



半导体激光器的输出光强-电流曲线与阈值

王 德 煌

(北京大学物理系)

Output light intensity-current curve and threshold for semiconductor lasers

Wang Dehuang

(Department of Physics, Peking University, Beijing)

Abstract: Reported here are the measurement of output light intensity-current curve and the experimental results of threshold current determined from this curve.

Key words: semiconductor laser, multipeak phenomenon

一、引 言

半导体激光器的受激发射光谱和输出光功率(P)-电流(I)特性曲线都是表征其性能的重要数据。它们也是确定半导体激光器受激发射阈值电流(I_{th})的常规测量方法^[1,2]。但是发射光谱是给定工作电流(I)时测量的,必须尽可能多次测量不同 I 值时的发射光谱,同时仔细区别超辐射和受激发射光谱才能确定 I_{th} 值;而从 $P-I$ 曲线的转折点或外推 $P-I$ 曲线到 $P=0$ 处所对应的 I 确定为 I_{th} ,其结果都没有明确 I_{th} 与哪一个波长有关系。本文报道用固定波长位置方法测量质子轰击条形GaAs/GaAlAs双异质结激光器(略写DHLD)的发射波长的输出光强(L)-电流(I)曲线,并从该 $L-I$ 曲线确定对应发射波长(λ)的阈值电流 $I_{th}(\lambda)$ 的实验结果。

二、实验测量与结果

测量半导体激光器发射波长的 $L-I$ 曲线的实验装置示意图如图1所示。该装置由分辨本领优于0.1 nm的单色仪、光电倍增管、锁相放大器和 $X-Y$ 记录仪以及标称误差不大于0.5%的直流电表等组成。测量步骤是首先用常规方法测量半导体激光器的 $P-I$ 曲线和确定 I_{th} 值,其次给定工作电流($I > I_{th}$)测量受激发射光谱,最后选定光谱中的一个波长,用图1所示装置测量该波长(λ_i)的 $L-I$ 曲线,然后从该曲线的转折点或外推 $L-I$ 曲线到 $L=0$ 处对应的 I 值确定为该

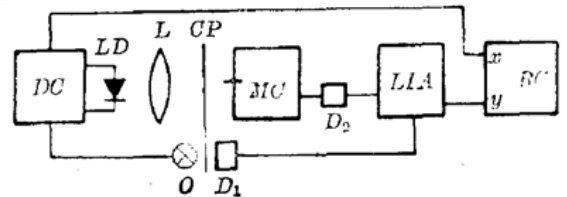
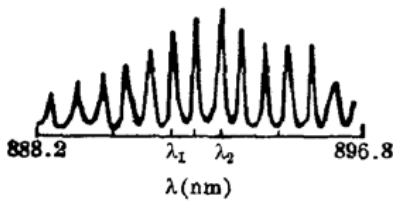


图1 半导体激光器发射波长的 $L-I$ 曲线测量装置示意图

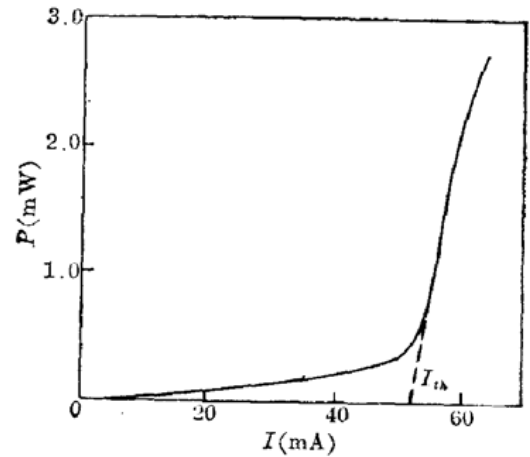
DC—含直流电表的直流电源; LD—半导体激光器; L—透镜; CP—斩波器; O—白炽灯; MC—单色仪; D_1 —硅光电二极管; D_2 —光电倍增管; LIA—锁相放大器; RC— $X-Y$ 记录仪

波长(λ_i)的 $I_{th}(\lambda_i)$ 值。被测量的质子轰击条形 GaAs/GaAlAs DHLD 的条宽约为 $15 \mu\text{m}$, 腔长 $150 \sim 250 \mu\text{m}$, 有源层掺硅, 厚度约为 $0.15 \mu\text{m}$ 。

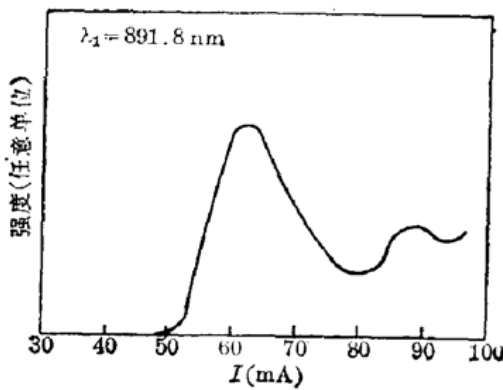
实验测量的典型结果表示在图 2, 其中图 2(a) 和 2(b) 分别是常规方法测量的 $P-I$ 曲线和 $I=53.0 \text{ mA}$ 时的发射光谱。图 2(b) 曲线给出该激光器阈值电流是 52.0 mA 。图 2(a) 表明该激光器发射多个波长的光。将单色仪调到图 2(b) 所示的波长 $\lambda_1=891.8 \text{ nm}$ 或 $\lambda_2=893.1 \text{ nm}$ 值, 然后改变电流, 测量 $L-I$ 曲线, 结果分别如图 2(c) 和 2(d) 所示。从图 2(c) 和 2(d) 分别得到 $I_{th}(\lambda)=52.0 \text{ mA}$ 和 $I_{th}(\lambda_2)=48.0 \text{ mA}$ 。与图 2(a) 的 I_{th} 值比较, $I_{th}(\lambda_2)$ 小于 $I_{th}(\lambda_1)(=I_{th})$ 值。当比较同样工作电流对应不同波长的相对光强大小, 发现 λ_2 的光强峰值大于 λ_1 的对应值。显然波长 $\lambda_2=893.1 \text{ nm}$ 的阈值较低, 相对光强较大。这表明激光器波长 λ_2 有较大的增益。因此, 可以认为从发射波长的 $L-I$ 曲线确定的 $I_{th}(\lambda)$ 值更能准确地反映半导体激光器的阈值特性。



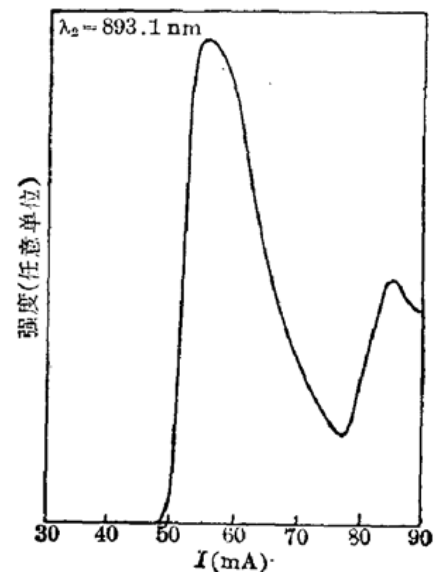
(a) No. 88733 GaAs/GaAlAs DHLD 在 $I=53.0 \text{ mA}$ 时的发射光谱 ($\lambda_1=891.8 \text{ nm}$, $\lambda_2=893.1 \text{ nm}$)



(b) No. 88733 GaAs/GaAlAs DHLD 的 $P-I$ 特性曲线



(c) No. 88733 GaAs/GaAlAs DHLD 发射波长 $\lambda_1=891.8 \text{ nm}$ 时的 $L-I$ 曲线



(d) No. 88733 GaAs/GaAlAs DHLD 发射波长 $\lambda_2=893.1 \text{ nm}$ 时的 $L-I$ 曲线

图 2

此外, 在测量的发射波长的 $L-I$ 曲线中, 我们发现相对光强有单峰或多峰现象。如图 2(c) 和 2(d) 所示, 第一个峰分别出现在 $I_1(\lambda_1) = 62.5 \text{ mA}$ 和 $I_1(\lambda_2) = 55.0 \text{ mA}$ 处; 第二个峰则分别在 $I_2(\lambda_1) = 1.69 I_{th}(\lambda_1)$ 和 $I_2(\lambda_2) = 1.76 I_{th}(\lambda_2)$ 处出现。我们还发现当 I 值继续增加还可以出现第三个峰。但工作电流较大时激光器很快失效。仔细测量的同一激光器的 $P-I$ 曲线, 发现不存在明显的扭曲现象, 而仔细观察不同工作电流 $I (> I_{th})$ 时的同一激光器发射光谱, 则发现同一发射波长的相对光强是随 I 值变化的, 其典型实验结果如图 3 所示。从图可见, 该激光器发射光谱中的 λ_1 对应的相对光强峰值随 I 值增加; λ_2 对应的相对光强峰值则随 I 值增加而出现由小变大到减小的现象; λ_3 和 λ_4 对应的相对光强峰值则随 I 值增加而减小。这些现象的物理机理尚待研究。

作者感谢中国科学院半导体所杜宝勋副研究员的有益讨论。

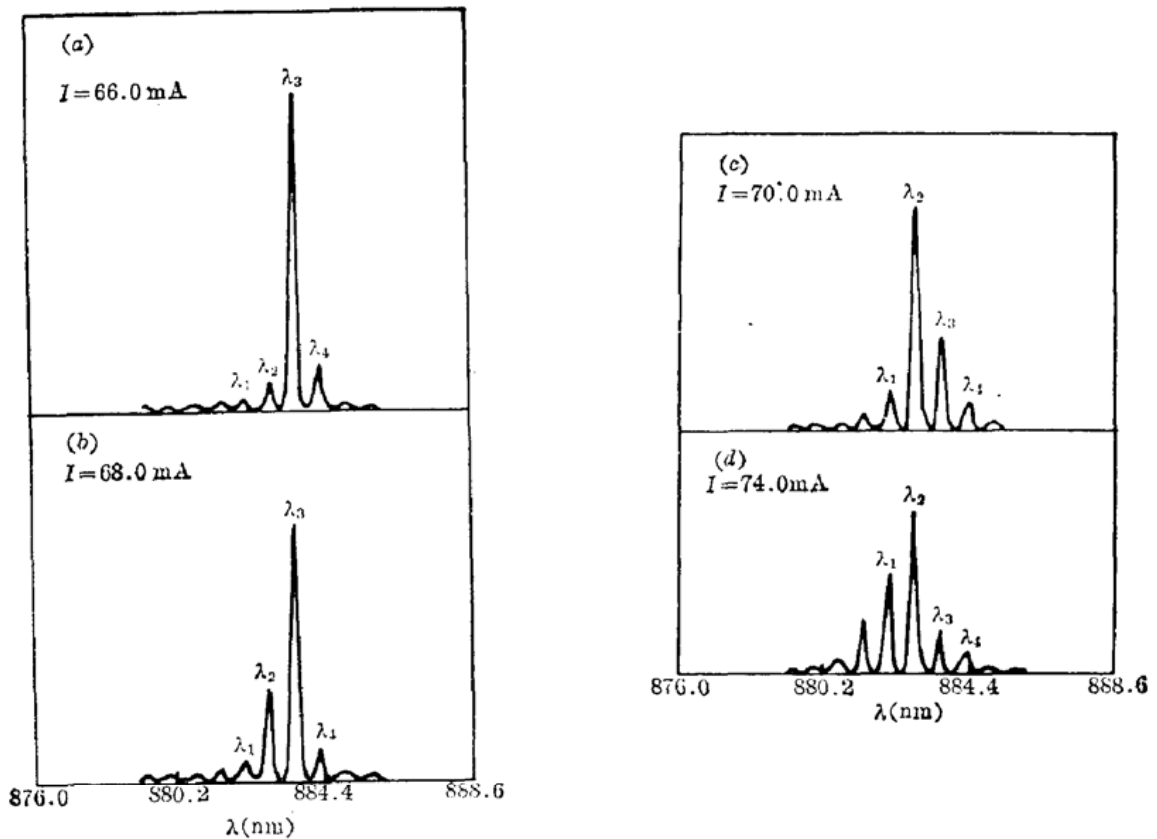


图 3 No. 88709 GaAs/GaAlAs DHLD 在不同工作电流时 ($I > I_{th} = 60.0 \text{ mA}$) 的发射光谱

参 考 文 献

- 1 H. C. Casey, Jr. and M. B. Panish, Heterostructure Lasers (Academic Press, New York, 1979), Part B, 224
- 2 G. H. B. Thompson, Physics of Semiconductor Laser Devices (John Wiley & Sons, Ltd, New York, 1980), 93

(收稿日期: 1988年3月21日)