

以掃描探針顯微鏡製作鏽錳氧穿隧磁阻元件之特性研究

張英璿、李得勝、王立民

E-mail: 322142@mail.dyu.edu.tw

摘要

本研究主要探討以掃描探針顯微鏡(Scanning probe microscopy)之微影蝕刻技術(Lithography)製作與特性，試著製作出約瑟芬穿隧元件之弱連接處，並研究其特性變化。使用射頻磁控濺鍍系統(RF magnetron sputtering)於鈦酸鋇 (SrTiO_3) 基板上，成長膜厚150 nm的鏽錳氧磁性薄膜，再利用黃光微影技術(Photolithography technology)和離子蝕刻技術(Ion etching)製作出微橋圖形，最後再由原子力顯微鏡(AFM)作出奈米級氧化物，最後實驗結果顯示當我們施加偏壓在8V，掃描速度在0.05 $\mu\text{m}/\text{scn}$ ，下針壓力為0.8nN時，所觀察到的溫度對電阻、溫電對磁組變化率，會接近穿隧元件之特性，在10K時磁組變化率有0.47%以上。以穿隧效應來說校果並不顯著，但是也顯示著此技術對於量子干涉元件(SQUID)仍有改善的空間。

關鍵詞：黃光微影蝕刻、掃描探針顯微鏡、鏽錳氧

目錄

封面內頁 簽名頁 授權書	iii	中文摘要	iii
. iv 英文摘要	iv	v 誌謝	v
. vi 目錄	vi	vii 圖目錄	vii
. iv 表目錄	iv	xi 第一	xi
第一章 序論 1.1 研究背景	1	1.2 研究方法	1
. 3 1.3 磁性穿隧元件	3	6 第二章 基礎原理 2.1 磁阻的介紹	6
. 8 2.11 穿隧磁阻	8	9 2.2 自旋極化率之計算	9
. 11 2.3 磁異向性	11	12 2.4 電阻-磁場關係圖形探討	12
2.5穿隧障壘之計算	15	15 第三章 實驗樣品成長與製作微橋量測 3.1 樣品製備	15
. 17 3.1.1 薄膜製程	17	18 3.1.2 真空鍍膜系統與薄膜成長	18
. 19 3.2黃光微影製程	19	22 3.3 掃描探針顯微鏡微影蝕刻製程 (SPM Lithography)	22
) 25 3.4特性量測系統	25	29 第四章 結果與討論 4.1 以不同電壓氧化微橋之效應	29
. 31 4.2 以偏壓製做氧化物層的磁阻改變	31	39 4.2.1 微橋的電阻與溫度比較	39
. 39 4.2.2 樣品電阻與外加磁場的關係	39	41 4.2.3 磁阻和外加磁場的變化	41
. 46 參考文獻	46	47 第五章 結論	47
圖目錄 圖1.1 SPM示意圖	2	圖1.2 粒子的動能 E_k 與能量障壘 V_0 。電子的穿隧	2
效應。穿隧電流 I_t 與距離 d 的關係圖	4	圖1.3 (a) 平面三明治, (b) 雙磊晶, (c)階梯, (d) 弱鏈	4
結構, (e) 雙晶體, 及(f) 階梯式等元件	5	圖1.4 SPM應用於奈米尺度之示意圖	5
. 5 圖2.1 電子狀態密度之示意圖, 左圖為Ni, 右圖為LSMO, 由電子向上自旋與向下自旋之能帶差可算出極	10	圖2.2 軸較長的橢球體(Prolate	10
化率, LSMO之極化率可達到100%	10	Spheroid)	13
13 圖2.3 R-H關係圖之butterfly特性曲線	14	圖2.4 WKB穿隧能障	14
示意圖, 假設穿隧能障為一個方型之障壘, 能障高度為 V_{bi}	15	圖2.5 穿隧	15
障壘 V_{bi} 與 $R_j A$ 之關係圖	16	圖3.1 本實驗磊晶與蝕刻製程系統之實體照片圖	19
圖3.2 本實驗磊晶與蝕刻製程系統之示意圖	20	圖3.3 DLC與LSMO薄膜的濺鍍腔體	20
. 21 圖3.4 離子束蝕刻系統內部架構圖	22	圖3.5 黃光製程的步驟	22
. 22 圖3.6 黃光製程示意圖	23	圖3.7 DC sputter系統實際圖	23
. 24 圖3.8 陽極氧化作用製作流程圖	26	圖3.9 左邊選取的區域為我們所設	26
定的陽極氧化路徑, 右邊為陽極氧化可設定之參數, 如掃描速率Z軸下壓力量偏壓大小等	28	圖3.10 本實驗所使用的接觸	28
式陽極氧化之示意圖	28	圖3.11 低溫量測系統示意圖	30
圖4.1 左邊為陽極氧	32	圖4.2 (a) 微橋	32
化作用的表面圖, 右邊為使用conductive AFM所掃描的Conductive mapping圖形	32	圖4.2 (b) 樣品以偏壓5V之氧化結果顯示圖	34
圖4.2 (a) 微橋	33	圖4.2 (c) 樣品以偏壓6V之氧化結果顯示圖	34
氧化路徑3D圖	33	圖4.2 (d) 樣品以偏壓7V之氧化結果顯示圖	35
. 35 圖4.2 (e) 樣品以偏壓8V之氧化結果顯示圖	35	圖4.3 (a) 樣品以壓力0.6nN之氧化結果顯示圖	37
. 37 圖4.3 (b) 樣品以壓力0.7nN之氧化結果顯示圖	37	圖4.3 (c) 樣品以壓力0.8nN之氧化結果顯示圖	37

38 圖4.4 (a) 未破壞之微橋R-T圖	40 圖4.4 (b) 經過氧化作用之微橋R-T圖
40 圖4.5 (a) 溫度為250K時，電阻變化與外加磁場關係圖	41 圖4.5 (b) 溫度為200K時，電阻變化與外加磁場關係圖
42 圖4.5 (c) 溫度為150K時，電阻變化與外加磁場關係圖	43 圖4.6 (a) 溫度150K，氧化作用製程8V的磁阻變化率與外加磁場關係圖
44 圖4.7 氧化作用之微橋之TMR與溫度關係圖	45 表目錄 表 2.1 五種磁阻的比較
9 表 3.1 濺鍍條件	19 表 4.1 樣品氧化作用的參數
33 表 4.2 第二LSMO微橋樣品氧化作用的參數	36 表 4.3 不同溫度各樣品MRmax之比較表

參考文獻

- [1] G. Bining, H. Rohrer, *Helv. Phys. Acta.* 55, 726 (1982).
- [2] G. Bining, C. F. Quate, Ch. Gerber, *Phy. Rev. Lett.* 56, 930 (1986).
- [3] Y.Z.Li, L.Vazquez, R.Piner, R.P.Andres, *Appl. Phys. Lett.*, vol.54, pp.1424 (1989).
- [4] T.R.Albercht, M.M.Dovek, *Appl. Phys. Lett.*, vol.55, pp.1727 (1989).
- [5] Insang Song, Byong Man Kim, Gwangseo Park, *Appl. Phys. Lett.*, vol.76, pp.5 (2000).
- [6] M. Faucher, T. Fournier, B. Pannetier, C. Thirion, W. Wernsdorfer, J.C. Villegier, V. Bouchiat, "Niobium and niobium nitride SQUIDs based on anodized nanobridges made with an atomic force microscope", *Physica C* 368, pp.211-217 (2002).
- [7] V. Bouchiat, M. Faucher, C. Thirion, W. Wernsdorfer, T. Fournier, B. Pannetier, "Josephson junctions and superconducting quantum interference devices made by local oxidation of niobium ultrathin films", *Appl. Phys. Lett.*, Vol 79, No.1 (2001)
- [8] Ing-Shouh Hwang, *Scanning Probe Microscopy: Principles and Applications* 科儀新知第二十六卷第四期94.2
- [9] K. Char, M. S. Colclough, L. P. Lee, and G. Zaharchuk, "Extension of bi-epitaxial Josephson junction process to various substrates", *Appl. Phys. Lett.*, 59, 2177 (1991)
- [10] S.P. Isaac, N.D. Mathur, J.E. Evetts, and M.G. Blamire, *Appl. Phys. Lett.* 72, 2038 (1998).
- [11] Kiejun Lee and Ienari Iguchi, "Josephson effects in YBaCuO grain boundary junctions on (100) MgO bicrystal substrates", *Appl. Phys. Lett.* 66, 769 (1995)
- [12] 張慶瑞, 中華民國磁性技術協會會訊, 第十九期, 1999, p.5
- [13] *Phys. Rev. Lett.* 54A, 225 (1975)
- [14] M. Julliere, *Phys. Lett.* 54A, 225 (1975)
- [15] L.M. Wang et al. / *Thin Solid Films* 457 (2004) 359 – 364 "Effects of step-edge conditions on the magnetoresistance of La_{0.7}Sr_{0.3}MnO₃ tunneling junctions"
- [16] L.M. Wang et al. / *J. Appl. Phys.*, Vol. 95, No. 9, 1 May 2004, "Room-temperature tunneling magnetoresistance in La_{0.7}Sr_{0.3}MnO₃ step-edge junctions"
- [17] 大葉大學, 連桂興, 94年碩士論文
- [18] Liming Tsau, Dawen Wang, K.L. Wang, "Nanometer scale patterning of silicon (100) surfaces by an atomic force microscope operating in air", *Appl. Phys. Lett.*, vol.64, pp.2133, (1994).
- [19] E.S. Snow, P.M. Campbell, "Fabrication of Si nanostructures with an atomic force microscope", *Appl. Phys. Lett.*, vol.64, pp.1932, (1994).
- [20] K. Ueno, R. Okada, K. Saiki, A. Koma, *Surf. Sci.* 514, 27 (2002).
- [21] M. Tello, R. Garcia, *Appl. Phys. Lett.* 79, 424 (2001).
- [22] H. Bloe, G. Staikov, J. W. Schultze, *Electrochim. Acta* 47, 335 (2001).
- [23] S. Gwo, C. L. Yeh, P. F. Chen, Y. C. Chou, T. T. Chen, *Appl. Phys. Lett.* 74, 1090 (1999).
- [24] X. Jin, W. N. Unertl, *Appl. Phys. Lett.* 61, 657 (1992).
- [25] 大葉大學, 黃威嘉, 98年碩士論文
- [26] Run-Wei Li, Teruo Kanki, Motoyuki Hirooka, Akihiko Takagi, and Takuya Matsumoto, *Appl. Phys. Lett.*, vol.84, pp.14 (2004).
- [27] Stuart C. Wimbush, Minoru Tachiki, Eiji Takayama-Muromachi, Hideo Itozaki, "Atomic Force Microscope Based Lithography of YBa₂Cu₃O_{7-x} Thin Films", *Japanese Journal of Applied Physics*, Vol. 45, No. 7, pp. 5742-5745 (2006).
- [28] K. Char, M. S. Colclough, S. M. Garrison, N. Newman, and G. Zaharchuk, "Bi-epitaxial grain boundary junctions in YBa₂Cu₃O₇", *Appl. Phys. Lett.* 59, pp.733, (1991).
- [29] K. Char, M. S. Colclough, L. P. Lee, and G. Zaharchuk, "Extension of bi-epitaxial Josephson junction process to various substrates", *Appl. Phys. Lett.*, 59, pp.2177, (1991).
- [30] Yu. A. Boikov, A. L. Vasiliev, and T. Claeson, "Biepitaxial Josephson junctions with high current density based on YBa₂Cu₃O_{7-x} films on silicon sapphire", *J. Appl. Phys.* 77, 1654 (1995).
- [33] Kiejun Lee and Ienari Iguchi, "Josephson effects in YBaCuO grain boundary junctions on (100)MgO bicrystal substrates", *Appl. Phys. Lett.* 66, 769 (1995).
- [31] I. V. Borisenko, P. B. Mozhaev, G. A. Ovsyannikov, K. Y. Constantinian, E. A. Stepanov, "Superconducting current-phase relation in high-T_c symmetrical bicrystal junction", *Physica C* 368, 328, (2002).
- [32] J. Gao, Y. Boguslavskij, B. B. G. Klopman, D. Terpstra, R. Wijbrans, G. J. Gerritsma, and H. Rogalla, *J. Appl. Phys.* 72, 575, (1992).
- [33] J. Gao, W. A. M. Aarnink, G. J. Gerritsma, and H. Rogalla, *Physica C* 171, 126 (1990); see also *IEEE Trans. Magn.* MAG-27, 3062, (1991)

