

E 光デバイス

08A17091 佐藤 光

実験実施日

2019 年 10 月 7 日(月) 晴れ

2019 年 10 月 21 日(月) 曇り

2019 年 10 月 28 日(月) 晴れ

2019 年 11 月 11 日(月) 晴れ

2019 年 11 月 18 日(月) 曇り

2019 年 11 月 25 日(月) 晴れ

共同実験者

08A17188 水島健太

08A17231 村島知幸

提出日

12 月 2 日(月)

・実験テーマの目的

レーザー光を用いた屈折率や吸光度の測定。また、光導波路を利用した光スイッチの作成。

・1日目

・実験課題

水の入ったサンプル管瓶に He-Ne レーザーを入射させ、CCD を用いて EFL(有効焦点距離)の位置を決する。次にパラフィンの入ったサンプル管瓶に入れ替えて同様に EFL の位置を求める。2つの位置の移動量からパラフィンの EFL を求めて、パラフィンの屈折率を求める。また、未知物質の入ったサンプル管瓶に入れ替えて同様の操作から未知物質の屈折率を求める。

・目的

パラフィンの屈折率の測定値と理論値を比較すること。また、未知物質の屈折率の測定値を用いてその物質を推定すること。

・使用器具

He-Ne レーザー、ND フィルタ、凸レンズ(200mm)、凹レンズ(-40mm)、CCD、パソコン  
サンプル管瓶(水、パラフィン、未知物質)

・実験内容



図 1-1 屈折率測定のための光学系

まず、図 1-1 の様にガリレオ型ビームエキスパンダーを作成して、ビームを拡大した。拡大したビームを水が入ったサンプル瓶に入射させて、CCD でデスクトップ画面に光が移るようにした。

サンプル瓶の位置を移動させて、CCD に写る光が一番細い線になるようにした。その位置でサンプル瓶を水からパラフィンに変えて、同様に CCD に写る光が一番細い線になるようにして、水の時との移動量を測定した。

$$EFL \cong \frac{nD}{4(n-1)} \quad \text{---(a1)}$$

(n:屈折率、D:瓶の直径)

この関係式を用いると水の有効焦点距離を求めることが出来て、移動量からパラフィンの有効焦点距離が分かる。この測定値を用いてパラフィンの屈折率を求め、理科年表を用いてパラフィンの屈折率の理論値と比較した。

最後に、サンプル瓶を未知物質に変えて CCD に写る光が一番細い線になるようにして、水の時との移動量を測定した。そして、パラフィンの時と同様に屈折率を求めて、理科年表から未知物質を推測した。

#### ・実験結果

##### ( i )水

式(a1)から

$$\text{EFL(水)} \cong \frac{1.333 \times 33}{4 \times (1.333 - 1)} (\text{mm}) = 33.025 (\text{mm})$$

となる。瓶の直径はノギスで測定して 33(mm)であった。なお、水の屈折率は 1.333 とした。

－(参考文献 1)

##### ( ii )パラフィン

水の時と比較して CCD をサンプル側に 8.0(mm)移動させたので

$$\text{EFL(パラフィン)} = 33.025 (\text{mm}) - 8.0 (\text{mm}) = 25.025 (\text{mm})$$

となる。

従って式(a1)を用いると

$$n(\text{パラフィン}) \approx 1.495$$

となった。なお、瓶の直径は 33.15(mm)であった。

##### ( iii )未知物質

###### ・1 回目の測定

水の時と比較して CCD をサンプル側に 1.0(mm)移動させたので

$$\text{EFL(未知物質)} = 33.025 (\text{mm}) - 1.0 (\text{mm}) = 32.025 (\text{mm})$$

となる。

従って式(a1)を用いると

$$n(\text{未知物質}) \approx 1.347$$

となった。なお、瓶の直径は 33.00(mm)であった。

###### ・2 回目の測定

水の時と比較して CCD をサンプル側に 2.9(mm)移動させたので

$$\text{EFL(未知物質)} = 33.025 (\text{mm}) - 2.9 (\text{mm}) = 30.125 (\text{mm})$$

となる。

従って式(a1)を用いると、 $n(\text{未知物質}) \approx 1.377$  となった。

・考察

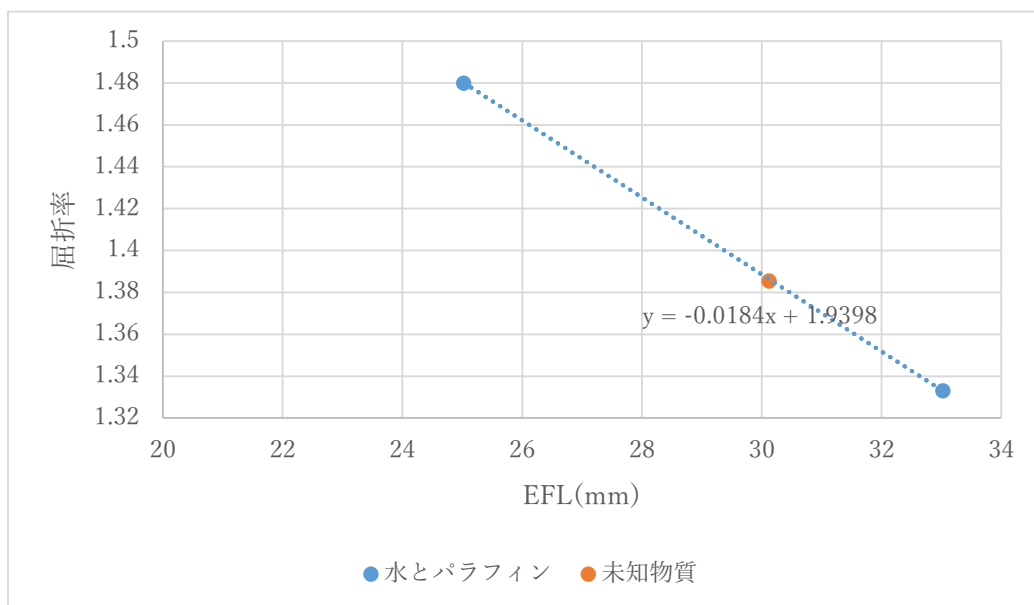


図 1-2 水とパラフィンの EFL と屈折率の直線近似グラフ

図 1-2 から、EFL と屈折率が直線近似で表せると仮定すると未知物質の EFL30.125(mm)での屈折率は 1.3855 となる。式(a1)を用いて求めた屈折率は 1.377 から近い値になったと考えられる。未知物質は実験後ジエチルアルコールと判明した。ジエチルアルコールの屈折率は理科年表から 1.3618 であるので(参考文献 1)、直線近似を用いて求めた屈折率よりも式(a1)を用いて求めた屈折率の方が正確に測定できたと考えられる。それぞれの誤差は直線

近似で考えた時は $\frac{|1.3618-1.3855|}{1.3618} \times 100 = 1.74\%$ であり、式(a1)を用いた場合は $\frac{|1.3618-1.377|}{1.3618} \times$

$100 = 1.12\%$ であった。

また、パラフィンについても測定結果から得られた屈折率は 1.495 であり、理科年表からパラフィンの屈折率の理論値は 1.48 であったので(参考文献 1)誤差は $\frac{1.495-1.48}{1.48} \times 100 = 1.01\%$ であるので正確な実験結果が得られたと考えられる。

今回の実験でヘリウムネオンレーザーをビームエキパンダーで拡大させて CCD で観察したが、ビームを拡大させなかった場合を考えてみる。CCD の位置を EFL の位置にある時、レーザー光は一番細く観察できる。また、EFL から距離が離れるほど観察されるレーザー光は太くなっていく。仮に、レーザー光を拡大させずに入射させたとすると、EFL に近づくにつれて細くなっていくレーザー光を観察するのが困難になり測定誤差につながると考えられる。

今回の実験のレンズはボールレンズと呼ばれる円柱型のレンズを用いた。ボールレンズはレーザー光をファイバー内に入射させるのに用いられている。

ファイバーの開口数の大きさがボールレンズにより収束された光の幅より大きい時、レーザー光が理論上は 100%の効率で導入される。反対にファイバーの開口数の大きさがボールレンズによって収束した光の幅よりも小さい時に、レーザー光は 100%入射されずに、ロスが生じることになる。従って、ファイバーに光を導入させる場合にはレーザービーム径とレンズを適切に設定する必要がある。

また、ボールレンズを 2 つ隣接させて用いるとあるファイバーから別のファイバーにレーザー光を導入することが可能となる。