

水平无籽晶气相生长的 $Pb_{1-x}Sn_xTe$ 二极管激光器

朱筱春 曹根娣 张位在 杨建群 王海龙

(中国科学院上海光机所)

提要: 本文报告了采用 HUVG 方法制造的铅盐可调谐二极管激光器。在 12K 温度下, 激光器的阈值电流为 1.6 安培, 发射波长为 10.2 微米。

Horizontal unseeded vapor growth (HUVG) of a $Pb_{1-x}Sn_xTe$ diode laser

Zhu Xiaochun, Cao Gendi, Zhang Weizai, Yang Jianqun, Wang Hailong

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

Abstract: In this paper, we report a lead salt tunable diode laser fabricated by HUVG. At 12K, the threshold current is 1.6A, the emission wavelength is 10.2 μ m.

铅盐半导体可调谐二极管激光器, 作为一种输出波长在 3~30 微米范围内的有效红外光源, 被广泛用于高分辨率光谱学、大气污染监视、同位素分析、外差接收、毒气控制等方面, 近年来, 它越来越引起人们的兴趣和重视^[1]。

要得到一个性能好的激光器, 关键在于采用低位错铅盐单晶, 制出一个优质 $p-n$ 结。目前常用的制造方法有退火^[2]、杂质扩散^[3]、质子轰击^[4]、液相外延^[5]、分子束外延^[6]等。在这里我们报告一种采用水平无籽晶气相生长(HUVG)直接制造的二极管激光器。

HUVG 方法早已被用来生长铅盐单晶^[7~9], 但是以前都是把生长出的单晶经过加工后, 再进行退火或杂质扩散获得 $p-n$ 结

的^[9,10], 在我们的方法里, 这些过程是不需要的。

$Pb_{1-x}Sn_xTe$ 多晶锭, ($x \sim 0.12$) 系用 99.9999% 纯度的 Pb、Sn、Te 元素, 按照 $(Pb_{0.88}Sn_{0.12})_{50-\delta}Te_{50+\delta}$ 化学计量比, 精确称出所需的各元素量, 然后将它们放在经过清洗处理的高纯石英管内, 高温合成多晶锭。

在进行晶体生长前, 先将多晶锭碾碎成适当颗粒, 高真空下封装在生长管内, 将其放在生长炉里, 恒温几天即可。

生长管内最后的生长状态是分开的几个块状小单晶, 这些小单晶在生长管内自扩散形成 $p-n$ 结, 结深一般为 10~50 微米。比较好的表面为 0.5 厘米²面积, 生长表面平整

收稿日期: 1982 年 10 月 13 日。

光亮,呈镜面,通常为 $\langle 100 \rangle$ 取向,根据同一单晶块各部分制作的激光器光谱测量表明,单晶组分是均匀的, Norr 腐蚀观察位错密度低至 $4.4 \times 10^3/\text{厘米}^2$ 。

将已获得 $p-n$ 结的晶体,经过细心加工减薄成 $150 \sim 250$ 微米厚的晶片,清洁处理后,在 p 、 n 面分别电镀上一定厚度的 Au 和 In 作为欧姆接触,然后按照生长晶面所给出的方向解理成 $500 \times 200 \times 200$ 微米左右的二极管管芯片,将其装在特制的镀 Au 的铜热沉管座上,见图 1。

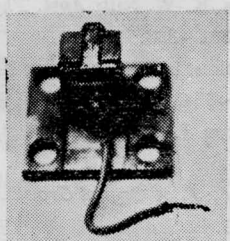


图 1 二极管包装结构

将制成的二极管直接浸在液氮中,测量其 77K 下的 $I-V$ 特性,作为二极管质量的初步检验,见图 2。根据二极管接触电阻、串联电阻、导通电压等参数,可以分析二极管的质量。

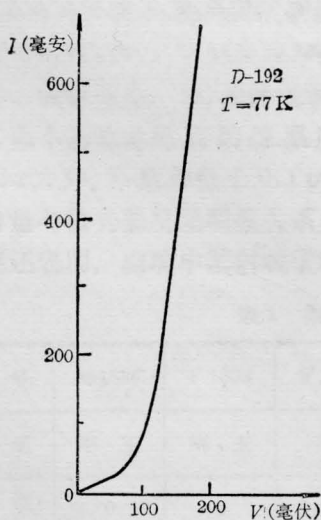


图 2 $\text{Pb}_{0.88}\text{Sn}_{0.12}\text{Te}$ 二极管在 77K 下的 $I-V$ 特性曲线

二极管的激光特性测试,是将其安装在国产 K_5-2L 型致冷机上进行的,这种致冷机可使二极管热沉的温度降低到 38K 。我们用一个 4 微秒脉宽、重复频率为 1 千周的脉冲电源驱动,激光输出用液氮致冷的 HgCdTe 探测器接收,探测器的信号经过放大输入到示波器观察激光脉冲,见图 3。图中上面的曲线为电脉冲波形,下面的曲线为光脉冲波形。从图中可以看出光脉冲相对电脉冲有一定的时间延迟。通过光脉冲幅度的急剧增大,可以测出激光器的阈值电流,我们的激光器在 38K 时脉冲阈值一般在 4 安左右。

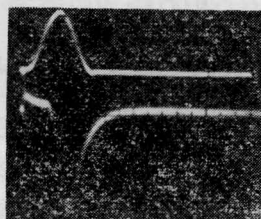


图 3 二极管驱动脉冲及光脉冲波形

我们知道,铅盐半导体可调谐激光器的温度调谐系数是很大的。因此,欲想测出该激光器的输出光谱,二极管的热沉温度必须很稳定。为此,这种测量必须在温度高度稳定的低温致冷器中进行,图 4 就是在这种致冷器上测得的激光光谱(工作温度 12K , 阈值电流 1.6 安,工作电流 4 安,脉宽 4 微秒,重复率 300 周/秒)。

从图中可以看到激光器是多纵模输出。我们跟踪一个纵模,改变工作电流,观察到纵模位置移动。例如,在工作电流为 2 安时波数为 976.30 厘米 $^{-1}$, 3.2 安时为 977.43 厘米 $^{-1}$, 4 安时为 987.68 厘米 $^{-1}$ 。工作电流从 3.2 安增加到 4 安,波数增加很快,这说明由于二极管热阻较大,结温迅速上升。

二极管在 38K 下的输出波长 ~ 9.1 微米,在 12K 下 10.2 微米。前者同计量的组分偏差较大,后者较接近,这可能是前者由于发热热沉温度要比 38K 高的缘故。

采用 HUVG 直接制造二极管晶片的方

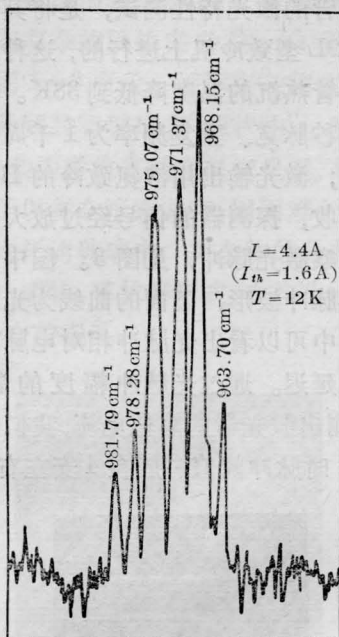


图4 $\text{Pb}_{0.88}\text{Sn}_{0.12}\text{Te}$ 二极管激光器发射光谱

法是行之有效的。它不仅成晶率高,制作方便,而且由于省略许多加工和热处理等过程,减少了晶片的位错。因而有利于提高激光器的性能。

本实验的光谱测试工作得到大连化学物理研究所沈之焯等同志大力支持,并且进行了有益的讨论,在此表示感谢。

参 考 文 献

- [1] H. Preier; *Appl. Phys.*, 1979, **20**, No. 3, 189~206.
- [2] R. W. Ralston *et al.*; *IEEE J. Quant. Electr.*, 1973, **QE-9**, No. 2, 350~356.
- [3] W. Lo; *Appl. Phys. Lett.*, 1976, **28**, No. 3, 154~156.
- [4] J. P. Donnelly *et al.*; *Solid State Electronics*, 1972, **15**, No. 4, 403~407.
- [5] S. H. Groves, K. W. Nill; *Appl. Phys. Lett.*, 1974, **25**, No. 6, 331~333.
- [6] J. N. Walpole *et al.*; *Appl. Phys. Lett.*, 1976, **28**, No. 9, 552~554.
- [7] T. C. Harman; *J. Electron Material*, 1974, **3**, No. 4, 843.
- [8] I. Kasal *et al.*; *J. of Crystal Growth*, 1974, **23**, No. 3, 201~206.
- [9] W. Lo *et al.*; *J. of Appl. Phys.*, 1976, **47**, No. 1, 267~271.
- [10] A. L. Kurbatov *et al.*; *Soviet Journal of Quant. Electr.*, 1981, **11**, No. 2, 264~266.