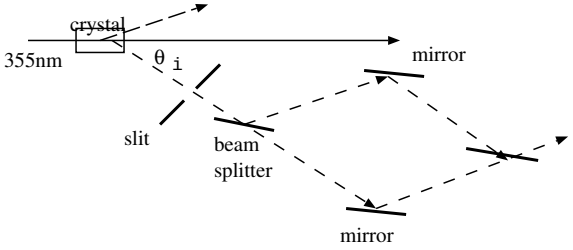
干渉計の setup について

1995 年度入学 (0081) 東 武大

平成 11 年 1月 12 日

今回の実験において、干渉系のアライメントにおいては、現実的には 1mm の精度でしか実験装置を並べることはできない。そこで、波長においては可干渉長が 1mm の範囲内に収まるように工夫する必要がある。そのための手段の一つとして、slit の大きさを考えるによって、必要な波長幅のみを取り出すようにすることが考えられる。以下ではその評価を行なうことにする。



In this system we want to pass the light limited to the particular range of wavelength, so that the laser beam can interfere in this system.

図 1: 三酸化沃化リチウムの down conversion 光を利用した干渉系の setup

0.1 レーザー光の可干渉長について

干渉計を組む時に、2 つの別の光路の光が干渉するのは、光が干渉する点において、到着した光の相互の位相が決まっていて、いずれの光路をとったか知ることができない時である。いうまでもなく、干渉計の 2 つの光路の差が小さくなればなるほど、干渉は生じ易くなる。可干渉長とは、このように光路差を小さくしていって、2 つの光路のコントラストが消失し、そして干渉を生じさせることを可能にする光路差を指す。特に、spectrum の密度が gaussian であると仮定すると、つまり $P(\nu) = P_0 \exp(-2(\frac{\nu-\nu_0}{\Delta\nu})^2)$ である。よって、コヒーレンス時間は$\tau_c = \frac{1}{\Delta\nu}$であり、レーザーの可干渉長は

$$L = \frac{c}{\Delta\nu} \tag{1}$$

を得る。

0.2 スリットの間隔の見積り

波長と振動数の間の関係式として、$\lambda = \frac{c}{\nu}$が成立する。これを全微分すれば、$\lambda\Delta\nu + \nu\Delta\lambda = 0$ が成立する。よって、過干渉長については、式 (1) より、

$$L = \frac{c}{\nu}\frac{\nu}{\Delta\nu} = \frac{c}{\nu}\frac{\lambda}{\Delta\lambda} = \lambda\frac{\lambda}{\Delta\lambda} \tag{2}$$

をえる。これより、もし 1mm 程度の誤差を許して setup を組めるようにしたければ、L=(coherent length)=1mm、つまり、$L = 1000\lambda$程度にすれば良いことが分かる。そのために必要な条件としては、式 (2) に見るように、$\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{1}{1000}$程度にすれば良い。

さて、実際に我々が前回の実験で見た光の広がり具合は、写真に見るように赤いリングが内側で、波長の短い緑のリングが外側であった。よって、この setup ではそのようなθ_{pm}の値で議論することにする。

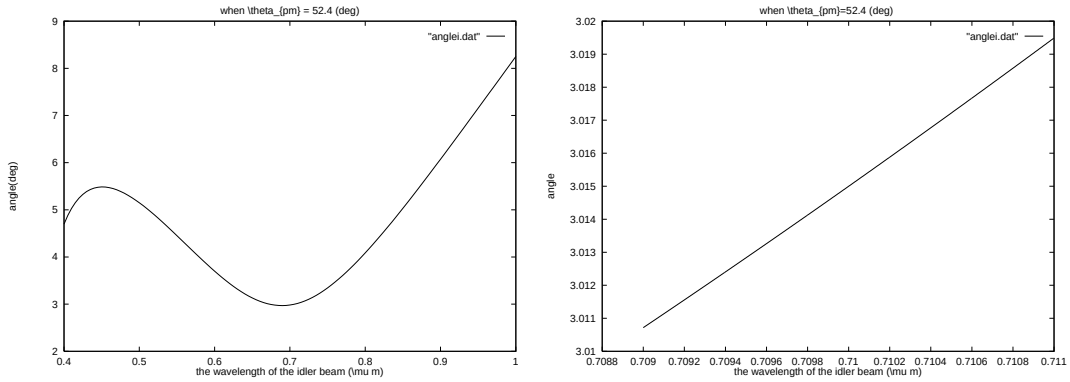


図 2: θ_{pm}=52.4 ° である時の波長とθ_iの相関

このグラフに見るように、この角度では内側に出るのは赤のリングである。$\lambda_0 = 710nm$、つまり、SHG で down convert された波長であるとする。これにたいして$\frac{1}{1000}\lambda_0$で誤差を許すとする。このとき、

$$\theta_i(\lambda = 0.999\lambda_0) = 3.011937_{deg},\ \ \theta_i(\lambda = 1.001\lambda_0) = 3.018166_{deg} \tag{3}$$

である。よって、仮に結晶と slit の距離を 30cm 離すとする。式 (3) の両者の角度の差を$\delta\theta$とすると、開けるべき slit の孔の直径は、半径 30cm、円周角$\delta\theta$の円弧の長さにほぼ等しいとする。そうすれば、直径 0.0326mm の slit を用意すれば良いことになる。(結晶と slit の距離を 1m にすれば直径 0.11mm の孔ですむ。)