

研究快报

电场调制下单量子阱 ZnCdSe/ZnSe 的激射行为研究

羊 亿 申德振 郑著宏 张吉英 杨宝均 范希武

(中国科学院长春物理研究所, 长春 130021)

(中国科学院激发态物理开放研究实验室, 长春 130021)

关键词 ZnCdSe/ZnSe 单量子阱, 电场调制, 受激发射

近年来, 随着宽禁带 - 族半导体激光器取得突破性进展^[1], 对 ZnSe 基超晶格与量子阱的受激发射也进行了广泛的研究^[2,3], 同时对电场调制下的 ZnSe 基超晶格的受激发射也有过报导^[4]. 但对于电场调制下的 ZnCdSe/ZnSe 基单量子阱的激射行为研究还未见报导.

首次对 ZnCdSe/ZnSe 单量子阱的受激发射进行电场调制, 并观测到在高激发密度下, 随着外加电压的增大, 激射峰强度变弱, 峰值先蓝移后红移; 而在低激发密度下, 随着电压的增大, 峰值则只有蓝移, 激射峰强度变弱, 最终猝灭的现象.

所用样品是在 n-GaAs 衬底上以 MOCVD 方法生长一层 n-ZnSe 缓冲层, 中间量子阱结构由 50nm ZnSe - 10nm ZnCdSe - 50nm ZnSe 组成, 表面再覆盖一层 n-ZnSe 保护层. 为保证良好的电接触, 样品背面涂导电银胶, 表面蒸镀半透明的 Au 膜. 以 GaAs 衬底的自然解理面形成简单的 F-P 腔以研究单量子阱的受激发射, 垂直于单量子阱层施加直流电压. 样品置于液氮中, 以 N₂ 激光器的 337.1nm 谱线激发样品, 使用配有 RCA-C31034 光电倍增管的 SPEX1404 双光栅光谱仪和 4400Boxcar 取样积分系统检测受激发射.

图1所示为在高激发密度($I_0 = 0.5 \text{ MW/cm}^2$) 下的 ZnCdSe/ZnSe 单量子阱表面光致发光谱. 由 $n = 1$ 的重空穴激子发光的 E_{1hh} (504.5nm) 与位于 $n = 1$ 的重空穴能级低能侧的激射峰 (508.1nm) 组成. 图2为在高激发密度 I_0 下样品的端面受激发射, 由于折射率为 2.5 的 CdSe 与 2.48 的 ZnSe 组成 10nm 厚的 ZnCdSe 层为激活层, 激活层上、下分别为折射率较低的 ZnSe 限制层, 有利于激光输出, 其 F-P 腔则利用了 GaAs 衬底的自然解理面, 所以光谱中只观测到了位于 $n = 1$ 的重空穴能级低能侧的受激发射 (509.7nm).

图3为高激发密度 I_0 下电场调制对单量子阱端面受激发射的影响. 随着外加电压的增大, 由 0V - 2.3V - 5.0V, 激射峰强度逐渐变弱, 而且峰值发生蓝移, 由 509.7nm - 509.5nm - 509.4nm, 进一步增大电压 (6.5V) 时, 激射峰强度继续变弱, 但峰值却发生

了红移(509.7nm). 在低激发密度($0.14I_0$)下, 情况与高激发密度(I_0)低电压时一致, 随着电压由0V 1.1V, 激射峰强度变弱, 峰值由508.8nm 蓝移到508.5nm; 而继续增大电压至2.5V时, 受激发射则完全猝灭.

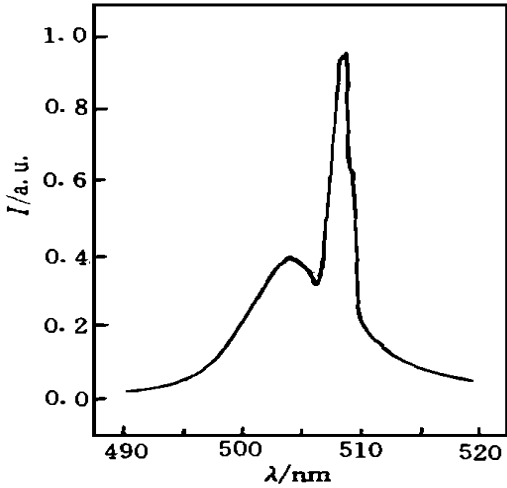


图1 ZnCdSe/ZnSe 单量子阱表面受激发射

Fig. 1 Stimulated emission in ZnCdSe/ZnSe SQW on the top surface.

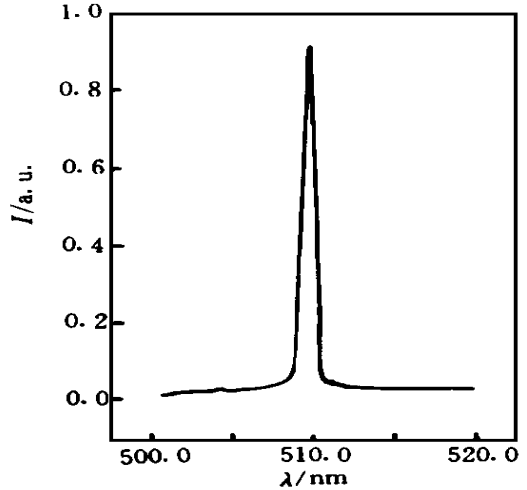


图2 ZnCdSe/ZnSe 单量子阱端面受激发射

Fig. 2 Stimulated emission in ZnCdSe/ZnSe SQW on the cleaved surface.

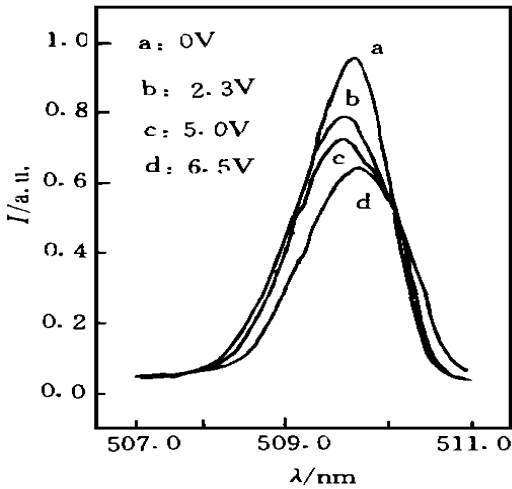


图3 电场调制下单量子阱的受激发射 (高激发密度 I_0)

Fig. 3 Stimulated emission in SQW under an electric field modulation (High excitation intensity, I_0).

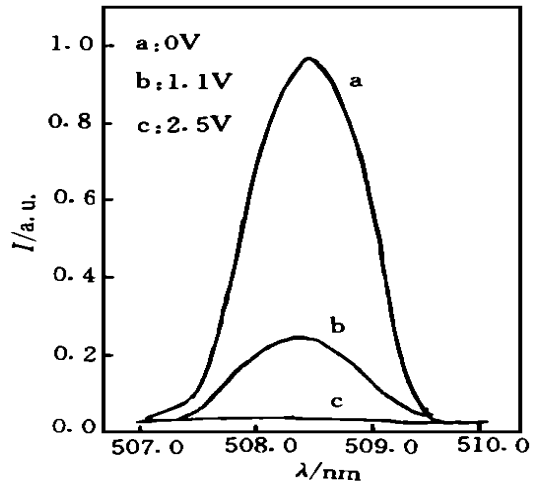


图4 电场调制下单量子阱的受激发射 (低激发密度, $0.14I_0$)

Fig. 4 Stimulated emission in SQW under an electric field modulation (Low excitation intensity, $0.14I_0$).

一般情况下, 由于外场作用使电子—空穴对空间分离所带来的激子束缚能的降低使光谱蓝移. 且电子和空穴在电场作用下反向移动, 波函数的重叠积分减小, 而引起光跃迁几率的减小, 因而使发光强度减弱^[5]; 而另一种情况是电场产生的附加势使量子阱的

能带倾斜,基态能级随电场增大而减小,导致光谱红移^[6].还有一种情况是电场可使激子峰振子强度增强,即超晶格的 Wannier-Stark 局域化效应^[7].由于样品为单量子阱,同时也没有观测到激射峰强度增强的现象,可以排除局域化效应带来的影响.因此在 ZnCdSe/ZnSe 单量子阱中,电场对受激发射的影响主要是通过电子—空穴对空间分离与能带倾斜这两种过程起作用.电场较弱时,前一种过程占主导地位,光谱蓝移;电场较强时,后一种过程占主导地位,从而导致光谱红移,在低激发密度下,由于产生的电子—空穴对较少,在较高的电场作用下,电子—空穴对即能在空间有效地分离,从而导致激射猝灭(图4c).而在高激发密度下,在同样的电场(图3b)、甚至更高的电场(图3c、d)作用下,虽然电子与空穴的波函数的重叠积分减小,但由于产生的电子—空穴对多,而且阱宽只有10nm,所以只观测到激射峰强度降低而未能观测到激射猝灭的现象.另外,还观测到随着激发密度的增大,激射峰也发生红移,这可能是由于激子—激子散射引起的.

单量子阱由于可以排除超晶格与多量子阱中各阱之间的耦合作用及样品在生长过程中阱宽的涨落等不利因素,因而更适于研究电场下激射的起因、能移、猝灭等问题.本工作正在深入地进行,这些结果对超高速电调制器件的研制有着重要的参考价值.

参 考 文 献

- [1] Haase M, Qui J, Depudt J M, Cheng H. Appl. Phys. Lett., 1991, **59**: 1272.
- [2] Ding J, Hagerott M, Ishikara T, Jeon H, Nurmikko A V. Phys. Rev., 1993, **B47**: 10528.
- [3] Guan Z P, Zheng Z H, Fan Xiwu. J. Appl. Phys., 1995, **78**: 2478.
- [4] Zheng Z H, Guan Z P, Zhang J Y, Fan X W. Chin. J. Lumin., 1996, **17**(3): 269.
- [5] Batstard G, Mendez E E, Chang L L *et al.*, Phys. Rev. B, 1983, **28**: 3241.
- [6] Xia J B, Huang K. Acta Physica Sinica, 1988, **37**: 1(in Chinese).
- [7] Bastard G, Kueda F A, Hong J M. Phys. Rev. Lett., 1988, **60**: 2426.

STUDY OF STIMULATED EMISSION IN ZnCdSe/ ZnSe SINGLE QUANTUM WELL UNDER AN ELECTRIC FIELD MODULATION

Yang Yi Sen Dezhen Zheng Zhuhong Zhang Jiying Yang Baojun Fan Xiwu

(Changchun Institute of Physics, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130021)

(Laboratory of Excited State Processes, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130021)

Abstract

The stimulated emission of ZnCdSe/ZnSe single quantum well under an electric field modulation have been studied for the first time. The research result indicates that the peak of stimulated emission has a blue shift first, then red shift, and the intensity of the peak always decreases with the increasing electric field intensity. But under low excitation intensity, the intensity of the stimulated emission decreased with the increasing electric field intensity and it will be quenched at last.

Key words ZnCdSe/ ZnSe single quantum well, electric field modulation, stimulated emission