flat	McStas release/ KL	neutron source with flat energy spectrum and arbitrary flux
Source_flat_lambda	McStas release/ KN	neutron source with flat wavelength spectrum and arbitrary flux.
Source_flux	McStas 1.0(1998)/ KN	an old variant of the official Source_flux_lambda component.
Source_flux_lambda	McStas release/ KN	neutron source with flat wavelength spectrum and user-specified flux.

表十一、McStas 元件説明(3/6)

Optics:

Name	Origin/Authors	Description
------	----------------	-------------

Arm	McStas release/ KL, KN	arm/optical bench
Beamstop_circular	McStas release/ Kristian Nielsen	circular beam stop
Beamstop_rectangular	McStas release/ Kristian Nielsen	rectangular beam stop
Bender	Uni. Erlangen (Germany)/ Philipp Bernhardt	models a curved neutron guide.
Channeled_guide	McStas release/ KN	neutron guide with channels (bender section).
Chopper	McStas release/ Philipp Bernhardt	disk chopper
Circular_slit	McStas release/ KN	circular slit
Fermi_Chopper	KEK (Japan)/ Andrew Garrett	fermi chopper with curved slits
Filter	McStas release/ KL, KN	a simple neutron filter
Filter_Graphite	ILL (Dif/D20)/ Thomas C Hansen	pyrolytic graphite filter
First_Chopper	McStas release/ Philipp Bernhardt	first disk chopper after a continuous neutron source
Gravity_guide	McStas release, component Guide/ KL	neutron guide with gravity. NB! This is a temporary component to be abandones when information about gravity is included in the kernel.
Guide	McStas release/ KN	neutron guide
Mon_2foc	Uni. Gottingen (Germany)/ PL	double bent monochromator with multiple slabs

表十一、McStas 元件說明(4/6)

Optics(continuous):

Guide2	McStas 1.0(1998)/ KN	models a rectangular guide with different vert. and horiz. m mirror values. See Channeled_guide component
Mirror	McStas release/ KN	single mirror plate
Monochromator	McStas release/ KL, HMR	monochromator/analyser crystal (OBSOLETE)
Monochromator0	ILL (Dif/D20)/ Thomas C Hansen	non-flat monochromator crystal with multiple scattering
Mosaic_anisotropic	McStas release/ Kristian Nielsen	mosaic crystal with anisotropic mosaic
Mosaic_simple	McStas release/ Kristian Nielsen	mosaic crystal, possibly off-cut
Powder_filter	Based on Be_filter, written by SN Klausen, December 1999/ B. Fortescue	incorporating code from Single_crystal, written by KN, December 1999 Box-shaped powder filter
Selector	Uni. Gottingen (Germany)/ Peter Link	velocity selector (helical lamella type) such as V_selector component
Slit	McStas release/ KL, HMR	rectangular slit
Soller	McStas release/ KN	a simple analytical soller collimator
Soller_trans	McStas 1.0 (1998)/ KN	soller collimator with rectangular opening and specified length
V_selector	McStas release/ KL	velocity selector

表十一、McStas 元件說明(5/6)

Detector and monitor:

Name	Origin/Authors	Description
PSD_curved	ILL (Dif/D20)/ Thomas C Hansen	curved linear 1D MSGC PSD
PSD_entry	ILL (Dif/D20)/ Thomas C Hansen	entry window of a curved linear gaschamber PSD
DivLambda_monitor	McStas release/ KN	divergence/wavelength monitor
DivPos_monitor	McStas release/ KN	divergence/position monitor (acceptance diagram)
Divergence_monitor	McStas release/ KL	horizontal+vertical divergence monitor
E_monitor	McStas release/ KN, KL	energy-sensitive monitor
Hdiv_monitor	(Unknown)/ (Unknown)	seeing component file
L_monitor	McStas release/ KN, KL	wavelength-sensitive monitor
Monitor	McStas release/ KL	simple single detector/monitor
Monitor_4PI	McStas release/ KL, KN	monitor that detects all non-absorbed neutrons
Monitor_nD	ILL (France)/ Emmanuel Farhi	this component is a general Monitor that can output 0/1/2D signals (Intensity vs. [something] and vs. [something] ...)
PSD_bidim	(Unknown)/ (Unknown)	seeing component file
PSD_monitor	McStas release/ KL	position-sensitive monitor
PSD_monitor_4PI	McStas release/ KL, KN	spherical position-sensitive detector

表十一、McStas 元件說明(6/6)

Detector and monitor(continuous):

PSD_monitor_4PI_log	McStas release/ KL,KN	spherical position-sensitive detector with logarithmic scale
Res_monitor	McStas release/ KN	monitor for resolution calculations
TOF_monito	KN, M. Hagan	rectangular time-of-flight monitor

Miscellaneous:

Name	Origin/Authors	Description
Vitess_input	McStas release/ Kristian Nielsen	read neutron state parameters from VITESS neutron file
Vitess_output	McStas release/ Kristian Nielsen	write neutron state parameters to VITESS neutron file

表十二、McStas 程式之安裝步驟

-
- (1) 先要有一台已裝有 Linux 工作平台的電腦，然後以 root 身份登錄，
 - (2) 在 root 目錄下用 `mkdir` 指令建立 rpm、archives 及 tars 三個子目錄，
 - (3) 從網站 <http://neutron.risoe.dk/mcstas/download.html> 將
PGPLOT (Graphics library used by the mcdisplay and mcplot front-end programs. You need to obtain this if you want to use mcdisplay or mcplot) , PgPerl (Interface between Perl and PGPLOT, used by the mcdisplay and mcplot front-end programs. You need to obtain this if you want to use mcdisplay or mcplot) , PDL (Scientific data set extension to Perl, used by the mcplot front-end program. You need to obtain this if you want to use mcplot) , Perl/Tk (Perl interface to the Tk graphical user interface toolkit. You need to obtain this is you want to use the mcgui graphical user interface front-end)
下載至 rpm 子目錄，將
Perl (Scripting language used by front-end programs. You need this if you want to use any of the front-end programs) , Flex (Lexical analysis generator used by the McStas compiler. Flex is not needed for normal use, you only need to obtain it if you want to modify the source code for the McStas compiler itself) , Bison (Parser generator used by the McStas compiler. Bison is not needed for normal use, you only need to obtain it if you want to modify the source code for the McStas compiler itself)
及 mcstas-1.4.tar.gz 下載至 tars 子目錄，
 - (4) 在 rpm 子目錄下執行下列指令：
`rpm -i pgplot-5.2.0-*.rpm ,`
`rpm -i perl-pgplot-2.11-*.rpm ,`
`rpm -i PDL-2.002-*.rpm ,`
`rpm -i PerlTk-8.11-*.rpm ,`
 - (5) 執行 `cd ../archives ,`
 - (6) 執行 `tar xzf ../tars/mcstas-1.4.tar.gz ,`
 - (7) 執行 `cd mcstas-1.4 ,`
 - (8) 執行 `./configure` 及 `make` (Configure and compile McStas) ,
 - (9) 執行 `make install` (Install McStas) ,
 - (10) 執行 `vi .bash_profile` , 將 `/usr/local/bin` 加入 `PATH=$PATH:` 內 ,
 - (11) 執行 `mcstas -version` 或 `mcgui(Checking)`
-

表十三、圖十八所示各偵檢器之特性說明(1/3)

Detectors after biological shielding:

種類	說明
PSD_monitor	COMPONENT pos_after_bio = PSD_monitor(xmin=-0.04, xmax=0.04, ymin=-0.1, ymax=0.1, nx=25, ny=25, filename="pos_after_bio.out")
Divergence_monitor	COMPONENT div_after_bio = Divergence_monitor(xmin=-0.04, xmax=0.04, ymin=-0.1, ymax=0.1, nh=51, nv=51, v_maxdiv=1.2, h_maxdiv=1.2, filename="div_after_bio.out")
Monitor	COMPONENT mymonitor0 = Monitor(xmin=-0.005, xmax=0.005, ymin=-0.005, ymax=0.005)

Detectors after curved guide:

PSD_monitor	COMPONENT pos_after_curve = PSD_monitor(xmin=-0.04, xmax=0.04, ymin=-0.1, ymax=0.1, nx=25, ny=25, filename="pos_after_curve.out")
Divergence_monitor	COMPONENT div_after_curve = Divergence_monitor(xmin=-0.04, xmax=0.04, ymin=-0.1, ymax=0.1, nh=51, nv=51, v_maxdiv=1.3, h_maxdiv=1.3, filename="div_after_curve.out")
Monitor	COMPONENT mymonitor1 = Monitor(xmin=-0.005, xmax=0.005, ymin=-0.005, ymax=0.005)

Detectors before monochromator:

PSD_monitor	COMPONENT pos_before_mono = PSD_monitor(xmin=-0.04, xmax=0.04, ymin=-0.1, ymax=0.1, nx=25, ny=25, filename="pos_before_mono.out")
Divergence_monitor	COMPONENT div_before_mono = Divergence_monitor(xmin=-0.04, xmax=0.04, ymin=-0.1, ymax=0.1, nh=51, nv=51, v_maxdiv=1.3, h_maxdiv=1.3, filename="div_before_mono.out")
E_monitor	COMPONENT ene_before_mono = E_monitor(xmin=-0.04, xmax=0.04, ymin=-0.1, ymax=0.1, Emin=0, Emax=6, nchan=80, filename="ene_before_mono.out")
Monitor	COMPONENT mymonitor2 = Monitor(xmin=-0.005, xmax=0.005, ymin=-0.005, ymax=0.005)

表十三、圖十八所示各偵檢器之特性說明(2/3)

Detectors after monochromator:

PSD_monitor	COMPONENT pos_after_mono = PSD_monitor(xmin=-0.04,xmax=0.04,ymin=-0.1,ymax=0.1, nx=25,ny=25,filename="pos_after_mono.out")
Divergence_monitor	COMPONENT div_after_mono = Divergence_monitor(xmin=-0.04,xmax=0.04,ymin=-0.1,ymax=0.1, nh=51,nv=51,v_maxdiv=3.0,h_maxdiv=3.0, filename="div_after_mono.out")
E_monitor	COMPONENT ene_after_mono = E_monitor(xmin=-0.04,xmax=0.04,ymin=-0.1,ymax=0.1, Emin=0,Emax=6,nchan=80, filename="ene_after_mono.out")
Monitor	COMPONENT mymonitor3 = Monitor(xmin=-0.005,xmax=0.005,ymin=-0.005,ymax=0.005)

Detector before coarse collimator:

PSD_monitor	COMPONENT pos_before_c_s1 = PSD_monitor(xmin=-0.04,xmax=0.04,ymin=-0.1,ymax=0.1, nx=25,ny=25,filename="pos_before_c_s1.out")
Divergence_monitor	COMPONENT div_before_c_s1 = Divergence_monitor(xmin=-0.04,xmax=0.04,ymin=-0.1,ymax=0.1, nh=51,nv=51,v_maxdiv=3.0,h_maxdiv=3.0, filename="div_before_c_s1.out")

Detectors at sample:

PSD_monitor	COMPONENT pos_mon0_samp = PSD_monitor(xmin=-0.04,xmax=0.04,ymin=-0.1,ymax=0.1, nx=11,ny=11,filename="pos_mon0_samp.out")
PSD_monitor	COMPONENT pos_mon1_samp = PSD_monitor(xmin=-0.01,xmax=0.01,ymin=-0.01,ymax=0.01, nx=7,ny=7,filename="pos_mon1_samp.out")
Divergence_monitor	COMPONENT div_mon_samp = Divergence_monitor(xmin=-0.01,xmax=0.01,ymin=-0.01,ymax=0.01, nh=51,nv=51,v_maxdiv=5,h_maxdiv=1.2, filename="div_mon_samp.out")

表十三、圖十八所示各偵檢器之特性說明(3/3)

Detectors at sample(continuous):

E_monitor	COMPONENT ene_mon_samp = E_monitor(xmin=-0.01,xmax=0.01,ymin=-0.01,ymax=0.01,Emin=2, Emax=5,nchan=40,filename="ene_mon_samp.out")
PSD_monitor	COMPONENT pos_mon2_samp = PSD_monitor(xmin=-0.005,xmax=0.005,ymin=-0.005,ymax=0.005, nx=5,ny=5,filename="pos_mon2_samp.out")
L_monitor	COMPONENT lamda_mon_samp = L_monitor(xmin=-0.005,xmax=0.005,ymin=-0.005,ymax=0.005, Lmin = 0,Lmax = 6,nchan=20, filename="lamda_mon_samp.out")
Monitor	COMPONENT mymonitor4 = Monitor(xmin=-0.005,xmax=0.005,ymin=-0.005,ymax=0.005)

表十四、圖二十一所示各偵檢器之特性說明(1/2)

Detector after biological shielding:

種類	說明
PSD_monitor	COMPONENT unit_area_bio_shielding = PSD_monitor(xmin=-0.005,xmax=0.005,ymin=-0.005,ymax=0.005,nx=11,ny=11, filename="unit_area_bio_shielding.out")
Monitor	COMPONENT mymonitor1 = Monitor(xmin=-0.005,xmax=0.005,ymin=-0.005,ymax=0.005)

Detectors before monochromator:

PSD_monitor	COMPONENT pos_before_mono = PSD_monitor(xmin=-0.1,xmax=0.1,ymin=-0.1,ymax=0.1,nx=25,ny=25, filename="pos_before_mono.out")
PSD_monitor	COMPONENT unit_area_before_mono = PSD_monitor(xmin=-0.005,xmax=0.005,ymin=-0.005,ymax=0.005,nx=11,ny=11, filename="unit_area_before_mono.out")
Divergence_monitor	COMPONENT div_before_mono = Divergence_monitor(xmin=-0.1,xmax=0.1,ymin=-0.1,ymax=0.1,nh=51,nv=51,v_maxdiv=4,h_maxdiv=4, filename="div_before_mono.out")
Energy_monitor	COMPONENT ene_before_mono = E_monitor(xmin=-0.1,xmax=0.1,ymin=-0.1,ymax=0.1,Emin=0,Emax=500,nchan=80, filename="ene_before_mono.out")
Monitor	COMPONENT mymonitor2 = Monitor(xmin=-0.005,xmax=0.005,ymin=-0.005,ymax=0.005)

表十四、圖二十一所示各偵檢器之特性說明(2/2)

Detectors at the position sample:

PSD_monitor	COMPONENT pos_mon0_samp = PSD_monitor(xmin=-0.1, xmax=0.1, ymin=-0.1, ymax=0.1, nx=21, ny=21, filename="pos_mon0_samp.out")
PSD_monitor	COMPONENT pos_mon1_samp = PSD_monitor(xmin=-0.01, xmax=0.01, ymin=-0.01, ymax=0.01, nx=21, ny=21, filename="pos_mon1_samp.out")
PSD_monitor	COMPONENT unit_area_mon_samp = PSD_monitor(xmin=-0.005, xmax=0.005, ymin=-0.005, ymax=0.005, nx=11, ny=11, filename="unit_area_mon_samp.out")
Divergence_monitor	COMPONENT div_mon_samp = Divergence_monitor(xmin=-0.1, xmax=0.1, ymin=-0.1, ymax=0.1, nh=51, nv=51, v_maxdiv=4, h_maxdiv=4, filename="div_mon_samp.out")
Energy_monitor	COMPONENT ene_mon_samp = E_monitor(xmin=-0.1, xmax=0.1, ymin=-0.1, ymax=0.1, Emin=72, Emax=92, nchan=400, filename="ene_mon_samp.out")
Wavelength_monitor	COMPONENT lamda_mon_samp = L_monitor(xmin=-0.005, xmax=0.005, ymin=-0.005, ymax=0.005, Lmin = 0.94, Lmax = 1.07, nchan=20, filename="lamda_mon_samp.out")
Monitor	COMPONENT mymonitor3 = Monitor(xmin=-0.005, xmax=0.005, ymin=-0.005, ymax=0.005)

