

UCRL-50021-76.

- [11] P. D. Maker, R. W. Terhune, *Phys. Rev.*, **137**-3A (1965), A801.
- [12] M. J. Moran, Chiao-yao She and R. L. Carman, *IEEE J. Quant. Elect.*, **QE-11**-6 (1975), 259.
- [13] R. Fischer, L. A. Kulevski, *Soviet J. Quant. Elect.*, **QE-7**-2 (1977), 135.

- [14] J. G. Bergman, Jr., G. D. Boyd, A. Ashkin, S. K. Kurtz, *J. Appl. Phys.*, **40**-7 (1969), 2860.
- [15] B. L. Davydov, *Soviet JETP Lett.*, **12**(1970), 16.
- [16] S. K. Kurtz, T. T. Perry, *J. Appl. Phys.*, **39**-8 (1968), 3798.

条形 GaAs 半导体激光器的非线性温度特性*

周佩珍 李兆霖 齐上雪 戴守愚

(中国科学院物理研究所)

一、前言

在通常的 (AlGa)As 条形半导体双异质结激光器的输出功率随注入电流变化的过程中, 由于非线性扭曲现象的存在, 限制了输出功率的动态范围, 带来了使用的局限性。尤其在模拟调制的通讯系统中, 对讯号引入畸变, 在与光纤的耦合上也造成困难。因此, 非线性问题的研究成为重要课题之一。

目前对非线性问题的研究大多在固定温度条件下进行^[1-3]。对于非线性现象在低温下随温度的变化关系叙述不多。然而对激光器低温特性的研究还是重要的^[4]。我们在低温的不同温度下对激光器的非线性现象进行了观察, 定性作了初步探讨, 以便从实验结果进一步了解半导体激光器的内在机理, 并引出一些实用的结论。

二、实验

所用的器件是四层条形双异质结激光器, 条宽为 15 μm , 由质子轰击形成^[5]。

所用的低温实验装置如图 1 所示。

激光器置于铜底座上, 进行直流工作, 正向偏置电流由直流电源供给, 用低速马达带动电位器平缓改变电流值, 发射的激光经玻璃窗口

由 Si 光电池变成电信号送入函数记录仪记录。光谱测量是通过光装置使激光正入射进 2 m 光栅摄谱仪, 在出射狭缝处用光电倍增管接收, 由函数记录仪对自动扫描的光谱进行记录。

用透明杜瓦瓶装置观察了激光器在低温下前后两镜面输出特性的不对称性。

三、实验结果

我们测量了十多个激光管的输出光功率 P

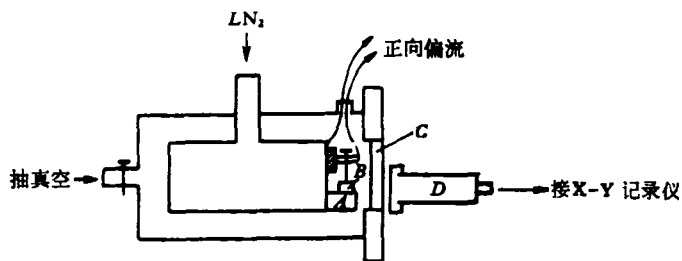


图 1 铜液氮杜瓦瓶
A——底座; B——激光器; C——玻璃窗口; D——Si 光电池

与注入电流 I 的特性曲线, 典型的 $P-I$ 曲线如图 2(a) 所示。我们把扭曲出现的初始光功率 P_k 称为临界光功率, 与之对应的电流记为 I_k 。图 2(b) 示出了 P_k 与环境温度 T 的关系曲线。图 2(c) 示出了 I_k-T 关系曲线。为比较起见, 阈值电流 $I_{th}-T$ 的关系也示于图 2(c) 中。图 2(d) 示出了外微分量子效率 η 与 T 的关系

* 1979 年 2 月 19 日收到。

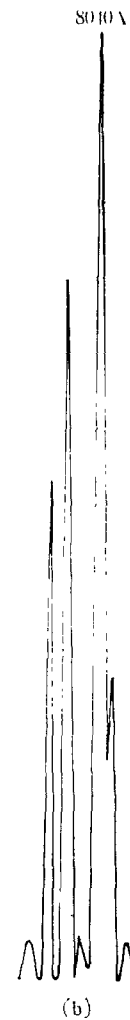
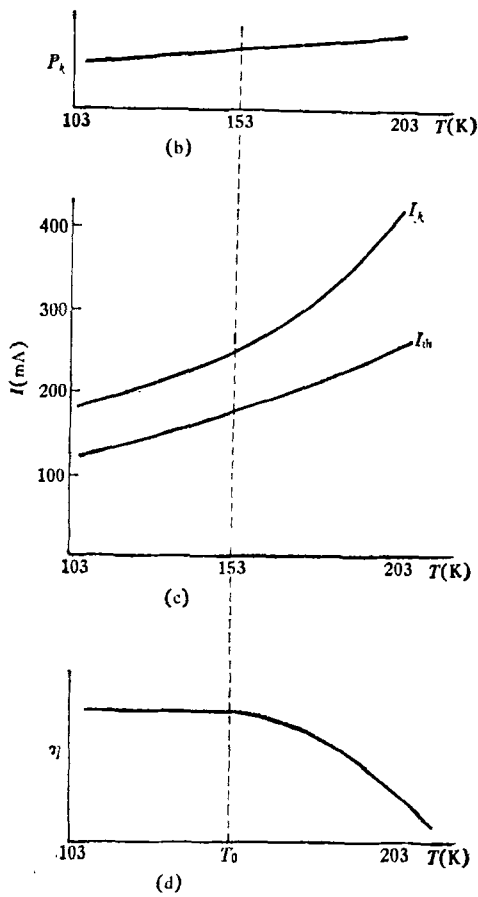
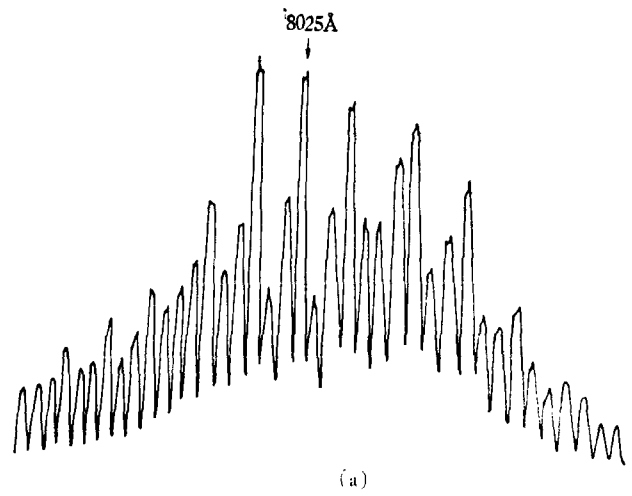
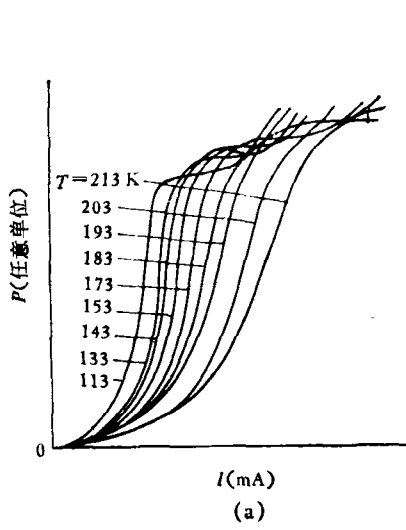


图 2

(a) 不同温度下典型的 $P-I$ 曲线 (b) P_k-T 关系曲线
(c) I_k 与 I_{th} 对 T 的关系曲线 (d) $\eta-T$ 关系曲线

图 3

(a) 在 $I = 100 \text{ mA}$ 时记录的二族靠得很近的纵模光谱
(b) 在 $I = 115.5 \text{ mA}$ 扭曲后期激发的高级横模

曲线。

光谱测量发现,在非线性扭曲前,激光光谱呈现出一族纵模;在扭曲刚出现时,明显地呈现出第二族纵模。二者靠得很近,互相交迭在一起,见图3。

低温时看到的前后镜面光输出特性示于图4。

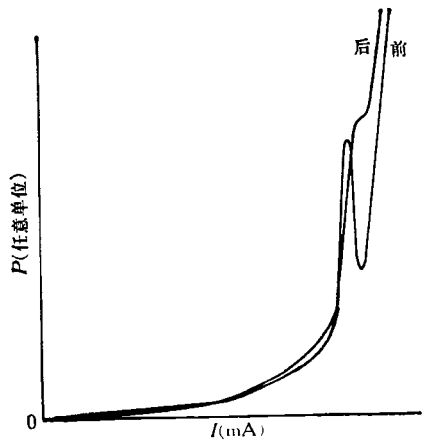


图4 前后镜面的光输出特性

另外,我们也对 TM 模在低温下的受激条件随温度的变化进行了观察,其结果示于图5。

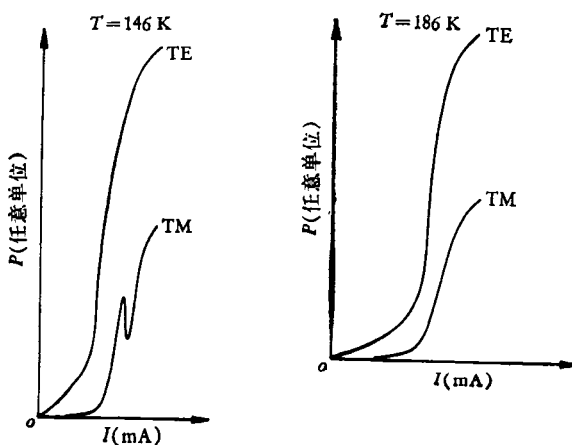


图5 显示 TM 模在低温下受激条件的 P-I 曲线

四、讨论

从图2可以看出, P_k 在整个实验温度范围随 T 变化不明显,只是略有增加,而 I_k 在 T_0 (T_0 是量子效率开始明显下降的温度) 以下温度范

围变化不大,在 T_0 以上温度范围增加很快,它与 η 值的温度变化趋势相对应。这是因为 $(I_k - I_{th})$ 值比例于 P_k/η , 即 $(I_k - I_{th})$ 随温度的增量不仅由 P_k 的微弱增加所贡献,而且由量子效率的下降所贡献, η 的明显下降使得要达到临界光强 P_k 需要增加更多的注入电流。可见, I_k 值与量子效率、阈值电流等器件的参量很有关系,而 P_k 值却与此无关。这一事实表明,光场 P_k 更是直接和本质地与器件的非线性现象联系起来。它引导我们认为发生非线性扭曲的本质原因是这个足够强的辐射光场 P_k 。我们的结果显然和 Paoli^[1] 定性提出的强辐射场和作用介质相互作用的“增益烧孔”模型是一致的,也告诉我们要改善器件的输出特性得从如何提高 P_k 着手。

图2(b)所示的 P_k-T 的缓慢增加原因之一是由于扩散长度随 T 微弱增加所引起的^[6]。因为非线性扭曲起源于强辐射引起介质的“增益烧孔”^[1,3],因此扩散长度的增加有利于载流子向增益烧孔区扩散,不利于增益轮廓的变形,使非线性扭曲在更高的光强下发生,所以任何有利于扩散长度增加的因素都将导致临界光功率的增加。例如减少条宽,改变器件结构(例做成掩埋异质结)^[7] 可以改善器件的输出特性^[1]。当然,采用沿结平面向的折射率光制导结构也是一种手段^[8,9]。

由图2(c)还可以看出,在实验温度范围, I_k/I_{th} 值近于常数。这是由于在此温区内 η 和 I_{th} 都以较为接近的速率指数变化的结果。由此可以粗略地估计我们的器件在某一温度下线性工作的电流范围。同时也看出,在 η 几乎不变的温区内, $(I_k - I_{th})$ 值趋于常数,由此规律可以确定在某一 T 值下线性工作的电流范围。

在近场实验中可以观察到光场的连续漂移和扭转^[2]。这实际上是两个变动的光场(二个腔)迭加的结果,在扭曲过程中发生了光功率从一族模到另一族模的连续转移。图3(a)是相应于出现扭曲电流时的二族纵模迭加的光谱,线宽变大。图3(b)反映了扭曲后期激发了高级横模。

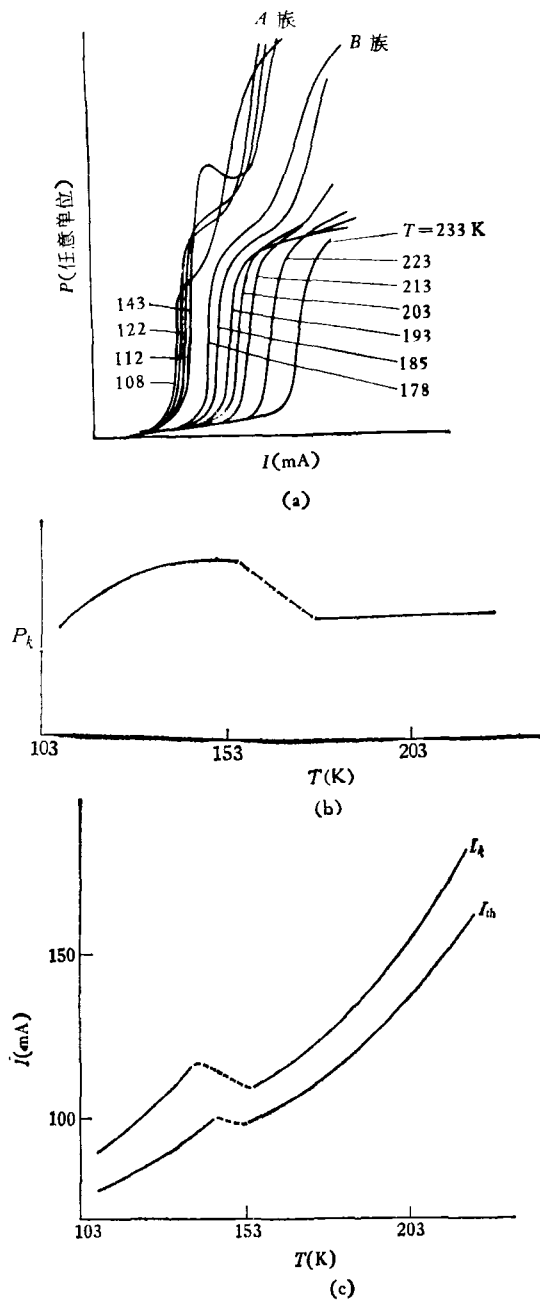


图 6
(a) 不同温度下 $P-I$ 曲线; (b) P_k-T 关系曲线;
(c) I_k 与 I_{th} 对 T 的关系曲线

在我们的实验中发现有些二极管的 $P-I$ 曲线随温度变化如图 6(a) 所示的那种情况, 相

应的 P_k-T , I_k-T 及 $I_{th}-T$ 曲线分别示于图 6(b) 和 6(c). 可以认为 A 族曲线和 B 族曲线分别对应于条区内不同空间区域的二个丝的行为. 对每个丝, 前面的讨论都适用. 这一现象表明: 随环境温度的变化, 空间增益的变化是不均匀的. 在某一温度范围, A 丝为主导, 当 T 增加到另一范围时, 空间的增益分布变化有利于 B 丝受激, 于是 B 丝为主导. 如果增益的变化在空间是均匀的话, 则在某一温区占主导地位, 但事实并非如此. 另外从扭曲的程度随 T 而变也说明了空间增益随温度的变化是不均匀的, 否则温度改变时扭曲的形状应该不变.

图 4 示出了两端面输出特性的不对称性. 一种可能的原因是在光场的扭转过程中存在某种缺陷机构, 它既吸收激光, 又形成一个反射面, 形成两个小子腔, 引起两端面光输出的不对称性.

实验发现: 双异质结激光器的 TM 模也能受激, 但它的阈值要比 TE 模高得多, 只是在低温下并在 TE 模的光泵作用时才受激. 在常温下只看到 TE 模受激发射, TM 模只是自发发射.

参 考 文 献

- [1] T. L. Paoli, *IEEE J. Quantum Electron*, **QE-12** (1976), 770.
- [2] J. Ripper, *IEEE J. Quantum Electron*, **QE-13** (1977), 688.
- [3] N. Chinone, *J. Appl. Phys.*, **48-8** (1977), 3237.
- [4] C. J. Hwang, *J. Appl. Phys.*, **49**(1978), 29.
- [5] 中国科学院物理研究所半导体激光组等, *科学通报*, **20-12** (1975), 559.
- [6] Jüri Vilms and William E. Spicer, *J. Appl. Phys.*, **36**(1965), 2815.
- [7] Toshihisa, Tsukada, *J. Appl. Phys.*, **45**(1974), 4899.
- [8] Hiroo Yonezu, *Japan. J. Appl. Phys.*, **16**(1977), 209.
- [9] H. Namizaki, *IEEE J. Quantum Electron*, **QE-11** (1975), 427.