

1083nm 用ファブリーペロー干渉計の製作

清水研究室 山口 泰生

「背景」

現在使用しているファブリーペロー干渉計は、凹面鏡と平面鏡からなる非共焦点型のファブリーペロー干渉計であり、

- 共振器長 $L = 300\text{mm}$
- 鏡の反射率 $R = 0.995$
- フリースペクトルレンジ $f_{FSR} = 500\text{MHz}$
- フィネス $F = 125$
- 共振周波数幅 $\Delta f = 4\text{MHz}$

の規格のものを用いている。

このファブリーペロー干渉計の特徴は、フィネスが高く、分解能が高いことと、モードマッチングを行う必要があるということである。

「目的」

アライメントがしやすく、モードマッチングを行う必要のないファブリーペロー干渉計を製作することを目的とする。

「ファブリーペロー干渉計の原理」

◎1083nm 用ファブリーペロー干渉計とは

1083nm 用ファブリーペロー干渉計とは、ヘリウム原子 (He) をトラップするために必要である波長 1083nm のレーザーを、干渉計内にて繰り返し反射させ、共振させてそのスペクトルを観測するための装置である。

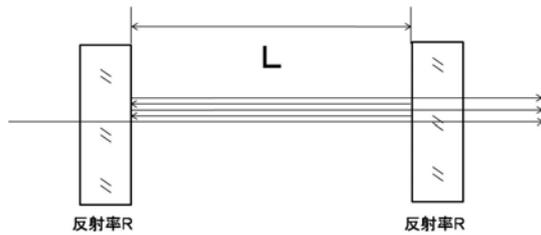
◎ファブリーペロー干渉計の原理

まず、図のような、反射率 R を持つ 2 枚の平面鏡を距離 L だけ離れている干渉計を考える。この共振器内に平面鏡に垂直なレーザーを入射し、2 枚の平面鏡で反射を繰

り返すと、

$$f = m \frac{c}{2L} \quad (m = 1, 2, 3, \dots)$$

という条件でレーザーが共振する。



◎ファブリーペロー干渉計の式

- ・フリースペクトルレンジ f_{FSR}
⇒隣り合うモードの共振周波数間隔。

$$f_{FSR} = f_{m+1} - f_m = \frac{c}{2L}$$

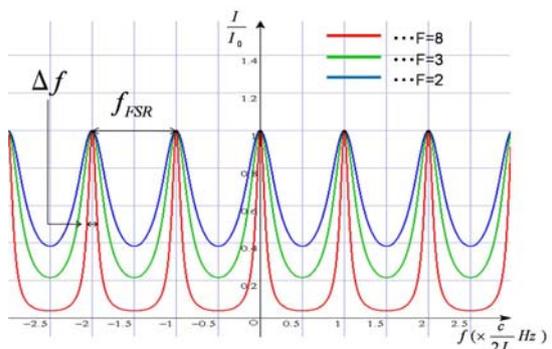
- ・フィネス F
⇒干渉計の分解能。

$$F = \frac{\pi\sqrt{R}}{1-R}$$

- ・共振周波数幅 Δf
⇒モードの半値全幅。

$$\Delta f = \frac{f_{FSR}}{F}$$

◎光共振器内光強度と周波数の関係グラフ

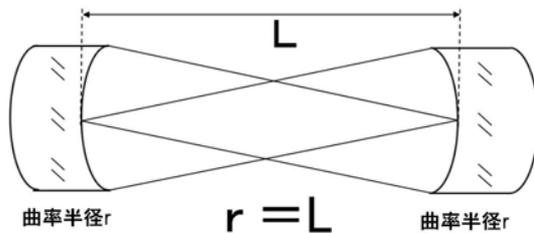


グラフより、フィネスが大きくなると共

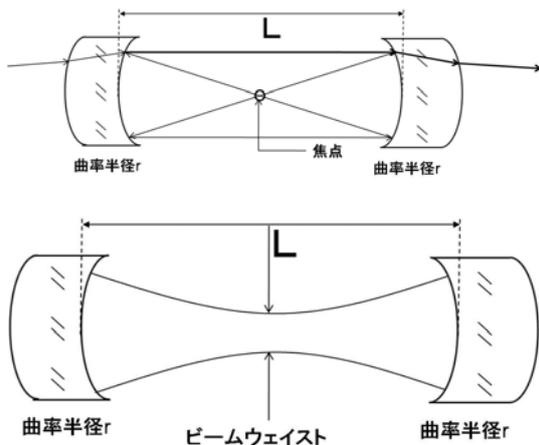
振周波数幅が狭くなっていることと、フィネス・共振周波数幅が変わってもフリースペクトルレンジは変わらないということが読み取れる。

「共焦点型ファブリーペロー干渉計の原理」

◎共焦点型ファブリーペロー干渉計とは
共焦点型ファブリーペロー干渉計とは、曲率半径 r の凹面鏡を用い、お互いの曲率中心がもう一方の鏡の中心に位置し、鏡の距離 L と曲率半径 r が等しくなる干渉計。



また、入射したレーザーは干渉計内で反射し、2往復したとき元の位置にもどってくる。このとき干渉計の中心に焦点があり、また、レーザーのビームウェストも干渉計の中心に位置する。



◎共焦点型ファブリーペロー干渉計の式

- ・フリースペクトルレンジ f_{FSR}

$$f_{FSR} = f_{m+1} - f_m = \frac{c}{4L}$$

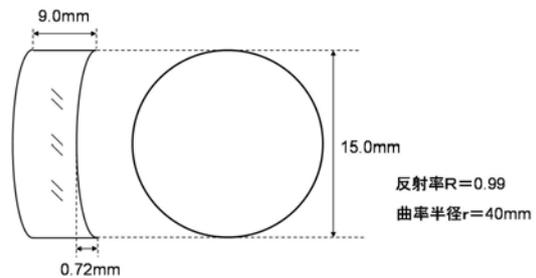
- ・フィネス F

$$F = \frac{\pi R}{1 - R^2}$$

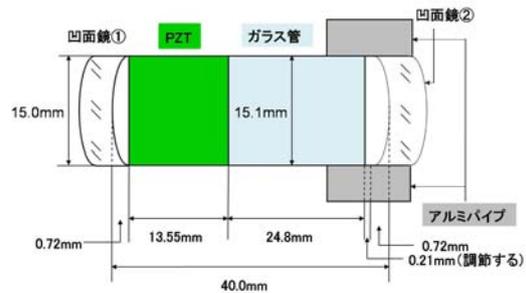
- ・共振周波数幅 Δf

$$\Delta f = \frac{f_{FSR}}{F}$$

「凹面鏡の規格」

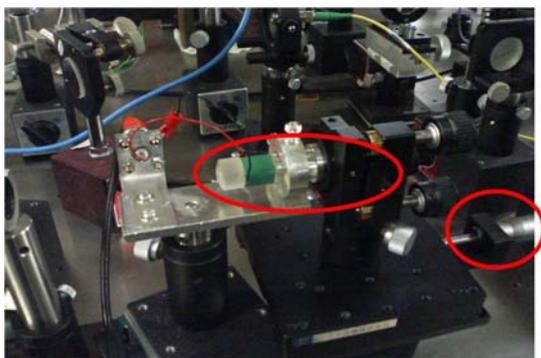


「共焦点型ファブリーペロー干渉計の概略図」



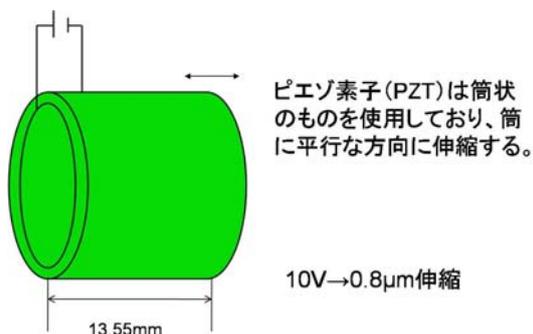
図右下の 0.21mm の間隔を調節することで、共振器長を 40.0mm にする。

「共焦点型ファブリーペロー干渉計の写真」

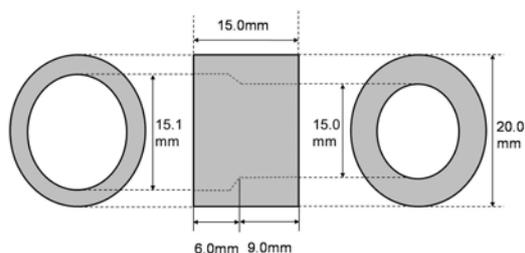


左の赤丸がファブリーペロー干渉計の本体である。右の赤丸は共振器長を調節するために用いる調節ネジである。1目盛り = $10\mu\text{m}$ であるので、微調節が可能である。

「 piezo素子 (PZT) の規格」



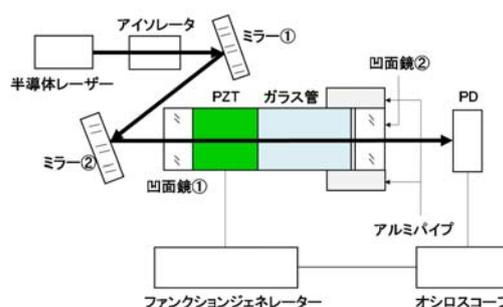
「アルミパイプの規格」



このアルミパイプの左側 (直径 15.1mm) は、ガラス管の直径に合わせており、右側 (直径 15.0mm) は、凹面鏡②の直径に合わせている。また、右側の凹面鏡②が入る側の奥行が 9.0mm になっているのは、凹面

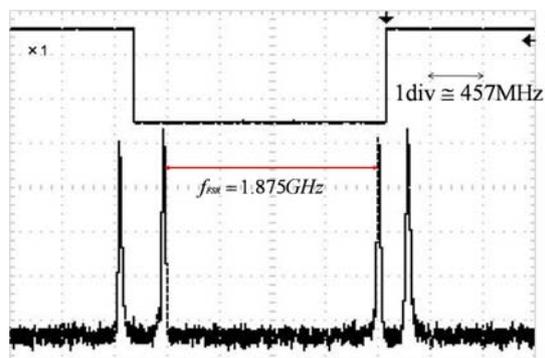
鏡②の厚さに合わせてある。左側の奥行は微調節に用いるだけあればよい。

「ファブリーペロー干渉計の製作における装置の設置図」



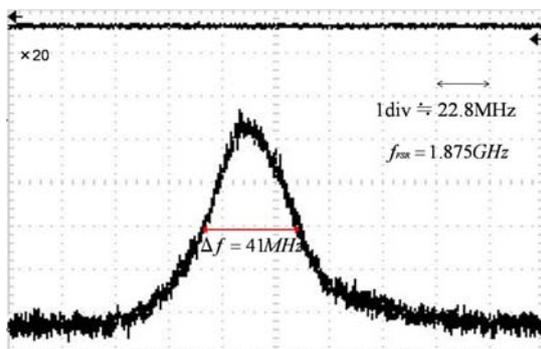
アイソレータを通すことで、半導体レーザーからの戻り光を取り除いている。また、ミラー①・ミラー②の二つの鏡を用いることで、アライメントしやすくしている。また、ファンクションジェネレーターは piezo素子にかかる電圧の調節を行っている。

「出力波形」



赤い矢印の範囲がフリースペクトルレンジである。矩形波の境目ごとに同じ波形が出るようになっていたので、目盛りを読みやすくするために、できる限りフリースペクトルレンジを広くとるように設定した。

「出力波形を横軸 20 倍に拡大した図」



赤い矢印の範囲が共振周波数幅である。

「フィネス」

フィネスの定義より、

$$F = \frac{f_{FSR}}{\Delta f}$$

となるので、

$$f_{FSR} = 1.875GHz$$

$$\Delta f = 41MHz \quad \text{より}$$

$$F = \frac{1.875GHz}{41MHz} \cong 45.7$$

「今後の課題」

半導体レーザーを周波数 **500MHz** でスイープ（掃引）させ、製作したファブリーペロー干渉計と、現在使用しているフリースペクトルレンジ $f_{FSR} = 500MHz$ のファブリーペロー干渉計とに同じスイープを入力し出力波形を見比べることで、製作したファブリーペロー干渉計の出力した波形がフリースペクトルレンジ $f_{FSR} = 1.875GHz$ であるかを確認する。確認が取れたら、アルミパイプとガラス管を接着し、共焦点型ファブリーペロー干渉計を完成させる。