

目 錄

第一章 前言.....	1
第二章 文獻回顧.....	3
2.1 自旋閥之發展.....	3
2-1-1 巨磁阻效應.....	3
2-1-2 差異性自旋散射.....	4
2-1-3 自旋閥結構的發展及應用.....	5
2-1-4 奈米級氧化層的作用.....	6
2-1-5 低溫量測對奈米級氧化層的影響.....	10
2-1-6 九十度耦合力的用處.....	11
2-1 摘要.....	14
2-2 磁性耦合力.....	15
2-2-1 交換異向性.....	15
2-2-2 理想模型.....	17
2-2-3 混亂場模型.....	18
2-2-4 反鐵磁磁區壁理論模型.....	20
2-2-5 自旋翻轉.....	21

2-2-6 FM/AF/FM 耦合力.....	22
2-2 摘要.....	28
 第三章 實驗方法與分析儀器.....	 29
3-1 實驗流程.....	29
3-2 樣品製備.....	30
3-3 分析系統.....	34
 第四章 實驗結果與討論.....	 38
一、標準交換場系統.....	38
二、標準自旋閥結構.....	40
三、不同奈米級氧化層對自旋閥結構的影響.....	42
3-1 CoFeOx system.....	42
3-2 PyOx system.....	43
3-2-1 氧化方式對PyOx系統的影響.....	44
3-2-2 半自旋閥結構.....	46
3-2-3 改變Py厚度對PyOx系統的影響.....	47
3-3 FeOx system.....	48
3-3-1 上被固定層厚度對正交耦合力的影響.....	52

3-3-2	下被固定層厚度對正交耦合力的影響.....	54
3-3-3	FeOx 半自旋閥結構.....	56
3-3-4	FeOx 系統中反鐵磁層所扮演之角色.....	61
3-3-5	改變 IrMn 厚度下磁滯曲線的差異.....	62
3-3-6	Vector Coil Data.....	64
3-3-7	Angular Dependence.....	68
四、	磁性質與成分分析.....	74
4-1	XMCD 分析.....	74
4-2	XPS 分析.....	75
4-3	SPEM 分析.....	76
4-4	FeOx model.....	78
五、	低溫 RH、MH.....	80
第五章	結論.....	86
	參考資料.....	89

圖 表

圖 2-1 4.2 K 下, Fe/Cr 多層膜電阻率與外加磁場大小之關係圖.....	3
圖 2-2 電子進入巨磁阻多層膜中對鐵磁層磁矩排列方向之關係圖.....	5
圖 2-3 左圖為一般自旋閥結構之膜層示意圖, 右圖則是以磁滯曲線對應至磁阻曲線的示意圖.....	6
圖 2-4 奈米級氧化層在自旋閥結構不同位置處對磁阻變化率的影響。實線為理論計算值, 虛線則為實驗值.....	9
圖 2-5 交換場模型.....	16
圖 2-6 理想模型下鐵磁層與反鐵磁層磁矩之排列.....	18
圖 2-7 混亂場模型之示意圖.....	19
圖 2-8 反鐵磁磁區壁模型之自旋結構示意圖.....	20
圖 2-9 自旋翻轉模型.....	21
圖 2-10 厚度波動(Thickness Fluctuations)模型.....	24
圖 2-11 近磁模型示意圖.....	24
圖 2-12 當 $C_+ = C_- > 0$ 時的能量對角度關係圖.....	25
圖 3-1 實驗流程圖.....	29
圖 3-2 五槍濺鍍機機台.....	32
圖 3-3 SPEM 儀器示意圖 (From 同步輻射中心).....	35
圖 3-4 XMCD 運作原理示意圖.....	35
圖 3-5 VSM 示意圖.....	36
圖 3-6 MOKE 示意圖.....	37
圖 4-1 反鐵磁 IrMn 厚度與交換場、矯頑場大小關係圖.....	39
圖 4-2 標準自旋閥結構中, 被固定層偏壓施加與否對磁阻變化率、交換場大小的	

影響.....	41
圖 4-3 標準自旋閥結構中,被固定層偏壓施加與否對 XRD 結構的影響.....	41
圖 4-4 自旋閥結構中在被固定層中插入 CoFe 奈米級氧化層磁矩排列情況之示意圖.....	42
圖 4-5 自旋閥結構中插入 CoFe 奈米級氧化層後磁阻變化率與標準自旋閥結構間的差異.....	43
圖 4-6 自旋閥結構中在被固定層中插入 Py 奈米級氧化層磁矩排列情況之示意圖.....	44
圖 4-7 自旋閥結構中被固定層插入利用自然氧化法氧化之 Py 所得零度及九十度之磁阻曲線.....	45
圖 4-8 自旋閥結構中被固定層插入利用電漿氧化法氧化之 Py 所得零度及九十度之磁阻曲線.....	45
圖 4-9 PyOx 系統中利用 MOKE 量測之零度及九十度磁曲線圖.....	46
圖 4-10 不同 Py 厚度下零度磁滯曲線的差異 (a)Py0.3nm; (b)Py0.8nm.....	47
圖 4-11 改變 Py 厚度在 0.8nm,0.95nm,1.15nm 時零度磁滯曲線圖形.....	48
圖 4-12 自旋閥結構中在被固定層中插入 Fe 奈米級氧化層磁矩排列情況之示意圖.....	49
圖 4-13 FeOx 插入自旋閥結構後之零度(a)及九十度(b)磁阻曲線圖.....	50
圖 4-14 十五度磁阻曲線及磁矩排列翻轉情形.....	52
圖 4-15 上被固定層厚度與九十度磁滯曲線中矯頑場大小.....	53
圖 4-16 不同上被固定層厚度下的磁阻曲線圖 (a) 0nm; (b)1nm; (c)1.5nm; (d)2.5nm; (e)6nm.....	53
圖 4-18 下被固定層厚度與九十度磁滯曲線中矯頑場大小.....	55
圖 4-19 不同下被固定層厚度下的磁阻曲線圖 (a)1nm; (b)1.5nm; (c)2.5nm; (d)4nm; (e)6nm; (f)10nm.....	56
圖 4-20 FeOx 系統中零度及九十度磁滯曲線.....	58

圖 4-21 Shuller PRB63,060403	58
圖 4-22 J.McCord JAP93,5491.....	59
圖 4-23 Fe-NOL 自旋閥結構中磁矩排列模型.....	60
圖 4-24 未進行退火之磁滯曲線.....	62
圖 4-25 不加 IrMn 之磁滯曲線.....	62
圖 4-26 改變 IrMn 厚度之半自旋閥結構零度(左 a,c,e,g)及九十度(右 b,d,f,h)磁滯曲線圖形.....	63
圖 4-27 vector coil 之示意圖.....	64
圖 4-28 (左)單軸一向性之 Py 薄膜 (右)IrMn/CoFe 交換場系統.....	65
圖 4-29 利用 vector coil 量測(a)零度磁滯曲線(b)由正場退至負場之訊號(c)由負場退至正場之訊號.....	66
圖 4-30 Fe-FeF ₂ 系統 (Schuller PRL94,057203).....	67
圖 4-31 利用 vector coil 量測九十度之 M _x , M _y 之磁滯曲線.....	68
圖 4-32 零度、九十度及一百八十度磁滯曲線圖形.....	68
圖 4-33 不同角度量測下的磁滯曲線 (0°, 30°, 60°, 90°, 135°, 180°).....	69
圖 4-34 Zhu and C.L. Chen	70
圖 4-35 不同量測角度下所得之 M _{r+} 及 M _{r-} 值.....	71
圖 4-36 (左)M _{r+} -M _{r-} (右)單軸異向性磁矩排列在九十度之 M _r 對量測角度關係圖.....	72
圖 4-37 (左)M _{r++} M _{r-} (右)磁矩受單方向異向性力之之 M _r 對量測角度關係圖...73	
圖 4-38 XMCD 擷取 Fe3d 電子的訊號.....	75
圖 4-39 奈米及氧化層 FeO _x 多層膜之 XPS 結果.....	76
圖 4-40 利用 SPEM 所得之奈米及氧化層 FeO _x 不同區域 Fe 之價數差異.....	77
圖 4-41 FeO _x 系統模型示意圖.....	79
圖 4-42 +5000 Oe 場冷後在 10K,30K,50K 及 250K 所量測之磁阻曲線.....	81
圖 4-43 +5000 Oe 場冷後在 10K 及 50K 所量測之磁滯曲線.....	81
圖 4-44 零度處, FeO _x 經場冷至低溫的磁矩組態.....	82

圖 4-45	改變場冷方向(+5000Oe 及-5000Oe)所得之磁阻曲線.....	83
圖 4-46	九十度處，FeOx 經場冷至低溫的磁矩組態.....	83
圖 4-47	+5000 Oe 場冷後在 10K,60K,80K 所量測之磁阻曲線.....	84
圖 4-48	場冷至 10K 所得之 FeOx 以及 PyOx 九十度磁滯曲線.....	85
圖 4-49	PyOx 以及 FeOx 系統模型示意圖.....	87

