



高中職學生參與衛星科學任務- SPSC監控系統

洪晟銘

2017-07-06



大綱

- 電漿施放測試
- 太空酬載實驗室電漿模擬艙
 - 抽氣設備，氣壓計，電漿源加熱器，氣體流量計，朗謬爾探針
 - 電漿源
- 監控系統架構
 - 硬體架構
 - 軟體架構
- 自動化測試開發
 - 電漿源加熱系統
 - 氣體釋放控制系統



電漿施放測試

- 在太空儀器執行飛行任務之前，先以實驗室設備模擬環境電漿與儀器間產生之交互作用，確保儀器在設計上無工藝與功能的缺陷。
- 用以測試電漿量測酬載量測功能是否正常，並提供校正之環境。



太空酬載實驗室電漿模擬艙

- 全國首座可在實驗室模擬太空環境之實驗設備，由日本大阪市立大學南繁行教授所設計
- 採後擴式電漿源
- 電漿種類：氬氣與氮氣
- 電漿密度： $10^3\#/cm^3 \sim 10^6\#/cm^3$
- 電漿溫度： $1000K \sim 2000K$
- 測試氣壓： $10^{-2}Pa$





抽氣設備

- 初抽幫浦：歐瑞康萊寶真空直驅式油封旋轉幫浦

- 抽氣速度：900L/min

- 極限壓力： $4 \times 10^{-2} \text{Pa}$



- 高真空幫浦：歐瑞康萊寶真空複合式渦輪分子幫浦

- 抽氣速度：1100L/s(N₂)

- 極限壓力： 10^{-6}Pa

- 氣密設計：O型環式設計



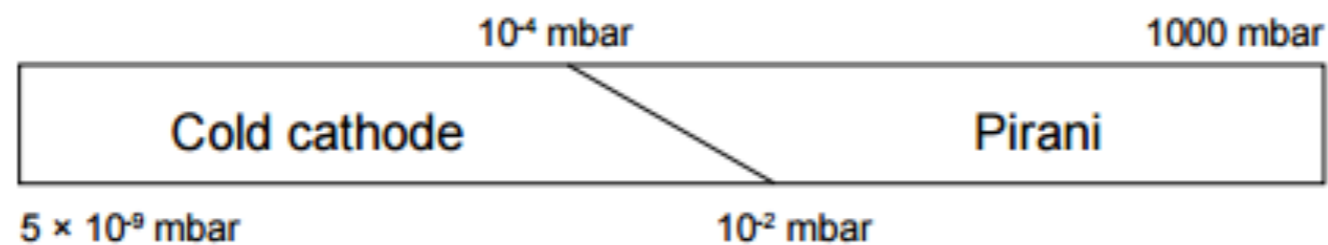
小於前端氣壓 200Pa
才可開啟



氣壓計



- 派藍尼真空計：1atm~ 4×10^{-1} Pa
- 離子真空計： 6.7×10^{-1} ~ 1.3×10^{-5} Pa
- 全範圍真空計(派藍尼 + 冷陰極真空計)：1atm~ 5×10^{-7} Pa





電漿源加熱器

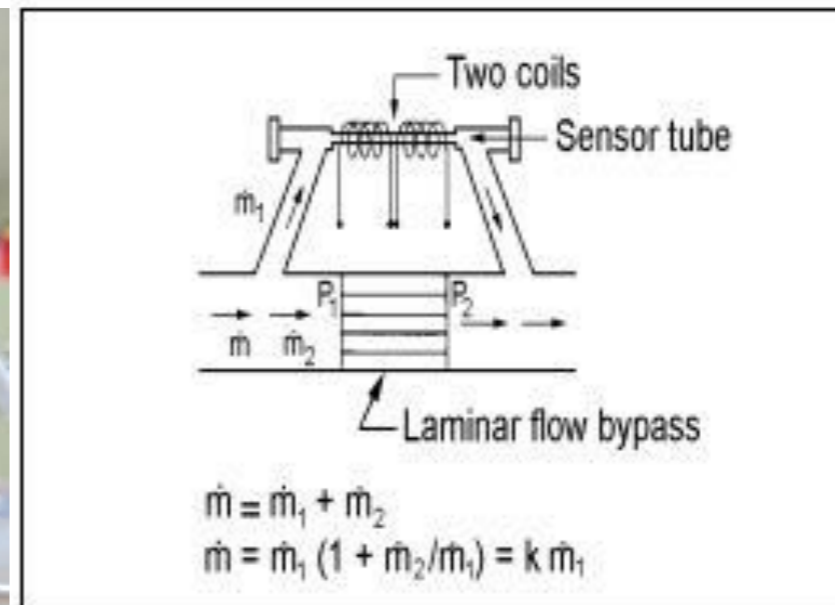
- Nippon Stabilizer Industry Co.,Ltd SIC-1Z1001 直流電源供應器
 - 最大輸出電壓：18伏特
 - 最大輸出電流：100安培





氣體流量計

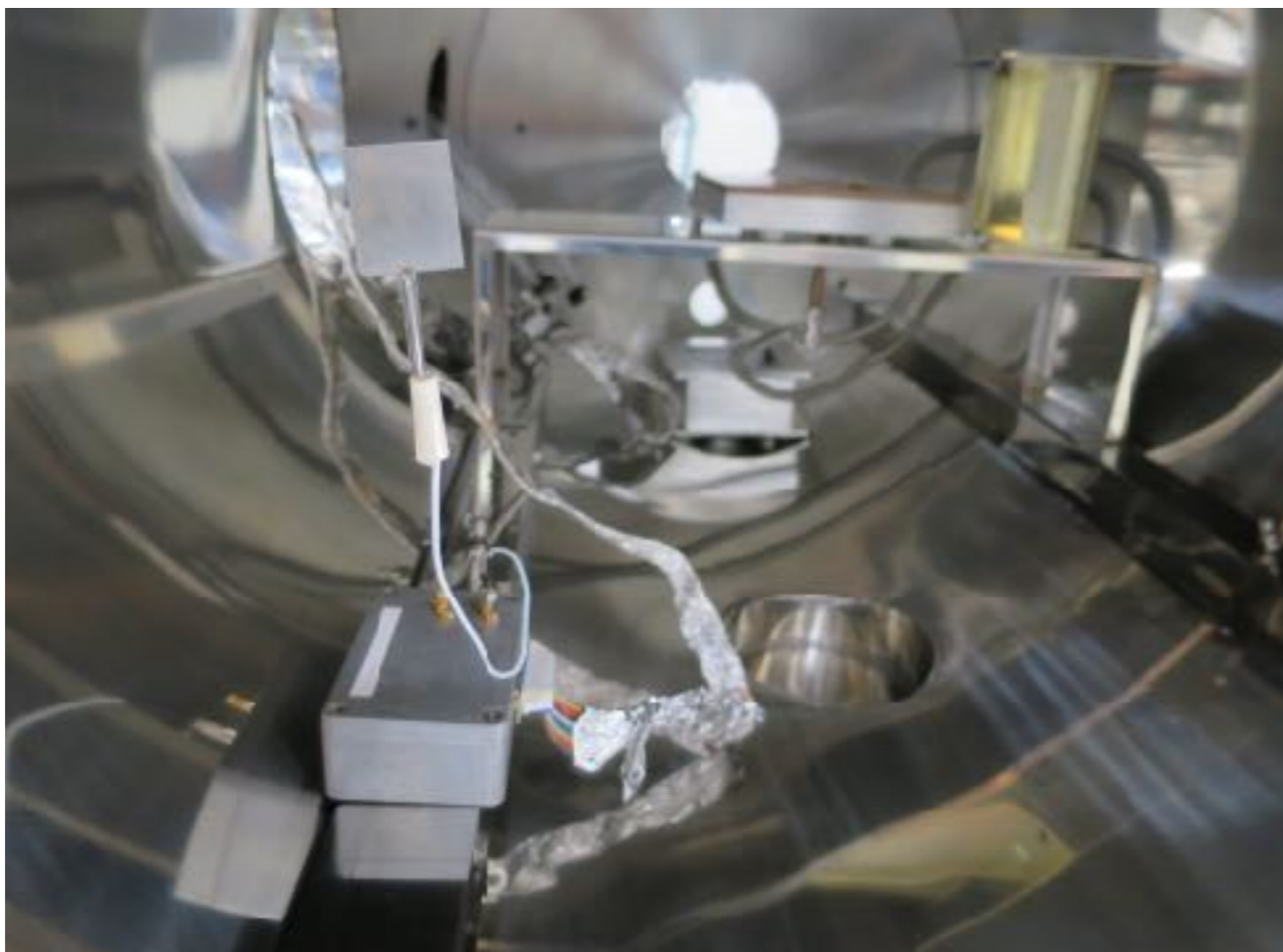
- Sierra SmartTrack2model 100L
- 流量控制範圍：0~10sccm
- 入口端與艙內氣壓差： $2 \times 10^5 \text{Pa} \sim 4 \times 10^5 \text{Pa}$





朗謬爾探針

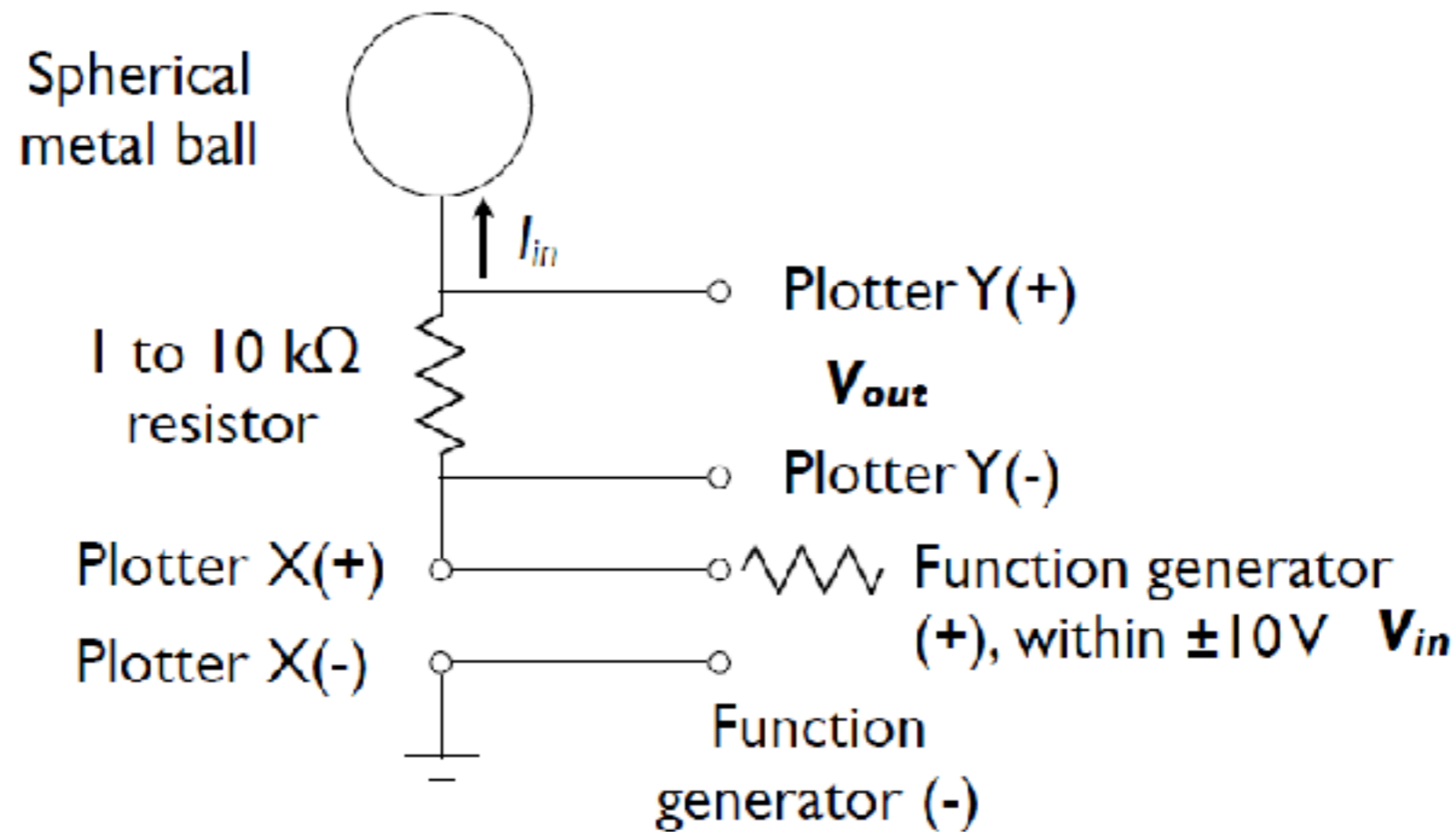
- 平面式朗謬爾探針
- 量測隨掃描電壓改變的電流值，繪製電流電壓曲線
- 利用過渡區資料推估電子溫度





朗謬爾探針

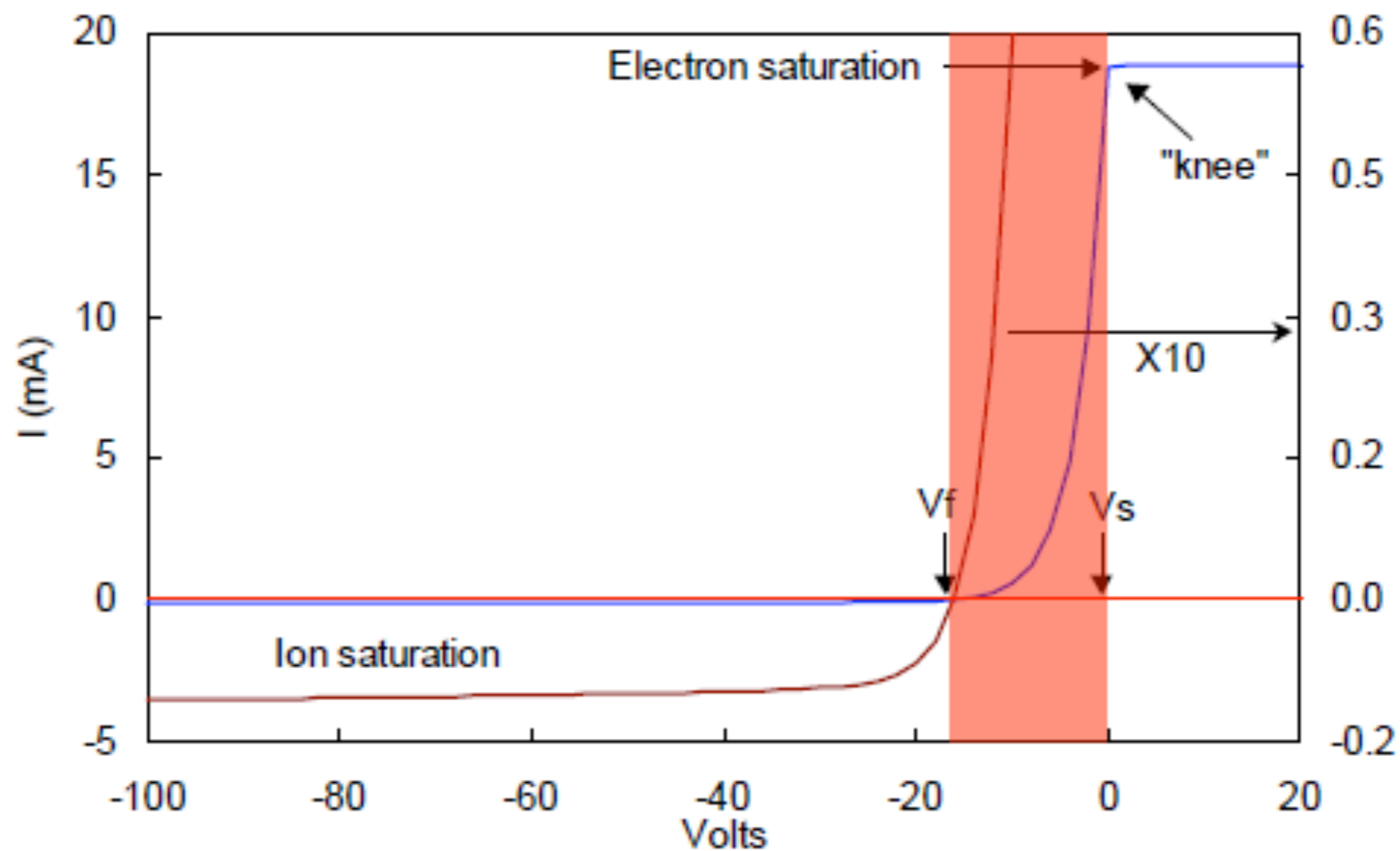
Circuit of Langmuir probe



$$V_{out} = I_{in}R \sim (10 \mu A)(1 \text{ k}\Omega \text{ or } 10 \text{ k}\Omega) \sim 0.01 \text{ to } 0.1 \text{ V}$$



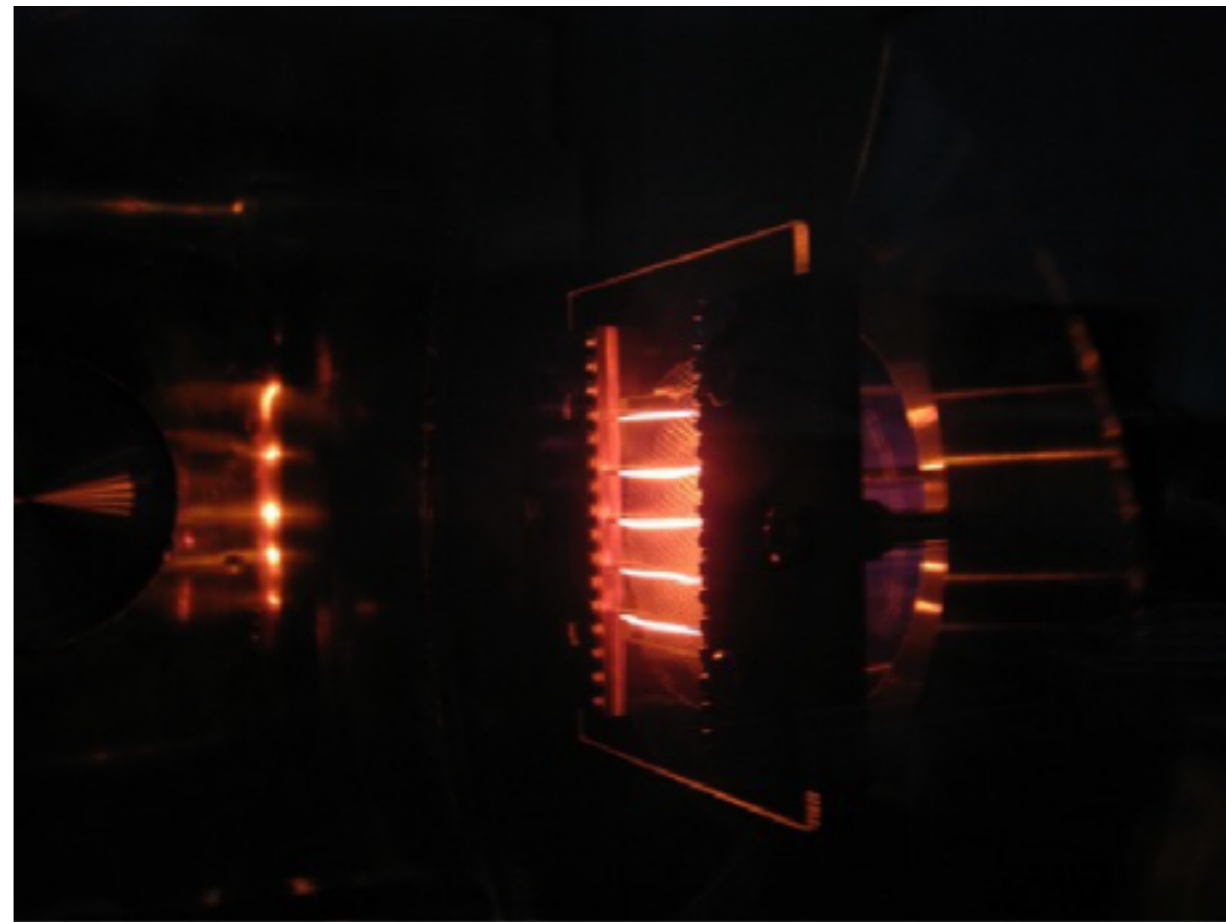
電流電壓曲線





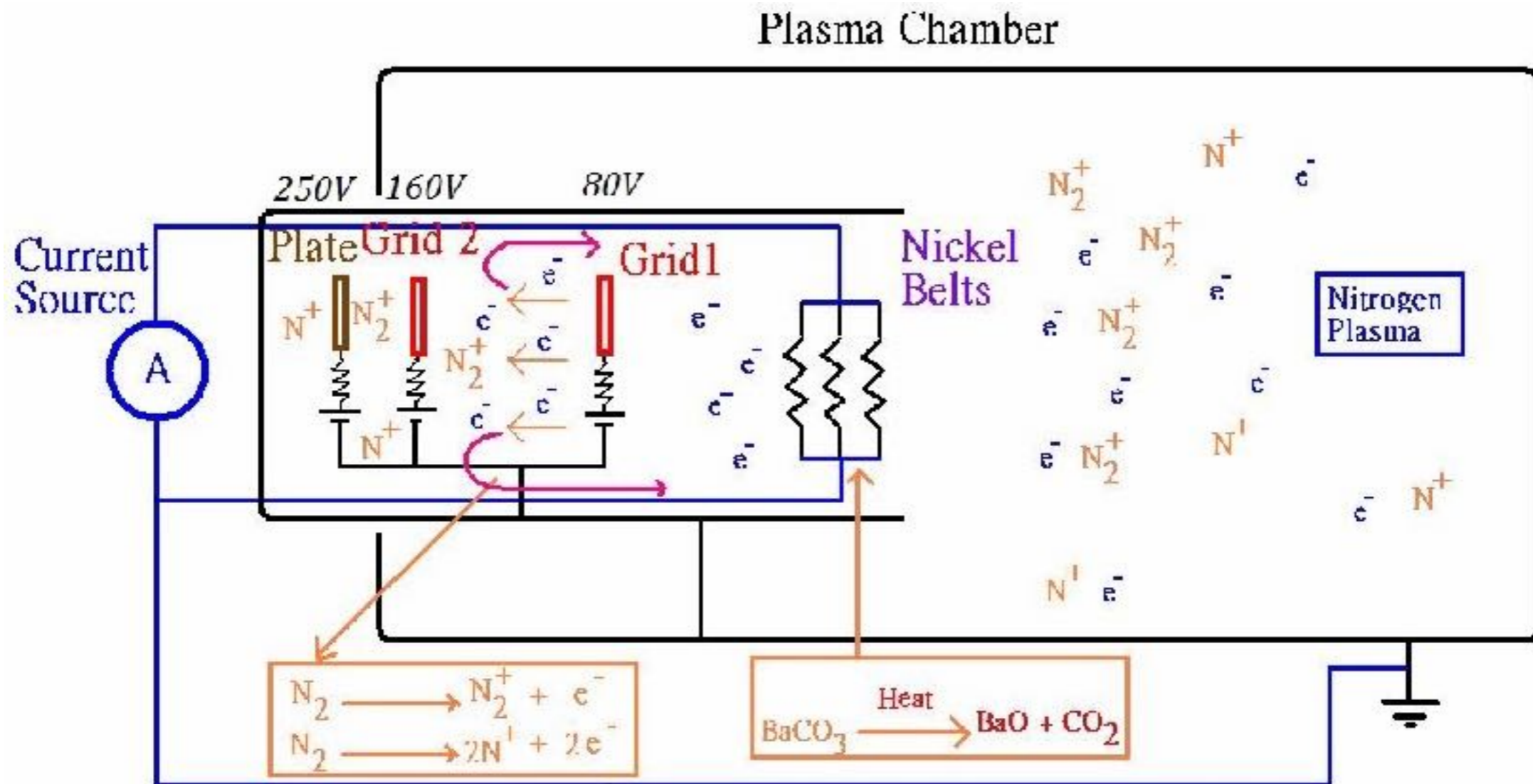
後擴散式電漿源

- 加熱物：鎳條
- 塗層：碳酸鋇混合物
 - $\text{BaCO}_3 \longrightarrow \text{BaO} + \text{CO}_2$
 - $\text{N}_2 \longrightarrow \text{N}_2^+ + \text{e}^+$
 - $\text{N}_2 \longrightarrow 2\text{N}^+ + 2\text{e}^+$





後擴散式電漿源





監控系統_硬體架構



PXI-8360



PXI-8430
(RS232)



PXI-8431
(RS485)



PXI-6229
(DAQ)



PXI-4071
(DMM)



PXI-2584
(Multiplexer
Switch)



PXI-4110
(Power
Supply)





監控系統——軟體架構

- LabVIEW Actor Framework
 - 同時獨立執行多個VI
 - 程式碼再利用性高
 - 各VI相依性低
 - 物件導向
 - Actor class
 - Message class

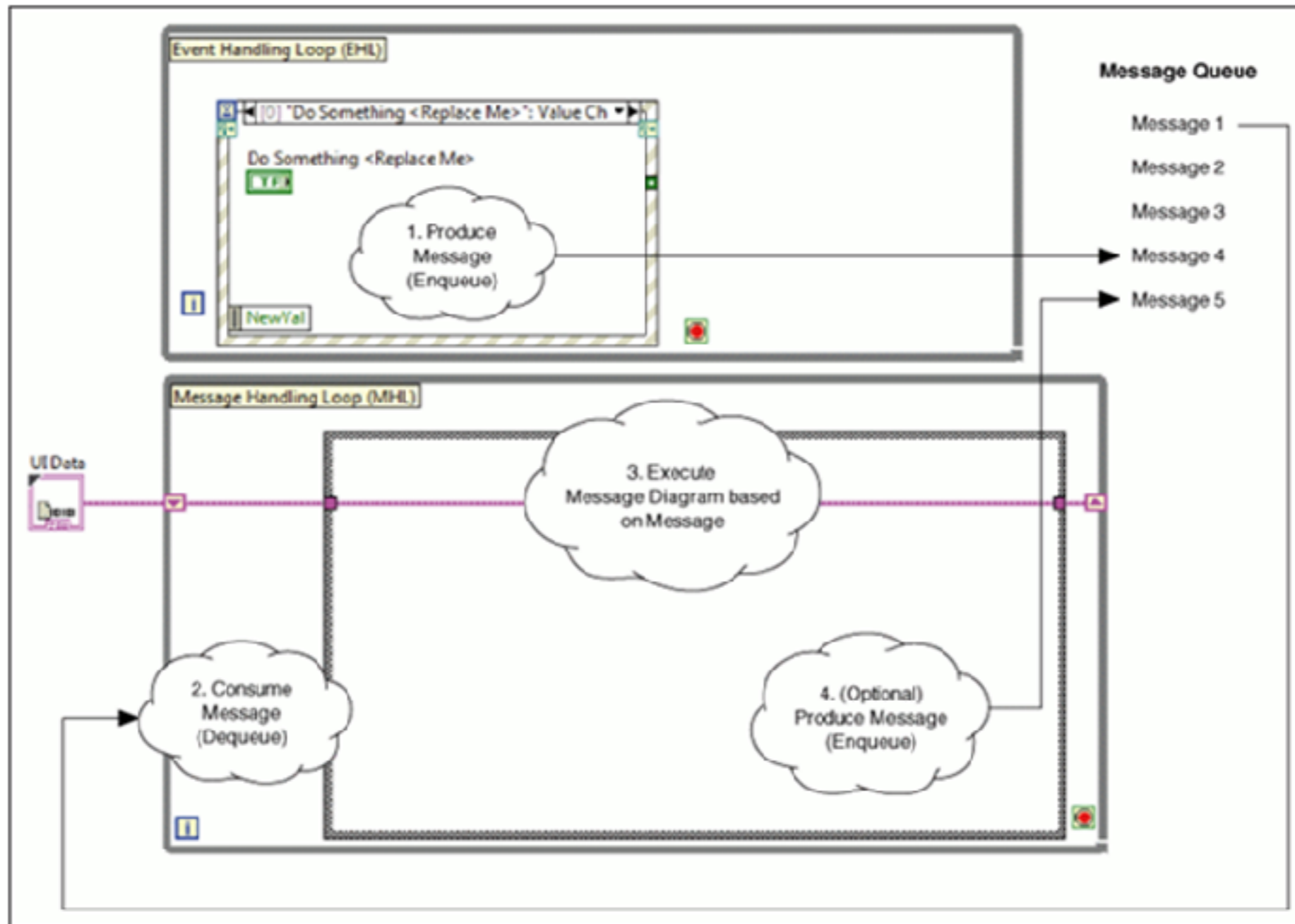


LabVIEW Actor Framework

- Actor class : 擁有QMH功能的類別
 - Actor中所創建的方法 = QMH狀態機各狀態
- Message class : 控制Actor傳遞資料的類別
 - 每個Actor class搭配一個Message class



Queued Message Handler



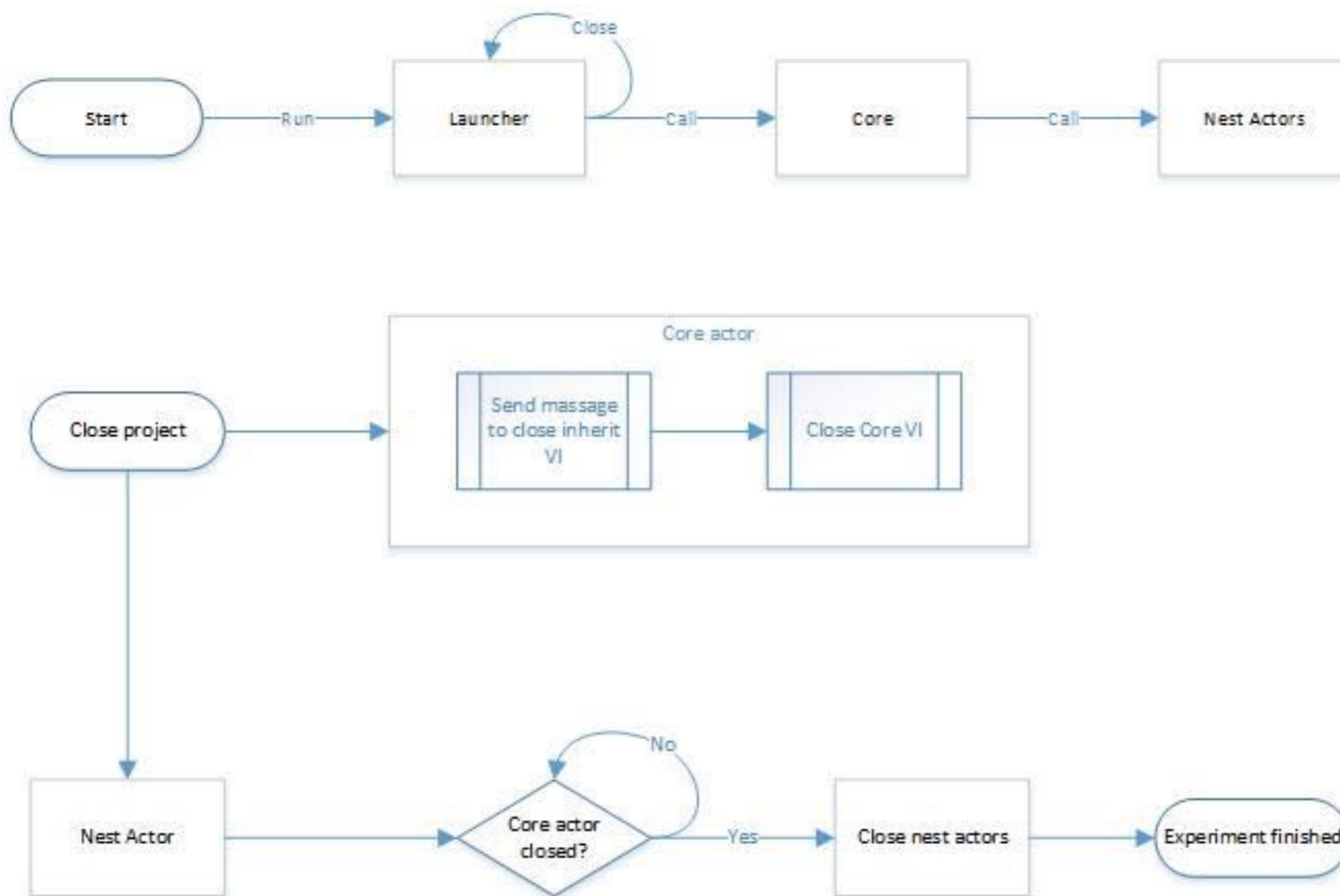


LabVIEW Actor Framework

- Core Actor :
 - 資料彙整與傳遞各次系統訊息(命令與資料)
 - 呼叫Nested Actor
 - 關閉程式時，Nested Actor會自行關閉
- Nested Actor :
 - 扮演測試中各系統功能
 - Nested Actor間無法傳遞訊息
 - 搭配現有儀器所建立之類別
- Time loop controller :
 - 統一程式系統更新速度
 - 所有Actors皆繼承於此類別



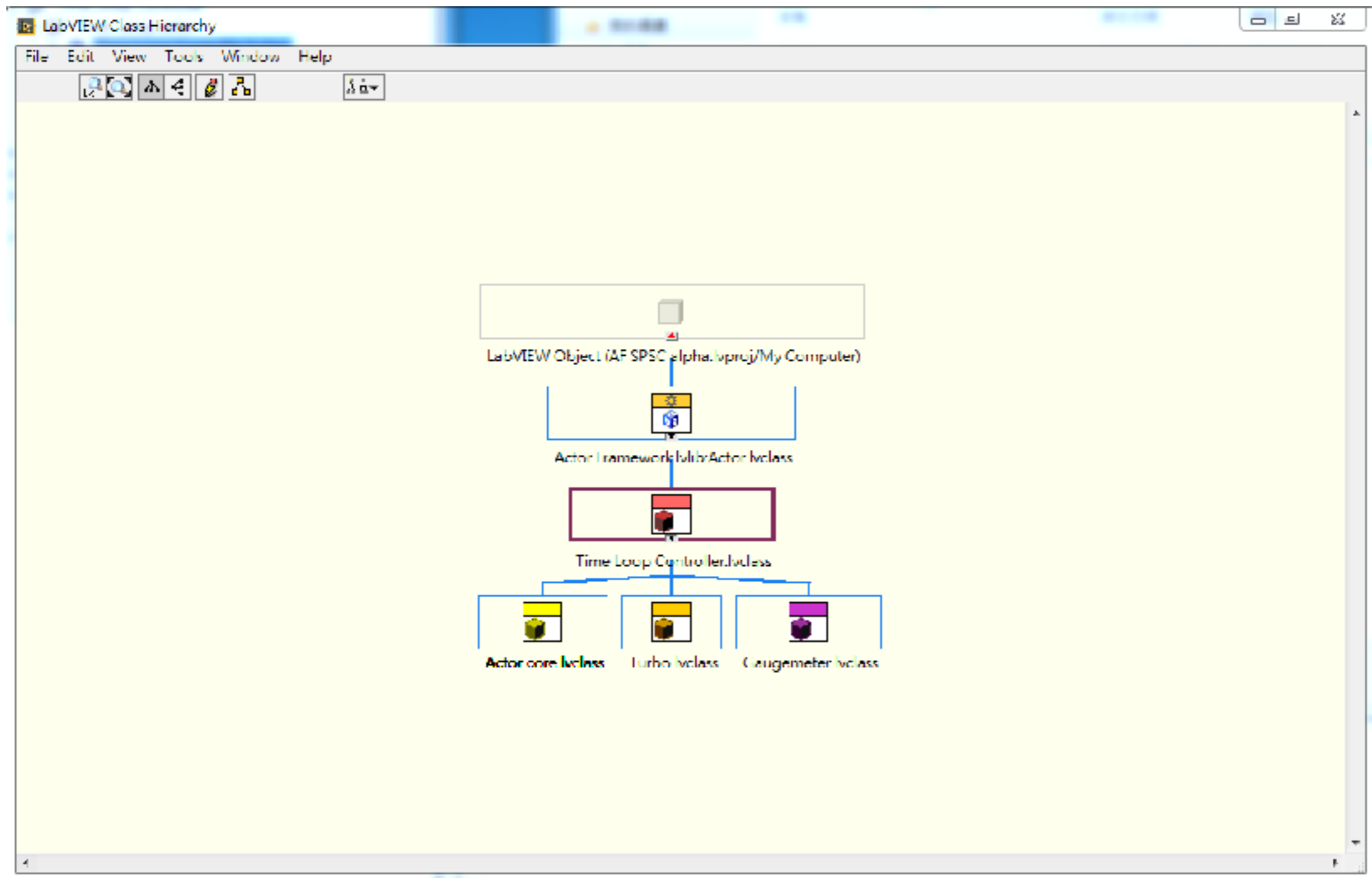
Core Actor & Nested Actor



- My Computer
 - Launcher.vi
 - Core.lvlib
 - Monitor.lvlib
 - Gauge Meter.lvlib
 - Turbo Pump.lvlib
 - Abstract Messages for Caller
 - Messages for this Actor
 - Turbo Pump.lvclass
 - Turbo Pump.cti
 - Actor Core.vi
 - Operation Mode.vi
 - Update.vi
 - Mass Flow Control.lvlib
 - Heater.lvlib
 - Langmuir Probe.lvlib
 - Save and Record.lvlib
 - Auto Controller.lvlib
 - Time Loop Control.lvlib
 - GMeter.lvclass
 - TPump.lvclass
 - TPump.cti
 - BCC.vi
 - Decode.vi
 - Disconnect.vi
 - Excute.vi
 - Initial.vi
 - Normal operation.vi
 - Start Pumping.vi
 - Stop pumping.vi
 - MFCControl.lvclass

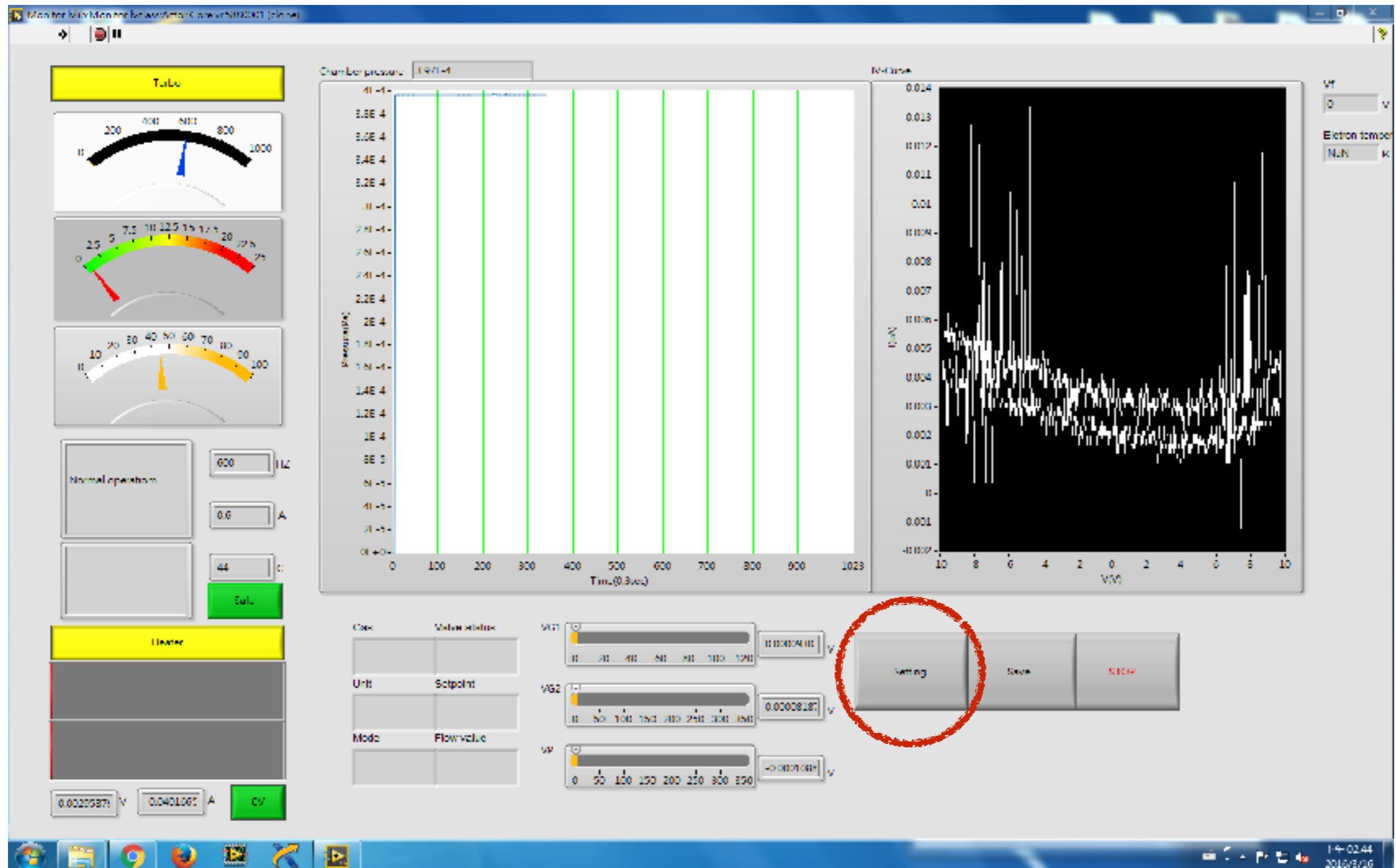


Actor hierarchy





監控系統使用介面





測試參數設定

<p>Manual <input type="radio"/> ON</p> <p>Auto running <input checked="" type="radio"/> ON</p> <p>Heater nulling <input type="radio"/> ON</p> <p>OK</p>	<p>Turbo Operation Normal</p> <p>Heater <input checked="" type="checkbox"/> OFF/ON</p> <p>Voltage: 0 V Current: 0 A Current Transducer: 50A</p> <p>Mass flow control <input type="checkbox"/> Read/Write</p> <p>Read/Write parameter: Setpoint</p> <p>Gas: Argon</p> <p>Unit: scc/m</p> <p>Mode: Stream mode</p> <p>Valve status: Automatic</p> <p>Setpoint: 0</p> <p>OK Cancel</p>	<p>Set pressure: 0.012 Pa</p> <p>Set current: 45 A</p> <p>Number of Ni: 6</p> <p>Start heating pressure: 0.00045 Pa</p> <p>Experiment: Plasma</p> <p>OK Cancel</p>
---	--	---



電漿源加熱系統

- 使用類比電路板進行電源供應器遠端操控
- 利用電流傳感器量測大電流輸出，判斷電源供應器所處狀態



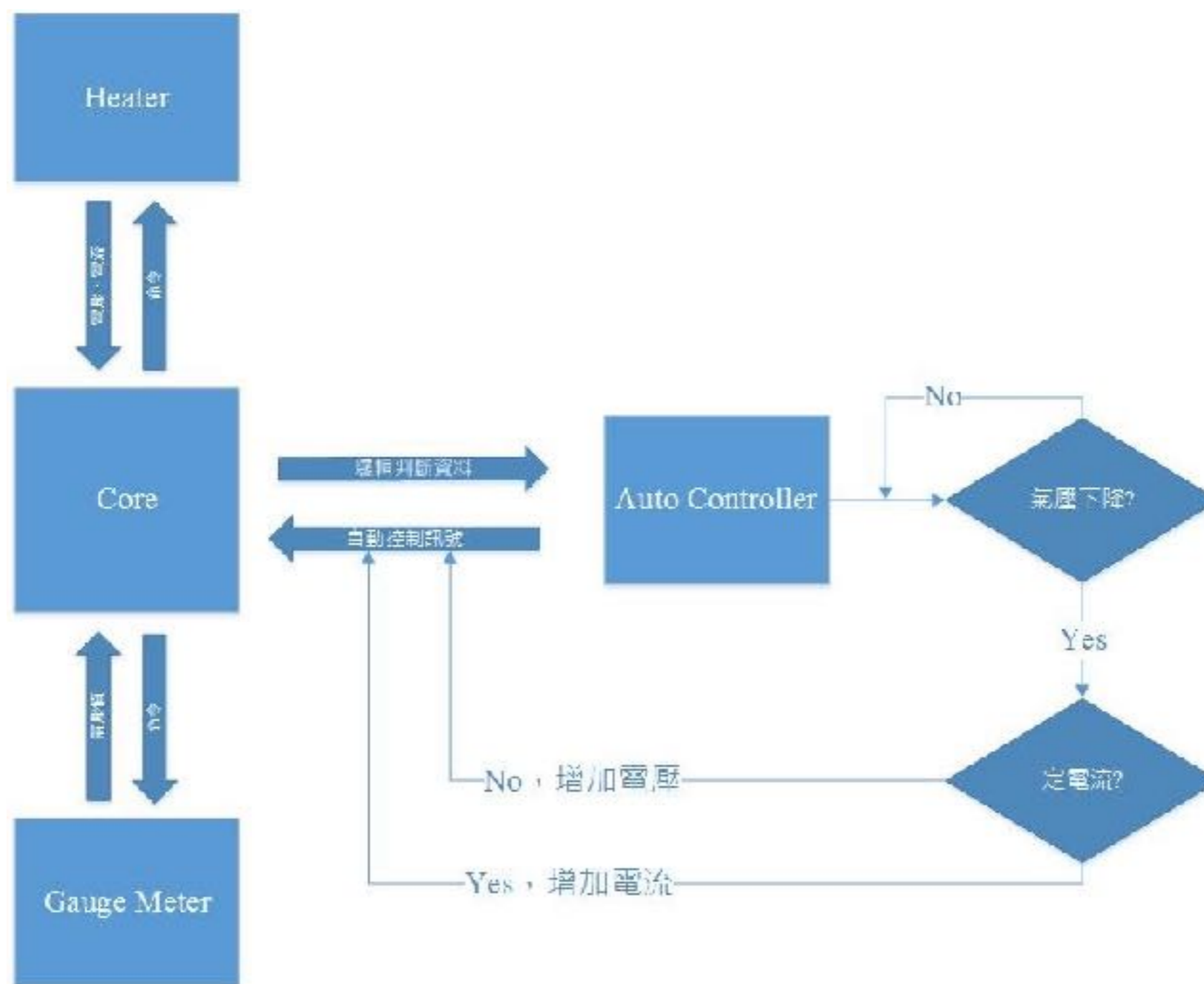


電漿元自動加熱邏輯判斷

- Core、Heater、Gauge Meter、Auto controller
- 以單位鎳條承受多少安培的方式增加電流
- 記錄氣壓資料，判斷氣壓是否劇烈上升



電漿元自動加熱邏輯判斷





氣體釋放控制系統

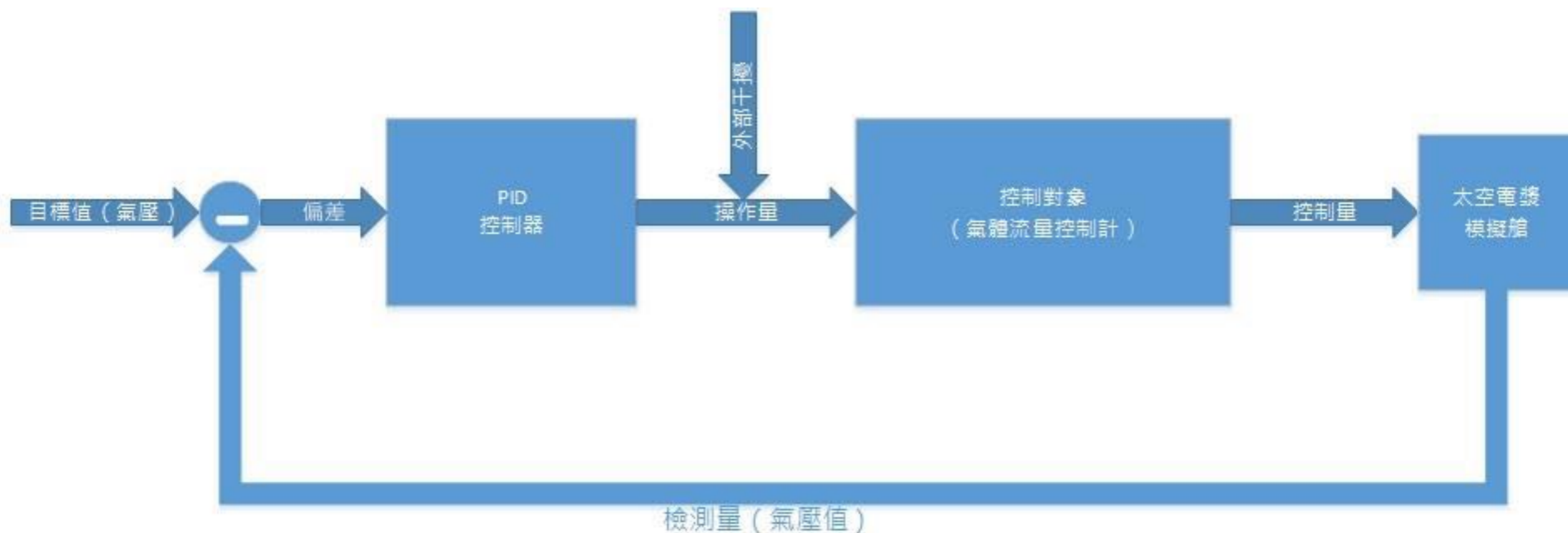
- Core、Gauge Meter、Mass Flow Control、Auto controller
- 快速調節中性氣體流量，使氣壓上升至使用者設定氣壓
- 穩定氣壓，減少電漿釋放測試中氣壓的擾動
- 避免氣壓超過使用者設定氣壓(Overshoot occurred)



氣體釋放控制系統

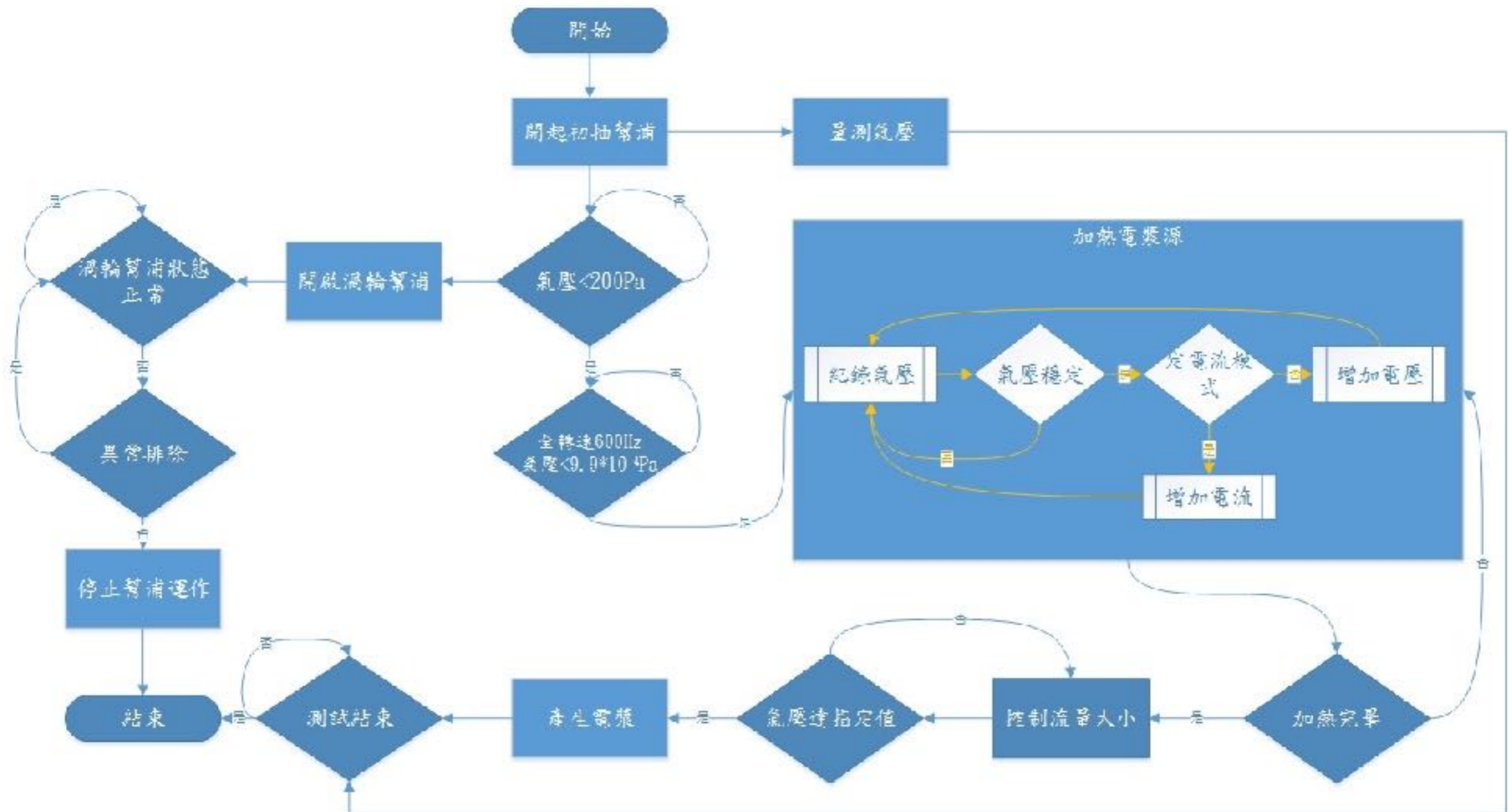
- PID控制方法(比例、積分、微分)

$$u(t) = \left(e + \frac{1}{T_i} \int_0^t e dt + T_d \frac{de}{dt} \right)$$





測試流程圖



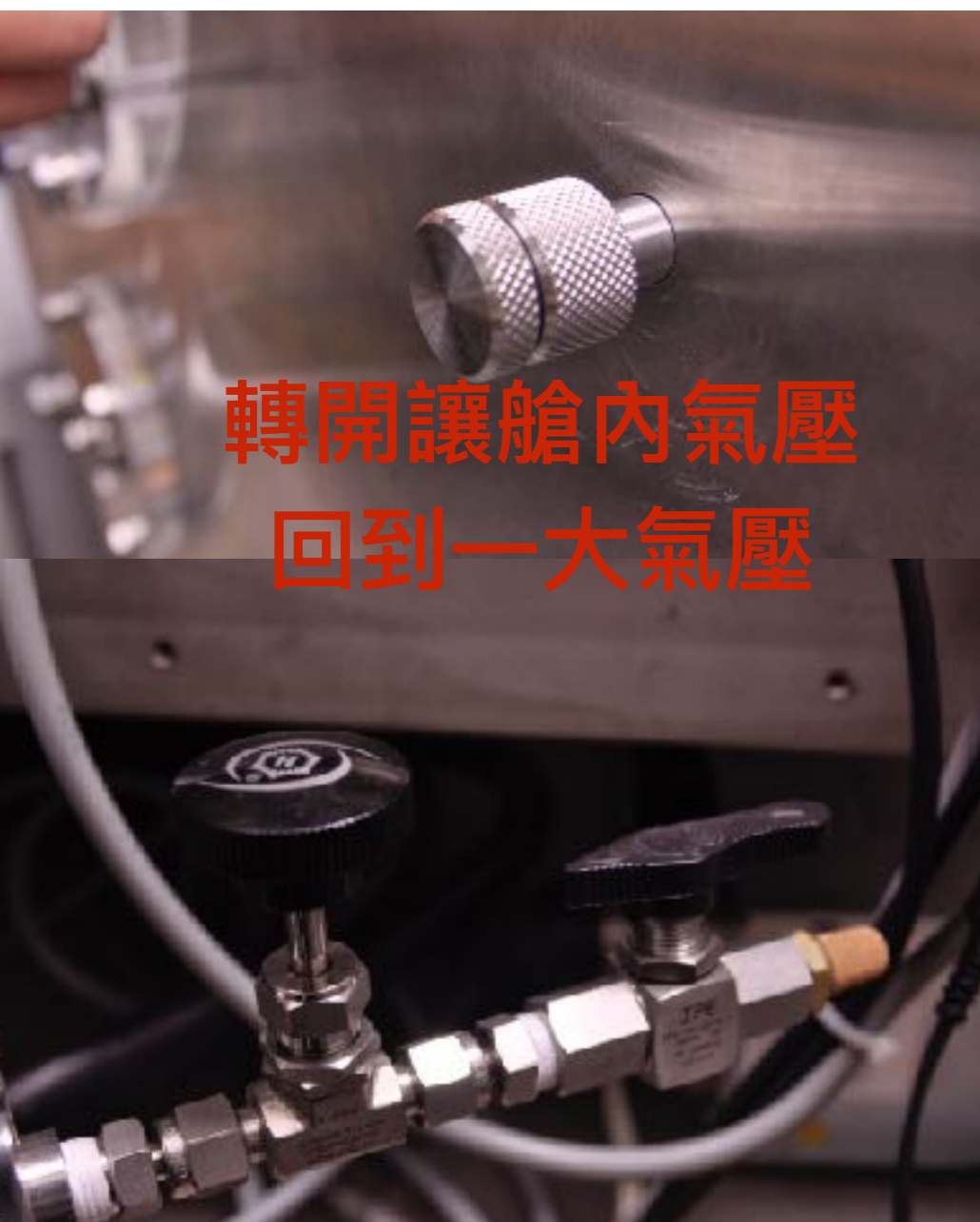


電漿施放測試準備流程

- 艙體與Turbo Pump破真空
- 打開艙門並卸下電漿源裝置
- 拆解廢棄鎳條放置鎳條棄置盒
- 清潔電漿源裝置(Both sides)並將已卸下螺絲浸泡至甲醇中
- 裁減適當鎳條長度並安裝於電漿源裝置上
- 安裝完畢後微微拉起鎳條產生一向上弧度
- 將碳酸鋇均勻塗抹在鎳條上並以吹風機吹乾
- 安裝電漿源並清理電漿艙



電漿施放測試準備流程





電漿施放測試準備流程





電漿施放測試準備流程

