脉冲激光沉积 ZnSe:Co_x 纳米晶薄膜的微结构及光学性质研究*

李树锋[1]，王　丽[2]，高东文[2]

（1.中国人民警察大学警务装备技术学院，河北　廊坊　065000；2.北京工业大学理学部物理与光电工程系，北京　100124）

摘　　要：采用脉冲激光沉积技术在基片温度为 800 ℃条件下制备了不同 Co 含量的 ZnSe:Co_x(x=0.1, 0.3, 0.5)微晶薄膜。通过 X 射线衍射、原子力显微镜、X 射线光电子能谱、红外透射光谱及光致发光光谱分析了薄膜的微结构及光学特性。结果表明：所制备的纳米晶薄膜结晶质量优秀，具有(111)择优取向，薄膜结晶质量、光谱透射率和光学带隙均随 Co 含量的增加而减小；薄膜在波长约 700 ~850 nm 处存在一吸收带，这源于 Co^{2+} 在周围 Se^{2-} 构成的四面体晶场中 $^4A_2(4F)\rightarrow{}^4T_1(4P)$ 能级之间的跃迁；当 Co 掺入量 x=0.5 时，薄膜达到过掺杂状态，α-Co 杂质相出现，薄膜红外光致发光谱大幅降低。

关 键 词：脉冲激光沉积；硒化锌掺钴；薄膜；光学性质

中图分类号：O472　　**文献标识码：**A　　**文章编号：**1002-0322(2024)01-0041-06

doi：10.13385/j.cnki.vacuum.2024.01.06

Studies on the Microstructure and Optical Properties of Nanocrystalline ZnSe:Co_x Thin Film Prepared by Pulsed Laser Deposition

LI Shu-feng[1], WANG Li[2], GAO Dong-wen[2]

(*1.College of Police Equipment Technical, Chinese People's Police University, Langfang 065000, China; 2.College of Physics and Optoelectronics, Faculty of Science, Beijing University of Technology, Beijing 100124, China*)

Abstract: ZnSe:Co_x (x=0.1, 0.3, 0.5) nanocrystalline thin films were deposited on sapphire substrates by pulsed laser deposition at substrate temperature of 800 ℃. The crystal structure and optical properties of the thin films were investigated by X-ray diffraction, atomic force microscope, X-ray photoelectron spectroscopy, optical transmittance and photoluminescence spectra. The results show that the thin films with excellent crystalline quality and (111) preferred orientation are prepared. With increasing Co concentration, the crystalline quality, average transmittance and band gap of films decrease. There is a absorption band at the wavelength of about 700-850 nm in the film, which comes from the transition between $^4A_2(4F)\rightarrow{}^4T_1(4P)$ energy levels of Co^{2+} in the tetrahedral crystal field composed of surrounding Se^{2-}. The films reach an overdoping state when the x value increases to 0.5, and the photoluminescence intensity of films decrease substantially due to the α-Co impurities un-incorporating into ZnSe lattice.

Key words: pulsed laser deposition; ZnSe:Co; thin film; optical property

ZnSe 是一种重要的Ⅱ-Ⅵ族硫系半导体材料，具有宽禁带(禁带宽度约为 2.7 eV)和较大的激子结合能(21 meV)，并且具有高的发光效率和低的吸收系数。近年来，ZnSe 因在发光二极管[1]、光催化[2]、光电探测[3]以及太阳能电池[4]等方面具有很大的潜在应用价值而受到人们的广泛关注。此外，ZnSe 更是一种重要的红外光学材料[5-6]，其折射率高，在可见光到远红外波段有着较高的透过率，可广泛应用于红外夜视、生物医疗、测量探测以及军事科技等领域。

在 ZnSe 中掺杂过渡金属离子，能够改变晶格以及晶体内部的电子云分布，调控半导体材料中空穴或电子的浓度，从而达到调节材料微结构、光学、电学、磁学等性能的目的，获得物理性能可控的新型材料。莫延宏等采用微波辅助溶剂热反应合成 ZnSe：Mn 纳米片并研究了光催化问题，发现掺杂后材料表现出很强的光催化效率[7]。广西大学邹炳锁团队采用化学气相沉积技术制备

收稿日期：2023-04-17

作者简介：李树锋(1976-)，男，河北省大城人，博士，副教授。

* **基金项目：**廊坊市科技计划项目(No.2021011002)。