

## 第五章 結論

### \* PyOx model and FeOx model

由以上一系列的實驗分析及量測，在本章中我們將比較 PyOx 以及 FeOx 兩系統之間的差異性，提出以下兩者的基本模型，作為此論文的最後的結尾：

#### PyOx 模型：

在 PyOx 系統中，上被固定層磁矩均沿著九十度的位置排列，即 PyOx 層阻絕了由反鐵磁層所提供的交換異向性，反而藉由奈米級氧化層轉為以正交耦合力呈現在上被固定層的磁矩上。然而在 SQUID 的磁滯曲線低溫量測上我們又發現當我們進行+5000 Oe 的場冷時，九十度量測下，當溫度低於約 100K 時，磁滯曲線不再是對稱中心單軸異向性的訊號，而是變成單方向的異向性，亦即表示此時上被固定層受到反鐵磁耦合作用，因此推測此時在奈米級氧化層中不分原先在  $T > 100\text{K}$  以上為超順磁性，因而在一般室溫下看不出其超順磁性的影響，然而經由場冷至鐵磁-超順磁轉換溫度以下後，變為鐵磁性並有效傳遞由反鐵磁層所提供之交換異向性而造成低溫曲線偏移的情形產生。

FeOx 模型：

不同於 PyOx 的系統，此時的上被固定層同時受到了單方向異向力以及正交耦合力影響，表示 FeOx 層並沒有阻絕由反鐵磁所提供的單方向異向性，卻依舊能提供出九十度處的單軸異向性。而由 XPS，XMCD，SPEM 等分析我們可以知道此時的 FeOx 主要是以未氧化的鐵為主，而亦有二價及三價鐵不均勻的分布在未氧化鐵的基底上層。由下圖 4-49 所示之

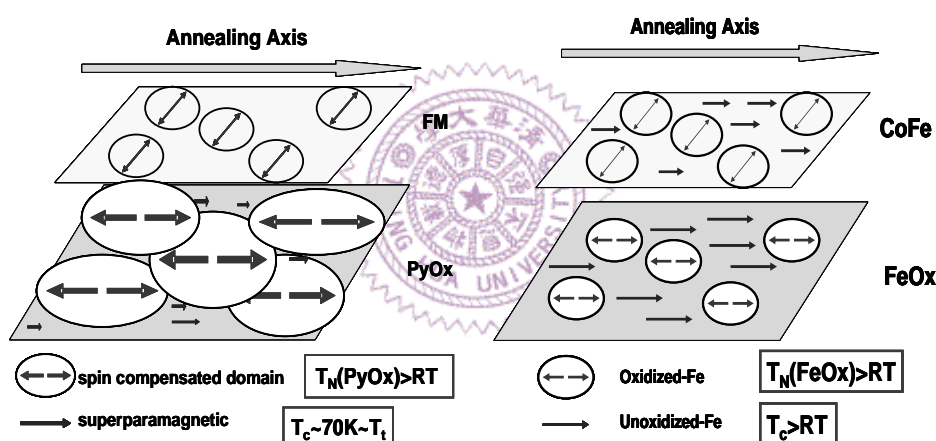


圖4-49 PyOx以及 FeOx系統模型示意圖

總結而言，本論文中主要探討 PyOx 以及 FeOx 系統在自旋閥結構中所扮演的角色，藉由此奈米氧化層的引入，可以使得堆疊在其上方之鐵磁層所感受到的耦合作用力有別於以往：其中，前者是將單方向之鐵磁-反鐵磁作用力轉換為在九十度位置處之單軸異向力；後者則是除了保有原先之鐵磁-反鐵磁作用力亦同時存在著九十度位置處之單

軸異向力。而為了驗證其中機制，我們便嘗試、設計了各種實驗，藉由改變膜層的參數、條件，以及利用各種分析技巧、量測儀器去做各式各樣的分析證明，並也得到了預期的結果。

藉由磁阻曲線以及磁滯曲線量測，我們推測 PyOx 系統中九十度處的單軸異向性；FeOx 系統中零度單方向及九十度單軸異向性共存的情形。

藉由 XMCD 的分析，我們可以知道在室溫單層 FeOx 即具有鐵磁性質；而 PyOx 則無。

藉由 XPS、SPEM 的分析，FeOx 中是以未氧化鐵為主，並同時也存在二價及三價鐵。

藉由低溫量測 SQUID、PPMS 量測，場冷對低溫下磁矩排列情形的影響。

藉由殘存磁化量對量測角度的關係以及 Vector coil 的量測，驗證在 FeOx 系統中零度處單方向異向性與九十度單軸異向性共存的現象。

綜合以上的實驗結果，並經由各種的驗證探討，PyOx 以及 FeOx 系統的機制已經大致上被確認，並且也得到了許多的驗證。