

三模连续激光中的混沌

C. O. Weiss

(德意志联邦共和国联邦技术物理学院, 不伦瑞克)

近来,我们首次观察到连续激光的混沌(湍流)发射。所用的激光是高输出耦合($T \approx 90\%$)的 $3.39\mu\text{m}$ 氦-氟激光。随着谐振腔一个镜子逐步地倾斜,导致混沌的一连串不稳定性从单模振荡开始逐步出现。我们发现,模在非均匀加宽的激光增益线中的位置对此过程的影响最强。因而模的频率是被甲烷 Lamb 凹陷稳定的 $3.39\mu\text{m}$ 氦-氟激光控制的。这激光用快速光电二极管测量,信号用射频频谱分析器处理。振荡的不稳定性显示为线,而混沌辐射显示为射频频谱的宽带噪声。对于增益线中心附近不同的模频率范围,我们观察到所有理论预期到的三个“混沌路径”(在 Benard 流体湍流实验中也观察到):

- 1) 周期加倍;
- 2) Ruelle-Takens;
- 3) 间歇。

序列 1) 的特征是:无限次的振荡周期加倍。实验中可以辨出 4 次。序列 2) 是从单模振荡通过一个周期状态,过渡到一个双周期状态(二个不相应的振荡频率)。序列 3) 表现出湍流中熟知的“间歇”行为。

这是首次在激光中观察到那些预期为普遍的不稳定性序列。我们发现,出现在第一个不稳定性之后的频率是二个纵模的拍频之差。这些拍频是在腔镜逐步倾斜时发生并增加其功率的。因此观察到的这类混沌行为是三模激光器的特征。

$$(3) \quad \left[\frac{1}{2} \left(\frac{\Delta \nu}{\nu} \right) + \left[\left(\frac{\Delta \nu}{\nu} \right)^2 - \left(\frac{\Delta \nu}{\nu} \right) \right] \right]^{1/2}$$