

激光器采用输出反馈泵浦方法的光学双稳作用

Humio Inaba

(日本东北大学电信研究所)

近来,人们对显示双稳特性和微分增益从而实现下列各种功能的各种各样的光学系统有着极大的兴趣,这些功能包括光学开关、光学记忆、二进制逻辑作用、光学三极管、限幅、脉冲整形、脉冲产生等等。在本文中,我们将表明,采用我们新提出的输出反馈泵浦的方法,一台只能显示第二类相变行为的传统激光器一般也能显示第一类相变的非平衡类似,即双稳特性。根据这一设想,第一次使用一台半导体二极管激光器演示了光学双稳态。

我们考虑下述实验情形。用一泵浦源使一台标准激光器起振,它提供阈值 σ_t 之上的粒子数反转为 $\sigma = \sigma_p$ 。然后,把从检测器同时接收部份激光输出所得的电信号和从外部传输过来的另一光源的输入信号反馈到泵浦源,从而改变粒子数反转,形为 $\sigma = \sigma_p + \sigma_f$ 。式中,第二项 σ_f 描述附加粒子数反转或与光电反馈有关的差额,或简言之,反馈粒子数反转。正如通常所用的基于光电效应的检测器遵从平方律一样,我们简单假设 σ_f 正比于每个光信号的平均强度之和, $E^2 + E_i^2$,即 $\sigma_f = \xi_f(E^2 + E_i^2)$,这样, $\sigma = \sigma_p + \xi_f(E^2 + E_i^2)$ 就表示总的粒子数反转。然后,我们就可得到这一激光运转方式下用平均场近似写出的 Gibbs 自由能类函数的表达式:

$$\Phi(E) = -A[\xi_f E_i^2 - (\sigma_t - \sigma_p)]E^2/2 + [B(\sigma_p + \xi_f E_i^2) - A\xi_f]E^4/4 + B\xi_f E^6/6 \quad (1)$$

式中, A 和 B 是与激光器线性和饱和增益有关的增益参量,且永远为正。从而,实现光学双稳态,即获得激光第一类相变类似的特点,对入射平均光强 E_i^2 的条件就由 $\xi_f > \sigma_p/[A(B - E_i^2)]$ 给出,因为这将使方程(1)中 E^4 的系数为负。而且,若将与运转情形有关的光检测器在光强较高时的饱和效应包括进去,就可把这一分析加以推广。

对这个用一台半导体二极管激光器可以显示第一类相变的方案,我们进行了实验验证,所用的外部传输的光束可以是相干的,也可以是非相干的,都演示了光学双稳态。叫做双稳激光二极管(BILD)的实验装置可示意地表示出来,主要由一个激光二极管(LD)和一个光检测器(PD)组成。这一新型而又简单的构形可能起到为各种具有单块光学集成功能的光学系统提供关键元件的重要作用。