

条形 GaAs-GaAlAs 双异质结 激光器的发射光谱特性

詹素贞

(永川光电研究所)

提要: 介绍条形 GaAs-GaAlAs 双异质结激光器的四种发射光谱类型。探讨了它们的可能起因。有源区及其周围的不均匀性将导致多模结构。测量了不同电流下模式的转移与竞争。当电流增加时,波长向短波方向漂移。热阻较大的器件,实验的结果与以上结论相反。

Spectral characteristics of emission from stripe-geometry GaAs-GaAlAs double heterostructure lasers

Zhan Suzen

(Yongchuan Photo-Electronics Research Institute)

Abstract: Four types of emission spectra from stripe-geometry GaAs-GaAlAs double heterostructure lasers are described and their origin studied. It has been found that the multimode configuration is caused by the nonuniformity in the active region and its adjacent area. Mode shift and competition have been measured at different current levels. We have noticed that wavelengths shift toward the shorter ones with the increase of the current. The experimental results for devices with higher thermal resistance are contrary to the above conclusions.

一、引言

在光纤通讯系统中,不仅要求激光器有长的工作寿命,而且还要求有好的工作模式。

器件的发射光谱特性,能够反映器件内部激发机理。如跃迁类型、杂质分布、工作区的均匀性、器件里的热效应等微观过程,同时也能够反映器件结构参数的差异。可见,利用发射光谱研究器件工艺和分析器件特性是

十分有利的。至目前为止,国内外已发表过若干有关 DH 激光器发射光谱方面的文章^[1,2]。

本文介绍了 GaAs-GaAlAs 双异质结激光器的发射光谱测试系统、测量方法,以及实验中获得条型 GaAs-GaAlAs DH 激光器的四种发射光谱类型。在关于有源区的不均匀性(例如厚度 d 和折射率 \bar{n} 的不均匀性)

收稿日期:1981年11月16日;修改稿收到日期:1982年5月24日。

对光谱结构的影响, 以及腔长 L 和条宽 W 对光谱结构的影响等方面, 提出了几点粗浅的看法。

二、发射光谱的测量

发射光谱测量系统如图 1 所示。采用的 GDM-1000 双光栅单色仪, 波长范围从 0.3 ~ 1.3 微米, 分辨率优于 0.5 \AA 。直径 11.3 毫米的大面积 Si PIN 光电二极管做探测元件, 用 25 赫机械调制器和 25 赫选频放大器对被测光信号进行调制和放大, 最后由 $x-y$ 函数记录仪自动记录发射光谱曲线。

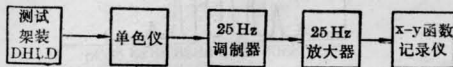


图 1 光谱测试系统方框图

整个测试系统经过波长-鼓轮读数的校准和透过率的标定, 波长测试误差小于 1 \AA 。

三、条型 GaAs-GaAlAs DH 激光器的光谱类型

实验中所获得的光谱类型如图 2~5 所示。我们把它分为 I 型光谱、II 型光谱、III 型光谱和 IV 型光谱。它们取自四个不同的外延片。器件皆为质子轰击条型结构, 条宽约为 13 微米。I 型光谱基本上是一种单纵模结构, 如图 2 所示。II 型光谱是一种对称多纵模结构, 它具有一个模群, 共有 20 个纵模, 即模指数 q 从 0~19, 每个纵模之间具有相等的间隔, 其中半功率点以上的纵模共有 3 个, 如图 3 所示。III 型光谱是一种非对称的多纵模结构, 各纵模之间不是清晰地分开, 而是杂乱地排列, 如图 4 所示。IV 型光谱是横模指数不为零的多纵模结构, 其分布是对称的。III、IV 型光谱特性也反映了器件的横模结构, 从图 5 可明显地看到: 横模指数 n 有不等于零的值。

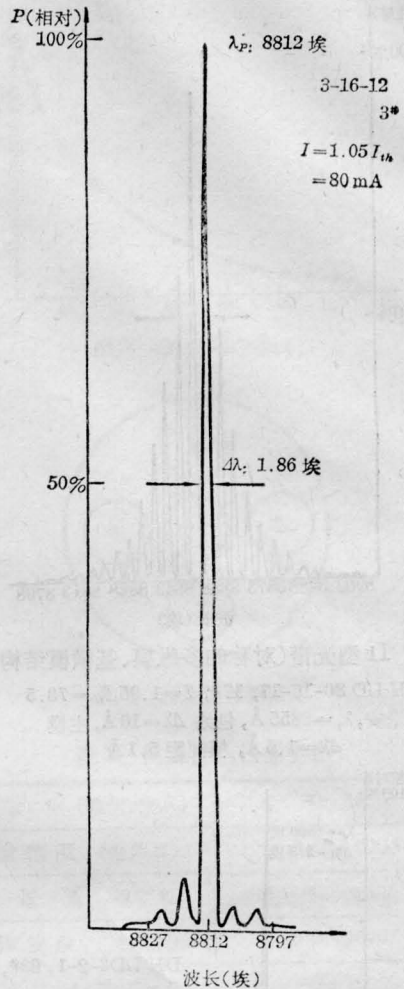


图 2 I 型光谱(单纵模、基横模结构)

四、讨论和分析

对上述四种类型光谱的可能起因, 我们做了如下的实验和估计。

由于半导体激光器是属于能带间的跃迁, 光子能量范围很大, 要获得单纵模的振荡输出较为困难。对于 I 型光谱, 根据单纵模激光器设计的要点, 在实验中采取了如下措施: 取条宽 ≤ 13 微米, 使器件在阈值电流附近工作(如取 $I = 1.05 I_{th}$), 以获得单横模振荡。另外, 采用短腔结构, 取 $L \leq 150$ 微米。再之, 在工艺中采取了如下的相应措施: ①采用精细解理方法, 尽量获得完美镜面(无损

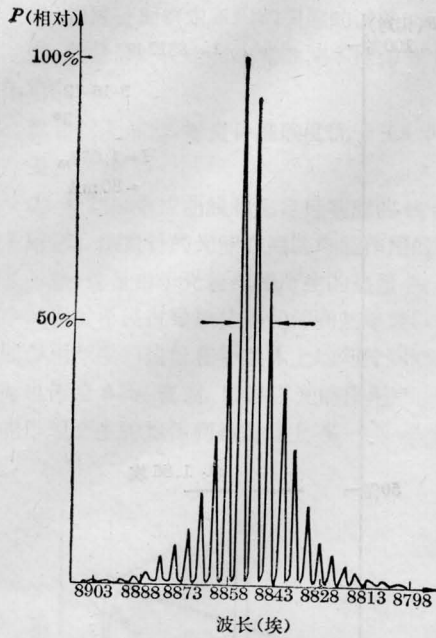


图3 II型光谱(对称的多纵模、基横模结构)

DH LD 80-10-17, 17#, $I = 1.05 I_{th} = 73.5$ 毫安, $\lambda_p = 8855 \text{ \AA}$, 包络 $\Delta\lambda = 10 \text{ \AA}$, 主模 $\Delta\lambda = 1.5 \text{ \AA}$, 模间距 5.1 \AA

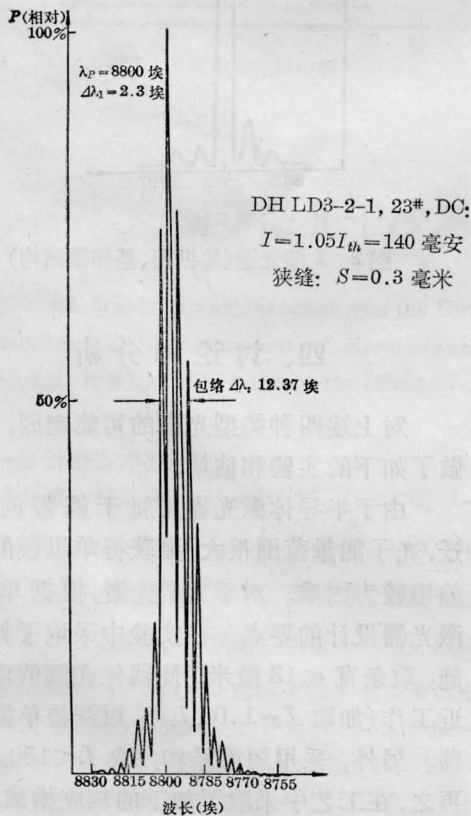


图4 III型光谱(非对称的多模结构)

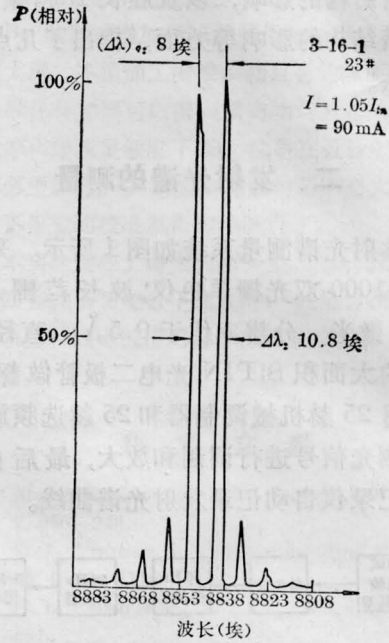


图5 IV型光谱

(对称的多模结构, 横模指数 $n=0, 1$, $(\Delta\lambda)_q = 8 \text{ \AA}$, $(\Delta\lambda)_n = 0.7 \text{ \AA}$, $I = 1.05 I_{th} = 90$ 毫安)

伤、平行度好), 提高镜面反射率; ②液相外延工艺中, 采用初始过冷方法生长有源层; ③对石墨舟重新经过处理, 饱和度也调得较好; ④炉温控制精度较高, 达 0.05 度。外延时采取如上措施, 生长出的外延片具有较好的均匀性, 且阈值电流密度较低, 相应地也降低了等价增益宽度。对本批片子(3-16-2)制作的六只器件进行光谱测量结果, 在直流工作情况下(取 $I = 1.05 I_{th}$), 四只获得如图2所示的单纵模, 2只具有均匀分布的多纵模(半强度点以上3个纵模), 各器件之间的峰值波长相差只有几十 \AA 。

实验中测量到的获得II型光谱的器件 L 一般都较长, 约 200 微米左右。 L 越大, 则有更多的波长达到激射形成纵模输出。再之, 本批器件的 J_{th} 也比I型光谱的高, 其等价增益宽度加宽, 有利于多纵模的出现。

III型光谱的不对称性和IV型光谱中的高阶横模伴同多纵模的出现, 起因较为复杂。可以肯定的是, 在这两种情况中, 有源区

及其周围有着明显的不均匀性,即存在厚度 d 和折射率 \bar{n} 的不均匀性。折射率 \bar{n} 的不均匀将使器件产生多模结构,特别是在平行于结平面方向上,由于条宽较大, \bar{n} 的不均匀是很容易产生的。因此,横模指数 n 通常有不等于零的值,由此产生了纵模里的“卫星频率”,这就出现了 IV 型光谱结构。

我们研制的器件在垂直于结平面方向上,有源区的厚度 d 通常小于 0.3 微米,所以横模指数 m 一般只有等于零的值。也就是说,在这种结构里,易得单模群振荡。根据三层对称波导里的模式截止条件,

$$d_{\pi} = d_{\sigma} = \frac{m\lambda}{2(\bar{n}_2^2 - \bar{n}_1^2)^{1/2}},$$

得知当 $d \leq 0.376$ 微米时,高次模不出现,在我们实验所获得的光谱曲线中,都以基横模振荡为主,甚至在 $I = 1.5I_{th}$ 下,也仍然只有一个模群出现,并无见到模群簇。在横向结条型(TJS)激光器中,脉冲工作情况下,当 $\tilde{I} = 3\tilde{I}_{th}$ 时仍可得到单纵模振荡,而在同质结激光器中,当 $I > I_{th}$ 时,模群簇是很容易出现的,这时,横模指数 $m = 0, m = 1$ 。

我们还对不同注入电流下模式转移和竞争进行了测量,得出:注入电流增加时,波长漂移至短波,且伴同出现模式的竞争,使峰值能量的位置产生变化——从一个模变至另一个模,或原来的模隐灭了,代之出现另一波长的模。热阻较大的器件,随着电流增加,波长向长波方向漂移。

五、发射光谱与电流密度的关系

发射光谱与电流密度的关系如图 6 所

示。当工作电流低于激光阈值时,光谱来自自发辐射过程。当工作电流增加到阈值以上时,接近中心波长 λ_0 的某一特殊波长放大最多,形成纵模输出,器件达到激射状态。

实验中还发现,当器件工作于直流阈值以上时,结温将随 I 的增加而迅速增加,特别

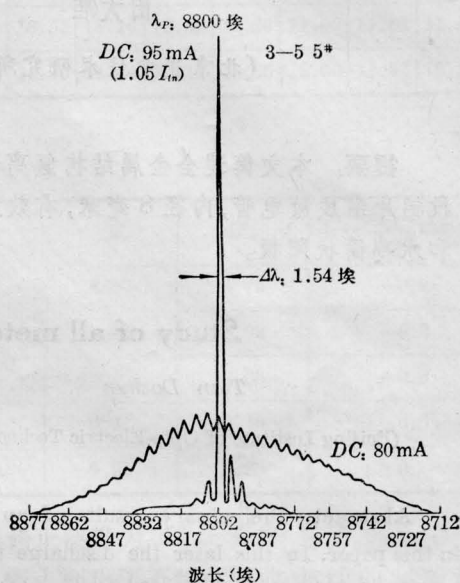


图 6 发射光谱与电流密度的关系

是对于热阻较大的器件更为明显。随着温度升高,峰值波长向长波方向移动,其速度约 $3\text{\AA}/^\circ\text{C}$,同时谱线半宽也变宽。

感谢本所三室激光组的同志们提供各种类型的器件。

参 考 文 献

- [1] 张敬明, 郑宝真;《半导体学报》, 1982, 3, No. 1, 1~7.
- [2] F. D. Nunes et al.; *J. Appl. Phys.*, 1979, 50, No. 6, 3852~3857.