

Уменьшение порога генерации в лазере с распределённой обратной связью.

А. А. Зябловский^{1,2}, В. Ю. Шишков^{1,2,3}, Е. С. Андрианов^{1,2}, А. А. Пухов^{1,2,3},
А. П. Виноградов^{1,2,3}, А. В. Дорофеев^{1,2,3}

¹Московский физико-технический институт (государственный университет)

²Всероссийский научно исследовательский институт автоматики им. Духова

³Институт теоретической и прикладной электродинамики РАН

Лазеры генерируют когерентное излучение благодаря индуцированным переходам в активной среде, вызванным электромагнитным полем в резонаторе. Для появления лазерной генерации вдобавок к выполнению фазовых условий усиление среды должно быть достаточным, чтобы скомпенсировать потери электромагнитной энергии в материале лазера и потери на излучение. Поэтому вполне естественно ожидать, что увеличение потерь в резонаторе приведёт к увеличению порога лазерной генерации. Однако, существуют случаи, когда порог генерации снижается при увеличении потерь в системе ¹.

В ¹ подавление лазерной генерации при увеличении накачки было предсказано для системы, состоящей из двух одинаковых резонаторов, наполненных активной средой, с разным уровнем накачки. Эта разница приводила к преимущественной концентрации электромагнитной энергии в резонаторе с большей накачкой. Лазерная генерация начинается именно в этом резонаторе. Благодаря связи мод резонаторов лазерная мода синхронизует колебания во втором резонаторе и вся система начинает лазировать. Когда уровень накачки в менее накачиваемом резонаторе возрастает, а в другом остаётся постоянным, происходит фазовый переход от несимметричной моды к симметричной. В результате доля энергии электромагнитного поля возрастает в менее накачиваемом резонаторе и уменьшается в более накачиваемом, что приводит к подавлению лазерной генерации. В эксперименте ² вместо увеличения уровня накачки увеличивали потери в одном из резонаторов и фазовый переход происходит от симметричной к несимметричной собственной моде, при этом энергия электромагнитного поля концентрируется в резонаторе с меньшими потерями и порог лазерной генерации падает.

Другая возможность для понижения лазерной генерации при увеличении потерь может быть осуществлена благодаря изменению показателя преломления, приводящему к улучшению фазовых условий. Этот эффект был описан теоретически для резонатора, однородно заполненного усиливающей средой с частотной дисперсией ³.

В лазерах, частота перехода активной среды ω_0 обычно настроена на частоту одной из мод резонатора ω_R . Это обеспечивает большее эффективное взаимодействие между электромагнитным полем и усиливающей средой. В реальных системах, однако, эти две частоты расстроены друг от друга. Среди других причин расстройки между частотами ω_0 и ω_R может быть вызвана изменением температуры системы в процессе лазирования.

В этой работе мы демонстрируем механизм появления лазерной генерации благодаря потерям, при этом частота линии усиления среды отличается от частоты моды резонатора.

Увеличение потерь сдвигает частоту генерации к частоте перехода усиливающей среды, что приводит к понижению порога генерации. Аналитические расчёты подтверждены численным счётом для лазера с распределенной обратной связью, содержащего усиливающие и поглощающие слои. Полученные результаты могут быть использованы для понижения лазерной генерации в лазерах с распределённой обратной связью с металлическими слоями, которые активно исследовались в последнее время ⁴.

Литература

1. *M. Liertzer, L. Ge, A. Cerjan, A. D. Stone, H. E. Tureci, and S. Rotter // Physical Review Letters – 2012. – V. 108. – P. 173901.*
2. *B. Peng, S. K. Ozdemir, S. Rotter, H. Yilmaz, M. Liertzer, F. Monifi, C. M. Bender, F. Nori, and L. Yang // Science – 2014. – V. 346. – P. 328*
3. *I. A. Nechepurenko, D. G. Baranov, and A. V. Dorofeenko // Optics Express – 2015. – V. 23 – P. 20394.*
4. *J. Y. Suh, C. H. Kim, W. Zhou, M. D. Huntington, D. T. Co, M. R. Wasielewski, and T. W. Odom // Nano Lett. – 2012. – V. 12. – P. 5769.*