

QE-19, No. 5, 266.

[7] M. W. Fleming, A. Mooradian; *Appl. Phys. Lett.*, 1981, **38**, 511.

[8] K. Vahala *et al.*; *Appl. Phys. Lett.*, 1983, **42**, 211.

[9] G. H. Henry; *IEEE J. Quant. Electr.*, 1982, **QE-18**, No. 2, 259.

[10] S. Piazzolla; *Appl. Phys. Lett.*, 1982, **41**, 695

(收稿日期: 1986年3月6日)

光纤外腔对半导体激光器发光特性的影响

史一京 李东姝

(中国科学院半导体研究所)

周文锦

(浙江大学电信系)

Effects of fiber external cavity on properties of semiconductor injection lasers

Shi Yijing, Li Dongshu

(Institute of Semiconductor, Academia Sinica, Beijing)

Zhou Wenjin

(Department of Communication and Electronics, Zhejiang University, Hangzhou)

Abstract: A segment of fiber was coupled to a GaAlAs DH laser as external cavity, and L-I characteristics and spectra of the laser with and without fiber coupled were measured. Mode selection in the laser with coupled fiber were observed.

1. 半导体激光器的张弛振荡、自脉动等光强起伏现象, 以及用于光通信系统时, 由光纤端面或光盘反射所引起的噪声对高速光通信的应用影响较大。为了抑制光强起伏, 近年来外腔半导体激光器得到了较大发展。许多实验证明: 外腔不仅能抑制张弛振荡^[1,2]和自脉动^[2~4]等光强起伏现象, 而且还有很好的选模作用^[5~7]。甚至用外腔还做出了可调谐的单频激光器^[8]。这里, 我们将一段光纤耦合到激光器上, 利用光纤端面的反射形成光反馈作成了光纤外腔。

2. 实验用的激光器是 GaAlAs DH 激光器, 波长约为 820 nm, 结构是质子轰击条形。用作耦合的光纤是标准的多模梯度光纤, 芯径为 50 μm, 数值孔径为 0.2。激光器被烧焊在一个梯形的热沉上, 其出光面直接与光纤耦合 (见图 1)。光纤的耦合端做成了球面, 而另一端则做成平面, 光反馈就是由此面反射形成的。光纤耦合端距激光器的距离约为 50 μm,

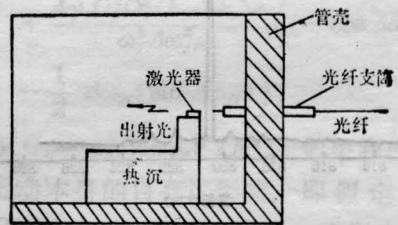


图1 光纤外腔结构示意图

光纤的长度为 10 至 110 cm。激光器的 L-I 特性和光谱特性是在激光器另一端测量的。

在室温下测量了一个多模激光器在加光纤外腔前后的 L-I 特性和光谱特性。

测量是用 Si 光二极管和函数记录仪进行记录的。光谱测量是用 R928 光电倍增管、SPEX1404 型光谱仪和光子计数器进行的。测量结果经微机处理后自动作成曲线。

3. 激光器在光纤外腔前后的光强-电流曲线示

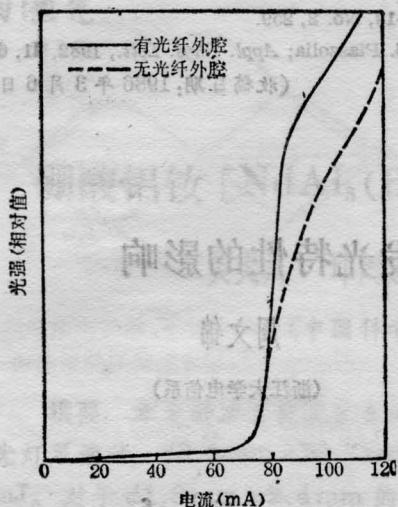


图2 有、无光纤外腔时 GaAlAs DH 激光器光强-电流关系的比较

基本与此相似。加了光纤外腔后, 光谱模式得到了显著的改善。并且在一定的电流下出现了单纵模发射。图 3(b) 是加了长度为 110 cm 的光纤外腔后, 电流为 100 mA 时的发射光谱。但当电流小于 100 mA 时却未观察到受激模式的改善。

关于外腔的选模作用已有很多讨论。许多研究指出^[8,9], 当外腔的某一模式与内腔的某一模式相匹配时, 该模式将会加强, 从而得到单模发射。电流改变时, 由于有源区的温度变化, 其折射指数也将发生改变, 因而内腔的固有模式要发生移动。当内腔的某一模式移动到与外腔的某一模式相一致时, 该模式就会被选出, 从而出现单模发射。这就是一定长度的光纤在某电流下能出现单模发射的原因。

我们还测量了光纤长度对模式的影响。图 4 是

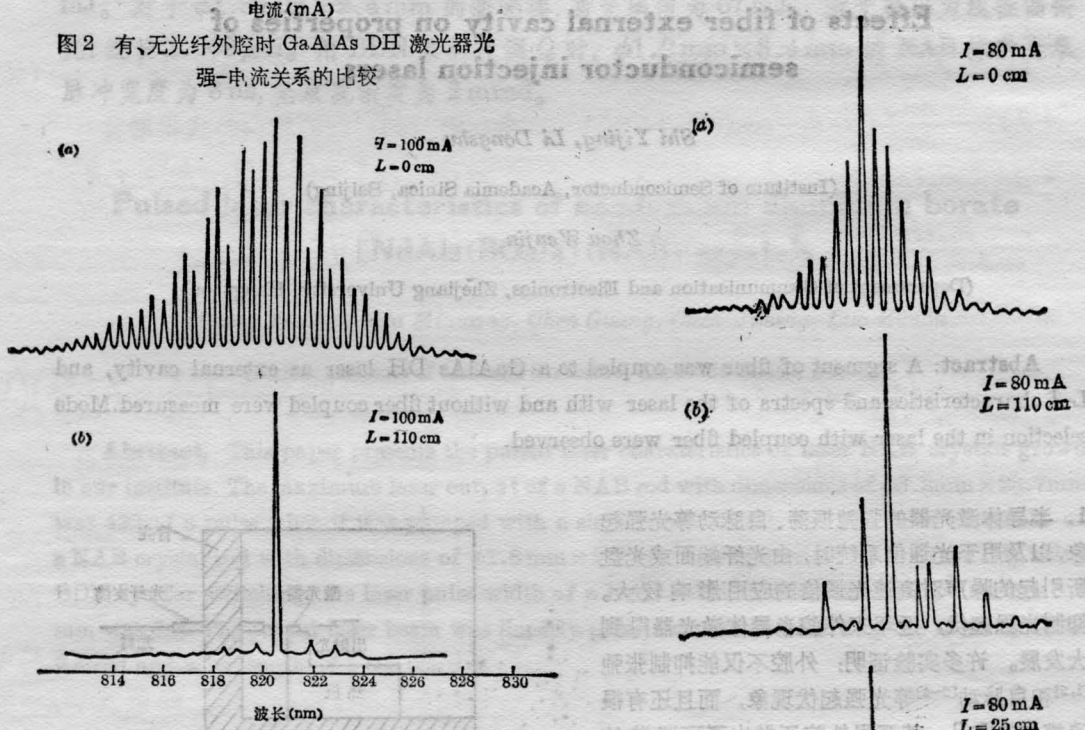


图3 有、无光纤外腔的 GaAlAs DH 激光器的光谱

(a) 无光纤外腔; (b) 有光纤外腔 (光纤长度为 110 cm)。

于图 2。由图 2 可以看出, 加光纤外腔后, 激光器的阈电流并未发生明显的变化, 皆为 76 mA。

为了研究光纤外腔对激光器模式的影响, 我们测量了激光器在加光纤外腔前后不同工作电流下的发射光谱。测量结果表明: 未用光纤时, 在 80~110 mA 的电流范围内光谱都是多纵模。图 3(a) 给出了电流为 110 mA 时的发射光谱, 其它电流下的光谱

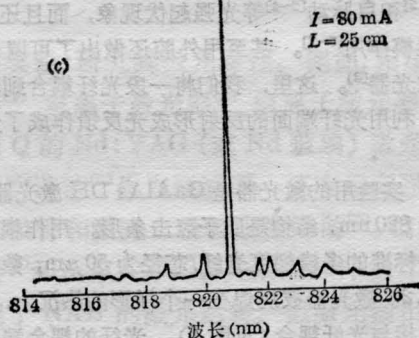


图4 电流为 80 mA 时, 有不同长度光纤外腔的 GaAlAs DH 激光器的发射光谱

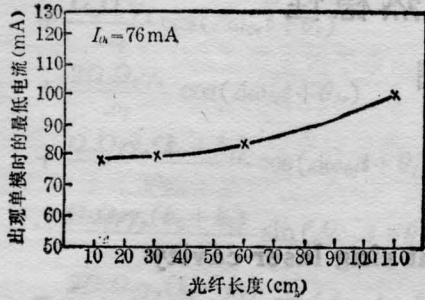


图5 出现单模的最低电流与外腔光纤长度的关系

工作电流为 80mA 时, 对不同长度的光纤外腔测得的激光器的发射光谱。由图 4 可以看出, 对 80mA 的工作电流来说, 光纤越短, 光纤耦合腔的选模作用就越强。我们对其它工作电流也作了类似的测量。测量结果指出, 光纤越短, 出现单模所需要的电流值就越小。图 5 画出了光纤长度与出现单模时所需的最低电流值的关系。

加光纤外腔的激光器不仅能选出单纵模, 而且在较大的电流范围内, 发射波长基本上不随电流变化。图 6 给出了加光纤外腔的激光器的波长与工作电流的关系。

对不加光纤外腔的激光器来说, 折射指数的改变所引起的模式波长移动为:

$$\frac{d\lambda_m}{dn} = \frac{\lambda_m}{n} \quad (1)$$

这里, λ_m 代表第 m 个模式的波长, n 为有源区的折射指数。对光纤耦合腔激光器来说, 如将光纤与激光器之间的间隙忽略不计, 模式波长满足:

$$2(nl + n'L) = m\lambda \quad (2)$$

式中 n' 为光纤的折射指数, l 为内腔长度, L 为光纤长度。由(2)式不难求得, 对有光纤外腔的激光器来说, 模式波长随 n 的变化为:

$$\frac{d\lambda}{dn} = \frac{\lambda}{n + (n'L/l)} \quad (3)$$

由于 $L \gg l$, 比较(3)式同(1)式可知, 有光纤外腔激光

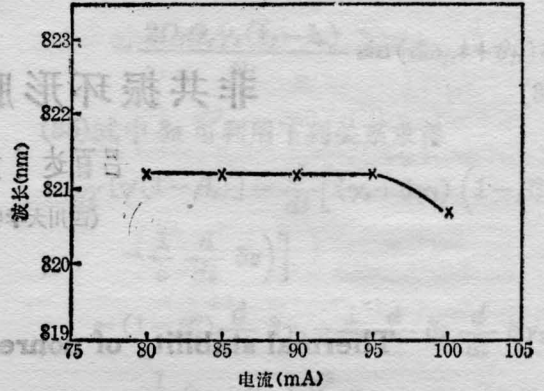


图6 有光纤外腔的激光器的发射波长随电流的变化

器的模式波长随 n 的变化要比没有光纤外腔时小得多。因而当电流变化时, 光纤外腔激光器的波长比较稳定。

对廊坊工厂为我们提供 GaAlAs DH 激光器, 周汝生、何军同志为我们进行光纤耦合深表感谢。

参 考 文 献

- [1] R. Lang, K. Kobayashi; *IEEE J. Quant. Electr.*, 1980, **QE-16**, 347.
- [2] N. Chinone *et al.*; *Appl. Phys. Lett.*, 1978, **33**, 990.
- [3] T. L. Paoli *et al.*; *IEEE J. Quant. Electr.*, 1975, **QE-11**, 525.
- [4] K. Lau *et al.*; *IEEE J. Quant. Electr.*, 1980, **QE-16**, 1329.
- [5] T. Kanada, K. Newata; *IEEE J. Quant. Electr.*, 1979, **QE-15**, 559.
- [6] C. Voumard *et al.*; *Appl. Phys.*, 1977, **12**, 369.
- [7] M. Ito, T. Kimura; *IEEE J. Quant. Electr.*, 1980, **QE-16**, 69.
- [8] M. W. Fleming, A. Mooradian; *IEEE J. Quant. Electr.*, 1981, **QE-17**, 44.
- [9] A. P. Bagatov *et al.*; *IEEE J. Quant. Electr.*, 1973, **QE-9**, 392.

(收稿日期: 1986年4月4日)

