

回折格子

§1 実験の目的

He-Neレーザーを用いて回折格子の格子定数を測定し、この回折格子を利用して白色光の分光を行ない、可視光の各色の波長帯域を測定する。

§2 実験原理

回折格子は、光学ガラス板上に等間隔に平行な溝を刻んだものである。実験で用いる回折格子では、ガラス板にアルミ薄膜が蒸着されており、これを等間隔に平行に削って光が透過できるようになっている。この平行線の間隔を格子定数 b と呼ぶ。

回折格子に光を通したときに得られる回折・干渉パターンは、本質的に光の波長と関係する。今、波長 λ の光を考えると、回折格子を透過した後、以下の関係式に示される角度 θ の方向には位相が揃って、強め合った光点が現れる。

$$b \sin \theta = n \lambda \quad (n=0, \pm 1, \pm 2, \dots)$$

ここでさらに、回折格子とスクリーン間の距離を l とし、干渉像の中心像(0次像)と n 次像との距離を Δx とおくと、 θ が十分小さい条件の下では、 $\sin \theta \approx \tan \theta = \Delta x / l$ が成立する。したがってこの時、光の波長 λ は以下の関係式で書かれる。

$$\lambda = (b \Delta x) / (n l) \quad (1)$$

本実験では $n=1$ 次の干渉像を測定することにより、可視光の各色の波長帯域を求める。

§3 実験方法

① 格子定数の決定

He-Neレーザー光($\lambda=0.6328 \mu\text{m}$)を回折格子に当て、アクリルのスクリーン上に干渉像を投影する。干渉像の0次から ± 1 次像までの距離 Δx をノギスを用いて測定し、回折格子-スクリーン間の距離 l を巻尺を用いて測定する。以上により、式(1)を用いて格子定数 b を決定する。

② 白色光の連続スペクトルの分光

光源をハロゲンランプに置き換える。白色光をスリットに通し、凸レンズを用いてスクリーン上にスリット像を結像させる。その後レンズとスクリーン間に回折格子を置き、可視光の連続スペクトルをスクリーン上に投影する。スクリーンの光源と反対の面側に読み取り顕微鏡を固定し、0次の像(中央の白色帯)の中心から各色の境界までの距離を顕微鏡によって測定する。

[ここに測定装置の図と説明を挿入する]

§4 実験結果

表1に各測定値の値を示した。回折格子のレーザー光を照射する位置は固定しておき、各測定量について5回ずつの測定を行い、その平均値・標準偏差を算出した。

測定回数	回折格子-スクリーン間距離 l [cm]	1次像の位置 Δx [mm]
1	□□.□□	□□.□□
2	□□.□□	□□.□□
3	□□.□□	□□.□□
4	□□.□□	□□.□□
5	□□.□□	□□.□□
平均値±標準偏差	□□.□□±□.□□	□□.□□±□.□□

表1. 格子定数を求めるための各測定量

格子定数 b は式(1)を変形した以下の式を用いて算出する。

$$b = \frac{l \lambda}{\Delta x} = \frac{\text{---} \cdot \text{---} \text{ cm} \times 0.6328 \times 10^{-4} \text{ cm}}{\text{---} \cdot \text{---} \text{ cm}} = \text{---} \cdot \text{---} \times 10^{-3} \text{ cm}$$

次に以下の関係式を用いて格子定数の測定誤差 Δb を算出する。
$$\left| \frac{\Delta b}{b} \right| = \left| \frac{\Delta l}{l} \right| + \left| \frac{\Delta(\Delta x)}{\Delta x} \right| + \left| \frac{\Delta \lambda}{\lambda} \right|$$

ここで、 l 、 Δx は測定値の平均値、 Δl 、 $\Delta(\Delta x)$ は測定値の標準偏差である。また、He-Neレーザーの波長の誤差は $\Delta \lambda / \lambda = 0.0001 / 0.6328$ で計算した。

この結果、格子定数の測定誤差 Δb は $\Delta b = \square.\square\square\square \times 10^{-3} \text{cm}$ と求められた。

以上から、本実験で用いた回折格子の格子定数は以下のようなものである。

$$b = (\square.\square\square\square \pm \square.\square\square\square) \times 10^{-3} \text{ cm}$$

次に、上の回折格子を用いた白色光の分光の結果を表2に示す。

色の境界	各色の境界の位置 x [mm]	回折干渉像の中心と各色の境界の位置との間隔(1次スペクトルのずれの位置) $\Delta x = x - x_0 $ [mm]	境界の色の波長 λ [μm]
黒と紫	$\square\square\square.\square\square$	$\square\square.\square\square$	0. $\square\square\square$
紫と青	$\square\square\square.\square\square$	$\square\square.\square\square$	0. $\square\square\square$
青と緑	$\square\square\square.\square\square$	$\square\square.\square\square$	0. $\square\square\square$
緑と黄	$\square\square\square.\square\square$	$\square\square.\square\square$	0. $\square\square\square$
黄と橙	$\square\square\square.\square\square$	$\square\square.\square\square$	0. $\square\square\square$
橙と赤	$\square\square\square.\square\square$	$\square\square.\square\square$	0. $\square\square\square$
赤と黒	$\square\square\square.\square\square$	$\square\square.\square\square$	0. $\square\square\square$

表2. 各色の境界の位置と波長

各位置について1回ずつ測定した結果である。回折干渉像の中心位置 x_0 は $x_0 = \square\square\square.\square\square \text{ mm}$ である。

表2の結果から、1次スペクトルのずれの位置 Δx に対する波長 λ の値をプロットしたものが図1である。

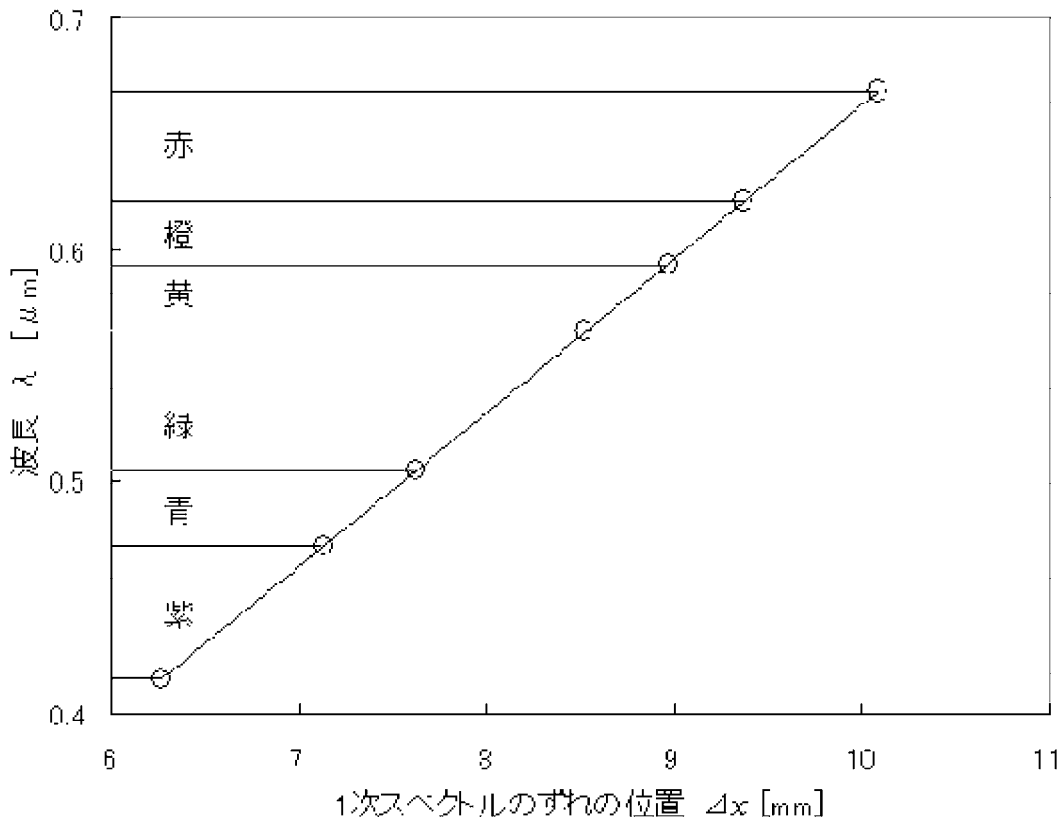


図1 回折格子による白色光の分光

○は測定値。実践の直線は測定値に最少自乗法を適用して求めたもの。図中に色の領域を示した。

以上のように、白色光源が放射する可視光の連続スペクトルの波長帯域が測定された。

§5 考察

回折格子の格子定数の公称値は $b = 1.00 \times 10^{-3}$ cm である。これと本実験での測定結果を比較すると、格子定数の測定値は測定誤差の範囲で公称値との一致(不一致)を見た。公称値とのずれの原因として考えられるのは、_____。

表3に白色光のスペクトルとして一般的に知られている波長帯域を示す。

色	近似的な波長範囲 [μ m]
紫	0.38~0.43
青	0.43~0.49
緑	0.49~0.55
黄	0.55~0.59
橙	0.59~0.64
赤	0.64~0.77

表3. 一般に知られている白色光のスペクトル

表3の値と、表2に示した測定値とを比較すると、_____の色では比較的によく一致し、_____の領域でははずれが著しかった。この理由として考えられることは、_____。

§6 結論

He-Neレーザーを用いて回折格子の格子定数 b を測定し、

$$b = (\square.\square\square\square \pm \square.\square\square\square) \times 10^{-3} \text{ cm}$$

を得た。

この回折格子を用いて白色光を分光したところ、白色光源からの可視光線は連続スペクトルを示すことが確認された。さらに、可視光の各色の波長帯域が測定された。