

楊天祥博士

教授

波動及振動研究室主持人

學歷

美國麻省理工學院機械工程博士

國立台灣大學機械工程碩士

國立台灣大學機械工程學士

專長領域：

金屬儲氫系統熱質傳表現模擬與分析

無閥流體驅動系統研究

半導體（熱流）製程模擬

波動力學

結構振動控制

應用數學

聯絡方式：

tsyang@mail.ncku.edu.tw

06-2757575 ext. 62112



## 研究概況

- 本實驗室的研究以工程問題之理論建模、數學分析與數值計算為主；目的在於了解工程問題的物理特性及預測其性能表現。
- 研究領域涵蓋流體力學、熱傳學、波動力學、振動力學及接觸力學等領域。
- 目前研究的主要方向有：金屬儲氫系統熱質傳表現模擬與分析、致動器衝擊對無閥流體驅動系統非線性動態響應之影響、化學機械研磨製程模擬等。

## 實驗室設備

- 多核心計算電腦：  
本實驗室之研究以理論模擬為主，因此研究室的設備以數值計算之電腦為主，有多台多核心計算電腦。
- 除理論模擬外，本實驗室亦進行若干流體力學相關實驗，列舉實驗儀器如下：
- 位移感測器
- 流體壓力感測器
- 流量計
- 電源供應器
- 訊號產生器
- 精密光學實驗平台
- 數位資料擷取系統
- 壓電致動器
- 馬達控制系統

# 金屬儲氫系統熱質傳表現模擬與分析

## 金屬儲氫

金屬儲氫是指氫氣和金屬或合金結合產生金屬氫化物(metal hydride)，並在適當溫度與壓力下釋出氫氣的固態儲存效果。

### 理想儲氫金屬目標

- ✓ 操作條件在適當工作壓力(1~10bars ) 和工作溫度(0~100°C)
- ✓ 吸氫能力大、平衡壓力適當、吸釋氫速率快
- ✓ 能重複使用、安全可靠、便宜

### 來源

- ✓ 直接與氫氣反應  $M + \frac{x}{2}H_2 \leftrightarrow MH_x$
- ✓ 與水裂解  $M + xH_2O + xe^- \leftrightarrow MH_x + OH^-$

### 研究動機：

隨著燃料電池研究有長足的進步，與其搭配的供氫系統尚有極大進步空間。

供氫系統有以下四種儲存方式

- ✓ 壓縮氫氣
- ✓ 液態氫
- ✓ 固態形式
- ✓ 化學氫化物

上述的四種儲存方式，不論從安全性、成本、未來實際應用和發展可能性來多發面考量，利用金屬氫化物來儲存或作為運輸方式是較為理想的，但其成熟度上相對落後其他氫能源科技的發展，尤其在運輸運用上尚有許多要克服的問題。

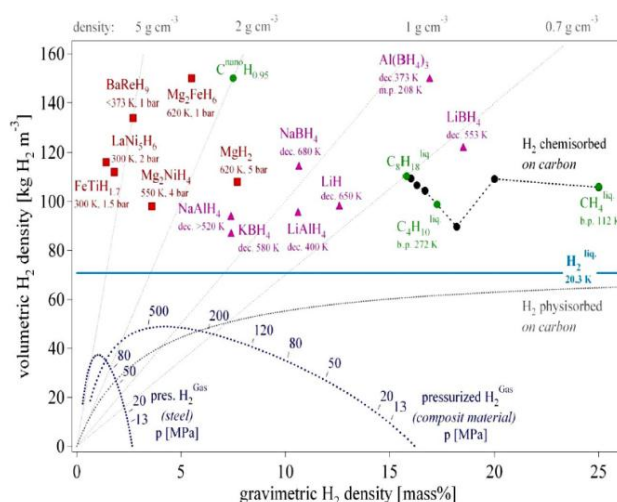
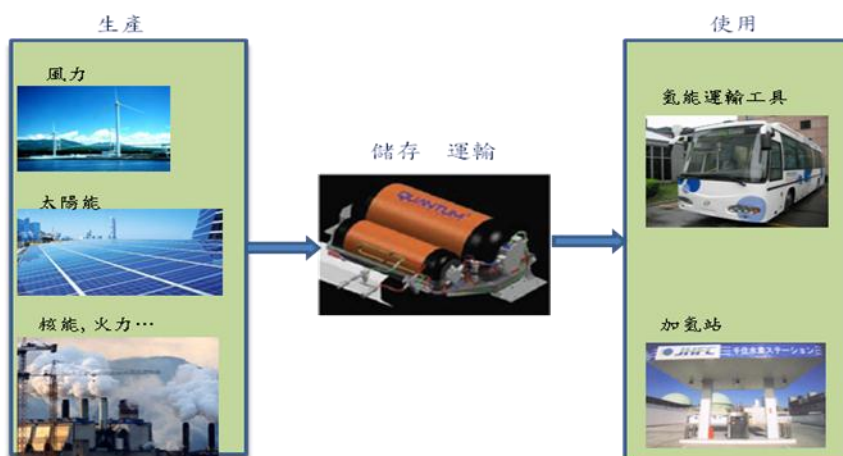


圖 2.1 儲氫金屬體積密度和重量密度分佈圖 [15]



### 研究目標：

透過數值模擬，計算在不同儲氫材料選用，不同幾何形狀，不同系統操作環境的控制下其吸放氫的能力與速率，為燃料電池的供氫系統提供相關的數據。

- ✓ 透過添加金屬發泡結構增加其吸放氫的速率。
- ✓ 透過外部壓力控制或調整儲氫金屬與金屬發泡結構的分佈，來使釋氫流率維持穩定，增加其應用在燃料電池之穩定性與安全性。

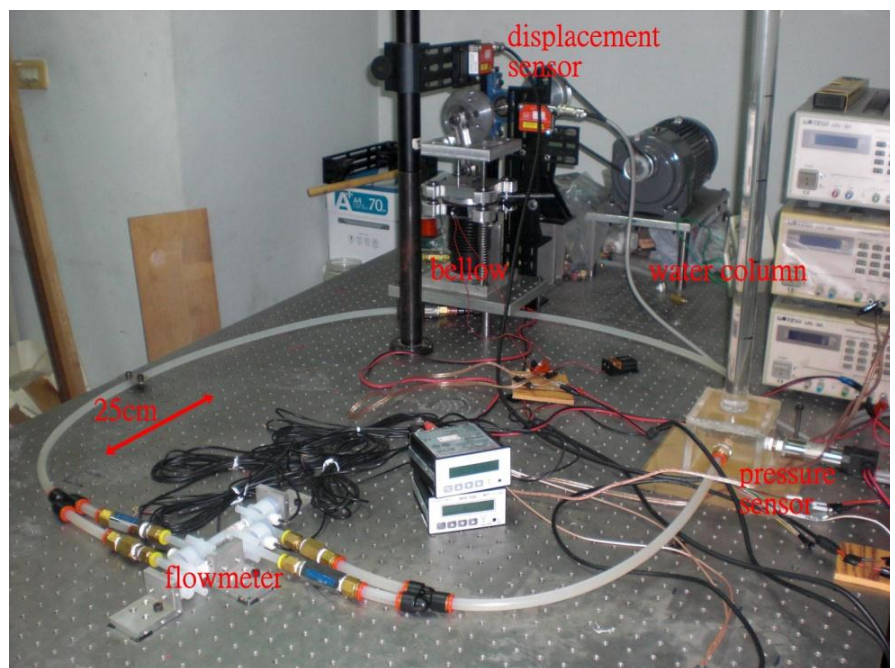
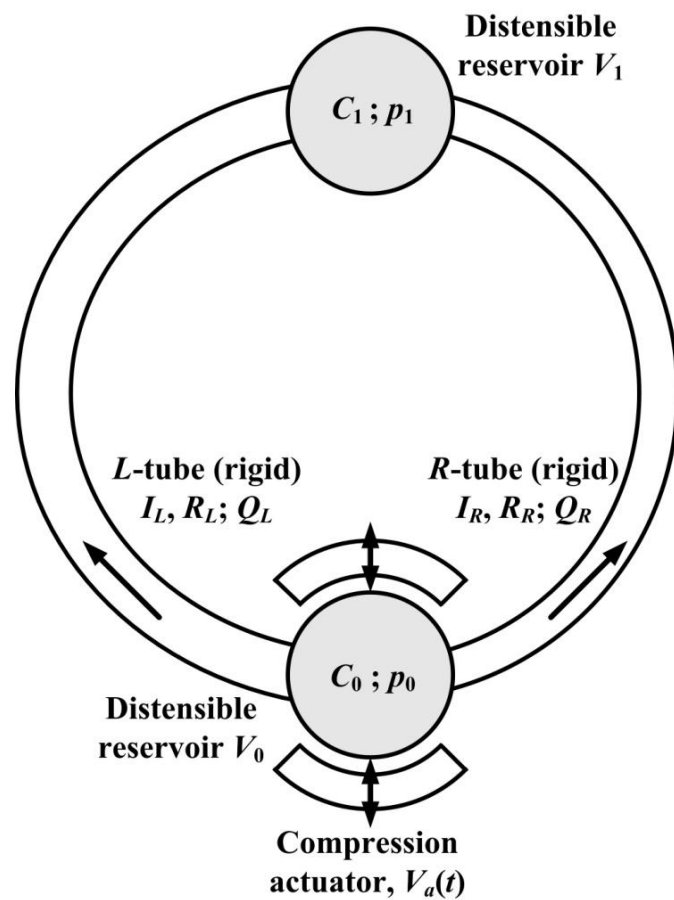
## 致動器衝擊對無閥流體驅動系統非線性動態響應之影響

無閥流體驅動現象廣泛存在於工程系統中與生物體內，且為其中工作流體輸送之重要助力、甚或主力。

本團隊以一由兩條硬管連結兩個可延展流體儲存槽所組成之封閉無閥流體迴路，並為其建構了一套分段線性之總括參數數學模型，以期釐清擠壓致動器衝擊效應對無閥流體驅動動態響應的影響。同時，漸近分析與數值計算結果指出，擠壓頻率以及其他系統參數對於致動器與受壓槽間的交互作用具有重要的影響，進而使得系統動態行為甚為豐富多樣。本團隊從而歸納出系統動態響應之可能類型，以及各類型響應所對應之系統參數範圍。不同類型的動態響應，對於系統平均流量將有截然不同的影響。同時，藉由追蹤若干特徵相位角隨擠壓頻率變動之趨勢，我們也明確地指認各類型系統動態響應的關連性與演進過程。

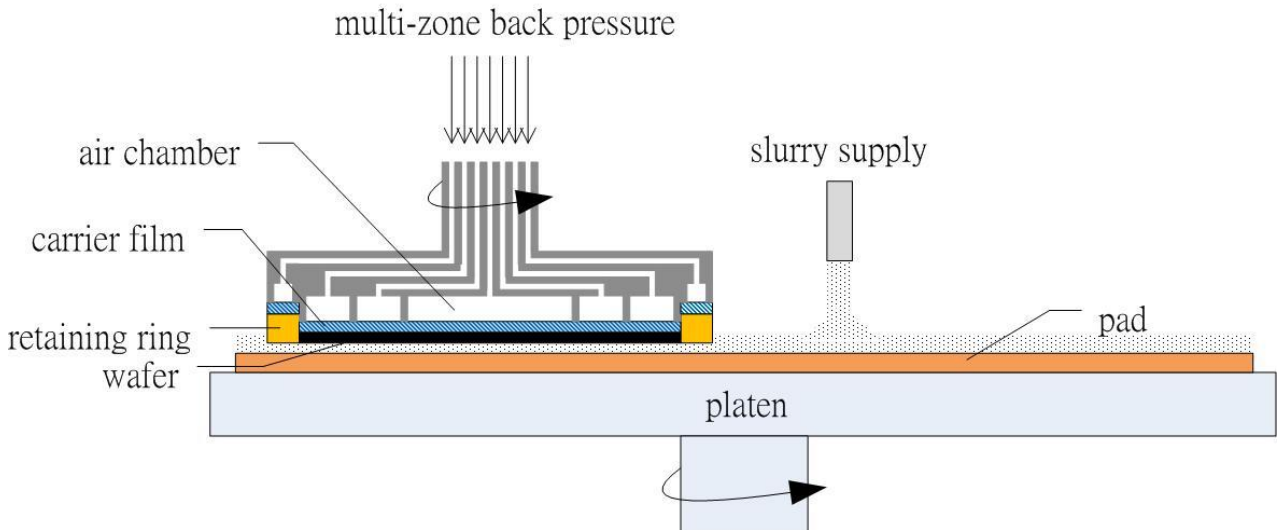
在實驗驗證上，本團隊利用馬達連桿機構所構成之致動器驅動一半封閉流體迴路，以流體儲存槽之延展性及重力提供彈性回復力與流體之慣性力交互作用，利用位移感測器監測致動器與流體儲存槽之間的接觸模式，同時利用壓力計，流量計與高速攝影機記錄系統動態響應。

目前的實驗結果顯示無閥系統的一般特性，例如驅動頻率與平均流量的非線性關係、特定頻率區段發生逆流、系統內平均壓力在有限頻率內趨近定值等。另外我們也發現了致動器與儲存槽在不同的頻率區段，具有不同的碰撞型態，而這些不同的碰撞型態是造成平均流量與驅動頻率之間呈現非線性關係的重要因素之一。實驗也探討了擠壓進程、預壓與否對系統所造成的影響，並且藉此歸納出碰撞效應對平均流量的影響。



## 化學機械研磨製程模擬

- 化學機械研磨為半導體製程的製造程序之一，目的在磨除晶圓表面材料及增進晶圓表面之平坦度。其研磨方式是以一研磨頭吸附晶圓並將其壓在黏貼在一平台上的研磨墊上。研磨頭及平台皆會做轉動運動，用以使晶圓及研磨墊間產生相對運動，以磨除晶圓表面材料。同時，晶圓外圍會加上晶圓扣環以防止晶圓滑出研磨頭外。此外，研磨界面間會注入研磨液幫助晶圓表面材料的磨除。其構造如下圖所示。



- 我們的研究著重在”機械”方面，探討化學機械研磨製程中的力學問題。我們結合磨潤理論、材料力學及接觸力學理論建構一數學模型，研究化學機械研磨製程中流體壓力及接觸應力之分佈情形，並進而計算接觸應力之不均勻度。(接觸應力之不均勻度正比於材料磨除率的不均勻度。)
- 多區段晶圓背壓、等效晶圓剛性(晶圓及晶背覆膜之總合)以及晶圓扣環的寬度及其背壓對接觸應力均勻度的影響都是我們想要了解的。從我們的結果中可看出，等效晶圓剛性較小時，有較佳之不均勻度。在不同的剛性下，利用我們所建構的模型，可找出最佳之多區段晶圓背壓以及扣環寬度及其背壓之設定。

