

半导体激光器调制相位不均匀效应的实验研究

潘 贵 生

(中国科学院半导体研究所, 北京)

赵 一 广

(北京大学物理系)

1987年6月9日收到

对于条形半导体激光器在不同偏置电流、调制频率的工作条件下, 调制相位不均匀效应进行了实验研究, 并与 $1.3\mu\text{m}$ 、BH 半导体激光器的调制相位不均匀性进行了比较。实验结果与理论计算一致。

主题词: 半导体激光器, 精密测距, 调制相移

一、引 言

半导体激光器由于具有方向性好、亮度高、响应速度快等优点, 近年来逐渐代替发光管, 作为精密测距仪的光源。但是, 由于半导体激光器与发光管一样存在着调制相位不均匀效应, 这就限制了相位式测距仪的测量精度。

关于半导体激光器的调制相位不均匀效应, 已经从实验上观察到 BH、CSP 半导体激光器比质子轰击条形或氧化条形半导体激光器的调制相位要均匀得多^[1]; 理论和实验证明减小半导体激光器的条宽, 增大有源层内载流子的扩散长度可以改善条形半导体激光器的调制相位不均匀性^[2]; 对于半导体激光器的调制相位不均匀效应产生的物理根源及其与波导结构、器件参数、工作条件等的关系已经从理论上进行了系统的分析^[3]。

本文对于半导体激光器在不同偏置电流、调制频率的工作条件下, 以及不同波导机制的半导体激光器的调制相位不均匀效应进行了实验研究, 进一步验证了文献[3]提出的观点。

二、实验方法^[4]

图1为测量系统示意图。将半导体激光器安放在金相显微镜的载物台上, 在直流偏置上叠加频率为 f_1 的正弦调制讯号。金相显微镜的型号为 PME-1 型, 采用 $NA = 0.65$ 的物镜时, 测量系统的空间分辨率为 $0.7\mu\text{m}$ 。金相显微镜将半导体激光器的近场放大八

百倍。用红外变像管监视近场的聚焦以保证测量的是半导体激光器的近场调制相位。为

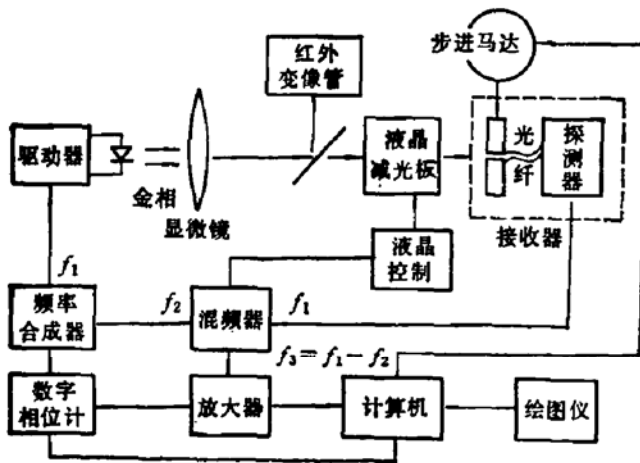


图1 测量系统示意图

减小接收面,提高分辨率,用一根与光探测器相连的光纤作为接收器。从接收器输出的频率为 f_1 讯号经放大并和频率合成器输出的频率为 f_2 的讯号都送到混频器进行混频,得到频率较低的 f_3 讯号。将 f_3 放大并整形后与从频率合成器输出的参考讯号一齐送到数字相位计,便可测出调制相位。由于在混频过程中,相位信息被保留下来,则数字相位计可工作在低频,从而提高了测量精度。该系统的测相分辨率为 0.1° 。

用计算机采集数字相位计输出的测相结果以及调制光讯号的强度。步进马达在计算机的控制下逐步转动并驱动接收器严格沿半导体激光器的结面移动。所以在一次扫描测量后,可以同时测出半导体激光器的调制相位分布以及光强的空间分布,并由绘图仪画出测量结果。

为减小因半导体激光器侧向各点光强不同所引起的幅相误差,该系统在接收器前安装了液晶减光板进行光强控制。由于这种减光板的减光作用是基于散射损耗,所以对成像的清晰度会有影响。实验中只在小范围内控制光强将其影响减至最小。

三、实验结果

我们对几十支激光二极管进行了相位分布测量。结果发现,当加大激光器的偏置电流时,调制相位分布均匀性都变差。其中条形结构激光二极管对偏置电流的变化最敏感,最好的管子,偏置也只能加到 1.2 倍阈值,偏流再大则调制相位分布明显变差。图 2 中给出了一典型结果。而 BH 结构激光器情况较好些,最大偏置可加到阈值电流的 1.5 倍

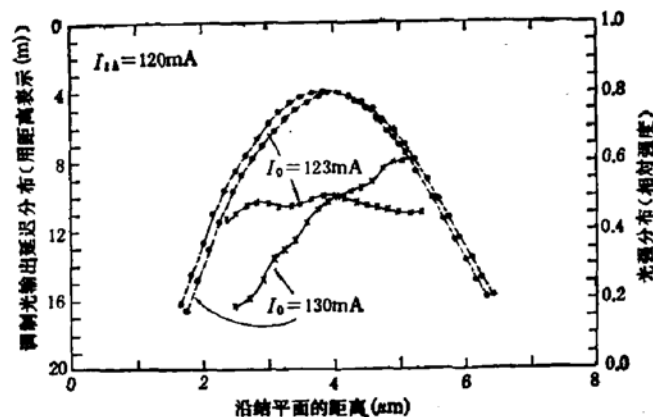


图2 条形激光器,不同偏置电流下的调制相位分布曲线 ($f = 32\text{MHz}$)

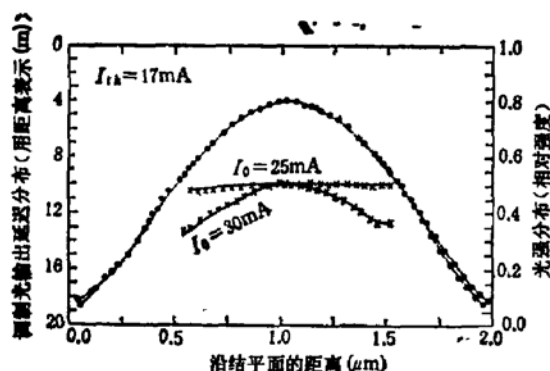


图3 BH 激光器,不同偏置电流下的调制相位分布曲线 ($f = 32\text{MHz}$)

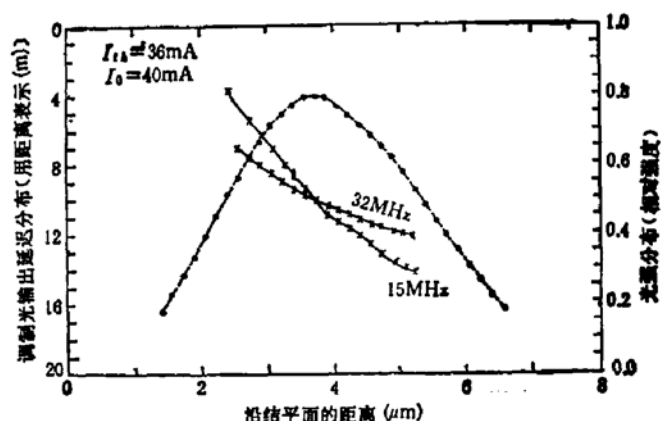


图4 条形激光器,不同调制频率下的调制相位分布曲线

左右,典型结果表示在图3中。另外还发现对同一激光器而言,偏置固定不变,调制相位分布均匀性随调制频率的降低而变差。典型结果如图4所示。

四、讨 论

文献[3]已经从理论上预见到条形半导体激光器偏置电流愈大,侧向调制相位的不均匀性愈严重;提高调制频率,虽然侧向调制相位的不均匀性愈严重,但换算为光输出的延迟时间或测距误差却随着频率的增高而趋于均匀。本文实验结果与文献[3]的分析完全一致。

BH 半导体激光器的侧向调制相位均匀性要优于条形半导体激光器;条形半导体激光器垂直于结面方向的调制相位不均匀性很小^[2];这些与文献[1]的实验结果是一致的。原因是自建波导的光束宽度在调制信号作用下不变的缘故^[3]。

实验结果发现部分半导体激光器沿结面方向调制相位的分布对于条中心不对称,有的甚至半边超前于条中心,另半边落后于条中心。这可由工艺的不完善所造成的注入电流分布以及载流子分布等的不对称性来解释。条中心的调制光信号与光束半宽的相位不一致将导致调制相位沿结面不均匀^[2,3]。在调制信号作用下,光束半宽的变化为^[3]:

$$\Delta \tilde{W} = \frac{\bar{W}}{4} \left(\frac{2\Delta \tilde{y}_s}{\bar{y}_s} - \frac{\Delta \tilde{n}_0}{\bar{n}_0} \right) \quad (1)$$

$$\text{其中} \quad \Delta \tilde{y}_s = - \left[\Delta \tilde{n}(y_s) / \left. \frac{d\tilde{n}}{dy} \right|_{y=y_s} \right] \quad (2)$$

这里 $\bar{n}_0$ 、 $\bar{W}$ 和 $\bar{y}_s$ 分别为直流偏置情况下的中心载流子浓度、光束半宽和载流子浓度为 $\frac{1}{2} \bar{n}_0$ 时的半宽。 $\Delta \tilde{n}_0$ 、 $\Delta \tilde{n}(y_s)$ 和 $\Delta \tilde{y}_s$ 分别为调制信号作用下,中心载流子浓度、 y_s 处的载流子浓度以及 y_s 的变化。

由(1)、(2)两式可见,光束半宽的调制相位由条中心的载流子浓度的相对变化 $\Delta \tilde{n}_0 / \bar{n}_0$ 、 y_s 处载流子的变化 $\Delta \tilde{n}(y_s)$ 及其斜率等决定。如果载流子分布及其在调制信号作用下的变化条两边不对称,如(1)式中 $\Delta \tilde{y}_s / \bar{y}_s$ 条两边不对称,则将导致条两边 $\Delta \tilde{W}$ 相位

不对称。当 $\Delta\tilde{\omega}$ 的相位落后于条中心调制光信号的相位时,则沿结面半边对于条中心的调制相位将是落后的;而当 $\Delta\tilde{\omega}$ 的相位超前于条中心的调制光信号的相位时,情况将相反。

五、结 论

综上所述,条形半导体激光器减小直流偏置、提高调制频率可以改善调制光输出延迟的不均匀性;自建波导半导体激光器的调制相位不均匀性要小于非自建波导条形半导体激光器。

半导体所安贵仁、张敬明同志参加了测试设备的研制工作。彭怀德副研究员、庄婉如副研究员对本实验工作给予了大力支持,北京大学物理系郭长志教授审阅了本文初稿,在此一并致谢。

参 考 文 献

- [1] R. Weltevr and H. Melchior, 9th IEEE International Semiconductor Lasers Conference, 166, (1984).
- [2] 王守武,王仲明,马国荣,半导体学报, 2, 113(1987).
- [3] 郭长志,赵一广,半导体学报,待发表.
- [4] 潘贵生,安贵仁、张敬明,中国科学院半导体所研究工作报告, 1985—1986.

Experimental Research on the Phase Inhomogeneity Effect of Light Output in Sine Modulated Semiconductor Lasers

Pan Guisheng

(Institute of Semiconductors, Academia Sinica, Beijing)

and Zhao Yiguang

(Department of Physics, Peking University)

Abstract

Under different bias currents and different modulated frequencies, the PIE of the light output in sine modulated stripe geometry semiconductor lasers is investigated. The PIE of 1.3 μm , BH semiconductor lasers is compared with the stripe geometry semiconductor lasers. The experimental results are in good agreement with the theoretical calculations.

KEY WORDS: Semiconductor laser diodes, Modulated phaseshifts, Range finder