

InGaAsP/InP 双异质结发光管光功率的温度和饱和特性

张桂成 水海龙

(中国科学院上海冶金研究所)

1982年3月30日收到

一、引言

石英光纤在 $1.0 \sim 1.7 \mu\text{m}$ 范围有低损耗和低色散,因此长波长光纤通信是近年来发展较快的领域. 为了使长波长光通信系统实用化,研究可作为这一系统光源用的 InGaAsP/InP 双异质结发光管光功率的温度和饱和特性,具有现实意义^[1-7].

本文测量了 InGaAsP/InP 双异质结发光管的温度特性,比较了相同结构的 InGaAsP/InP 和 GaAlAs/GaAs 发光管的 $I-P$ 特性,分析了这两种器件光功率特性差别的根源.

二、实验方法和测量装置

InGaAsP/InP 发光管是用液相外延技术在 n-InP 衬底上,依次生长 n-InP/InGaAsP/p-InP 三层结构,或用 p-InGaAsP 作接触层的四层结构^[8]. 用 SiO_2 作绝缘介质膜,低温 Zn 扩散,溅射 TiPdAu 和蒸发 AuGeNi, 分别作 P 面和 n 面电极. 镀 Au 作热沉,管芯 P 面朝下,压焊在管座上. 用干冰冷却和电热丝加热连续改变热沉温度的方法,在 1kc 半正弦波瞬时通电条件下,测量相应温度下的光功率. 测量装置如图 1 所示.

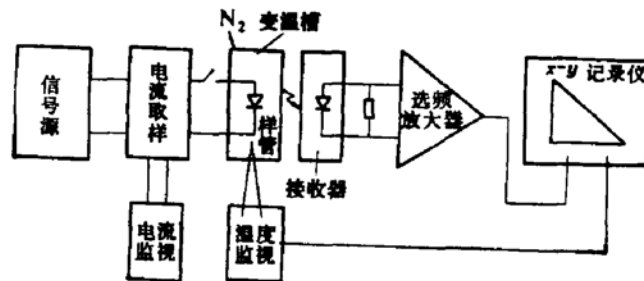


图 1 温度特性的测量装置

三、实验结果

1. 光功率的温度特性

InGaAsP/InP 双异质结发光管相对光功率 P_r 与热沉温度 T 关系,如图 2 所示. 抽

测了 10 只 InGaAsP/InP 发光管, 求得光功率的温度系数在 $-60^{\circ}\text{C} \sim +70^{\circ}\text{C}$ 范围内为 $-4.8 \times 10^{-3} \sim -8.1 \times 10^{-3}/^{\circ}\text{C}$. 较相同结构的 GaAlAs/GaAs 发光管的温度系数 $-3 \times 10^{-3}/^{\circ}\text{C}$ 为大^[9].

2. 电流密度 J 对 $\Delta P_r - T$ 关系的影响

在 J 为 $5 \sim 20 \text{ kA}/\text{cm}^2$ (相当于直流电流密度的 3 倍) 条件下, 测得的相对光功率偏离度 ΔP_r 与 T 的关系, 如图 3 所示. 从图 3 可见, 当 $J < 10 \text{ kA}/\text{cm}^2$ 时, ΔP_r 随 T 和 J 的增加而增大. 但是当 $J > 10 \text{ kA}/\text{cm}^2$ 后, J 对 ΔP_r 的影响明显地降低.

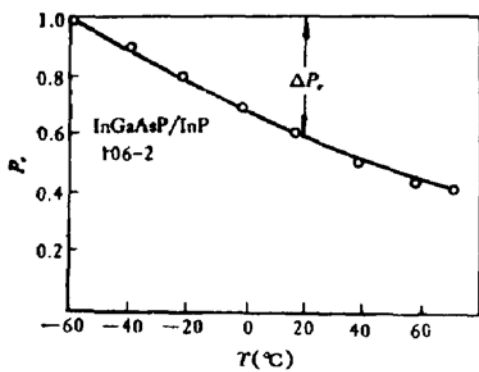


图 2 $P_r - T$ 关系曲线

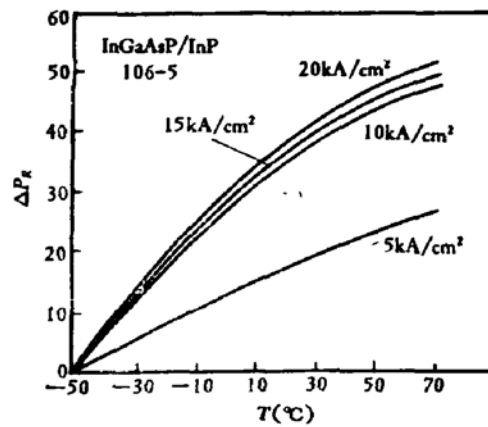


图 3 $\Delta P_r - T$ 关系曲线

3. InGaAsP/InP, GaAlAs/GaAs 发光管的 $I - P$ 特性

相同结构的 InGaAsP/InP 和 GaAlAs/GaAs 发光管, 相对光功率 P_r 与电流 I 关系如图 4 所示. 从图 4 可见, GaAlAs/GaAs 发光管光功率的线性度较 InGaAsP/InP 发光管好, ΔP_r 也较 InGaAsP/InP 发光管小.

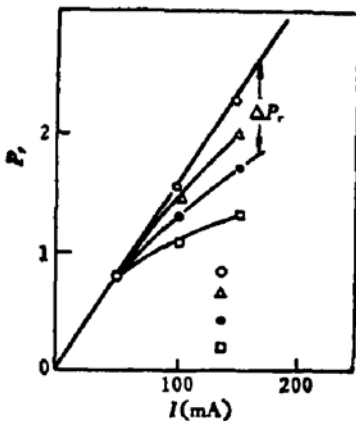


图 4 发光管的 $I - P$ 特性
 ○ GaAlAs/GaAs △ 224-3-1
 ● 238-2 □ 106-5

四、讨 论

1. 热沉温度和注入电流对光功率特性的影响

从图 2 可见, InGaAsP/InP 发光管的相对光功率 P_r 随 T 的增加而降低; ΔP_r 随 T 的增加而增大. 而图 4 的结果表明, ΔP_r 随 I 的增加而增大. 该器件的内量子效率 $\eta_i = \tau / \tau_r$, 式中 τ , τ_r 分别为载流子寿命和辐射复合寿命. 由于 τ 随 I 的增加而降低^[11], 因此 η_i 随 I 的增加而下降, 导致了 ΔP_r 随 I 的增加而增大. 同时由于 τ 也随 T 的增加而降低, 也导致了随 T 的增加 P_r 降低或 ΔP_r 增大的结果^[10].

导致了 ΔP_r 随 I 的增加而增大. 同时由于 τ 也随 T 的增加而降低, 也导致了随 T 的增加 P_r 降低或 ΔP_r 增大的结果^[10].

2. 电流密度 J 对 $\Delta Pr-T$ 关系的影响

图 3 的 $\Delta Pr-T$ 关系曲线表明,当 $J < 10\text{KA}/\text{cm}^2$ 时, ΔPr 随 J 的增加而增大,但当 $J > 10\text{KA}/\text{cm}^2$ 后, J 对 ΔPr 的影响明显变小. 这是由于在高注入电流下, η_i 随注入电流 J 的变化很缓慢. 同时 τ 随 T 的变化率变小和 T 对 η_i 的影响也变小的缘故^[6].

3. 光功率的线性度问题

结构相同的 GaAlAs/GaAs 和 InGaAsP/InP 发光管,光功率的线性度差别较大,如图 4 所示. 前者线性度较后者好;功率偏离度 ΔPr 也较后者小. 这两种器件有源层中都有深能级杂质存在, InGaAsP 中深能级密度 N_T 为 $1.5 \times 10^{14}\text{cm}^{-3}$ ^[11], 较 GaAlAs 中为高^[12]. 光吸收损失在 InGaAsP 中也较大^[13],热载流子效应对 InGaAsP 材料亦有较大影响^[14],这些都是 InGaAsP/InP 发光管的温度系数和 ΔPr 较 GaAlAs/GaAs 发光管大的重要根源.

关于 InGaAsP/InP 发光器件有源层中深能级的来源是尚未弄清的问题,磷空位的存在可能是重要来源之一.

五、结 语

用变化热沉温度的方法,测量了 InGaAsP/InP 发光管的温度特性,在 $-60^\circ \sim +70^\circ\text{C}$ 范围内,温度系数为 $-4.8 \times 10^{-3} \sim -8.1 \times 10^{-3}/^\circ\text{C}$,研究了电流密度对光功率特性的影响,在 $J < 10\text{KA}/\text{cm}^2$ 时它对 ΔPr 影响较大,而当 $J > 10\text{KA}/\text{cm}^2$ 后,它对 ΔPr 的影响明显变小. 比较了相同结构的 InGaAsP/InP 和 GaAlAs/GaAs 发光管的 $I-P$ 特性,结果表明, InGaAsP/InP 发光管的光功率偏离度 ΔPr 较 GaAlAs/GaAs 发光管大,其原因可能是 InGaAsP 中深能级杂质密度较 GaAlAs 中高所造成的.

致谢: 陈瑞璋,蒋惠英参加测试工作,与王德宁同志进行了有益地讨论,一并在致此致谢.

参 考 文 献

- [1] T. Uji, K. Iwamoto and R. Lang, *Appl. Phys. Lett.*, **38** 193 (1981).
- [2] K. D. Chik, IDEM Inter, Electron Devices Meeting, 374 (1980).
- [3] R. C. Goodfellow, *IEEE Trans Electron Device*, **ED-28**, 365 (1981)
- [4] M. Yano, H. Nishi and M. Takusagawa, *IEEE J. Quantum.*, **QE-16** 661(1980).
- [5] T. P. Lee, *IEEE J. Quantum.*, **QE-14**, 150 (1978).
- [6] A. Sugimura, *IEEE J. Quantum.*, **QE-17**, 441 (1981).
- [7] A. Sugimura, *IEEE J. Quantum.*, **QE-17**, 627 (1981).
- [8] 邹祥生, 杨易, 李允平, 半导体学报, **3**, 162 (1982).
- [9] 肖忠耀, 沈彭年, 吴冠群, 半导体光电, No. 2, 98 (1981).
- [10] N. K. Dutta, and R. J. Neison, *Appl. Phys. Lett.*, **38**, 407 (1981).
- [11] Yoichi Sasal, Yoshimitu Yamazoe, Masanoyi okuyama, Teneo Nishino and Yoshihiro Hamakawa, *Jpn. J. Appl. Phys.*, **18** 1415 (1979).
- [12] Toshio Uji and Katsushiko Nishida, *Jpn. J. Appl. Phys.* **15**, 2247(1976).
- [13] Ikuo Suemune, Masamichi Yamanishi and Nobuo Mikoshiba *Jpn. J. Appl. Phys.*, **20**, L631 (1981).
- [14] J. Shah. R. F. Leheng and R. E. Nahory, *Appl. Phys. Lett.*, **39**., 618 (1981).

Characteristics of Temperature and Output Saturation in InGaAsP/InP Double Heterostructure Light Emitting Diodes

Zhang Guicheng and Shui Hailong

(Shanghai Institute of Metallurgy, Academia Sinica)

Abstract

The temperature characteristics of InGaAsP/InP DH LED has been investigated. The I - P characteristics of InGaAsP/InP and GaAlAs/GaAs LEDs with the same structure are compared, and the cause of the difference in optical power characteristics between these two types of diode is analyzed.