Переход от неоднородного к однородному уширению ниже порога генерации

Пашкевич ИС

Студент

*Московский физико-технический институт*

*(национальный исследовательский университет),*

*физтех-школа физики и исследований им. Ландау, Москва, Россия*

E–mail: pashkevich.is@phystech.edu

Ширина спектра излучения активной среды оказывает существенное влияние на свойства лазера. Ширина линии определяется сочетанием двух типов уширения: однородного и неоднородного. Однородное уширение возникает при совпадении частот перехода всех частиц активной среды, и обусловлено конечным временем жизни возбужденных состояний частиц. Неоднородное уширение возникает, когда частоты перехода активных частиц различаются, это может происходить из-за того, что частицы имеют различные свойства или того, что среда, окружающая отдельные частицы, различается. Спектр активной среды с однородным уширением имеет Гауссову форму, в то время как с неоднородным уширением – форму Лоренца. В данной работе исследовано поведение формы и ширины спектра одномодового лазера, в спектре активной среды которого доминирует неоднородное уширение, при различных скоростях накачки.

Свойства лазера исследовались с помощью уравнений [1, 2]:

$\frac{da}{dt}=\left(-γ\_{a}-iω\_{a}\right)a-iΩ\sum\_{j=1}^{N}σ\_{j}$ (1)

$\frac{dσ\_{j}}{dt}=\left(-γ\_{σ}-iω\_{σ}^{(j)}\right)σ\_{j}+iΩaD\_{j}$ (2)

$\frac{dD\_{j}}{dt}=\left(γ\_{P}-γ\_{D}\right)+\left(γ\_{P}+γ\_{D}\right)D\_{j}+2iΩ(aσ\_{j}^{\*}+a^{\*}σ\_{j})$ (3)

где $a$ – амплитуда ЭМ поля в резонаторе, $σ\_{j}$ и $D\_{j}$ – поляризация и инверсия населенностей *j*-той частицы активной среды. $Ω$ – константа связи между полем резонатора и каждой частицей. $γ\_{a}$ – скорость релаксации ЭМ поля, $γ\_{D}$– скорость продольной релаксации атомов, $γ\_{P}$ – скорость накачки активной среды. $γ\_{σ}$ – скорость поперечной релаксации атомов, которая определяет однородное уширение. $ω\_{σ}^{\left(i\right)} $– частоты перехода активных частиц, они имеют нормальное распределение.

Система (1)-(3) линеаризуется, с помощью анализа полученных уравнений показано, что существует критическое значение скорости накачки, при которой формируется особая мода, состоящая из коллективных колебаний электромагнитного поля и активных частиц. Остальные собственные моды состоят из колебаний поляризаций частиц активной среды. Ниже критического значения скорости накачки все моды вносят сравнимый вклад в спектр системы, приводя к неоднородному уширению. Однако, при превышении данного значения, скорость релаксаций особой моды уменьшается с увеличением скорости накачки, за счет этого в спектре лазера доминирует особая мода, спектр которой имеет вид Лоренцевой линии. Таким образом, неоднородное уширение эффективно превращается в однородное. Важно отметить, что критическое значение скорости накачки, при которой происходит переход от неоднородного уширения к однородному находится ниже порога генерации в лазере.

Получены выражения для частоты и порога генерации лазера в случае присутствия в системе как однородного, так и неоднородного уширения в активной среде. Обнаружено, что неоднородное уширение имеет аналогичное влияние на порог генерации и частоту генерации как и однородное уширение. Однако порог генерации для среды с неоднородно уширенным спектром несколько ниже, чем для среды однородно уширенным спектром. Предположительно, это происходит из-за того, что Гауссова форма быстрее уменьшается вдали от пика по сравнению с формой Лоренца, следовательно, для двух распределений с одинаковой полной шириной на половине максимума гауссово распределение на самом деле уже. Этот результат полезен для проектирования и изучения систем на основе активной среды с неоднородным уширением.

Литература

1. Scully, M.O. and M.S. Zubairy, Quantum optics. 1999, American Association of Physics Teachers.

2. Siegman, A.E., Lasers. 1986: University science books.