

以陶瓷厚膜为绝缘层的红色 $ZnS \cdot Sm, Cl$ 电致发光器件*

唐春玖 朱文清 赵伟明 刘祖刚 蒋雪茵 张志林 许少鸿
(上海大学嘉定校区无机材料系, 上海 201800)

摘 要 报道采用高介电常数的陶瓷厚膜作绝缘层、 $ZnS \cdot Sm, Cl$ 作为发光层的红色薄膜电致发光器件。测量了器件的电致发光光谱和亮度电压曲线, 研究了发光机理和效率电压等特性。制备的器件在市电频率驱动下 16 V 启亮, 最大亮度为 18.4 cd/m^2 , 最大效率为 0.06 lm/W 。

关键词 陶瓷厚膜, 绝缘层, 陶瓷基片, 薄膜电致发光器件。

1 引 言

丝网印刷技术成本低、效率高, 同时适用于大面积制作等优越性, 非常适合于平板显示器件制作。采用丝网印刷的几十微米量级的高介电常数的陶瓷厚膜来代替无机薄膜电致发光器件中的薄膜绝缘层所制备的陶瓷厚膜电致发光器件^[1, 2], 是近年来推进薄膜电致发光实用化的一个活跃的新方向。因为陶瓷厚膜介质具有一定的厚度, 使得微粒造成的影响显著减小。同时它有高的抗击穿强度, 可消除薄膜中针孔引起的电击穿。然而到目前为止, 国际上只有黄色 $ZnS \cdot Mn$ 和绿色 $ZnS \cdot Tb, F^{[3]}$ 陶瓷厚膜电致发光器件, 国内也只有黄色 $ZnS \cdot Mn^{[4, 5]}$ 和绿色 $ZnS \cdot Er^{[6]}$ 陶瓷厚膜电致发光器件。要想实现彩色乃至全色显示就必需要有红色。实现红色有两种方法: 一种是用其他颜色的光加滤光片得到, 另一种就是直接采用发红光材料, 制备红色电致发光器件。本文采用后一办法制备了以高介电常数(大于 10000)的陶瓷厚膜为绝缘层, 以 $ZnS \cdot Sm, Cl$ 为发光层的红色电致发光器件。

2 器件制备和测量

2.1 陶瓷厚膜制备

以陶瓷厚膜为绝缘层的 $ZnS \cdot Sm, Cl$ 红色电致发光器件结构为 陶瓷基片/内电极/陶瓷厚膜/发光层($ZnS \cdot Sm$)/透明电极($ZnO \cdot Al$), 如图 1 所示。其中陶瓷厚膜的制备参见文献[4], 所采用的陶瓷厚膜的介电常数为 15000, 损耗为 0.3, 厚度为 $28 \mu\text{m}$ 。

2.2 发光层和透明电极的制备

发光层参照文献[7]采用自制的 $ZnS \cdot Sm, Cl$ 靶材。其中 Sm 的含量为 $1.4 \times 10^{-3} \text{ mol}$ 。用

* 国家自然科学基金资助项目。

收稿日期: 1998-07-02

电子束蒸发的方法^[8], 在 DMD-450 型镀膜机内制成, 蒸发的条件是: 灯丝电流 9 A, 高压 2 kV, 束流 60 mA, 膜厚为 720 nm。

透明电极是采用以铝掺杂的氧化锌为靶材, 用 JG-PF38 型高频溅射仪按文献[9]报道的条件溅射制备。

采用日立 850 荧光分光光度计测量了器件的电致发光光谱。采用浙江大学 SL-801 型亮度计测量了器件的亮度与电压关系。

流明效率是用 Sawyer-Tower^[8] 线路测量, 利用电荷—电压回线, 按下列公式计算的:

$$\Delta Q = C_s V_c / S, \quad P_{in} = 2f V_{th} \Delta Q, \quad \eta_l (\text{lm/W}) = \pi B / P_{in}$$

式中 S 为膜电致发光器件面积, B 为亮度 (cd/m^2), f 为驱动电源频率, V_{th} 为阈值电压, ΔQ 为传导电荷密度, C_s 为测量电容的电容值, V_c 是 C_s 电容两端电压, P_{in} 为输入功率, η_l 为发光效率。

3 结果与讨论

测量的器件的电致发光光谱和亮度与电压关系分别如图 2 和图 3 所示。驱动频率为 50 Hz。根据测得的 $B-V$ 曲线, 利用上述公式计算得出的效率与电压关系如图 4 所示。

从电致发光光谱可看出发光峰值波长分别是 571 nm、606 nm、654 nm 和 663 nm, 分别是 Sm^{3+} 的 $4f$ 电子能级 $G_{3/2} \rightarrow H_{5/2}$ 、 $G_{3/2} \rightarrow H_{7/2}$ 和 $G_{3/2} \rightarrow H_{11/2}$ 之间跃迁的结果, 其中最强峰的峰值波长是 654 nm 红光。本文获得的光谱结果与文献[10]报道的结果一致。由于 ZnS 和 Cl^- 的晶体场的微扰作用, ZnS : Sm, Cl 的电致发光光谱较 Sm^{3+} 相应的峰值波长大约偏离 1.5~3 nm。

从图 3 的亮度电压和图 4 的效率与电压曲线可以看出该器件在 50 Hz 频率驱动下 16 V 启亮, 最大饱和亮度为 18.4 cd/m^2 , 最大效率出现在亮度饱和区, 最大流明效率为 0.06 lm/W 。效率不太高, 原因是目前采用的陶瓷厚膜的损耗太大, 我们正在研究既具有高的介电常数而损耗又小的陶瓷厚膜, 进一步提高以陶瓷厚膜为绝缘层的薄膜电致发光器件的亮度和效率。

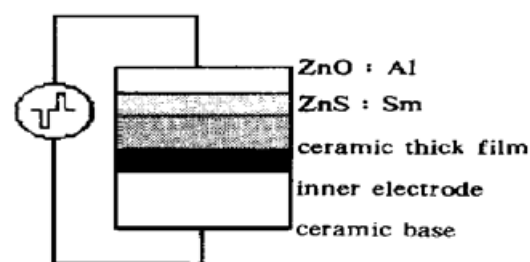


Fig. 1 The scheme of red CSTFEL devices

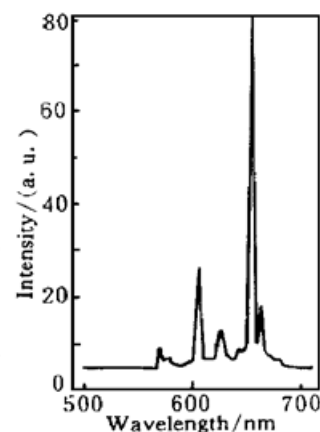


Fig. 2 EL spectrum of red CTFEL devices

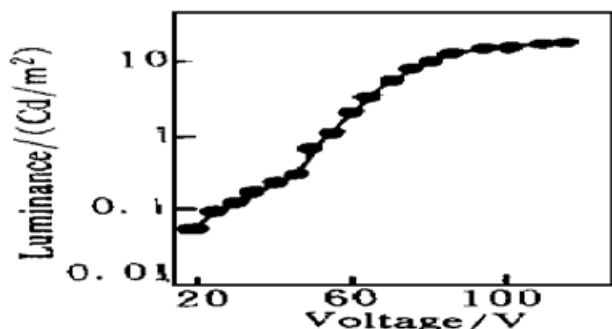


Fig. 3 $B-V$ characteristics of red CTFEL devices

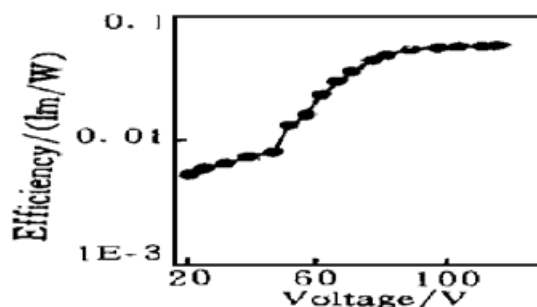


Fig. 4 $\eta-V$ curve of red CTFEL devices

结 论 采用高介电常数的陶瓷厚膜作绝缘层、ZnS : Sm, Cl 作为发光层制备了红色薄膜电

致发光器件。制备的器件在市电频率驱动下发出明亮的红光, 最大亮度为 18.4 cd/m^2 , 最大效率为 0.06 lm/W 。

承上海科威电器公司提供陶瓷厚膜及含有银钡内电极的陶瓷基片, 作者深表谢意!

参 考 文 献

- [1] Wu W X, Dalacu N, Kitai A H. Contrast enhancement for ceramic insulator electroluminescent devices. *J. Electrochem. Soc.*, 1990, **137**(9): 2987~ 2989
- [2] Wu X, Bailey P, Carkner D E *et al.*. Hybrid electroluminescent devices incorporating thick and thin film technologies. In: Xurong Xu. ed. Proc. 1994 Intern. Workshop on EL, Beijing, Science Press, 1994. 232~ 237
- [3] Bailey P, Carkner D, Wu X. Trailing edge light emission from $\text{ZnS} \cdot \text{Mn}$ and $\text{ZnS} \cdot \text{Tb, F}$ in a thick dielectric electroluminescent display. *J. Appl. Phys.*, 1997, **81**(2): 931~ 936
- [4] 刘祖刚, 赵伟明, 唐春玖等. 以陶瓷厚膜为绝缘层的电致发光器件研究. 功能材料与器件学报, 1997, **3**(3): 175~ 180
- [5] 唐春玖, 刘祖刚, 赵伟明等. 陶瓷厚膜电致发光器件的电致发光特性研究. 光学学报, 1999, **19**(3): 402~ 406
- [6] 唐春玖, 朱文清, 赵伟明等. 以陶瓷厚膜为绝缘层的绿色薄膜电致发光器件. 液晶与显示, 1999, **14**(1): 39~ 41
- [7] 朱 佳, 徐景明, 刘祖刚等. $\text{Cd}_x\text{Zn}_{1-x}\text{S} \cdot \text{SmF}_3$ 的红色薄膜电致发光. 发光学报, 1991, **12**(4): 285~ 290
- [8] 唐春玖, 赵伟明, 刘祖刚等. 新法制备高亮度蓝色 $\text{SrS} \cdot \text{Ce}$ 薄膜电致发光器件. 厦门大学学报(自然科学版), 1998, **37**(2): 194~ 198
- [9] 赵伟明, 张志林, 蒋雪茵等. 高频溅射 $\text{ZnO} \cdot \text{Al}$ 透明导电薄膜的研究. 薄膜科学与技术, 1995, **8**(2): 153~ 157
- [10] Kato A, Katayama M, Mizutani A *et al.*. Satellite peak generation in the electroluminescent spectrum of $\text{ZnS} \cdot \text{Sm}$ grown by metal organic chemical vapor deposition with Cl codoping. *J. Appl. Phys.*, 1994, **76**(5): 3206~ 3208

ZnS · Sm, Cl Red Thin Film Electroluminescent Devices with Ceramic Thick Film as Insulator Layer

Tang Chunjiu Zhu Wenqing Zhao Weiming Liu Zugang

Jiang Xueyin Zhang Zhilin Xu Shaohong

(Department of Inorganic Materials, Shanghai University, Shanghai 201800)

(Received 2 July 1998)

Abstract Red $\text{ZnS} \cdot \text{Sm, Cl}$ thin film electroluminescent devices with ceramic thick film as insulator layer have been manufactured. The transparent electrode is ZnO doped with Al made by sputtering and the emitting layer is $\text{ZnS} \cdot \text{Sm, Cl}$ made by electric evaporation method. The electroluminescent spectrum of ceramic substrate thin film electroluminescent (CSTFEL) device has been measured. The dependence of brightness on voltage was measured and the dependence of efficiency on voltage was calculated. The CSTFEL device was driven under 50 Hz and the maximum luminance is 18.4 cd/m^2 and the maximum efficiency is 0.06 lm/W .

Key words ceramic thick film, insulator layer, ceramic substrate thin film electroluminescent devices.