

## GaAs/(GaAl)As PNPN 异质结激光器

中国科学院半导体研究所 王守武 吴荣汉 朱其高

张权生 李照银 田惠良

(一)我们提出并研制成一种 PNPN 异质结负阻激光器,器件结构参数如表所示:

参 数 \ 层 次	n·GaAs	N·Ga <sub>1-x</sub> Al <sub>x</sub> As	p·GaAs	P·Ga <sub>1-y</sub> Al <sub>y</sub> As	p·GaAs	n·GaAs	P·Ga <sub>1-z</sub> Al <sub>z</sub> As
铝 含 量		$x=0.2\sim 0.3$		$y\leq 0.18$			$z=0.1$
掺 杂 度 (厘米 <sup>-3</sup> )	$2\times 10^{18}$	$1\times 10^{18}$	$10^{17}$	$10^{17}$	$10^{17}$	$10^{17}$	$5\times 10^{18}$
厚 度 (微 米)	衬 底	$4(d_1)$	$0.4\sim 1(d_2)$	$0.8(d_3)$	$0.5(d_4)$	$1.2(d_5)$	3

(1) 可按液相外延顺序,简称为  $NpPpnP$ 。其中,  $NpP$  具有通常的双异质结激光器结构(DH);  $NpPpn$  组成基区包含异质结构的宽带发射结晶体管(下称第一晶体管);  $PnpPp$  为收集区包含异质结构的宽禁带发射结晶体管(第二晶体管)。

(二)采用双晶体管分析方法讨论器件电导通问题,按一般晶体管理论

$$\alpha_i = r_i \beta_i \alpha_i^* \quad i=1, 2. \quad (1)$$

这里,  $\alpha_i$  为共基极短路电流放大系数;  $\beta_i$  为基区输运系数;  $\alpha_i^*$  为收集系数,  $\alpha_i^* \approx 1$  (收集结反向偏置倍增另作考虑);  $r_i$  为异质发射结注射效率,对本结构,  $r_i \approx 1$ 。

分析表明:

$$\begin{aligned} \alpha_1 &= r_1 \beta_1 \alpha_1^* \approx \beta_1 \approx \left[ 1 + \frac{d_2^2}{2L_2^2} + \frac{d_3^2}{2L_3^2} + \frac{d_4^2}{2L_4^2} + \frac{d_2 d_4}{L_2^2} + \frac{d_3 d_4}{L_3^2} e^{-\frac{\Delta E_v}{kT}} + \frac{d_2 d_3}{L_2^2} e^{-\frac{\Delta E_v}{kT}} \right]^{-1} \\ &\approx \left[ 1 + \frac{d_2 d_3}{L_2^2} e^{-\frac{\Delta E_v}{kT}} \right]^{-1}. \end{aligned} \quad (2)$$

$$\alpha_2 = r_2 \beta_2 \alpha_2^* \approx \beta_2 = 1 - \frac{d_5^2}{2L_5^2 \left( 1 + \frac{p}{n_n^0 + p} \right)} \quad (3)$$

这里,  $L_2, L_3, L_4, L_5$  分别对应各区少数载流子扩散长度;  $n_n^0$  为  $d_5$  区电子平衡浓度;  $p$  为  $d_5$  区注入空穴浓度;  $\Delta E_v$  为第一晶体管基区势垒 ( $\Delta E_v \approx 1.402y + 0.468y^2$  电子伏)。

器件完全电导通要求

$$\alpha_1 + \alpha_2 > 1 \quad (4)$$

对于我们的器件,  $\alpha_2$  很接近于 1, 因此,为满足完全导通条件(5),  $\alpha_1$  只需要一个很小的值,此时选取的铝含量( $y$  值)可接近于一般 DH 激光器电子完全限制所需值,因此,  $\Delta E_v$  对注入激射有源区电子有接近完全限制。

(三)  $N\cdot Ga_{1-x}Al_xAs/p\cdot GaAs/p\cdot Ga_{1-y}Al_yAs$  具有典型的 DH 激光器结构,异质势垒  $\Delta E_x, \Delta E_y$  分别使注入有源区的空穴及电子得到完全限制和接近完全限制(同时具有光限制),从而使激射阈电流密度可降低到接近于一般双异质结激光器阈电流密度水平。

综合(二)、(三)所述,本器件特点在于。

1. 激射阈电流密度低,
2. 采用两个异质发射结以提高两个晶体管的注射效率,并使第二晶体管有接近于1的电流放大系数,以及适当利用注入激射有源区电子对势垒  $\Delta E_v$  的“越出”作用,实现电学上的完全导通。
3. 异质结构使激射有源区和雪崩倍增区分开,激射特性及通态电流特性可分别进行控制。

(四)测量了器件的伏—安特性及激射特性:

1. 伏—安特性: 转折电压  $V_s$ : 15~20 伏,维持电压  $V_H$  约为 1.5 伏,维持电流  $I_H$ : 10~100 毫安。
2. 激射阈电流密度最低可达 2500 安/厘米<sup>2</sup>,激射峰值波长 9020 埃,半宽 2 埃。
3. 将激光器和电阻、电容组成简单的张弛回路,能够容易地实现自振激射,振荡频率可达 10 兆周。

## 双异质结激光器退化特性的初步观察

中国科学院半导体研究所 702 组

我们采用了三种工艺制作 GaAs-Al<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>As 双异质结条形激光器: (1)质子轰击隔离条形激光器; (2)氧离子注入隔离条形激光器; (3)带有支撑的台面条形激光器。三种激光器都分别得到了室温连续激射,性能上没有显著的差别。激光器的主要性能为: 阈值电流  $I_{th}$ : 50~300 毫安; 阈电流密度  $J_{th}$ : 1000~4000 安培/厘米<sup>2</sup>; 微分量子效率  $\eta_d$ : 20~54%; 发射光谱峰值波长: 8200~8900 埃; 半功率点谱线宽度: 2~10 埃; 激射寿命: 个别的可达到 2500 小时。

我们把激光器的退化行为分为两类:  $I_{th}$  随工作时间一直是陡增的称为快退化激光器;  $I_{th}$  随工作时间的增长出现缓慢增加的称慢退化激光器。快退化激光器含有由位错、应力等引起的暗点缺陷、暗线缺陷源,它们在激光器工作条件下很快增殖,致使激光器的阈值不断陡增。慢退化激光器含有的缺陷属于束缚性的,激光器工作初期,也会使  $I_{th}$  增高,但达到平衡后,缺陷不再发展,  $I_{th}$  的增高也就减慢了。激光器镜面受氧气和水气的侵蚀也会造成缓慢退化。从应用的角度,必须寻找合理的筛选条件,把快退化激光器筛选掉,留下慢退化的激光器提供使用。

一部分激光器的光强—电流曲线出现了异常的扭折现象。在扭折点对应的电流下观察了近场和远场。初步认为: 这主要是由于我们目前的激光器存在许多可能激射的发光丝,随着电流的变化,发光丝猝灭或者新生,在发光丝猝灭或者新生时就出现了  $P_o-I$  曲线的扭折。为了消除扭折,我们一方面要改进材料和器件的均匀性,另一方面要设法把条形激光器的条宽减小,以便使激光器只可能有一个发光丝,使模式尽量单一。

## GaAs-GaAlAs 双异质结激光器寿命的测量和分析

中国科学院吉林物理研究所 202 组

本文介绍有关 GaAs-GaAlAs 双异质结室温连续激光器寿命实验过程中的一些退化特征。对阈值电流为 155~196 毫安,外微分量子效率 15~30% 左右,在阈值的 1.8 倍工作电流下,单面输出光功率 25 毫瓦左右的三只激光器进行了寿命考核。分别老化了 500~1300 小时。在老化过程中,其阈值电流、外微分量子效率、激光光谱的峰值波长和半宽度、伏安特性、远场图样等参数,都随老化时间的增加而退化。

### 1. 实验条件

按照 1977 年 5 月桂林“光通讯”会议上的规定: 寿命考核要求给定电流为阈值电流的 1.05 倍; 单面输