

・3日目

・実験課題

スライドガラスに対するヘリウムネオンレーザーを入射角を変化させて入射し、全反射を起こさせる。その光を取り出しスクリーンに映して、そこから入射角と屈折角そして射出角の関係を求める。

・目的

光導波路の原理を理解する。

・使用器具

ヘリウムネオンレーザー、スライドガラス、グレーティングカプラ(回折格子)、回転ステージ

・実験内容

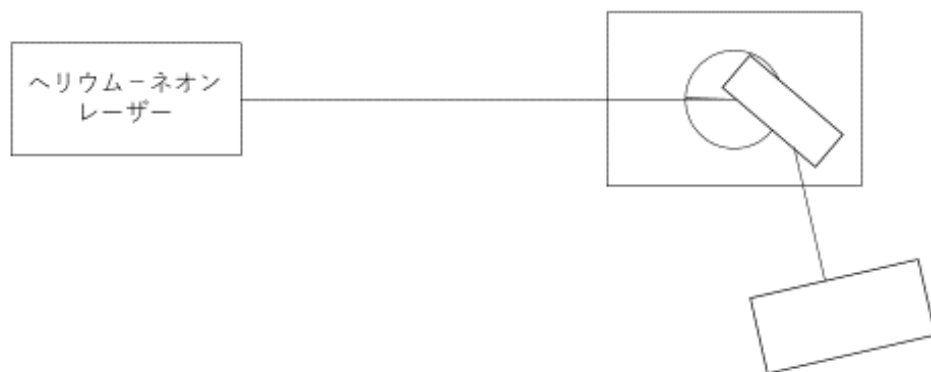


図 3-1 光導波路にレーザーを入射させる光学系

スライドガラスに 2 つグレーティングカプラを付けた。図 3-1 の光学系を作成して、スライドガラスを回転ステージに設置して一方のグレーティングカプラが回転ステージの中心になるようにした。

まず、スライドガラスに対して垂直になるようにレーザー光を入射させた。そこで出来た回折光の 0 次と 1 次の間の距離を測定した。また、その測定地点とスライドガラス間の距離を測定することで屈折角を求めた。その角度(θ_2)と

$$d \sin \theta_2 - d \sin \theta_1 = m\lambda \quad (c1)$$

(θ_1 ;入射角、 d ;格子定数、 λ ;レーザーの波長(nm)、 m ;整数)

の関係式から d を求めた。

次に回転ステージを回転させて回折光の 1 次光が観測できなくなる角度にした。その時の入射角 θ_1 の測定値と(c1)から求められる入射角の理論値を比較した。

また、1 次光を観測できなくなった地点での射出角 θ_3 を測定して、入射角と比較した。

・実験結果

入射角 $\theta_1=0^\circ$ の時、0 次の回折光と 1 次の回折光の距離は 5(cm)、スライドガラスとスクリーン間の距離は 14(cm)なので屈折角 θ_2 は

$$\theta_2 = \tan^{-1}\left(\frac{5(cm)}{14(cm)}\right) = 19.65^\circ \text{ となった。}$$

レーザー光の波長を 632.8(nm)とすると、(c1)から

$$d = \frac{632.8(nm)}{\sin 19.65^\circ} = 1881(nm) \text{ となった。}$$

よって、 θ_1 の理論値は

$$\theta_1(\text{理論値}) = \sin^{-1}\left(\sin 19.65^\circ + \frac{632.8(nm)}{1881(nm)}\right) = 42.28^\circ \text{ となった。}$$

回転ステージの角度から θ_1 の測定値は

$$\theta_1(\text{測定値}) = 290^\circ - 248^\circ = 42^\circ \text{ となった。}$$

また、射出角 θ_3 はスライドガラスに対する垂線とスクリーンからその垂線に対して下した垂線での三角形を用いて求めた。その交点を点 H とすると、スクリーンから点 H までの距離は 27(mm)、スライドガラスから点 H までの距離は 33(mm)から射出角 θ_3 は

$$\theta_3 = \tan^{-1}\frac{27}{33} = 39.29^\circ \text{ となった。}$$

最後に、式(c1)から θ_2 の理論値を求める。

$$\theta_2 = \sin^{-1}\left(\sin 42^\circ - \frac{632.8}{1881}\right) = 19.43^\circ \text{ となった。}$$

・考察

実験で用いた回折格子は 500(本)/mm なので、格子定数は $\frac{1(mm)}{500} \times 10^6 = 2000(nm)$ である。

実験結果から得られた格子定数は 1881(nm) なので、誤差は $\frac{|1881-2000|}{2000} \times 100 = 5.95\%$ である。

測定誤差は、入射角 $\theta_1=0^\circ$ の時の 0 次光と 1 次光の距離が目視による測定の為、正確に測定できていなかったことが考えられる。

また、臨界角となる入射角 θ_1 の測定値は 42° で理論値は 42.28° であった。誤差は

$\frac{|42.28-42|}{42.28} \times 100 = 0.66\%$ から誤差 1 パーセント以内の正確な測定が出来たと考えられる。

また、射出角 θ_3 は対称性から入射角 θ_1 と一致すると考えられる。射出角の測定値は

39.29° となり、その誤差は $\frac{|42.28-39.29|}{42.28} \times 100 = 7.07\%$ と入射角の測定と比較して大きくなった。

射出光を測定する際に 1 次光が見えなくなる角度を探す必要があったが、それを正確に特定するのは、光が拡散していたために正確には測定できなかったことが理由として考えられる。スライドガラスを観察すると表面には汚れが観察された。これにより光がスライドガラス内で反射するときに同時に拡張されると考えられる。

従って射出される側のグレーティングカプラを大きくすると拡張された光がより多く射出されるために観測が困難になる。よって射出される側のグレーティングカプラは小さくすると観測しやすくなる。

光導波路の応用としては光ファイバーに用いられていて、長距離間での通信を可能にしている。－(参考文献 2)