

一般に鏡で構成された共振器と利得媒質で構成されたレーザーの共振器はさまざまな損失を持つ。この共振器損失は共振器内部の光の寿命を有限にする。共振器寿命の定義は、共振器内部で失われる単位時間あたりの光エネルギーの割合であり、共振器寿命 t_c は共振器内部に蓄えられた光のエネルギーを W としたとき微小時間 dt 経過後の光エネルギーの微小変化 $dW = \frac{dt}{t_c} W$ となる。共振器から失われる単位時間あたりのエネルギー、すなわち、共振器から失われる光パワーは $\left| \frac{dW}{dt} \right| = \frac{1}{t_c} W$ である。また、共振器の性能指数 $Q = \omega \frac{\text{共振器に蓄えられた光のエネルギー}}{\text{共振器から失われる単位時間当たりのエネルギー}} = \omega \frac{W}{\left| \frac{dW}{dt} \right|} = \omega \frac{W}{\frac{1}{t_c} W} = \omega t_c$ となる。 $(\omega = 2 \pi \nu$ は共振角周波数)

共振器寿命と損失の関係 $\frac{t_r}{l_c} = \frac{2l}{c} \frac{1}{l_c}$ と、(l_c は共振器損失)

共振器損失 l_c を共振器の鏡の反射率(それぞれ R_1 、 R_2)を用いて $l_c = -\log R_1 R_2$ で表されることを使い、鏡の透磁率が十分小さい時、 $t_c = \frac{t_r}{l_c} = \frac{t_r}{T_1 + T_2} = \frac{2l}{c} \frac{1}{T_1 + T_2}$ と近似でき、

Q 値は $Q = \omega t_c = \omega \frac{t_r}{l_c} \approx \omega \frac{t_r}{T_1 + T_2} = \omega \frac{2l}{c} \frac{1}{T_1 + T_2}$ と近似できる。