

非晶钛酸锶钡薄膜的金属有机分解法 制备及其光学性能*

彭 静^{1)†} 徐智谋²⁾³⁾ 王双保²⁾³⁾ 董泽华⁴⁾

1)(武汉科技大学理学院, 武汉 430081)

2)(武汉光电国家实验室, 武汉 430074)

3)(华中科技大学光电子科学与工程学院, 武汉 430074)

4)(华中科技大学化学与化工学院, 武汉 430074)

(2010年1月4日收到; 2010年9月13日收到修改稿)

本文采用2-辛酸钡($\text{Ba}(\text{C}_8\text{H}_{15}\text{O}_2)_2$)和3-甲基丁基醋酸盐($\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_4\text{CH}(\text{CH}_3)_2$)为基的特殊前驱体溶液, 在硅和石英基片上低温制备 $\text{Ba}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{TiO}_3$ (BST0.7)薄膜. 性能测试结果表明, 厚度约为214 nm的非晶BST0.7薄膜的光学带隙能和折射率分别为4.27 eV和 $n = 1.94$. 薄膜在可见光和近红外区域的消光系数远远低于多晶BST薄膜, 约为 10^{-3} 数量级. 激发波长为450 nm时, 在室温环境下非晶BST0.7薄膜在波长520—610 nm处发出强烈的可见光, 峰值为540—570 nm, 而结晶态的BST0.7薄膜则无发光现象.

关键词: 钛酸锶钡, 非晶薄膜, 金属有机分解法, 光学性能

PACS: 77.84.-s, 78.20.-e, 81.16.Be

1. 引言

钛酸锶钡($(\text{Ba}_x\text{Sr}_{1-x})\text{TiO}_3$ (BST))的结构决定了其优异的光学和电学性能, 引起了非线性光学、铁电学和压电学等研究领域广泛研究^[1]. BST薄膜的研究主要是集中在无线通信领域的应用, 因为BST薄膜在微波波段表现出高介电调谐率和低介电损耗^[2-6]. 近年来, 随着单片光集成电路的发展, BST薄膜由于具有大光电系数和相对较低的光学损耗等突出的光学性能以及易于与半导体加工工艺兼容受到了广泛关注^[7-9], 2006年我们报道了基于BST薄膜的单片集成的电光调制器的研制^[9]. BST薄膜的制备工艺包括磁控溅射^[10]、波动激光沉积^[11-13]、金属有机化学气相沉积^[14]、溶胶-凝胶法(sol-gel)^[15]和金属有机分解法(MOD)^[9,16]. 其中, sol-gel和MOD法广泛用作相对容易和大面积的薄膜制备技术. 另外, sol-gel和MOD法可以低温制备, 便于与光集成电路集成.

虽然有许多晶态BST薄膜的结构、电性能和光学性能的数据已经发表^[1-16], 但至今为止, 关于非晶BST薄膜的特性只有很少的数据^[20-22]. Zhu等人^[20]研究了非晶BST传感器用于氢气检测. Kim等人^[21]研究非晶钛酸锶钡的介电性能. Melo等人^[22]研究了非晶掺铬BST在室温下的光致发光行为. 本文中, 研究了硅和石英基底上非晶 $\text{Ba}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{TiO}_3$ (BST0.7)薄膜的MOD制备、组织结构和光学性能.

2. 实验方法

2.1. 薄膜制备

以分析纯的四正丁醇钛 $\text{Ti}(\text{C}_4\text{H}_9\text{O})_4$, 2-辛酸锶 $\text{Sr}(\text{C}_8\text{H}_{15}\text{O}_2)_2$, 2-辛酸钡 $\text{Ba}(\text{C}_8\text{H}_{15}\text{O}_2)_2$ 和3-甲基丁基醋酸盐 $\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_4\text{CH}(\text{CH}_3)_2$ 作原料, 适当的摩尔比(钡:锶:钛=0.7:0.3:1)满足BST0.7的成分比例, 配制成混合前驱体溶液. 通过500 r/min, 10 s和2000—2200 r/min, 20 s旋涂在熔融石英和

* 国家自然科学基金(批准号:60607006, 61076042), 教育部留学回国基金(批准号:20081667), 湖北省自然科学基金(批准号:2007ABA058)资助的课题.

† E-mail: jingmathfly@yahoo.com.cn

硅基板 ($\langle 100 \rangle$, 一面抛光) 上. 然后, 180°C 干燥 10 min, 以蒸发溶剂, 随后在箱式炉中 450°C , 热处理 30 min 以消除残余有机物和形成 BST0.7 非晶薄膜.

2.2. 组织结构分析

BST0.7 薄膜的结构是通过 X 射线衍射分析仪 (XRD, Rigaku RINT2100) 测试. 薄膜表面形貌利用原子力显微镜 (AFM, Seiko SPA300) 和场发射扫描电子显微镜 (FESEM, Hitachi S-4700) 进行观察. 通过纳米薄膜测厚仪 (Nanospec/5000) 初步测量薄膜的厚度, 并通过样品截面的 SEM 照片最终确定薄膜的厚度.

2.3. 光学性能测试

利用紫外可见近红外分光光度计 (JASCO, V-570DS) 测试薄膜在 190—900 nm 波长范围内的透光性能. 利用分子荧光光度计 (PL, Jasco FP-6500) 测试样品的光致发光 (PL) 光谱图, 激发波长 $\lambda_{\text{ex}} = 450 \text{ nm}$, 扫描波长范围 300—700 nm.

3. 结果和讨论

3.1. 组织结构和表面形貌

图 1 示出了 450°C , 30 min 热处理后的约 180 nm 厚的 BST0.7 薄膜的 XRD 结果, 衬底为 SiO_2/Si , SiO_2 层厚 1.65 μm . 可见, 没有任何钛酸锶钡晶体的尖锐衍射峰出现, 这表明它是非晶态薄膜.

比较图 1 中 SiO_2/Si 衬底的 XRD 衍射峰, 可以看出, 测试 BST0.7 薄膜时出现在 $2\theta = 32.8^\circ$ 的衍射

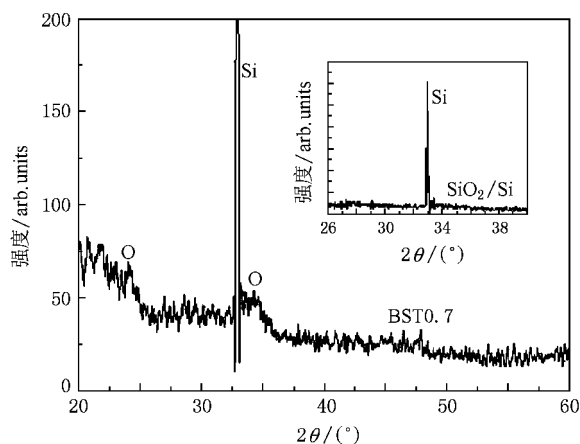


图 1 SiO_2/Si 上沉积约 180 nm 厚的 BST0.7 薄膜的 XRD 图

峰属于硅衬底. 类似的衬底衍射峰 Kim 等^[21] 和 Pontes 等^[23] 均有报道. 图 1 还显示, 中间相已经出现 (图 1 中“o”所标识). 通过 XPS 测量 (Kratos, ESCA-3400), 薄膜内的元素原子比氧/钛 (O/Ti) 和氧/碳 (O/C) 分别约 4.2 和 3.8. 金属元素原子比为钡: 锶: 钛 = 0.7: 0.3: 1. 这表明, 在 $2\theta = 24.1^\circ$ 到 34.2° 的中间相可能为 $\text{Ba}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{TiOCO}_3$, 而在 $2\theta = 27^\circ$ 处的中间相 $(\text{Ba}, \text{Sr})_2\text{Ti}_2\text{O}_5\text{CO}_3$ ^[16] 则没有出现. 可能的原因是本试验中使用了不同的前驱体溶液. 精确的化学成分分析有待进一步研究.

图 2 为该非晶 BST0.7 薄膜的 AFM 图像. 薄膜表面呈现岛状结构, 无裂纹和孔洞. AFM 测试结果表明, 该薄膜表面很光滑, $1 \mu\text{m}^2$ 表面粗糙度 RMS 约为 1.74 nm. 这对于光波导器件用材料来说, 光学薄膜材料表面粗糙度是一个很重要的参数, RMS 越小, 光的损耗也就越小.

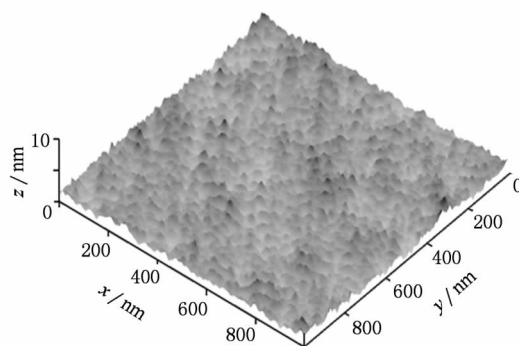


图 2 SiO_2/Si 上沉积约 180 nm 厚的非晶 BST0.7 薄膜的 AFM 图

3.2. 光学性能

3.2.1. 光学常数测定

1) 折射率与消光系数 BST 薄膜的光学常数与组织结构、材料成分和制备工艺等有关. 为确定光学常数, 测试了在波长范围 190—900 nm 石英基底上非晶态 BST0.7 薄膜的光学透过率谱, 如图 3 所示. 可见, 谱线可以简单分成两个区域: 一个是透明区, 另一个是强吸收区, 在该区域光波透明度急剧下降.

光学常数, 如薄膜的折射率 $n(\lambda)$ 和吸收系数 $k(\lambda)$ 可以通过 Manifacier^[24] 和 Swanepoel^[25] 方法获得, λ 表示波长. 分别连接光学透过率谱的极大值和极小值, 可以得到光学透过率的极大值谱 $T_M(\lambda)$ 和极小值谱 $T_m(\lambda)$, 如图 3 中虚线所示, 那么薄膜的折射率可以由下式获得:

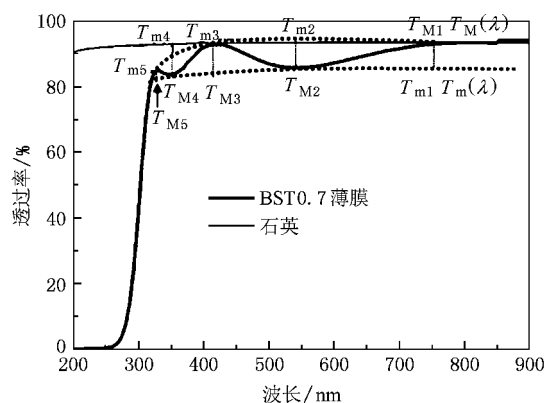


图3 石英和大约 214 nm 厚的非晶 BST0.7 薄膜的熔石英模板的透射率光谱

$$n(\lambda) = [N(\lambda) + (N(\lambda)^2 - s(\lambda)^2)^{1/2}]^{1/2}, \quad (1)$$

$$\text{这里 } N(\lambda) = 2s(\lambda) \frac{T_m(\lambda) - T_m(\lambda)}{T_m(\lambda)T_m(\lambda)} + \frac{s(\lambda)^2 + 1}{2},$$

$s(\lambda)$ 是石英基片的折射率. 由于厚的空白石英基片没有薄膜, $s(\lambda)$ 可以通过下面著名的表达式得出:

$$s(\lambda) = \frac{1}{T_s(\lambda)} + \left(\frac{1}{T_s(\lambda)^2} - 1 \right)^{1/2}, \quad (2)$$

$T_s(\lambda)$ 是图 3 中空白石英基底透过率. 计算得到的 $s(\lambda)$ 如图 4 所示.

然而, 从图 3 中得到 $T_m(\lambda)$ 和 $T_m(\lambda)$ 的拟合曲线是不容易的, 因为在图 3 中极大值和极小值的数据较少. 因此, 实验中通过测量实际薄膜的厚度 d 来近似计算 $n(\lambda)$.

干涉条纹的基本方程为

$$2n(\lambda)d = m\lambda, \quad (3)$$

式中, m 是整数 (透过率为极大值) 和半整数 (透过率为极小值). 如果 d 可测, 那么透过率为极大值和极小值处的折射率可以通过方程 (3) 计算. 图 4 显

示了不同波长下, 非晶体 BST0.7 薄膜的折射率计算值, 例如折射率在波长为 632.8 nm 时 $n = 1.94$, 这比多晶 BST 薄膜的折射率值要小 ($n = 2.1 - 2.17^{[23]}, 2.1 - 2.4^{[24]}$).

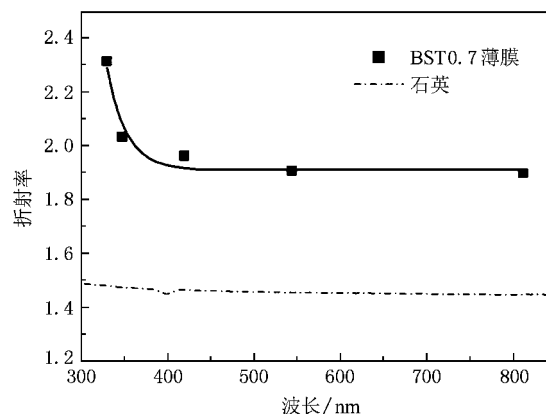


图4 熔石英和非晶 BST0.7 薄膜的折射率随波长的变化

进一步分析 Manifacier 和 Swanepoel 方法, $T_m(\lambda)$ 和 $T_m(\lambda)$ 是通过与薄膜的实际厚度的关系式来计算的. 由 Manifacier 和 Swanepoel 方法可知, 对任意波长 λ , $T_m(\lambda)$ 都有一个对应的 $T_m(\lambda)$, 如图 3 所示, 方程 (1) 给出了 $T_m(\lambda)$, $T_m(\lambda)$, $n(\lambda)$ 和 $s(\lambda)$ 的关系. 合并方程 (1) 和 (3), 图 3 中透过率谱的各极小值对应的极大值 T_{m2} , T_{m4} , 以及各极大值对应的极小值 T_{m1} , T_{m3} , T_{m5} 就可以通过下列式子计算:

$$T_m(\lambda) = \frac{1}{\frac{1}{T_m(\lambda)} - A(\lambda)}, \quad (4)$$

$$T_m(\lambda) = \frac{1}{\frac{1}{T_m(\lambda)} + A(\lambda)}, \quad (5)$$

式中

$$A(\lambda) = \frac{m^4 \lambda^4 + 16s(\lambda)^2 d^4 - 4d^2 m^2 \lambda^2 (1 + s(\lambda)^2)}{16s(\lambda) d^2 m^2 \lambda^2}.$$

通过实际薄膜厚度计算可以发现, 对应于最大值 T_{m2} , T_{m4} 超过了 100% ($T_{m2} = 102\%$, $T_{m4} = 106\%$). 显然, 通过 $T_m(\lambda)$ 和 $T_m(\lambda)$ 的拟合曲线得到的折射率与真实折射率不相符合. 其中一个主要原因是, 方程 (1) 的透过率 $T(\lambda)$ 是在消光系数 $k(\lambda) = 0$ 的前提下推导而来的. 实际上, 在该波长区域的消光系数不是 0, 并且透过率对消光系数十分敏感, 所以由

方程 (1) 只能得到一个相对近似的折射率 $n(\lambda)$.

消光系数可以由下式算出:

$$k(\lambda) = \alpha(\lambda) \cdot \lambda / 4\pi, \quad (6)$$

其中, $\alpha(\lambda)$ 是薄膜的吸收系数, 由下式给出:

$$\alpha(\lambda) = -\frac{\ln x(\lambda)}{d}, \quad (7)$$

式中, $x(\lambda)$ 可由下式计算:

$$x(\lambda) = \frac{E_M(\lambda) - \{E_M(\lambda)^2 - [n(\lambda)^2 - 1]^3 [n(\lambda)^2 - s(\lambda)^4]\}^{1/2}}{[n(\lambda) - 1]^3 [n(\lambda) - s(\lambda)^2]}, \quad (8)$$

这里

$$E_M(\lambda) = \frac{8n(\lambda)^2 s(\lambda)}{T_M(\lambda)} + [n(\lambda)^2 - 1][n(\lambda)^2 - s(\lambda)^2].$$

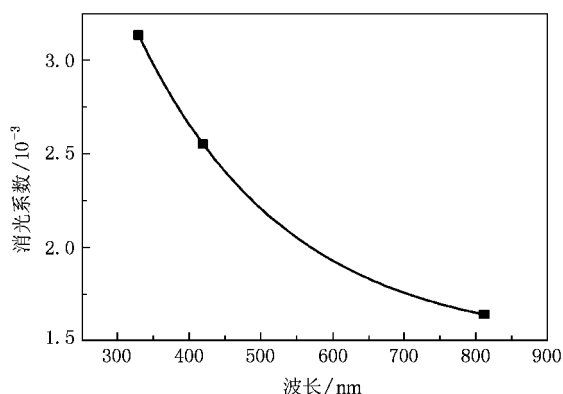


图5 非晶 BST0.7 薄膜消光系数随波长的变化

一旦已知 $T_M(\lambda)$, $n(\lambda)$ 和 $s(\lambda)$, $\alpha(\lambda)$ 就可以通过(7)和(8)式计算得到. 将 $\alpha(\lambda)$ 代入(6)式, 即可求得消光系数 $k(\lambda)$. 图5示出了非晶 BST0.7 薄膜的消光系数曲线. 在波长为 452 nm 和 632.8 nm 时, 非晶 BST0.7 薄膜的消光系数分别约为 2.3×10^{-3} 和 1.9×10^{-3} , 远低于多晶 BST 薄膜 (5.45×10^{-3} , 在 $\lambda = 452$ nm 时^[26]). 可以预见, 光传输损耗非晶钛酸锶钡薄膜远远低于多晶钛酸锶钡薄膜. 这表明, 非晶 BST 薄膜比多晶 BST 薄膜更适用于制造高指数对比度的光波导.

2) 光带隙能 与非晶铁电 SrTiO_3 薄膜^[27] 类似, 非晶 BST0.7 薄膜的光带隙能 E_g 可从图3中的紫外波段透过率谱线确定. 假设非晶 BST0.7 薄膜与非晶 SrTiO_3 薄膜一样是直接带隙材料^[27]. 从图3中可见 BST0.7 薄膜在紫外波段的透明性呈急剧下降趋势. 当 $\lambda > 330$ nm 时, 薄膜是高透明的, 在 330 nm 以下时透明性迅速下降, 截止波长 260 nm 左右. 下降的原因是光的基本吸收. 在高吸收区域, 光的透过率 $T(\lambda)$ 与吸收系数 $\alpha(\lambda)$ 满足如下简单的关系:

$$T(\lambda) = B \exp[-\alpha(\lambda)d], \quad (9)$$

式中, B 在吸收端近似等于 1, d 为薄膜厚度.

从基本吸收的紫外线区域, BST 的光带隙能可通过假设价带和导带之间的直接跃迁来估计. 在这

种情况下, 吸收系数 $\alpha(\lambda)$ 可作为光子能量 $h\nu$ 的一个函数^[28,29]:

$$[\alpha(\lambda)h\nu]^2 = C(h\nu - E_g), \quad (10)$$

式中, C 是一个不依赖于光子能量的常数.

图6示出了非晶 BST0.7 薄膜的 $[\alpha(\lambda)h\nu]^2 - h\nu$ 曲线. 由于存在一定的线性关系区域, 所以直接跃迁的假设是成立的. 从(10)式可知, 薄膜的光带隙能可通过 $[\alpha(\lambda)h\nu]^2 - h\nu$ 的线性区的拟合直线反延至 $[\alpha(\lambda)h\nu]^2 = 0$ 的交点求到. 图6中非晶 BST0.7 薄膜的 E_g 值为 4.27 eV. 该数据比多晶 BST 的光带隙能值要大. 多晶 $(\text{Ba}_x\text{Sr}_{1-x})\text{TiO}_3$ 薄膜的光带隙能 Pontes 等报道为 3.3 eV, $x = 0.8$ ^[23], Panda 等报道为 3.57—3.22 eV, $x = 0-0.9$ ^[24], Wang 等报道为 3.5 eV, $x = 0.7$ ^[30], Tcheliobou 等报道为 3.96 eV, $x = 0.5$ ^[31], 本课题组报道为 3.89—4.23 eV, $x = 0.5$ ^[32]. 结晶态对光带隙能的影响, 主要基于量子尺寸效应^[32,33], 如果晶粒尺寸变得非常小, 量子尺寸效应将导致光带隙能急剧增加. 这与 a-Si ($E_g = 1.8$ eV) 和 c-Si ($E_g = 1.12$ eV) 之间光带隙能差异类似^[34]. 在光器件设计中, 光带隙能是基本参数之一. 高光带隙能 (> 3 eV) 薄膜的结晶态对 E_g 的影响特性有望应用于集成光器件中.

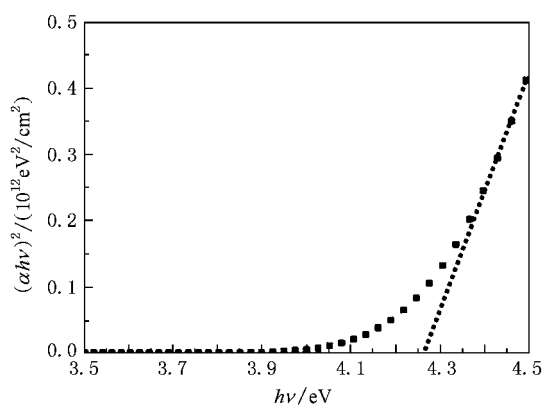


图6 $[\alpha(\lambda)h\nu]^2$ 随光子能量的变化曲线 (在 $[\alpha(\lambda)h\nu]^2 = 0$ 时用外推法导出带隙能拟合直线)

3.2.2. 光致发光性能

图7为 BST0.7 薄膜在激发波长为 $\lambda_{\text{ex}} = 450$ nm, 27℃ 时的室温激发光致发光 PL 光谱图. 可见, 室温下, 当激发波长为 $\lambda_{\text{ex}} = 450$ nm 时, 非晶 BST0.7 薄膜表现出宽峰发射, 在波长 520—610 nm

范围发出强烈的黄绿可见光,峰值为 540—570 nm,而经 600℃,2 h 热处理后的结晶态的 BST0.7 薄膜无发光现象.

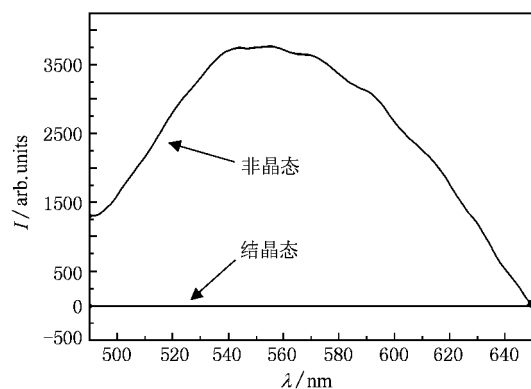


图 7 激发波长为 450 nm,温度为 27℃ 时 BST0.7 薄膜的光致发光 PL 光谱

4. 结 论

在较低温度下,采用金属有机分解法成功地在石英和硅衬底上生长出了非晶态 BST 薄膜,180 nm 厚的 BST0.7 薄膜的 $1 \mu\text{m}^2$ 表面粗糙度 RMS 值约为 1.74 nm. 通过测量薄膜实际厚度,确定非晶 BST0.7 的光学常数,包括折射率、消光系数和光带隙能;非晶 BST0.7 薄膜在可见光和近红外的消光指数量级是 10^{-3} ,比结晶态 BST0.7 薄膜要小,表明非晶 BST 薄膜比结晶 BST 薄膜更适于制作光互联中的高指数对比的大面积集成光波导芯片. 非晶 BST0.7 薄膜的光带隙能和折射率分别为 4.27 eV 和 1.94,当激发波长为 450 nm 时,在室温环境下非晶 BST0.7 薄膜在波长 520—610 nm 处发出强烈可见光,峰值为 540—570 nm,结晶态的 BST0.7 薄膜则无发光现象.

- [1] Kip D 1998 *Appl. Phys. B* **67** 131
- [2] Liu Y, Nagra A S, Erker E G, Periaswamy P, Taylor T R, Speck J, York R A 2000 *IEEE Microw. Guided Wave Lett.* **10** 448
- [3] Rao J B L, Patel D P, Krichevsky V 1999 *IEEE Trans. Antennas Propag.* **47** 458
- [4] Noren B, 2004 *Microw. J.* **47** 210
- [5] Sekhar M C 2004 *Mod. J. Phys. B* **8** 2153
- [6] Kozyrev A, Ivanov A, Keis V, Khazov M, Osadchy V, Samoilova T, Soldatenkov O, Pavlov A, Koepf G, Mueller C, Galt D, Rivkin T 1998 *IEEE MTT-S Int. Microw. Symp. Dig.* **2** 985
- [7] Kim D Y, Moon S E, Kim E K, Korean J 2003 *Phys. Soc.* **42** 1347
- [8] Kim D Y, Moon S E, Kim E K, Lee S J, Choi J J, Kim H E 2003 *Appl. Phys. Lett.* **82** 1455
- [9] Xu Z M, Yuichiro Tanushi, Masato Suzuki, Shin Yokoyama 2006 *Appl. Phys. Lett.* **88** 161107
- [10] Auciello O, Saha S, Kaufman D Y 2004 *J. Electroceram.* **12** 119
- [11] Saha S, Krupanidhi S B 2000 *J. Appl. Phys.* **87** 849
- [12] Wang D Y, Mak C L, Wong K H 2004 *Ceram. Int.* **30** 1745
- [13] Thielsch R, Kaemmer K, Holzapfel B 1997 *Thin Solid Films* **301** 203
- [14] Regnery S, Ehrhart P, Szot K 2003 *Integr. Ferroelectr.* **57** 1175
- [15] Roy S C, Sharma G L, Bhatnagar M C 2004 *Appl. Surf. Sci.* **236** 306
- [16] Chen S Y, Wang H W, Huang L C 2002 *Mater. Chem. Phys.* **77** 632
- [17] Tahan D M, Safari A, Klein L C 1996 *J. Am. Ceram. Soc.* **6** 1593
- [18] Jana P, Pandey R K 1997 *Integr. Ferroelec.* **17** 153
- [19] Neumayer D A, Duncombe P R, Laibowitz R B, Grill A 1997 *Integr. Ferroelec.* **18** 297
- [20] Zhu W, Tan O K, Deng J, Oh J T 2000 *J. Mater. Res.* **15** 1291
- [21] Kim T G, Oh J, Kim Y, Moon T, Hong K S, Parky B 2003 *Jpn. J. Appl. Phys.* **42** 1315
- [22] Melo D M A, Cesar A, Martinelli A E, Silva Z R, Leite E R, Longo E, Pizanni P S 2004 *J. Solid State Chem.* **177** 670
- [23] Pontes F M, Leite E R, Pontes D S L, Longo E 2002 *J. Appl. Phys.* **91** 5972
- [24] Manificier J C, Gasiot J, Fillard J P 1976 *J. Phys. E, Sci. Instrum.* **9** 1002
- [25] Swanepoel R 1983 *J. Phys. E, Sci. Instrum.* **16** 1214
- [26] Panda B, Dhar A, Nigam G D, Bhattacharya D, Ray S K 1998 *Thin Solid Films* **332** 46
- [27] Bao D, Yao X, Wakiya N, Shinozaki K, Mizutani N 2001 *Appl. Phys. Lett.* **79** 3767
- [28] Tauc J C 1974 *Amorphous and Liquid Semiconductor* (New York: Plenum Press)
- [29] Tauc J C 1972 *Optical Properties of Solids* (North-Holland: Amsterdam)
- [30] Wang Y P, Tseng T Y 1999 *J. Mater. Sci.* **34** 4573

- [31] Tchelbou F, Ryu H S, Hong C K, Park W S, Balk S 1997 *Thin Solid Films* **299** 14
- [32] Xu Z M, Suzuki M, Yokoyama S 2005 *Jpn. J. Appl. Phys.* **44** 8507
- [33] Hodes G, Yaron A A, Decker F, Motisuka P 1987 *Phys. Rev. B* **36** 4215
- [34] Chopra K L, Paulson P D, Dutta V 2004 *Prog. Photovolt. Res. Appl.* **12** 69

Metal organic decomposition technique and optical properties of amorphous $\text{Ba}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{TiO}_3$ thin films^{*}

Peng Jing^{1)†} Xu Zhi-Mou²⁾³⁾ Wang Shang-Bao²⁾³⁾ Dong Ze-Hua⁴⁾

1) (College of Sciences, Wuhan University of Science and Technology, Wuhan 430081, China)

2) (Wuhan National Laboratory for Optoelectronics, Wuhan 430074, China)

3) (College of Optoelectronic Science and Engineering, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China)

4) (School of Chemistry and Chemical Engineering, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China)

(Received 4 January 2010; revised manuscript received 13 September 2010)

Abstract

With the development of Si-based optical integrated circuit, much attention has been paid to the crystalline and amorphous $(\text{Ba}_x\text{Sr}_{1-x})\text{TiO}_3$ (BST) films due to its good optical properties. In this study, the amorphous $\text{Ba}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{TiO}_3$ (BST0.7) thin films were grown on the fused quartz and silicon substrates at low temperature by using a metal organic decomposition (MOD)-spin-coating procedure from barium 2-caprylate $\text{Ba}(\text{C}_8\text{H}_{15}\text{O}_2)_2$ and 3-methylbutyl acetate $\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_4\text{CH}(\text{CH}_3)_2$ -based special precursors. The optical constants of amorphous BST0.7 thin films including refractive index, extinction coefficient and optical band gap energies were presented. Photoluminescence spectra of BST0.7 films were also observed. The calculated extinction coefficient of 214-nm-thick amorphous BST0.7 thin films in visible and near-infrared region was of the order of 10^{-3} , which is much lower than that of polycrystalline BST thin films. The optical band gap energy and refractive index n were estimated to be about 4.27 eV and $n = 1.94$, respectively. Intensive photoluminescence at room temperature was achieved in the 520 to 610 nm wavelength range with a strong visible peak at 540—570 nm when excited by 450 nm laser light. No photoluminescence was observed in crystalline BST0.7 thin films.

Keywords: barium strontium titanate, amorphous thin film, metal organic decomposition, optical properties

PACS: 77.84.-s, 78.20.-e, 81.16.Be

^{*} Project supported by the National Natural Science Foundation of China (Grant Nos. 60607006, 61076042), the Science Research Foundation of Ministry of Education for Returned Overseas Scholar, China (Grant No. 20081667) and the Hubei Natural Science Foundation of China (Grant No. 2007ABA058).

[†] E-mail: zehua.jingmathfly@yahoo.com.cn