超高真空系統測漏標準作業程序

一、前言

1. 根據實驗室規範，操作本系統前，必須取得合格操作人執照。

2. 真空系統不可能完全不漏氣，因此只要漏氣率符合真空腔體出廠時的規格即可。

3. 假漏 (virtual leak) 與實漏 (real leak) 的判定

假漏：真空系統中所有可能產生氣體的機制均屬於假漏，例如：真空腔體表面吸附氣體的脫附、腔壁內部陷補或溶解的氣體經由擴散機制至腔體內，以及任何蒸氣壓高的物質包括污染等在真空腔內蒸發均為假漏，如 Figure 1 所示。假漏的現象有一特點，即上述發生的氣體壓力達到與其周圍壓力相等時即產生平衡，故壓力不再上升。

實漏：外部氣體經由腔體、管壁銲接缺陷或有刮傷刀口之法蘭及接頭等處進入腔體內部，如 Figure 1 所示。若有實漏發生，停止抽氣後腔體壓力最終將會與環境壓力達到平衡。

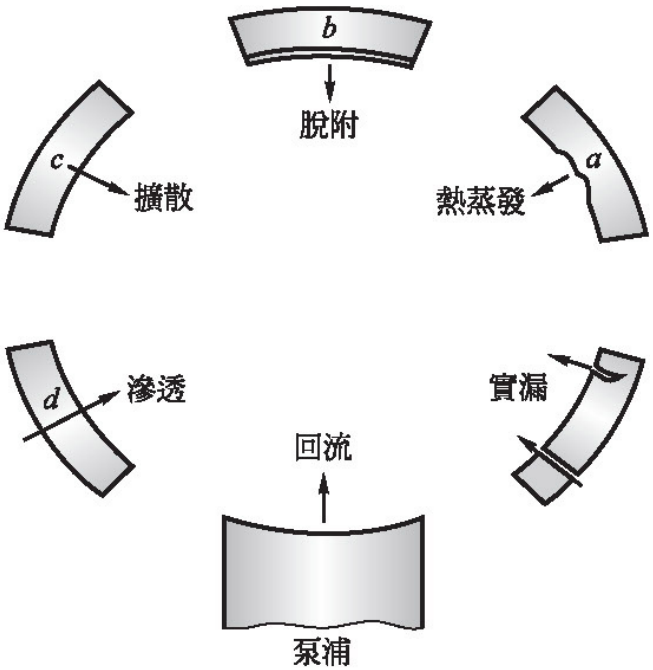

Figure 1. 真空系統的可能漏氣途徑，其中 a,b,c,d 為假漏的可能方式。

4. 漏氣的各種可能途徑

4.1. 材料製造過程及加工處理：小孔、裂縫、銲接處的裂痕以及材料加工的紋理等。

4.2. 材料本身的性質

用來作真空系統的主體如真空腔，或真空元件如管路、氣密襯墊以及絕緣體等材料，其本身即具有某種性質可能為漏氣的條件。故只要選用此種材料即無法避免漏氣。

4.2.1. 多孔性材料的微孔

有些陶瓷絕緣體或襯墊具多孔特性，故應考慮含有此類材料的真空元件可能的漏氣率。

4.2.2. 分子或晶體間隙的滲透 (permeation)

滲透的機制為氣體分子經由材料的分子間隙或晶格間的空隙穿過進入真空系統內部。除非更換不同的材料，否則滲透將不可避免且無法改善。滲透與環境溫度、材料選用、氣體分子大小以及氣體分子濃度有關。例如，玻璃及石英在性質上較金屬材料容易被滲透，又氫氣或氦氣因分子較小，所以比氧氣或氮氣容易滲透。

5. 測漏時機：壓力未達幫浦所被預期的工作極限、抽氣速率過慢、真空系統再組裝或翻修後以及實驗品質管制（例：因實驗需要監測特定氣體分壓）。

6. 初步判定假漏與實漏的方法：將幫浦與系統間的閥門 (gate valve) 關閉，同時觀察壓力隨時間的變化。其中壓力隨時間線性上升為實漏；壓力上升至一定值後回氣率明顯趨緩則為假漏；若假漏和實漏同時發生，則呈持續上升的曲線。

Table 1. 真空度分級表

真空度	壓力範圍 (torr)	抽氣幫浦	主要殘留氣體
Rough Vacuum	760 ~ 1	Scroll Pump	空氣、水蒸氣、二氧化碳及高揮發溶液
Medium Vacuum	10^{-1} ~ 10^{-3}	Scroll Pump	除上述氣體以外，尚有氫氣
High Vacuum	10^{-4} ~ 10^{-8}	Scroll Pump Turbo Pump	大部分為氮氣、氫氣與一氧化碳
Ultra High Vacuum	< 10^{-9}	TSP Ion Pump	

(1 torr = 1 mmHg = 1.33 mbar = 1/760 atm)

二、真空元件安裝方法：

1. 以安裝 Flange 為例，其動作要領是「十字對稱鎖法」，如 Figure 2 所示。

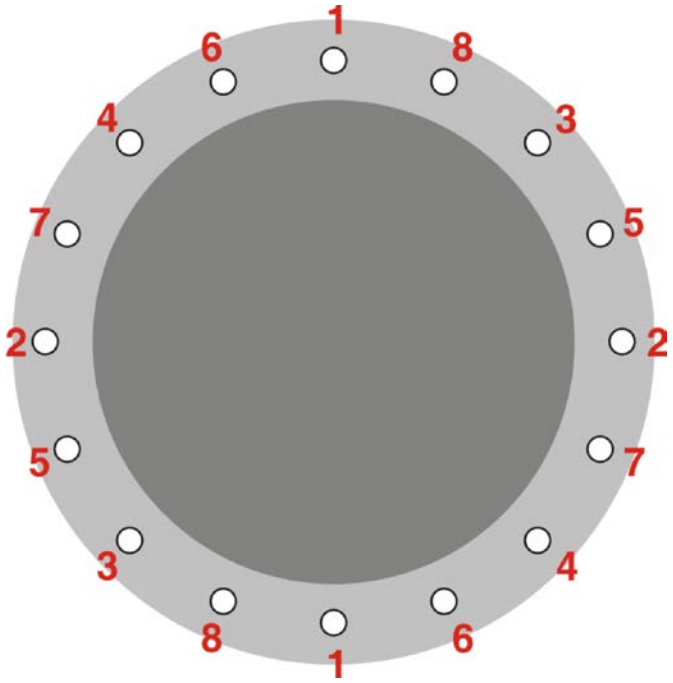

Figure 2. 十字對稱鎖法示意圖

2. 建議同時由兩人以對角線的方式操作。注意用板手鎖螺絲時，不可一次鎖到最緊，應以十字對稱法重複二到三次，最後用一般力道鎖緊後，最多再鎖四分之一圈即可，避免螺牙損壞或是施力不平均導致漏氣，如 Figure 3 所示。

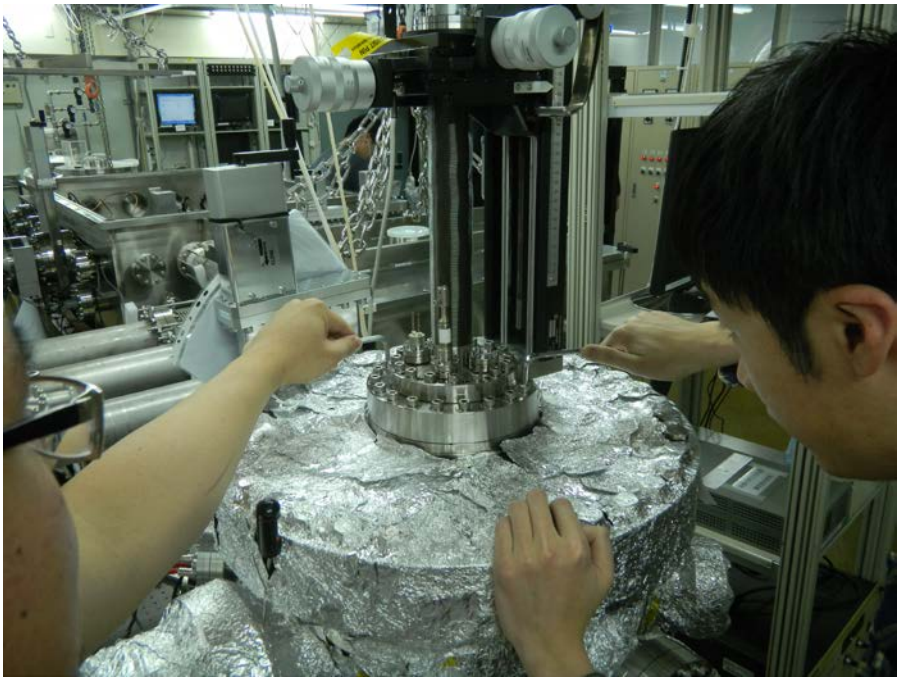

Figure 3. 真空元件安裝方法

三、常見的漏氣原因

1. 閥門、管線以及 Cast Clamp 等處已損壞。

2. 在安裝元件時，因操作錯誤而導致實漏。

3. 未確實依＂標準作業程序＂抽真空。

4. 腔體內的物件具有高揮發性或表面已遭受汙染。

四、低真空度的測漏方法：酒精測漏法

1. 酒精測漏法即利用真空計測漏，最有效的真空範圍在粗略真空至中度真空。測漏時在可疑的地方滴酒精，若酒精噴灑在漏處時真空計上會出現壓力上升的現象，則代表該處有實漏，操作方法如 Figure 4 所示。

2. 在幫浦附近使用酒精測漏時，應注意酒精用量。

Figure 4. 酒精測漏法操作示意圖

五、超高真空度的測漏方法：氦氣測漏儀 (Helium Leak Detector)

1. 儀器在運轉時或電力中斷的五分鐘內，不可移動測漏儀，以避免造成渦輪幫浦損壞。

2. Vacuum Mode (小測漏件)

將氦氣測漏儀直接連接至待測漏系統，此種方法適合於高真空及超高真空系統，程序如下：

- 測漏件直接或以金屬軟管連接測漏儀之 KF 快速接頭。
- 按下測漏儀右後方主電力開關，薄膜真空機及渦輪真空機運轉；數位顯示畫面，選定 Vacuum 操作選項。
- 按下顯示螢幕右上方啟動/停止鍵，開始測漏件之抽氣。
- 當測漏件真空漏率趨於穩定值時，鋼瓶之氦氣以滴管小流量噴氦氣於接縫區域，當漏率上昇即顯示針孔位置。
- 檢測完畢，再一次按下顯示螢幕右上方啟動/停止鍵，停止快速接頭上端測漏件之抽氣；卸除金屬軟管，按下測漏儀右後方主電力開關，五分鐘後才移動測漏儀。

3. Sniffer Mode (大測漏件)

若待測漏真空系統無可接測漏儀的通口但有進氣裝置，則可將氦氣充入真空系統內而由系統的外部用嗅氣管在可疑位置找漏。因氦氣很容易從漏孔或裂縫等漏處溢出，故氦氣壓力並不需要太高，操作程序如下。

- 將測漏儀之 KF 快速接頭以盲板封閉；將 Sniffer 測頭後端的引線連接到測漏儀左後方的插座及抽氣接頭。
- 按下主電力開關，使薄膜真空機及渦輪真空機開始運轉；在數位顯示畫面中選定 Sniff 選項。
- 測漏件以管線充填大於一大氣壓之氦氣。
- 按下顯示螢幕右上方啟動/停止鍵，開始 Sniff 測頭之抽氣。當 Sniffer 偵測氦氣量為綠燈顯示

時，將測頭前端趨近量測區，按下手柄上開關，當燈號變為紅燈即代表漏氣位置。

- 檢測完畢，再一次按下顯示螢幕右上方啟動/停止鍵，停止 Sniff 測頭之抽氣；卸除氦氣管線及測頭引線，按下主電力開關，五分鐘後才移動測漏儀。

六、超高真空度的測漏方法 (Residual gas analyzer, RGA)

1. 先開啟 L310-PC-022 的 RGA 3.0 program 。

2. Open Connector List ，connect COM1 (如 Figure 5 所示)。

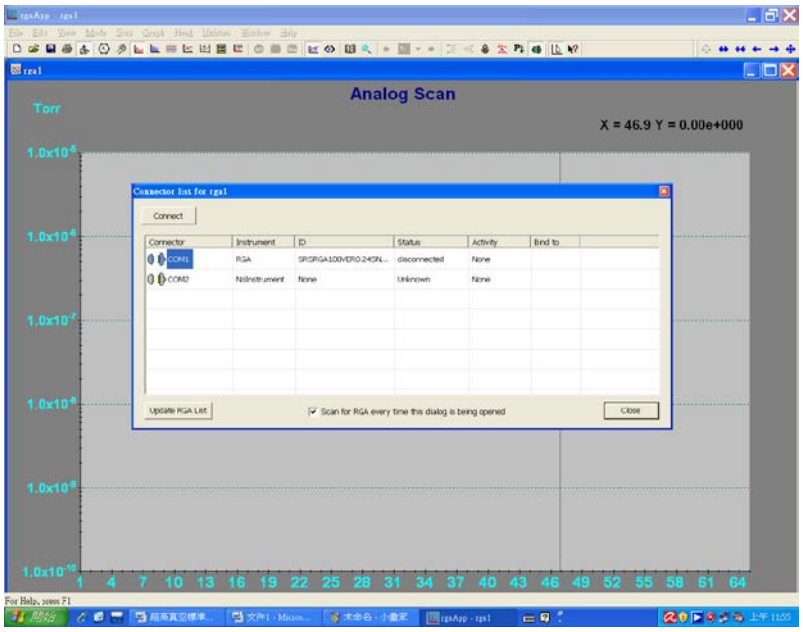

Figure 5. connect COM1 操作方式

3. 進行 Degas 步驟 (壓力須在 10^{-6} torr 下進行，以防燈絲損壞)，點選軟體介面上 Head 選項中的 Degas (如 Figure 6 所示)，此時 Ion Gauge 顯示的壓力值會明顯上升，當 Degas 完畢後，Figure 7 中的小視窗會自行關閉。

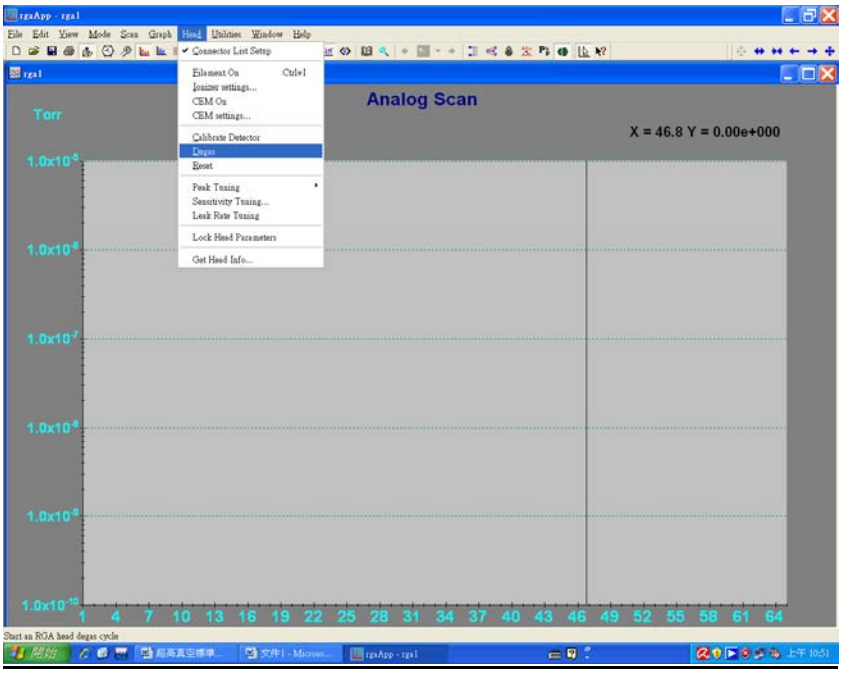

Figure 6. Degas 操作方式

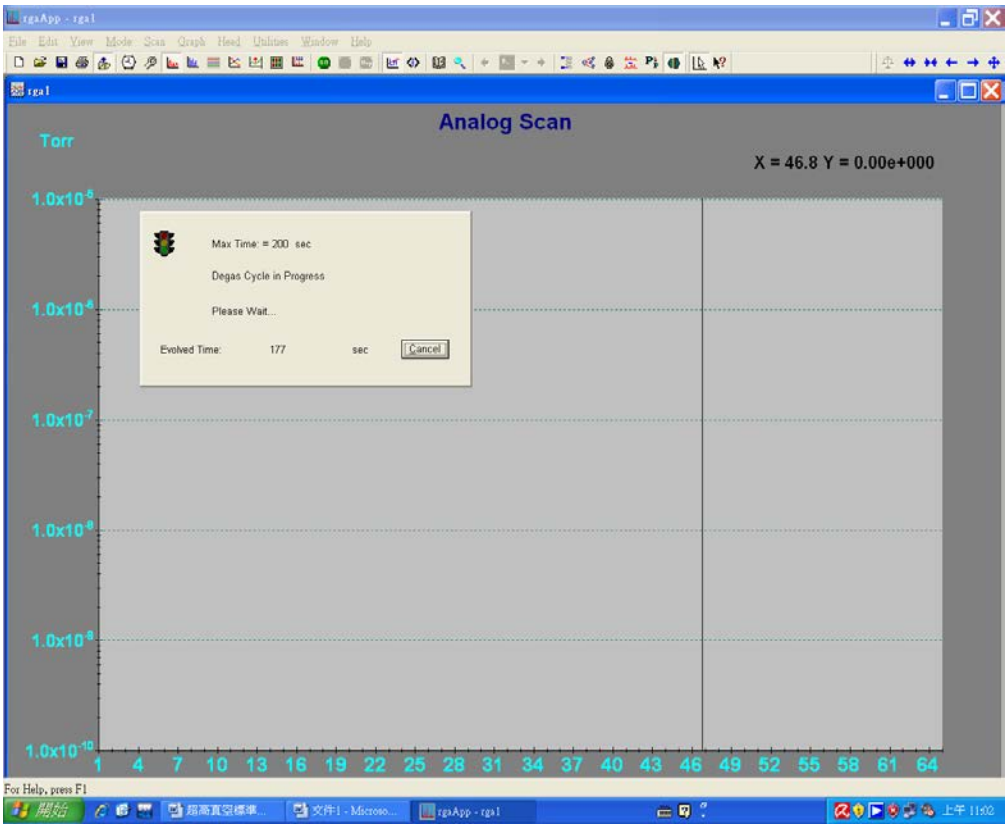

Figure 7. Degas Cycle in Progress

4. 接著按下軟體介面上的，Activating RGA Head Filament，當 RGA Head Filament 開啟後，Figure 8 中的小視窗會自行關閉，且變為。

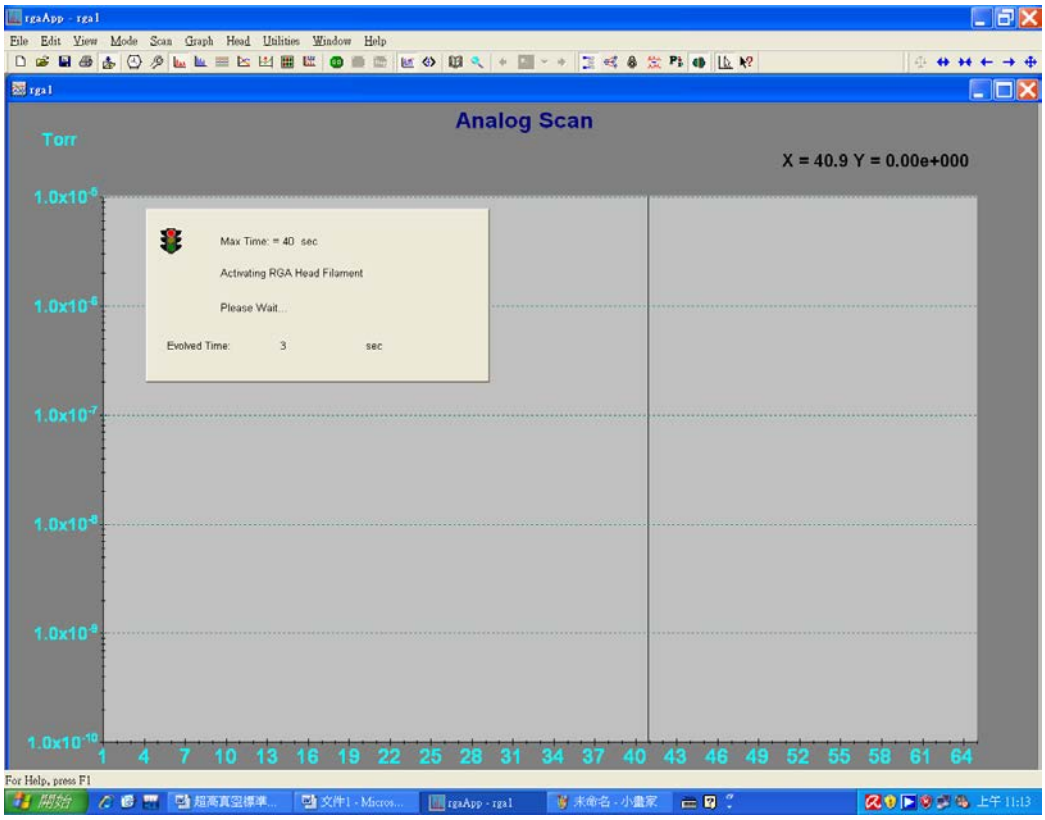

Figure 8. Activating RGA Head Filament

5. 經由軟體介面上的 Graph→X-Asis parameters 調整所需要量測的原子量範圍，接著選取所要的圖形資訊 。

6. 按下軟體介面中的 ，即開始進行腔體內的殘餘氣體分析 (如 Figure 9 所示)。

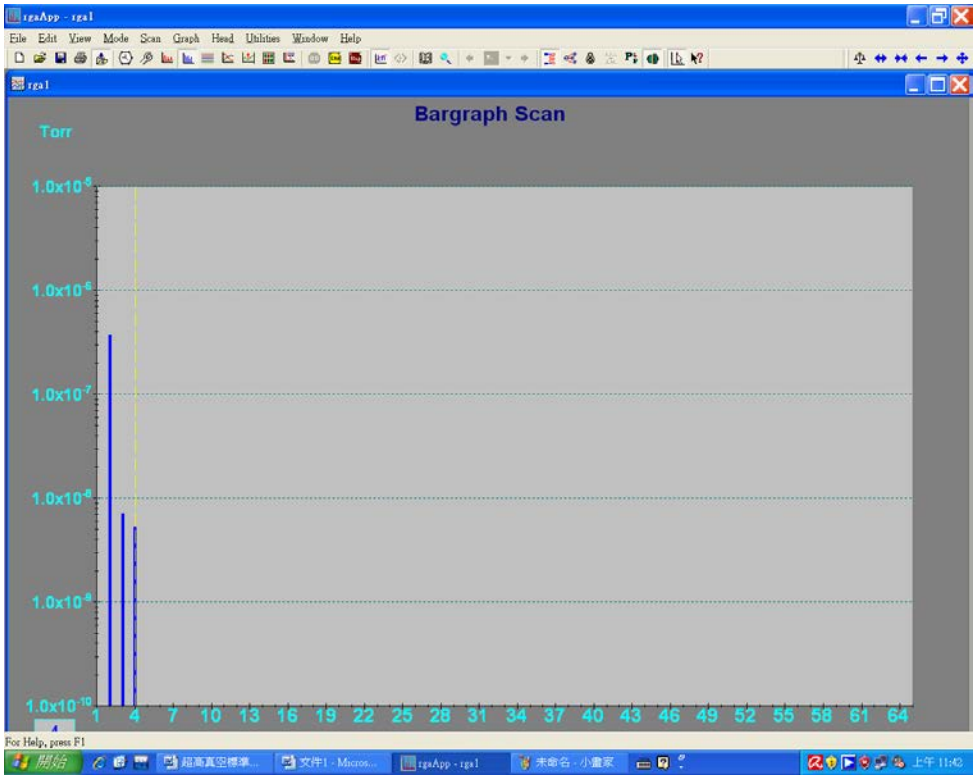

Figure 9. residual gas analyzing

7. 要關閉 RGA 時，先按下停止鍵 ，接著 Turning off RGA Head Filament，最後 disconnect COM1 即可關閉 RGA。

利用 RGA 進行測漏

1. 因為大氣中氮氣的含量最多，所以先利用氮氣測腔體是否有漏氣，先開啟 RGA 程式，按下 開始觀察氮氣的壓力變化情形，接著將 Gate Valve 皆關閉，固定時間觀察氮氣壓力的上升情形 (如 Figure 10 所示)，若氮氣的壓力上升太快表示腔體有漏氣的情形。

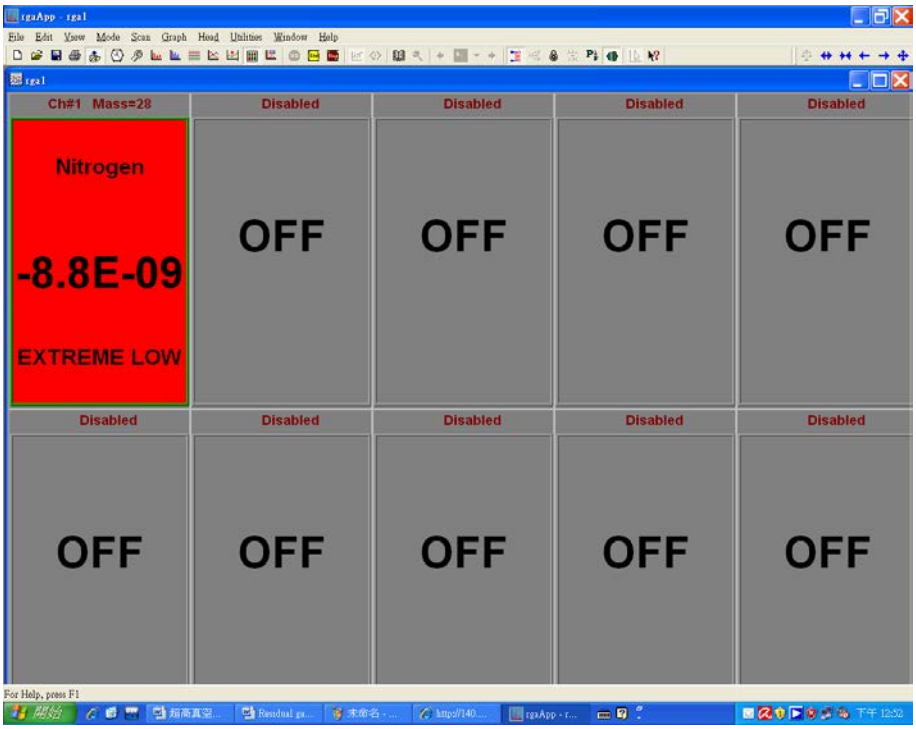

Figure 10. 氦氣含量檢測

2. 接著使用氦氣測漏，可以測得腔體局部是否有漏氣，將氦氣置入塑膠帶中，因為氦氣的比重較空氣輕，所以在裝的時候，氦氣必須由下方置入，接著將塑膠袋套在腔體可能漏氣的地方，此時還在繼續抽真空，開啟 RGA 進行測漏，按下 開始觀察氦氣壓力變化的曲線圖 (如 Figure 11 所示)，如果壓力有明顯上升，代表此處有漏氣。

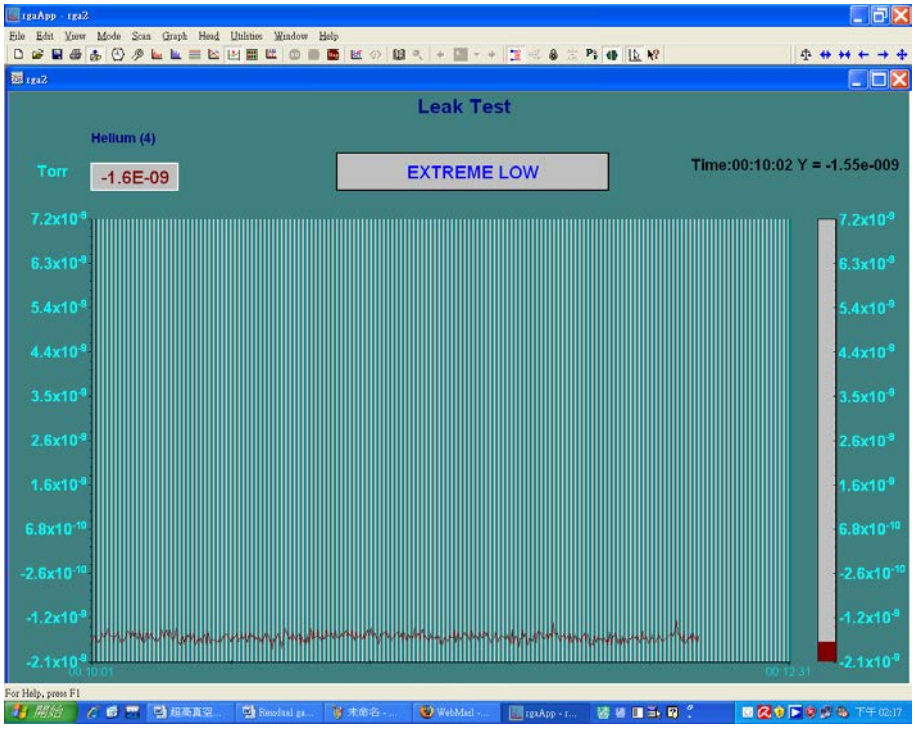

Figure 11. 氦氣含量檢測