文章编号：1000-7032(2012)07-0754-06

$Bi_{3.15}Eu_{0.85}Ti_3O_{12}$ 铁电薄膜的结构与光学性能

阮凯斌[1,2*]，伍广亨[2]，周　洪[2]，刘银春[1]
（1. 福建农林大学 机电工程学院，福建 福州　350002；
2. 中山大学物理科学与工程技术学院 光电材料与技术国家重点实验室，广东 广州　510275）

摘要： 采用化学溶液沉积法在石英衬底上制备了 $Bi_{3.15}Eu_{0.85}Ti_3O_{12}$（BEuT）铁电薄膜，研究了 BEuT 薄膜的结构和光学性能。XRD 结果表明，不同温度退火的 BEuT 皆形成铋层状钙钛矿型结构，其晶粒尺寸随着退火温度的升高而增大，与 SEM 观察结果一致。对 BEuT 薄膜的拉曼光谱研究表明，Eu^{3+} 主要取代钙钛矿层中的 Bi^{3+} 位。光学透过率曲线显示，在大于 500 nm 的波段，各 BEuT 薄膜的透过率均比较高，其禁带宽度约为 3.69 eV。BEuT 薄膜的发光随着退火温度的升高而增强，这可归因于其结晶状况的改善。

关　键　词： 薄膜；光致发光；化学溶液沉积法；光学透光率
中图分类号： O443　　**文献标识码：** A　　**DOI：** 10.3788/fgxb20123307.0754

Structural and Optical Properties of $Bi_{3.15}Eu_{0.85}Ti_3O_{12}$ Ferroelectric Thin Films

RUAN Kai-bin[1,2*], WU Guang-heng[2], ZHOU Hong[2], LIU Yin-chun[1]
(1. *College of Mechanical and Electrical Engineering, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou* 350002, *China*;
2. *State Key Laboratory of Optoelectronic Materials and Technologies, School of Physics and Engineering, Sun Yat-Sen University, Guangzhou* 510275, *China*)
* *Corresponding Author, E-mail: kbruan@fjau.edu.cn*

Abstract: $Bi_{3.15}Eu_{0.85}Ti_3O_{12}$ (BEuT) thin films were prepared on fused silica substrates by using chemical solution deposition technique. The structural and optical properties of thin films were studied in this work. XRD results show that BEuT thin films exhibit a polycrystalline bismuth-layered perovskite structure, and the average grain sizes increase with the annealing temperatures, which is consistent with the SEM results. Raman spectra of BEuT samples indicate that Eu^{3+} mainly replace Bi^{3+} in perovskete layer. In the wavelength of above 500 nm, BEuT thin films exhibit high optical transmittance, and the band gaps of all samples are nearly about 3.69 eV. The emission intensities of BEuT thin films increase with the annealing temperatures, which could be due to the improvement of crystallization for the samples annealed at higher temperature.

Key words: thin films; photoluminescence; chemical solution deposition; optical transmittance

收稿日期： 2012-04-17；**修订日期：** 2012-05-07
基金项目： 福建自然科学基金(2011J05122)资助项目
作者简介： 阮凯斌(1980－)，男，福建漳州人，主要从事光电材料与器件的研究。
E-mail：kbruan@fjau.edu.cn

1　引　　言

稀土掺杂钛酸铋（$Bi_{4-x}Ln_xTi_3O_{12}$，BLnT）是一类重要的铁电材料，除了具有优异的铁电性能外，还具有良好的介电、压电、热释电、声光和电光等性能，是典型的多功能无铅环保材料，可应用于微电、光电等集成器件中[1-3]。BLnT 属于铋层状钙钛矿型结构，是类钙钛矿结构层（$Bi_{2-x}Ln_xTi_3O_{10}$）$^{2-}$和类氟石结构层（Bi_2O_2）$^{2+}$的共生物。其中类钙钛矿（$Bi_{2-x}Ln_xTi_3O_{10}$）$^{2-}$层包含着 3 层 TiO_6 氧八面体，掺杂的稀土元素也主要是取代（$Bi_{2-x}Ln_xTi_3O_{10}$）$^{2-}$层中的 Bi^{3+}离子（A 位）。由于 Ln^{3+}离子和 Bi^{3+}离子之间半径相差很小，而且都是三价离子，所以 Ln^{3+}离子极易取代 Bi^{3+}离子，其掺杂量也容易控制。这里，掺杂的稀土离子不仅可以调节材料的结构以改善其电学性能，而且也可作为发光材料的激活剂，因而 BLnT 也是潜在的发光材料，其发光方面的性能研究已开始受到关注[4-9]。这类铁电材料具有很高的猝灭浓度[4]而且主晶格与 Eu^{3+}之间具有非常有效的能量传递[7]，这些优势让 BLnT 成为高亮度发光薄膜极有竞争力的候选材料。

对 BLnT 薄膜进行发光方面的研究有助于更全面的了解材料本身的性质。本实验选用石英玻璃作为衬底，在不同的退火温度下制备了掺铕钛酸铋（$Bi_{3.15}Eu_{0.85}Ti_3O_{12}$，BEuT）铁电薄膜，研究了退火温度对其结构和光学性能的影响。

2　实　　验

BEuT 铁电薄膜的制备采用化学溶液沉积法，所用衬底是透明石英玻璃。合成溶液所用的原料分别是分析纯的硝酸铋（$Bi(NO_3)_3 \cdot 5H_2O$）（过量 10%）、硝酸铕（$Eu(NO_3)_{3.5}H_2O$）和钛酸四丁酯（$Ti(OC_4H_9)_4$）。溶剂是乙二醇甲醚（$CH_3OCH_2CH_2OH$）和冰醋酸（CH_3COOH）的混合溶液，并加入适量的乙酰丙酮（$C_5H_8O_2$）作为 Ti^{4+}的稳定剂，在搅拌过程中加入一定量的双氧水（H_2O_2）以抑制 $Ti^{4+} \rightarrow Ti^{3+}$的转变。配制 BEuT 前驱体溶液的步骤如下：将硝酸铋和硝酸铕一同溶于溶剂中并搅拌加热至 50 ℃，保温 15 min 后冷却至室温，再加入乙酰丙酮和钛酸四丁酯以及双氧水，继续搅拌 2 h 后得到澄清浅红色的前驱体溶液，调节其浓度为 0.06 mol/L。将配制好的 BEuT 溶液滴在石英衬底上并旋转涂覆 30 s，之后将湿膜放在 300 ℃的烤胶机上热烤以除去有机物。重复甩膜、烤胶的步骤若干次直至达到所需的薄膜厚度，然后将所得的干燥薄膜放入箱式炉中进行退火处理，退火温度分别为 600，650，700，750 ℃。薄膜在各退火温度保温 1 h 后随炉自然降温。最后制得的薄膜厚度大约为 300 nm。

薄膜的 XRD 测试采用日本 Rigaku 公司生产的 D/MAX 2200 VPC 型 X 射线衍射仪，测量时所加的工作电流和电压分别是 20 mA 和 40 kV。薄膜表面形貌的观察采用日本电子株式会社生产的 JSM-6330F 型场发射扫描电镜。拉曼光谱的测试所采用的仪器是英国 Renishaw 公司生产的 Renishaw inVia型激光显微拉曼光谱仪，入射光波长为 514.5 nm，波数范围为 50 ~ 1 200 cm^{-1}。光学透过率采用日本 Shimadzu 公司生产的 UV-3150 型紫外可见分光光度计进行测量，范围为 200 ~ 1 400 nm。薄膜光致发光性能的测试采用日本岛津公司生产的 RF-5301PC 型荧光分光光度计，所用的激发波长为 350 nm。

3　结果与讨论

图 1 是退火温度分别为 600，650，700，750 ℃的 BEuT 薄膜的 XRD 图。由图 1 可见，所有 BEuT 薄膜都已经形成钙钛矿结构，且没有焦绿石相或其它杂相的存在，说明薄膜和衬底之间无明显的界面反应。在不同温度下制备的 BEuT 薄膜的衍射峰强度相差不多。而对于最强的（117）方向的衍射峰，600，650，700，750 ℃退火的 BEuT 薄膜的半高宽（FWHM）值分别为 0.214°，0.191°，

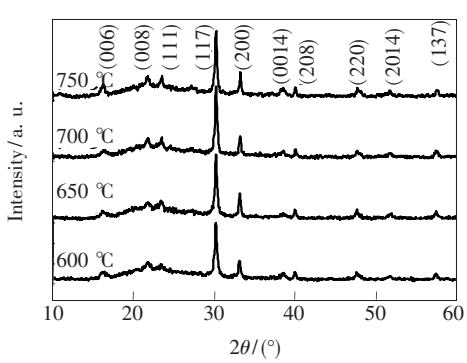

图 1　不同温度退火的 BEuT 薄膜的 XRD 图

Fig. 1　XRD patterns of BEuT thin films annealed at different temperatures

0.183°,0.169°。根据 Scherrer 公式 $L = 0.89\lambda/\beta\cos\theta$,可计算出薄膜的平均晶粒尺寸分别约为43.6,50.4,53.5,60.5 nm。式中,L 为平均晶粒尺寸,λ 是 X 射线衍射仪的入射线波长 0.154 nm,β 是衍射峰的半高宽,而 θ 是相应峰的衍射角。可见,随着退火温度的升高,薄膜(117)衍射峰的 FWHM 值是下降的,即其平均晶粒尺寸是随着退火温度的升高而增大的。

扫描电镜可提供薄膜样品清晰直观的表面形貌图像。图2是650 ℃和750 ℃退火的 BEuT 薄膜的表面形貌图。由图2可见,650 ℃和750 ℃退火的 BEuT 薄膜的表面均比较平整致密,650 ℃退火的 BEuT 薄膜的晶粒尺寸较小,而750 ℃热退火的薄膜的晶粒尺寸有明显的增大。晶粒呈柱状生长。薄膜的晶粒尺寸与热退火温度的依赖关系和前面 XRD 分析的结果是一致的。

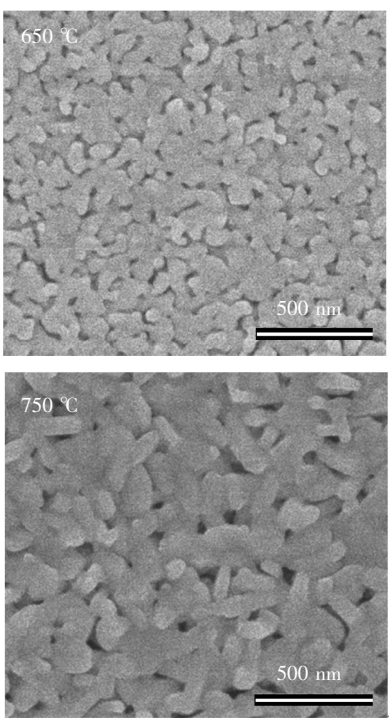

图2 650 ℃和750 ℃退火的 BEuT 薄膜的表面形貌图

Fig. 2 Surface morphologies of BEuT thin films annealed at 650 ℃ and 750 ℃

拉曼光谱是研究晶格振动的有力手段。根据晶格动力学,$Bi_4Ti_3O_{12}$(BiT)在居里温度(T_c)以上的顺电相有16个拉曼活性振动模[10],在 T_c 以下的铁电相,能发现更多的振动模[11]。而在薄膜材料中,振动模是比较难以确定的,这主要是由于薄膜材料中峰强相对较弱,可能出现对称性破缺或是振动模的相互叠加[12]。图3所示是650 ℃和750 ℃退火的 BEuT 薄膜的拉曼光谱。由图3可见,BEuT 薄膜的拉曼谱包含3个主要振动模,其峰位大约位于266,561,853 cm^{-1} 处,都属于 TiO_6 氧八面体的固有振动模。266 cm^{-1} 附近的拉曼峰对应于 TiO_6 氧八面体的弯曲振动模;852 cm^{-1} 处的振动模可归为 TiO_6 氧八面体的伸缩振荡模;对于542 cm^{-1} 处的振动模,有些人将其归为 TiO_6 的弯曲振动模与伸缩振荡模的叠加[13],也有将其归为纯的 TiO_6 的伸缩振动模[14]。除此之外,在约161 cm^{-1} 的低波数位置也观察到了 BEuT 薄膜的拉曼振动模,可归为 Bi 原子(A 位)的振动模。一般情况下,未掺杂的 BiT 在这个低波数区域会有比较多的拉曼振动模;但如果 A 位的 Bi^{3+} 离子被不同大小的其它离子,如稀土 Eu^{3+} 取代,则将导致 A 位原子平均质量的变化,有些拉曼峰将会移动或重叠,从而导致振动模数量的减少。图3中,BEuT 在这个区域只在约161 cm^{-1} 处出现比较明显的振动模,表明掺杂稀土元素后拉曼峰出现重叠,也证实 Eu^{3+} 确实取代了 A 位的 Bi^{3+} 离子。

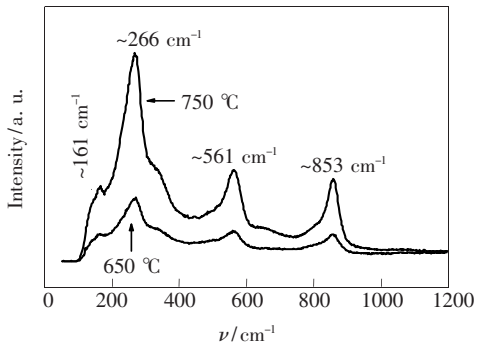

图3 650 ℃和750 ℃退火的 BEuT 薄膜的拉曼光谱

Fig. 3 Raman spectra of BEuT thin films annealed at 650 ℃ and 750 ℃

图4给出了在不同温度退火的 BEuT 薄膜的光学透过率,石英玻璃衬底的光学透过率曲线也一同示于图中。由图4可见,各温度退火的样品的光学透过率基本相同,即在600~750 ℃的温度范围内,退火温度对 BEuT 薄膜的光学透过率影响不大。BEuT 薄膜在500 nm 以上的可见光和红外区域具有较高的光学透过率。在低波长范围内,BEuT 薄膜对入射光的透过率逐渐降低,并截止于约325 nm 处。在这个高吸收区域,透过率 T 和吸收系数 α 可由方程 $T = R\exp(-\alpha d)$ 来描述。

式中，R 在吸收边的数值几乎等于 1，而 d 是薄膜的厚度。在吸收边带间的电子跃迁关系可表达为 $\alpha \propto (h\nu - E_g)^n$。这里，$h\nu$ 是入射光子能量；E_g 是禁带宽度；指数 n 则取决于电子的能带结构，即当 $n=1$ 时材料为直接跃迁型，当 $n=4$ 时为间接跃迁型。对于直接跃迁型的材料，其吸收系数和光子能量的关系可表示成关系：$(\alpha h\nu)^2 = C(h\nu - E_g)$。其中 C 是常数。图 4 中的插图给出了 700 ℃退火的 BEuT 薄膜的 $(\alpha h\nu)^2$-$h\nu$ 关系曲线。从插图中可看出，曲线是符合线性拟合的，即 BEuT 薄膜是直接跃迁型的能带结构。将曲线的直线部分延长至 $h\nu$ 轴，其交点即为薄膜的禁带宽度。从插图中可得到 BEuT 薄膜的禁带宽度约为 3.69 eV。此值大于文献报道的 BiT 薄膜的 2.80 eV[15]，BLT 薄膜的 3.25 eV[16]，以及 BNT 薄膜的 3.61 eV[17]。

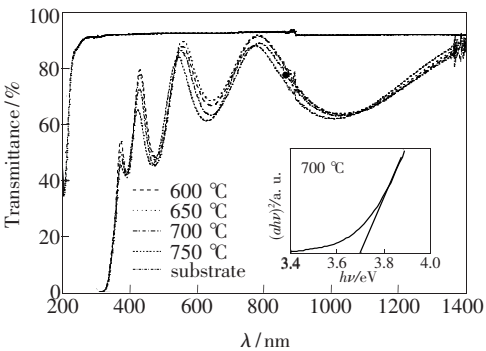

图 4　不同温度退火的 BEuT 薄膜的光学透过率，插图是 700 ℃退火 BEuT 的 $(\alpha h\nu)^2$-$h\nu$ 关系曲线。

Fig. 4　Optical transmittance of BEuT thin films annealed at different temperatures, the inset shows the relation of $(\alpha h\nu)^2$-$h\nu$ for the 700 ℃-annealed sample.

图 5 所示是在不同温度下制备 BEuT 薄膜的光致发光谱。BEuT 薄膜的激发谱的监测波长为 617 nm，激发波长范围为 320 ~ 410 nm。发射谱的激发波长为 350 nm，接受发射光的波长范围为 570 ~ 660 nm。由图 5 的激发谱可见，BEuT 薄膜的激发谱包含两个激发带：相对较弱的激发带的峰位位于约 397 nm 处，这是 Eu^{3+} 的特征激发波长；另一个较强的激发带位于 320 ~ 380 nm，峰位约在 350 nm 处。当用 397 nm 的 Eu^{3+} 特征激发波长激发 BEuT 薄膜材料时，入射光可直接激发 Eu^{3+}，使其从基态 $^7F_0$ 跃迁至较高的 $^5L_6$ 激发态。处于激发态的 Eu^{3+} 离子经过一系列复杂的过程，最终发生 $^5D_0 \rightarrow {}^7F_j$ $(j=0\sim4)$ 的跃迁而发射荧光。从图 5 的激发谱来看，这个激发带并不能有效地激发 Eu^{3+}。位于 320 ~ 380 nm 的激发带对 Eu^{3+} 的激发更为有效，其原因如下：BEuT 晶格吸收波长 350 nm 的激发光后，再将能量有效地传递给 Eu^{3+}，Eu^{3+} 离子从基态被激发到较高的能级。经过一些复杂的跃迁过程，被激发的 Eu^{3+} 最终发生 $^5D_0 \rightarrow {}^7F_j$ $(j=0\sim4)$ 的辐射跃迁而发射荧光[7]。此外，Bi^{3+} 离子也充当了敏化剂的作用，将吸收的入射光能量传递给 Eu^{3+} 离子[4]。这是由于 Bi^{3+} 的发射谱与 Eu^{3+} 的激发谱存在一定的重叠，当用波长 350 nm 的光激发薄膜时，Bi^{3+} 吸收部分入射光并被激发至高能级，随后发生 $^3P_1 \rightarrow {}^1F_0$ 的辐射跃迁而发射光子，而这部分光子能量刚好位于 Eu^{3+} 特征激发波长附近，因而被 Eu^{3+} 吸收，实现能量传递。

由图 5 中 BEuT 的发射谱可见，Eu^{3+} 离子的发光主要包含中心位于约 594 nm 和 617 nm 的两个峰。594 nm 的发射峰对应于磁偶极跃迁 $^5D_0 \rightarrow {}^7F_1$。当 Eu^{3+} 处于有反演对称中心的格位时，将主要发生 $^5D_0 \rightarrow {}^7F_1$ 的磁偶极跃迁。而 617 nm 的发射峰则对应于 $^5D_0 \rightarrow {}^7F_2$ 的电偶极跃迁。当 Eu^{3+} 处于无反演对称中心的格位时，将以 $^5D_0 \rightarrow {}^7F_2$ 的电偶极跃迁为主。掺 Eu^{3+} 的红色荧光粉也是主要利用电偶极跃迁 $^5D_0 \rightarrow {}^7F_2$ 发射红光。此外，$^5D_0 \rightarrow {}^7F_2$ 跃迁还对所处的环境非常敏感，所以常用于指示所处环境的变化[18-19]。由 BEuT 的发射谱可见，两个发射峰的强度随着薄膜退火温度的升高而增大，这与薄膜的结晶改善有关。在 BEuT 薄膜中，Eu^{3+} 的发光主要是主晶格向 Eu^{3+} 传递能量而激发荧光的。XRD 分析结果表明随着退火温度的升高，薄膜的晶化程度增

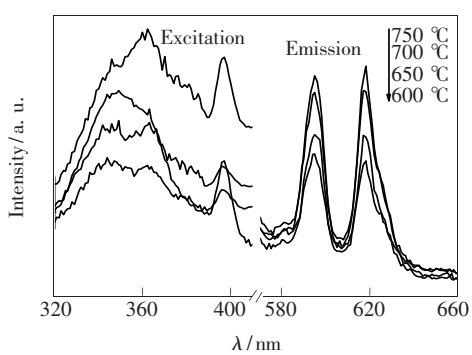

图 5　不同温度制备的 BEuT 薄膜的光致发光谱

Fig. 5　Photoluminescence spectra of BEuT thin films annealed at different temperatures

强,而 Eu^{3+} 也更容易进入晶格位置,这将极大提高主晶格与 Eu^{3+} 之间的能量传递效率,从而使其发光得到增强。此外,由于在薄膜制备过程中 Bi 元素存在一定的过量,当退火温度较低时,过量的 Bi^{3+} 可能会团聚成 Bi_n^{3+} ($n \geqslant 2$),此时 Bi_n^{3+} 将成为陷阱中心而吸收激发光能量,而不是将能量传递给 Eu^{3+},这将减弱薄膜的发光。当退火温度升高时,这些陷阱中心将会减少,同时薄膜的结晶状况也得到改善,于是 BEuT 的发光增强。

4 结 论

在石英衬底上制备了 BEuT 铁电薄膜,研究了退火温度对 BEuT 铁电薄膜结构和光学性能的影响。在一定条件下,样品晶粒尺寸与退火温度呈正相关性。升高退火温度可以改善薄膜的结晶状况,从而提高主晶格与 Eu^{3+} 之间的能量传递效率,增强 BEuT 的发光强度。退火温度对 BEuT 薄膜的光学透光率影响不大,材料的禁带宽度大约是 3.69 eV。这种高透明的 BEuT 薄膜由于其特殊的层状钙钛矿结构而具有很高的稀土发光猝灭浓度,并且由于其结构稳定而可以工作在各种不同的环境中,所以在高亮度薄膜发光显示领域方面具有很大的应用潜力,未来可应用于新型的集成光电器件。

参 考 文 献:

[1] Lee H, Hesse N D, Zakharov N, *et al.* Ferroelectric $Bi_{3.25}La_{0.75}Ti_3O_{12}$ films of uniform a-axis orientation on silicon substrates [J]. *Science*, 2002, 296(5575):2006-2009.

[2] Bao D H, Lee S K, Zhu X H, *et al.* Growth, structure, and properties of all-epitaxial ferroelectric $(Bi,La)_4Ti_3O_{12}$/$Pb(Zr_{0.4}Ti_{0.6})O_3$/$(Bi,La)_4Ti_3O_{12}$ trilayered thin films on $SrRuO_3$-covered $SrTiO_3$(011) substrates [J]. *Appl. Phys. Lett.*, 2005, 86(8):082906-1-3.

[3] Hu G D, Fan S H, Cheng X. Anisotropy of ferroelectric and piezoelectric properties of $Bi_{3.15}Pr_{0.85}Ti_3O_{12}$ thin films on Pt(100)/Ti/SiO_2/Si substrates [J]. *J. Appl. Phys.*, 2007, 101(5):054111-1-6.

[4] Ruan K B, Chen X M, Liang T, *et al.* Photoluminescence and electrical properties of highly transparent $(Bi,Eu)_4Ti_3O_{12}$ ferroelectric thin films on indium-tin-oxide-coated glass substrates [J]. *J. Appl. Phys.*, 2008, 103(7):074101-1-4.

[5] Ruan K B, Chen X M, Liang T, *et al.* Improved photoluminescence and electrical properties of Eu- and Gd-codoped bismuth titanate ferroelectric thin films [J]. *J. Appl. Phys.*, 2008, 103(8):086104-1-3.

[6] Ruan K B, Gao A M, Deng W L, *et al.* Orientation dependent photoluminescent properties of chemical solution derived $Bi_{4-x}Eu_xTi_3O_{12}$ ferroelectric thin films [J]. *J. Appl. Phys.*, 2008, 104(3):036101-1-3.

[7] Zhou H, Wu G H, Chen X M, *et al.* Preparation and photoluminescence of praseodymium-doped bismuth titanate ferroelectric thin films [J]. *Ferroelectrics*, 2010, 406(1):108-113.

[8] Zhou H, Chen X M, Wu G H, *et al.* Significantly enhanced red photoluminescence properties of nanoomposite films composed of a ferroelectric $Bi_{3.6}Eu_{0.4}Ti_3O_{12}$ matrix and highly *c*-axis-oriented ZnO nanorods on Si substrates prepared by a hybrid chemical solution method [J]. *J. Am. Chem. Soc.*, 2010, 132(6):1790-1791.

[9] Gao F, Zhang Q Y, Ding G J, *et al.* Strong upconversion photoluminescence and large ferroelectric polarization in Er^{3+}-Yb^{3+}-W^{6+} triply substituted bismuth titanate thin films prepared by chemical solution deposition [J]. *J. Am. Ceram. Soc.*, 2011, 94(11):3867-3870.

[10] Graves P R, Hua G, Myhra S, *et al.* The Raman modes of the Aurivillius phases: temperature and polarization dependence [J]. *J. Solid State Chem.*, 1995, 114(1):112-122.

[11] Idink H, Srikanth V, White W B, *et al.* Raman study of low temperature phase transitions in bismuth titanate, $Bi_4Ti_3O_{12}$ [J]. *J. Appl. Phys.*, 1994, 76(3):1819-1823.

[12] Wang Y H, Xu G D, Zhang X J, *et al.* Structural and optical properties of $Bi_{4-x}Nd_xTi_3O_{12}$ thin films prepared by metal-organic solution deposition [J]. *Mater. Lett.*, 2004, 58(5):813-816.

[13] Yau C Y, Palan R, Tran K, *et al.* Mechanism of polarization enhancement in La-doped $Bi_4Ti_3O_{12}$ films [J]. *Appl. Phys. Lett.*, 2005, 86(3):32907-1-3.

[14] Hu X B, Garg A, Barber Z H. Structural and electrical properties of samarium-substituted bismuth titanate [J]. *Thin*

Solid Films, 2005, 484(1-2):188-195.

[15] Wang X S, Zhai J W, Zhang L Y, *et al*. Structural and optical characterization of $Bi_4Ti_3O_{12}$ thin films prepared by metallorganic solution deposition technique [J]. *Infrared Phys. Technol.*, 1999, 40(1):55-60.

[16] Wang G S, Meng X J, Lai Z Q, *et al*. Structural and optical properties of $Bi_{3.25}La_{0.75}Ti_3O_{12}$ ferroelectric thin films prepared by chemical solution methods [J]. *Appl. Phys.* A, 2003, 76(1):83-86.

[17] Ma J H, Meng X J, Sun J L, *et al*. Ferroelectric and optical properties of $Bi_{3.25}Nd_{0.75}Ti_3O_{12}$ thin films prepared by a chemical solution method [J]. *J. Phys.* D: *Appl. Phys.*, 2004, 37(22):3160-3164.

[18] Lei B F, Sha L, Liu Y L, *et al*. Synthesis of nano-sized $Sr_2SiO_4:Eu^{3+}$ phosphor by combustion method and its luminescence properties [J]. *Chin. J. Lumin.* (发光学报), 2011, 32(6):535-541 (in Chinese).

[19] Xiao Q L, Liu G X, Zou S Y, *et al*. Synthesis and luminescent properties of $Na_2Ca_4(PO_4)_2SiO_4:Eu^{3+},Bi^{3+}$ red-emitting phosphor [J]. *Chin. J. Lumin.* (发光学报), 2011, 32(4):332-336 (in Chinese).

《发 光 学 报》

——EI 核心期刊（物理学类；无线电电子学、电信技术类）

《发光学报》是中国物理学会发光分会与中国科学院长春光学精密机械与物理研究所共同主办的中国物理学会发光分会的学术会刊。该刊是以发光学、凝聚态物质中的激发过程为专业方向的综合性学术刊物。

《发光学报》于 1980 年创刊，曾于 1992 年，1996 年，2000 年和 2004 年连续四次被《中文核心期刊要目总览》评为“物理学类核心期刊”，并于 2000 年同时被评为“无线电电子学、电信技术类核心期刊”。2000 年获中国科学院优秀期刊二等奖。现已被《中国学术期刊(光盘版)》、《中国期刊网》和“万方数据资源系统”等列为源期刊。英国《科学文摘》(SA)自 1999 年；美国《化学文摘》(CA)和俄罗斯《文摘杂志》(AJ)自 2000 年；美国《剑桥科学文摘社网站》自 2002 年；日本《科技文献速报》(CBST, JICST)自 2003 年已定期收录检索该刊论文；2008 年被荷兰“Elsevier Bibliographic Databases”确定为源期刊；2010 年被美国“EI”确定为源期刊。2001 年在国家科技部组织的“中国期刊方阵”的评定中，《发光学报》被评为“双效期刊”。2002 年获中国科学院 2001～2002 年度科学出版基金“择重”资助。2004 年被选入《中国知识资源总库·中国科技精品库》。本刊内容丰富、信息量大，主要反映本学科专业领域的科研和技术成就，及时报道国内外的学术动态，开展学术讨论和交流，为提高我国该学科的学术水平服务。

《发光学报》自 2011 年改为月刊，A4 开本，144 页，国内外公开发行。国内定价：40 元，全年 480 元，全国各地邮局均可订阅。《发光学报》欢迎广大作者、读者广为利用，踊跃投稿。

地　址：长春市东南湖大路 3888 号
《发光学报》编辑部
邮　编：130033
电　话：(0431)86176862，84613407
E-mail：fgxbt@126.com

国内统一刊号：CN 22-1116/O4
国际标准刊号：ISSN 1000-7032
国内邮发代号：12-312
国外发行代号：4863BM
http://www.fgxb.org