

Study of Thin-Film Field-Effect Transistors Based on Sr-Doped Lanthanum Titanate Heterostructure

黃俊璋、宋皇輝

E-mail: 9708120@mail.dyu.edu.tw

ABSTRACT

The oxide thin-film field-effect transistors were fabricated from epitaxial heterostructures grown on the LaAlO₃(100) substrates by the off-axis rf magnetron co-sputtering system. In these devices, a strontium-doped LaTiO₃ (Sr_xLa_{1-x}TiO₃, SLTO $x = 0.32\sim 0.05$) thin film was firstly deposited as the p-type semiconducting channel, and then followed by the growth of a insulating SrTiO₃ layer as the gate insulator. The temperature dependence of resistivity and I-V properties were studied. Under negative gate bias, the I-V characteristics indicate the accumulation effect in the channel. From the channel resistance (V_{ds}/I_d) data, we found the metal-insulator transition in the channel induced by the gate voltage. The on-off ratio of I_d is about 4 for V_g of 0 and -300 mV at V_{ds} of 0.4 V. The typical transconductance of the transistor is 5.5 μS at $V_{ds} = 1$ V and room temperature.

Keywords : Sr_xLa_{1-x}TiO₃ ; field-effect transistors

Table of Contents

封面內頁 簽名頁 授權書	iii	中文摘要	iii
. iv	ABSTRACT	v	誌謝
. vi	目錄	vii	圖目錄
. ix	表目錄	xii	第一章 緒論 1.1研究背景
. 1	1.2文獻回顧	6	第二章 元件構造與相關原理 2.1 場效電晶體(FET)
. 2	2.1.1場效電晶體介紹	7	2.1.2 MOSFET基本結構與類型
. 8	2.1.3 MOSFET工作原理	9	2.1.4 I_d - V_{ds} 特性
. 10	2.2 莫特(Mott)絕緣體	12	2.3 莫特轉變(Mott Transition)場效電晶體
. 12	2.3 莫特轉變(Mott Transition)場效電晶體	12	第三章 樣品製備與量測 3.1樣品製備
. 13	3.1.1薄膜濺鍍系統	13	3.1.2實驗流程
. 15	3.1.3實驗流程敘述	16	3.2薄膜晶相與成分量測
. 20	3.2.1 X-ray繞射分析儀	20	3.2.2微區成份分析儀(EDS)
. 21	3.3電性量測	23	3.3.1電阻對溫度量測
. 23	3.3.2元件I-V量測	24	第四章 結果與討論 4.1薄膜樣品之成長參數與結構、成分分析
. 26	4.1.1第一層膜Sr _x La _{1-x} TiO ₃	26	4.1.2第二層膜 STO
. 35	4.2樣品之薄膜傳輸特性	37	4.3樣品之元件I-V特性
. 40	第五章 結論	50	參考文獻
. 51	圖目錄 圖1.1 鈦酸鐳(LaTiO ₃)晶格結構圖	1	圖1.2 Al ₂ O ₃ /KTaO ₃ 的 I_d - V_{ds} 特性
. 3	圖1.3 YPBCO/STO/Nb-STO的 I_d - V_{ds} 特性	4	圖1.4 STO/LSTO/LAO的 I_d - V_{ds} 特性
. 4	圖1.5 摻雜量與載子濃度、載子遷移率關係圖	5	圖1.6 Thermopower對溫度作圖
. 5	圖2.1 n和p-通道FET的結構比較圖	7	圖2.2 增強型N-MOSFET的物理結構剖面圖
. 8	圖2.3 增強型n-MOSFET的 I_d - V_d 曲線圖	10	圖3.1 濺鍍實驗裝置圖與實際機台
. 14	圖3.2 實驗流程圖	15	圖3.3 LTO (100)晶格旋轉45o後與Si(100)的晶格
. 18	圖3.4 微影製程示意圖	18	圖3.5 薄膜微影製程後示意圖
. 19	圖3.6 高真空Ar離子蝕刻系統	19	圖3.7 圖(a)為本實驗所用之XRD系統。圖(b)為內部裝置圖
. 20	圖3.8 (a)掃描式電子顯微鏡(SEM) (b)成分分析儀(EDS)	22	圖3.9 樣品四點量測示意圖
. 23	圖3.10 電阻對溫度量測系統	24	圖3.11 半導體參數分析儀
. 25	圖3.12 樣品做I-V量測示意圖	25	圖4.1 不同成長壓力下Sr _{1-x} La _x TiO ₃ / Si薄膜XRD圖
. 28	圖4.2 不同成長溫度下Sr _x La _{1-x} TiO ₃ / Si薄膜XRD圖	29	圖4.3 不同成長溫度下Sr _x La _{1-x} TiO ₃ / STO薄膜XRD圖
. 30	圖4.4 在氬氣壓力25 mtorr溫度440 SLTO / LAO薄膜XRD圖	31	圖4.5 RF功率調控Sr _x La _{1-x} TiO ₃ 其摻雜Sr和對應La比例圖

33 圖4.6 Sr _x La _{1-x} TiO ₃ / Si典型元素分析圖	34 圖4.7 成長溫度440 °C下SrTiO ₃ / Si薄膜XRD圖
36 圖4.8 樣品實際拍攝圖	37 圖4.9 Sr _{0.724} La _{0.276} TiO ₃ / LAO薄膜其電阻對溫度作圖
38 圖4.10 Sr _{0.326} La _{0.674} TiO ₃ / LAO薄膜其電阻對溫度作圖	38 圖4.11 Sr _{0.283} La _{0.717} TiO ₃ / LAO薄膜其電阻對溫度作圖
39 圖4.12 Sr _{0.051} La _{0.949} TiO ₃ / LAO薄膜其電阻對溫度作圖	39 圖4.13 V _g =0V~-1V時 摻雜量x=0.32之I _d 對V _{ds}
42 圖4.14 扣掉漏電流後V _g =0V~-1V時 摻雜量x=0.32之I _d 對V _{ds}	42 圖4.15 V _g =0V~1V時 摻雜量x=0.32之I _d 對V _{ds}
43 圖4.16 扣掉漏電流後V _g =0V~1V時 摻雜量x=0.32之I _d 對V _{ds}	43 圖4.17 V _g =0V~-1V時 摻雜量x=0.05之I _d 對V _{ds}
44 圖4.18 扣掉漏電流後V _g =0V~-1V時 摻雜量x=0.05之I _d 對V _{ds}	44 圖4.19 V _g =0V~1V時 摻雜量x=0.05之I _d 對V _{ds}
45 圖4.20 扣掉漏電流後V _g =0V~1V時 摻雜量x=0.05之I _d 對V _{ds}	45 圖4.21 V _{ds} 加到30 V 摻雜量x = 0.05之I _d 對V _{ds}
46 圖4.22 V _{ds} =0.2V~1.0V時 摻雜量x=0.32之I _d 對V _g	46 圖4.23 V _{ds} =0.2V~1.5V時 摻雜量x=0.05之I _d 對V _g
47 圖4.24 V _{ds} =0.2V~1.0V時 摻雜量x=0.32之V _{ds} /I _d 對V _g	47 圖4.25 V _{ds} =0.2V~1.5V時 摻雜量x=0.051之V _{ds} /I _d 對V _g
48 圖4.26 為在V _g =-100mv~-500mv I _d / I _d 對不同摻雜量之關係圖	48 圖4.27 為gm對V _{ds} 之關係圖
49 圖4.28 Pan等人元件中, V _{ds} = 4 V在不同溫度下對應到gm . 49 表目錄表2.1 MOSFET各類型整理表	9 表4.1 射頻產生器輸出功率與Sr摻雜量之關係
33 表4.2 SLTO和STO之鍍膜最佳參數整理	35 表4.3 各V _{ds} 下對應之gm
49	49

REFERENCES

- [1]李志晃, " 摻雜SrTiO₃之傳輸特性研究 ",大葉大學碩士論文,2006 [2] Ueno, K., I. H. Inoue, H. Akoh, M. Kawasaki, Y. Tokura, and H. Takagi, 2003, Appl. Phys. Lett. 83, 1755.
- [3] D. M. Newns,a) J. A. Misewich, C. C. Tsuei, A Gupta, B. A. Scott, and A. Schrott,1998, Appl. Phys. Lett. 73,780.
- [4] Feng Pan, David Olaya, John C. Price, and Charles T. Rogers,2004, Appl. Phys. Lett. 84, 1573.
- [5]B.Vilquin,T.Kanki,T.yanagida,H.Tanaka,T.kawai,applied surface science 244,494-497.
- [6]C. C. Hays, J.-S. Zhou, J. T. Markert, and J. B. Goodenough, Phys. Rev. B 60, 10367 (1999).
- [7] C. H. Ahn, A. Bhattacharya, M. Di Ventura, J. N. Eckstein, C. Daniel Frisbie, M. E. Gershenson, A. M. Goldman, I. H. Inoue, J. Mannhart, Andrew J. Millis, Alberto F. Morpurgo,Douglas Natelson, Jean-Marc Triscone,2006, Rev. Mod. Phys., Vol. 78,1185.
- [8] C. Zhou, D. M. Newns,a) J. A. Misewich, and P. C. Pattnaik,1996, Appl. Phys. Lett. 70,598 [9] Feng Pan and Charles T. Rogers, 2005,PHYSICAL REVIEW B 72, 094520.
- [10] A. Schmehl, F. Lichtenberg, H. Bielefeldt, and J. Mannhart,2003, Appl. Phys. Lett. 82, 3077.
- [11]吳文斌、黃迪靖；科學研究 " 強電子關聯材料的軌域物理 " 2004年8月 [12]劉傳璽、陳進來: " CMOS元件物理與製程整合理論與實務 " 2006年1月