

无序分 位相脉动导致多模激光的低频过量子噪声 传播机制

巴恩旭 吕可诚

(南开大学物理系)

单模激光的自发辐射噪声(量子噪声)决定了激光谱线的极限线宽,对此已进行了大量的理论和实验研究。对于多模激光,除了量子噪声外,各个模之间还存在相互干扰。此附加扰动导致激光谱线的进一步加宽,并且在激光输出中产生幅度远大于量子噪声的低频噪声。实验上观察到,这种过量子噪声高达几十分贝,并且其频谱为低频连续谱,成为多模激光器应用的一大障碍。

本文采用随机过程理论,讨论了多模激光的过量子噪声。把多模激光系统的位相涨落视为一个平稳和各态历经的随机过程,则其自相关函数的傅里叶变换即为场的频谱密度。在稳态运转条件下,模的振幅可近似认为是稳定的,仅存在位相脉动,在计算中,把模的位相脉动作为无规行走过程处理,则其几率密度为高斯分布。首先导出由于位相脉动导致的场强的涨落频谱,进而考虑场强的涨落将导致粒子数反转分布的脉动。再将这个脉动作为附加扰动施加在各个模上,最后得到多模激光场的噪声频谱。在定态运转条件下,多模激光的噪声频谱是从零频开始的洛仑兹分布。将计算结果取对数强度,与用频谱仪观测的实验结果作比较,两者相符。这表明,定态多模激光的过量子噪声来源于模的位相脉动。