

窄沟槽衬底条形 GaAlAs/GaAs DH 激光器特性的测量和分析

单 振 国

(中国科学院上海光机所)

提要: 本文着重讨论窄沟槽衬底条形 GaAlAs/GaAs DH 激光器的观察和测量。显示了单模激光器和多丝激光器特性的基本差别, 讨论了引起这些差别的基本原因和这两类器件的应用前景。

Measurement and analysis of characteristics of narrow-channeled substrate stripe-type GaAlAs/GaAs DH lasers

Shan Zhenguo

(Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics, Academia Sinica)

Abstract: The observation and measurement of the characteristics of narrow-channeled stripe-type GaAlAs/GaAs DH lasers are described. The difference between monomode lasers and multi-filament lasers is presented. The primary reason of the difference and future applications of these two kinds of lasers are also discussed.

一、引 言

单横模 GaAlAs/GaAs DH 激光器在光通信、光学圆盘、信息处理方面有着广泛的应用^[1]。沟槽衬底条形激光器很早就受到了普遍重视^[2~5]。

沟槽衬底条形激光器的一个显著特点是: 在沟槽两侧激光模的消失场可以深入到衬底内部, 造成较大的损耗; 而在沟槽内部, 由于 *N* 型 GaAlAs 层较厚, 激光模的消失场终止在 *N* 型 GaAlAs 层中, 损耗较小, 因而

使激光只能在这里出现^[3]。

但是, 制备符合要求的沟槽衬底条形激光器不是一件容易的事情, 沟槽较宽时, 常常是多模或多丝器件。 *N* 型 GaAlAs 层、作用层的厚度不符合要求, 或者不均匀, 即使沟槽较窄(沟宽为 5 微米), 也常常变成多丝激光器。在我们制备的窄沟槽衬底条形激光器中也有两种情形: 单模激光器和多丝激光器。本文着重介绍对这两类器件所进行的观察和测量, 以显示这两类器件运转特性的基本差别。

收稿日期: 1983 年 6 月 10 日。

二、器件结构

窄沟槽衬底条形激光器的典型结构如图1所示。衬底沟槽的宽度约为5微米，然后在这个带有沟槽的衬底上连续外延（液相外延） N -GaAlAs层（沟外部分厚度约为0.4微米）、不掺杂作用层（0.1~0.2微米）、 P -GaAlAs层（~1微米）、 n -GaAs层（~1.5微米）。最后掩蔽扩锌。上面开口的宽度约为8微米。在做好欧姆接触后，解理装管，未经烧结，即进行测量。

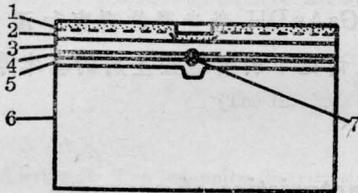


图1 窄沟槽衬底条形 GaAlAs/
GaAs DH 激光器的典型结构

1—扩锌层；2— n -GaAs；3— P -GaAlAs；4—作用层；5— N -GaAlAs；6—衬底（ n -GaAs）；7—单模激光器发光位置

三、基本特性的观察和测量

1. 光功率-电流特性、伏安特性

测量方法同文章[6]类似。单模激光器(82-84-S1)、多丝激光器(82-84-M1)的光功率-电流曲线、伏安特性曲线分别如图2(a)和(b)所示。

2. 近场图样和近场分布

用我所自制的近场扫描装置观察和测量了上述两个器件的近场图样和近场分布，结果分别如图3和图4所示。

3. 发光位置

我们用 IT/E 法^[7]观察了这两个器件的发光位置，结果如图5所示。器件处在脉冲受激的状态时，单模激光器只有一个发光点，发光位置正常；多丝激光器的发光点则有好

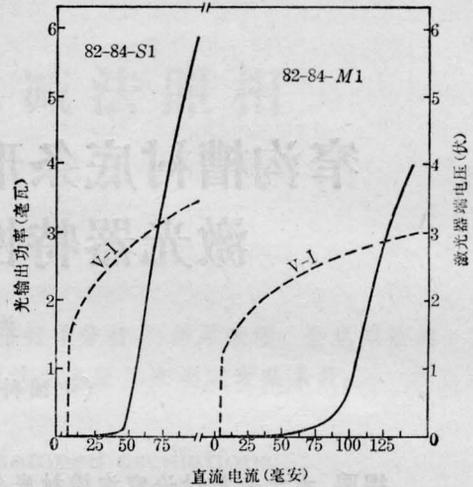
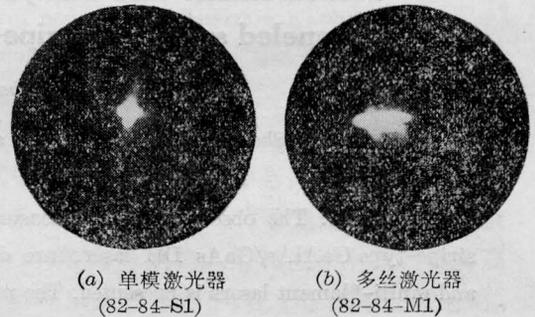


图2 单模激光器(左)多丝激光器(右)光功率
率电流曲线(实线)伏安特性曲线(虚线)的比较



(a) 单模激光器 (82-84-S1)
(b) 多丝激光器 (82-84-M1)

图3 近场图样比较
工作电流(DC): 约为1.2倍阈值

几个，除正常位置外，沟槽两侧也有受激辐射产生。

4. 远场图样

用红外变相管在离器件约1厘米处观察远场图样。结果分别如图6(a)和(b)所示。

5. 光谱特性

用 GDM-1000 双光栅光谱仪测量了上述两个器件在不同电流下的光谱，单模激光器(82-84-S1)的光谱如图7所示，多丝激光器(82-84-M1)光谱如图8所示。

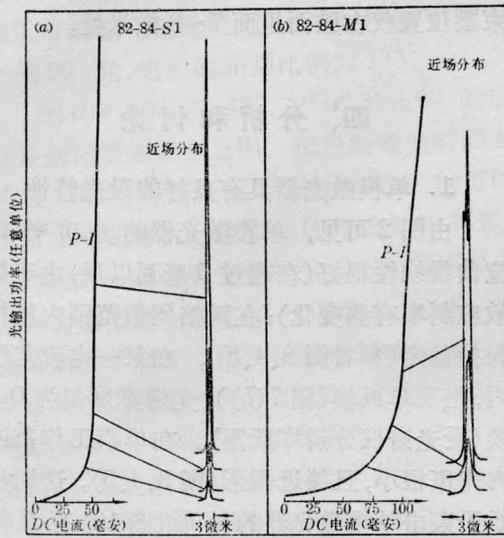
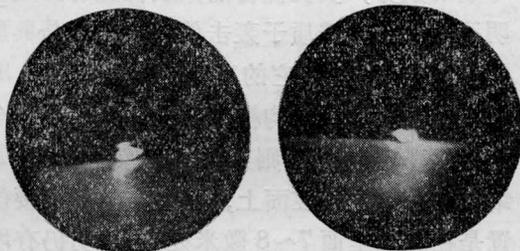


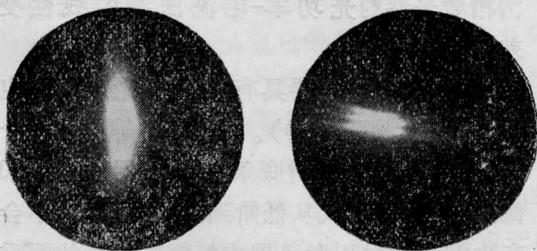
图4 单模和多丝激光器近场分布的比较

- (a) 单模激光器 (82-84-S1)
- (b) 多丝激光器 (82-84-M1)



- (a) 单模激光器 (82-84-S1)
- (b) 多丝激光器 (82-84-M1)

图5 发光位置比较



- (a) 单模激光器 (82-84-S1)
- (b) 多丝激光器 (82-84-M1)

图6 远场图样比较

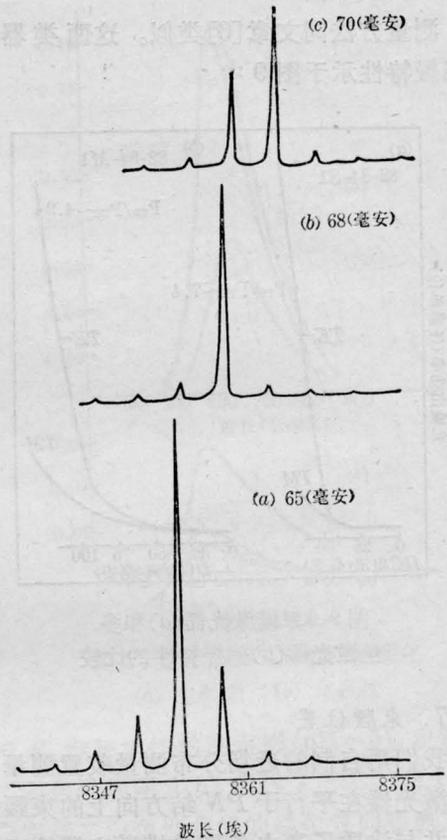


图7 单模激光器在不同电流下的光谱特性

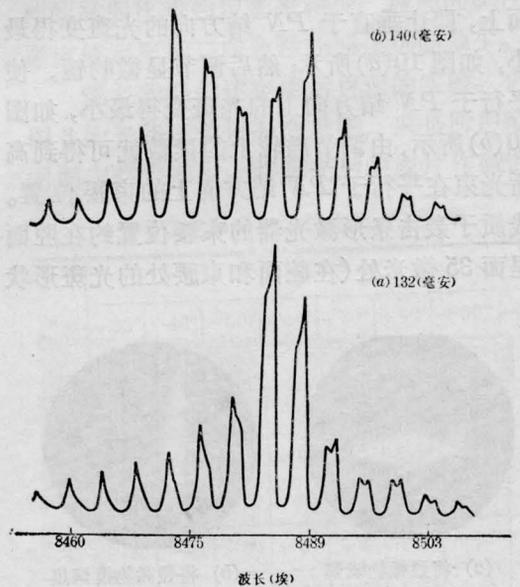


图8 多丝激光器在不同电流下的光谱特性

6. 偏振特性

测量方法同文章[6]类似。这两类器件的偏振特性示于图9中。

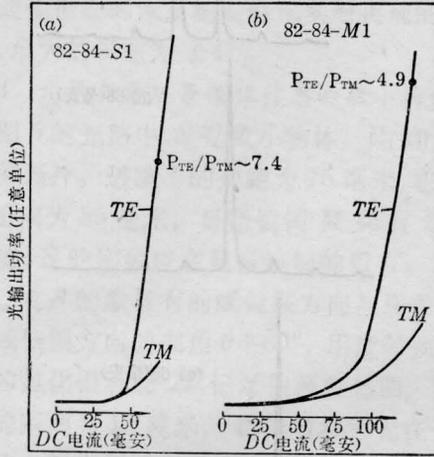
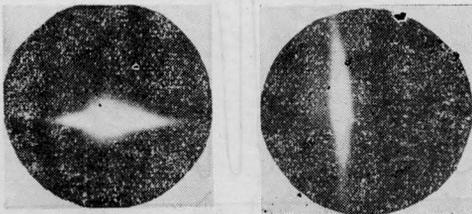


图9 单模激光器(a)和多丝激光器(b)偏振特性的比较

7. 束腰位置

我们用自制的近场分布测量装置测量了单模激光器在平行于PN结方向上的束腰位置,并与浅质子轰击条形单模激光器的束腰位置进行比较。测量时先将显微镜聚焦在腔面上,即让垂直于PN结方向的光斑变得最小,如图10(a)所示;然后调节显微物镜,使平行于PN结方向上的光斑变得最小,如图10(b)所示,由调节鼓轮上的读数就可得到高斯光束在平行于PN结方向上的束腰位置。浅质子轰击条形激光器的束腰位置约在腔面里面35微米处(在腔面和束腰处的光斑形状



(a) 将显微物镜聚焦于腔面上的情形

(b) 将显微物镜聚焦在束腰处的光斑形状

图10 浅质子轰击条形单模激光器束腰位置的测量

如图10所示),而本文讨论的单模激光器的束腰位置仅在腔面里面7~8微米处。

四、分析和讨论

1. 单模激光器具有良好的激光特性

由图2可见,单模激光器的光功率-电流曲线线性很好(在超过5毫瓦以后,由于热效应斜率有些变化);在两倍阈值范围内横模保持稳定(参看图3、4、5)。在某一电流范围内,呈现单纵模(图7(b)),光谱宽度仅为0.3埃(受光谱仪分辨率所限)。在单模工作范围内光斑很小,且接近圆形(图3、4、5),这同浅质子轰击单模激光器的情形(图10)有着很大的差别。这些特性很适合于光学圆盘、模拟通信、光纤传感器等方面的需要^[1]。

2. 窄沟槽衬底条形激光器的侧模稳定主要是由折射率导引所引起的,但也有增益导引的成分,实验测得的束腰位置有力地说明了这一点。浅质子轰击单模激光器是典型的增益导引机构,它的束腰位置在腔面内35微米左右。如果窄沟槽衬底条形激光器完全是折射率导引的话,则束腰也应像垂直于PN结方向一样位于腔面上,而在实际上束腰位置是在腔面里面7~8微米处,这说明仍有增益导引的成分存在。这是很容易理解的,因为图1所示的结构同质子轰击条形激光器毕竟具有类似的电流分布,即增益分布。这种增益导引机构,有时也会使5微米的衬底沟槽激光器的光功率-电流曲线的线性变差^[4]。

3. 多丝激光器具有很好的光功率-电流线性(参看图2(b))。K. Aiki等人曾经介绍说^[3],普通沟槽衬底条形激光器(条宽20微米)在受激模式从低阶到高阶变化时,不会产生在增益导引激光器中经常观察到的严重扭曲和不稳定性。S. Wang等人则说^[4],即使条宽为5微米的窄沟槽衬底激光器,扭曲也是明显的。我们这里讨论的是窄沟槽多丝

激光器,这种激光器具有一个特点,即在一开始受激时就具有确定的远场图样,随着电流的增加,这些图样基本不变,只是丝间的强度分布略有不同(参看图4)。这类器件同具有明显模式跳动的器件相比,可能更适合于多模光纤通讯、模拟通讯方面的应用。

4. 多丝激光器的成因可能有两个:一是由作用区的不均匀性所引起的。上面提到,在这类器件中,当电流增加时,没有看到模式从低价到高阶的规则变化^[2],在受激以后远场和近场图样是基本不变的。这说明作用区是不均匀的(铝量不均匀或由某些缺陷所引起的不均匀)。由图8(b)可见,光谱的包络线具有两个峰,相距近20埃。这是作用区中铝量不均匀的一个证明。此外,多丝激光器的偏振特性较差,说明作用区内具有较大的吸收,因而在结构上也是不均匀的。二是沟槽两侧附近的N型GaAlAs层太厚(大于0.4微米),漏到作用层外的消失场尾巴在那里达不到衬底,因而激光模仍然可以在那里受激(参看图5(b))。在这种情况下,实际条宽是超过5微米的。沟槽两侧附近N型GaAlAs层变厚,可能是由于在外延时沟槽两侧突起部分的回熔较多所引起的。

5. 单模激光器的偏振特性同质子轰击条形激光器相比似乎有很大的差别。好的质子轰击条形激光器的偏振度 $P_{TE}/P_{TM} > 100$ ^[6];而现在的窄沟槽衬底条形激光器的偏振度 P_{TE}/P_{TM} 仅为7.4。这可能同激光光

斑在平行于PN结方向比质子轰击条形激光器小有关。在这种情况下,TE模在腔面上的反射率可能就不会比TM模的反射率小很多,从而使这种激光器的偏振特性变差。

但是,单模激光器同多丝激光器相比,偏振程度仍然高出一倍(参看图9)。这说明在窄沟槽衬底条形激光器的情况下,偏振特性仍然可以用来判断器件质量的好坏。多丝激光器的偏振程度较小,说明该器件内部有缺陷存在。这同前面的分析是一致的。

本工作所用的窄沟槽衬底条形激光器是由陈如昌、胡衍芝、陈高庭、屠玉珍、顾德英等同志制造的。浅质子轰击条形激光器是由陈高庭、邱荣生、张莲英、张银女等同志制造的。杨姮彩同志曾对本文作过指导,黄国松同志曾协助测量光谱,作者谨在此向这些同志表示衷心感谢。

参 考 文 献

- [1] 单振国;《激光与红外》,1983, No. 2, 9.
- [2] H. C. Casey, Jr. et al.; "Heterostructure Laser", Part B, Academic Press, New York (1978).
- [3] K. Aiki et al.; *Appl. Phys. Lett.*, 1977, **30**, No. 12, 649.
- [4] S. Wang et al.; *IEEE J. Quant. Electr.*, 1981, **QE-17**, No. 4, 453.
- [5] 吴克林等;《激光与红外》,1978, No. 12, 22.
- [6] 单振国;《通信学报》,1981, No. 1, 26.
- [7] 单振国;《半导体学报》,1983, **4**, No. 3, 265.

(上接第415页)

光晶体是一种普通的电光调制器结构,不是专为光束整形设计的,因此所得实验结果并未达最佳状态。如果使用纵向LN调制晶体结构,而且为了达到有效的声共振状态,对晶体的加工工艺及其尺寸大小作专门设计,则可以断定,光束整形的效果一定会更好。

参 考 文 献

- [1] W. B. Vledkamp; *Opt. Commun.*, 1981, **38**, 381.
- [2] W. H. Lee; *Opt. Commun.*, 1981, **36**, 469.
- [3] Y. Ohtsuka; *Opt. Commun.*, 1981, **39**, 70.
- [4] 董孝义,盛秋琴;《中国激光》,1983, **10**, 97.
- [5] 徐介平;《北京工业大学学报》,1980, No. **2**, 10.
- [6] W. R. Klein, D. Cook; *IEEE Trans. Sonics and Ultrason*, 1967, **Se-14**, 123.
- [7] 董孝义,盛秋琴;《应用激光联刊》,1982, No. **2**, 58.