

NEG 鍍膜真空腔之光子引發釋氣

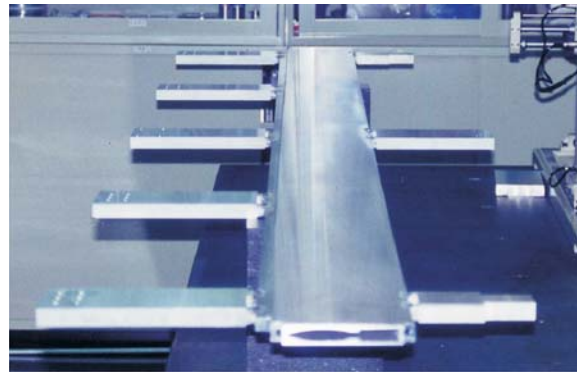
楊佳螢、熊高鈺、李燕村、陳俊榮(國家同步輻射研究中心儀發組)
羅文彬(清華大學原科系)

在國家同步輻射研究中心(National Synchrotron Radiation Research Center, NSRRC)1.5 GeV 電子儲存環中，為維持超高真空環境($< 1 \times 10^{-10}$ Torr)，除選用無油幫浦外，離子幫浦與非蒸發式結拖(non-evaporable getter, NEG)幫浦的配合使用亦可得到較佳的氣壓表現。然而在一些較為特殊的地方，如插件磁鐵內的真空腔，為使此段真空腔維持較佳的真空度，其真空腔體的設計也有所不同。

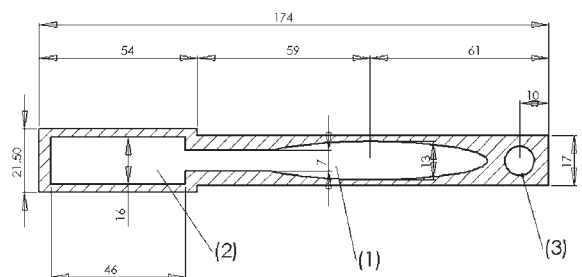
NEG 鍍膜技術是由歐洲原子核共同研究中心(CERN)所研發出一種針對因氣導限制抽氣速率而提供真空腔體本身抽氣的一種抽氣方式^[1]。因為真空腔體內部皆鍍上NEG膜，所以可獲得極大的抽氣面積與速率。且經由活化的過程，可再得到極為新鮮乾淨的表面，可以大幅減少光子引發釋氣率及二次電子產率，除了增長儲存環中電子束的生命期外，並降低電子束與氣體分子作用產生的輻射劑量^[2]。

插件磁鐵真空腔的結構

安裝於NSRRC 1.5GeV 電子儲存環插件磁鐵中的真空腔高度，需配合插件磁鐵最小之磁極間隙來設計，尤其真空腔的長度可長達約4.5公尺。在真空腔方面，除製造與安裝尺寸精度的要求外，烘烤後及儲存環電子束運轉時真空氣壓值也需符合小於 3×10^{-10} Torr之基本要求。因此，在真空腔材料的選擇、製造、加工、清洗、銲接、抽氣幫浦的安裝、支架夾具設計製造與烘烤變形量的控制等等皆極為重要^[3,4]。圖一為本實驗所用之U9 插件磁鐵真空腔實體照片(長約4.5米)。就其截面幾何結構來看，可分為三部份(如



圖一 U9 插件磁鐵真空腔體實體照片(長約4.5公尺)



圖二 U9 真空腔截面示意圖

圖二所示)，包括(1)電子束橢圓軌道腔、(2)抽氣腔、(3)冷卻水道等。左側長方形抽氣腔在儲存環現有系統中使用ST707 條狀NEG幫浦，但本實驗中未裝入此部份。而冷卻水道則是為移除受同步輻射光照射所產生的熱。為了能有效抽除在此處產生的大量光子引發釋氣，實驗在U9 插件磁鐵真空腔鍍上NEG薄膜以研究光子引發釋氣的表現行為。

NEG 抽氣原理

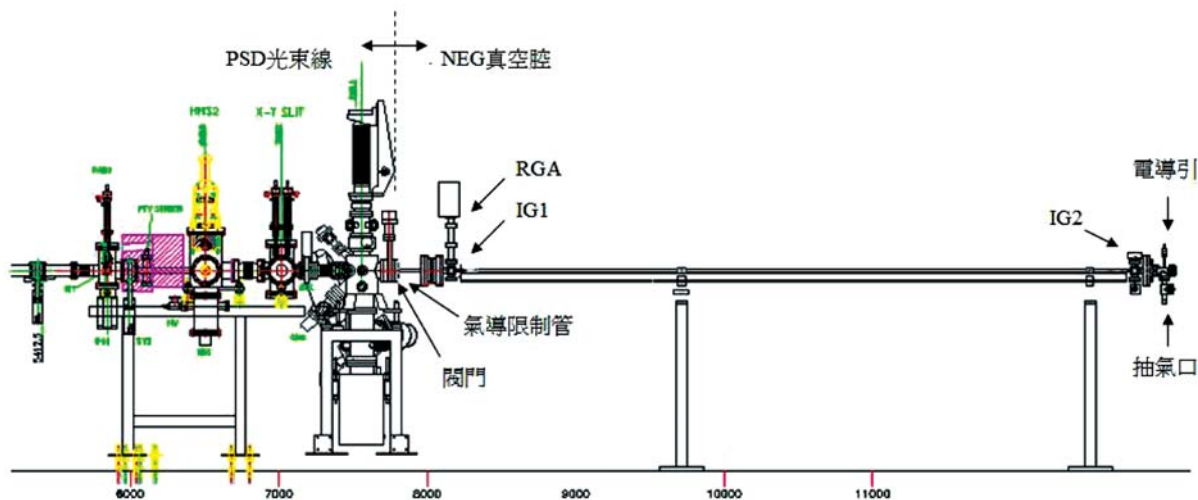
本實驗腔之NEG膜是由鋯(Zr)、鈦(Ti)、鈮(V)三種元素依一定比例(Ti30%、Zr30%、V40%)，使用磁控濺鍍方式濺鍍於真空腔的內表

面。NEG 鍍膜表面的多孔性可增加對活性氣體的吸附表面積而提高抽氣速率，利用高溫活化時藉由濃度梯度與擴散原理使表面吸附飽和的氣體分子分解成原子後往裡層擴散，因而再次產生一新鮮表面，達到原抽氣效果^[5]。文獻指出，鍍膜溫度控制在低於 200 °C 時將增加 NEG 膜表面的粗糙度與多孔性，此將可得到較大的抽氣速率及表面吸附容量。另考慮到真空腔體本身機械結構與強度，活化溫度不能太高，不銹鋼材料是低於 400 °C，鋁合金則是低於 200 °C。值得注意的

是，為避免 NEG 鍍膜飽和而影響甚至喪失其抽氣能力，真空腔運送時以一大氣壓之乾燥氮氣保護，實驗室的存放以真空保存為原則，以免加快 NEG 鍍膜因內部飽和而失去抽氣作用。

PSD 光束線與實驗系統

本實驗利用國家同步輻射研究中心儲存環的 19B1 光束線連接 U9 真空腔以進行光子引發釋氣 (Photon Stimulated Desorption, PSD) 之研究，實



圖三 19B1(PSD) 光束線實驗系統圖

表一 U9 真空腔於 19B1(PSD) 光束線測試之光源參數

Beam energy	$E=1.5 \text{ GeV}$
Beam current	$I_e=200 \text{ mA}$
Critical energy	$\epsilon_c=2.14 \text{ keV}$
Photon span	$\alpha=1.28 \text{ mrad}$
Incident angle	$\theta=6 \sim 9 \text{ mrad}$
Photon flux	$\Gamma=2.46 \times 10^{14} I_e \text{ ph/s}$

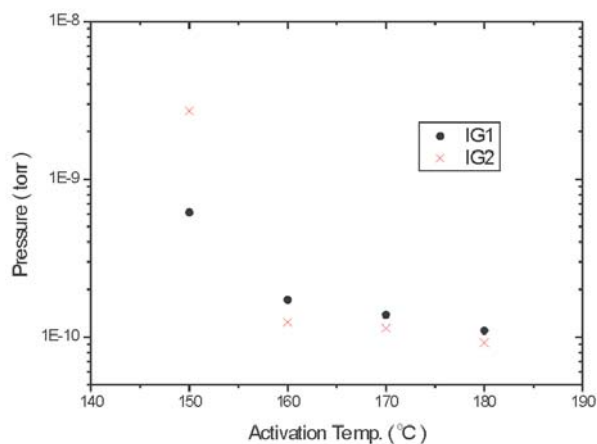
驗系統如圖三所示。光束線光譜為白光(即涵蓋大部分能量的光源)，在電子束能量1.5 GeV時，其光子臨界能量為2.14 keV，而照射在NEG 鍍膜腔體的入射角為6-9 mrad(腔體距光源約8米)，相關參數如表一所列。

在實驗系統方面，透過一氣導限制管、軟管(Bellows)與PSD系統分析腔連接，並以一閥門隔絕實驗腔與PSD分析腔。光子引發釋氣率的測量，由氣導限制管(氣導值約為10 L/s)及限制管兩邊的壓力差計算出實驗腔體的光子引發釋氣率，同時在腔體前端安裝殘餘氣體分析儀(Residual Gas Analyzer, RGA)以分析腔體內殘餘氣體質譜(圖中NEG 真空腔尾端之抽氣口只在腔體烘烤活化時開啓，實驗進行時是關閉狀態)。

實驗結果與討論

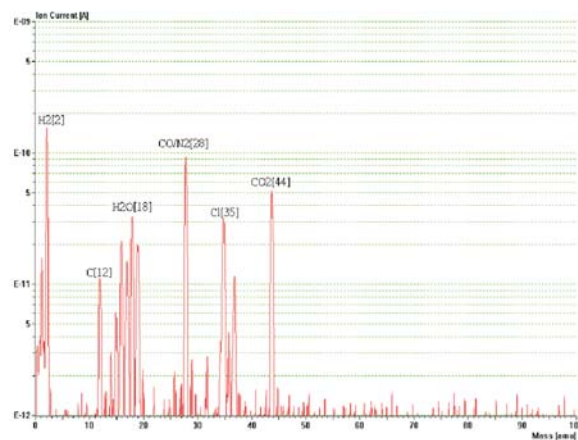
(1) 活化溫度

當實驗腔體與PSD光束線連接後，經由抽氣、測漏、烘烤等步驟後，隨即進行相關實驗測試。實驗首先對腔體施以150°C、20小時的烘烤活化，記錄其氣壓、質譜與光子引發釋氣率，再以每10°C的方式使活化溫度提高至180°C。圖四為在不同的活化溫度下所得到的最低氣壓值，當活化溫度達160°C時，真空計1(IG1)與真空計2(IG2)氣壓值明顯下降，明顯呈現NEG 鍍膜的抽氣效能。而活化溫度在150°C時，因NEG 腔體無抽氣作用，IG1 位置較靠近抽氣端(PSD 光束

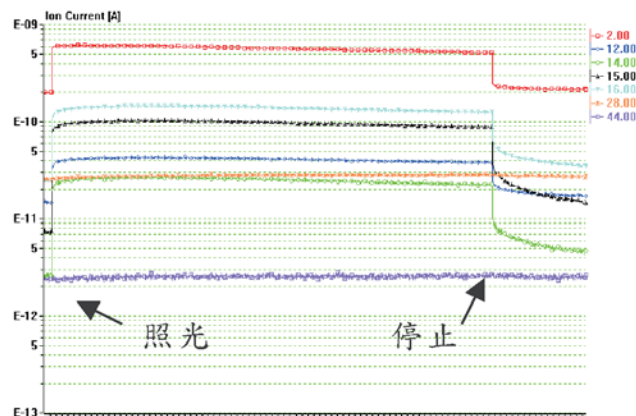


圖四 U9 真空腔在不同活化溫度下之兩端最低氣壓值

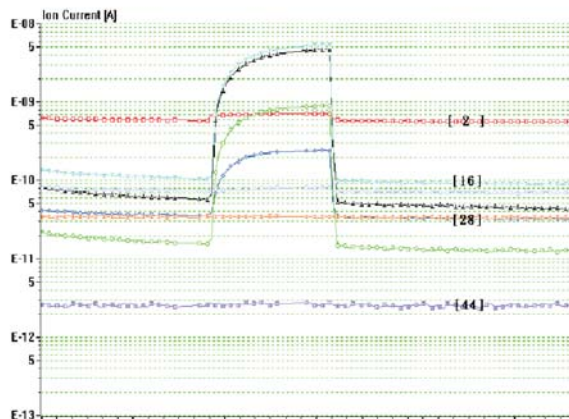
線)因而氣壓較低，而IG2 因受腔體本身氣導限制導致氣壓偏高。



圖五 U9 真空腔活化後殘餘氣體質譜圖



圖六 U9 真空腔受光照射之光子激發釋氣分壓氣體變化趨勢圖



圖七 U9 真空腔隔離光束線後之腔體氣壓增建曲線

(2) 光子引發釋氣及殘餘氣體分析

圖五為活化後主要的殘餘氣體質譜，包括

[2](氫氣)、[28](一氧化碳或氮氣)、[44](二氧化碳)等等，其中[18]水氣訊號及[35]氯訊號偏高的原因懷疑是系統處理不完全所致。在光子照射下，本實驗發現所產生的[2]與[28]的量遠小於[16](甲烷)的量(如圖六所示，橫軸為時間軸，縱軸表各分壓相對大小)，這表示此時NEG膜對氫氣與一氧化碳具有抽氣作用。再由關閉閥門而得的氣壓增建(build-up)曲線(如圖七，橫、縱軸同圖六)來看，[2]與[28]並沒有上升的趨勢(表示NEG膜有抽氣作用)，相反的甲烷[16]等氣體因無幫浦抽氣而氣壓明顯上升。比較光子引發釋氣與氣壓增建法兩種結果，雖然兩者的條件不盡相同(光子引發釋氣為動態真空、氣壓增建法為靜態真空)，但NEG膜在動態或靜態真空皆可發揮作用。圖八表示在不同活化溫度時，在光子激發下主要殘餘氣體分壓變化情形。從結果中可知活

化溫度越高，氣壓上升量就越小。雖然活化溫度達160 °C即可發揮作用，但隨光子累積劑量(Dose)增大，各分壓仍有下降的趨勢(圖九)，表示同步輻射光對NEG膜仍具有清潔(cleaning)的作用。

總結

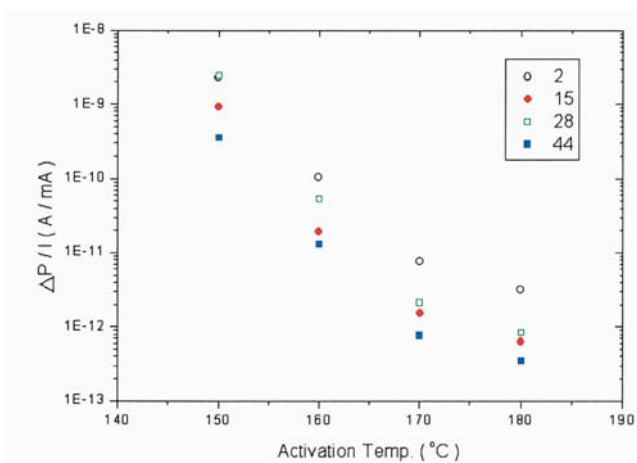
本實驗室進行了NEG鍍膜真空腔的照光測試，結果顯示經160 °C以上烘烤活化後其氣壓可達 1×10^{-10} Torr的超高真空環境。由質譜圖來看，雖然受光子激發時[2]氫氣與[28]一氧化碳仍然是主要的殘餘氣體，但卻遠小於甲烷等氣體的量，表示NEG膜對氫氣與一氧化碳具較高的抽氣速率。

致謝

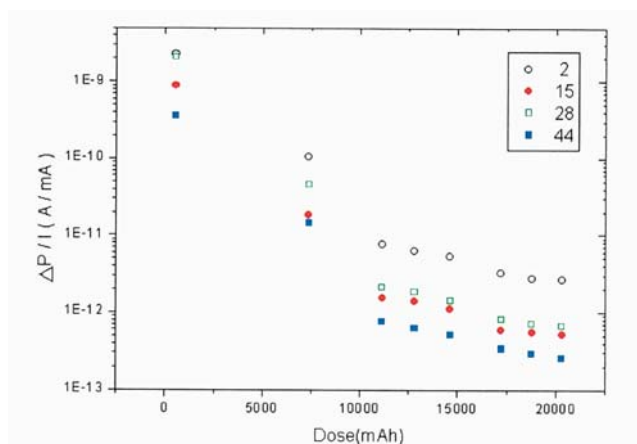
作者們感謝機械定位小組林家瑞先生在腔體準直與定位上的協助及真空組同仁的幫忙與協助。

參考文獻

- [1] C. Benvenuti, P. Chiggiato, F. Cicoira, and Y. L. Aminot, *J. Vac. Sci. Technol. A* **16**, 148 (1998).
- [2] P. Chiggiato and R. Kersevan, *Vacuum* **60**, 67 (2001).
- [3] D. J. Wang, J. R. Chen, G. Y. Hsiung, J. G. Shyy, J. R. Huang, S. N. Hsu, K. M. Hsiao, and Y. C. Liu, *J. Vac. Sci. Technol. A* **14**, 2624 (1996).
- [4] 張世泓、許瑤真、熊高鈺、王端正、許憲能、魏文熙、蕭可明、林再福、翁宗賢、陳俊榮，*真空科技*十三卷三期，48 (2000).
- [5] C. Benvenuti, P. Chiggiato, P. Costa Pinto, A. Prodromides, and V. Ruzinov, *Vacuum* **71**, 307 (2003).



圖八 U9 真空腔在不同溫度活化後之光子激發釋氣分壓圖



圖九 U9 真空腔之PSD分壓對累積曝光劑量關係圖