

## 実験 第 2 問: 熱変形表面 (thermos-deformation) によるレーザ光干渉

光が物質と相互作用するとき、様々な現象が生じる。本実験では、光変形させたアクリル (PMMA) 表面からの光の回折を調べることに焦点を当てる。

アクリルは、通常のガラスの 5 倍の強度を持つ有機材料であり、その主成分はメタクリル酸メチルの液体モノマーである。液体であるため、固体に比べて密度が低く、液体モノマーには様々な着色料や硬化剤が添加されている。熱成形の温度は 160~190°C となる。アクリルは、有害な化学物質を放出しないため、環境にやさしい素材であり、そのため子供のおもちゃや食器、備品のフレームなどによく使われる。また、水にも強い素材であることでも知られる。



## 実験器具:

1. 電圧調整器の付いたレーザー
2. 穴の開いたスクリーン
3. マルチメーター 2台 (それぞれ電流計と電圧計として用いる)
4. コネクトケーブル (レーザーと電源の接続)
5. コネクトケーブル (マルチメータ接続)
6. コントロールボックス
7. 電源アダプター
8. 位置調整スタンド付きアクリル (PMMA) ターゲット

## 実験のセットアップ

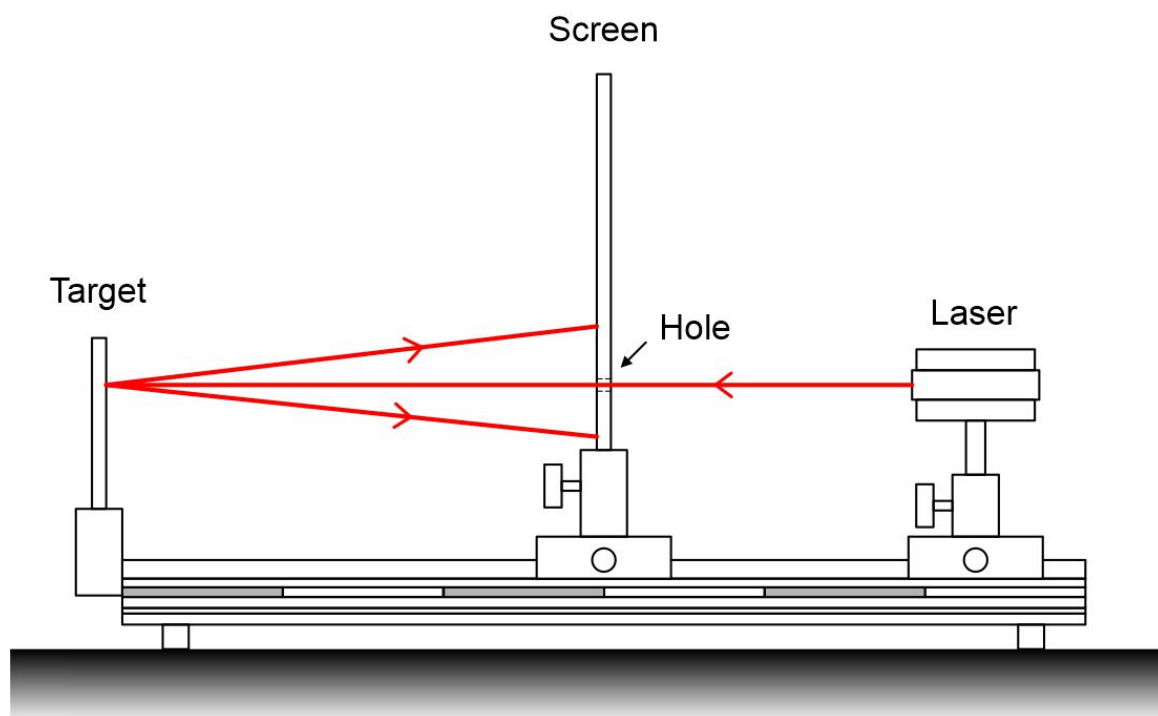


図 1a. セットアップの側面図。レーザービームはスクリーンの穴を通過した後ターゲットで直接反射され、その反射光による回折パターンをスクリーン上に作り出す。

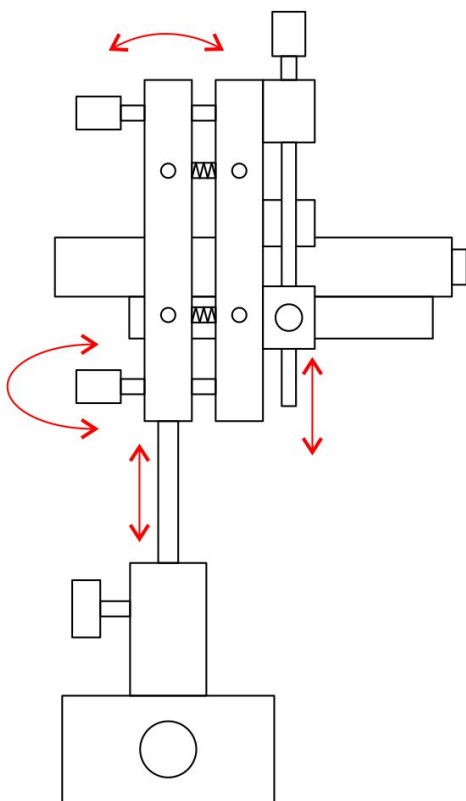


図 1b. レーザーの側面図。ネジと調節可能な軸方向の組を赤矢印で示している。

実験は2つのパートから構成される。第1部は、干渉縞の角直径と数、干渉縞間の角度幅などのパラメータを、レーザーに供給される電力（以下レーザー出力）の関数として調べる。

第2部では、干渉縞を発生させるアクリルの変形に関するパラメータ（直径、高さ、形状など）をレーザー出力の関数として調べることに重点を置く。さらに、基準となる変形のパラメーターも決定する。

### 実験器具と手順

1. 第1問で球を吊り下げていた紐を上部の金具にしっかりと巻きつけ、機械部分を取り外し、柔らかいマットの上に置く。
2. レーザー、スクリーン、アクリルベースを写真のように光学ベンチの上に置く。レーザービームを光学ベンチの軸に沿って同じ高さに配置し、ビームがスクリーンの穴を自由に通過できるようにする。このときビームがアクリル面に対してほぼ垂直であることを確認する。
3. アクリル板をマグネットホルダーで固定する。アクリル板の白い面は、ビームの焦点を合わせ、スポットの当たる座標をあらかじめ決めておくために使用する。

注1：レーザー光を照射する際は、低い設定から徐々にレーザー出力を上げていき、明るい光が直接目に入らないように注意せよ。

注2：アクリル表面が十分に清浄であることを確認しなさい。表面を拭く際は付属のレンズクリーニングワイプを用いる。アクリル面を雑巾で拭くと摩擦で帯電しやすく、ホコリを引き寄せやすいので注意すること。

4. 平板の反対面をレーザー光に向け、ステッカーを剥がし、焦点を当てるポイントを正確に決定する。表面が汚れていたり過度に明るい光が当たったりすると、干渉縞が歪んで楕円形になったり複数の干渉縞が形成されることがあったりするので注意すること。

5. 電源スイッチを”ON”へ切り替える。

6. レーザーダイオードにかける電圧を変えることで、光量を増やす。レーザー回路にマルチメータを接続し、直流電流と直流電圧を測定する。測定範囲を最高設定から最低設定まで調整しておく。電圧は最大 45V まで上げることができる。

7. 非透明で光沢のある平らなアクリル表面で、レーザービームを直接反射させる。光強度を徐々に上げていくと、ある強度値で表面が溶け始める。溶けたスポットは、視覚的に検出することができる。

8. レーザーの前にあるネジを回転させ、表面上の焦点を調整する。

9. 表面からの反射放射によって生じる光スポットを作成し、レーザーの後ろに配置したフラットスクリーン上で観察する。光の強度を上げたり下げたりすることで、スポットの形や大きさがどのように変化するかを観察する。

### パート A [0.8 points]

得られるパターンは可逆性を示し、特定のレーザー出力値までは収縮する。降伏強度として知られる熱弾性範囲の上限値を決定する必要がある。

<b>A.1</b>	この降伏強度に相当するレーザー出力を決定せよ ( $p_{\max}$ ) .	0.3pt
<b>A.2</b>	レーザー出力が降伏強度に相当するレベルに設定されているときの、最も外側の明るい干渉縞の直径を決定せよ。	0.5pt

### パート B [3.5 points]

<b>B.1</b>	この実験で形成される最外の明るい干渉縞の直径ならびに干渉縞の数をレーザー出力との関係で測定し、結果を解答用紙の表に記録せよ。	1.5pt
<b>B.2</b>	スクリーン上の最外の明るい干渉縞の直径とレーザー出力との関係を示すグラフを作成せよ。	1.0pt
<b>B.3</b>	スクリーン上の干渉縞の数をレーザー出力の関数としてグラフに表せ。	1.0pt

### パート C [3.7 points]

<b>C.1</b>	一定のレーザー出力で観察した時の、干渉縞の数に依存した、角度幅 ( $n$ 番目の干渉縞と $n+1$ 番目の干渉縞の間の角度) と暗い干渉縞の回折角 ( $n$ 番目の干渉縞と $x$ 軸のなす角) を測定し、解答用紙の表に記録せよ。	1.2pt
------------	--	-------

<p><b>C.2</b> 回折角と干渉縞の次数との関係を表す線形のグラフをプロットせよ。</p>	<p>1.0pt</p>
<p><b>C.3</b> 課題 C.2 のグラフの傾きと Y 切片の値を求めよ。</p>	<p>0.5pt</p>
<p><b>C.4</b> 干渉縞の次数の関数として角度幅のグラフを作成せよ。</p>	<p>1.0pt</p>

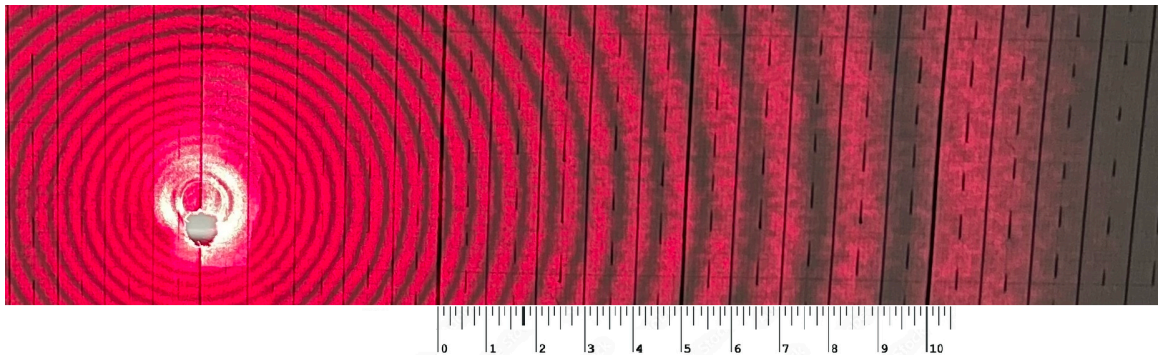
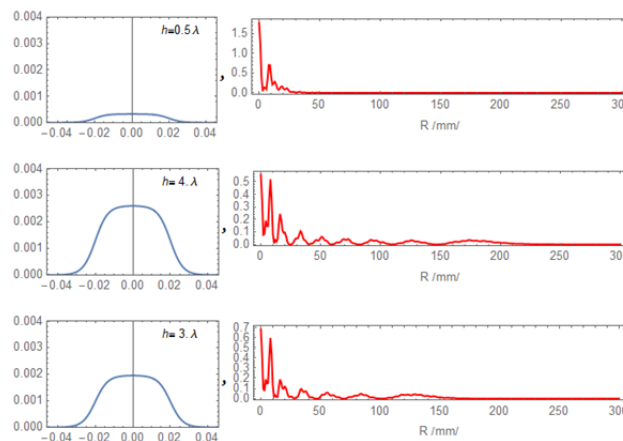


図 2. スクリーン上の干渉縞

### パート D [2.0 points]

このセクションでは、干渉パターンを使用して熱変形のパラメーターを決定する。レーザーで表面を加熱すると変形が生じ、下の図に示すようにスクリーン上に干渉縞パターンが形成される:



青色のグラフは変形プロファイルの断面を示す。赤色のグラフは干渉縞の中心からの変位に対する光強度を示す。照射レーザー出力を増加すると、変形の高さは増大し、明るい干渉縞の数も増加する。図からわかるように、高さと同数の間には経験的な関係がある。すなわち、 $m = 2h/\lambda$  である。

**D.1** 干渉縞の数を数えることによって、干渉縞の最高次数を決定することができる。熱変形の高さ（レーザー波長を単位として）をレーザー出力の関数として決定せよ。測定したデータはグラフに示せ。ヒント: データに 200 mW から 400 mW の出力範囲が含まれるようにせよ。 1.4pt

**D.2** 次の入力レーザー出力に対する熱変形高さはいくらか? レーザー波長を単位として答えよ。 0.6pt

- 200 mW
- 300 mW
- 400 mW