

(111)取向(Pb,La)TiO₃ 铁电薄膜中 90° 纳米 带状畴与热释电性能的研究*

刘 洪¹⁾ 蒲朝辉¹⁾ 龚小刚¹⁾ 王志红²⁾ 黄惠东²⁾
李言荣²⁾ 肖定全¹⁾ 朱建国^{1)†}

1) (四川大学材料科学与工程学院 成都 610064)

2) (电子科技大学微电子与固体电子学院 成都 610054)

(2006 年 3 月 3 日收到, 2006 年 4 月 25 日收到修改稿)

采用射频磁控溅射技术在 Pt/Ti/SiO₂/Si(100) 衬底上生长了掺镧钛酸铅(PLT)铁电薄膜. 用 X 射线衍射技术(XRD)研究了 PLT 薄膜结晶性能, 结果表明 PLT 薄膜为(111)择优取向钙钛矿相结构. 使用原子力显微镜(AFM)和压电响应力显微镜(PFM)分别观察了 PLT 薄膜的表面形貌和对应区域的电畴结构. PFM 观察显示 PLT 薄膜中存在 90° 纳米带状畴, 电畴的极化为首尾相接的低能量的排列方式, 带状畴的宽度为 20—60 nm. 研究了 PLT10 铁电薄膜的制备条件与性能之间的关系. 发现在优化条件下制备的 PLT10 铁电薄膜的介电常数 ϵ_r 为 365, 介电损耗 $\tan\delta$ 为 0.02, 热释电系数 γ 为 $2.18 \times 10^{-8} \text{ C} \cdot (\text{cm}^2 \cdot \text{K})^{-1}$, 可以满足制备非制冷红外探测器的需要.

关键词: PLT 薄膜, 电畴, PFM, 极化

PACC: 7755, 7780D, 7770

1. 引 言

由于铁电薄膜具有独特的介电、铁电、压电、存储、热释电、非线性光学效应等功能特性, 可以在微机电系统、红外探测器、铁电存储器、电光开关等方面获得广泛应用, 从而在近年来已经成为了世界范围内的新材料的研究热点之一^[1-3]. 在众多的铁电薄膜之中 (Pb,La)TiO₃ (PLT) 薄膜随着 La 的掺入量的不同, 其性能可以在较大的范围内进行变化, 从而在非致冷热释电红外传感器与红外热成像器件^[4,5]、电光开关与光波导器件^[6]等方面获得了广泛应用.

要更好地了解铁电薄膜的各种功能特性, 就要确定铁电薄膜中的电畴结构. 电畴的传统检测方法有 SEM^[7], TEM^[8], 偏光显微镜^[9], 表面腐蚀^[10]和粉末花样技术^[11]等. 这些方法存在制样过程复杂、破坏样品、电畴成像分辨率低等缺点. 扫描力显微镜(SFM)的原子力模式(AFM)和压电响应模式(PFM)

为铁电薄膜的电畴结构的观察提供了新的途径^[12]. 铁电薄膜中的电畴反转伴随着一定的压电效应, 而这种压电效应表明了电畴的空间重组^[13]. 利用 PFM 观察样品的电畴结构, 同时采用 AFM 模式能得到同一区域的表面形貌, 而且对样品无破坏. 除了薄膜样品需要具有底电极和适宜的尺寸外, 对样品不需作其他处理, PFM 可在大气环境下操作, 成像迅速、电畴图像的分辨率高, 可达到纳米级, 对畴结构无损伤性^[14]. 通过锁相放大器, 从调制的静电力信号就能够得到样品的电畴结构的信息^[14]. 锁相放大器的相位, 可以被调制成显示为在电畴图像中的黑暗(明亮)的区域.

铁电薄膜的电畴与其制备条件、结晶状态关系十分密切, 而结晶良好、电畴结构均匀、畴界清晰的铁电薄膜, 具有优良的电学性能. 本文利用射频磁控溅射系统, 在 Pt/Ti/SiO₂/Si(100) 衬底上制备了 (Pb_{0.9}La_{0.10})Ti_{0.975}O₃ (PLT10) 铁电薄膜, 研究了不同的制备工艺下 PLT10 铁电薄膜的结晶特性与电畴性能, 并

* 国家自然科学基金重点基金(批准号 50132020), 国家自然科学基金(批准号 50471044) 和国家安全重大基础研究计划(批准号 Z06-1) 资助的课题.

† 通讯作者, E-mail: nic0400@scu.edu.cn

研究了 PLT10 铁电薄膜的介电与热释电性能.

2. 实 验

采用普通电子陶瓷工艺制备了可供溅射使用的 PLT10 陶瓷靶材^[15]. 在中国科学院沈阳科学仪器研制中心制备的 JPV560C10 多靶高真空磁控溅射仪上使用 PLT10 陶瓷靶在 Pt/Ti/SiO₂/Si(100) 衬底上制备了高质量的 PLT10 铁电薄膜, PLT10 薄膜的典型制备工艺条件如表 1 所示.

表 1 PLT10 薄膜制备的典型条件

项 目	参 数
靶材	PLT10 陶瓷靶, 直径 Φ58mm
靶—基片距/mm	40
衬 底	Pt/Ti/SiO ₂ /Si(100)
溅射功率/(W/cm ²)	2.5
本底气压/Pa	5.0 × 10 ⁻⁵
溅射气氛	Ar/O ₂ = 9:1
溅射气压/Pa	1.9
衬底温度/°C	300
溅射速率/(nm/s)	0.09
溅射时间/h	3
薄膜厚度/μm	~1
退火温度/°C	550—625
退火时间/h	1

用 X 射线衍射仪(DX-1000, 方圆仪器公司, 中国丹东)对 PLT10 薄膜进行了结构分析. 用环境控制型扫描力显微镜(SPA-300HV, Seiko, Japan)的原子力模式(AFM)和压电响应力模式(PFM)分别观测了 PLT10 薄膜的表面形貌和对应区域由自发极化产生的电畴结构. 为了进行电学性能测试, 在 PLT10 薄膜的表面利用小型离子溅射仪(SBC-12, 中科科仪, 中国北京)制备了直径为 0.5mm 的金电极形成金属-铁电薄膜-金属结构, 用 LCR 数字电桥(TH2816, 同惠, 中国常州)测试了 PLT10 薄膜的介电常数和介电损耗. 用静电计(6517, Keithly, 美国)测量了 PLT10 薄膜的热释电性能.

3. 结果与讨论

3.1. XRD 分析

实验发现, 与衬底温度为室温的条件下沉积的 PLT10 薄膜相比, 在衬底温度为 300°C 的条件下沉积的 PLT10 薄膜的原子具有更高的能量, 原子在薄膜

表面的迁移率更大, PLT10 铁电薄膜的表面更加光滑平整^[15]. 如果进一步升高薄膜的沉积温度, 将会增加 Pb 的挥发. XRD 分析表明, 在衬底温度为 300°C 的条件下溅射沉积的 PLT10 薄膜仍主要呈非晶状态, 因此需要在一定的温度和气氛下进行退火处理以促使非晶态铁电薄膜转为晶化铁电薄膜. 将 PLT10 薄膜在箱式电炉中的空气气氛下以每分钟 3°C 的速率从室温升温至 600°C, 保温 1h 后随炉自然冷却. 图 1(a)是在 Pt/Ti/SiO₂/Si(100) 衬底上溅射沉积的 PLT10 薄膜在 600°C 下退火 1h 的 XRD 图谱. 图 1(b)是图 1(a) 2θ 范围从 38°到 42°的 XRD 图谱, 从图 1(b)可以清楚地区分出 PLT 的钙钛矿相(111)晶面衍射峰和 P(111)晶面衍射峰. PLT 薄膜只出现了三个晶面衍射峰: 钙钛矿相(111)峰, 钙钛矿相(222)峰和非钙钛矿相峰. 其中, 非钙钛矿相的含量在 PLT10 薄膜中非常少. 从图 1 中可以看出, PLT10 薄膜具有单一的(111)取向钙钛矿相织构. 薄膜择优取向的因素主要有两个^[16], 一是来自薄膜本身, 即沿不同晶面生长的晶核的成核能力和长大速率不同. 另一方面来自外部因素, 主要有热处理温度; 升、降温速度, 衬底结构与薄膜是否匹配等等. 根据晶格匹配性的大小, 可知在 P(111)衬底上的 PLT 的晶格失配度仅有 0.7%, 并且 P(111)和 Si(100)都是立方晶系, 这和 PLT 的四方晶系是匹配的, 因为 PLT 的晶格常数 *a*, *c* 相差非常微小, 所以在 P(111)薄膜上生长的 PLT 薄膜可能以(111)择优取向. 薄膜的取向和生长强烈依赖于界面能和表面能^[17]. 这主要取决于薄膜和衬底之间的原子和薄膜原子之间的化学键的能量和特性. 表面能使薄膜向多晶多取向状态生长, 而界面能使薄膜向某一方向择优取向生长. 在 P(111)上 PLT 的(111)取向可以解释为在成核时的表面能和界面能的竞争, 界面能占了优势, 对取向的影响更大, 薄膜将倾向于(111)取向生长. 退火处理时的缓慢升温和降温对界面能和表面能竞争取得优势起了促进作用. 在一定温度下溅射的 PLT 薄膜实际上已经有部分晶粒沿衬底生成(111)取向的细小晶粒. 在缓慢升温的过程中, 这些小晶粒会成为形核中心, 加速薄膜向晶态的转变, 从而形成(111)择优取向的 PLT 薄膜.

3.2. PLT 薄膜的表面形貌和电畴结构

利用扫描力显微镜在室温下对在 300°C 溅射、经 600°C 退火 1h 的 PLT10 薄膜进行了侧向和纵向压

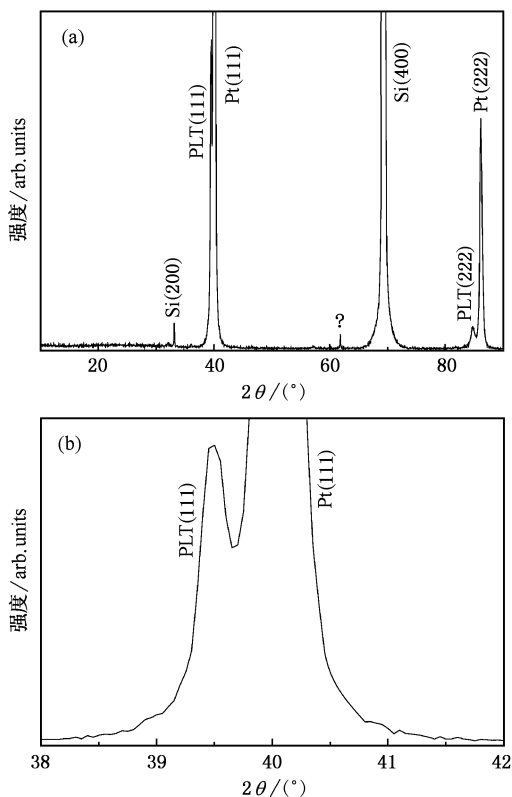


图1 PLT薄膜(a)在600℃下退火1h的XRD图谱;(b) 2θ 范围从38°—42°的XRD图谱(这样可以清楚地区分出PLT的钙钛矿相(111)晶面衍射峰和Pt(111)晶面衍射峰)

电响应成像,如图2所示.图2(a)(b)和(c)分别显示了同一区域的PLT薄膜同时获得的表面形貌图,对应区域的膜平面内自发极化(in-plane polarization, IPP)的压电响应图像和对应区域的垂直于膜面自发极化(out-of-plane polarization, OPP)的压电响应图像.其中图2(a)为面积为 $2\mu\text{m} \times 2\mu\text{m}$ 的PLT10薄膜的接触模式AFM的形貌像,其方均根粗糙度(RMS)为4nm.

图2(c)没有明暗反差的图像且它的零压电响应信号说明在PLT薄膜中没有OPP,在得到的IPP压电响应信号的图2(b)中却清晰可见带状畴的结构.考虑到(111)取向的四方钙钛矿相在(111)面上的几种电畴结构^[18]及(111)取向PLT薄膜样品中没有OPP,只存在IPP,可以知道这些带状畴是极化方向在薄膜面内的 a - a 90°的畴结构.图2(d)显示了位于图2(b)直线A—A附近的IPP的电畴结构.

图2(b)清晰地显示出在大多数晶粒中的平行条纹是明暗交替排列的.如图3所示,这些明和暗的条纹分别显示了对应于图2(e)和(f)中峰和谷的 a_1 或 a_2 畴^[18].这些明和暗的区域即 a_1 或 a_2 畴的厚

度可以通过图2(b)测量,发现高度为 $1\mu\text{m}$ 的 a - a 畴的厚度在20—60nm之间.Matsura等人^[19]在SrTiO₃单晶上外延生长的PbZr_{0.2}Ti_{0.8}O₃薄膜中的90°畴的厚度在20nm左右,Ganpule等人^[20]在SrTiO₃单晶上采用激光脉冲沉积法外延生长的PbZr_{0.2}Ti_{0.8}O₃薄膜中的90°畴的厚度在20—40nm之间.Loppacher等人^[21]用sol-gel法制备的PbTiO₃薄膜中的90°畴的厚度最薄也为20nm.

图2(b)的电畴结构可以大致被分为两个区域(如粗白色曲线分界的区域I和区域II).相对于区域II,区域I充满了平行的条纹.可以清楚地看到粗白色曲线是沿着晶界的,这常常也是应力的分界.不同区域的不同畴结构表明了两个区域中存在不同的应力场^[22].此外,从图2(e)和(f)可判断图2(b)中线B—B附近90°畴的薄片比线A—A附近的更薄更密.我们认为由于每个晶粒内不均匀的应力场产生了局部形变.这种局部形变使薄膜中的电畴得以重新排列并减小了电畴的尺寸、增加了电畴的数量.因为在铁电薄膜的电畴形成过程中,电畴形成更小更密的电畴分布可以使薄膜的系统总能量降到最低^[22].

实际上,由从头计算法计算的结果发现在PbTiO₃体材料中90°畴壁能比180°畴壁能还低得多^[23,24].通常情况下,电畴的偶极矩矢量采取首尾相连跨越界面的排列方式可以使系统的总能量降到最低程度^[25],首首(尾尾)相连的排列方式是不稳定的,因为这会导致畴壁带电荷而使畴壁处具有更高的静电能密度^[26].稳定的180°畴出现是由于退极化能和畴壁能竞争的结果,而90°畴的形成是弹性能和相邻界面能竞争的结果^[26,27].我们认为在本文中PLT薄膜中出现的是如图2(d)所示首尾相连的极化排列模式,因为具有偶极矩首尾相连排列模式的90°畴能有效地降低系统的总能量^[28],并且由于沿90°畴壁排列的首尾相连的偶极子比180°畴能更有效地释放出从顺电相变化到铁电相时产生的晶格畸变诱导出的弹性能,所以通常认为长程弹性能是90°畴形成的主要原因^[29].

3.3. PLT薄膜的介电性能

在室温下测试了(111)择优取向的PLT10薄膜的介电性能.测试频率为1kHz时,PLT10薄膜的介电常数为365,介电损耗为0.02.这与文献30报道的数值($\epsilon_r = 500$, $\text{tg}\delta$ 在0.020—0.025之间)相当接

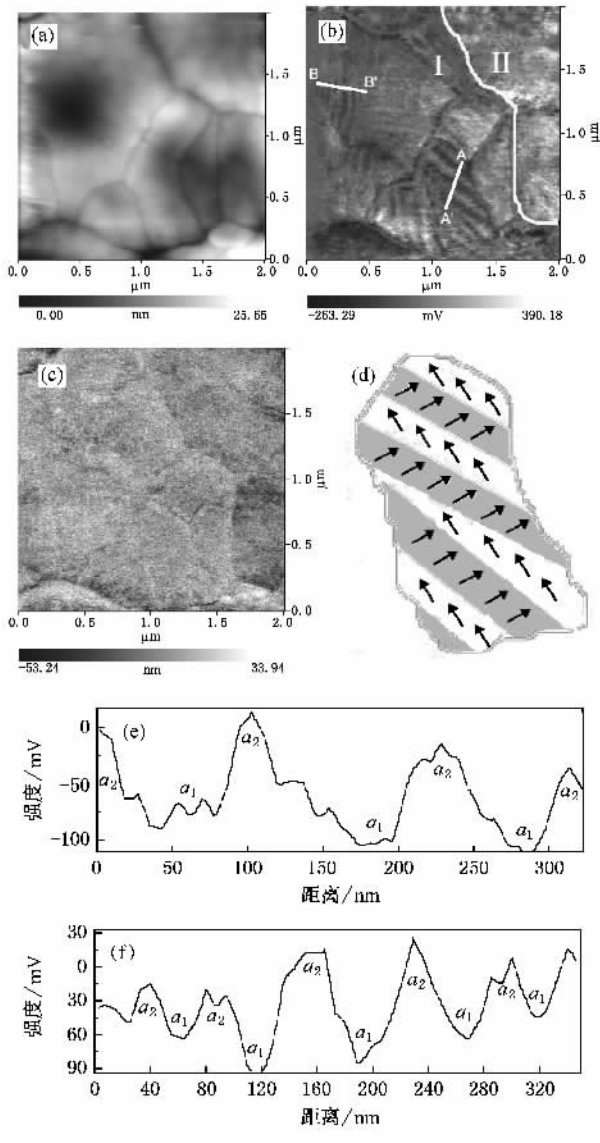


图2 PLT薄膜的(a)表面形貌图;(b)对应区域的IPP的压电响应图像;(c)对应区域的OPP的压电响应图像;(d)位于(b)图中直线A—A'附近的IPP的电畴结构;(e)沿(b)图中直线A—A'的压电响应力信号剖面图;(f)沿(b)图中直线B—B'的压电响应力信号剖面图

近.一般认为,只有薄膜越致密、结晶越完整,薄膜的介电常数才越接近其对应的体材料,介电损耗才越小.

3.4. PLT薄膜的热释电性能

利用等速加热电流法^[31,32],测试了(111)择优取向的PLT10薄膜的热释电电流 I 和温度 T 与时间的变化率 dT/dt ,并计算了PLT10薄膜的热释电系数 $\gamma = I / (S \cdot dT/dt)$,其中 S 为电极的面积. PLT10薄膜的热释电电流从低温端的4pA随温度的升高

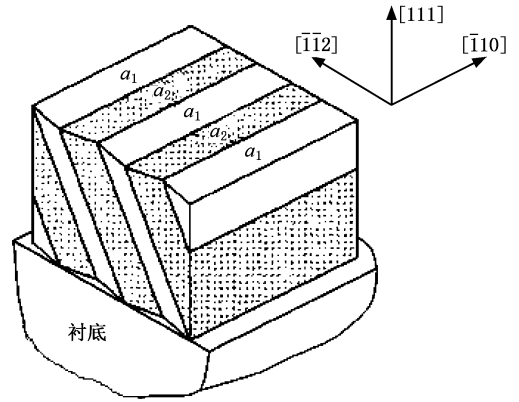


图3 90° a-a 畴结构示意图

而达到高温端的40pA左右.为了估计衬底的背底电流对PLT10铁电薄膜的热释电电流的影响,我们还测试了在同一温度区间衬底的背底电流,发现衬底的背底电流从低温端的0.5pA缓慢升到高温端的1.5pA.可见衬底因热效应而产生的背底电流对薄膜的热释电信号的影响是很小的.利用等速加热电流法测试热释电系数时,由于温度是连续缓慢上升(1°C/min)的,衬底的热容对薄膜的热释电电流的影响可以忽略不计.而如果利用Chynoweth方法测试热释电系数^[33],样品的温度会随着受到的周期性辐射的红外光而发生周期性的变化.为了使入射辐射的能量全部用于提高薄膜样品的温度,要求在入射辐射的周期内,样品与衬底之间的热传导要很小.这就需要仔细考虑衬底热容对薄膜的热释电信号的影响^[34].在扣除了衬底的影响之后,PLT10铁电薄膜的热释电系数随温度的变化关系如图4所示.由图4可知,随着温度的升高,PLT10薄膜的热释电系数也逐渐增大.在25°C时,PLT10薄膜的热释电系数 $\gamma = 0.49 \times 10^{-8} \text{ C} \cdot (\text{cm}^2 \cdot \text{K})^{-1}$.在75°C时, $\gamma = 3.77 \times 10^{-8} \text{ C} \cdot (\text{cm}^2 \cdot \text{K})^{-1}$.在25°C—75°C温区之间, $\gamma = 2.18 \times 10^{-8} \text{ C} \cdot (\text{cm}^2 \cdot \text{K})^{-1}$.由于PLT10薄膜具有较小的介电系数和损耗角正切,意味着PLT10薄膜具有较高的电流响应率优值因子 $F_i = \gamma / C_v$ 、电压响应率优值因子 $F_v = \gamma / (C_v \epsilon_r)$,比探测率优值因子 $F_m = \gamma / (C_v (\epsilon_r \cdot \text{tg} \delta)^{1/2})$.一般可把PLT10薄膜的体积比热容 C_v 取 $3.2 \text{ J} \cdot (\text{cm}^3 \cdot \text{K})^{-1}$ ^[35],则PLT10薄膜的热释电性能详见表2.表3列举了一些铁电薄膜的热释电性能,其中有PLT10薄膜^[36],PZT(30/70)薄膜^[37],PZT(40/60)薄膜^[38],PZT(85/15)薄膜^[39],PCT(76/24)薄膜^[40].由表2可知,PLT10薄膜的各优值因子较

高,表明 PLT10 的综合热释电性能较好,可望在非制冷红外探测器列阵中获得广泛应用.

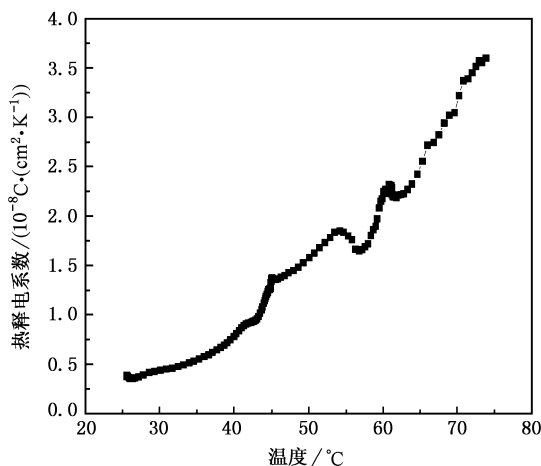


图 4 PLT10 薄膜的热释电系数和温度的关系

表 2 PLT1010 薄膜的介电和热释电性能

项 目	参 数
介电常数 ϵ_r	365
介电损耗 $\text{tg}\delta$	0.02
热释电系数 $\gamma/C \cdot (\text{cm}^2 \cdot \text{K})^{-1}$	2.18×10^{-8}
电流响应率优值因子 $F_i/C \cdot \text{cm} \cdot \text{J}^{-1}$	6.88×10^{-9}
电压响应率优值因子 $F_v/C \cdot \text{cm} \cdot \text{J}^{-1}$	0.19×10^{-10}
比探测率优值因子 $F_m/C \cdot \text{cm} \cdot \text{J}^{-1}$	0.25×10^{-8}

表 3 一些其他铁电薄膜的热释电性能

材料	$\gamma/10^{-8}\text{C}(\text{cm}^2 \cdot \text{K})^{-1}$	$F_v/10^{-10}\text{C} \cdot \text{cm} \cdot \text{J}^{-1}$	$F_m/10^{-8}\text{C} \cdot \text{cm} \cdot \text{J}^{-1}$
PLT10 ^[36]	0.95	—	—
PZT(30/70) ^[37]	2.11	—	0.107
PZT(40/60) ^[38]	2—3	—	—
PZT(85/15) ^[38]	3.2	0.056—0.17	0.092—0.29
PCT(76/24) ^[40]	0.32—4.2	—	0.017—0.1331

4. 结 论

采用射频磁控溅射技术在 Pt/Ti/SiO₂/Si(100)衬底上生长了(111)择优取向的 PLT 铁电薄膜. PFM 观察表明尺寸在 20—60nm 的纳米带状 a - a 90°畴普遍存在于(111)择优取向的 PLT 薄膜之中. 长程弹性性能是 PLT10 薄膜中 90°畴形成的主要原因. PLT 薄膜的偶极矩矢量是以首尾相连的模式排列, 这有利于降低 PLT 薄膜的总能量, (111)择优取向的 PLT 铁电薄膜具有较小的介电常数, 较小的介电损耗和较优良的热释电性能, 可望在非制冷红外探测器列阵中获得广泛应用.

[1] Zeng H R, Li G R, Yin Q R *et al* 2003 *Acta Phys. Sin.* **52** 1783 (in Chinese)[曾华荣、李国荣、殷庆瑞等 2003 物理学报 **52** 1783]

[2] Wang H 2004 *Acta Phys. Sin.* **53** 1265 (in Chinese)[王 华 2004 物理学报 **53** 1265]

[3] Wu Y Z, Li Z Y 2001 *Chinese Physics* **10** 1058

[4] Song Z T, Ren W, Zhang L Y *et al* 1997 *Acta Phys. Sin.* **46** 1849 (in Chinese)[宋志棠、任 巍、张良莹等 1997 物理学报 **46** 1849]

[5] Bune A V, Fridkin V M, Ducharme S *et al* 1998 *Nature* **391** 874

[6] Fork D K, Armani-Leplingard F, Kingston J J 1996 *MRS Bull.* **21** 53

[7] Restoin C, Bretos I, Jimenez R *et al* 2000 *J. Appl. Phys.* **88** 6665

[8] You D J, Jung W W, Choi S K *et al* 2004 *Appl. Phys. Lett.* **84** 3346

[9] Viehland D, Li J F, Colla E V 2004 *J. Appl. Phys.* **96** 3379

[10] Urenski P, Lesnykh M, Rosenwaks Y *et al* 2001 *J. Appl. Phys.* **90** 1950

[11] Sawoda A, Abe R 1967 *Jan. J. Appl. Phys.* **6** 699

[12] Zeng H R, Yu H F, Chu R Q *et al* 2005 *Acta Phys. Sin.* **54** 1437 (in Chinese)[曾华荣、余寒峰、初瑞清等 2005 物理学报 **54** 1437]

[13] Jungk T, Soergel E 2005 *Appl. Phys. Lett.* **86** 242901

[14] Labardi M, Likodimos V, Allegrini M 2000 *Phys. Rev. B* **61** 14390

[15] Liu H, Pu Z H, Wang Z H *et al* 2006 *Mater. Res. Soc. Symp. Proc.* **902E** 0902-T03-35.1

[16] 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]

[17] Murali P, Maeder T, Sagalowicz L *et al* 1998 *J. Appl. Phys.* **83** 3835

[18] Romanov A E, Vojta A, Pompe W *et al* 1999 *Phys. Stat. Sol. (a)* **172** 225

[19] Matsuura K, Cho Y 2003 *Appl. Phys. Lett.* **83** 2650

[20] Ganpule C S, Nagarajan V, Li H *et al* 2000 *Appl. Phys. Lett.* **77** 292

[21] Loppacher C, Schlaphof F, Schneider S *et al* 2003 *Surf. Sci.* **532** 535 483

- [22] Sarrazin P , Thierry B , Niepce J C *et al* 1995 *J. Eur. Ceram. Soc.* **15** 623
- [23] Chung S W , Kim Y I , Park H L *et al* 1998 *Journal of Materials Science in Electronics* , **9** 383
- [24] Lynn E G , Edward J S 1982 *J. Appl. Phys.* **53** 8974
- [25] Liu J M , Wang X 2004 *Mater. Sci. Eng. B* **106** 282
- [26] Randall C A , Barber D J , Whatmore R W *et al* 1987 *J. Mater. Sci.* **22** 925
- [27] Mitsui T , Furuichi J 1953 *Phys. Rev.* **90** 153
- [28] Meyer B , Vanderbilt D 2002 *Phys. Rev. B* **65** 104111
- [29] Hu H L , Chen L Q 1997 *Mater. Sci. Eng. A* **238** 182
- [30] Fang F , Yang W 2002 *Mater. Lett.* **57** 198
- [31] Chou C C , Hou C S , Yeh T H 2005 *J. Eur. Ceram. Soc.* **25** 2505
- [32] Edward J S , Lynn E G 1982 *J. Appl. Phys.* **53** 8980
- [33] Chynoweth A G 1956 *J. Appl. Phys.* **27** 78
- [34] Zhong W L 1996 *Ferroelectrics Physics* (Beijing : Science Press) 517 (in Chinese) [钟维烈 1996 铁电体物理学(北京 科学出版社) 第 517 页]
- [35] Tacayama R , Tomita Y , Lijima K *et al* 1987 *J. Appl. Phys.* **61** 411
- [36] Song Z T , Chong N , Chan H L W *et al* 2001 *Appl. Phys. Lett.* **79** 668
- [37] Zhang Q , Whatmore R W 2003 *J. Appl. Phys.* **94** 5228
- [38] Tipton C W , Kirchner K , Godfrey R *et al* 2000 *Appl. Phys. Lett.* **77** 2388
- [39] Kang D H , Kim K W , Lee S Y *et al* 2005 *Materials Chemistry and Physics* **90** 411
- [40] Poyato R , Calzada M L , Pardo L *et al* 2003 *J. Appl. Phys.* **93** 4081

Study of nanoscale banded 90° domain patterns and pyroelectric properties in (111) oriented (Pb ,La)TiO₃ thin films^{*}

Liu Hong¹⁾ Pu Zhao-Hui¹⁾ Gong Xiao-Gang¹⁾ Wang Zhi-Hong²⁾
 Huang Hui-Dong²⁾ Li Yan-Rong²⁾ Xiao Ding-Quan¹⁾ Zhu Jian-Guo^{1)†}
 1) (Department of Materials Science , Sichuan University , Chengdu 610064 , China)

2) (School of Microelectronics and Solid-State Electronics , University of Electronics Science and Technology of China , Chengdu 610054 , China)

(Received 3 March 2006 ; revised manuscript received 25 April 2006)

Abstract

Lanthanum doped lead titanate (PLT) ferroelectric thin films were grown on Pt/Ti/SiO₂/Si(100) substrates using RF magnetron sputtering. X-ray Diffraction (XRD) was applied to study crystalline properties of PLT films , and XRD patterns of PLT thin films show that there appeared (111) preferred-oriented tetragonal perovskite phase. The ferroelectric domain patterns and the corresponding topography of PLT thin films have been investigated using piezoresponse force microscopy (PFM) and atomic force microscopy (AFM) , respectively. PFM observations show that there exist nanoscale banded 90° domain patterns 20 to 60 nm in width and low energy head-to-tail polarization configurations in PLT film. The relationship between fabricating conditions and properties of PLT10 thin films was studied. It was found that PLT10 thin film fabricated under the optimized conditions possess dielectric constant $\epsilon_r = 365$, dielectric loss $\text{tg}\delta = 0.02$, and pyroelectric coefficient $\gamma = 2.18 \times 10^{-8}$ C·(cm²·K)⁻¹ , respectively. The PLT thin films could meet the needs for uncooled pyroelectric infrared sensors.

Keywords : PLT thin film , ferroelectric domain , PFM , polarization

PACC : 7755 , 7780D , 7770

* Project supported by the National Natural Science Foundation of China (Gant Nos. 50132020 and 60471044) and the National Key Project of China (Gant No. Z06-1).

† Corresponding author. E-mail : nic0400@scu.edu.cn