

④発振における縦モード

ファブリイ - ペロー共振器の物理的寸法は、結果として生じるビーム特性に若干のさらなる制約を課します。
(例えば) 632.8 nm での遷移が鮮明なピークであると一般に信じられておりますが、実際にはガウシアン (ベルの形の) カーブとなっています。(厳密に言えば、それはガウシアンとローレンシアンとの組み合わせである「フォークト分配」と呼ばれるものですが、これは上級コース向けの話ですね。ズレはカーブの末端に生じるだけなので、ガウシアンの方がこの議論には十分に近いと思われまます。) 直線的あるいは (ファブリイ - ペロー) のキャビティが強く共鳴するためには、永続的な波形が存在する必要があります。これが起こるのは、整数の半波長が 2 つのミラーの間にきちんと収まるときだけです。このことによって、発振可能な軸モードあるいは縦モードが以下に制限されます。

$$W = \frac{L * 2}{n} \quad \text{or} \quad F = \frac{c * n}{L * 2}$$

ここでは：

L はミラー間の距離 (m) です。

W は発振可能な波長 (m) を意味します。

n は桁の大きな整数 (632.8 nm 辺りの W で L = 0.3 メートルの場合、948,000 程度) です。

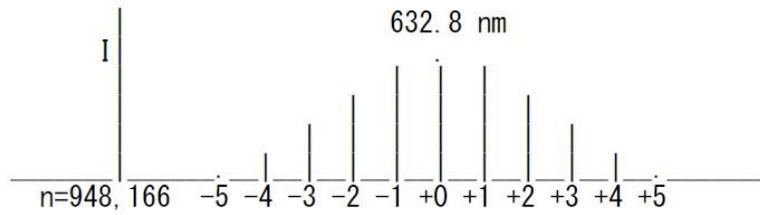
F は発振可能な周波数 (Hz) を意味します。

c は光速 (およそ 3 億 m/s) です。

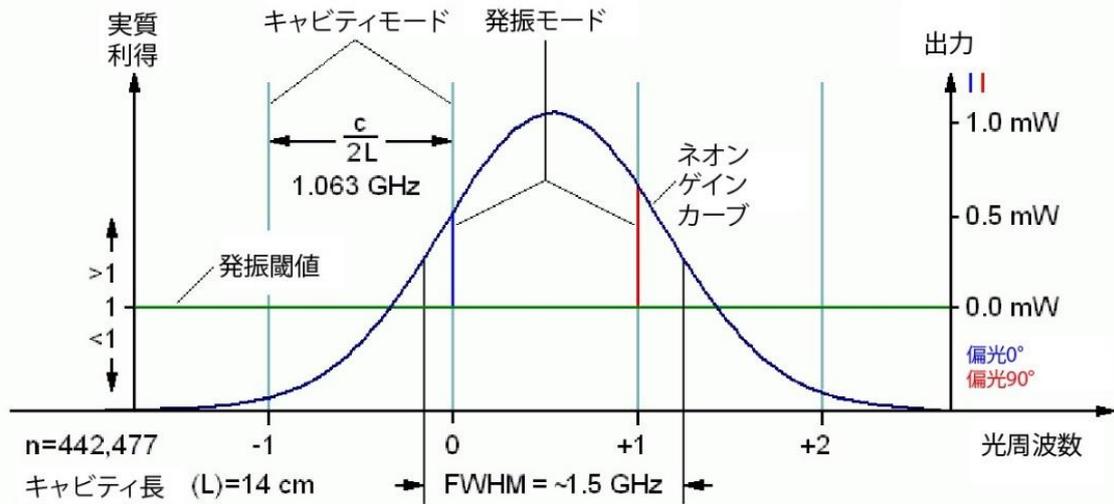
レーザーはどの波長でも稼働するわけではなく、この方程式を満たす必要があります。したがって、出力は通常 632.8 nm の一つのピークではなく、632.8 nm 辺りの $c / (2 * L)$ Hz の間隔を持つ一連のピークとなるでしょう。キャビティが長くなるほどモード間隔は近接してより多くのモードが存在することとなります。なぜなら (各モードの) ゲインは、ピークから離れてもそれほど減らないからです。例えば、150mm のキャビティ長では、およそ 1 GHz の縦モード間隔となり、L = 300mm ではおよそ 500 MHz となります。出力中で最も強い発振線は、発振媒体とミラー反射率の合計ピークの最も近くに存在することになりますが、多くの他のモードも依然として存在します。これをマルチモード発振と呼びます。

(305) バイオリンやピアノの振動している弦を想像してみてください。両端で固定され、ただサイクルの整数倍が弦長に適合する場合にのみ、振動を維持することができます。弦の場合、n は (基本的な) 1 と 2、3、4、5 (高調波あるいは倍音) などを取り得ます。弦の張力と堅さ故に、n として小さい整数値だけが主要な振幅と共に存在することとなります。He-Ne レーザーの場合、選択されたネオン発振線の分布と、波長に関するミラーの反射率機能の形は n が取る値とそれぞれの有効なゲインを決定します。そして n は 1 よりずっと大きい値を持つでしょう！

(311) 典型的な HeNe レーザーチューブの場合、n が取りうる値は、1、2、3、4 ではなく、948,161、948,162、948,163、948,164 のような一連の非常に多数の数を構成します。ファブリイ - ペロー共振器のモード構造とミラーの反射率カーブによって増殖した励起ネオン発光カーブを示す典型的なゲイン関数は、次のように見えますでしょう。

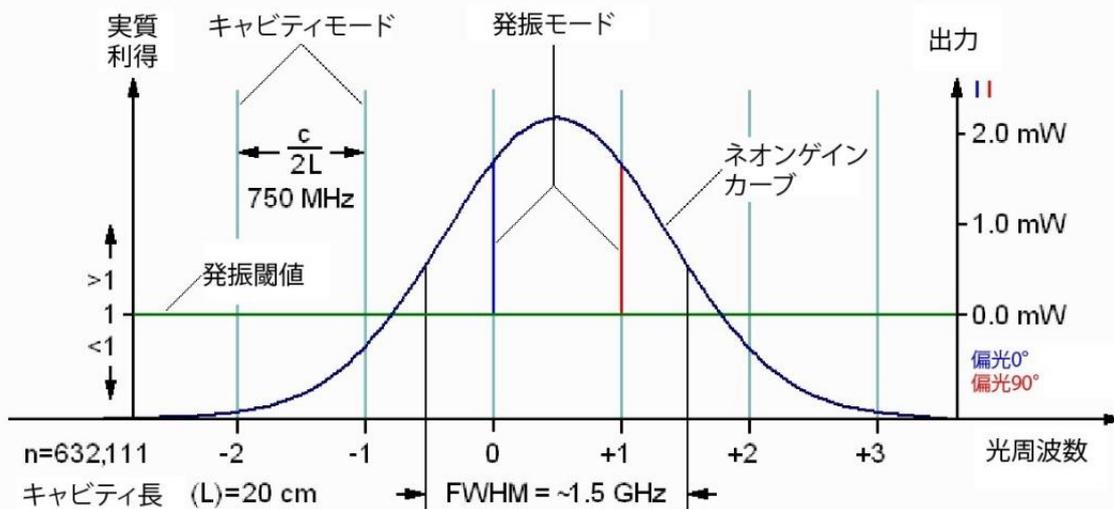


もしくは、ランダム偏光の He - Ne レーザーの縦モードのいくらか美的で楽しい図を御覧ください。



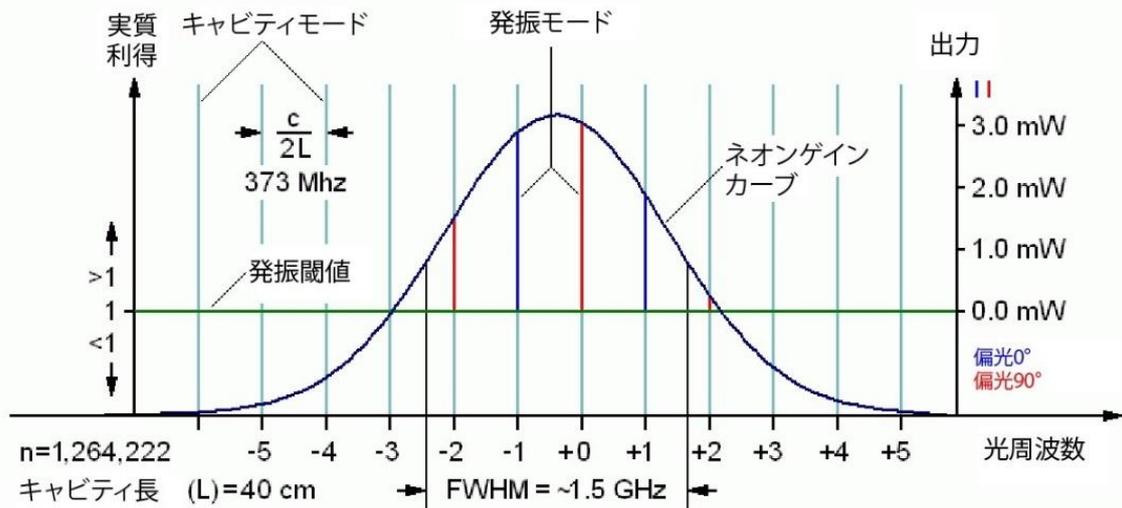
典型的なランダム偏光1mW HeNeレーザーの縦モード

典型的なランダム偏光1mW 出力 HeNe レーザーの縦モード(モード1本は 0.5mW 前後)



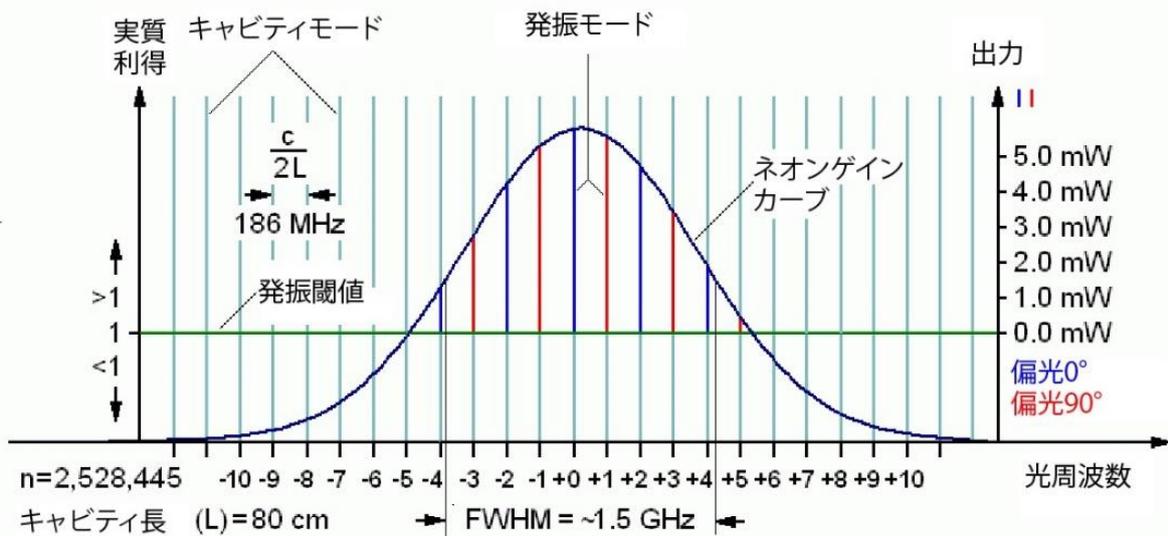
典型的なランダム偏光3mW HeNeレーザーの縦モード

典型的なランダム偏光3mW 出力 HeNe レーザーの縦モード(モード1本は 1.5mW 前後)



典型的なランダム偏光8mW HeNeレーザーの縦モード

典型的なランダム偏光8mW 出力 He-Ne レーザーの縦モード(モード1本は 3mW 未満)



典型的なランダム偏光30mW HeNeレーザーの縦モード

典型的なランダム偏光30mW 出力 HeNe レーザーの縦モード(モード1本は 5mW 未満)