

# La<sub>0.3</sub>Sr<sub>0.7</sub>TiO<sub>3</sub> 模板层对 Pb(Zr<sub>0.5</sub>Ti<sub>0.5</sub>)O<sub>3</sub> 薄膜 的铁电性能增强效应的研究<sup>\*</sup>

王秀章<sup>†</sup> 刘红日

(湖北师范学院生化分析技术湖北省重点实验室, 湖北师范学院物理系, 黄石 435002)

(2006 年 7 月 10 日收到, 2006 年 9 月 13 日收到修改稿)

通过 sol-gel 法在 Si(111) 基片上分别制备了 LaNiO<sub>3</sub>(LNO) 底电极和 LaNiO<sub>3</sub>/La<sub>0.3</sub>Sr<sub>0.7</sub>TiO<sub>3</sub>(LNO/LSTO) 底电极. 然后采用 sol-gel 方法, 在两种衬底上分别制备了 Pb(Zr<sub>0.5</sub>Ti<sub>0.5</sub>)O<sub>3</sub>(PZT) 铁电薄膜. XRD 分析表明, 两种 PZT 薄膜均具有钙钛矿结构, 且在 LNO 底电极上的 PZT 薄膜呈(100)择优取向, 而在 LNO/LSTO 底电极上的 PZT 薄膜呈随机取向. 铁电性能测试表明, 相对 LNO 衬底上制备的 PZT 薄膜, 在 LNO/LSTO 底电极上制备的 PZT 薄膜的剩余极化强度得到了有效的增强, 同时矫顽场也增大. 介电常数和漏电流的测试表明, LNO/LSTO 底电极上制备的 PZT 薄膜具有大的介电常数和漏电流.

关键词: PZT 薄膜, 铁电性, 漏电流, La<sub>0.3</sub>Sr<sub>0.7</sub>TiO<sub>3</sub>

PACC: 7755, 7780, 8115

## 1. 引 言

近年来, 铁电薄膜由于其在存储器、光电器件等领域的潜在应用, 而得到了广泛研究与极大关注<sup>[1-6]</sup>. 人们在制作上述各种铁电器件时, 普遍采用 Pt/Ti 电极作为铁电薄膜的电极材料. 然而, 由于 Pt/Ti 电极的使用, 导致铁电薄膜出现老化、疲劳等问题<sup>[7]</sup>. 为了解决上述问题, 人们发现, 如果采用 La<sub>0.5</sub>Sr<sub>0.5</sub>CoO<sub>3</sub>, YBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>7- $\delta$</sub> , LaNiO<sub>3</sub>(LNO) 以及 SrRuO<sub>3</sub> 等类钙钛矿结构的导电金属氧化物, 来代替金属作为底电极, 可以大大增强铁电薄膜的抗疲劳特性<sup>[8-10]</sup>. 其中, LaNiO<sub>3</sub> 薄膜成为铁电薄膜底电极的首选材料之一<sup>[11-13]</sup>. 这主要是因为 LNO 薄膜不仅具有较低的各向同性的电阻率(室温下电阻率约为 225  $\mu\Omega\cdot\text{cm}$ )<sup>[14]</sup>, 而且其晶胞参数( $a = 0.384 \text{ nm}$ )与 PZT 铁电薄膜非常接近, 使之不仅可作为电极材料, 而且还可以作为籽晶层来优化铁电薄膜的结构和性能. 目前, 人们已经利用物理方法在 Si 衬底上制备出了择优取向的 LNO 薄膜<sup>[15]</sup>. 而 SrTiO<sub>3</sub> 单晶因为具有钙钛矿结构也被广泛用作衬底或模板层来制备铁电薄膜<sup>[16]</sup>, 制备出的铁电薄膜的取向通常因为晶格

匹配的原因严格与衬底一致. 最常用的制备方法是脉冲激光沉积方法<sup>[17]</sup>, 分子束外延方法也被采用来制备 SrTiO<sub>3</sub> 薄膜<sup>[18]</sup>. 溶胶-凝胶方法制备薄膜材料具有很多优点, 如工艺简单、成本低、可制备大面积均匀薄膜等. 相对前两种方法, 关于 SrTiO<sub>3</sub> 薄膜的溶胶-凝胶方法却少有报道. Kamalasanan 以 Si(OH)<sub>2</sub>·8H<sub>2</sub>O 和 C<sub>7</sub>H<sub>15</sub>COOH 为原料, 用溶胶-凝胶方法在石英衬底上制备了随机取向的 SrTiO<sub>3</sub> 薄膜<sup>[19]</sup>. Thomas 等则用 Si(C<sub>7</sub>H<sub>15</sub>COO)<sub>2</sub> 和 Ti(OC<sub>3</sub>H<sub>7</sub>)<sub>4</sub> 为原料, 用溶胶-凝胶方法在 Si 基底上制备出了随机取向的薄膜. 在 750°C 退火的条件下获得了良好的结晶. 鉴于 SrTiO<sub>3</sub> 良好的绝缘性, 通常对其进行 A 位高价离子的替代改性<sup>[20]</sup>, Liu 等用脉冲激光沉积方法制备了 A 位 La 替代的 La<sub>x</sub>Sr<sub>1-x</sub>TiO<sub>3</sub> 模板层并制备了性能优良的 PZT 薄膜<sup>[21]</sup>.

本实验采用 sol-gel 方法在 Si(111) 基片上制备了 La 替代的 La<sub>0.3</sub>Sr<sub>0.7</sub>TiO<sub>3</sub>(LSTO) 薄膜, 然后再用相同的方法沉积了 LNO 底电极, 最后在 LNO 底电极上制备了 Pb(Zr<sub>0.5</sub>Ti<sub>0.5</sub>)O<sub>3</sub>(PZT) 薄膜, 并与 LNO/Si 衬底上的 PZT 薄膜的铁电性和介电性进行了对比研究, 获得了增强的铁电和介电性能.

<sup>\*</sup> 湖北省教育厅重大科技项目基金(批准号: Z20052001), 黄石市科技攻关计划项目基金(批准号: 黄科技发成[2006]18号), 湖北师范学院研究生启动基金(批准号: 2004J04) 等资助的课题.

<sup>†</sup> E-mail: wxzh91@sohu.com

## 2. 实 验

### 2.1. Si(111) 衬底上 LaNiO<sub>3</sub> 薄膜的制备

首先以硝酸镧和醋酸镍为原料,冰醋酸和水为溶剂,合成 LaNiO<sub>3</sub> 前驱体.前驱体溶液的制备方法参见文献[22],然后采用旋转甩胶法在 Si(111) 基底上制备 LNO 薄膜.匀胶转速为 6000 r/min,匀胶时间为 20 s,获得的湿膜在 200 °C 的热盘上加热 1 min,然后放入快速热处理炉中退火.热处理工艺为:在 1 min 内温度从 0 °C 升至 350 °C,在 350 °C 保温 3 min,再在 3 min 内,将温度从 350 °C 升至 650 °C,最后在 650 °C 保温 4 min,然后快速降至常温.匀胶和热处理重复 4 次,即得到 LNO 薄膜.

### 2.2. LNO/LSNO/Si 衬底的制备

先采用 sol-gel 方法在 Si(111) 衬底上制备出 Sr<sub>0.3</sub>La<sub>0.7</sub>TiO<sub>3</sub> 薄膜.首先将适量的 Si(CH<sub>3</sub>COO)<sub>2</sub> 加入 10 ml 的冰乙酸中,搅拌加热使溶解.再将适量的 La(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>·6H<sub>2</sub>O 加入 10 ml 的乙二醇甲醚(Si(CH<sub>3</sub>COO)<sub>2</sub>与 La(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>·6H<sub>2</sub>O 的 mol 比为 3:7),搅拌使溶解,然后加入适量的 Ti(C<sub>4</sub>H<sub>9</sub>O)<sub>4</sub>,搅拌 10 min 使溶解,最后加入适量的冰乙酸,得到 0.3 mol/L 的 Sr<sub>0.3</sub>La<sub>0.7</sub>TiO<sub>3</sub> 溶液.

然后将上述溶液采用旋转甩胶法(spin-coating)在 Si(111) 衬底上制备 Sr<sub>0.3</sub>La<sub>0.7</sub>TiO<sub>3</sub> 过渡层.具体制备方法是:将 Sr<sub>0.3</sub>La<sub>0.7</sub>TiO<sub>3</sub> 前驱体溶液滴在 Si(111) 衬底上,然后以 6000 r/min 的转速匀胶,匀胶时间为 20 s,匀胶后的薄膜放在快速热退火炉中在 350 °C 预退火 3 min,然后在 3 min 内升到 650 °C,再退火 3 min.以上过程共重复 6 次获得一定厚度的 La<sub>0.3</sub>Sr<sub>0.6</sub>TiO<sub>3</sub> 薄膜.然后按照上述方法在制得的 Sr<sub>0.3</sub>La<sub>0.7</sub>TiO<sub>3</sub> 薄膜上再制备一层 LaNiO<sub>3</sub> 底电极.

### 2.3. Pb(Zr<sub>0.5</sub>Ti<sub>0.5</sub>)O<sub>3</sub>(PZT) 铁电薄膜的制备

铁电材料 PZT 的前驱体溶液以 Pb(CH<sub>3</sub>COO)<sub>2</sub>·3H<sub>2</sub>O 和 Zr(NO<sub>3</sub>)<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O 以及 Ti(C<sub>4</sub>H<sub>9</sub>O)<sub>4</sub> 为原料,以乙二醇甲醚为溶剂,冰乙酸为稳定剂制备.称取适量的 Pb(CH<sub>3</sub>COO)<sub>2</sub>·3H<sub>2</sub>O 加入 30 ml 乙二醇甲醚,在烧瓶中回流 30 min,同时称取适量的 Zr(NO<sub>3</sub>)<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O (与 Pb(CH<sub>3</sub>COO)<sub>2</sub>·3H<sub>2</sub>O 的物质的量比为 1:2,加入 10 ml 乙二醇甲醚加热溶解,量取适量的 Ti(C<sub>4</sub>H<sub>9</sub>O)<sub>4</sub>

(与 Pb(CH<sub>3</sub>COO)<sub>2</sub>·3H<sub>2</sub>O 的物质的量比为 1:2),溶于 10 ml 的乙二醇甲醚中.将上述 3 种溶液混合搅拌,然后加冰乙酸将溶液浓度调至 0.3 mol/L.

将制备的 PZT 前驱体溶液采用旋转甩胶法分别在 LNO/Si 衬底和 LNO/LSTO/Si 衬底上制备 PZT 薄膜.具体制备方法是:将 Pb(Zr<sub>0.5</sub>Ti<sub>0.5</sub>)O<sub>3</sub> 溶液滴在 LaNiO<sub>3</sub>/Si 衬底上,然后以 6000 r/min 匀胶 20 s,匀胶后的薄膜放在快速热退火炉中在 350 °C 预退火 3 min,然后在 3 min 内升到 600 °C 再退火 3 min.以上操作重复 6 次以获得 PZT-A 薄膜;以同样的方法在 LNO/LSTO/Si 衬底上制备 PZT-B 薄膜.

## 3. 结果与讨论

### 3.1. PZT 铁电薄膜的结构分析

用 X 射线衍射仪(D8 Advance Diffractometer 德国布鲁克公司)分析了两种薄膜的结晶和取向特性.图 1(a),(b)分别为在 LNO/LSTO/Si 衬底和 LNO/Si 衬底上通过快速热处理,在 600 °C 退火得到的 PZT 薄膜的 XRD 图谱.为了对比,图 1(a)还列出了未涂覆 LNO 底电极的 LSTO 薄膜的 XRD 图.由图可见,LSTO 具有钙钛矿结构并呈随机取向,因为从图中可见(110)或(100)峰的强度都不占优势.在 600 °C 退火的条件下制备的 PZT 薄膜有良好的结晶,因为两图中的 PZT 都具有细锐的峰,结构为四方相的类钙钛矿相结构.显然,在 LNO/LSTO/Si 衬底上制备的 PZT 薄膜呈随机取向,而在 LNO/Si 衬底上制备的 PZT 呈(100)择优取向.已有的研究表明,在 Si 衬底上沉积 LNO 薄膜时,因为高温退火的原因,LNO 与 Si 衬底之间常常会生成一层 SiO<sub>2</sub> 薄膜<sup>[23]</sup>,而 SiO<sub>2</sub> 上生长的 LNO 薄膜由于应力和晶粒的界面能等原因常常取(100)择优取向,因此我们在 Si(111) 衬底上直接沉积的 LNO 薄膜为(100)择优取向的.由于 PZT 薄膜与 LNO 薄膜晶格常数非常接近,得到的 PZT 薄膜也是(100)择优取向的.由图 1(a)可见,在 LNO/LSTO/Si 衬底上的 LNO 薄膜也是随机取向的.LNO 的随机取向同样来自 LNO 与 LSTO 之间的晶格匹配.如上所述,既然 PZT 与 LNO 薄膜之间存在着晶格匹配,因此在随机取向的 LNO 薄膜上沉积获得的 PZT 薄膜也是随机取向的.

### 3.2. La<sub>0.3</sub>Sr<sub>0.7</sub>TiO<sub>4</sub> 薄膜的 XPS 分析

为了进一步确定 LSTO 薄膜的钙钛矿结构,对

其进行了 XPS 测试. 图 2 为 LSTO 薄膜的 XPS 图. 如图 2(a) 所示, LSTO 薄膜表面包含 La, Ti, Sr, O, C 和 Si 元素, 其中 La, Ti, Sr, O 来自薄膜, 而 C 和 Si 可能由薄膜表面的污染所致. 图 2(b) 为  $\text{Ti}2p$  的精细结构图, 由图可见,  $\text{Ti}2p$  有两个峰分别为  $\text{Ti}2p_{1/2}$  和  $\text{Ti}2p_{3/2}$ . 对两峰进行分解发现每个峰又都可以分解为双峰.

对于  $\text{Ti}2p_{3/2}$ , 双峰的位置为 457.90 和 458.50, 分别对应  $\text{Ti}^{3+}$  和  $\text{Ti}^{4+}$ . 因此在  $\text{La}_{0.3}\text{Sr}_{0.7}\text{TiO}_4$  中一部分 Ti 以 +3 价存在以形成稳定的钙钛矿结构.  $\text{Ti}^{4+}$  与  $\text{Ti}^{3+}$  的百分比分别为 75.82% 和 24.18%,  $\text{Ti}^{4+}$  与  $\text{Ti}^{3+}$  与标准结构 7:3 比例的偏差主要是因为  $\text{Ti}^{3+}$  不稳定, 薄膜表面有一部分氧化为  $\text{Ti}^{4+}$  所致.

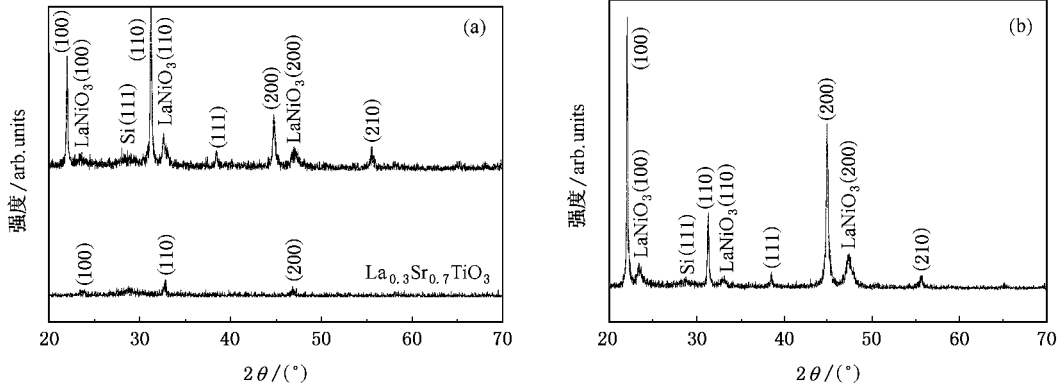


图 1 PZT 薄膜的 XRD 图 (a) LNO/LSTO/Si 衬底 (b) LNO/Si 衬底

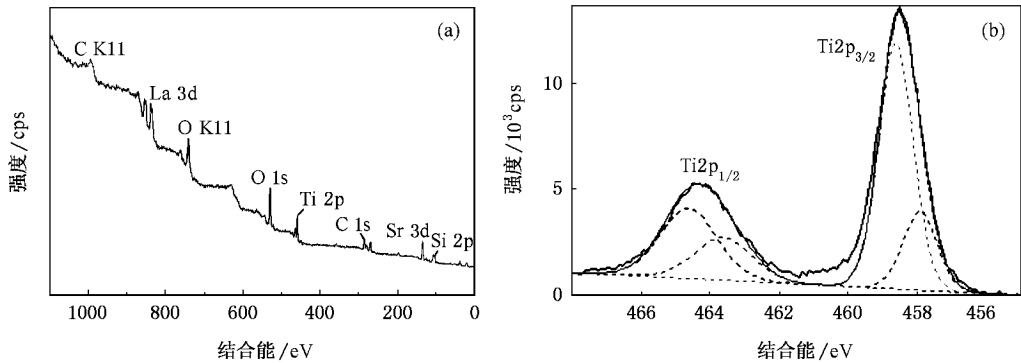


图 2 LSTO 薄膜的 XPS 图

### 3.3. 铁电性能

对两衬底上的 PZT 薄膜的铁电性用 Precision Work Station 进行了测试. 测试前通过掩模板在薄膜上用磁控溅射方法沉积上直径为 0.1 mm 的 Pt 顶电极, 为了使电极与 PZT 薄膜之间接触良好, 溅射电极后的薄膜放在快速热退火炉中在  $300\text{ }^\circ\text{C}$  下退火 20 min. 铁电滞回线的结果见图 3. 可以看出, 两种薄膜均表现出显著的铁电性质和良好的饱和性. PZT-B 薄膜的剩余极化强度要明显大于 PZT-A 薄膜, 从图中可以看到, 两薄膜的  $P_r$  值分别为  $29.26\ \mu\text{C}/\text{cm}^2$  和  $15.99\ \mu\text{C}/\text{cm}^2$ . 另外, 通过 LSTO 过渡层的引入, PZT 薄膜的矫顽场也明显较大, 两薄膜的矫顽场分别为

$114.96\ \text{kV}/\text{cm}$  和  $79.59\ \text{kV}/\text{cm}$ . 我们认为 LNO/LSTO/Si 衬底上的薄膜表现出增强的铁电性主要来自 LSTO 的引入导致的 PZT 薄膜的取向变化. 在四方相的 PZT 中, 极化可以沿 (100) 方向和 (111) 方向, 而且 (111) 方向的极化强度大于 (100) 方向, 这就导致了随机取向的 PZT 薄膜的剩余极化强度大于 (100) 择优取向的. 此结果已经在 Pt 衬底上的 PZT 薄膜中被观察到. 至于增大的矫顽场, 则主要来自 LNO/LSTO/Si 衬底上 PZT 中更加丰富的空间电荷. 因为空间电荷能够有效的钉扎畴壁而导致了增大的矫顽场. PZT-B 薄膜中的丰富的空间电荷来自 LSTO 中间层, 因为相对单晶的 Si, LSTO 过渡层具有更多的缺陷, 导致了 LNO 的缺陷增多从而 PZT 薄膜中的空间电

荷增加.

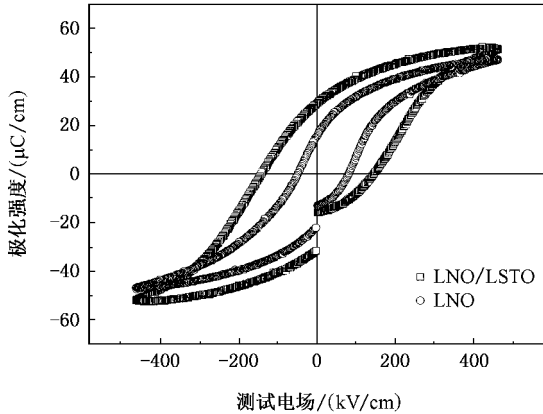


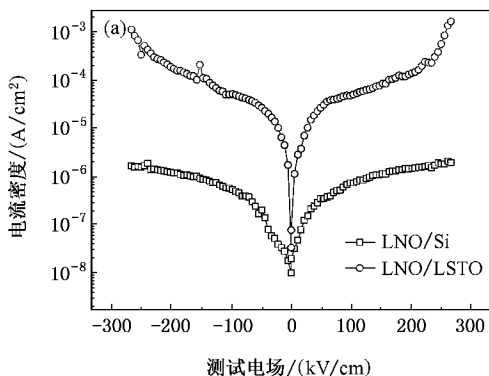
图3 PZT薄膜在不同衬底上的电滞回线

### 3.4. 漏电流性质

#### 3.4.1. PZT薄膜的漏电流分析

图4为不同衬底上的PZT薄膜的漏电流密度与电场( $J-E$ )特性曲线,图4(a)记录了正负偏压下两种PZT薄膜的 $J-E$ 特性曲线.从图中可以看出,在正负偏压下具有较好的对称性,这说明通过预退火,使顶电极与PZT薄膜获得了良好的接触,从而排除了Pt顶电极与LNO底电极的不对称导致的正负偏压下薄膜的漏电流的不对称性,使两薄膜的漏电流呈现出体效应.另外还可以看到,引入LSTO过渡层后的PZT薄膜的漏电流显著增加,在相同外电场下,PZT-B薄膜的漏电流密度要高出PZT-A薄膜 $10^2$ 倍.如上所述,PZT-B薄膜中高的漏电流来自LSTO过渡层的引入在薄膜中引入的丰富的空间电荷.

为了进一步明确两薄膜中的导电机理,在图4(b)中列出了 $\log J-\log E$ 的关系曲线.根据已有的空间电荷限制(SCL)电导理论<sup>[24]</sup>,在较低外电场下,介



电薄膜通常表现出线性欧姆电导, $J-E$ 关系服从如下关系:

$$J = e\mu n_{\Omega} E, \quad (1)$$

上式中 $e$ 为电子电荷, $n_{\Omega}$ 为导带上热激发的电荷密度, $\mu$ 为电荷的迁移率, $E$ 为外加电场.当外加电场高于某一临界值时,SCL电导将起决定性作用,电流密度与外加电压之间服从如下方程:

$$J = (9\mu K_s \epsilon_0 \theta / 8 l^3) V^2, \quad (2)$$

当外电场继续增加时,电流密度会以 $J \propto V^m$ 的关系突然增加,欧姆电导与SCL电导之间的转化电压 $V_{\Omega-SCL}$ 满足关系

$$V_{\Omega-SCL} = en_{\Omega} l^2 / 2\theta K_s \epsilon_0. \quad (3)$$

上式中 $l$ 为薄膜的厚度, $\theta = n_f / n_i$ ,其中 $n_f$ 与 $n_i$ 分别为自由电子和电子陷子的密度.

对两薄膜的电导进行了线性拟合,由图4(b)可见,在低电场下,两薄膜的电导呈很好的线性关系.PZT-A和PZT-B薄膜的斜率分别为1.11和1.26,都很接近1的理论值,因此认为是线性欧姆电导的结果.不同的是PZT-B薄膜在250 kV/cm的外场下显示出典型的SCL型电导机构,根据线性拟合的结构,后两段的斜率分别为2.04和9.93,与已有的SCL电导理论符合得很好,而PZT-A薄膜在整个电压范围内都显示线性电导特性.因此通过LSTO过渡层的引入改变了PZT薄膜的电导机构.

#### 3.4.2. LNO薄膜和LNO/LSTO薄膜的漏电流分析

注意到两薄膜显著的漏导差异,对Si衬底和LSTO/Si衬底上的LNO的 $I/V$ 特性进行了测量.测量前通过溅射沉积方法在两薄膜上沉积上面积为 $0.01 \text{ mm}^2$ 的Pt顶电极,电极间距为4.24 mm.测试电压为 $\pm 1 \text{ V}$ .结果如图5所示.由图5可见,在正偏压下,两薄膜的电流很接近;在负偏压下,随着测试

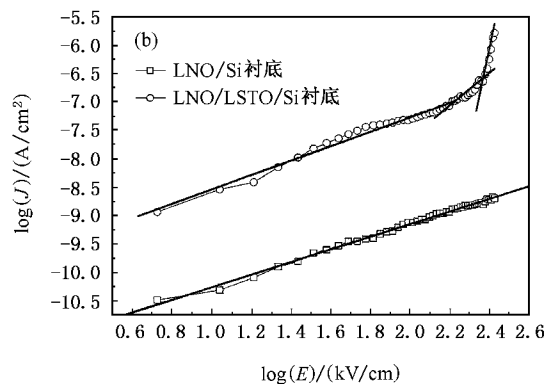


图4 PZT薄膜漏电流密度与电场的关系曲线

电压的增加,直接沉积在 Si 基片上的 LNO 薄膜的电流小于 LSTO/Si 衬底上的电流.如上所述,后者中大的漏电流可能来自 LSTO 过度层的引入导致的缺陷.同时可以注意到漏电流的显著不对称性,因为测试电极都是 Pt 电极,电流的不对称性不是来自电极的不对称,此结果可能与 Pt/LNO 的界面层有关.

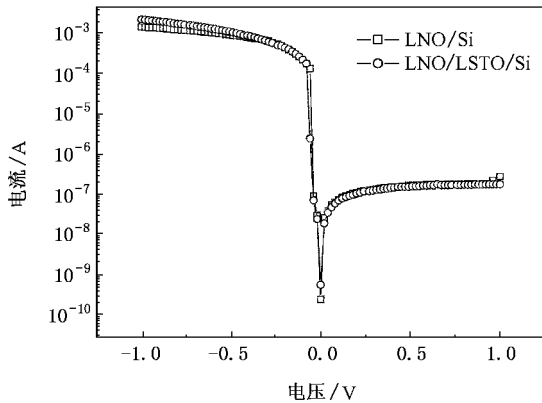


图 5 不同衬底上的 LNO 薄膜的  $I/V$  特性图

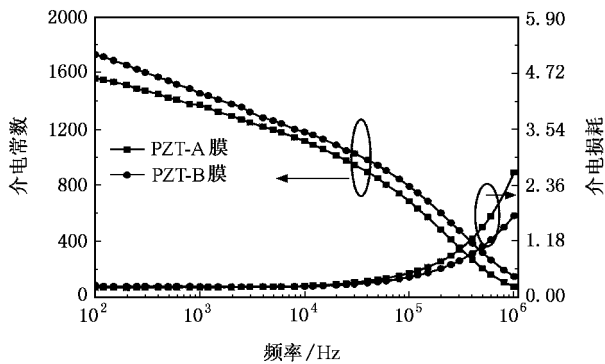


图 6 不同衬底上的 PZT 薄膜的介电性质

### 3.5. 介电性质

PZT-A 和 PZT-B 薄膜的介电常数和介电损耗由

HP4284A 阻抗分析仪测量.图 6 为两薄膜的介电频谱和介电损耗图,图中频率的测试范围为 100 Hz 到 1 MHz.由图 6 可见,在整个测试频段内,PZT-B 薄膜的介电常数大于 PZT-A,当  $f > 0.1$  MHz 时,PZT-B 薄膜的介电损耗小于 PZT-A.根据铁电材料的极化理论,在铁电薄膜中,介电常数主要来自铁电极化的贡献.根据上面的讨论,既然 PZT-B 薄膜具有大的极化强度,因此 PZT-B 薄膜具有大的介电常数.此外,两薄膜的介电常数均随频率急剧减少,在整个频段内呈现大的介电色散.在铁电薄膜中,在低频段,界面极化和空间电荷极化以及其他大惯性的偶极子都起作用,因此能够观察到较大的介电常数.随着频率增加,界面和空间电荷对极化逐渐不起作用,另外大惯性的偶极子高频下也逐渐停止反应,因此观察到了较强的介电色散.

## 4. 结 论

通过 sol-gel 方法在 Si(111)基片上制备出  $\text{LaNiO}_3$ (LNO)底电极和  $\text{LaNiO}_3/\text{La}_{0.3}\text{Sr}_{0.7}\text{TiO}_3$ (LNO/LSTO)底电极,然后再通过 sol-gel 方法,在这两种衬底上制备出  $\text{Pb}(\text{Zr}_{0.5}\text{Ti}_{0.5})\text{O}_3$ (PZT)薄膜.两种衬底上得到的  $\text{Pb}(\text{Zr}_{0.5}\text{Ti}_{0.5})\text{O}_3$ (PZT)薄膜均均有很好的钙钛矿结构和非常明显的铁电特性.LNO/LSTO 底电极上的 PZT 薄膜显示出增强的铁电性和增加的矫顽场,被认为分别来自 LSTO 过渡层的引入所导致的取向变化和增加的空间电荷.通过过渡层的引入,在相同的外电场情况下,LNO/LSTO 底电极上的 PZT 薄膜表现出典型的 SCL 电导特征,而 LNO 底电极上的 PZT 薄膜仅表现出线性欧姆电导特征.另外,LSTO 过渡层的引入使得 PZT 薄膜的介电性得到增强,同时介电损耗降低.

[1] Chen S Y, Sun C L 2001 *J. Appl. Phys.* **90** 2970  
 [2] Scott J F, Paz De Araujo C A 1989 *Science* **246** 1400  
 [3] Zeng H R, Li G R, Yin Q R, Tang X G 2003 *Acta Phys. Sin.* **52** 1783 [in Chinese] [ 曾华荣、李国荣、殷庆瑞、唐新桂 2003 物理学报 **52** 1783 ]  
 [4] Wang Q, Shen M R, Hou F, Gan Z Q 2004 *Acta Phys. Sin.* **53** 2373 [in Chinese] [ 王 强、沈明荣、侯 芳、甘肇强 2004 物理学报 **53** 2373 ]  
 [5] Paz De Araujo C A, Cuchiaro J D, McMillan L D et al 1995 *Nature* **374** 627

[6] Li X, Chee J D N, Wang Z et al 1995 *Appl. Phys. Lett.* **67** 37  
 [7] Thakoor S 1994 *J. Appl. Phys.* **75** 409  
 [8] Hong J W, Jo W, Kim D C et al 1999 *Appl. Phys. Lett.* **75** 3183  
 [9] Ramesh R, Glichrist H, Sands T et al 1993 *Appl. Phys. Lett.* **63** 3592  
 [10] Zheng F G, Chen J P, Li X W 2006 *Acta Phys. Sin.* **55** 3067 [in Chinese] [ 郑分刚、陈建平、李新碗 2006 物理学报 **55** 3067 ]  
 [11] Li J K, Yao X 2005 *Acta Phys. Sin.* **54** 2938 [in Chinese] [ 李建康、姚 熏 2005 物理学报 **54** 2938 ]  
 [12] Li A D, Wu D, Liu Z Q 1998 *Thin Solid Films* **336** 386

- [ 13 ] Meng X J , Sun J L , Yu J *et al* 2001 *Appl Surf Sci.* **171** 68
- [ 14 ] Liu A Y , Meng X J , Xue J Q , Sun J L , Ma J H , Wang L , Chu J H 2006 *Acta Phys. Sin.* **55** 3128 [ in Chinese ] [ 刘爱云、孟祥建、薛建强、孙 兰、马建华、汪琳、褚君浩 2006 物理学报 **55** 3128 ]
- [ 15 ] Yang C C , Chen M S , Hong T J *et al* 1995 *Appl. Phys. Lett.* **66** 2643
- [ 16 ] Jun S J , Kim Y S , Lee J C 2001 *Appl. Phys. Lett.* **78** 2542
- [ 17 ] Wu W B , Lu F , Wong K H , Pang G F , Choy C L , Zhang Y H 2002 *J. Appl. Phys.* **88** 700
- [ 18 ] Yu Z , Droopad R , Ramdani J , Curless J A , Overgaard C D , FINDER J M , Eisenbeiser K W , Wang J , Hallmark J A , Ooms W J 1999 *Mater. Res. Soc. Symp. Proc.* **567** 427
- [ 19 ] Kamalasanan M N , Deepak Kumar N , Subhas Chandra 1993 *J. Appl. Phys.* **74** 679
- [ 20 ] Thomas R , Dube D C , Kamalasanan M N , Chandra S , Bhalla A S 1997 *Appl. Phys. Lett.* **82** 4484
- [ 21 ] Liu B T , Maki K , So Y , Nagarajan V , Ramesh R 2002 *Appl. Phys. Lett.* **80** 4801
- [ 22 ] Meng X J , Cheng J G , Sun J L *et al* 2000 *Crystal. Growth.* **220** 100
- [ 23 ] Liu B T , Maki K , So Y *et al* 2002 *Appl. Phys. Lett.* **80** 4801
- [ 24 ] Fox G R , Krupanidhi S B 1993 *J. Appl. Phys.* **74** 1949

## Enhanced ferroelectricity of $\text{Pb}(\text{Zr}_{0.5}\text{Ti}_{0.5})\text{O}_3$ film by the introduction of $\text{La}_{0.3}\text{Sr}_{0.7}\text{TiO}_3$ template layer<sup>\*</sup>

Wang Xiu-Zhang<sup>†</sup> Liu Hong-Ri

( Hubei Key Laboratory of Bioanalytical Technique , Department of physics , Hubei Normal University , Huangshi 435002 , China )

( Received 10 July 2006 ; revised manuscript received 13 September 2006 )

### Abstract

$\text{LaNiO}_3$  ( LNO ) and  $\text{LaNiO}_3/\text{La}_{0.3}\text{Sr}_{0.7}\text{TiO}_3$  ( LNO/LSTO ) bottom electrodes were prepared on  $\text{Si}(111)$  substrates by sol-gel process. Then  $\text{Pb}(\text{Zr}_{0.5}\text{Ti}_{0.5})\text{O}_3$  ( PZT ) ferroelectric films were then deposited on the bottoms also by sol-gel process. XRD showed that both of the PZT films have perovskite structure. The one on LNO bottom adopts ( 100 ) preferred orientation and the one on LNO/LSTO bottom adopts random orientation. The results of ferroelectric measurement showed that the ferroelectricity of the PZT film on LNO/LSTO bottom electrode was substantially enhanced compare with the one on LNO bottom electrode. The coercive field was also enhanced. The film on LNO/LSTO bottom electrode has larger dielectric constant and leakage current.

**Keywords :** PZT film , ferroelectricity , leakage current ,  $\text{La}_{0.3}\text{Sr}_{0.7}\text{TiO}_3$

**PACC :** 7755 , 7780 , 8115

<sup>\*</sup> Project supported by the Science and Technology Project Foundation of Education Bureau Hubei Province , China ( Grant No. Z20052001 ) , the Science and Technology Project Foundation of Science and Technology Bureau Huangshi ( Grant No. [ 2006 ] 18 ) , the Scientific Research Foundation of Hubei Normal University ( Grant No. 2004J04 ) .

<sup>†</sup> E-mail : wxzh91@sohu.com