

CdSe/CdZnSe 多量子阱的激子复合性质的研究*

张希清^{1,2} 徐 征¹ 侯延冰¹ 王振家¹ 王永生¹ 徐叙溶¹

(1 北方交通大学 光电子技术研究所 北京 100044)

Z. K. Tang²

(2 Department of Physics, The Hong Kong University of Science and Technology)

汪河州³ 李伟良³ 赵福利³ 蔡志刚³ 周建英³

(3 中山大学 激光光谱学国家重点实验室 广州 510275)

摘要 采用MBE制备了CdSe/CdZnSe多量子阱结构。X射线衍射谱的最高阶次是7,在77K下PL光谱的线宽是4.2nm,表明我们的样品具有较高的质量。在变密度激发的ps时间分辨光谱中,随着激发密度的减小发光衰减时间减小,认为是由无辐射复合引起的。

PACC: 7340L, 7847, 7865

1 引言

II-VI族半导体异质结和量子阱已引起广大科学工作者的极大兴趣,主要是由于微结构生长技术的进步,特别是成功地用MBE等制备出ZnSe系单量子阱蓝绿色激光二极管,已证实II-VI族材料是有希望应用于光电子器件的材料。

II-VI族量子阱与窄III-V族(GaAs/AlGaAs)相比较,具有较大的激子结合能,因此用该材料制备的激光二极管能在室温工作,其主要机制是激子复合。所以详细研究激子复合性质是有意义的。而研究激子复合寿命能真实地反映辐射复合和无辐射复合之间的关系。最近已有一些人^[1-14]研究了CdMnTe/CdTe和ZnCdSe/ZnSe等量子阱、超晶格的激子寿命,在这些研究中,都只讨论激子的辐射复合的一些特性,没讨论辐射复合与无辐射复合之间关系的一些特性。本文报道CdSe/CdZnSe多量子阱结构的制备,并利用X射线衍射(XRD)、ps光谱和变密度激发的ps时间分辨光谱研究该量子阱结构。在变密度激发的ps时间分辨光

* 本工作得到国家自然科学基金(批准号 69606001)、中国科学院激发态物理开放研究实验室和中山大学超快速激光光谱学国家重点实验室基金资助

张希清 男,1961年出生,博士,主要从事材料和器件的制备、测试分析及光学非线性研究
1998-04-15 收到,1998-11-19 定稿

谱中,发现不同激发密度下发光衰减时间不同,探讨了激子辐射复合与无辐射复合之间的关系,认为它的机理可能是无辐射复合引起的

2 实验结果和讨论

2.1 CdSe/CdZnSe 多量子阱结构

CdSe/CdZnSe 多量子阱用 MBE 生长在 GaAs(100) 衬底上,过渡层厚度为 $1\mu\text{m}$,周期为 20 次 A 样品 Zn 的组分为 0.26,阱/垒的厚度为 $5.7\text{nm}/5.7\text{nm}$,B 样品 Zn 的组分为 0.35,阱/垒厚度为 $5.3\text{nm}/5.3\text{nm}$.

图 1 和图 2 分别是 A 和 B 号 CdSe/CdZnSe 多量子阱的 XRD 谱,由这两个图可以看到这两块样品 GaAs 衬底和多量子阱分别在 (400) 的衍射峰,由图 1 可以看到样品 A 的卫星峰出现了 -7, -6, -5, -4, -3, -2, -1, 0, +1, +2 阶衍射峰 由图 2 可以看到 B 号多量子阱的卫星峰出现了 -6, -5, -4, -3, -2, -1, 0, +1, +2 阶衍射峰 我们知道,卫星峰出现数目的多少反映了量子阱、超晶格组分的均匀性、界面的好坏以及各层厚度的一致性,对材料质量评估是重要的 出现了这么多峰,在 II-VI 族量子阱、超晶格中尚属少见 这表明我们的样品具有较高的质量

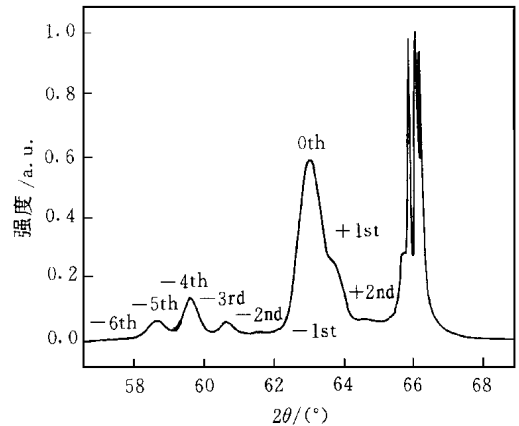
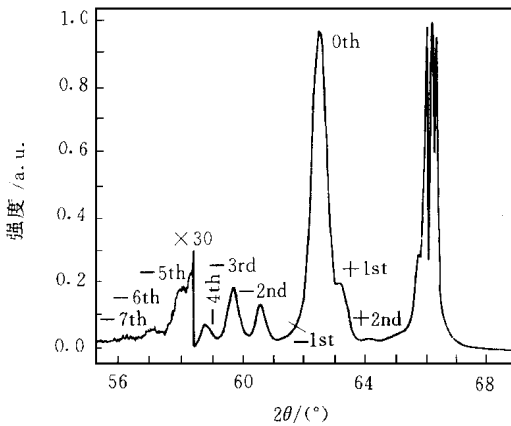


图 1 CdSe/CdZnSe 多量子阱(样品A)的 XRD 谱

图 2 CdSe/CdZnSe 多量子阱(样品B)的 XRD 谱

2.2 CdSe/CdZnSe 多量子阱荧光发射的时间衰减特性

在 ps 时间分辨光谱中,用 YAG 锁模激光器的二倍频泵浦染料激光器,激光波长为 570nm ,激光脉冲宽度约为 15ps ,重复频率为 4MHz ,功率密度为 $170\text{mW}/\text{cm}^2$,接收用条纹相机和微机系统进行控制 数据记录与处理

图 3 和图 4 分别是 A 号 CdSe/CdZnSe 多量子阱在 77K 下变密度激发的 PL 光谱和相应时间分辨光谱 在图 3 中,激子发光峰在 652nm ,线宽为 4.2nm . 在图 4 中,(a)的激发密度为 $170\text{mW}/\text{cm}^2$, (b)为 $85\text{mW}/\text{cm}^2$, (c)为 $42\text{mW}/\text{cm}^2$, (d)为 $21\text{mW}/\text{cm}^2$, (e)为 $11\text{mW}/\text{cm}^2$. 振动线是实验曲线,光滑线是拟合曲线 在上述五种不同激发密度下,PL 光谱的形状和峰位置看不出变化,但在图 4 中发现五种不同激发密度下激子发光衰减时间发生了变化, (a)的衰减时间为 68.6ps , (b)为 63.9ps , (c)为 38.9ps , (d)为 33.7ps , (e)为 31.8ps 不同激发密度下,激子发光衰减时间不同 我们认为低密度激发下随激发密度减小激子发光衰减时间变

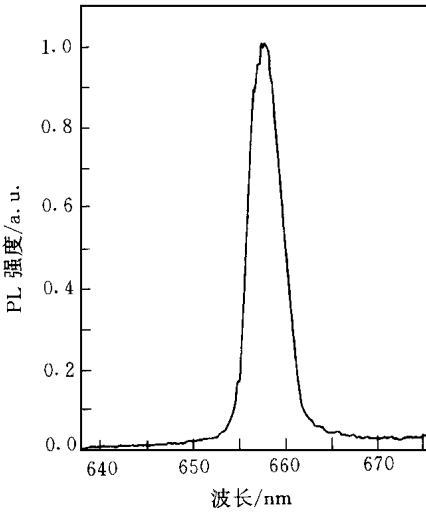


图3 77K 下CdTe/CdZnSe多量子阱(样品A)的PL光谱

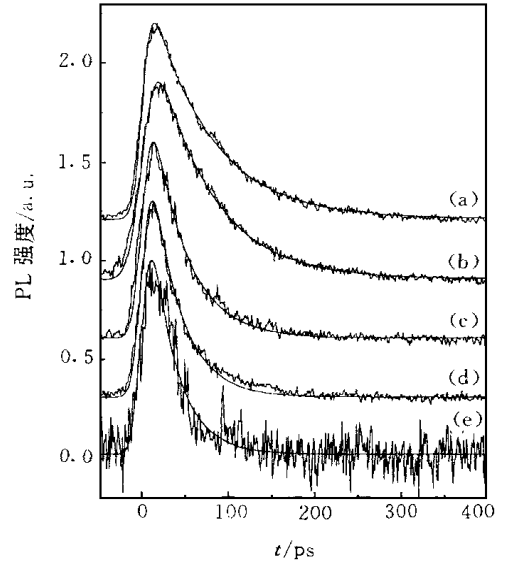


图4 77K 不同激发密度下CdSe/CdZnSe多量子阱(样品A)的时间分辨光谱

短是由于无辐射中心(位错、杂质、缺陷)引起的,这是因为在CdSe/CdZnSe多量子阱结构中,存在有限少量的杂质和缺陷,在非常低的激发密度下,这些少量有限的杂质和缺陷(位错)无辐射复合的比例相对比较大,所以衰减时间较短.当激发密度增加时,有限杂质和缺陷(位错)由于受空间传递限制,使之逐渐饱和(瓶颈效应),而自由激子复合时间比无辐射复合时间长,因而随着激发密度的增加,发光衰减时间逐渐趋于激子复合时间,所以随激发密度增加,发光衰减时间逐渐增加,换言之,随着激发密度增加,无辐射复合所占的比例越来越小.所以在低激发密度下,随着激发密度减小,激子发光衰减时间变短.

图5和图6分别是B号CdSe/CdZnSe多量子阱在77K下变密度激发的PL光谱和相应时间分辨光谱.在图5中,激子发光峰在656nm,线宽为4.7nm.在图6中,(a)的激发密度为 $170\text{mW}/\text{cm}^2$, (b)为 $85\text{mW}/\text{cm}^2$, (c)为 $42\text{mW}/\text{cm}^2$, (d)为 $21\text{mW}/\text{cm}^2$.振动线是实验曲线,光滑的曲线是拟合曲线.上述四种激发密度下,PL光谱的形状、峰位置都看不出变化,如图5所示.但在图6中,发现这四个不同激发密度下衰减时间发生了变化:(a)的激子发光衰减时间为47.3ps, (b)为31.4ps, (c)为27ps, (d)为17.3ps.在低密度变密度激发下,随着激发密度的减小,激子发光衰减时间减小是由于无辐射复合中心所致.

在上述两块样品中,由XRD谱可以看出,随着Zn组分的增加,量子阱的卫星峰级次减小.由PL光谱看出随着Zn组分的增加,激子发光线宽增加.由ps时间分辨光谱看出随着Zn组分的增加激子发光衰减时间变短.这表明随着Zn组分的增加样品的质量变差.

3 结论

我们用MBE生长出高质量的CdSe/CdZnSe多量子阱结构,并利用X射线衍射(XRD)、PL光谱和变密度激发的ps时间分辨光谱研究了该量子阱结构.实验发现在77K低激发密度下,随着激发密度增加,激子衰减时间也增加,这是由于低密度激发下无辐射复

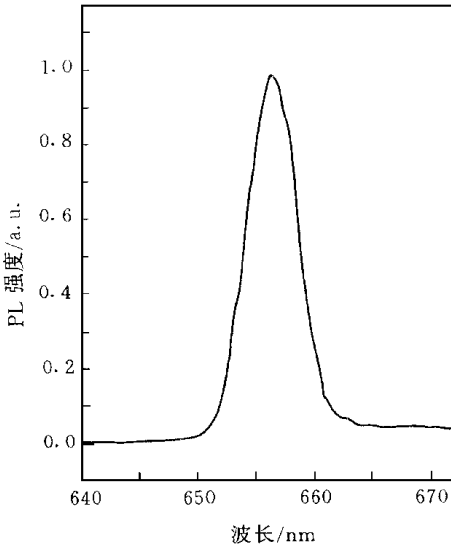


图5 77K 下 CdTe/CdZnSe 多量子阱 (样品B) 的 PL 光谱

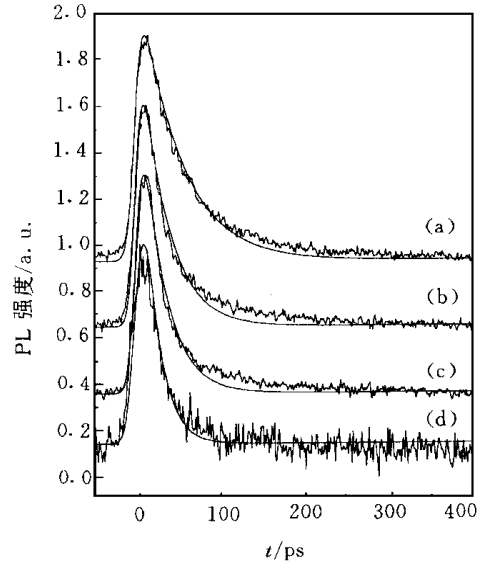


图6 77K 不同激发密度下 CdSe/CdZnSe 多量子阱(样品B)的时间分辨光谱

合引起的 随着 Zn 组分的增加, CdSe/CdZnSe 多量子阱的 XRD 谱的卫星峰级次减小; PL 光谱激子发光线宽增加; ps 时间分辨光谱激子发光衰减时间变短 这表明随着 Zn 组分的增加样品的质量变差

参 考 文 献

- [1] X. C. Zhang, Appl Phys Lett , 1985, **47**: 59
- [2] D. R. Yakovlev, Solid State Commun , 1990, **76**: 325
- [3] M. J. M c n a n e e, J. Lum in , 1991, **48/49**: 755
- [4] A. Polhmann, Appl Phys Lett , 1992, **61**: 2929
- [5] M. O'Neill, Phys Rev. B, 1993, **48**: 8980
- [6] M. Godlewski, Appl Phys Lett , 1994, **65**: 2168
- [7] M. Godlewski, J. Cryst Grow th, 1996, **159**: 989
- [8] T. Breitkopf, J. Cryst Grow th, 1996, **159**: 788
- [9] F. Yang, Phys Rev B, 1996, **53**: 1697
- [10] M. Dabbicco, J. Cryst Grow th, 1996, **159**: 657
- [11] U. Neukirch, J. Cryst Grow th, 1994, **138**: 861
- [12] R. A. Taylor, J. Cryst Grow th, 1996, **159**: 822
- [13] A. J. Fischer, Phys Rev Lett , 1996, **73**: 2368
- [14] C. D. Poweleit, Superlattices Microstruct , 1996, **20**: 221

Exciton Recombination Properties in CdSe/CdZnSe Quantum Wells

Zhang Xiqing^{1,2}, Xu Zheng¹, Hou Yanbing¹,
Wang Zhenjia¹, Wang Yongsheng¹, Xu Xurong¹

(1 *Institute of Optoelectronic Technology, Northern Jiaotong University, Beijing 100044*)

Z. K. Tang²

(2 *Department of Physics, The Hong Kong University of Science and Technology*)

Wang Hezhou³, Li Weiliang³, Zhao Fuli³, Cai Zhigang³, Zhou Jianying³

(3 *State Key Laboratory of Ultrafast Laser Spectroscopy, Zhongshan University, Guangzhou 510275*)

Received 15 April 1998, revised manuscript received 19 November 1998

Abstract CdSe/CdZnSe quantum wells were grown by molecular beam epitaxy. The highest order satellite peak of the sample is 7 from XRD spectra and exciton emission linewidth is about 4.8nm at 77K. It is shown that our samples are very good. The recombination dynamics of exciton in high quality CdSe/CdZnSe MQWs are investigated by means of time resolved photoluminescence spectra with different excitation power at 77K. When weaker excitation is used, radiative recombination decay time of the exciton is reduced as the excitation intensity is decreased. The results indicate that the dominant mechanism may be quenching of exciton emission by impurities and defects.

PACC: 7340L, 7847, 7865