

可用于光存储和光学信息处理的 SrS(Eu, Sm) 电子俘获薄膜的研究

阮 昊 陈述春 方祖捷 曹根娣 陈高庭 戴凤妹 干福熹

(中国科学院上海光学精密机械研究所, 上海 201800)

摘 要 报道用电子束蒸发法制备的 SrS(Eu, Sm) 电子俘获薄膜的特性, 给出了这种薄膜的 X 射线衍射图、原子力显微镜(AFM)形貌观察结果、光谱及存储的图像照片等。结果表明所制备的电子俘获薄膜具有很好的光学特性, 具有应用在光存储和光学信息处理上的能力。

关键词 电子俘获薄膜, 电子束蒸发, 光存储, 光学信息处理。

1 引 言

双掺杂的碱土硫化物具有奇妙的光存储和光学激励发光特性。当用可见光或紫外光激发后能存储能量, 而后用近红外光激励时, 又能将存储的能量释放出来, 发射可见光。继 1986 年美国 Quantex 公司的 Lindmayer 首先提出利用这类材料发展一种新的可擦除重写光存储系统后, 近年来又在光计算、光学信息处理等很多方面证明了它应用的可能性^[1~5]。这类材料也称电子俘获材料。作者等曾在不同性能的电子俘获粉末材料的制备、物理机制的研究、光学信息处理的应用等方面开展了大量工作^[6~10]。但是, 数字光盘和光学信息处理要有高分辨率的薄膜材料, 这需要有新的物理基础和制备工艺。SrS 具有岩盐结构和较低的结合能, 又具有很高的熔点(2430℃), 在高温下易分解, 易偏离化学比。SrS 还具有碱土硫化物固有的化学不稳定性和易潮解性; 同时, 掺杂的稀土离子的电子俘获特性对膜的结晶状况以及补偿离子等因素非常敏感, 故制备高效的电子俘获薄膜具有较大难度。本文介绍用电子束蒸发法制备的 SrS(Eu, Sm) 电子俘获薄膜的特性。给出了这种薄膜的 X 射线衍射图、原子力显微镜形貌观察结果、光谱、存储的图像照片等。结果表明所制备的电子俘获薄膜具有应用在光存储和光学信息处理上的能力, 使电子俘获材料的实用化成为可能。

2 样品制备

SrS 基质材料采用 CS₂ 还原 SrCO₃ 的方法合成。用制备好的 SrS 粉末, 加上一定重量比的 Eu₂O₃、Sm₂O₃ 以及助熔剂, 经充分碾磨压片后烧结成靶材^[6~10]。膜试样的制备是在 DMP-450 电子束加热真空镀膜机上进行。真空室气压为 10⁻⁴~10⁻³ Pa。基片材料为玻璃、白宝

石、石英片等。基片温度为(100~ 600) °C。采用光学方法进行膜厚监控,膜厚(1~ 4) μm 。

3 实验结果与结论

图 1 为 SrS(Eu, Sm) 薄膜的 X 射线衍射图。激发射线是 Cu K_{α} 线,所加电压为 40 kV,电流为 30 mA,扫描速度为 $2^{\circ}/\text{min}$ 。由图 1 可知 SrS 基质材料对应为岩盐结构(NaCl), (200) 面的衍射峰最强, (220)、(111) 次之,其晶格常数为 $a_{200} = 0.6018 \text{ nm}$, $a_{220} = 0.6016 \text{ nm}$, $a_{111} = 0.5984 \text{ nm}$, 与理论值 $a = 0.6011 \text{ nm}$ 相近。各峰的相对强度值与 JCPDS 卡片的 SrS 有些差异,这是由于薄膜生长方向性的影响。图 1 表明还有杂质峰存在,这些峰与掺杂的添加剂有关。

图 2 给出了用原子力显微镜进行表面形貌观测的结果。图中表明所沉积的薄膜表面由大小为(100~ 200) nm 的小晶粒组成,小孔较多。表面粗糙度还比较高,约为 300 nm。

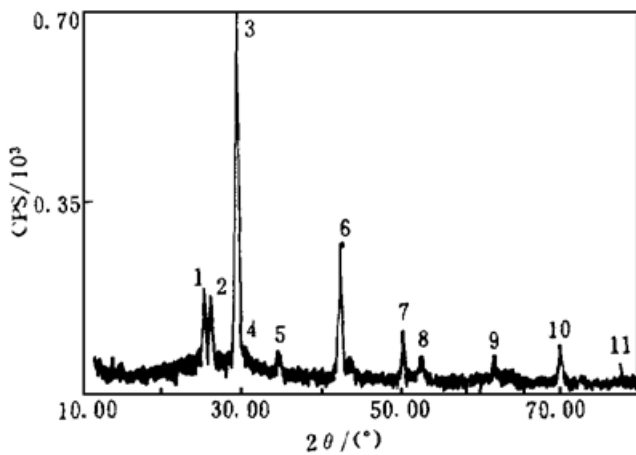


Fig. 1 X-ray diffraction pattern of SrS(Eu, Sm) electron-trapping thin film

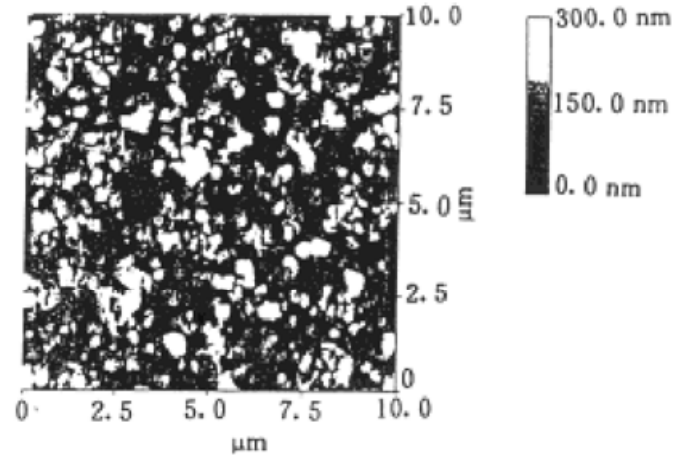


Fig. 2 Atomic force microphotograph of SrS(eu, Sm) film

SrS(Eu, Sm) 薄膜的主要光学功能是:吸收和存储蓝光,在近红外光作用下发射桔黄色光。实验表明 SrS(Eu, Sm) 薄膜是一个很好的可擦除可重写光存储材料。用光谱学方法^[7]测定其写入、读出和输出光谱分布,如图 3 所示。写入波段是(400~ 570) nm,而读出光波段在(800~ 1400) nm,发射波长在(530~ 700) nm,峰值波长在 610 nm。图 3 表明薄膜的光谱特性与粉末材料的谱线特性相近。

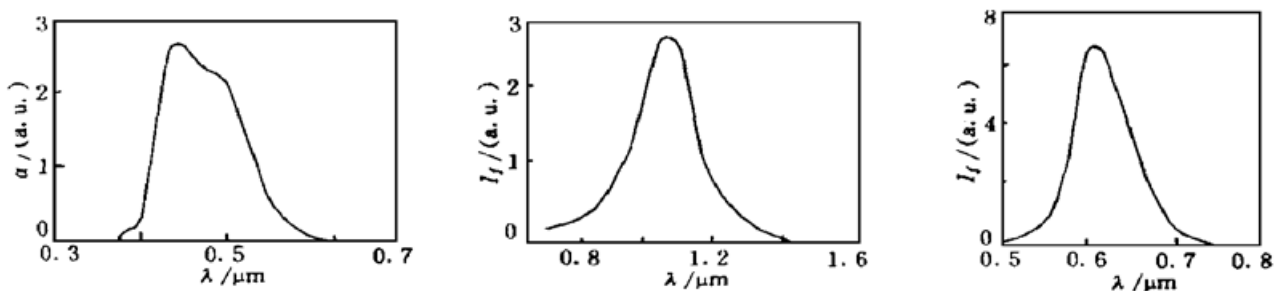


Fig. 3 Spectra of a-write, b-read, and c-output in SrS(Eu, Sm) electron-trapping thin film

为了证明所制备的薄膜具有应用在光存储和光学信息处理中能力,进行了图像存储实验。先用强的红外光照射薄膜,把电子陷阱所俘获的电子释放干净;再把所制的“T”字掩膜放在薄膜前,用白炽灯进行曝光,把图像存储在 SrS(Eu, Sm) 薄膜中。把薄膜放置在暗处,

过一段时间后再用较弱的红外光(白炽灯加透红外滤光片得到)进行图像显示。薄膜所发出的图像经 Polaroid 照相机拍摄,在照相机镜头前放有去红外滤光片。结果如图 4 所示。表明所制备的薄膜有很好的光学特性,可发出足够强的输出光,以满足光存储和光学信息处理的需要。由于所用掩模和光学成像系统很粗糙,图 4 还不能表示薄膜的清晰度。

总之,通过对所制备的 SrS(Eu, Sm) 电子俘获薄膜进行 X 射线衍射、原子力显微镜形貌观测、光谱分布、图像存储等实验,表明所制备的电子俘获薄膜有很好的光学特性,具有应用在光存储和光学信息处理上的能力。

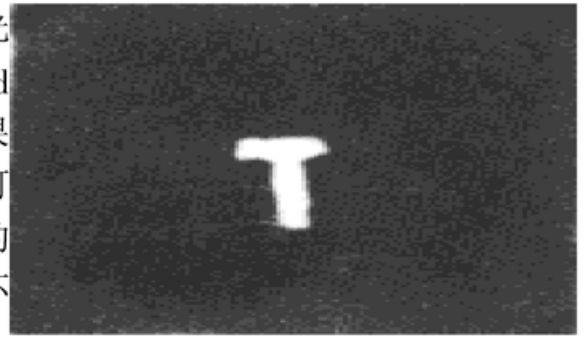


Fig. 4 Experimental results of image storage on SrS(Eu, Sm) electron-trapping thin film ($\times 4$)

参 考 文 献

- [1] J. Lindmayer, A new erasable optical memory. *Solid State Technol.*, 1988, **31**(8): 135~ 138
- [2] A. D. McAulay, J. Wang, C. Ma, Optical heteroassociative memory using spatial light rebroadcasters. *Appl. Opt.*, 1990, **29**(14): 2067~ 2073
- [3] S. Jutamulia, G. M. Storti, J. Lindmayer *et al.*, Use of electron trapping materials in optical signal processing. IV: Parallel incoherent image subtraction. *Appl. Opt.*, 1993, **32**(5): 743~ 745
- [4] X. Yang, W. Seiderman, R. A. Athale *et al.*, Optical implementation of winner-take-all neural network using electron trapping materials. *Opt. Commun.*, 1992, **93**(1, 2): 33~ 38
- [5] Z. Wen, A. Bake, N. H. Farhat, Optoelectronic neural dendritic tree processing with electron-trapping materials. *Opt. Lett.*, 1995, **20**(6): 614~ 616
- [6] 陈述春, 戴凤妹, 输出绿光的上转换材料及紫外、可见图像存储和图像减法. *光子学报*, 1996, **25**(4): 295~ 300
- [7] 陈述春, 戴凤妹, 电子俘获材料的光学性质及光存储机制研究. *光学学报*, 1995, **15**(6): 750~ 752
- [8] 陈述春, 戴凤妹, 输出红光的电子俘获材料及其在图像存储和减法中的应用. *光学学报*, 1995, **15**(12): 1663~ 1668
- [9] 阮昊, 陈述春, 戴凤妹等, 电子俘获材料在光记录中的应用. *感光科学与光化学*, 1997, **15**(1): 54~ 58
- [10] Ruan Hao, Chen Shuchun, Gan Fuxi *et al.*, Temporal characteristics of luminescence from ultrashort-pulsed infrared laser stimulated electron trapping materials. *Chinese J. Lasers*, 1997, **B6**(1): 86~ 90

Study of SrS(Eu, Sm) Electron-Trapping Thin Film Used in Optical Storage and Information Processing

Ruan Hao Chen Shuchun Fang Zujie Cao Gendi
Chen Gaoting Dai Fengmei Gan Fuxi

(Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics, The Chinese Academy of Sciences, Shanghai 201800)

(Received 26 June 1997)

Abstract The properties of SrS(Eu, Sm) electron-trapping thin film grown by electron beam evaporation are studied. The X-ray diffraction pattern, microstructure measured by atomic force microscopy, optical spectra and the stored image are presented. The results show that the electron-trapping thin film has good optical properties and can be used in optical storage and information processing.

Key words electron-trapping thin film, electron beam evaporation, optical storage, optical information processing.