

通 信

$\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}/\text{GaAs}$ CSP 可见光单模激光器

胡衍芝 顾德英

(中国科学院上海光机所, 201800)

$\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}/\text{GaAs}$ CSP single mode visible diode lasers

Hu Yanshi, Gu Deying

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

Abstract: Stable $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}/\text{GaAs}$ CSP single mode visible LDs operating with fundamental transverse mode and single longitudinal mode are fabricated with liquid phase epitaxial method at 800°C. The laser wavelength ranges from 779~820 nm, and the main lasing performances are presented.

Key words: diode laser single mode, visible band

近 $0.78\mu\text{m}$ 可见光单模激光器在光盘技术, 包括视频盘、PCM 声频盘和光盘存贮器、激光束高速打印、销售点(POS)终端等信息终端装置中有着广泛的应用前景。特别是打印机和小型光盘应用量大而广。另外, 用近可见光单模 LDs 及其列阵作光源泵浦 Nd:YAG 激光器和 $1.06\mu\text{m}$ 单模光纤放大器又是新近国内外十分热门的课题。因此, 研制和生产可见光半导体单模激光器, 有较大经济效益和发展前景。

本文报道用 800°C 下液相外延技术研制成稳定基横模、单纵模工作的 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}/\text{GaAs}$ CSP 可见光($\lambda\sim 779.0\text{nm}$)单模 LDs 及其主要性能。

一、结构和制造工艺

我们采用 n 型 GaAs (掺 Si) 衬底沟槽平面条形结构(即 CSP)。通常国内外都采用 p -GaAs V 型沟槽衬底内条形(即 VSIS^[1])结构来研制可见光(AlGa)As 单模 LDs。我们认为后者虽有 P - N - P 电流限制机构限制注入电流于 V 形槽内的优点, 但因要二次 LPE 生长, 工艺复杂, 且有 V 形槽的形状不易控制, 易造成多模工作的缺点。而 CSP 结构, 只要一次 LPE 生长, 较容易控制沟槽形状, 容易实现其单模工作的结构参数设计。只要工艺上做到 n - $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ 限制层槽外侧的厚度 t 和有源层厚度 d 足够薄($t\leq 0.3\mu\text{m}$, $d\leq 0.1\mu\text{m}$), 就能获得足够大的沟槽内外折射率差 Δn 和吸收差 $\Delta\alpha$, 形成内建折射率导引。波导分析^[2]表明, CSP 结构 LDs, 具有稳定而对称的光场特性和较容易获得单横模和单纵模工作的良好的模式选择特性。实际上, 我们用 CSP 结构取得了和 VSIS 结构相当的可见光单模 LDs 性能, 但制造工

艺却要简单得多。

在 $n\text{-GaAs}(\text{Si})$ 衬底上刻蚀 $\sim 1\mu\text{m}$ 深、 $3\sim 4\mu\text{m}$ 宽的倒梯形沟槽, 然后采用低温 800°C 两相溶液 LPE 方法生长四层 DH 结构, 生长溶液配方见表 1。

表 1 CSP 可见光单模 LDs 芯片 DH 的 LPE 溶液组分

层 次	组 分	掺 杂	掺 杂
1、 n 型限制层	$n\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$, $0.45 \leq x \leq 0.50$	Sn: $x_{\text{Sn}} \leq 0.06$	$+ \leq 0.3\mu\text{m}$
2、有源层	$\text{Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{As}$	不掺或掺 Ge	$d \leq 0.1\mu\text{m}$
3、 P 型限制层	$P\text{-Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$, $0.45 \leq x \leq 0.5$	Ge: $x_{\text{Ge}} = 0.1$	$1\mu\text{m}$
4、 n 型反型层	$n\text{-GaAs}$	Sn $x_{\text{Sn}} = 0.1$	$0.5\mu\text{m}$

要获得良好的可见光受激发射特性, 也确实不容易。因为 DH 结构必须是在高 Al 浓度下 LPE 生长, 而且是在非平面衬底上的亚微米薄层生长, 工艺上难度大。经深入分析研究和反复实验, 在工艺技术上主要解决了下列难点: (1) 减少 Al 的沾带混源, 提高每一层中 Al 浓度的均匀性, 控制好波长; (2) 严格控制生长条件和配方, 提高晶体完整性和均匀性; (3) 严格控制 $n\text{-(AlGa)As}$ 层的掺 Sn 量, 改善异质界面的平坦性, 减少界面损耗; (4) 适当加多限制层 Al 量以提高注入效率; (5) 高 Al 下 LPE 生长, 氧化减到最轻微程度。由于上述关键工艺的突破, 从而使阈值电流从大于 100mA 降低到 60mA 以下, 发光效率大大提高, 随着有源层的厚度长薄到 $d \leq 0.1\mu\text{m}$, 光输出功率也显著提高到 15mW 以上。而且突破了可见光激光器极易自然退化的难关, 向长寿命稳定工作迈进了一大步。

二、性能和可靠性

器件的伏安特性如图 1 所示。正向导通电压为 $V_F \geq 1.5\text{V}$, 串联电阻典型值为 R_s ($2\sim 5\Omega$), 反向击穿电压 $V_r \sim 10\sim 15\text{V}$ 。

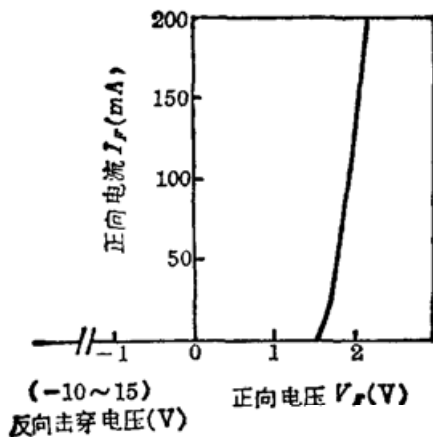


图 1 典型的电流-电压 ($V-I$) 特性 ($T=24^\circ\text{C}$)

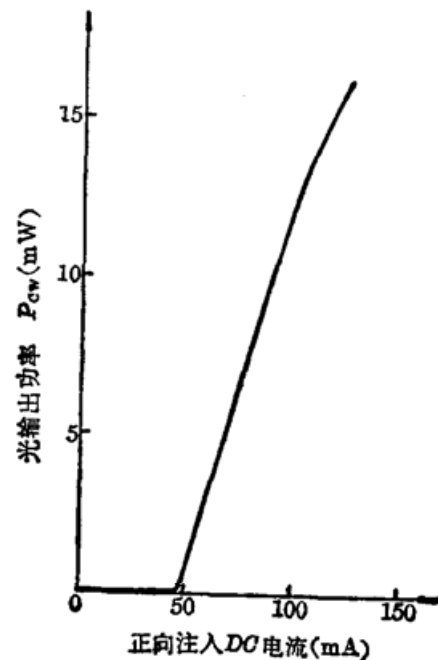


图 2 CSP 可见光单模 LD 的 $P-I$ 特性

图2为本文LDs的典型光输出功率(P)-电流(I)特性曲线。阈值电流为典型 $I_{th} \sim 60$ mA, $I_{thmin} \sim 45$ mA, 室温连续工作线性光功率一般为 $P_{cw} 5 \sim 10$ mW, $P_{cwmax} > 15$ mW ($\lambda \sim 791.0$ nm)。直到 $(3 \sim 4)I_{th}$ 能稳定基横模工作, $P-I$ 线性度好, 无扭折。斜率效率达到 $\eta_I \geq 0.20$ mW/mA(单面)。能稳定单纵模工作, 主边模抑制比大于30:1, 其光谱如图3所示。显然, 沿有源区条宽内受激均匀, 从而获得单瓣基横模光束, 近场光斑大小为 $0.4 \mu\text{m} \times 5 \mu\text{m}$ 。图4为典型的远场光强度分布, 平行(图4(a))和垂直(图4(b))于结平面两个方向都呈单高斯分布, 典型光束发散度为 $10^\circ \times 30^\circ$ ($\theta_{\parallel} \times \theta_{\perp}$), 图4(c)为远场光斑照片。

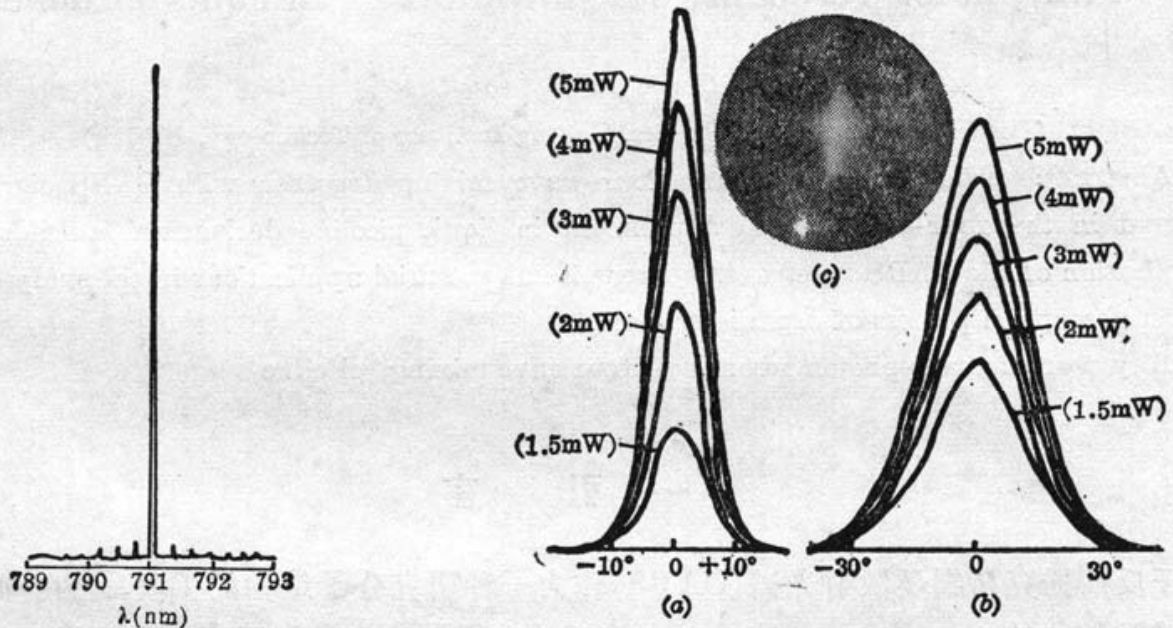


图4 典型CSP可见光单模LDs的远场光强度分布。

(a) 平行结方向束散 10° ; (b) 垂直结平面方向束散 30° ;
(c) 远场光斑照片

图3 CSP可见光单模LD光谱

对本文可见光CSP单模LDs作了5 mW、 55°C 、充 N_2 加速老化寿命考核, 工作时间大于150小时, 外推室温5 mW连续寿命 $\tau \sim 5000$ h。产品在3~5 mW甚至7 mW下实际使用寿命已近一年, 说明寿命数据是可靠的。

本文所述CSP可见光单模LDs分TO-5型大管壳和带PIN反馈监控小管壳两种封装形式。前者可用于测试、单模光纤放大器和Nd:YAG激光器的泵浦光源, 后者在大小结构上与国外同类产品取得一致性, 在激光打印机和光盘系统中能替代国外同类产品。

参 考 文 献

- 1 T. Hayakawa et al., *J. Appl. Phys.*, **53**(11), 7224~7234(1982);
- 2 K. Aiki et al., *Appl. Opt.*, **17**(20), 3264(1978)

(收稿日期: 1988年12月5日)