

## 實驗十九 磁滯曲線

### 實驗目的：

觀察磁性物質在外加磁場影響下的物理行為。

### 實驗儀器：

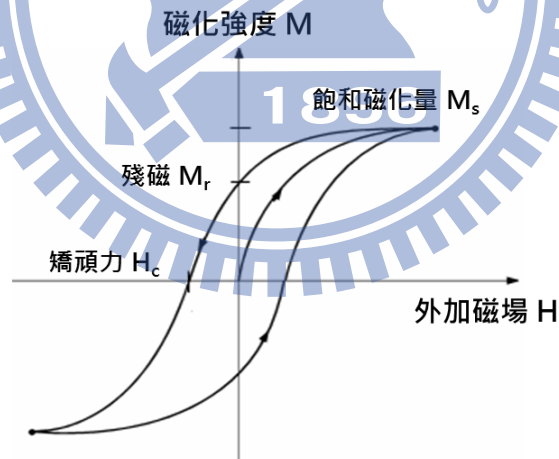
磁滯曲線觀測器(Hyster-G)，訊號產生器，示波器，鐵絲，軟鐵棒

### 實驗原理：

#### A. 磁滯曲線

如圖一所示，磁性物質在外加磁場(H)作用下，其磁偶極(M)強度會沿著外加磁場方向增加。當外加磁場強度越大，磁性物質所受到的磁化越強，磁偶極強度也會越大，最終會到達飽和，稱為飽和磁化量(magnetic saturation,  $M_s$ )。

當外加磁場強度降低時，磁偶極(M)強度也會隨之減弱；當外加磁場降到零時，磁性材料的磁偶極強度並不會歸零，仍保有些許磁偶極強度，稱為殘磁(magnetic remanence,  $M_r$ )。



圖一 磁滯曲線示意圖

承上，當反方向外加磁場增強時，其所殘留的磁偶極強度(M)會再降低，直到反方向外加磁場達某一特定強度時，才可使殘留的磁偶極消失(即磁偶極強度為零)。此反方向外加磁場強度稱為矯頑力(magnetic coercivity,  $H_c$ )。

當反方向外加磁場持續增強時，磁性材料又會產生非零的磁偶極(M)強度。隨著外加磁場強度與方向改變，讓磁性材料的磁偶極有特定的變化，稱為磁滯曲線 (Hysteresis Curve)。

本實驗利用「磁滯曲線觀測器(Hyster-G)」搭配訊號產生器與示波器來觀測磁性材料的磁滯現象。將「磁滯曲線觀測器(Hyster-G)」與訊號產生器相連接，再利用訊號產生器輸出交流電壓訊號，此交流電壓訊號實際上是用來激發線圈使其產生交流電流，進而產生交流磁場。

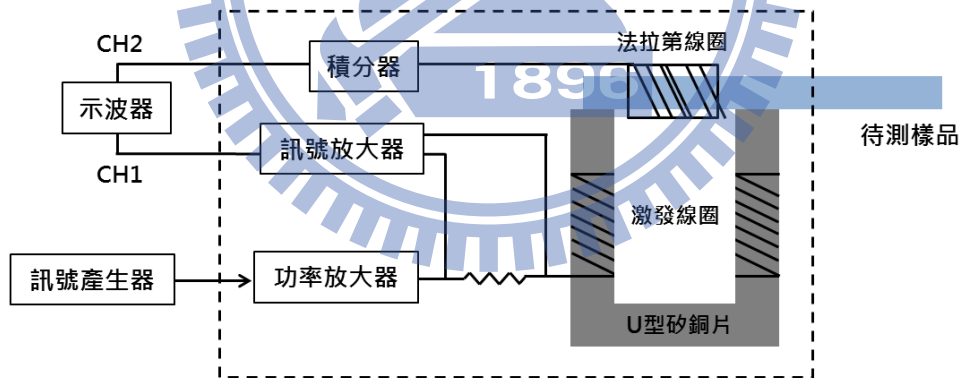
交流磁場主要是用來磁化待測樣品，由於交流磁場的強度會隨時間由小變大，再由大變小，繼之轉換成反方向的磁場，接著又是由小變大、大變小。這樣的磁場變化正是磁滯曲線觀測實驗中所需的激發磁場。因此，待測樣品會收到交流磁場作用而被磁化。

又因激發磁場的強度會隨時間而改變，待測樣品磁化量也會隨時間而改變，因此可利用法拉第線圈來測量待測樣品受磁化量隨時間改變的關係。將激發磁場與隨時間改變的訊號與待測樣品磁化量隨時間改變的訊號同時輸入至上示波器，再將示波器設為成X-Y模式(利薩如模式)，即可觀察到此待測樣品所形成的磁滯曲線。

## B. 磁滯曲線觀測器測量原理

「磁滯曲線觀測器(Hyster-G)」內部硬體架構，如圖二所示。由訊號產生器提供交流電壓給內部的功率放大器，接著由功率放大器輸出電壓訊號給激發線圈，藉以產生交流激發磁場。

激發線圈中配有U型矽鋼片藉以提升激發磁場強度。將待測樣品置於U型矽鋼片缺口處，再利用法拉第線圈測量待測樣品磁化量隨時間的變化率。而自法拉第線圈的輸出電壓會先經由積分器後，再將磁化量隨時間的變化率轉換成磁化量。



圖二 磁滯曲線觀測器(Hyster-G)硬體架構示意圖

為觀察磁滯曲線，我們必須同時觀測激發磁場與待測樣品磁化量兩者隨時間變化的關係。激發磁場隨時間變化測量，主要是透過測量一個與激發線圈串接電阻的電壓，因為電阻電壓隨時間變化量正比於通過該電阻電流，而電流又與激發磁場成正比，故可透過測量一個與激發線圈串接電阻的電壓來代表激發磁場隨時間變化的關係。

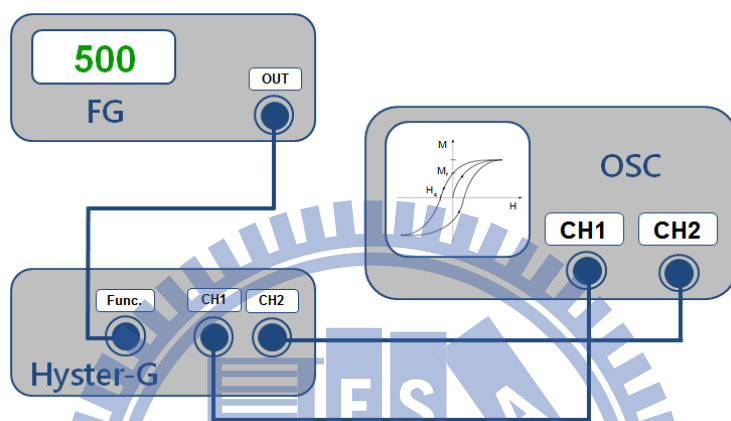
而後，將激發磁場與待測樣品磁化量兩者隨時間變化的訊號同時輸入示波器，即可觀測待測樣品所呈現的磁滯曲線。

## 注意事項：

1. 實驗開始前應先將樣品插入線圈組(法拉第線圈)內，才可以開啟訊號產生器。
2. 實驗結束後應先關閉訊號產生器，再將樣品由線圈組(法拉第線圈)取出。

## 實驗步驟：

1. 如圖三所示，將磁滯曲線觀測器(Hyster-G)與示波器和訊號產生器相連接。



圖三 磁滯曲線儀器連接圖

2. 將待測樣品鐵絲插入磁滯曲線觀測器上方線圈組(法拉第線圈)右側小孔內。
3. 以訊號產生器輸出頻率為 100.0 Hz 且電壓振幅為 5.0 V 的正弦波。
4. 將示波器設為 XY 模式(利薩如模式)，即可於示波器上觀察到磁滯曲線。
5. 觀察並記錄待測樣品鐵絲於此條件下殘磁、矯頑力及飽和磁化量。
6. 固定訊號產生器輸出頻率，改變輸出電壓(振幅勿超過 10.0 V)，觀察並記錄磁滯曲線各項特性的變化。
7. 承上，固定訊號產生器輸出電壓(振幅勿超過 10.0 V)，改變輸出頻率，觀察並記錄磁滯曲線各項特性的變化。
8. 將待測樣品換為鐵絲，重覆上述步驟。

## 實驗問題：

1. 當待測物達到飽和磁化量之後繼續增加電壓的振幅會看到什麼現象？此時，待測樣品的殘磁與矯頑力是否有變化？試說明之。
2. 改變訊號產生器輸出頻率時，待測樣品的磁滯曲線特性有何不同？試說明之。