

用激光分子束外延在玻璃衬底上 生长 $\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{MnO}_3$ 薄膜*

张营堂¹⁾²⁾³⁾ 何 萌²⁾ 陈子瑜¹⁾ 吕惠宾^{2)†}

1) 北京航空航天大学理学院, 北京 100083)

2) 中国科学院物理研究所, 北京凝聚态物理国家实验室, 北京 100190)

3) 陕西理工学院材料学院, 汉中 723003)

(2008 年 9 月 10 日收到, 2008 年 10 月 7 日收到修改稿)

采用激光分子束外延技术, 在玻璃衬底上制备了 $\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{MnO}_3$ (LSMO) 薄膜, X 射线衍射测量结果表明在玻璃衬底上生长的 LSMO 薄膜沿 c 轴择优取向生长. 在外磁场 3 T 和 88, 220, 300 K 条件下, LSMO 薄膜的磁电阻变化率分别达到 -37.8% , -26.8% 和 -6.07% . 实验结果表明, 在廉价的玻璃衬底上制备大面积和具有应用价值的锰氧化物薄膜是可行的.

关键词: 锰氧化物薄膜, 玻璃衬底, 外延生长

PACC: 7530V, 8115I, 7360

自从锰氧化物的巨磁电阻现象发现以来, 由于其在基础研究方面的重要意义和潜在的广泛应用, 在世界范围内掀起了锰氧化物的制备和研究热潮^[1-6]. 磁控溅射、脉冲激光沉积和激光分子束外延等不同的制膜技术和 SrTiO_3 , Nb-SrTiO_3 , Si , ZrO_2 , MgO , LaAlO_3 等单晶基片都被用于锰氧化物薄膜材料的制备和研究, 使锰氧化物材料的研究取得了很大的进展. 在前期工作中, 我们报道了掺 Pr、掺 Te 等锰氧化物材料的制备和庞磁电阻 (CMR) 特性^[7,8], 同时在与锰氧化物相关的 p-n 结上观测到反常的低场高灵敏度正磁电阻效应^[9-11]. 从应用的角度来讲, 由于单晶基片尺寸有限, 成本也很高, 因此研制大面积和低成本的锰氧化物薄膜已成为需求之一. 本文采用激光分子束外延技术, 选用普通的无机玻璃做衬底, 成功地制备出择优取向的 $\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{MnO}_3$ (LSMO) 薄膜. 在外磁场 3 T 和 220, 300 K 条件下, LSMO 薄膜的磁电阻变化率分别达到 -26.8% 和 -6.07% .

LSMO 薄膜采用激光分子束外延系统制备^[12], 激光器使用波长 308 nm 的 XeCl 准分子激光器, 重复频率为 2 Hz, 能量密度约 2 J/cm^2 . 首先将 $30 \text{ mm} \times$

$30 \text{ mm} \times 1 \text{ mm}$ 的玻璃衬底分别用丙酮、无水乙醇和去离子水清洗后, 传入外延室, 当外延室的真空度抽至 $1 \times 10^{-4} \text{ Pa}$ 时, 加热玻璃衬底至 $620 \text{ }^\circ\text{C}$, 然后通入氧气, 氧气压保持在 $5 \times 10^{-1} \text{ Pa}$, 连续生长 400 nm 厚的 LSMO 薄膜, 为了提高薄膜的结晶度, 在和生长相同的氧气压和温度条件下原位退火 20 min, 再在相同的氧气压下, 在 30 min 时间内将温度降至室温. 实验中, 用 X 射线衍射仪 (XRD) 分析薄膜的结构, 用超导量子干涉仪 (SQUID) 测量薄膜的电输运和磁电阻特性.

图 1 是 LSMO 薄膜的 XRD $\theta-2\theta$ 扫描曲线. 从图中可以看出, 除了 LSMO 薄膜的 (001) 和 (002) 衍射峰以外, 没有出现别的衍射峰, 表明在玻璃衬底上生长的 LSMO 薄膜具有 c 轴择优取向.

图 2 是 LSMO 薄膜在 0, 1 和 3 T 不同磁场条件下, 电阻随温度变化的 $R-T$ 曲线. 随着温度的降低, LSMO 薄膜经过了绝缘态到金属态的转变, 其转变温度 T_M 在 0, 1 和 3 T 磁场条件下分别为在 232, 227 和 218 K 附近. 在温度高于 T_M 条件下 LSMO 薄膜呈现半导体特性, 在温度低于 T_M 条件下 LSMO 薄膜呈现金属特性. 与零场相比, 在外加磁场条件下, LSMO

* 国家自然科学基金 (批准号 50672120) 资助的课题.

† E-mail: hbli@aphy.iphy.ac.cn

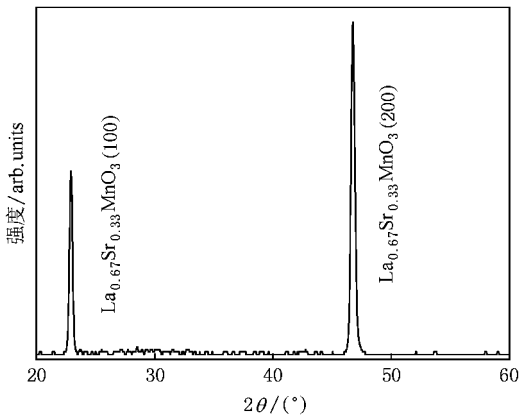


图 1 生长在玻璃衬底上 $\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{MnO}_3$ 薄膜的 XRD $\theta-2\theta$ 扫描曲线

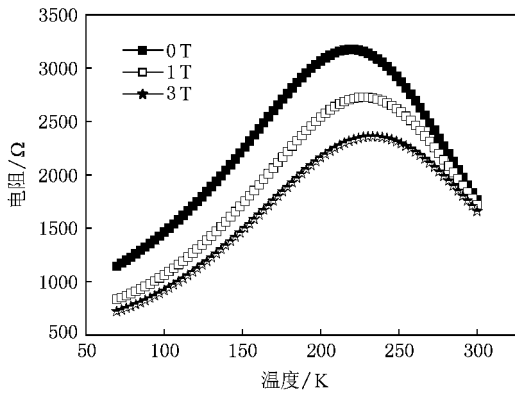


图 2 玻璃衬底上 LSMO 薄膜在不同外加磁场条件下的 $R-T$ 曲线

薄膜的电阻减小,显示了负磁电阻特性.定义磁电阻变化率为 $\text{MR} = (R_T - R_0)/R_0$,其中 R_0 是在零场条件下 LSMO 薄膜的电阻, R_T 是在外加磁场条件下 LSMO 薄膜的电阻.图 3 所示给出了 LSMO 薄膜在外磁场为 1 T 和 3 T 条件下,磁电阻变化率 MR 与温度的依赖关系.在外加磁场 1 T 和 3 T 条件下,在温度为 87, 220 和 300 K 时,MR 分别达到 -27.9% , -14.4% , -2.58% 和 -37.8% , -26.8% , -6.07% .

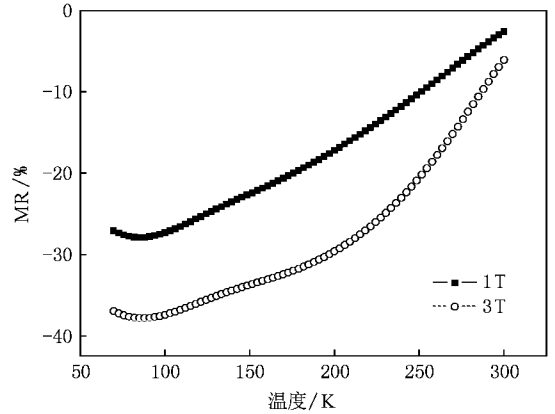


图 3 玻璃衬底上 LSMO 薄膜在 1 和 3 T 外加磁场下 MR 和温度的关系

上述结果表明,采用激光分子束外延技术在玻璃衬底上成功地制备出 LSMO 薄膜,不仅具有很好的 c 轴方向,而且具有较高 MR.因此,本工作为在廉价的玻璃衬底上制备满足一定要求的高质量锰氧化物薄膜提供了可行性.

[1] Jin S, Tiefel T H, McCormack M *et al* 1994 *Science* **264** 413
 [2] Moritomo Y, Asamitsu A, Tokura Y 1997 *Phys. Rev. B* **19** 12190
 [3] Bridgers F, Neumeier J J, Sawatzky G A 2000 *Phys. Rev. B* **61** R9237
 [4] Cox D E, Iglesias T, Moshopoulou E *et al* 2001 *Phys. Rev. B* **64** 024431
 [5] Tomioka Y, Asamitsu A, Kuwahara H *et al* 1996 *Phys. Rev. B* **53** R1689
 [6] Zhou Q L, Zhao, Jin K J *et al* 2005 *Appl. Phys. Lett.* **87** 172510
 [7] Tan G T, Dai S Y, Duan P *et al* 2003 *Phys. Rev. B* **68** 014426

[8] Duan P, Chen Z H, Dai S Y *et al* 2006 *Acta Phys. Sin.* **55** 1441 (in Chinese)[段 苹、陈正豪、戴守遇等 2006 物理学报 **55** 1441]
 [9] Lu H B, Yang G Z, Chen Z H *et al* 2004 *Appl. Phys. Lett.* **84** 5007
 [10] Lu H B, Jin K J, Huang Y H *et al* 2005 *Appl. Phys. Lett.* **86** 241915
 [11] Jin K J, Lu H B, Zhou Q L *et al* 2005 *Phys. Rev. B* **71** 184428
 [12] Yang G Z, Lu H B, Zhou Y L *et al* 1998 *Acta Phys. Sin.* (Overseas Edition) **7** 623

Epitaxial growth of $\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{MnO}_3$ on glass by laser molecular beam epitaxy^{*}

Zhang Ying-Tang^{1,2,3)} He Meng²⁾ Cheng Zi-Yu¹⁾ Lü Hui-Bin^{2)†}

1) *School of Science, Beijing University of Aeronautics and Astronautics, Beijing 100083, China*

2) *Institute of Physics & Center for Condensed Matter Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China*

3) *School of Material Science & Engineering, Shanxi University of Technology, Hanzhong 723003, China*

(Received 10 September 2008 ; revised manuscript received 7 October 2008)

Abstract

$\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{MnO}_3$ thin films have been deposited by laser molecular beam epitaxy system on glass substrates. The measurement of X-ray diffraction shows that the $\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{MnO}_3$ thin film is a good orientation of c axis, and the magnetoresistance values of -37.8% , -26.8% and 6.07% at 88, 220 and 300 K, respectively, under 3 T magnetic field were observed.

Keywords : manganite oxide films, glass substrate, epitaxy

PACC : 7530V, 8115I, 7360

^{*} Project supported by the National Natural Science Foundation of China (Grant No. 50672120).

[†] E-mail : hblu@aphy.iphy.ac.cn