

# GaAs-(AlGa)As 大光腔激光器

张兴德 任大翠  
(长春光学精密机械学院)

## 提 要

用液相外延法研制了 GaAs-(AlGa)As 大光腔激光器, 并给出它的一些主要参数如脉冲光功率、光束发散角、波长、外微量子效率等的测试结果。

## 一、引 言

GaAs-(AlGa)As 大光腔(LOC)激光器, 是在单异质结(SH)激光器和双异质结(DH)激光器的基础上, 发展起来的一种新型器件。它兼有双异质结激光器的阈值电流低和单异质结激光器的输出光功率大的优点<sup>[1,2]</sup>。

大光腔激光器是在双异质结激光器的四层结构中在近有源区增加一个波导区制成, 此波导区的厚度为  $0.5\sim 30\mu\text{m}$ , 即大光腔激光器的结构是在两个异质结壁中夹着一个单异质结(或同质结), 使有源区和波导区共同组成输出波导, 从而降低了端面光流密度, 提高光破坏阈, 有可能提高输出光功率, 此外由于波导区的引入还可以减小光束发散角, 并能在高温( $70^\circ\text{C}$ )及高占空比下工作<sup>[3]</sup>。我们研制了大光腔激光器并对它的主要参数进行了测试。

## 二、大光腔激光器的结构和简单原理

大光腔激光器各层结构截面(a), 禁带宽度(b)和折射率(c)的示意图如图1所示, 各层结构的显微照片如图2所示。

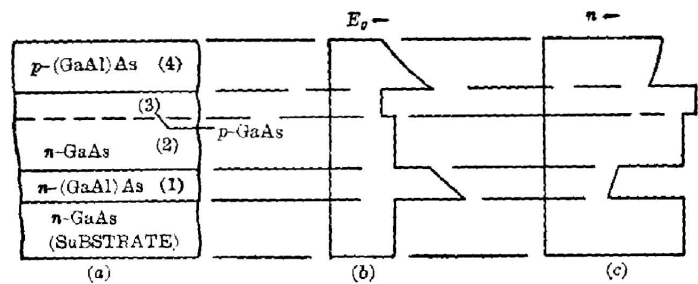


图1 大光腔激光器结构、各层禁带宽度、折射率示意图

Fig. 1 The cross section of a large optical cavity laser (a), the schematic variation of the bandgap energy (b) and the schematic variation of the refractive index (c)

各层厚度、掺杂的杂质和浓度如下:

- (1)  $d_1=3\sim 4\mu\text{m}$ , 掺 Te,  $1\sim 2\times 10^{18}/\text{cm}^3$ ;
- (2)  $d_2=0.5\sim 30\mu\text{m}$ , 掺 Te,  $0.5\sim 1.0\times 10^{18}/\text{cm}^3$ ;
- (3)  $d_3=0.5\sim 1\mu\text{m}$ , 双掺 Si 和 Zn(近补偿);
- (4)  $d_4=2\sim 3\mu\text{m}$ , 掺 Zn 或 Ge,  $2\sim 3\times 10^{18}/\text{cm}^3$ ;
- (5)  $d_5=5\sim 10\mu\text{m}$ , 掺 Zn 或 Ge,  $2\sim 3\times 10^{19}/\text{cm}^3$ ;

从图 1 可以看出, 大光腔激光器中厚度为  $d_3$  的有源区和厚度为  $d_2$  的波导区共同组成厚度为  $W=d_2+d_3$  光输出波导, 其中有源区是 Si 和 Zn 双掺杂近补偿  $p$  型区。这里 Si 是施主杂质, 掺杂浓度为  $\sim 1.3\times 10^{19}/\text{cm}^3$ ; Zn 是受主杂质, 掺杂浓度为  $\sim 1.0\times 10^{19}/\text{cm}^3$ <sup>[4]</sup>。双掺杂和重掺杂有利于提高大光腔激光器的增益和效率。波导区为轻掺杂的  $n$  型区, 该层的禁带宽度比有源区的禁带宽, 这样有源区受激光子能量低于波导区的吸收能量, 使得波导区对有源区的辐射“透明”。另外波导区的折射率稍低于有源区, 而又比相邻的  $n$ -(GaAl)As 层的折射率高很多(见图 1), 根据“折射率定则”<sup>[5]</sup>, 有源区辐射光容易“泄漏”到波导区<sup>[6]</sup>; 用禁带宽度更大的(1)、(4)区做波导壁, 置于输出波导  $W$  的两侧, 对光子和载流子进行严密限制, 这就使得大光腔激光器阈值电流密度降低。波导区的引入降低了输出光功率密度, 提高了光破坏阈。有源区厚  $\sim 1\mu\text{m}$  时, 当  $d_3:d_2=1:2$ , 不但能在不降低外微量子效率情况下提高输出光功率, 而且还可以保持有源区的模式不改变<sup>[7]</sup>。

在一定温度下, 由于受激辐射只有一部分在有增益的有源区中传播, 所以波导区厚度  $d_2$  对受激辐射的阈值电流有影响, 其关系式近似为

$$J_{th} = (d_3/\Gamma\eta_s)J_{nom}, \quad (1)$$

式中  $J_{nom}(\text{A}/\text{cm}^2)$  是有源区厚度为  $1\mu\text{m}$  时取得一定增益系数的电流密度;  $\eta_s$  为量子效率;  $\Gamma$  为受激辐射限制在有源区的限制因子。

$$\Gamma \doteq d_3/(d_2+d_3)。 \quad (2)$$

把(2)式代入(1)式中得到

$$J_{th} \doteq (d_2+d_3)J_{nom}/\eta_s。 \quad (3)$$

从(3)式中可以看出,  $J_{th}$  与  $d_2$  成正比, 所以说波导区不宜做得太厚。

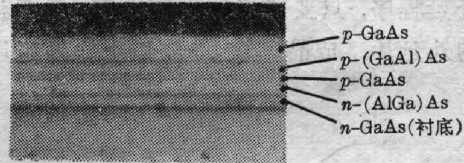


图 2 大光腔激光器五层结构截面的显微照片(显微镜 680 倍)

Fig. 2 A microphotograph of the cross section of a large optical cavity laser (680 $\times$ ) with five layer structure

### 三、大光腔激光器的实验研制

研制大光腔激光器工艺过程大致可以分成四个主要部分:

#### 1. GaAs 衬底的制备

用常规方法制备衬底, 使得衬底片子的表面与(100)面的偏差小于  $\pm 2'$ 。衬底材料为掺 Te 或 Si 的  $n$  型 GaAs 单晶, 主要参数: 载流子浓度为  $2\sim 4\times 10^{18}/\text{cm}^3$ , 迁移率为  $2000\sim 2500\text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{sec}$ , 位错密度  $< 5000/\text{cm}^2$ , 电阻率为  $10^{-3}\sim 10^{-4}\Omega\cdot\text{cm}$ 。

## 2. 液相外延

液相外延是研制半导体激光器的关键工艺, 我们的液相外延系统包括 ZM412 型外延炉和用 JWC-10 精密温度控制仪与 DWT-703 相结合的程序控温。氢气经过两台 B162/ZM 净化器提纯, 含氧量  $< 0.3$  ppm, 有效地防止氧的沾污。对石墨舟做了多次改进, 自行设计并加工了一种挤压舟。这种舟的特点是用后槽母液挤出已生长过的前槽母液, 避免了以前使用的推拉舟在新生长层上出现机械划痕的弊病。有利于生长平整的外延层。外延生长时, 降温速率及各层生长时间如图 3 所示。经过几百次实验, 摸索出一套稳定、可以重复的外延程序, 只要严格按程序操作, 就能获得符合要求的各层尺寸、掺杂浓度和表面平整光亮的外延片。成品率在 80% 以上。外延片的表面如图 4 的照片所示。

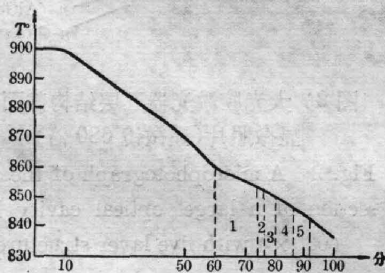


图 3 外延降温曲线

Fig. 3 The temperature reduction rate of the epitaxy

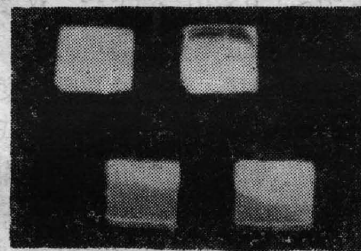


图 4 液相外延法生长的大光腔晶片的照片

Fig. 4 A photograph of growing crystal wafers of the large optical cavity by liquid phase epitaxy

各层母液配比列入表 1:

表 1 各层母液配比

Table 1 The melt composition of layers

单 位 杂 质	层 数	1	2	3	4	5
Ga		1000	1000	1000	1000	1000
GaAs		84	94.4	94.5	95.6	100.4
Al		0.90			1.06	
Zn				2.52	9.00	10.0
Si				3.86		
Te		4.1	3.9			

## 3. 欧姆接触

外延之后的片子, 经过减薄, 清洗后, 分别在  $n$  面和  $p$  面上蒸镀 Au、Ge、Ni 和 Cr、Au, 或者在两面同时电镀 Au。

对电镀和蒸镀两种方法作了比较试验, 其方法是把同一个外延片解理成两块, 分别做了蒸镀和电镀, 同时合金, 做成同样尺寸的激光器, 在相同工作条件下进行测量, 测得结果列入

表 2。从表中可见对于脉冲工作的激光器,电镀效果并不比蒸镀差。且电镀操作简单,价格便宜。节省时间。所以我们采用电镀法做欧姆接触。

表 2 电镀与蒸镀比较

Table 2 The comparison of the electroplate with the vacuum vapour

外延片	电 镀			蒸 镀		
	阈 值	功 率	接触电阻	阈 值	功 率	接触电阻
-12-8	10.5 A	5.1	0.41	11.1 A	4.5	0.38
-9-15	8 A	6	0.40	9 A	5.1	0.39
-9-1	12.5 A	3.2	0.51		无光	0.48

#### 4. 装管与测试

根据测试和使用要求,做成各种台宽和腔长的管芯,然后装成各种管型的单管(SD型)或列阵(AD型)激光器,进行测试,测得的结果列入表 3。表 3 中所列大光腔激光器的发散角、远近场图样、光谱特性如图 5~7 所示。

表 3 GaAs-(AlGa)As 大光腔激光器的主要参数

Table 3 Main parameters of GaAs-(AlGa)As large optical cavity laser

参数名称	数 值	最佳值	参数名称	数 值	最佳值
阈值电流( $I_{th}$ )	3~9 A	2.7 A	发散角( $\theta$ )	$\theta_L \sim 20^\circ; \theta_F \sim (10 \sim 15^\circ)$	$\theta_L = 15^\circ; \theta_F = 10^\circ$
串联电阻( $R_s$ )	0.3~0.5 $\Omega$	0.2 $\Omega$	结温升( $\Delta T$ )	$\sim 6^\circ\text{C}$	
输出功率( $P$ )	8~12 W (3~4 $I_{th}$ )	$\sim 15$ W	特征温度( $T_0$ )	$\sim 300^\circ\text{K}$	
外微量子效率( $\eta_{ext}$ )	30~60%		脉 宽	100~200 ns	
波 长( $\lambda$ )	8800~9100 $\text{\AA}$		重复频率	10~100 KC/sec	可到数百 KC/sec
谱线半宽度( $\Delta\lambda$ )	$< 20 \text{\AA}$	2.5 $\text{\AA}$	热 阻( $R_T$ )	$\sim 36^\circ\text{C/W}$	
阈值温度系数 ( $I_{th,70^\circ\text{C}}/I_{th,24^\circ\text{C}}$ )	1.4~1.6	1.37	寿 命	2000 hr 以上	
			工作温度	$\pm 50^\circ\text{C}$	

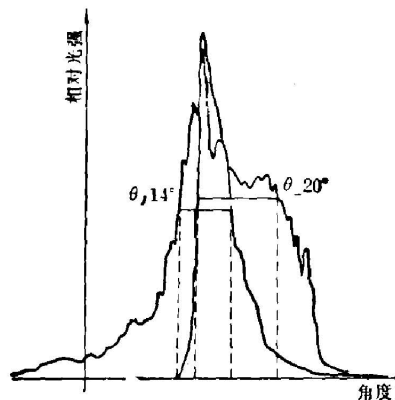


图 5 发散角曲线

Fig. 5 The divergence angle of light beam



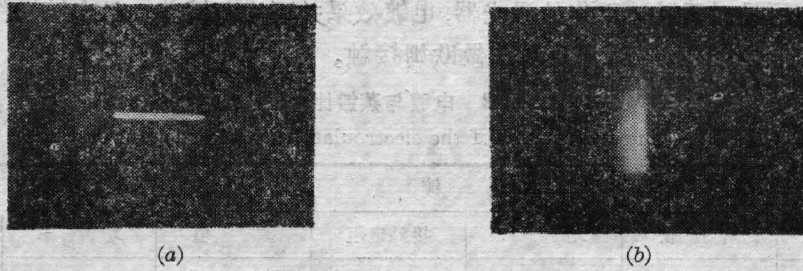


图6 大光腔激光器的近场图样(a)和远场图样(b)照片

Fig. 6 Far-field radiation pattern of a large optical cavity laser (a) and near-field radiation pattern (b)

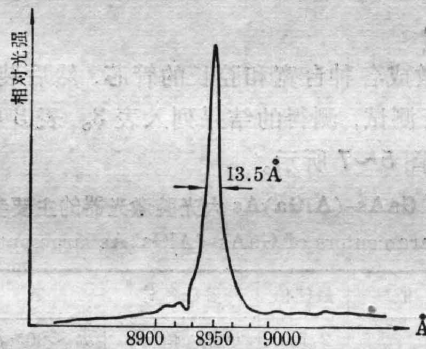


图7 光谱特性曲线

Fig. 7 The profile of the spectral character

#### 四、结 束 语

我们从实践中摸索出一套外延程序,认真控制外延生长过程,可以获得合乎要求的五层大光腔外延片,用现行工艺制成了脉冲工作的大光腔激光器,对一些参数进行了测量,并提供给一些单位使用。由于大光腔阈值电流密度低,可以做成窄条型结构,改善热沉和键合,在适当的激励电流下,可望实现室温连续工作。在要求与其它元件耦合的情况下,由于大光腔激光器输出波导厚,耦合比激光器容易实现。

大光腔激光器的研究工作目前还在不断发展<sup>[8~11]</sup>,它是适应光通讯的发展和未来集成光学需要的比较理想的光源之一。

王玉霞、王铃、王玉民、张时运、张文选、任壮等同志参加了实验工作;上海光机所14室和史全林、杨忠和等同志参加了测试工作,一并在此致谢!

#### 参 考 文 献

- [1] H. Kressel, H. F. Lockwood *et al.*; *J. A. P.*, 1972, **43**, No. 2 (Feb), 561.
- [2] H. Kressel, H. Nelson; *ECA Rev.*, 1969, **30**, No. 1 (May), 106.
- [3] H. Kressel, H. F. Lockwood; *A. P. L.*, 1971, **18**, No. 2 (15 Jan), 43.
- [4] H. F. Lockwood, H. Kressel *et. al.*; *A. P. L.*, 1970, **17**, No. 11 (1 Dec), 499.

- [5] 田炳耕;《集成光学和光学波导中新的波现象》, (人民邮电出版社, 1980年7月)。  
 [6] H. Kressel, H. F. Lockwood *et al.*; *J. A. P.* 1973, **44**, No. 9 (Sep), 4095.  
 [7] H. F. Lockwood, H. Kressel; *AD-BOG429*, 1975 (10 Jan).  
 [8] R. D. Bumham, D. R. Seifres *et. al.*; *A. P. L.*, 1979, **35**, No. 10 (15 Nov), 734.  
 [9] Dan Botez; *A. P. L.*, 1980, **36**, No. 3 (1 Feb), 190.  
 [10] Dan Botez, J. C. Connolly; *A. P. L.*, 1981, **38**, No. 9 (1 May), 658.  
 [11] J. Katz, N. Bar; *J. A. P.*, 1980, **51**, No. 8 (Aug), 4038.

## GaAs-(AlGa)As large optical cavity lasers

ZHANG XINGDE AND REN DACUI

(Changchun College of Optics and Fine Mechanics, Changchun)

(Received 12 July 1982, revised 29 September 1982)

### Abstract

GaAs-(AlGa)As large optical cavity lasers have been fabricated using liquid phase epitaxy method and its main parameters, have been measured, such as laser pulse power, beam divergence angle, wave length and external differential quantum efficiency etc.

### 全国光敏胶技术交流会在西安市召开

受中国光学学会的委托,陕西省光学学会于一九八三年四月二十九日至五月一日在古城西安召开了“全国光敏胶技术交流会”。来自全国十八个省、市近六十个单位的一百多名代表出席了会议。

“GBN-501”光敏胶研制单位的代表在大会上作了工艺过程的学术报告。西安光机所、北京工业学院、南京江南光学仪器厂等十个单位的代表先后在大会上作了光敏胶使用情况的经验介绍。经过两年多时间的实践证明,“GBN-501”光敏胶无论在光学性能、机械性能或耐高、低温等方面,都具有较先进的水平,而且工艺稳定。存在的问题是:尚有轻微毒性,拆胶较难,对特殊零件、特别是工艺性差的零件胶合工艺较难掌握等。

(王桂生)