

NSRRC 超導增頻磁鐵光束線 BL-13 B (SW6)雙晶分光器驗收報告

國家同步輻射研究中心

光束線組：賴麗珍、陳慶曰、鍾世俊、劉金炎、
莊瑞明、劉定國、賴英煌、傅皇文
研究組： 趙俊雄、姜政宏

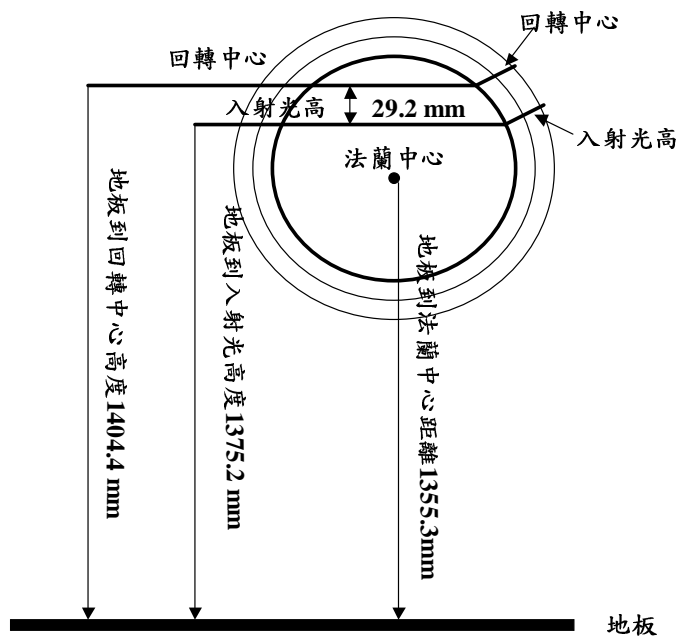
一、 驗收目的：

檢驗 NSRRC 超導增頻磁鐵蛋白質光束線向 KOHZU 公司訂購之兩個 CAM-type 雙晶單光器的性能是否合乎規格要求，了解控制電路系統，學習操作方式及維護保養技術。

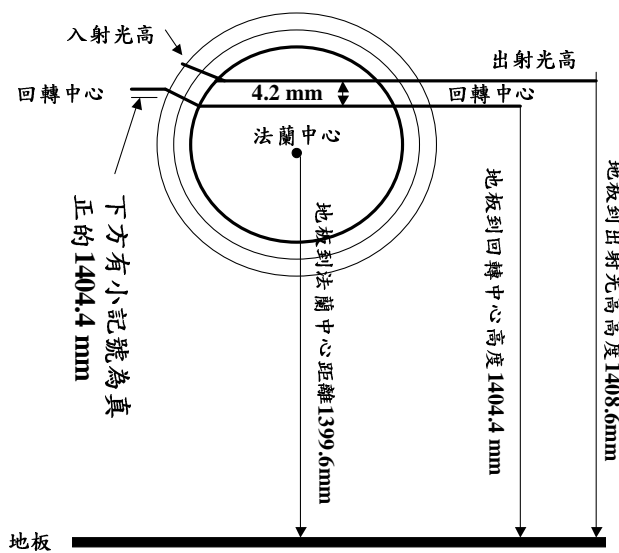
二、 驗收工作內容：

第一次驗收：

- 9/24 開箱，檢查尺寸，rotating table 組合，測試 Main axis 的轉動與 2 個 CAM 的移動。
- 9/25 測試 Main axis 的轉動與 2 個 CAM 的移動，並大致將 DCM 在光束線上定位。
- 9/26 DCM 入射與出射光於法蘭位置定位並將記號線延長至法蘭側面。
- 9/27 修改 crystal stage 的 CAM 滑軌。
- 9/28 架設 auto-collimator 量測兩個 crystal 的平行度。
- 9/29 DCM 真空性能測試。
- 9/30 拆下 crystal stage 的 CAM 滑軌和 x-stage 平板，回到日本重新製作。預計十月底進行第二次安裝工作。



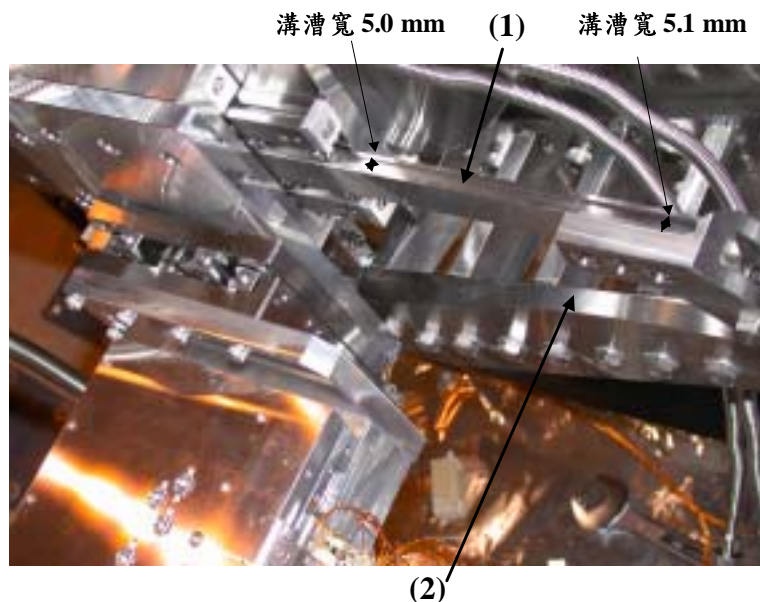
由前端區往實驗站方向觀看



由實驗站往前端區方向觀看

圖一：DCM 之入口與出口法蘭管的高度記號標示。

由於9月24日 Kohzu 工程師於開箱拆 CAM 滑軌時，忘了將 stopper 拆下，即以馬達強力推動 CAM，造成 CAM 滑軌變形，此 stopper 乃運輸過程中固定 CAM 作用。CAM 滑軌變形之後所測量得的兩 crystal 平行度皆無法達到預期的規格，既使於 9/27 日於光束線組實驗室進行洗床修改，CAM 滑軌變形依然存在，如圖二所示(1)處，此滑軌前後的溝漕不均等，前段溝漕寬為 5.1 mm，後段溝漕寬為 5.0 mm，且圖二所示(2)處的 X-stage 表面亦不夠光滑。9月28日再次量測兩 crystal 平行度亦無法達到預期的規格要求，因此決定將 CAM 滑軌與 X-stage 拆回 Kohzu 公司重新製作。



圖二：變形的 CAM 滑軌與 X-stage 照片。

9月29日量測 TWD-3 的真空度，發現於磁封處(magnetic seal)有嚴重的漏氣現象，DCM 真空腔 pump 到隔日 9月30日氣壓只到 1.0×10^{-5} Torr，若轉動 Main axis 觀察到 magnetic seal 仍有嚴重的漏氣現象，其漏氣率為 P_{He} 由 4.3×10^{-8} 上升到 1.1×10^{-7} Torr。懷疑 magnetic seal 的鐵磁油(ferromagnetic fluid)太少故亦決定拆 magnetic seal 回 Kohzu 公司添加鐵磁油。

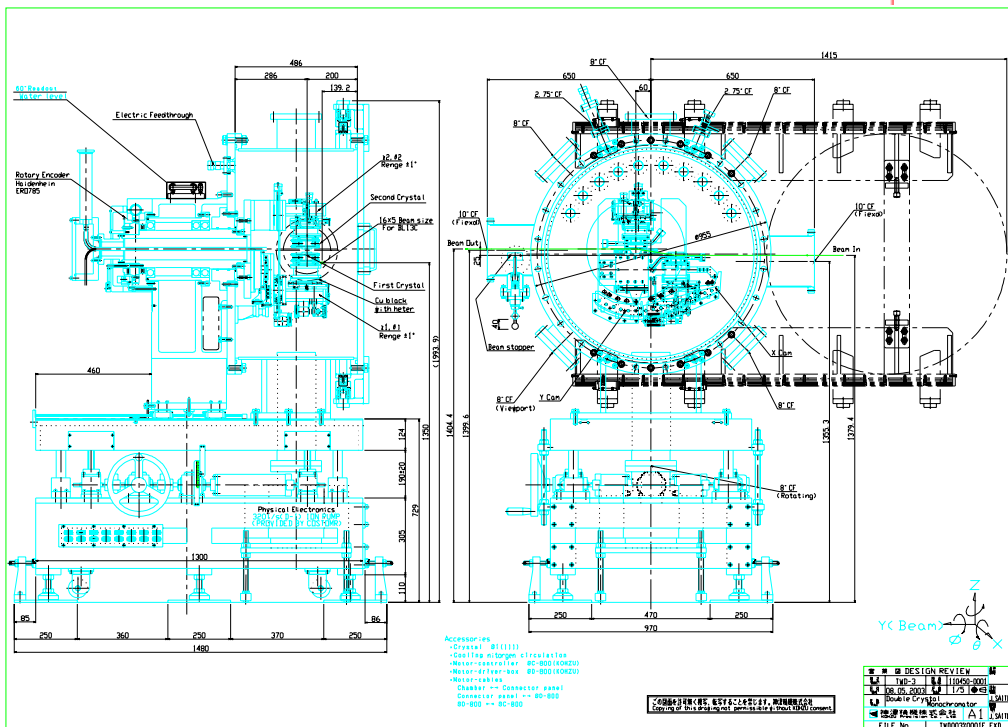
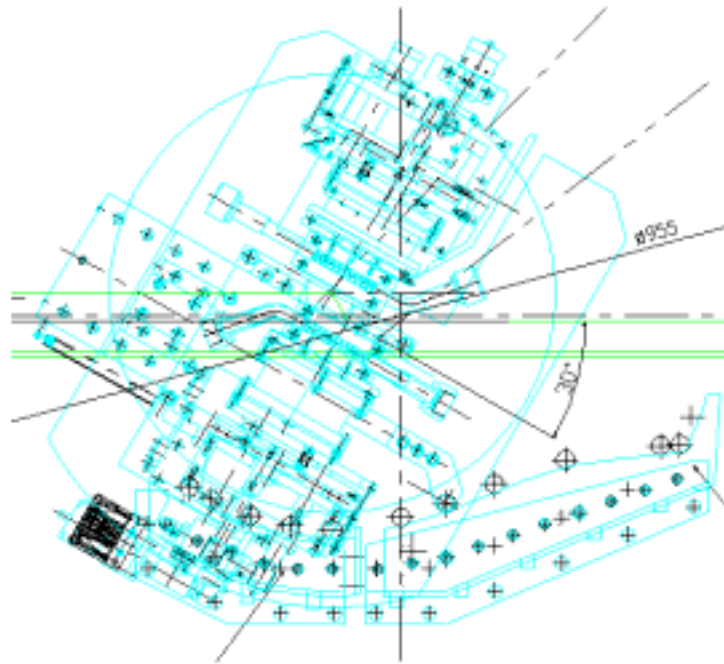
第二次驗收:

- 10/21 重新安裝 magnetic seal ，並對 magnetic seal 測漏。
- 10/22 rotating table 組合
- 10/23 安裝 auto-collimeter
- 10/24 更換液氮管的長短對 crystal 平行度的影響
- 10/25 更改液氮管固定點對 crystal 平行度的影響
- 10/27 兩個晶體平行度和穩定度的測試，調整 θ_1 piezodrive 和不調整 θ_1 piezodrive。
- 10/28 對 θ_1 ， ϕ_1 ， ϕ_2 和 Z_1 的 Backlash 測量
- 10/29 再重新測試兩個晶體平行度和穩定度
- 10/30 晶體溫度量測的熱電偶組合與接線
- 10/31 DCM 真空性能測試
- 11/1 DCM 真空性能測試

三、單光器簡介：

(1). 單光器的主要規格如下表其外觀與尺寸及如圖三所示。

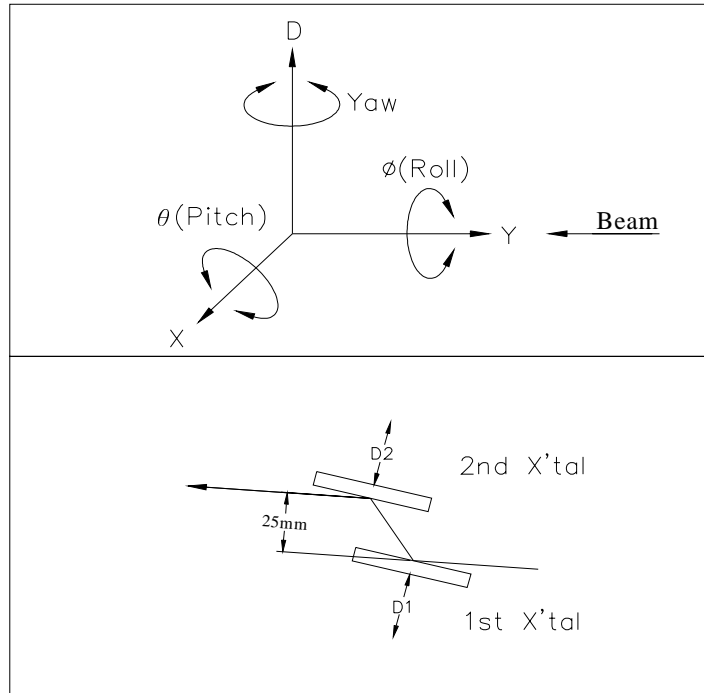
Bragg Angle Range	5° ~ 25° (0° ~ 30°, Mechanically)
Energy Range	6.5 ~ 19 keV Si(111)
Beam Offset	25 mm
Vacuum pressure	$< 1 \times 10^{-6}$ Torr
Cooling system	LN ₂ cooling system for crystals. Water cooling for Compton shielding and γ -ray stopper
Actuator	Stepping motor Piezodrive
Baking Temperature	$< 120^{\circ}\text{C}$ without piezo $< 80^{\circ}\text{C}$ with piezo



圖三：單光器的外觀與尺寸

四、單光器性能檢驗：

(1). 主要規格：Plane Si(111)



(a). Mechanism Resolution & Accuracy of Crystal Holder

Function	Range	Resolution	Accuracy
θ_B	$5^\circ \sim 25^\circ$	$\leq 0.1''$ / half step	$\pm 5''$
Backlash			$< 5''$
Reproducibility			$\leq 2''$
Scan speed			0. 1° /sec
Encoder		0.18'' / half step	<i>ERO725 with</i>
θ_1	$\pm 1.5^\circ$	0.05'' / step	$\pm 2''$
Piezo	$\pm 30''$	0.01'' /step	
ϕ_1	$\pm 1.5^\circ$	0.05'' / step	$\pm 2''$
D_1	20 mm	0.025 μ m / step	$\pm 2''$
θ_2	$\pm 1.5^\circ$	0.1'' / step	$\pm 2''$
ϕ_2	$\pm 1.5^\circ$	0.05'' / step	$\pm 2''$
D_2	20 mm	5 μ m / step	

(b). Mechanical Resolution of Support Stand

Function	Range	Resolution
Z-translation	± 50 mm (motor)	10 μ m
XY-travel	± 20 mm (manual)	± 20 μ m
Tilt	2° (manual)	

(c). DCM's Performance

- (i) Crystal parallelism = 10" (for 8°~ 25°)
- (ii) fix-exit variation = $\pm 10 \mu\text{m}$ (for 8°~ 25°)
- (iii) Crystal parallelism = 20" (for 5°~ 8°)
- (iv) fix-exit variation = $\pm 15 \mu\text{m}$ (for 5°~ 8°)

(d). Vacuum Requirement

- (i) $< 1 \times 10^{-6}$ Torr (beam off)
- (ii) No water to vacuum joint

(e). Cooling Requirement

- (i) LN₂ cooling for DCM crystals
- (ii) Water cooling for Compton shielding and γ -ray stapper

(f). Size Requirement

- (i) 長度 ≤ 1.2 公尺

(2). 檢驗結果：

(a). 尺寸檢查：

尺寸檢查的重點主要在於分光器入口法蘭與出口法蘭之位置，survey pad 的尺寸與標記，以及單光器的常與寬是否正確。檢查結果如圖一所示，顯示製作非常正確。

(b). 主軸回轉精度檢查，反動檢查與位置重線性檢查：

檢查方式為利用電腦控制單光器，由 0°至 30°作三次反覆測量，並每隔 1°記錄 encoder 的讀數，由電腦與 encoder 的讀數可以得到主軸回轉動作的精度、反動程度與位置重線性等數值。

圖四是連續三次順時鐘與逆時鐘掃描所得的主軸精度圖。由這些數據可得到最大測定誤差於 8° 至 30° 為 $9''$ ，符合規格所定之 $10''$ ，於 5° 至 8° 為 $15''$ ，符合規格所定之 $20''$ 。

圖五是連續三次順時鐘與逆時鐘掃描所得的主軸反動位置精度誤差量測圖。由這些數據可得到最大主軸反動位置精度誤差於 0° 至 30° 為 $2.5''$ ，符合規格所定之 $5''$ 。

圖六是連續三次順時鐘與逆時鐘掃描所得的主軸位置重現性精度量測圖。由這些數據可得到最大位置重現性精度誤差於 0° 至 30° 為 $1''$ ，符合規格所定之 $2''$ 。

(c). 兩晶面平行度檢查：

兩晶面平行度，基本上是表示兩晶面的布拉格角度之差($\Delta \theta_B$)，此角度之差會影響單色光的強度。至於兩晶面 ϕ 角之差($\Delta \phi$)雖然對單色光的強度影響不大，但會影響到實驗站樣品的水平位置，因此我們仍有檢查。

我們一共做了 9 次的平行度測試，測試結果列於圖七至圖十。圖七和圖八顯示 θ_B 角的平行度量測結果，從圖中可以看出不論如何調整， θ_B 角平行度的變化趨勢皆一致，從 8° 到 25° ， θ_B 角的平行度量測結果約為 $10''$ ，與規格規定之 $10''$ 符合，而從 5° 到 8° ， θ_B 角的平行度量測結果亦約為 $10''$ ，與規格規定之 $20''$ 符合。

圖九和圖十顯示 ϕ 角的平行度量測結果，從圖中可以看出不論如何調整， ϕ 角平行度的變化趨勢皆一致，從 5° 到 25° ， θ_B 角的平行度量測結果約為 $2''$ 。此 ϕ 角之平行度雖然對單色光的強度影響不大，但

對實驗站樣品的水平位置會有些許的影響。

圖十一為在 PZT 回饋下的兩晶面平行度檢查，基本上是只檢查兩晶面的布拉格角度之差($\Delta \theta_B$)，因 PZT 回饋對 ϕ 角的平行度不影響。從圖十一中可以看出不論如何調整，在 PZT 回饋下 θ_B 角平行度的變化趨勢皆一致，從 5° 到 25° ， θ_B 角的平行度量測結果約為 $1.2''$ ，與規格規定之 $1''$ 稍微大些，不過仍可接受。因為量測時外在環境施工，人員走動皆造成 auto-collimator 震動誤差在 $1''$ 左右。

圖十二為兩晶面平行度的穩定性量測，量測時分別鎖定 Bragg angle 為 5° 、 10° 、 15° 、 20° 和 25° 下各量測 900 秒觀察之，量測結果其穩定度皆在 $1''$ 以內。

(d). 結晶保持器精度檢查：

單光器的保持器共有 10 個調整動作，單光器的支撐架高低(Z_T)由馬達調整控制，單光器的支撐架左右移動($Z_{x,y}$)由手動調整控制。結晶保持器的布拉格角度 θ_B 轉動由馬達調整控制，第一結晶器的 D_1 移動 θ_1 與 ϕ_1 轉動皆由馬達調整控制，而 θ_1 亦可由 PZT 微調驅動。第二結晶器的 D_2 移動與 θ_2 轉動皆由手動調整控制， ϕ_2 轉動由馬達調整控制。

(i). D_1 移動、 θ_1 、 ϕ_1 與 ϕ_2 的轉動檢查:

D_1 在馬達 854,113 pulses 下可移動的距離為 20 mm，因此 D_1 的機械解析度為 $0.025 \text{ um} / \text{P}$ ，符合規格之 $1 \text{ um} / \text{P}$ 。而其精度的量測結果如圖十三所示。 θ_1 在馬達 227,698 pulses 下可轉動的角度為 3° ，因此 θ_1 的機械解析度為 $0.05'' / \text{P}$ ，符合規格之 $0.1'' / \text{P}$ ，而其精度的量測結果如圖十四所示， θ_1 的精度量測結果為 $2''$ ，符合規格之 $4''$ 。 ϕ_1 在馬達 226,508 pulses 下可轉動的角度為 3° ，因此 ϕ_1 的機械解析度為

0.05" / P，符合規格之 0.5" / P，而其精度的量測結果如圖十五所示， ϕ_1 的精度量測結果為 1.5" / P，符合規格之 4"。 ϕ_2 在馬達 234,040 pulses 下可轉動的角度為 3° ，因此 ϕ_2 的機械解析度為 0.05" / P，符合規格之 0.05" / P，而其精度的量測結果如圖十六所示， ϕ_2 的精度量測結果為 1"，符合規格之 4"。

(ii). PZT 之操作範圍與機械解析度檢查:

θ_1 的 PZT 其可移動距離為 20 um，其 PZT 的磁帶現象如圖十七所示，圖十八為在 PZT 回饋下的主軸角度與 PZT 的伸長度變化。

(e). 真空檢查：

依據合約規格的要求，在抽氣率 320 l/sec 下，DCM 之真空度在未經烘烤應該在 10^{-7} Torr 以下，在 DCM 運送來台之前，承造商所進行的真空度報告如圖十八所示，未經烘烤在 36 小時的抽氣下約達 2×10^{-6} Torr，已接近驗收標準，但來台組裝後其真空度未經烘烤在 20 小時的抽氣下約達 9.5×10^{-6} Torr，當主軸轉動時觀察到磁封處仍有漏氣現象，其漏氣率如圖二十所示，既使使用 450 l/sec 的渦輪幫浦抽氣 5 天，氣壓也僅能達到約 2.3×10^{-6} Torr，免強開啟離子幫浦抽氣一週後，DCM 氣壓也僅能達到約 8.3×10^{-7} Torr，因此決定烘烤 DCM 真空腔以改善 DCM 真空度。11/12/2003 開始進行 DCM 真空腔烘烤，烘烤時 DCM 外腔體的溫度約達 100°C 以下，而 DCM 腔體內的溫度約達 80°C 以下，以保護 PZT 不能高於 80°C 以上的安全限制。DCM 真空腔烘烤進行兩天後冷卻下在渦輪幫浦與離子幫浦同時抽氣時其真空度約達 3.5×10^{-7} Torr，但若僅以 320 l/sec 離子幫浦抽氣時其真空度約達 1.1×10^{-6} Torr，

因此 DCM 真空度仍然未達驗收規格，但因 DCM 已經延遲交貨且驗收時真空度又未達驗收規格，已經耽誤了整個 DCM 的進度，由於 DCM 驗收時整體的機械運動皆在規格以內，僅磁封部分影響真空度，而 DCM 承製公司願意更換磁封但需達三個月之久，因等待三個月將影響光束線試車工作，因此決定暫時驗收 DCM，觀察光束線試車後 DCM 真空度是否仍會影響試車進行，若 DCM 真空度對試車進行有影響，則一年內 DCM 承製公司將無條件更換磁封。

(f). DCM 雙晶體放置：

而 DCM 雙晶體上溫度量測的佈線圖如圖二十一所示。主要是用來量測雙晶體周圍的溫度是否有達到冷卻要求的溫度，另外在晶體的支座上有加熱器，利用溫度量測做回饋可知晶體支座上的加熱器是否該加熱，因為若晶體支座溫度太低將會被凍住，而影響晶體支座的移動。DCM 雙晶體放置時於第二晶體有相對第一晶體斜置 15° ，主要是濾掉平行反射光，如圖二十二所示。

3. 結論：

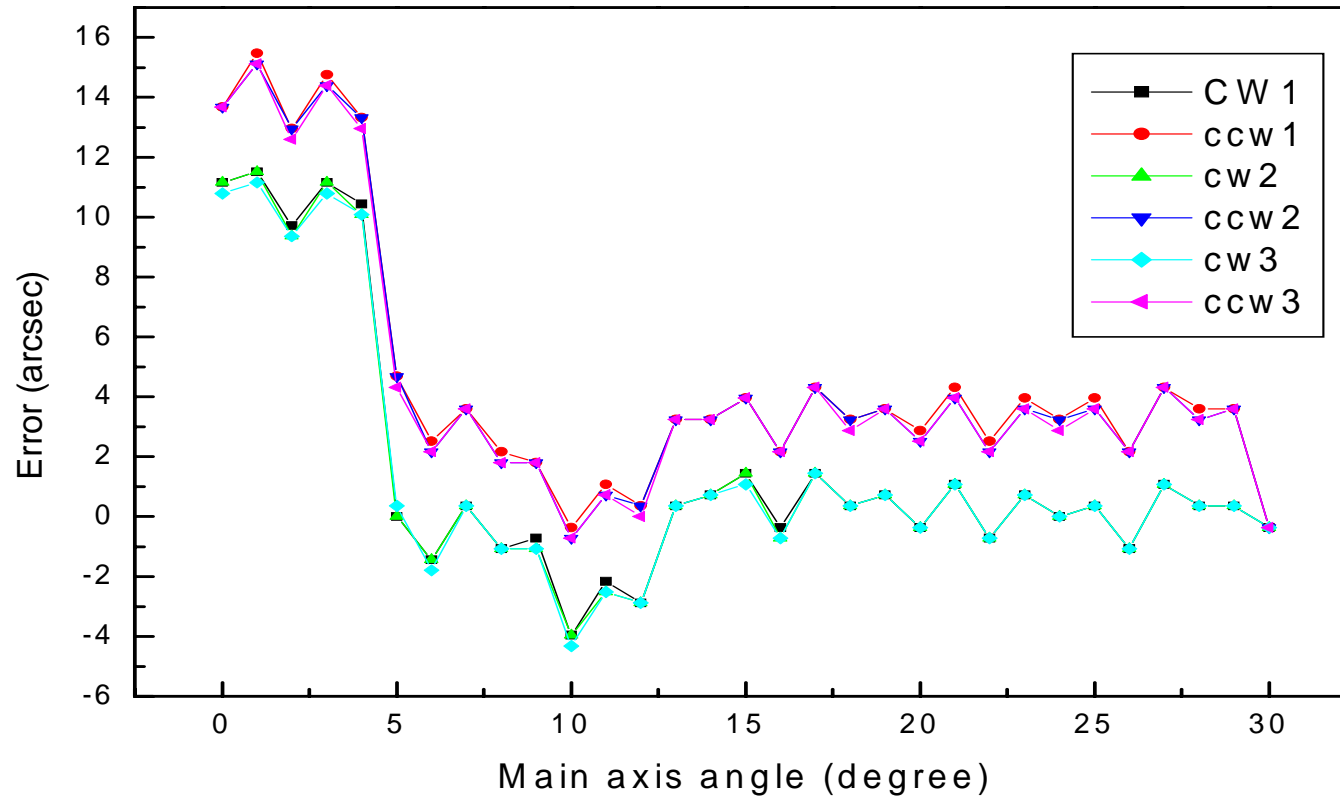
(a). DCM 大部分的機械精度與性能表現皆符合規格訂定之要求。

(b). DCM 的雙晶體皆是利用液態氮冷卻，當液態氮流入 DCM 真空腔內的液態氮管線時將可改善 DCM 的真空度。

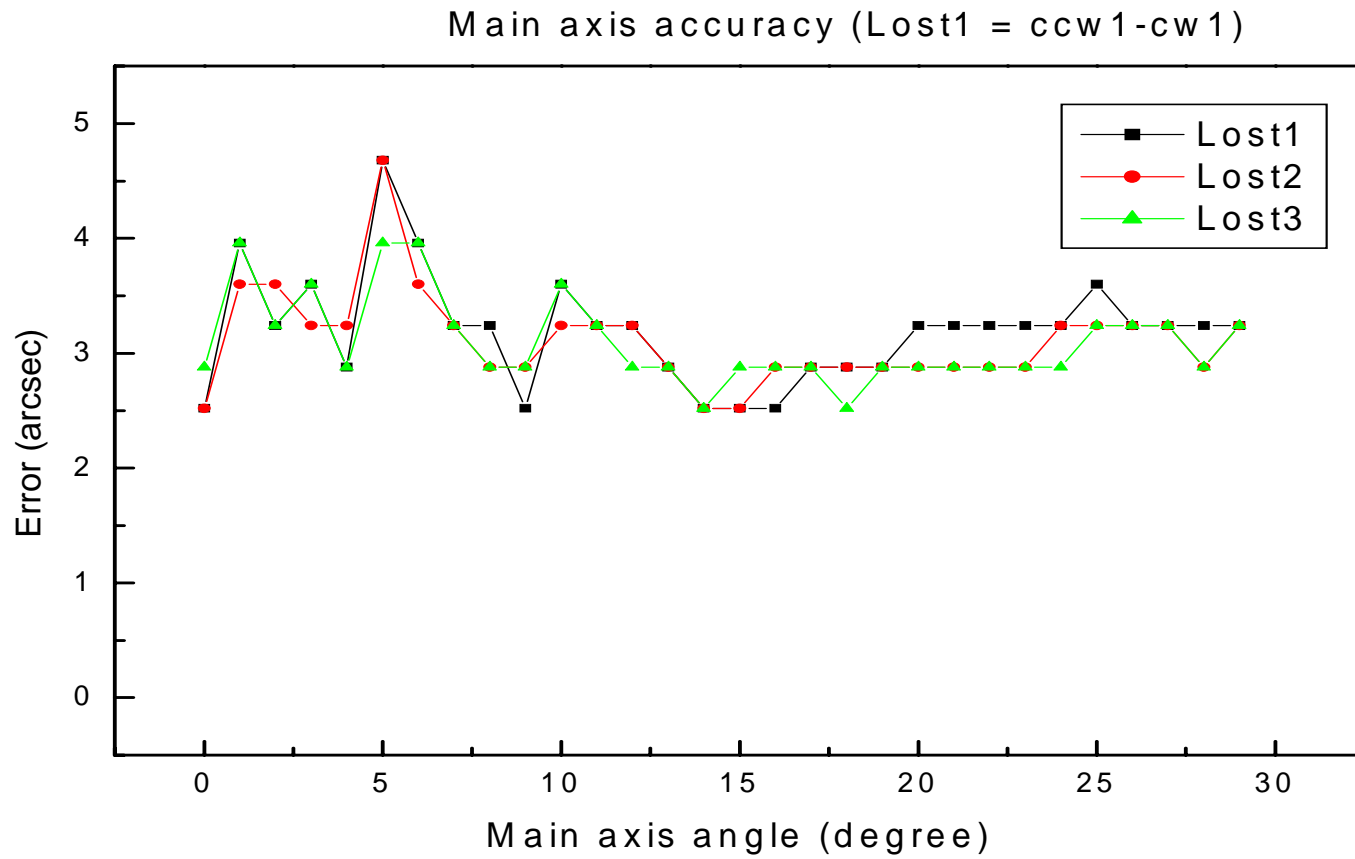
(c). 目前之真空度雖未能完全符合規格要求，但由分析可知，經多次烘烤及改善抽氣率後，若磁封部分能漸漸改善，將可達規格訂定之要求。若 DCM 真空度對試車進行有影響，則一年內 DCM 承製公司將無條件更換磁封。因此磁封部分將繼續觀察。

(d). 建議暫予以驗收通過。

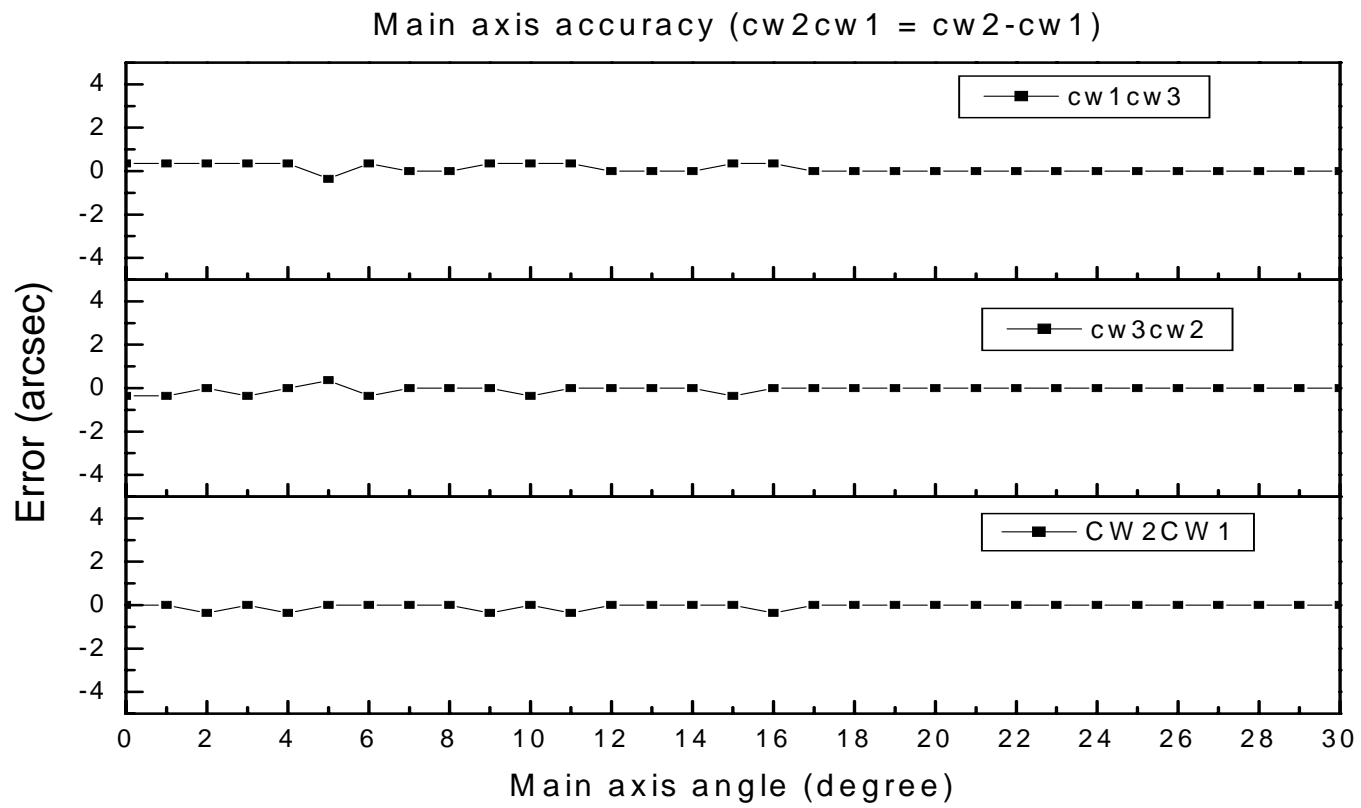
Main axis accuracy (no feedback)



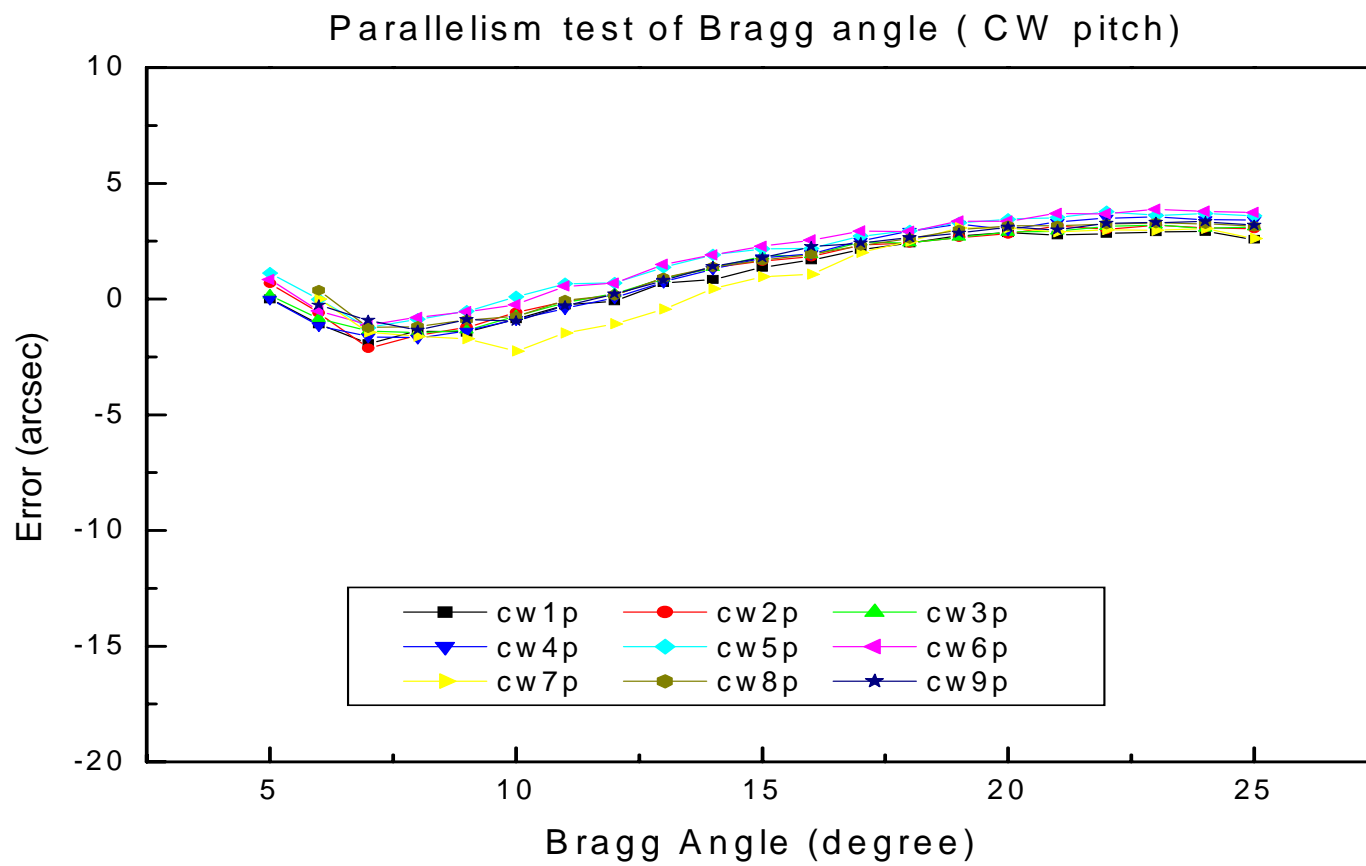
圖四：主軸精度量測。CW(順時鐘量測)， CCW(逆時鐘量測)。



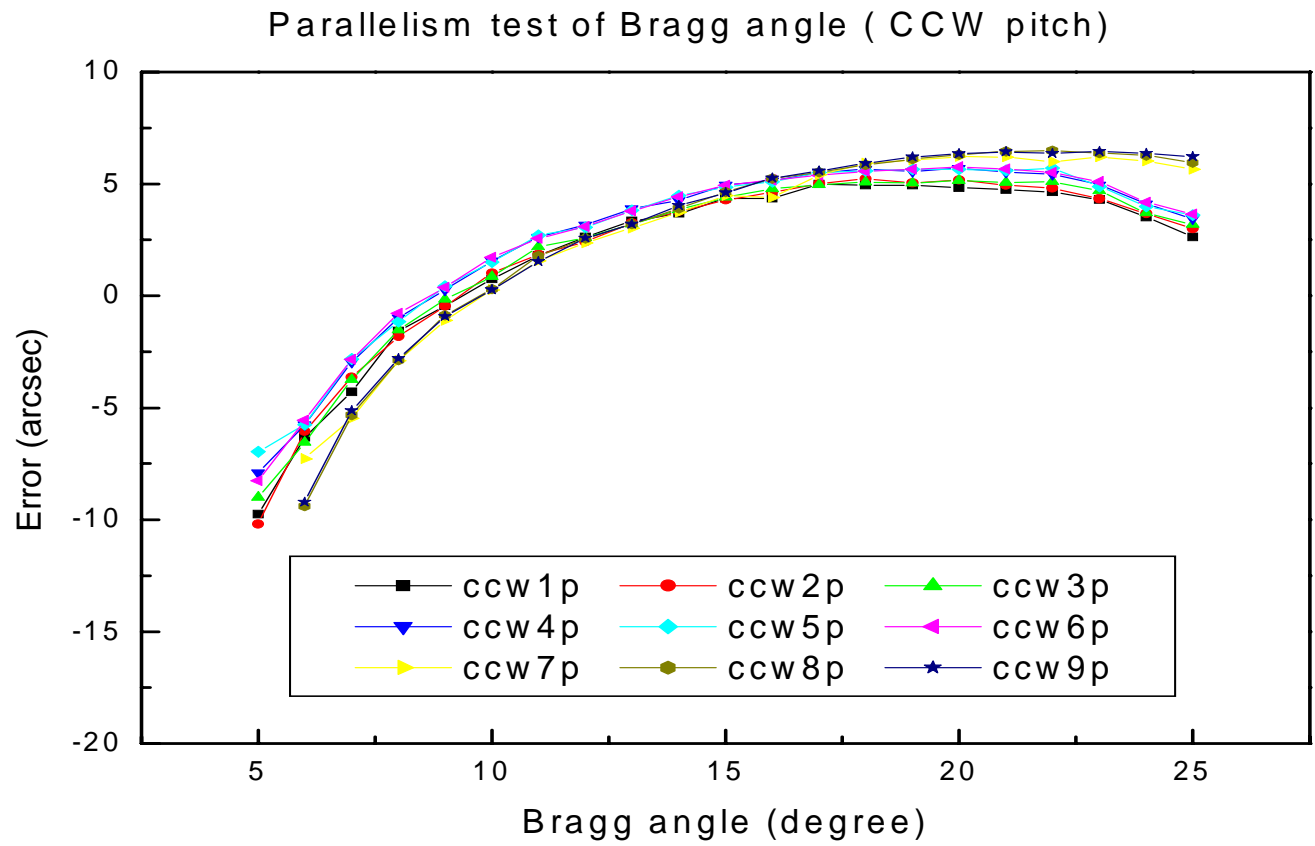
圖五：主軸反動位置精度誤差量測。



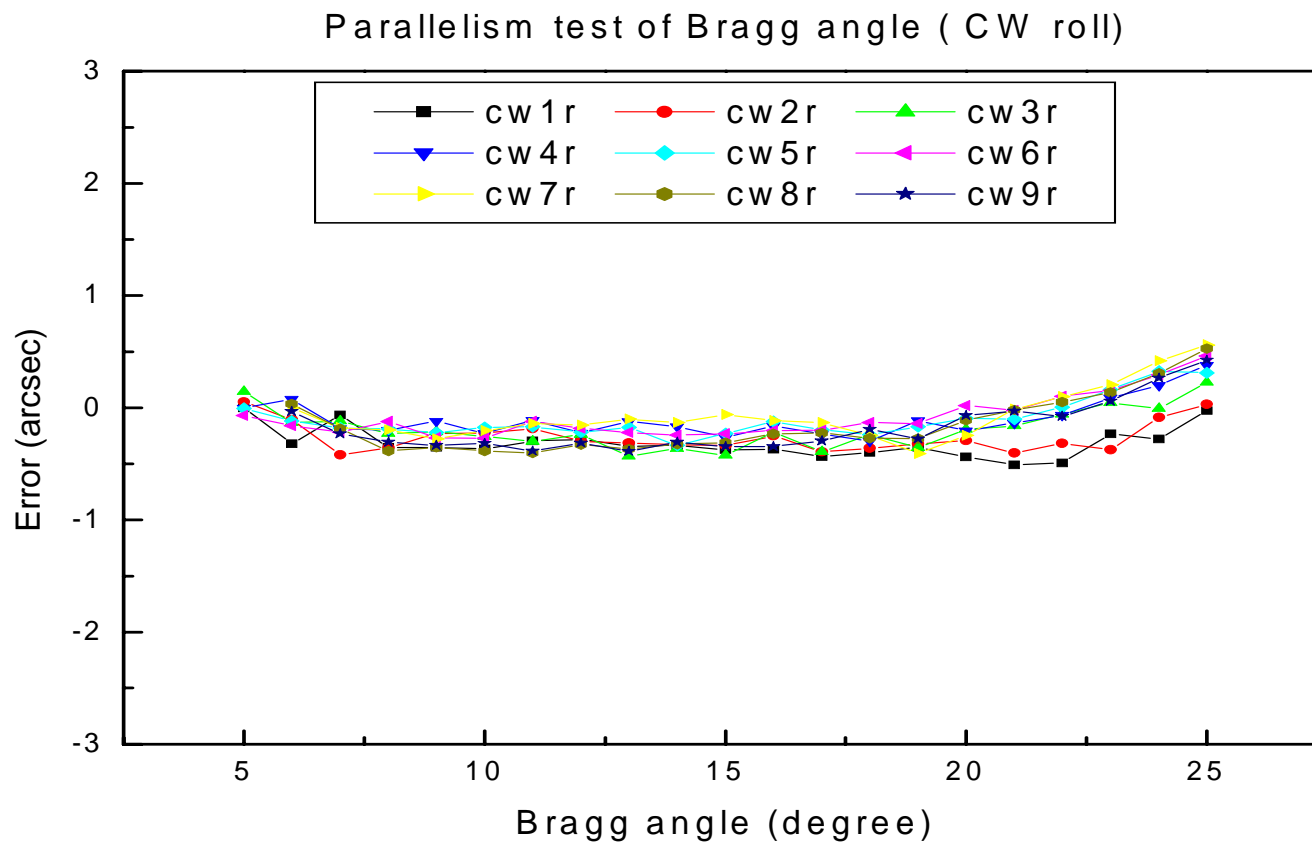
圖六：主軸位置重現性精度量測。



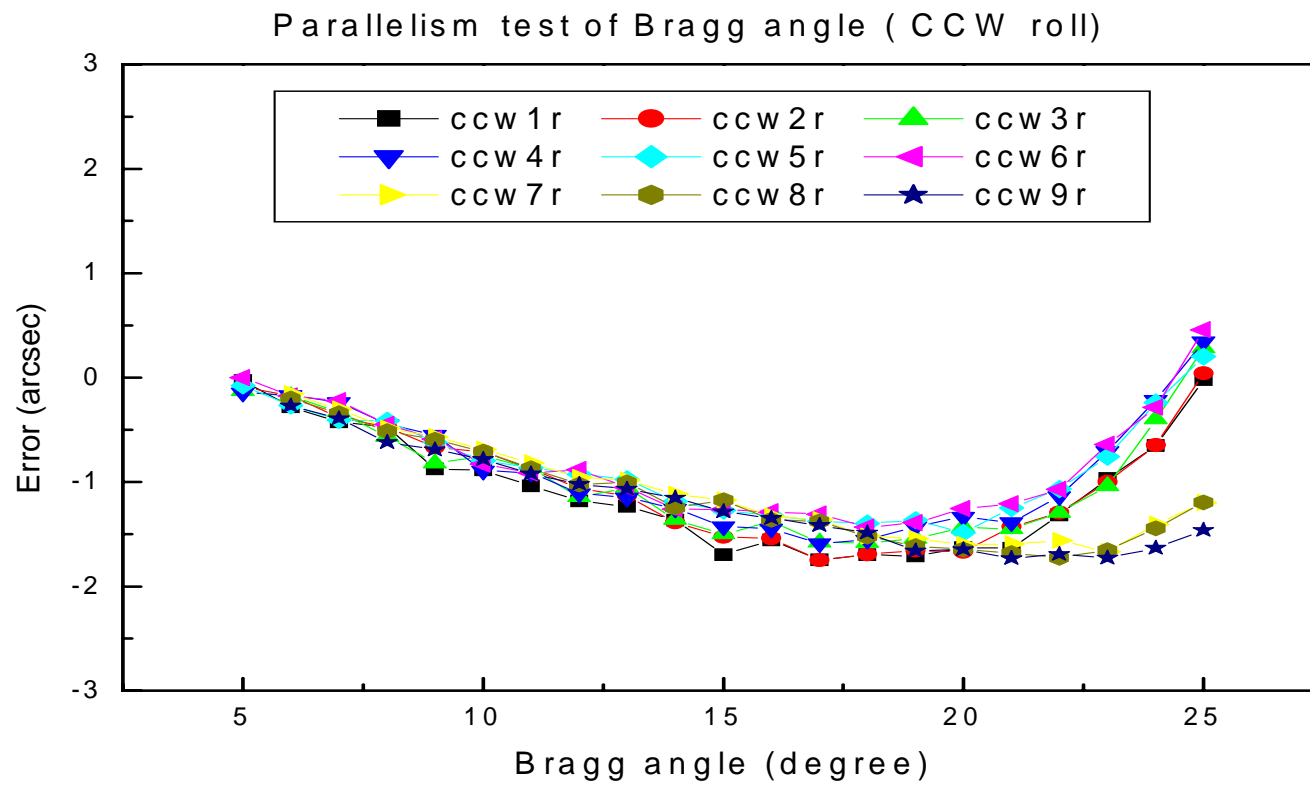
圖七： θ_B 角的平行度量測結果 (CW)



圖八： θ_B 角的平行度量測結果 (CCW)

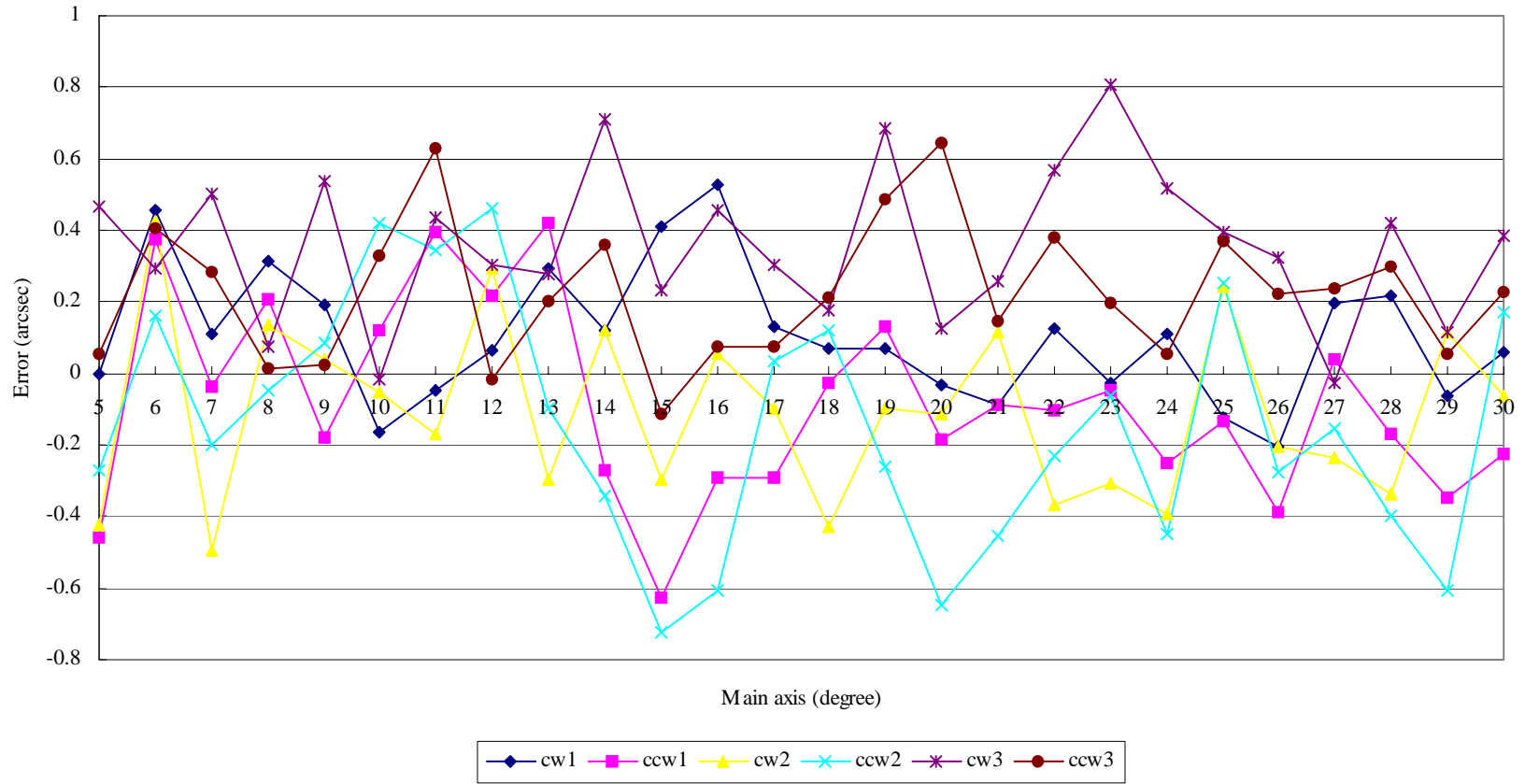


圖九： ϕ 角的平行度量測結果 (CW)



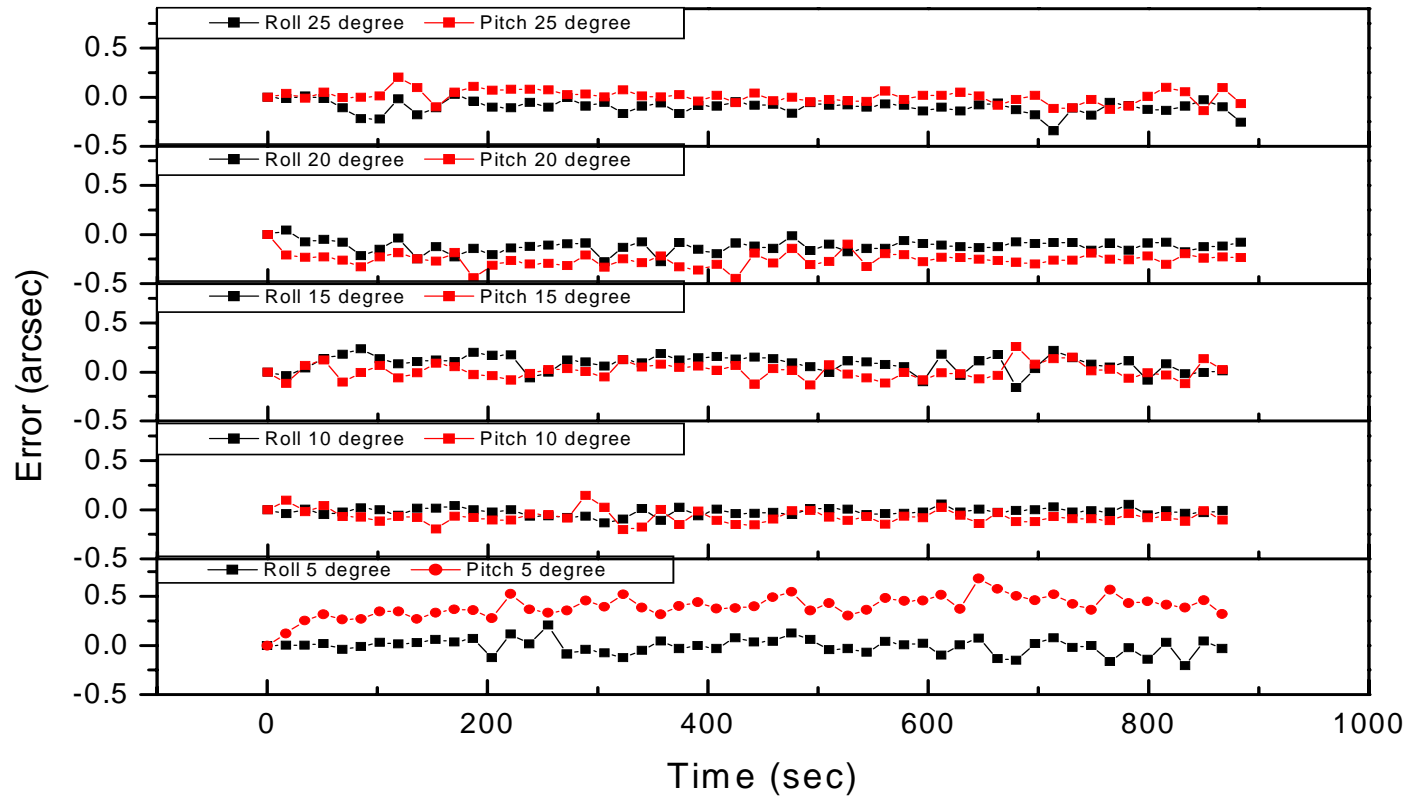
圖十： ϕ 角的平行度量測結果 (CCW)

Crystal parallelism with Piezo feedback (pitch) 1029

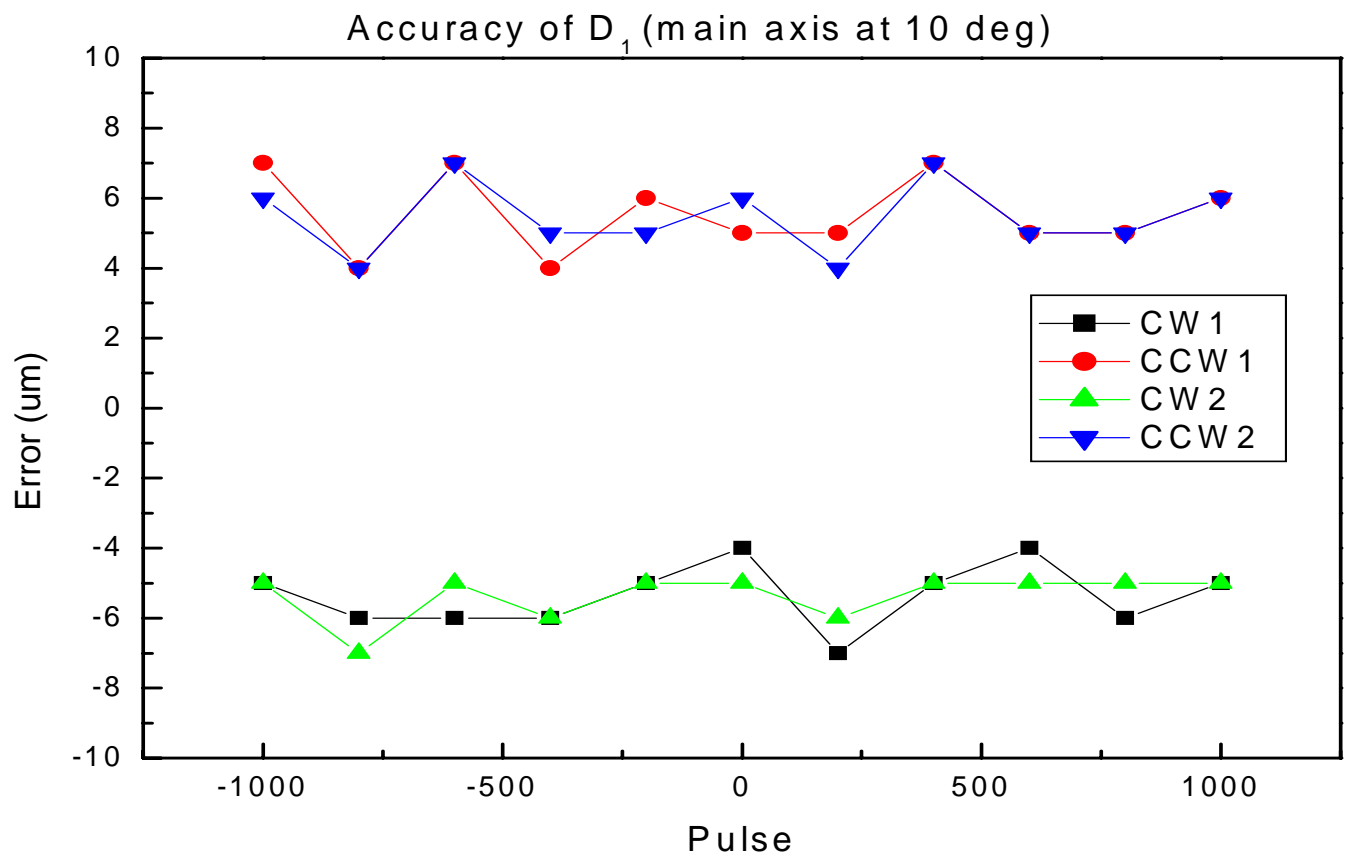


圖十一：在 PZT 回饋下檢查兩晶面的布拉格角度之差($\Delta \theta_B$)

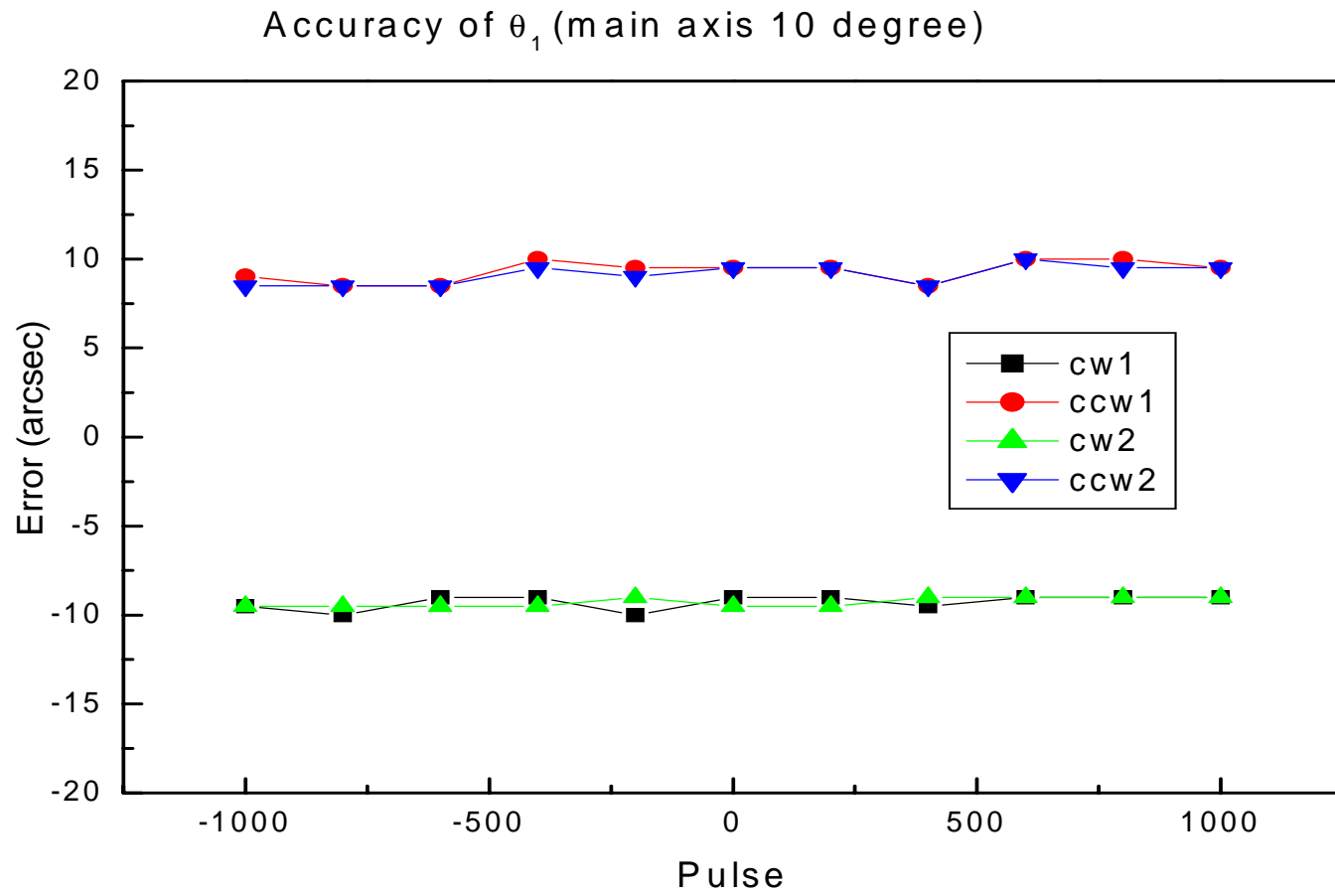
Stability of crystal parallelism



圖十二：兩晶面平行度的穩定性量測

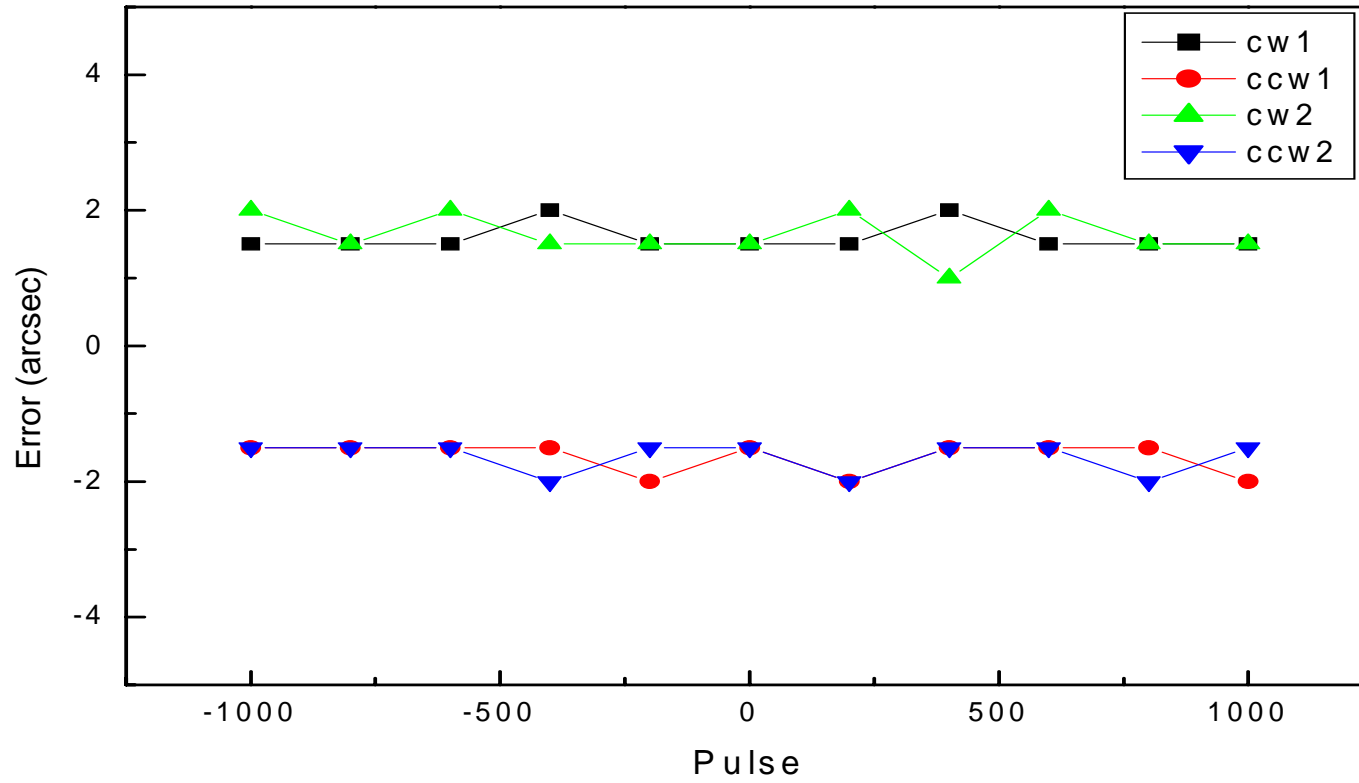


圖十三： D_1 的精度量測， D_1 的機械解析度為 $0.025 \mu\text{m}$ 。



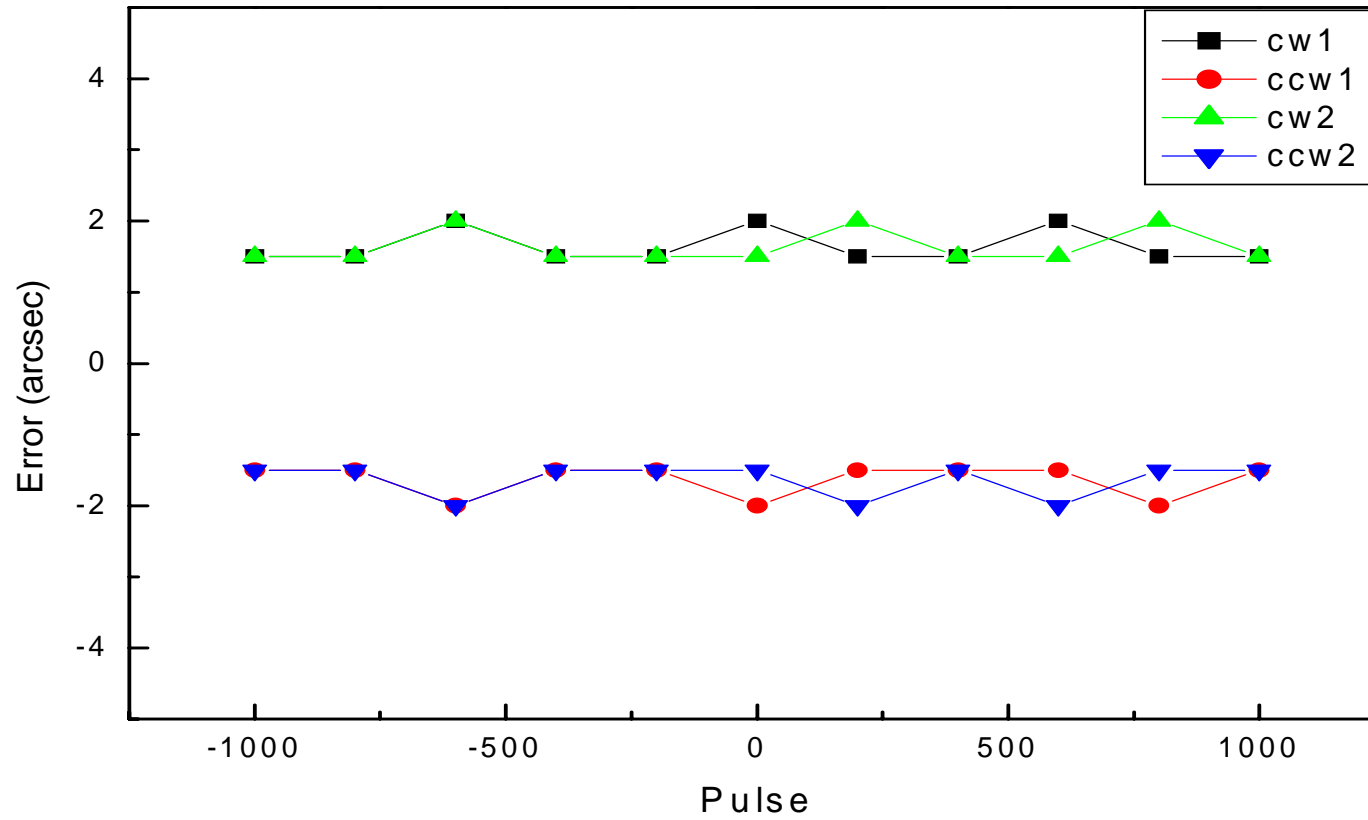
圖十四： θ_1 的精度量測， θ_1 的機械解析度為 0.05"。

Accuracy of ϕ_1 (Main axis 10 degree)



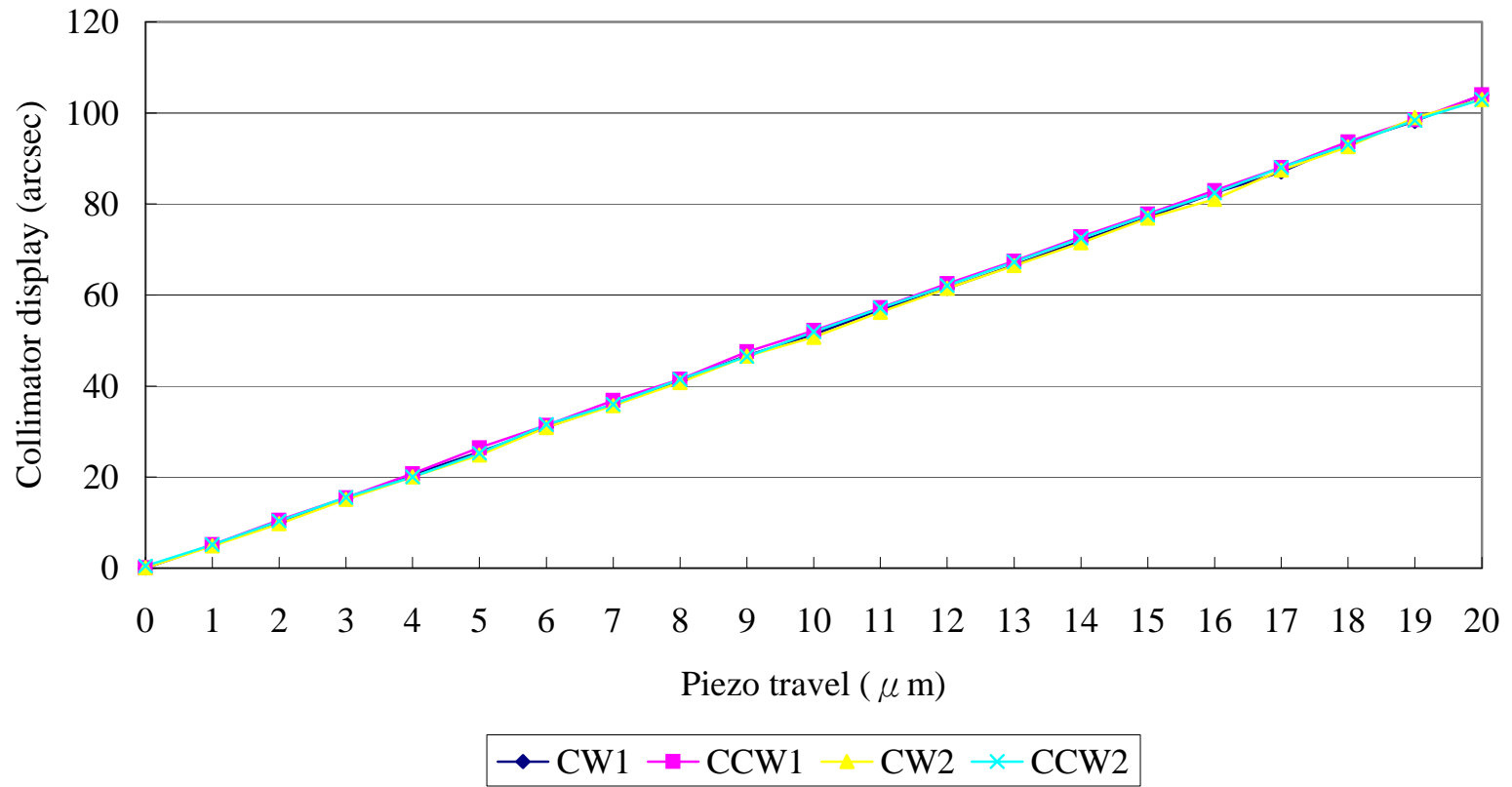
圖十五： ϕ_1 的精度量測， ϕ_1 的機械解析度為0.05"。

Accuracy of ϕ_2 (Main axis 10 degree)

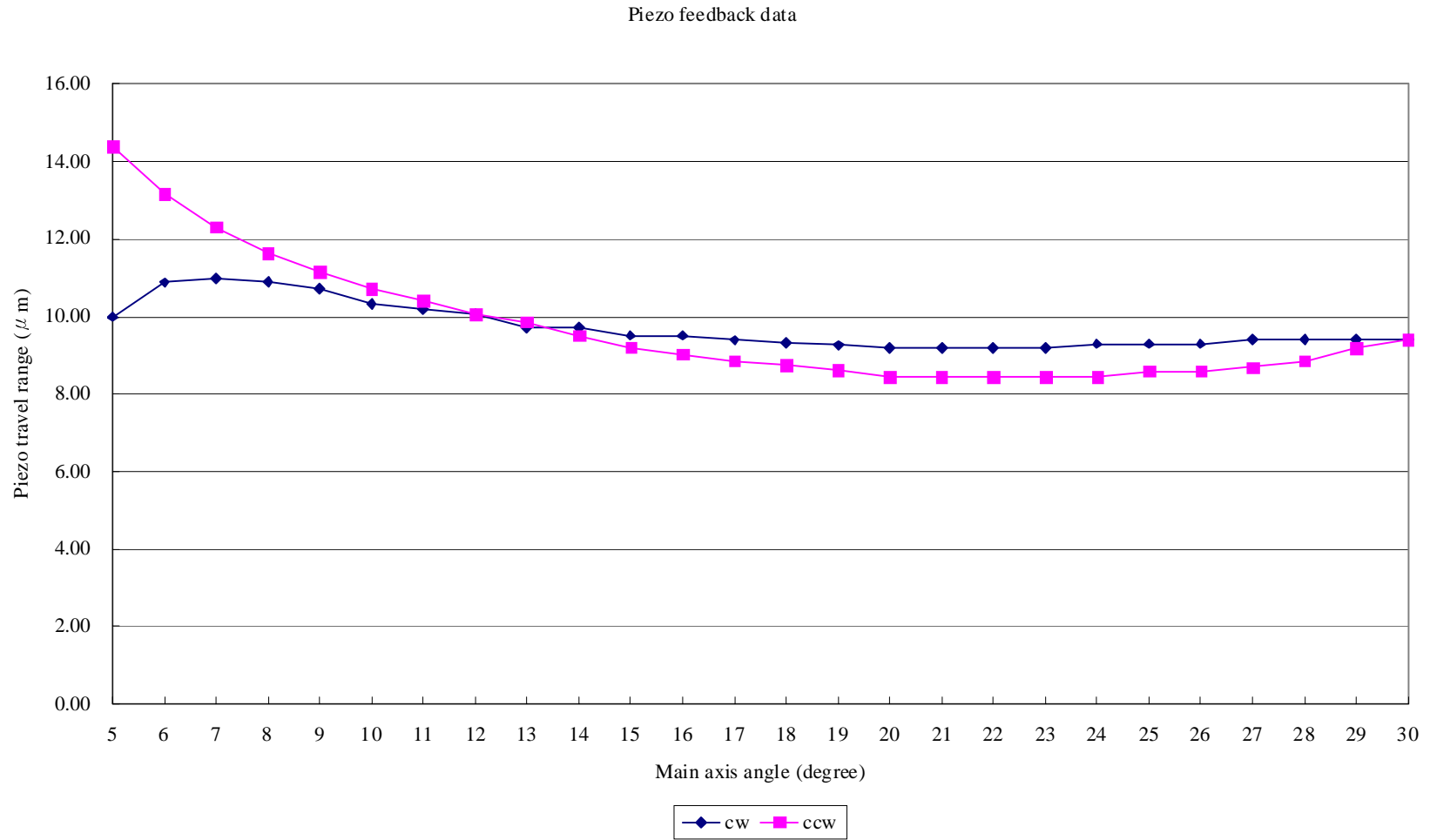


圖十六： ϕ_2 的精度量測， ϕ_2 的機械解析度為 0.05"。

Piezo hysteresis

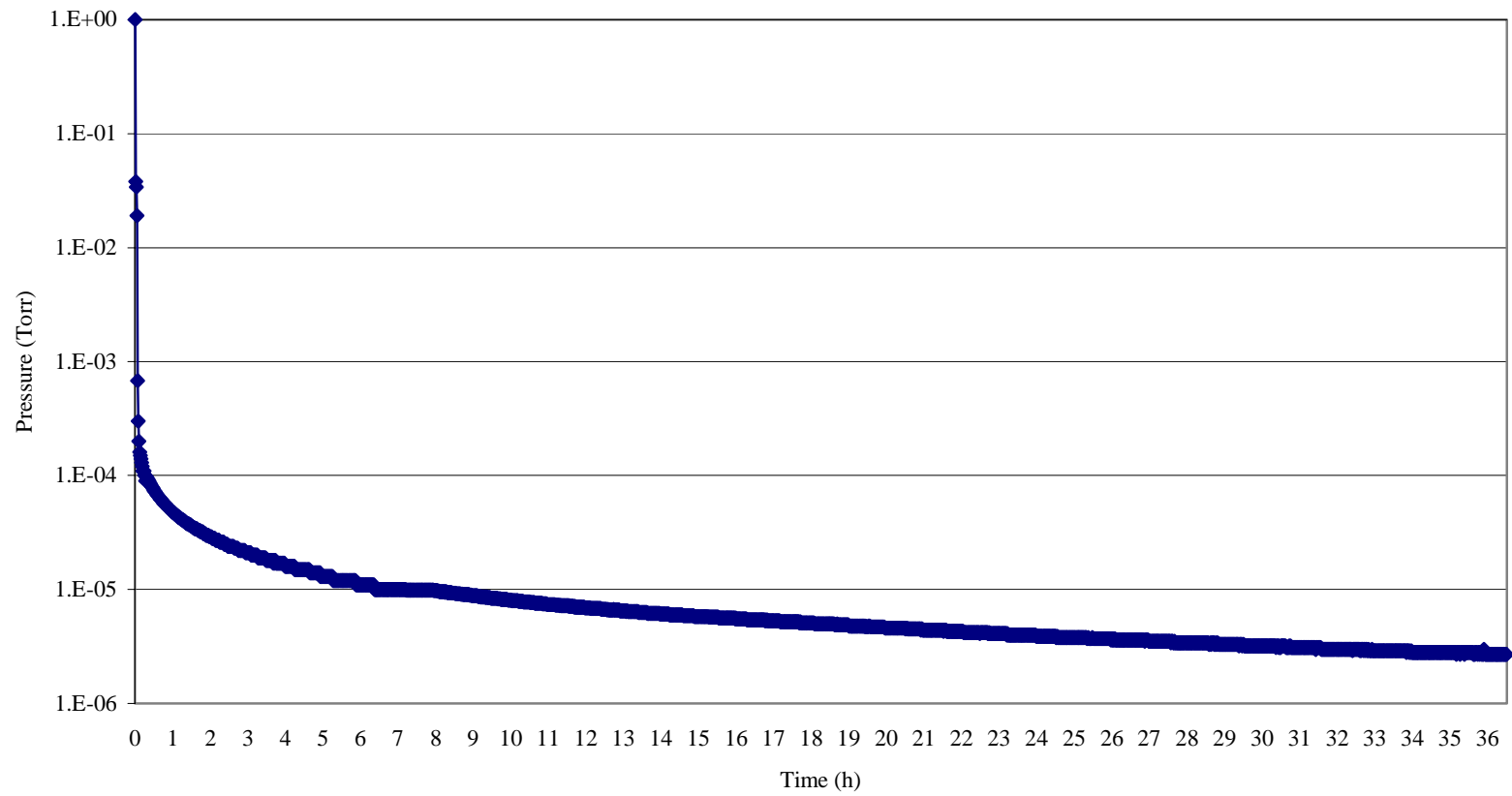


圖十七： PZT 伸長度量測。

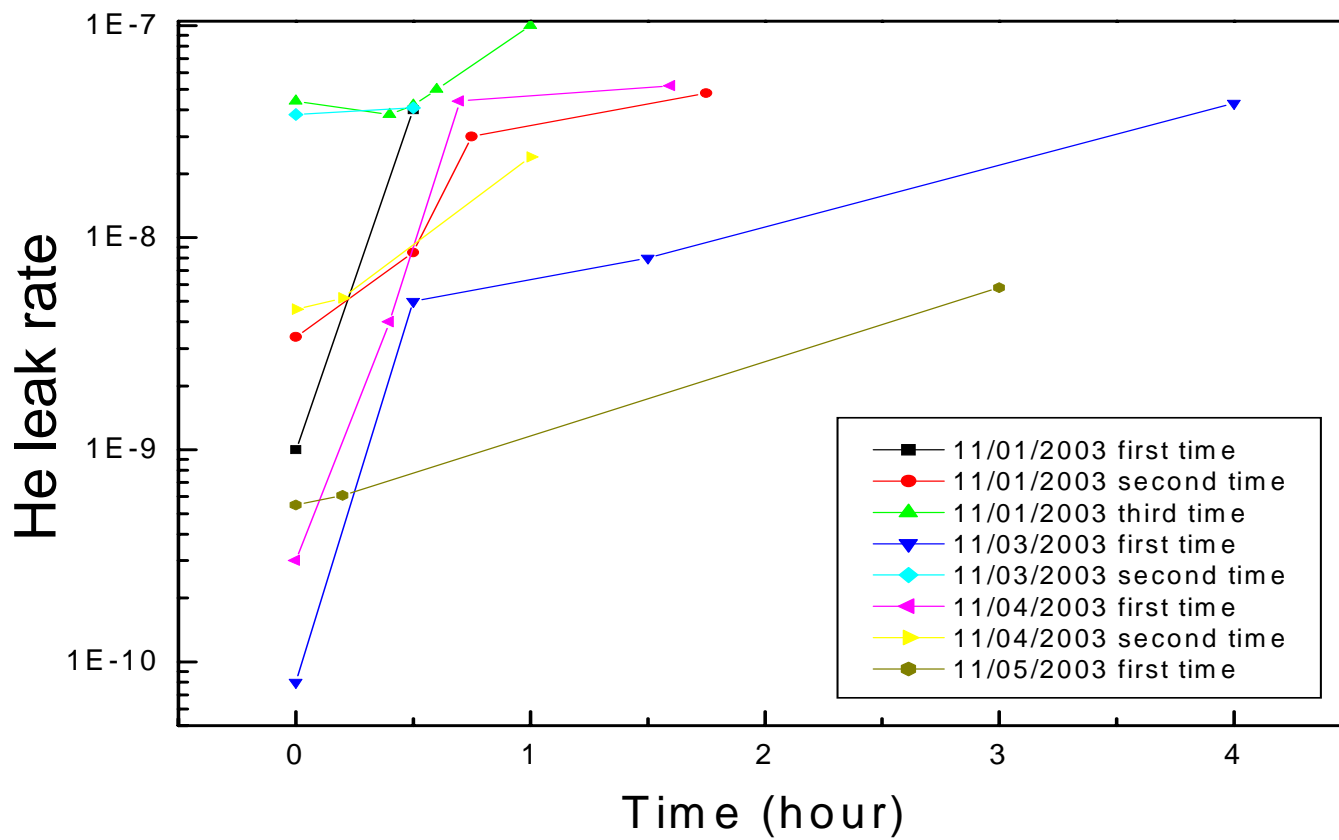


圖十八： 在 PZT 回饋下的主軸角度與 PZT 的伸長度變化。

Pumping down measurement



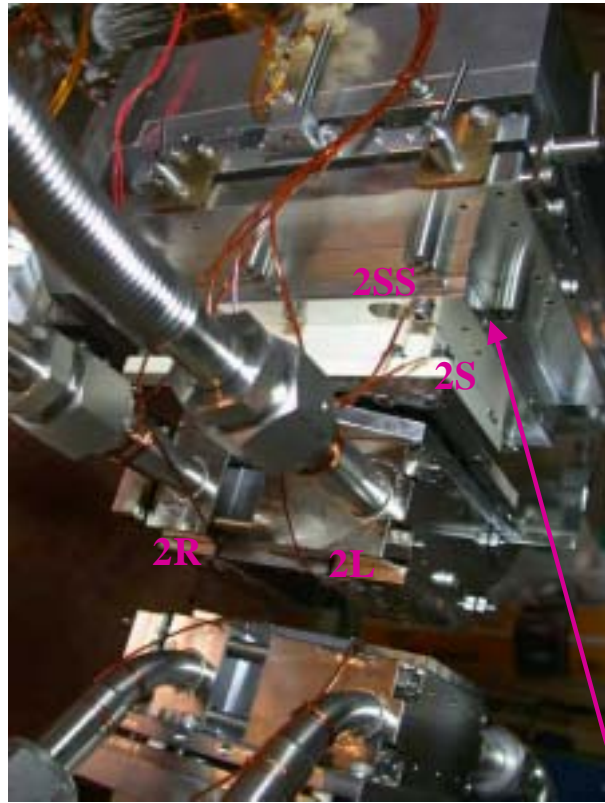
圖十九： DCM 在 Kohzu 公司的真空量測結果



圖二十： DCM 在 NSRRC 的真空量測結果

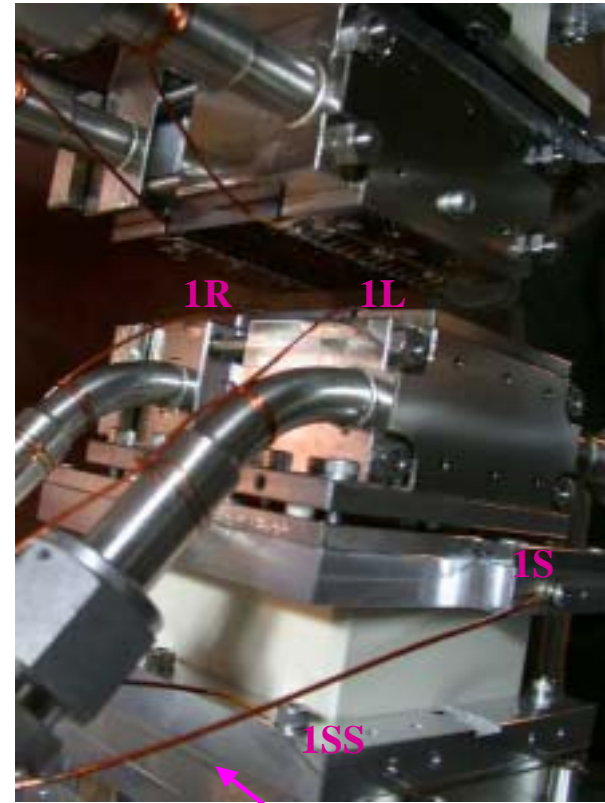
Thermocouple position on the crystal, 2003, 12, 18

Second crystal



Heater 2

First crystal



Heater 1

圖二十一：DCM 雙晶體上溫度量測的佈線圖

KOHZU

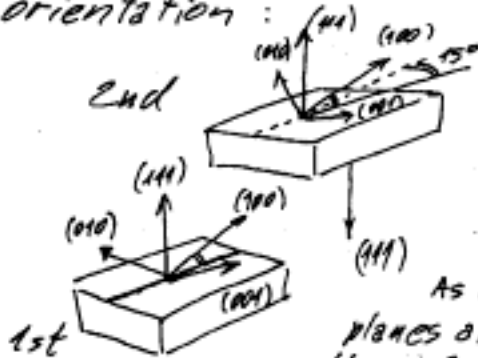
KOHZU Precision Co., Ltd.
 2-6-15 Kurigi, Aoo-ku, Kawasaki-shi, Kanagawa 215-8521 Japan
 Phone: +81-44-981-2131 Fax: +81-44-981-2181

To: Dr. Lee-Jene Lai
 NSRRC Taiwan

Tokyo, Oct. 30

Dear Dr. Lee-Jene Lai,

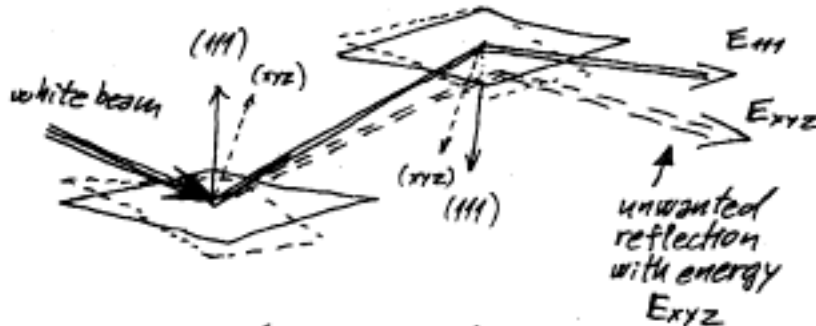
Please see illustration of 15° offset of crystal orientation:



2nd crystal is turned 15° with respect to the 1st one in the yaw direction.

As a result, (111) planes are parallel, any other planes are not.

This is done in order to eliminate possibility of "parasitic" reflections, which may happen otherwise:



Best regards

Kovacic

Vladimir Kovacic

RECEIVED TIME 30.OCT. 9:43

PRINT TIME 30.OCT. 9:44

圖二十二：DCM 雙晶體放置時於第二晶體有斜置 15°