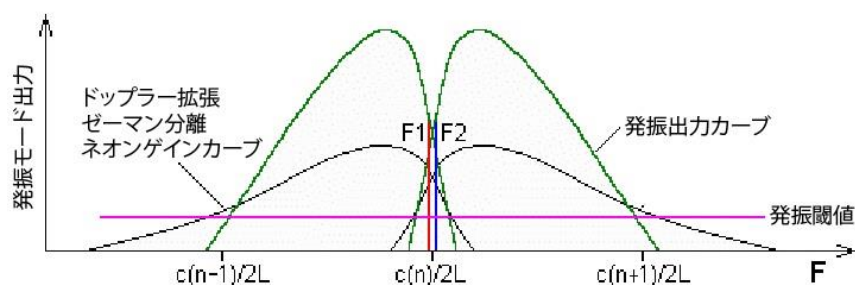


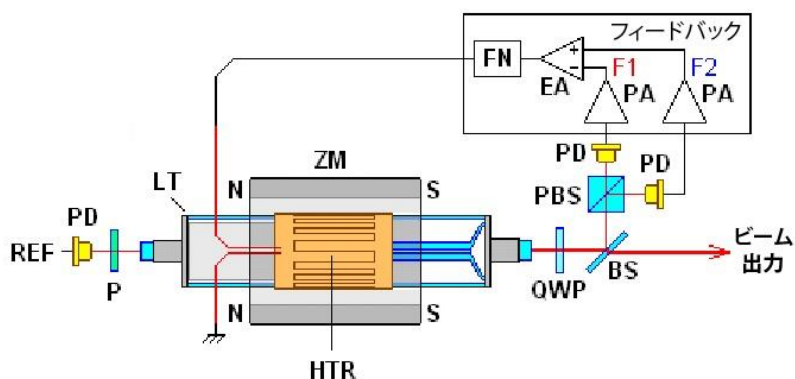
② 短筐体 HeNe レーザーでのモード競合

出力プロット線の一部がなぜそれほど奇妙であるかと思っていないなら、不思議に思うべきです。😄

いかなる一定の縦モード出力もすてきな滑らかな(ガウシアン)状態に変化しないかの主要な理由は、モード競合のためです。モード競合がなければ、ゲインは飽和せず、すべてのモードで同じとなるでしょう。あらゆるモードがネオンゲインカーブのエンベロープの跡をたどるでしょう。ただし、2 つ以上のモードが存在する場合は常に、発振モードは限定されたりソース(励起された発振状態の原子)を求めて競合するため、それらは紳士的に分け合う必要があります。この状況が最も劇的となるのは、ほんの 2 本か 3 本のモードだけが存在しているときであり、その理由は、それぞれが全出力に占める大きな割合を持つからです。こうした状態では、偏光出力カーブのエンベロープの形状は明らかに非ガウシアンとなります。そしてゼーマン分離レーザーの場合(下図)には、まったく奇妙なものとなります。しかし、一旦様々な領域が理解されるとー 1、2、3 本かさらに多くのモードが競合しー 結果として生じる形状は意味を為すものとなります。

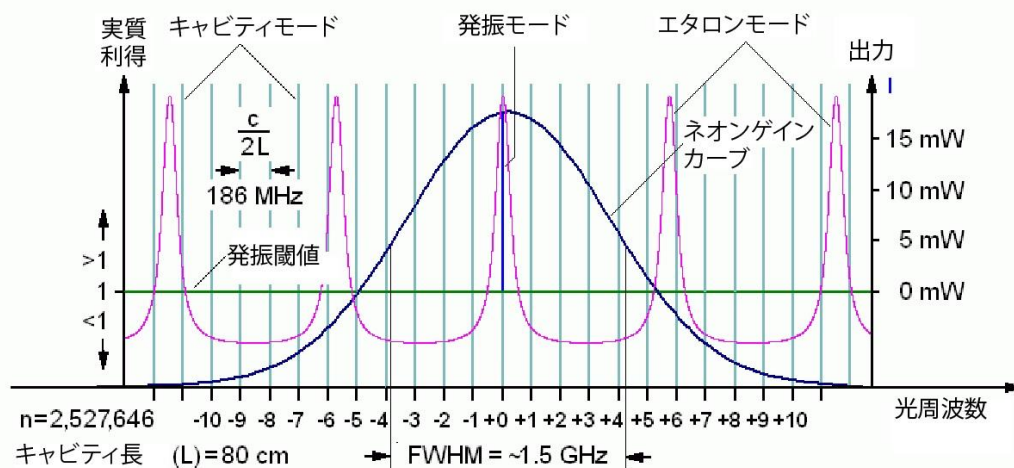


略語凡例	
BS	ビームサンプラー
EA	エラー増幅器
FN	フィードバックネットワーク
HTR	ヒーター
LT	レーザーチューブ
P	偏光子
PA	プリアンプ
PBS	偏光ビームスプリッター
PD	フォトダイオード
QWP	$\lambda/4$ 板
ZM	ゼーマン用磁石



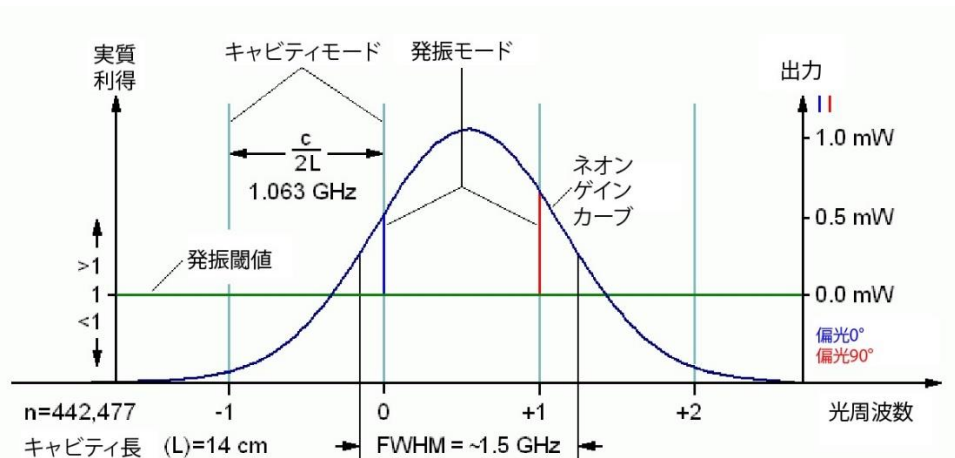
安定化ゼーマン分離 2 周波数HeNeレーザー

1 モード: 出力はモードスイープ中はガウシアンネオンゲインカーブ(発振閾値を差し引いて)の形状におおよそ沿ってスムーズに変化するでしょう。実物のレーザーがモードスイープ中にシングルモードを示す唯一のあり方は、10cm 以下のキャビティである場合(この場合モードスイープの途中で発振が完全に止まります)か、SLM(単一縦モード発振)動作を強いる追加の手段(キャビティ中にエタロンを設置するなど)(下図)がある場合となります。しかし、それよりもわずかに長いチューブは、モードスイープの1 部はシングルモードで稼働し、それ以外は2 本のモードで稼働するでしょう。



シングルモードHeNeレーザーでの発振線選択用のキャビティ内エタロン

「典型的な 1mW ランダム偏光の HeNe レーザーチューブのモードスイープのプロット線」(下図)が示すのは、私が認識している最も短い現代のレーザーチューブである Melles Griot 社製 05-LHR-007 のモードの振る舞いです。モードスイープサイクルの約 50%以上で純粋なシングルモードで発振し、残りの時間には(2 本のモードが)出力を競合して発振します。



典型的なランダム偏光1mW HeNeレーザーの縦モード

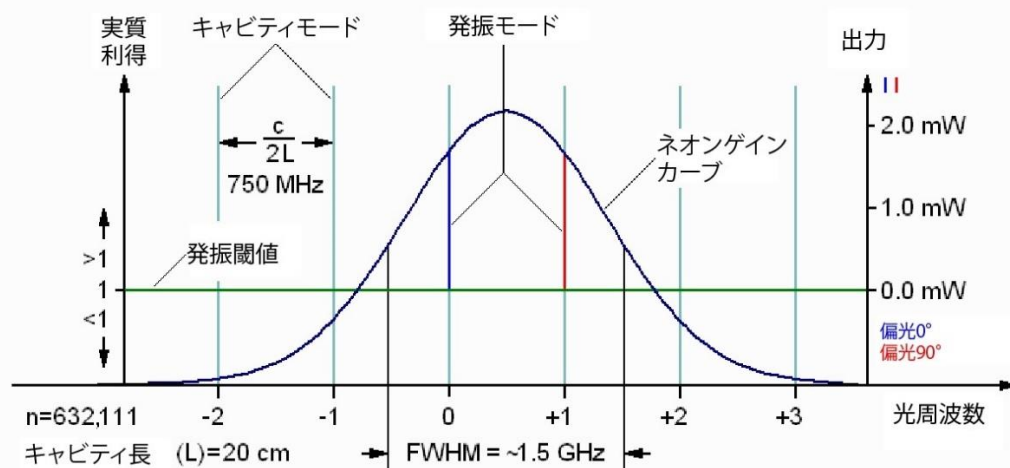


05LHR007 チューブの外観

2 モード: 2 本目のモードが現われると、それが 1 本目のモードの出力を侵食し始めます。両モードがネオンゲインカーブの左右それぞれの側でバランスがとれていると、それらの出力は等しくなるでしょう(上図参照)。これらの 2 つのポイントの間で、それらは出力を共有します。全体出力は比較的一定のままか、互いが等しいときに少し増加することもあります(通常は最高で約 20%まで)。12cm~16cm のキャビティ長を持つチューブは、1 本か 2 本のモードで稼働するでしょう。

3 モード: 3 本目のモードが現われると、他の 2 本のモードの出力を侵食し始めます。相対的かつ全体的な出力はネオンゲインカーブ上のモードの位置に依存し、少なくとも、(出力は)直感的に予測可能ではありません 😊。20cm~25cm のキャビティ長を持つチューブは、モードスイープ中は 2 本あるいは 3 本のモードで稼働します。

典型的な 3mW ランダム偏光の HeNe レーザーチューブのモードスイープのプロット線(下図)が示すのは、SP-117/A/B/C と Melles Griot 社製 05-STP-901 安定化レーザーに使用されている Spectra-Physics 社製 088(Melles Griot 社 05-LHR-088 と同じ)の振る舞いです。それはよく見かけるバーコード読み取り用スキャナーチューブと同様です。偏光モードのピーク(全体出力での最小)で、2 本のモードが存在します。偏光モードが交差するところで、3 本のモードが存在します。モードスイープの全体的な形状は、キャビティの正確な長さを含む多くの要因に依存し、その長さがどこでモードが 2 本から 3 本に切り替わるかを決定します。



典型的なランダム偏光3mW HeNeレーザーの縦モード



Spectra Physics 社製 SP-117 ヘッドの内部写真



Melles Griot 社製 05-STP-901 安定化レーザーセットの外観



Melles Griot 社製 05-LHR-088 チューブの外観

4 モードかそれ以上：同様の一般則が当てはまりますが、各モードの寄与がより小さいため、モード競合の効果も小さく、観測したり解釈することはより困難です。

