

第五章 結論

1. 具奈米氧化層之自旋閥結構會因為氧化層之製備方法而有不同的表現；九十度耦合之性質僅出現在以電漿氧化法形成氧化層之特定自旋閥結構中，自然氧化法並不能鍍製出具九十度耦合之自旋閥結構。
2. 氧化層之成分決定了自旋閥結構所表現出來之磁性質，分別以 NiFe 或是 Fe 作為氧化層雖然均能在垂直退火場方向表現出單軸異向性，也就是我們所判定之九十度耦合性質，但由此二者之平行退火場方向所測得之性質來做比較，又呈現截然不同的特性。
3. NiFe-NOL 之自旋閥結構中，我們改變反鐵磁層厚度，發現對於九十度耦合場的強弱具有相對應之影響；當反鐵磁層 IrMn 厚度越薄，反而能夠使得九十度耦合的強度更提升，在 30Å 厚時有最佳耦合場，但此時 R-H 曲線類似於 Fe-NOL 所造成之九十度耦合現象，這是由於反鐵磁層的減薄，影響底部被固定層 CoFe 之交換耦合力下降，因而就算在氧化層中的 Fe 含量並不多，仍能出現類似 Fe-NOL 自旋閥結構中之九十度交換耦合表現。
4. 比較九十度耦合與一般奈米氧化層之自旋閥，兩者的磁阻值與測量角度之間的關係均可用 cosine 函數來表示，並且兩者之間有九十度的相位差。

5. 具九十度耦合之自旋閥，其對零場對稱之單軸異向性性質與場退火方向呈九十度夾角；亦即永遠垂直反鐵磁層磁矩排列方向。
6. 對自旋閥之九十度耦合強度來說，場退火的溫度遠比退火時間的影響來得重要，退火溫度越低才能使耦合場越強；但若退火溫度不夠高，讓反鐵磁層的序化不完全，則磁阻值相對的就會變差。
7. 升溫觀察九十度耦合熱穩定性之表現，在 150°C 時仍能有耦合之磁性質，但若量測溫度高於 200°C ，磁阻訊號即難以辨明。
8. 在 50K 時，由垂直場退火方向量測九十度耦合之自旋閥，發現其自原本之單軸異向性轉而變成單方向異向性，也就是在垂直反鐵磁層方向有交換場的出現，這是由於自旋閥中之氧化層為 amorphous 結構，其磁矩在低溫（約 50K 左右）會由原先之擾動狀態轉而被凍結住，於是交換場再度出現。
9. 推測具九十度耦合之自旋閥機制，當完成場退火步驟之後，top-pinned layer 為垂直場退火方向排列；而外加磁場則使得自由層之磁矩會隨著外加場方向轉動，因而使其永遠與上部被固定層 CoFe 之磁矩夾九十度角，此即為我們所觀察到之九十度耦合現象。